

# 大菱鲆 4 个不同地理群体生长性能的比较

王新安<sup>1</sup> 马爱军<sup>1\*</sup> 侯仕营<sup>1</sup> 黄智慧<sup>1</sup> 薛宝贵<sup>1</sup> 杨志<sup>2</sup> 曲江波<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛市海水鱼类种子工程与生物技术重点实验室, 青岛 266071)

<sup>2</sup>(烟台市开发区天源水产有限公司, 山东 烟台 264003)

**摘要** 在相同的养殖条件下, 选取英国、法国、丹麦和挪威 4 个不同群体的大菱鲆 *Scophthalmus maximus* L.进行了 1 年生长性能的比较。结果表明, 在 3、6、9 和 12 月龄, 群体间体长、体重的差异均较大, 在每一个生长时期各群体体长、体重的差异排序相同。4 个群体的大菱鲆体长以线性速度生长, 体重以指数形式生长。综合 0~3 月龄、0~12 月龄的绝对增重率和 3~6、6~9、9~12 月龄的绝对增重率和瞬时增重率, 在生长速度上依次为法国、英国、丹麦和挪威群体, 在生长差异上丹麦和挪威及英国和法国之间的差异较小, 丹麦、挪威和英国、法国之间的差异较大。大菱鲆各群体在 3、6、9 和 12 月龄的体重变异系数分别为 22.84%~33.48%、21.36%~30.30%、19.64%~26.97%和 21.06%~35.07%, 认为这 4 个群体的大菱鲆均可作为选育的基础群体。

**关键词** 大菱鲆 群体 生长性能 比较

中图分类号 S968.1 文献识别码 A 文章编号 1000-7075 (2010) 01-

## Comparison of growth performance in stocks of turbot *Scophthalmus maximus* L. from Britain, France, Denmark and Norway

WANG Xin-An<sup>1</sup> MA Ai-Jun<sup>1</sup> HOU Shi-Ying<sup>1</sup> HUANG Zhi-Hui<sup>1</sup> YANG Zhi<sup>2</sup>  
Qu jiang-Bo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao Key Laboratory for Marine Fish Breeding and Biotechnology, Qingdao 266071)

<sup>2</sup>(Yantai Tianyuan Aquatic limited corporation, Yantai 264003)

**ABSTRACT** Turbot *Scophthalmus maximus*, a benthic flatfish species, is a highly nutritious

国家支撑计划专题 (2006BAD01A12012)、农业公益性行业科研专项经费项目 (nyhyzx07-046)、现代农业产业技术体系建设专项资金和中国水产科学研究院黄海水产研究所基本科研业务费项目 (2009-ts-11) 共同资助

\*通讯作者。E-mail: maaj@ysfri.ac.cn, Tel: (0532)85835103

收稿日期: ; 接受日期:

作者简介: 王新安 (1970-), 男, 助理研究员, 主要从事海水鱼类遗传育种研究。E-mail: wangxa@ysfri.ac.cn

and valued species currently cultured widely in sea water in China. However, with development of its aquaculture, the growth has been slowed down due to serious germplasm degeneration in recent years and was heavily concerned by national related administrative department. In this study, growth performance was compared in four different stocks of turbot from Britain, France, Denmark and Norway. The results showed that the difference of body length and body weight among these stocks are much significant ( $P < 0.01$ ) for 3-month, 6-month, 9-month and 12-month turbot, and body length and body weight ranked in the same order for the four stocks based on the data collected in respective months. Body length of the four populations of turbot grew as linear functions, while their body weight as exponential functions. Through  $AGR_w$  and  $IGR_w$  were different at different growth stage, better growth performance was exhibited in France stocks than in the other three stocks, and the order was as follows: France > Britain >> Denmark > Norway. At 3, 6, 9 and 12 months, the variation coefficients of body weight of the four turbot stocks were 22.84% ~ 33.48%, 21.36% ~ 30.30%, 19.64% ~ 26.97% and 21.06% ~ 35.07% respectively, and all the four stocks were suitable for selection on the basis of the variation coefficients of body weight.

**KEY WORDS** Turbot *Scophthalmus maximus* L. Stocks Growing performance  
Comparison

大菱鲆 *Scophthalmus maximus* L.为原产于欧洲的著名海水养殖特有良种,具有生长迅速、肉味鲜美和经济价值高等优点。自然分布于大西洋东北部,冰岛和摩洛哥附近的欧洲沿海,相对盛产于北海、波罗的海以及冰岛和斯堪的纳维亚半岛附近海域(雷霖霖 2003)。中国水产科学研究院黄海水产研究所于 1992 年“跨洋引种”将其引入我国,突破“种子工程”,创建了“温室大棚+深井海水”的开放式工厂化养殖模式,使其成为我国北方沿海工厂化养殖业的主导品种之一(雷霖霖等 2002;马爱军等 2002)。

尽管大菱鲆在我国沿海地区海水鱼类养殖业中取得了很大成就,然而,由于大菱鲆是外来种,最初引进的亲鱼数量较少,群体来源较为单一,引进后也未实行有效的亲鱼管理计划,不可避免地会产生近亲交配;此外,在繁殖过程中所采用的亲鱼通常未经过有目的的选择,加之累代养殖,以致造成种质退化,孵化率、成活率降低、生长速度减慢、抗逆性差等现象不断发生(雷霖霖等 2005;马爱军等 2008;马爱军等 2009)。为保证大菱鲆养殖业健康、稳定、可持续发展,采取有效的手段对其进行遗传改良,选育出优质、高产的新品种,是当

前一项紧迫的工作。种质资源研究是开展良种选育的基础,生长性能的比较则是种质资源研究的重要组成部分。有关水产动物生长性能的比较研究,国内外文献已对不同品系或种群的鲢、罗非鱼、青虾、三角帆蚌、中华绒螯蟹、鲤鱼、鲟鱼和虹鳟等的生长性能的比较研究进行了报道(李思发 1984;李思发 1998;李家乐等 2005; Vandeputte *et al.* 2002; 李家乐等 2006; 李应森等 2001; Overturf *et al.* 2003; 文春根等 2004; 王炳谦等 2007)。但关于不同群体大菱鲂生长性能的比较研究尚未见有报道。

本试验中,作者对英国、法国、丹麦、挪威 4 个大菱鲂群体的生长性能进行了比较研究,结合以前报道过的形态与遗传差异研究(申雪艳等 2004; 马爱军等 2008),将研究结果报告如下,旨在为大菱鲂的良种选育以及种质资源的保护和合理利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 亲本材料

实验用亲本材料是山东烟台天源水产有限公司引进的来源于英国(B)、法国(F)、丹麦(D)和挪威(N) 4 个不同地理群体的大菱鲂。英国群体为 2002 年 8 月 11 日从英国进口海捕亲本孵化成的约 5cm 苗种;法国群体为 2003 年 9 月 22 日从法国进口海捕亲本孵化成的约 5cm 的苗种;丹麦群体为 2003 年 4 月 4 日从丹麦进口海捕亲本卵孵化而成的 5cm 的苗种;挪威群体为 2002 年 6 月 10 日从挪威进口海捕亲本孵化成的约 5cm 苗种。

### 1.2 实验材料的获取和分析方法

#### 1.2.1 试验设计与管理

生长对比试验于 2006 年 4 月至 2007 年 4 月在烟台天源水产有限公司进行。对每一群体大菱鲂,分别选取 6 尾雌鱼和 6 尾雄鱼,采用人工采卵授精的方法,通过混合交配,建立自交系。从仔鱼孵化到 3 月龄,各群体自交系采用环境条件标准化和数量标准化的方式进行分池培育,3 月龄后,从每个自交群体随即选取 250 尾幼鱼进行荧光(VIE)标记,进行群体混养,以消除环境因素成的影响。从仔鱼孵化后开始,每隔 3 个月进行一次鱼体长、体重测量,每个群体自交系随即取样 120 尾。本实验采用数据为 0 月龄至 12 月龄的体长、体重。

#### 1.2.2 统计分析方法

本文数据用 SPSS13.0 软件及 Excel 软件对试验数据进行处理。对不同生长时期群体间的体长、体重差异进行单因子方差分析和 Duncan 多重比较分析,差异的显著性设置为  $P < 0.05$ 。计算不同生长时期体重的变异系数,对不同生长阶段群体进行瞬时增重率和绝对增重率的计算。

$$\text{瞬时增重率: } IGR_w(\%/d) = [(\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)] \times 100$$

绝对增重率:  $AGR_w(g/d) = (W_2 - W_1) / (t_2 - t_1)$

式中,  $W_1$ 和 $W_2$ 分别为时间 $t_1$ 和 $t_2$ 时的体重。

变异系数的计算公式:  $CV = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\%$ 。式中,  $\bar{x}$ 为平均数,  $s$ 为标准差。

## 2 结果

### 2.1 不同生长时期群体间体长、体重的差异分析和 4 个群体大菱鲂的生长方程

表 1 大菱鲂 4 个不同群体不同生长阶段的体长和体重的方差分析

Table 1 ANOVA for body length and body weight for the four stocks in different periods

| 月龄<br>Age (month) | 变异来源<br>Source of variation | 自由度<br>df | 体长 Body length |         | 体重 Body weight |         |
|-------------------|-----------------------------|-----------|----------------|---------|----------------|---------|
|                   |                             |           | 均方             | P 值     | 均方             | P 值     |
|                   |                             |           | Mean square    | P-value | Mean square    | P-value |
| 3                 | 群体间<br>Between stocks       | 3         | 27.071         | 0.000   | 68.129         | 0.000   |
|                   | 群体内<br>Within stocks        | 476       | 0.136          |         | 0.366          |         |
|                   | 总和 Total                    | 479       |                |         |                |         |
| 6                 | 群体间<br>Between stocks       | 3         | 8.410          | 0.000   | 3 621.819      | 0.000   |
|                   | 群体内<br>Within stocks        | 476       | 0.747          |         | 115.924        |         |
|                   | 总和 Total                    | 479       |                |         |                |         |
| 9                 | 群体间<br>Between stocks       | 3         | 153.920        | 0.000   | 84 528.208     | 0.000   |
|                   | 群体内<br>Within stocks        | 476       | 1.595          |         | 846.018        |         |
|                   | 总和 Total                    | 479       |                |         |                |         |
| 12                | 群体间<br>Between stocks       | 3         | 177.539        | 0.000   | 337 740.617    | 0.000   |
|                   | 群体内<br>Within stocks        | 476       | 2.089          |         | 3 820.267      |         |
|                   | 总和 Total                    | 479       |                |         |                |         |

对不同生长时期各群体体长、体重分别进行方差分析的结果表明(表 1), 在每一生长时期各群体体长、体重的差异排序相同。在 3、6、9 和 12 月龄, 群体间体长、体重的差异均较大,  $F$  检验均为极其显著水平 ( $P=0.000 < 0.01$ )。进一步进行多重比较分析结果表明(图 1、图 2), 3 月龄: 4 个群体的体长及体重两两之间均达到显著水平 ( $P < 0.05$ ), 四群体体长、体重数值大小依次均为法国、英国、丹麦和挪威; 6 月龄: 法国群体的体长及体重均最高, 与其他 3 个群体的体长及体重均达到显著水平 ( $P < 0.05$ ), 其他 3 个群体之间体长及体重均存在差异, 但均未达到显著水平 ( $P > 0.05$ ); 9 月龄: 法国群体的体长及体重均最高,

英国次之,这两个群体分别与其他3个群体之间的差异均达到显著水平 ( $P < 0.05$ ), 丹麦和挪威群体体长及体重均较小, 二者也存在差异, 但未达到显著水平 ( $P > 0.05$ ); 12月龄: 4个群体之间体长及体重的差异与9月龄完全相同。

在0~12月龄阶段, 4个群体大菱鲂体长的生长情况如图1, 体重的生长状况如图2。通过计算体长和饲养天数以及体重和饲养天数相关系数, 分别得到4个群体大菱鲂体长 ( $L$ ) 与天数 ( $t$ ) 的回归方程  $L=m+nt$ , 体重 ( $W$ ) 与天数 ( $t$ ) 的回归方程  $W=ae^{bt}$ , 各回归方程系数见表2。

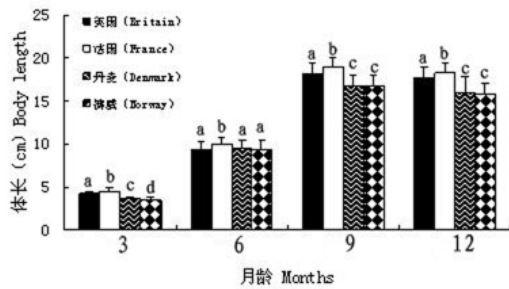


图1 4个群体大菱鲂在不同月龄时的体长生长比较

Fig. 1 Comparison of body length between the four stocks of turbot at different month ages  
注: 同列上不同小写字母表示群体间差异显著  $P < 0.05$

Note: Different letters in the same line indicate significance at  $P < 0.05$

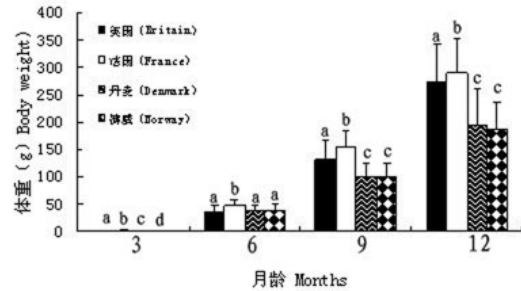


图2 4个群体大菱鲂在不同月龄时的体重生长比较

Fig. 2 Comparison of body weight between the four stocks of turbot at different month ages  
注: 同列上不同小写字母表示群体间差异显著  $P < 0.05$

Note: Different letters in the same line indicate significance at  $P < 0.05$

表2 体长与天数以及体重与天数的回归方程系数

Table 2 The parameters of regression equations between the days and body length or body weight of turbot *Scophthalmus maximus* L.

| 群体<br>Stocks  | 体长 Body length |       |       | 体重 Body weight |       |       |
|---------------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
|               | $m$            | $n$   | $R^2$ | $a$            | $b$   | $R^2$ |
| 法国<br>France  | 0.341          | 0.056 | 0.869 | 1.175          | 0.017 | 0.900 |
| 英国<br>Britain | 0.047          | 0.055 | 0.886 | 0.802          | 0.018 | 0.916 |
| 丹麦<br>Denmark | 0.307          | 0.050 | 0.869 | 0.635          | 0.017 | 0.869 |
| 挪威<br>Norway  | 0.328          | 0.049 | 0.854 | 0.550          | 0.018 | 0.854 |
| 平均值<br>Means  | 0.256          | 0.052 | 0.869 | 0.790          | 0.017 | 0.885 |

## 2.2 不同生长阶段4群体大菱鲂的生长率差异

不同生长阶段4个群体大菱鲂生长率的结果表明(表3), 0~3月龄: 绝对增重率大小

依次是法国群体、英国群体、丹麦群体、挪威群体，最大的比最小的高出 236.30%；3~6 月龄：绝对增重率大小依次是法国群体、挪威群体、丹麦群体和英国群体，瞬时增重率大小依次是挪威群体、丹麦群体、英国群体和法国群体；6~9 月龄：绝对增重率大小依次是法国群体、英国群体、丹麦群体、挪威群体，瞬时增重率大小依次是英国群体、法国群体、丹麦群体和挪威群体，绝对增重率最大的比最小的高出 71.74%，瞬时增重率最大的比最小的高出 33.63%；9~12 月龄：绝对增重率大小依次是英国群体、法国群体、丹麦群体、挪威群体，而瞬时增重率大小依次是英国群体、丹麦群体、法国群体、挪威群体，绝对增重率和瞬时增重率的大小排序基本相同，绝对增重率和瞬时增重率均最高的英国群体比这两项指标均最低的挪威群体分别高 59.84%、14.28%；0~12 月龄：绝对增重率大小依次是法国群体、英国群体、丹麦群体、挪威群体，绝对增重率最高的法国群体比绝对增重率最低的挪威群体高 54.48%。综合 0~3 月龄、0~12 月龄的绝对增重率和 3~6 月龄、6~9 月龄、9~12 月龄的绝对增重率和瞬时增重率的研究结果表明，法国群体生长最快、英国群体次之、丹麦群体生长较慢、挪威群体生长最慢。

表 3 大菱鲆不同生长阶段 4 个不同群体的体重增长率

Table 3 Growth rate of body weight of the four stocks at different stages

| 群体<br>Stocks  | 0~3 月龄  |         | 3~6 月龄  |         | 6~9 月龄  |         | 9~12 月龄 |         | 0~12 月龄 |         |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|               | $IGR_w$ | $AGR_w$ | $IGR_w$ | $AGR_w$ | $IGR_w$ | $AGR_w$ | $IGR_w$ | $AGR_w$ | $IGR_w$ | $AGR_w$ |
|               | %/d     | g/d     | %/d     | g/d     | %/d     | g/d     | %/d     | g/d     | %/d     | g/d     |
| 法国<br>France  | —       | 0.032   | 3.134   | 0.505   | 1.283   | 1.168   | 0.709   | 1.522   | —       | 0.807   |
| 英国<br>Britain | —       | 0.024   | 3.137   | 0.385   | 1.420   | 1.059   | 0.809   | 1.574   | —       | 0.761   |
| 丹麦<br>Denmark | —       | 0.016   | 3.609   | 0.398   | 1.089   | 0.690   | 0.744   | 1.053   | —       | 0.539   |
| 挪威<br>Norway  | —       | 0.014   | 3.825   | 0.411   | 1.063   | 0.680   | 0.708   | 0.985   | —       | 0.522   |

### 2.3 不同生长时期 4 个群体大菱鲆体重的变异系数

表 4 4 个群体大菱鲆在不同月龄时的体重变异系数 (CV)

Table 4 Variation coefficient of body weight of the four stocks of turbot *Scophthalmus maximus* L. of different ages

| 月龄<br>Age (month) | 法国(CV%)<br>France (CV%) | 英国(CV%)<br>Britain (CV%) | 丹麦(CV%)<br>Denmark (CV%) | 挪威(CV%)<br>Norway (CV%) |
|-------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 3                 | 33.48                   | 22.84                    | 28.41                    | 28.07                   |
| 6                 | 21.36                   | 29.93                    | 27.08                    | 30.30                   |
| 9                 | 19.64                   | 25.90                    | 26.97                    | 24.37                   |
| 12                | 21.06                   | 24.66                    | 35.07                    | 25.75                   |

不同生长时期 4 个群体大菱鲂体重变异系数的结果表明(表 4), 3 月龄: 体重变异系数为 22.84% ~ 33.48%, 大小依次为法国群体、丹麦群体、挪威群体、英国群体; 6 月龄: 体重变异系数为 21.36% ~ 30.30%, 大小依次为挪威群体、英国群体、丹麦群体、法国群体; 9 月龄: 体重变异系数为 19.64% ~ 26.97%, 大小依次为丹麦群体、英国群体、挪威群体、法国群体; 12 月龄: 体重变异系数为 21.06% ~ 35.07%, 大小依次为丹麦群体、挪威群体、英国群体、法国群体。除 3 月龄时法国群体体重变异系数最大外, 在 6、9 和 12 月龄, 法国群体的体重变异系数均最小。

### 3 讨论

鱼类种群间表型差异可能来自遗传因子、环境因子或者遗传-环境因子的交互作用(李思发等 1989)。本试验中, 各种群大菱鲂处于同一繁殖时间, 0~3 月龄, 各群体自交系采用环境条件标准化和数量标准化的方式进行分池培育。3 月龄后, 每个自交群体随即选取幼鱼进行标记群体混养, 基本上消除了环境因素的影响。因此, 不同繁育群体大菱鲂的生长差异, 遗传因子可能是主要原因。由于实验在同一环境条件下进行, 本文无法确定遗传-环境的作用。本试验结果能可靠地反映出各种群在 0~12 月龄阶段的生长性能差异。依据试验结果可以判断, 在每一生长时期各群体体长、体重的差异排序相同, 说明体长与体重之间存在较高的相关性。在 1 龄鱼阶段, 从整体上看, 法国群体生长最快、英国群体次之、丹麦群体生长较慢、挪威群体生长最慢。该结果与 4 个不同地理种群大菱鲂的形态差异分析结果比较接近(马爱军等 2008), 即在形态性状值方面, 丹麦群体和挪威群体及英国群体和法国群体之间的差异较小, 丹麦群体、挪威群体和英国群体、法国群体之间的差异较大。本文关于生长性能的研究结果与大菱鲂群体间遗传学文献比较发现, 即存在着相同点, 也存在部分差异, 利用同工酶电泳技术及微卫星 DNA 序列技术研究不同地理种群大菱鲂遗传结构结果表明(Blanquer *et al.* 1992; Coughlan *et al.* 1998; Bouza *et al.* 2002; Einar *et al.* 2004), 不同地理种群的大菱鲂群体遗传距离很小, 遗传分化不明显, 说明大菱鲂不同地理群体间遗传差异很小。本研究结果表明丹麦和挪威群体之间以及英国和法国群体之间的生长性能(不同生长时期的体长、体重和不同生长阶段的生长率)差异较小, 特别是丹麦和挪威群体之间差异极小, 这一点与上述遗传学研究结果相一致, 但丹麦群体和英国群体、丹麦群体和法国群体、挪威群体和英国群体、挪威群体和法国群体之间生长性能则与遗传学之间的研究结果不相一致。对形态学、分子生物学的研究结果和本文生长性能的研究结果综合分析, 英国群体和法国群体的亲缘关系较近, 丹麦群体和挪威群体的亲缘关系较近。运用上述 3 种方法在研究不同群体三角帆蚌的亲缘关系时也得到类似的结论(李家乐等 2006)。

鱼类生长的变异程度远大于人类等高等动物。研究表明,人类身高的变异系数仅为4%,鼠体重的变异系数仅为6%;而虹鳟、大西洋鲑和斑点叉尾鮰体重的变异系数可分别高达17%~56%、25%~76%和22%。显然,鱼类具有较大的选择育种潜力(李思发等 2000;王炳谦等 2007)。本试验中,各种群大菱鲂在3、6、9和12月龄的体重变异系数分别为22.84%~33.48%、21.36%~30.30%、19.64%~26.97%和21.06%~35.07%,作者认为这4个种群的大菱鲂可作为选育的基础群体。研究结果表明,除3月龄时法国群体体重变异系数最大外,在6、9和12月龄,法国群体的体重变异系数均最小,同时,法国群体较其他3个群体具有最优的生长性能,这可能与法国群体大菱鲂已经过良种选育,其纯度较高且具有优良的生长基因有关。对中国五大湖三角帆蚌群体与诸暨养殖群体生长性能的比较研究同样认为,生长最快的鄱阳湖群体可能与其纯度高且具有优良的生长基因有关(李家乐等 2006)。

## 参 考 文 献

- 马爱军,雷霖霖,陈四清,张秀梅,陈大刚. 2002. 大菱鲂不同产卵季节对卵子的生物学及生化特征的影响. 海洋与湖沼, 33(1): 75~82
- 马爱军,王新安,雷霖霖. 2009. 大菱鲂 *Scophthalmus maximus* 不同生长阶段体重的遗传参数和育种值估计. 海洋与湖沼, 40(2): 187~194
- 马爱军,王新安,雷霖霖,杨志,曲江波,许可. 2008. 大菱鲂 *Scophthalmus maximus* 4个不同地理群体数量形态特征比较. 海洋与湖沼, 39(1): 24~29
- 文春根,丁红秀,刘玮,洪一江,陈绍萍. 2004. 俄罗斯鲟与杂交鲟鱼种的生长对比试验. 水利渔业, 24(6): 27~29
- 王炳谦,谷伟,贾钟贺,孙大江,高会江. 2007. 4个品系虹鳟生产性能的比较. 大连水产学院学报, 22(3): 170~174
- 申雪艳,官庆礼,雷霖霖,孔杰,翟介明,李波. 2004. 进口大菱鲂 *Scophthalmus maximus* L. 苗种的遗传结构分析. 海洋与湖沼, 35(4): 332~341
- 李应森,李思发,王江玲,刘映彬. 2001. 长江和辽河水系中华绒螯蟹湖泊放养生长性能的比较. 水产科学, 20(5): 1~3
- 李思发,李晨虹,李家乐,韩风进,叶卫,陈培贤,周志金. 1998. 尼罗罗非鱼五品系生长性能评估. 水产学报, 22(4): 314~321
- 李思发,周碧云,叶猗龙. 1989. 不同群体鳙鱼的生长性能与遗传分析. 水生生物学报, 13(4): 319~325
- 李思发,蔡正纬,陆伟民,何希,赵品如. 1984. 长江水系鲢鱼和珠江水系鲢鱼的生长差异. 水产学报, 8(3): 211~217
- 李思发,蔡完其. 2000. 团头鲂双向选择效应研究. 水产学报, 24(3): 201~205
- 李家乐,白志毅,钱荣华. 2006. 中国五大湖三角帆蚌群体与诸暨养殖群体生长性能的比较研究. 水产科技情报, 33(6): 243~246
- 李家乐,聂式忠,冯建彬,何为,范益平,程熙. 2005. 长江中下游5个青虾群体网箱生长和养殖性能比较. 上海水产大学学报, 14(3): 258~262
- 雷霖霖,门强,王印庚,王秉新. 2002. 大菱鲂“温室大棚+深井海水”工厂化养殖模式. 海洋水产研究, 23(4): 1~7
- 雷霖霖,马爱军,陈超,庄志猛. 2005. 大菱鲂 *Scophthalmus maximus* 养殖现状与可持续发展. 中国工程科学, 7(5): 30~34
- 雷霖霖. 2003. 大菱鲂养殖技术. 上海: 上海科学技术出版社
- Blanquer, A., Alayse, J. P., Berrada, O., and Berrebi, P. 1992. Allozyme variation in turbot (*Psetta maxima*) and brill (*Scophthalmus rhombus*) (Osteichthyes, Pleuronectiformes, Scophthalmidae) throughout their range in Europe. Fish Biology, 41(5): 725~736
- Bouza, C., Presa, P., Castro, J., Sanchez, L., and Martinez, P. 2002. Allozyme and microsatellite diversity in natural and domestic populations of turbot (*Scophthalmus maximus*) in comparison with other Pleuronectiformes. Canadian. Fisheries and Aquatic.



Sciences, 59:1460 ~ 1473

- Coughlan, J. P., Imsland, A. K., Galvin, P. T., Fitzgerald, R. D., Naevdal, G., and Cross, T. F. 1998. Microsatellites DNA variation in wild populations and farmed strains of turbot from Ireland and Norway: A preliminary. *Fish Biology*, 52:916 ~ 922
- Einar, E., N., Peter, H. N., Dorte, M., and Michael, M. H. 2004. Genetic population structure of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) supports the presence of multiple hybrid zones for marine fishes in the transition zone between the Baltic Sea and the North Sea. *Molecular Ecology*, 13:585 ~ 595
- Overturf, K., Casten, M. T., Lapatra, S. L., Rexroad, C., and Hardy, R. W. 2003. Comparison of growth performance, immunological response and genetic diversity of five strains of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) . *Aquaculture*, 217: 93 ~ 106
- Vandeputte, M., Peignon, E., Vallod, D., Haffray, P., Komen, P., and Chevassus, B. 2002. Comparison of growth performances of three French strains of common carp (*Cyprinus carpio*) using hemi-isogenic scaly carp as internal control. *Aquaculture*, 205: 19 ~ 36