

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2012.01001

## 大菱鲂家系生长和耐热性状对比分析

曹宝祥<sup>1</sup>, 张天时<sup>1</sup>, 刘宝锁<sup>1,2</sup>, 孔杰<sup>1</sup>

1. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071;
2. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306

**摘要:** 利用 40 个大菱鲂(*Scophthalmus maximus*)家系进行耐热性实验, 测定相应生长和耐热性状指标, 对耐热性状进行方差分析, 并分析生长与耐热性状的相关情况。结果表明: 在各家系生长前期, 快速生长家系 6 个, 生长较快家系 26 个, 生长速度一般家系 8 个。在生长后期阶段, 快速生长家系 9 个, 生长较快家系 28 个, 生长速度一般家系 3 个, 仅有 8 号家系一直为快速生长家系。在耐热性状方面, 各家系耐热性平均值在 1 367.30 ~ 836.30 °C·h 之间, 总体平均值为 1 113.00 °C·h。高耐高温家系为 8 号、33 号和 37 号家系, 其中 33 号家系耐热性数值最高, 其耐热性平均值为 1 367.30 °C·h, 不耐高温家系为 3 号、9 号、16 号、38 号和 40 号家系, 其中 38 号家系耐热性数值最低, 其耐热性平均值为 836.30 °C·h。方差分析结果显示, 不同家系间耐热性存在极显著差异 ( $P < 0.01$ ), 相关分析结果表明, 各家系不同生长阶段与耐热性呈现不同的相关性。旨在探明生长性状与耐热性状的相关性, 为大菱鲂的耐热家系选育奠定研究基础。

**关键词:** 大菱鲂; 家系; 耐热性; 方差分析; 相关分析

中图分类号: S96

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2012)06-1001-07

大菱鲂(*Scophthalmus maximus*)由中国水产科学研究院黄海水产研究所于 1992 年首次引入中国。由于该物种具有生长迅速、耐低温和肉质好等特点<sup>[1]</sup>, 在中国北方得到了迅猛发展。随着良种繁育、养殖模式、营养饲料、病害防治等方面研究<sup>[2-7]</sup>的不断开展和深入, 更加推动了该物种养殖业的发展, 目前大菱鲂已发展成为中国北方沿海工厂化养殖业的主导鱼类之一<sup>[3]</sup>。但由于大菱鲂属外来鱼种, 亲鱼来源单一, 多年的累积养殖和近交交配已造成比较严重的种质退化现象<sup>[8-9]</sup>, 对其进行遗传改良显得尤为重要。国内外研究人员已对大菱鲂进行有关选择和杂交育种<sup>[10-12]</sup>、分子育种<sup>[13-15]</sup>等方面的研究, 尤其是基于系谱结构和表型信息的 BLUP 方法的应用, 体重、存活率和白化率等一系列重要经济性状的遗传参数得到

了准确估计<sup>[16-18]</sup>, 为大菱鲂的进一步选育、种质改良和新品种培育提供了重要保证。

大菱鲂属于冷水性种类, 养殖适宜水温要求在 18 ~ 20 °C 之间, 高于 26 °C 可能引起鱼体的高温应激反应, 导致其成活率、生长速度和抗病力下降, 进而易受病害感染<sup>[19]</sup>。虽然“温室大棚+深井海水”的开放式工厂化养殖模式<sup>[3]</sup>暂时解决了高温水体的影响, 但由于大面积连续抽取地下水, 造成地下水位大幅度下降和水量严重不足<sup>[20]</sup>, 进行大菱鲂耐热性状的遗传改良工作显得尤为紧迫。在国内大菱鲂耐热性研究已经开展, 木云雷等<sup>[21]</sup>研究了水温对稚鱼存活的影响, 高淳仁等<sup>[22]</sup>进行了不同温度下幼鱼生长、成活率和体内蛋白酶活性的研究, 曾庆民等<sup>[23]</sup>在进行大菱鲂南方移养技术的研究中, 发现大菱鲂对高水温有相当的

收稿日期: 2011-09-08; 修订日期: 2012-02-21.

基金项目: 国家科技支撑计划(2011BAD13B07); 国家自然科学基金面上项目(308719192); 青岛市科技发展指导计划项目(KZJ-38).

作者简介: 曹宝祥(1964-), 男, 工程师, 主要从事海水鱼类遗传育种研究. E-mail: caobaoxiang401@126.com

通信作者: 孔杰, 研究员, 博士生导师. E-mail: kongjie@ysfri.ac.cn

耐受能力, 许可<sup>[15]</sup>进行了大菱鲂耐热性状微卫星的筛选, 这些结果都为大菱鲂耐热性状改良提供了数据基础, 但有关大菱鲂选育家系间耐热性状比较尚未见报道。

本研究利用大菱鲂选育家系进行耐热性实验, 以耐热性(upper thermal tolerance, UTT)作为评定耐热性状指标, 同时测定相应的生长指标, 进行大菱鲂耐热性状方差分析和多重比较, 并对生长与耐热性状作相关分析, 以期为大菱鲂的生长和耐热性状选育工作提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

本实验以 2010 年大菱鲂家系为材料, 大菱鲂基础群体由 2003–2005 年从国内采集源于 4 个国家的 8 个不同批次进口个体组成。本实验所用亲鱼为 2006–2007 年由基础群体构建的 G0 家系个体。选取体格健壮、体形完整、色泽正常、性腺发育成熟、状态良好的个体作为亲鱼, 设计交配方案, 于 2010 年 4 月至 5 月建立 G1 代选育家系。

各家系受精卵放置在 80 cm×60 cm×60 cm 孵化箱内孵化, 孵化温度 13~14℃, 3 d 后取 10 mL 受精卵放入 0.5 m<sup>3</sup> 水槽内单独培育, 微充气, 静水孵化。仔鱼出膜后微气, 第 3 天加小球藻(*Chlorella* sp.)并投喂强化轮虫, 第 14 天开始间隔投喂强化轮虫和卤虫无节幼体, 21 天左右开始投喂配合饲料。培育过程中保持每个家系在各阶段的培育条件尽量一致, 主要包括各阶段水温、饵料和充气等条件, 尽量消除环境差异的影响。

### 1.2 实验方法

家系培养约 3 个月时, 开始进行荧光颜料标记。标记工作结束后, 从每个家系随机抽取 20 尾鱼, 分别放入两个水槽中, 暂养 3 d 后开始实验, 按照从 20℃起每天升温 2℃, 升至 26℃后每天升温 1℃, 升温至 29℃后停止升温, 并维持此温度直至实验结束。在实验中, 每小时测温一次, 同时扰动池水, 捞取已死和濒死的鱼, 记录个体家系信息, 测量体重和体长。当每个水槽的死亡个体总数到达 100%时, 结束耐热性实验。

为进行各家系生长性能的评定, 分别在家系标记、养殖 10 个月和养殖 15 个月等 3 个时期进行各家系体重的测定, 每次测定的个体数为 50~60 尾。

### 1.3 数据处理与统计分析

**1.3.1 耐热性状指标** 本实验借鉴在罗非鱼耐低温和虹鳟耐高温研究中<sup>[24-25]</sup>使用的评定指标, 采用耐热性(upper thermal tolerance, UTT)作为评定耐高温性状指标, 该指标不仅消除了实验过程中各缸的升温速率差异造成相同时间下各缸温度不相同, 进而引起鱼体在最高温度(29℃)下存活时间差异的影响, 而且能够更加准确评定那些在温度尚未达到 29℃就已死亡的个体。其计算公式为:

$$UTT = \sum_{i=1}^k T_i - T_0$$

式中,  $i$  为小时数,  $T_i$  为在第  $i$  小时的温度,  $T_0$  为 20℃, 实验初始温度,  $k$  为存活的小时数。例如, 1 尾鱼在 21℃存活 12 h, 在 22℃存活 12 h 之后死亡,  $UTT = (21-20) \times 12 + (22-20) \times 12 = 36^\circ\text{C} \cdot \text{h}$ 。同时本实验结合牙鲆和半滑舌鳎抗鳃弧菌病<sup>[26-28]</sup>进行家系分类的经验, 采取耐热性在 1300℃·h 以上为高耐高温家系, 耐热性在 1000~1300℃·h 之间为一般耐高温家系, 耐热性在 1000℃·h 以下为不耐耐高温家系, 考虑到家系建立的时间先后, 本实验采用日增重率(养殖期间增加的重量/实际养殖时间)评价不同家系的生长性能<sup>[28]</sup>, 其计算公式为:

$$AGRw(\text{g/d}) = (W_2 - W_1) / (T_2 - T_1)$$

式中  $W_1$ 、 $W_2$  分别为  $T_1$  和  $T_2$  时的体质量。本实验采取前期(AGRw-1)和后期(AGRw-2)两个日增重率指标。前期时间范围为仔鱼孵出至家系标记体重, 后期时间范围为养殖 10 个月至 15 个月。同时参照半滑舌鳎家系生长性能分类标准<sup>[28]</sup>, 并结合本实验的具体情况采取两个不同的分类标准, 前期日增重率在 0.090 以上的家系确定为快速生长家系, 日增重率在 0.050~0.090 的家系确定为较快生长家系, 日增重率在 0.050 以下的家系确定为生长速度一般家系, 依据后期日增重率进行家系分类的指标分别为: 大于 1.500、1.000~1.500 和小于 1.000。

**1.3.2 数据分析处理** 运用 Excel 2007 计算各家系的前期和后期日增重率和耐热性平均值和标准差, 利用 SPSS 17.0 软件进行耐热性的单因素方差分析, 采用最小显著差法进行多重比较, 并对各家系进行日增重率与耐热性的相关性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同家系生长性状统计描述

大菱鲆不同家系的生长性状统计描述见表 1, 在各家系前期生长性能评定中, 快速生长家系数为 6 个, 分别为 2 号、3 号、7 号、8 号、9 号和 12 号家系, 生长速度一般家系分别为 17 号、18 号、20 号、29 号、34 号、35 号、37 号和 38 号家系, 其余均为较快生长家系。在后期生长速度比较中, 快速生长家系为 8 号、11 号、13 号、14 号、17 号、23 号、24 号、35 号和 39 号家系, 生长速度一般家系有 3 个, 分别为 22 号、33 号和 37 号家系。通过前后不同日增重率的家系比较, 可知只有 8 号家系在前期和后期均保持较高日增

重率, 在前期为生长速度一般的 17 号和 18 号家系在后期日增重率得到提高, 成为快速生长家系。

### 2.2 不同家系耐热性状统计描述

大菱鲆不同家系的耐热性状统计描述见表 2, 从表 2 中可以看出各家系的耐热性平均值在  $836.30 \sim 1367.30^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$  之间, 平均耐热性为  $1113.00^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ 。各家系的耐热性标准差差异较大, 其中标准差最小的为 29 号家系(187.8), 最大的为 15 号家系(476.56)。38 号家系耐热性变异系数最大, 其值为 0.53, 8 号家系耐热性变异系数最小, 值为 0.16。其余家系大多数处在  $0.20 \sim 0.35$  之间。从图 1 中可知, 耐热性大于  $1300^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$  的家系数是 3 个, 分别为家系 8 号、33 号和 37 号, 家系为高耐高温家系; 耐热性小于  $1000^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$  的家系数为 5 个, 分别是家系 3 号、9 号、16 号、38 号和 40 号, 可认为是不耐高温家系; 其余家系的耐热性处于二者之间, 为一般耐高温家系。

### 2.3 耐热性方差分析及多重比较分析

大菱鲆家系方差分析见表 3, 由表 3 可以看出,

表 1 不同大菱鲆家系生长性状统计描述

Tab.1 Description statistics of growth trait of difference families of turbot

家系 family	前期日增重率 AGRw-1	后期增重率 AGRw-2	家系 family	前期日增重率 AGRw-1	后期增重率 AGRw-2
1	0.081	1.422	21	0.053	1.421
2	0.103	1.223	22	0.055	0.926
3	0.092	1.267	23	0.066	1.545
4	0.061	1.375	24	0.072	1.497
5	0.084	1.245	25	0.057	1.253
6	0.077	1.396	26	0.064	1.054
7	0.090	1.244	27	0.055	1.489
8	0.107	1.661	28	0.050	1.298
9	0.093	1.471	29	0.052	1.211
10	0.088	1.268	30	0.051	1.363
11	0.072	1.553	31	0.056	1.146
12	0.101	1.487	32	0.067	1.317
13	0.082	1.558	33	0.078	0.791
14	0.057	1.601	34	0.049	1.314
15	0.057	1.178	35	0.044	1.600
16	0.070	1.250	36	0.053	1.219
17	0.044	1.550	37	0.045	0.955
18	0.049	1.247	38	0.042	1.059
19	0.066	1.187	39	0.033	1.672
20	0.041	1.349	40	0.061	1.393

表 2 不同大菱鲂家系耐热性状统计描述  
Tab. 2 Description statistics of upper thermal tolerance trait of difference turbot families

家系号 family	平均值 mean	标准差 SD	变异系数 CV/%	家系号 family	平均值 mean	标准差 SD	变异系数 CV/%
1	1008.58	230.50	0.23	21	1198.06	285.97	0.24
2	1092.31	313.51	0.29	22	1142.86	282.13	0.25
3	996.49	249.44	0.25	23	1134.85	305.62	0.27
4	1217.30	261.32	0.21	24	1083.59	287.58	0.27
5	1130.20	329.09	0.29	25	1146.03	348.20	0.30
6	1226.64	282.85	0.23	26	1068.39	401.66	0.38
7	1066.27	223.40	0.21	27	1021.93	451.67	0.44
8	1355.40	211.01	0.16	28	1283.78	363.87	0.28
9	913.77	300.20	0.33	29	1004.97	187.80	0.19
10	1114.33	347.73	0.31	30	1178.49	430.48	0.37
11	1132.58	313.27	0.28	31	1218.19	349.98	0.29
12	1046.15	215.32	0.21	32	1125.49	300.10	0.27
13	1127.12	341.79	0.30	33	1367.30	241.15	0.18
14	1244.96	359.61	0.29	34	1037.51	293.95	0.28
15	1018.32	476.56	0.47	35	1046.71	390.04	0.37
16	987.27	232.18	0.24	36	1095.76	418.88	0.38
17	1214.40	380.26	0.31	37	1322.67	301.44	0.23
18	1030.65	417.49	0.41	38	836.30	444.45	0.53
19	1175.09	271.49	0.23	39	1126.38	321.54	0.29
20	1068.13	352.25	0.33	40	914.95	324.26	0.35

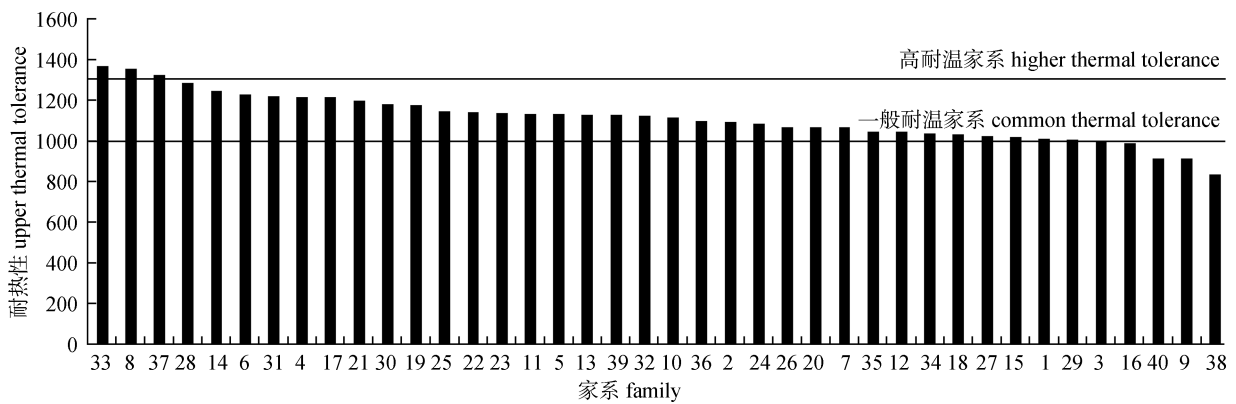


图 1 40 个大菱鲂家系耐热性平均值

Fig.1 Means of upper thermal tolerance of 40 families of turbot

表 3 40 个大菱鲂家系耐热性方差分析表  
Tab. 3 ANOVA for upper thermal tolerance among 40 families of turbot

变异来源 source of variation	平方和 sum of squares	自由度 df	均方 mean square	F	P
组间 between groups	9540023.652	39	244616	2.219	0.0001
组内 within groups	76938136.25	698	110226.6		
总和 total	86478159.9	737			

$F > F_{0.01(39,698)}$ ,  $P < 0.01$ , 表明 40 个家系耐热性存在极显著差异, 说明大菱鲂耐热性具有一定的选择

潜力。

40 个家系间多重比较见表 4, 从表 4 可知; 当

表 4 40 个大菱鲆家系耐热性平均值及多重比较结果  
Tab. 4 Comparisons of upper thermal tolerance trait of 40 families of turbot

家系 family	均值 mean	$\alpha=5\%$	$\alpha=1\%$	家系 family	均值 mean	$\alpha=5\%$	$\alpha=1\%$
33	1367.30	a	A	10	1114.33	abcdefg	ABCDE
8	1355.40	ab	AB	36	1095.76	abcdefg	ABCDE
37	1322.67	abc	ABC	2	1092.31	abcdefg	ABCDE
28	1283.78	abcd	ABC	24	1083.59	bcdefg	ABCDE
14	1244.96	abcde	ABCD	26	1068.39	cdefg	ABCDE
6	1226.64	abcde	ABCD	20	1068.13	cdefg	ABCDE
31	1218.19	abcde	ABCD	7	1066.27	cdefg	ABCDE
4	1217.30	abcde	ABCD	35	1046.71	cdefg	ABCDE
17	1214.40	abcde	ABCD	12	1046.15	cdefg	ABCDE
21	1198.06	abcdef	ABCDE	34	1037.51	defg	ABCDE
30	1178.49	abcdef	ABCDE	18	1030.65	defg	ABCDE
19	1175.09	abcdef	ABCDE	27	1021.93	defg	ABCDE
25	1146.03	abcdef	ABCDE	15	1018.32	defg	ABCDE
22	1142.86	abcdef	ABCDE	1	1008.58	defg	ABCDE
23	1134.85	abcdef	ABCDE	29	1004.97	defg	ABCDE
11	1132.58	abcdef	ABCDE	3	996.49	efg	BCDE
5	1130.20	abcdef	ABCDE	16	987.27	efg	CDE
13	1127.12	abcdef	ABCDE	40	914.95	fg	DE
39	1126.38	abcdef	ABCDE	9	913.77	fg	DE
32	1125.49	abcdef	ABCDE	38	836.30	g	E

注: 具有不同字母的各项间差异显著。

Note: Numbers with different letters are significantly different.

表 5 大菱鲆生长与耐热性状相关分析  
Tab. 5 Correlation analysis of growth and upper thermal tolerance traits of turbot

性状 trait	耐热性 upper thermal tolerance	前期日增重率 AGRw-1
前期日增重率 AGRw-1	0.016	
后期日增重率 AGRw-2	-0.042	0.089

$\alpha=5\%$ 家系 33、8、37、28、14、6、31、4、17、21、30、19、25、22、23、11、5、13、39、32、10、36、2 耐热性差异不显著, 当  $\alpha=1\%$ 时, 除家系 3、16、40、9 和 38 外, 各家系之间耐热性差异不显著。

### 2.4 各家系生长和耐热性状的相关分析

各家系生长和耐热性状间表型相关见表 5。由表 5 可知, 各家系的前期日增重率和后期日增重率的相关系数仅为 0.089, 且二者之间相关不显著( $P>0.05$ )。耐热性与前期日增重率呈正相关, 但与后期日增重率呈负相关, 两个相关系数均较

小, 生长与耐热性状相关情况需要进一步分析。

### 3 讨论

本研究对耐热性进行方差分析结果显示, 不同家系之间耐热性差异极其显著 ( $P<0.01$ ); 对体重性状和耐热性状进行相关分析结果显示, 体重与耐热性状呈现负相关。一方面, 表明不同家系间对耐热性表现出一定的差异, 这为对耐热性进行家系选育提供了依据。另一方面可以直接利用这些家系作为育种的中间材料, 为下一步选育打好基础。随着本研究的进一步深入, 并结合现代育种技术, 包括采用半同胞、全同胞家系估计多项遗传参数, 利用家系选择、家系内选择、合并选择的选择指数估计每个世代留种个体的育种值和选择指数, 通过育种值估计和指数选择法进行世代间的选择育种。同时还将分析不同家系的遗传结构, 构建遗传图谱, 对与优良性状紧密相连锁的基因进行标记, 进而进行标记辅助选育, 将

加快选育速度, 培育出大菱鲂耐热新品种。

参考文献:

- [1] 雷霖霖. 海水养殖新品种介绍—大菱鲂[J]. 中国水产, 2000(4): 65-69.
- [2] 雷霖霖. 大菱鲂(*Scophthalmus maximus*)引进与驯养试验[J]. 中国动物科学研究, 2001(2): 408-413.
- [3] 雷霖霖, 门强, 王印庚, 等. 大菱鲂“温室大棚+深井海水”工厂化养殖模式[J]. 海洋水产研究, 2002, 23(4): 1-7.
- [4] 门强, 雷霖霖, 王印庚. 大菱鲂的生物学特性和苗种生产关键技术[J]. 海洋科学, 2004, 28(3): 1-4.
- [5] 马爱军, 陈四清. 饲料中主要能量物质对大菱鲂幼鱼生长的影响[J]. 2001, 32(5): 527-533.
- [6] 张正, 王印庚, 杨官品, 等. 大菱鲂(*Scophthalmus maximus*)细菌性疾病的研究现状[J]. 海洋通报, 2004(3): 83-89.
- [7] 窦海鸽, 刘彦, 张悦. 大菱鲂病毒性疾病的综合防治对策[J]. 渔业现代化, 2004(6): 29-30.
- [8] 申雪艳, 孔杰, 宫庆礼, 等. 大菱鲂种质资源研究与开发[J]. 海洋水产研究, 2005, 26(6): 94-100.
- [9] 雷霖霖, 马爱军, 陈超, 等. 大菱鲂 *Scophthalmus maximus*. 养殖现状与可持续发展[J]. 中国工程科学, 2005, 7(5): 30-34.
- [10] 王新安, 马爱军, 侯仕营, 等. 大菱鲂 4 个不同地理群体生长性能的比较[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(1): 34-39.
- [11] 于飞, 张庆文, 孔杰, 等. 大菱鲂不同进口群体杂交后代的早期生长差异[J]. 水产学报, 2008, 32(1): 58-64.
- [12] 季士治. 英国和西班牙进口大菱鲂杂交子一代的杂种优势分析[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2006.
- [13] 顾颖, 郭忠宝, 谷晶晶等. 大菱鲂微卫星标记的分离及其多态性位点检测[J]. 大连水产学院学报, 2009, 24(4): 366-370.
- [14] 阮晓红. 大菱鲂(*Turbot*)微卫星标记的筛选及应用[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2009.
- [15] 许可. 大菱鲂与生长、耐高温性状相关的微卫星标记筛选及微卫星标记的开发研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2009.
- [16] 马爱军, 王新安, 雷霖霖. 大菱鲂(*Scophthalmus maximus*)不同生长阶段体重的遗传参数和育种值估计[J]. 海洋与湖沼, 2009, 40(2): 187-194.
- [17] 马爱军, 王新安, 杨志, 等. 大菱鲂(*Scophthalmus maximus*)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.
- [18] 张庆文, 孔杰, 栾生, 等. 大菱鲂 25 日龄 3 个经济性状的遗传参数评估[J]. 海洋水产研究, 2008, 39(6): 53-56.
- [19] 方永强, 翁幼竹, 杨尧, 等. “大菱鲂引进驯化和养殖”的试验[J]. 台湾海峡, 2001, 20(3): 356-362.
- [20] 黄一民, 杨德利. 我国鲆鲽鱼类养殖产业化发展研究[J]. 山西农业科学, 2009, 37(11): 58-61.
- [21] 木云雷, 宋广军. 水温和盐度对大菱鲂稚鱼存活的影响[J]. 水产科学, 2005, 24(12): 1-3.
- [22] 高淳仁, 王印庚, 马爱军, 等. 温度对大菱鲂幼鱼生长、成活率和体内蛋白酶活性的影响[J]. 海洋水产研究, 2006, 27(6): 33-36.
- [23] 曾庆民, 林文霖, 吴立峰, 等. 大菱鲂南方移养技术研究[J]. 海洋科学, 2006, 30(1): 1-4.
- [24] Cnaani A, Gall G A E, Hulata G. Cold tolerance of tilapia species and hybrids[J]. Aqu Int, 2000(8): 289-298.
- [25] Perry G M L, Martyniuk C M, Ferguson M M, et al. Genetic parameters for upper thermal tolerance and growth-related traits in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)[J]. Aquaculture, 2005, 250: 120-128.
- [26] 陈松林, 田永胜, 徐田军, 等. 牙鲆抗病群体和家系的建立及其生长和抗病性能初步测定[J]. 水产学报, 2008, 25: 665-673.
- [27] 徐田军, 陈松林, 田永胜, 等. 牙鲆抗鳃弧菌病家系筛选及其分析[J]. 中国水产科学, 2010, 17(1): 59-68.
- [28] 陈松林, 杜民, 杨景峰, 等. 半滑舌鳎家系建立及其生长和抗病性能测定[J]. 水产学报, 2010, 34(12): 1789-1794.

## Comparative analysis of growth and upper thermal tolerance traits among turbot (*Scophthalmus maximus*) families

CAO Baoxiang<sup>1</sup>, ZHANG Tianshi<sup>1</sup>, LIU Baosuo<sup>1,2</sup>, KONG Jie<sup>1</sup>

1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;

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

**Abstract:** This study assessed the thermal tolerance of 40 turbot families. Growth and upper thermal tolerance traits were recorded. The upper thermal tolerance trait was analyzed using variance analysis, correlation analysis and variance component analysis. Analysis of the two growth stages showed that among the 40 families studied, within the first growth stage, six families showed rapid growth, 26 families showed secondarily rapid growth, and eight families showed common growth. Within the second stage, nine families showed fast growth, 28 families showed secondarily rapid growth, and three families showed common growth. Only one family showed rapid growth over both stages. Analysis of the upper thermal tolerance trait showed that upper thermal tolerance ranged from 836.30–1 367.30°C·h with a total mean of 1 113.00°C·h. Three high heat resistance families were identified. The family with the highest heat resistance was shown to have a mean upper thermal tolerance of 1 367.30°C·h. Five non heat resistance families were identified, with a thermal tolerance of 836.30°C·h identified for the family displaying the lowest mean of upper thermal tolerance. The results of ANOVA showed that there was a significant difference in upper thermal tolerance among the different families studied ( $P<0.01$ ). The correlation analysis showed a different phenotypic correlation between growth rate at different growth period compared to growth rate and upper thermal tolerance.

**Key words:** *Scophthalmus maximus*; family; upper thermal tolerance; ANOVA; correlation analysis

**Corresponding author:** KONG Jie. E-mail: kongjie@ysfri.ac.cn