

秦 钦,陈校辉,陈炳耀,等. 黄颡鱼不同湖泊群体及其子代的生长性能评估[J]. 江苏农业科学,2018,46(24):197-200.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.24.054

黄颡鱼不同湖泊群体及其子代的生长性能评估

秦 钦^{1,2}, 陈校辉¹, 陈炳耀³, 王明华¹, 李闪闪³, 钟立强¹, 陈友明¹, 潘建林¹

(1. 江苏省淡水水产研究所, 江苏南京 210017; 2. 南京农业大学无锡渔业学院, 江苏无锡 214081;

3. 南京师范大学生命科学学院, 江苏南京 210023)

摘要:为了对巢湖(C)、涠湖(G)、洪泽湖(H)、石臼湖(S)和太湖(T)等 5 个湖泊群体的黄颡鱼种质进行生长性能评估并选择快长繁育组合,2012 年利用来自 5 个湖泊的黄颡鱼亲本建立 49 个全同胞家系(包括 17 个群体间繁育组合和 5 个群体内繁育组合),各家系经仔稚鱼、幼鱼中间培育后植入电子标记混养,测定了 120、460 日龄鱼体质量性状及家系存活率。用混合线性模型估计不同群体和家系体质量最小二乘均值,计算不同繁育组合优势率。结果表明,黄颡鱼各群体体质量变异系数的变化范围为 0.25~0.66;G、T、S 作为亲本时,子代体质量最小二乘均值较高,分别比群体均值高 2.98%、2.99%、0.98%,是体质量性状育种的优良亲本群体。各群体间繁育组合体质量均值(105.48 g)比群体内繁育组合均值(101.83 g)高 3.58%。各组合以 G(♂)×S(♀)、G(♂)×C(♀)、S(♂)×T(♀)组合收获的体质量最小二乘均值为高,分别为 125.55、121.76、120.08 g。G(♂)×S(♀)、G(♂)×C(♀)、S(♂)×T(♀)繁育组合体质量存在较明显的中亲优势和超亲优势,中亲优势率分别为 29.89%、22.36%、20.99%,超亲优势率分别为 15.77%、11.50%、4.62%。本研究结果有助于提高黄颡鱼生长性能遗传选择的准确性,并为实现良种选育奠定基础。

关键词:黄颡鱼;湖泊群体;家系选育;存活率;混合线性模型;生长性能;超亲优势率;群体遗传潜力;育种方案

中图分类号: S917.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)24-0197-04

黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)隶属于鲇形目鲿科黄颡鱼属,为我国名优淡水养殖鱼类品种之一,自然分布于黑龙江、黄河、长江及珠江等各大水域,因其肉嫩味美、营养丰富、少肌间刺而深受国内外广大消费者喜爱。据统计,2014—2015 年我国黄颡鱼年产量约 30 万 t^[1]。目前,黄颡鱼的规模化繁殖技术已成熟,形成了优质高效的养殖模式,但黄颡鱼种质改良方面明显滞后。黄颡鱼苗种来源主要为野生种的家化利用,长期过度捕捞加之天然生态环境遭破坏等因素^[2-3],导致天然渔获产量下降,规格变小,野生资源衰退。养殖种苗缺少定向选育,出现生长缓慢、养殖周期延长、饵料转化率低和抗病力下降等近交衰退现象,给黄颡鱼养殖业带来了巨大的损失。亟须开展有

效的良种选育工作,促进养殖产业发展,加大市场供应,进而有效保护黄颡鱼野生资源,恢复并扩大其有效繁殖群体,保护良种种质资源,建立野生和养殖群体资源的良性互作。

不同湖泊群体间繁育可使基因重新组合,筛选出超过双亲的优良性状,是大幅提高产量、改进品质的有效途径,其中亲本种质的选择是最重要的一步,通过开展子代的生长性能评估可有效选择亲本群体。秦钦等研究了斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*)家系育种核心群的生长性能及亲本选择^[4]。田永胜等研究了牙鲈(*Paralichthys olivaceus*)不同家系子代及亲本生长性能^[5]。阮晓红等评估了凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)引进群体的生长性能及杂种优势^[6-7]。刘红艳等采用分子生物学方法,探讨了巢湖、涠湖、洪泽湖、太湖等湖泊黄颡鱼群体的种群结构和进化关系,深入分析了各湖泊黄颡鱼种群的遗传背景和种质资源现状^[8-10]。本研究在此分析基础上选择 5 个湖泊群体黄颡鱼为亲本构建基础群体,大规模建立全同胞家系,混养测试生长和存活性状,统计分析黄颡鱼家系育种核心群生长性能,以期更好地发掘各群体遗传潜力,再获得生长性状最优繁育组合,为制定育种方案提供参考。

收稿日期:2017-08-01

基金项目:江苏省农业重大新品种创制项目(编号:PZCZ201742);现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-46);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(11)1036]。

作者简介:秦 钦(1980—),女,辽宁本溪人,副研究员,从事水产动物遗传育种及生态养殖研究。E-mail:qinqinapple1980@163.com。
通信作者:潘建林,研究员。E-mail:jianlinpan2006@126.com。

J G, Stent G S. Neurobiology of the leech. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Publications, 1981: 7-26.

[24] Wilkialis J, Davies R W. The population ecology of the leech (Hirudinoidea: Glossiphoniidae) *theromyzon tessulatum* [J]. Canadian Journal of Zoology, 1980, 58(5): 906-912.

[25] Wilkialis J, Davies R W. The reproductive biology of *Theromyzon tessulatum* with comments on *Theromyzon Rude* [J]. Journal of Zoology, 1980, 192(3): 421-429.

[26] Young W. Ecological studies of the Branchiobdellidae

(Oligochaeta) [J]. Ecology, 1966, 47(4): 571-578.

[27] 刘 飞, 杨大坚. 中国水蛭人工养殖的现行模式调研[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2014, 16(10): 2170-2173.

[28] 熊良伟, 王帅兵, 王建国, 等. 宽体金线蛭繁殖性能及蛭苗生长特征研究[J]. 上海海洋大学学报, 2016, 25(3): 374-380.

[29] 史红专, 刘 飞, 郭巧生. 宽体金线蛭耗氧率与窒息点的初步研究[J]. 中国中药杂志, 2005, 30(23): 1817-1820.

[30] 雷衍之. 养殖水环境化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 68-80.

1 材料与方法

1.1 亲本种群来源及家系构建

本试验在江苏省淡水水产研究所禄口基地进行,先后引进巢湖(C)、渦湖(G)、洪泽湖(H)、石臼湖(S)和太湖(T)5个湖泊群体黄颡鱼亲本。引入亲本每尾亲鱼均注入1枚身份唯一的电子标记,放入土池混养强化培育。设计22种交配组合,其中5个湖泊群体间繁育组合17个、群体内繁育组合5个。对亲鱼进行人工催产,湿法授精,每个家系进行单独孵化,同步构建黄颡鱼家系49个,其中群体内繁育家系14个,群体间繁育家系35个(表1)。

表1 黄颡鱼各繁育组合家系数量

母本	与父本组合的家系数量(个)					合计
	C	G	H	S	T	
C	1	1	—	—	—	2
G	2	4	1	2	3	12
H	2	3	3	3	3	14
S	2	2	2	4	3	13
T	1	1	3	1	2	8
合计	8	11	9	10	11	49

1.2 家系培育及性状测量

尽量减小各家系培育时环境条件的差异,采用环境条件标准化和数量标准化的方式对家系幼体进行培育。苗孵出2~3 d,每个家系取苗种1 000尾,移入苗种培育车间培育池(3 m×1 m×0.6 m)进行仔鱼标准化分池培育,以浮游动物为开口饵料,逐步诱食配合饲料。稚苗约15日龄,转食人工配合饲料,每个家系随机选取500尾苗种,移入室外中间培育水泥池(3 m×2 m×1 m)进行稚鱼标准化分池培育。家系平均日龄120日龄,每个家系随机抽取鱼种50尾,合计2 450尾,注射电子标记,记录每尾鱼的家系编号、标识号码、标记时

间、体质量、体长等信息,转入基地的土池0.33 hm²/口,进行幼鱼到成鱼阶段的标准化混合培育。家系平均日龄460日龄,核心群个体达成鱼规格,采集核心群个体体质量、体长及家系成活率数据。

1.3 数据处理与分析

应用SPSS 18.0软件进行体质量残差正态性检验。各交配组合体质量的最小二乘均值估计模型为:

$$Y_{ijk} = u + bW_k + P_i + Sex_j + e_{ijk}$$

式中: Y_{ijk} 为各生长阶段观测体质量; u 表示总体均值; W_k 为标记时体质量(协变量); b 为回归系数; P_i 为第*i*个交配组合的固定效应; Sex_j 为性别固定效应; e_{ijk} 为随机误差效应。

采用120日龄和收获体质量数据计算混养期间家系体质量性状的绝对增长率(AGR_m):

$$AGR_m = (m_2 - m_1) / (t_2 - t_1)。$$

式中: m_1 、 m_2 分别为时间*t*₁、*t*₂时的体质量。

各群体间配组繁育优势评估参照杂交优势计算公式:

$$MP = \frac{F_1 - P_0}{P_0} \times 100\% ;$$

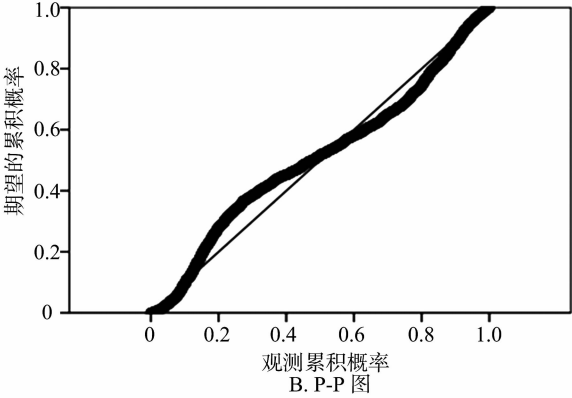
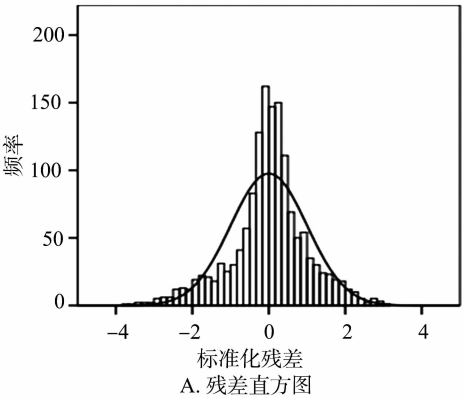
$$BP = \frac{F_1 - P_B}{P_B} \times 100\% 。$$

式中: MP 代表中亲优势; F_1 为群体间繁育组最小二乘均值; P_0 为相应双亲均值; BP 代表超亲优势; P_B 为繁育组较好的亲本均值。

2 结果与分析

2.1 各生长阶段的体质量数据正态性检验

分别对黄颡鱼幼鱼阶段、成鱼阶段体质量数据进行残差正态性检验,结果如图1的直方图和P-P图所示,表明数据近似服从正态分布。因此,不须要对各生长阶段体质量数据进行数据转换处理,可直接进行体质量的最小二乘均值估计。



因变量为460日龄成鱼体质量
图1 黄颡鱼成鱼体质量残差情况

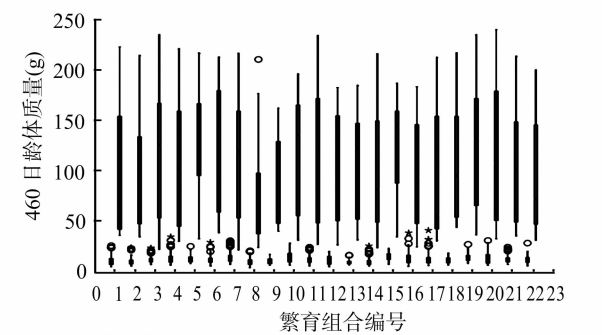
2.2 各生长阶段体质量和混养成活率的描述性统计分析

各繁育组合的120、460日龄个体体质量、混养成活率等实测值的描述性统计见表2,各阶段体质量的中位数、最大值、最小值、第一四分位数、第三四分位数及异常值如图2所示。各交配组合子代群体120、460日龄体质量均值的变化范围分别为8.87~13.99、71.86~130.86 g,标准差变化范围分别为2.26~6.40、44.54~65.01 g,混养阶段体质量绝对增长

率 AGR_m 变化范围为0.18~0.35,变异系数的范围为0.25~0.66。较高的变异系数表明,黄颡鱼个体间收获体质量差异明显,体质量性状遗传变异丰富,选育潜力较大。混养期间各组合的个体成活率为44%~74%,体现出各家系的抗病及抗逆能力有较大差异。各家系120、460日龄的体质量和混养成活率相关分析结果见表3,460日龄成鱼收获体质量和成活率无显著相关关系, $r=0.242$;120日龄标记体质量与成活率有

表 2 120、460 日龄黄颡鱼子代群体体质量性状及存活率

编号	交配组合 (父本×母本)	120 日龄			460 日龄				
		个体数 (尾)	体质量 (g)	体质量变异系数	个体数 (尾)	体质量 (g)	体质量变异系数	体质量绝对增长率	成活率 (%)
1	C×C	50	10.11±5.10	0.50	33	98.23±62.01	0.63	0.26	66
2	C×G	100	9.49±3.91	0.41	64	91.59±53.62	0.59	0.24	64
3	T×G	140	11.99±4.05	0.34	100	114.01±63.05	0.55	0.30	71
4	G×G	200	12.69±5.27	0.41	130	106.73±60.50	0.57	0.28	65
5	G×C	50	12.24±3.87	0.32	33	127.63±54.06	0.42	0.34	66
6	S×G	100	11.57±4.27	0.37	60	130.86±58.30	0.45	0.35	60
7	T×S	150	13.07±5.05	0.39	97	110.83±56.70	0.51	0.29	65
8	S×S	198	9.44±4.19	0.44	110	71.86±47.13	0.66	0.18	56
9	H×G	50	9.88±4.24	0.43	24	83.07±44.54	0.54	0.22	48
10	G×S	100	13.36±5.40	0.40	74	118.41±53.36	0.45	0.31	74
11	H×T	150	12.11±5.08	0.42	98	103.97±63.49	0.61	0.27	65
12	G×T	50	10.14±5.01	0.49	22	102.62±56.52	0.55	0.27	44
13	H×S	100	8.98±2.26	0.25	53	108.13±51.15	0.47	0.29	53
14	S×H	150	8.87±3.63	0.41	87	95.93±56.20	0.59	0.26	58
15	S×T	29	13.26±4.38	0.33	17	123.13±52.40	0.43	0.32	59
16	C×S	92	12.55±6.40	0.51	67	97.64±53.29	0.55	0.25	73
17	G×H	150	11.98±6.24	0.52	84	93.48±60.44	0.65	0.24	56
18	C×T	50	10.91±3.50	0.32	32	107.01±56.90	0.53	0.28	64
19	T×T	90	13.99±5.14	0.37	51	123.77±59.05	0.48	0.32	57
20	H×H	130	12.55±5.79	0.46	79	114.41±65.01	0.57	0.30	61
21	C×H	100	12.32±4.81	0.39	67	100.26±55.22	0.55	0.26	67
22	T×H	140	11.43±3.72	0.33	85	96.23±56.15	0.58	0.25	61



盒子由中位数、第一四分位数(25%)和第三四分位数(75%)组成;平均值、最小值、最大值和异常值分别用□、—、—和○表示

图2 黄颡鱼不同繁育组合体质量性状箱

表 3 黄颡鱼家系表型相关分析结果

性状	相关系数		
	120 日龄体质量	460 日龄体质量	成活率
120 日龄体质量	—	0.620**	0.300*
460 日龄体质量		—	0.242

注: * 表示统计检验达到极显著水平($P<0.05$)。

一定相关关系, $r=0.300$ 。

2.3 黄颡鱼繁育组合子代群体体质量最小二乘均值

各生长阶段体质量性状的最小二乘均值和繁育优势分析结果如表 4 所示。各交配组合成鱼的收获体质量的最小二乘均值为 83.01~125.55 g,其中群体间繁育组合均值为 105.48 g,群体内繁育组合均值为 101.83 g,群体间繁育组合比群体内繁育组合均值高 3.58%。各组合(父本×母本)以 G×S、G×C、S×T 组合收获体质量最小二乘均值较高,分别为 125.55、121.76、120.08 g。繁育优势分析结果显示,G×S、

G×C、S×T 繁育组合体质量存在较明显的中亲优势和超亲优势,中亲优势率分别为 29.89%、22.36%、20.99%,超亲优势率分别为 15.77%、11.50%、4.62%。

表 4 黄颡鱼各繁育组合收获体质量最小二乘均值和繁育优势

繁育组合类型	繁育组合 (父本×母本)	收获体质量最小 二乘均值(g)	中亲优势 率(%)	超亲优 势率(%)
群体内繁育组合	C×C	88.71		
	G×G	110.31		
	H×H	111.60		
	S×S	83.01		
	T×T	115.50		
	均值	101.83		
群体间繁育组合	C×G	96.05	-3.48	-14.34
	C×H	98.30	-1.85	-13.28
	C×S	107.26	24.93	21.61
	C×T	98.05	-3.96	-17.08
	G×C	121.76	22.36	11.50
	G×H	94.05	-15.24	-15.82
	G×S	125.55	29.89	15.77
	G×T	105.48	-6.57	-8.87
	H×G	95.48	-13.95	-18.04
	H×S	97.95	0.66	-14.04
	H×T	99.16	-12.67	-14.39
	S×G	117.07	21.11	6.99
	S×H	100.44	3.23	-11.47
	S×T	120.08	20.99	4.62
	T×G	102.07	-9.60	-11.89
	T×H	96.75	-14.79	-16.50
	T×S	117.60	18.49	2.12
	均值	105.48		

2.4 黄颡鱼亲本体质量最小二乘均值

5 个群体分别作为父本和母本,子代 460 日龄收获体质量的最小二乘均值如表 5 所示。5 个群体作为父本,其子代收获体质量按照最小二乘均值排序为 G>T>S>H>C;作为母本,其子代收获体质量按照最小二乘均值排序为 T>S>C>G>H。双亲 5 个群体父母本收获体质量最小二乘均值为 104.69 g,G、T、S 作为亲本时,子代体质量最小二乘均值较高,分别比群体均值高 2.98%、2.99%、0.97%。3 个群体可作为该性状育种的优良亲本,3 个群体间交配生产的后代,具有生长优势。

表 5 黄颡鱼亲本体质量最小二乘均值分析结果

群体	父本组合数 (个)	母本组合数 (个)	子代收获体质量最小二乘均值(g)		
			父本	母本	双亲均值
C	5	2	97.67	105.23	101.45
G	5	5	111.43	104.20	107.81
H	4	5	101.05	100.23	100.64
S	4	5	105.15	106.27	105.71
T	4	5	107.98	107.65	107.82

3 讨论与结论

3.1 亲本评估与繁育优势分析

优良亲本的选择是良种培育的前提。选育优良、高产的遗传基因,必须构建遗传基础丰富的亲本群体。本研究中 G、T、S 作为亲本时,子代体质量最小二乘均值较高,分别比群体均值高 2.98%、2.99%、0.97%。在 22 个繁育组合中,以 G(♂)×S(♀)、G(♂)×C(♀)、S(♂)×T(♀)组合繁育子代收获体质量最小二乘均值为高,分别为 125.55、121.76、120.08 g,并存在较明显的中亲优势和超亲优势,为选育优势繁育组合,并进一步选育开发性状稳定的高产新品种奠定了种质基础。刘红艳等采用微卫星标记对长江中下游 5 个湖泊及云南抚仙湖黄颡鱼群体遗传结构进行分析,结果表明,黄颡鱼遗传距离与地理距离没有相关性,并推测这可能与近年来长江水域人类活动的差异性和随机性干扰(如捕捞强度、引种、栖息地破坏等因素)有关,其分析的黄颡鱼群体可聚类为 2 组,鄱阳湖、巢湖和洪泽湖为一组,涪湖、太湖和云南抚仙湖群体为另一组^[8]。这一定程度上揭示了本研究中 G(♂)×C(♀)繁育组合具有生长优势的遗传基础,两亲本群体在遗传距离上较远,在生长方面产生了较明显的群体间繁育优势。另外,本研究中石臼湖与太湖、涪湖的地理位置相对较近,而 G(♂)×S(♀)、S(♂)×T(♀)组合繁育优势明显,这可能与近年来长江水域大量水利设施建设相关。近距离湖泊基因交流有可能被人为阻断,加大了湖泊黄颡鱼种群间的遗传分化。

3.2 家系育种及目标性状选择

家系育种在海水、淡水鱼类品种的育种中广泛应用^[11-18],开展了生长性能评估、亲本选择、遗传参数估计和育种值预测等研究,并取得显著效果,育成多个优良品种。说明系统的家系育种可有效提高养殖性能。本研究中 G(♂)×S(♀)、G(♂)×C(♀)、S(♂)×T(♀)组合的繁育优势率较

高,较其他繁育组合具有明显生长优势,可在短期内实现黄颡鱼的种质改良,在实际生产中加以应用。长期来看,仍要开展系统的家系选育,防止近交衰退的发生,不断选择、培育优良品种。

参考文献:

[1]农业部渔业渔政管理局. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京:中国农业出版社,2015.

[2]王 伟,樊祥科,黄春贵,等. 江苏省五大湖泊水体重金属的监测与比较分析[J]. 湖泊科学,2016,28(3):494-501.

[3]苏豪杰,吴 耀,夏午来,等. 长江中下游湖泊群落水平下沉水植物碳、氮、磷化学计量特征及其影响因素[J]. 湖泊科学,2017,29(2):430-438.

[4]秦 钦,边文冀,蔡永祥,等. 斑点叉尾鲴家系育种核心群生长性能研究及优良亲本选择[J]. 上海海洋大学学报,2011,20(1):63-70.

[5]田永胜,陈松林,徐田军,等. 牙鲆不同家系生长性能比较及优良亲本选择[J]. 水产学报,2009,33(6):901-911.

[6]阮晓红,罗 坤,栾 生,等. 凡纳滨对虾 7 个引进群体的生长性能评估[J]. 水产学报,2013,37(1):34-42.

[7]胡志国,刘建勇,袁瑞鹏,等. 凡纳滨对虾 3 个引进群体及其杂交子代的生长性能评估[J]. 中国水产科学,2015,22(5):925-932.

[8]刘红艳,陈辉耀,雄 飞. 长江中下游湖泊和云南抚仙湖黄颡鱼群体遗传结构研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版),2016,50(2):269-275.

[9]钟立强,刘朋朋,潘建林,等. 长江中下游 5 个湖泊黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)种群线粒体细胞色素 b 基因的遗传变异分析[J]. 湖泊科学,2013,25(2):302-308.

[10]刘朋朋,钟立强,潘建林,等. 基于线粒体 D-loop 区分析黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)五个淡水湖泊群体的遗传多样性[J]. 海洋与湖沼,2013,44(3):728-733.

[11]Grimholt U, Larsen S, Nordmo R, et al. MHC polymorphism and disease resistance in Atlantic salmon (*Salmo salar*); facing pathogens with single expressed major histocompatibility class I and class II loci[J]. Immunogenetics,2003,55(4):210-219.

[12]Maluwa A O, Gjerde B. Response to selection for harvest body weight of *Oreochromis shiranus* [J]. Aquaculture,2007,273(1):33-41.

[13]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(2):182-187.

[14]Nielsen H M, Odegard J, Olesen I, et al. Genetic analysis of common carp (*Cyprinus carpio*) strains I: genetic parameters and heterosis for growth traits and survival[J]. Aquaculture,2010,304(1/2/3/4):14-21.

[15]刘宝锁,张天时,孔 杰,等. 大菱鲆生长和耐高温性状的遗传参数估计[J]. 水产学报,2011,35(11):1601-1606.

[16]田永胜,徐田军,陈松林,等. 三个牙鲆育种群体亲本效应及遗传参数估计[J]. 海洋学报,2009,31(6):119-128.

[17]李 镕,白俊杰,李胜杰,等. 大口黑鲈生长性状的遗传参数和育种值估计[J]. 中国水产科学,2011,18(4):766-773.

[18]栾 生,边文冀,邓 伟,等. 斑点叉尾鲴基础群体生长和存活性状遗传参数估计[J]. 水产学报,2012,36(9):1313-1321.