

大菱鲂(*Scophthalmus maximus*)四月龄幼鱼 雌雄性别比及体重差异分析*

胡玉龙^{1,2} 王伟继² 孔杰² 官健涛² 徐利永² 马雨² 王清印^{2①}

(1. 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306;

2. 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071)

摘要 利用解剖观察和石蜡组织切片法,对37个家系共计4022尾4月龄的大菱鲂幼鱼群体进行雌雄性别的鉴别和统计分析。发现其中雌性1596尾、雄性2426尾,雌雄性别比为1:1.52,极显著偏离1:1的理论值($P < 0.01$)。在家系水平上,37个家系中有19个家系的雌雄性别比例显著偏离1:1($P < 0.05$),其余18个家系雌雄性别比例偏离1:1,但不显著($P > 0.05$),但其中13个家系中雄性个体比例偏高。研究显示,在群体水平上,人工养殖条件下的4月龄大菱鲂已经出现雌雄性别比偏离现象。从37个家系中随机选取20个家系(2254尾幼鱼)测量个体体重,利用SPSS 17.0软件进行数据分析。结果显示,4月龄大菱鲂雌雄个体体重无论在群体还是家系水平都表现为差异不显著。此分析结果表明,在大菱鲂选育过程中,在4月龄时进行的以体重为选育指标的选择不会对选育群体的性别比偏离造成显著影响。本研究结果为雌雄性别比偏离机制研究及良种选育工作提供了参考。

关键词 大菱鲂; 性别比例; 体重差异

中图分类号 S917 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2015)03-0050-06

大菱鲂(*Scophthalmus maximus* L.)是原产于欧洲的底栖海水鱼类,具有生长迅速、耐低温、性格温顺、风味独特、宜于集约化养殖等优点,是欧洲等地的优良海水养殖品种之一(雷霖霖等,1995)。我国于1992年首次引进大菱鲂进行人工驯养。自1999年突破生产性育苗技术以来,大菱鲂养殖产业在我国得到迅速发展,已经成为我国北方沿海重要的鱼类养殖品种(雷霖霖,2000、2003)。但我国养殖生产长期依赖于从欧洲大菱鲂原产国引进补充种源。同时,由于累代养殖和近亲交配比较严重,国内大菱鲂产业普遍出现了种质退化现象,主要表现为生长速度降低、出苗率降低、白化率增高等现象。对其进行种质优化和良种选育已经成为保障我国大菱鲂养殖产业可持续发展的重要研究课题之一(雷霖霖,2002a、b;雷霖霖等,2005、2012)。

家系选育是进行大菱鲂良种选育的重要途径之一。选育过程中,准确、完整的系谱信息可以有效指导亲本选留,从而避免近交效应的产生(张庆文等,2008)。大菱鲂一般要经过两年以上培育才能完全发育达到性成熟阶段(Jones,1974;Devauchelle *et al*,1988;Imslan *et al*,1997;Cal *et al*,2006a)。生产及良种选育中多采用3龄的成熟亲鱼进行家系构建和苗种生产,因而每个家系雌雄个体数量及比例会极大影响到交配方案实施的有效性。根据2007-2010年间实际家系构建数据,发现3-6龄亲鱼的雌雄性别比例均在1:1.5-1:1.7之间,均呈现出显著偏离1:1的现象:2007年(♀90尾,♂142尾,♀:♂为1:1.58);2009年(♀85尾,♂133尾,♀:♂为1:1.56);2010年(♀96尾,♂156尾,♀:♂为1:1.63)。申雪艳等(2005)亦发现,2-6龄

* 国家十二五“863”课题“重要鲆鲽鱼类良种培育”子课题“大菱鲂良种选育”(2012AA10A408-7)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“大菱鲂基因组关联分析不同育种模式的比较研究”(20603022013026)共同资助。胡玉龙, E-mail: 15898861106@163.com

① 通讯作者: 王清印, 研究员, E-mail: qywang@public.qd.sd.cn

收稿日期: 2014-04-14, 收修改稿日期: 2014-06-22

大菱鲆雄性所占比例为 50%–70%，7 龄之后雌鱼的比例开始增加，15 龄后雌鱼的比例占 90%–100%。

对于大菱鲆性染色体类型，现主要有两种观点。Cal 等(2006a, b)认为是 XX/XY 型，而 Haffray 等(2009)、Martínez 等(2009)、Casas 等(2011)和 Viñas 等(2012)支持 ZZ/ZW 性染色体类型。但无论是哪一种性染色体类型，理论上，雌雄性比都应接近 1:1，除非有其他因素影响某一性别的存活或鱼类的表型性别。Imsland 等(1997)对大菱鲆不同性别之间生长和性成熟方面的差异开展了研究，发现在群体水平上，6–20 月龄 421 尾大菱鲆雌雄性别统计结果为：♀:♂=1:1.36 (♀179 尾，♂242 尾)。这与 Cal 等(2006a)对 6–47 月龄大菱鲆性别统计结果(♀:♂=0.6:1，约为 1:1.7)相接近，均显著偏离 1:1 ($P<0.01$)。Haffray 等(2009)对 9 月龄 11 个家系的大菱鲆进行统计，有两个家系雌雄性比超过 1:1.5，亦显著偏离 1:1 ($P<0.01$)。关于大菱鲆性别比偏离的开始阶段，迄今的文献对 6 月龄之前的性别比情况尚未见报道。Imsland 等(1997)对 6–20 月龄大菱鲆雌雄个体体重的测量、统计和分析，表明 6–8 月龄雌雄个体体重差异不显著。但目前对于 6 月龄之前大菱鲆雌雄个体体重差异的研究亦尚未见报道。

由于大菱鲆幼鱼早期个体雌雄没有明显的第二性征，无法直接辨识，且现今相关研究仍未获得大菱鲆性别特异性标记和性别决定基因及机制(Martínez *et al*, 2009; Casas *et al*, 2011; Taboada *et al*, 2012; Viñas *et al*, 2012)，因此，有必要进一步开展组织学观察和统计学分析。目前，开展的大菱鲆良种选育过程中，核心群体的选留一般要经历两个阶段：第 1 次是在 4 月龄左右，即从每个家系挑选体重前 40 位个体，荧光标记后纳入核心群体进行性状测评；第 2 次是在 14 月龄左右，每个家系挑选体重前 10 位个体进行 RFID 芯片注射标记，最终形成核心选育群体。由于这两次选留都是以体重为选留指标，因而这两个过程是否会造成亲鱼雌雄性比偏离 1:1 是本研究关注的另外一个重要问题。鉴于此，本研究对 4 月龄大菱鲆幼鱼进行性别鉴别、雌雄性别统计和体重数据的测量以及雌雄个体体重差异的方差分析，以期为大菱鲆性别比偏离机制及良种选育工作提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验鱼及其培育方法

实验用鱼为利用 2009 年和 2010 年培育的 19 尾雌性亲鱼与 34 尾雄性亲鱼人工繁育的、孵化后培育至 4 月龄的 37 个大菱鲆良种选育核心家系苗种。实验地点在山东省海阳市黄海水产有限公司，实验时间

为 2013 年 5–9 月。

受精卵在水温为 14–17℃ 的孵化池中孵化。孵化 3 d 后将上浮卵按照 20 ml/m²(约 800 粒/ml)的标准，由孵化池移入提前调好水温、盐度及 pH 的圆形玻璃钢桶(0.5 m³)中，微充气，静水孵化至出苗。每个家系均独立培育。孵化后培育 35 d 左右，按照 1000–1500 尾/m² 标准分桶培养。孵化后 60 d 左右，按照 600–800 尾/m² 标准，分桶培育至 4 月龄。从仔鱼至 4 月龄幼鱼的后期培育条件为：海水水温由 15℃ 逐渐升至 24℃，盐度 28–30，pH 7.8–8.2，溶解氧 >6 mg/L，后期培育常流水速为 10–18 L/min (孵化后 2.5 月龄左右开始)。

1.2 方法

1.2.1 幼鱼性别鉴别及数据采集 从生长至 4 月龄的 79 个家系中随机挑选 37 个家系，每个家系随机取样 80–200 尾，共计 4022 尾。利用外部形态观测和石蜡组织切片双重方法鉴定性别，实现肉眼直接识别幼鱼性别。然后，通过肉眼观察性腺外部形态鉴别大多数幼鱼性别，并进行数量统计(Haffray *et al*, 2009; 韩伟国等, 2011)。对于少数肉眼不能清楚区分卵巢和精巢的幼鱼，利用性腺石蜡组织切片鉴定其性别。从 37 个家系中随机选择 20 个家系，分别编号为 31#、32#、33#、41#、45#、53#、56#、62#、69#、74#、75#、80#、82#、84#、90#、92#、93#、95#、96# 和 97#，共计 2254 尾个体，进行个体体重的测量统计。

1.2.2 统计分析 利用 SPSS 17.0 软件，首先，对 20 个家系随机选择的 2254 尾个体以及每个家系内不同性别的个体体重值分别进行描述性统计分析(均值、极值、标准差)；其次，对全部雌雄个体及不同家系间雌雄体重值进行方差分析，以确定性别与家系因素对个体体重的影响，然后对每个家系内不同性别的个体体重值进行方差分析，检验家系内性别因素对个体体重的影响。利用 χ^2 测验连续性矫正公式对 37 个家系内的雌雄性比进行卡方检验($\alpha=0.05$)，零假设为雌雄数量之比为 1:1。连续性矫正公式(蔡一林等, 2004)为：

$$\chi_c^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(|O_i - E_i| - 0.5)^2}{E_i}$$

式中， O_i 表示实际观察次数， E_i 表示理论次数。

2 结果

2.1 大菱鲆 4 月龄幼鱼的性腺鉴别

解剖发现，4 月龄大菱鲆幼鱼性腺位于后部膀胱与外侧体壁之间，雌雄性腺外形已经差异明显，其中，雌性性腺呈短棒状，而雄性性腺呈细长线状。据此，

可实现肉眼辨识多数幼鱼的早期性别。本研究观察到的4月龄性腺形状与Cal等(2006a)、韩伟国等(2011)报道的6月龄后雌性呈三角型、雄性呈粗线条状的外

部形态有所不同,说明随发育时期的不同,大菱鲂卵巢和精巢外形在早期是不断变化的。4月龄大菱鲂雌雄性腺组织切片见图1。

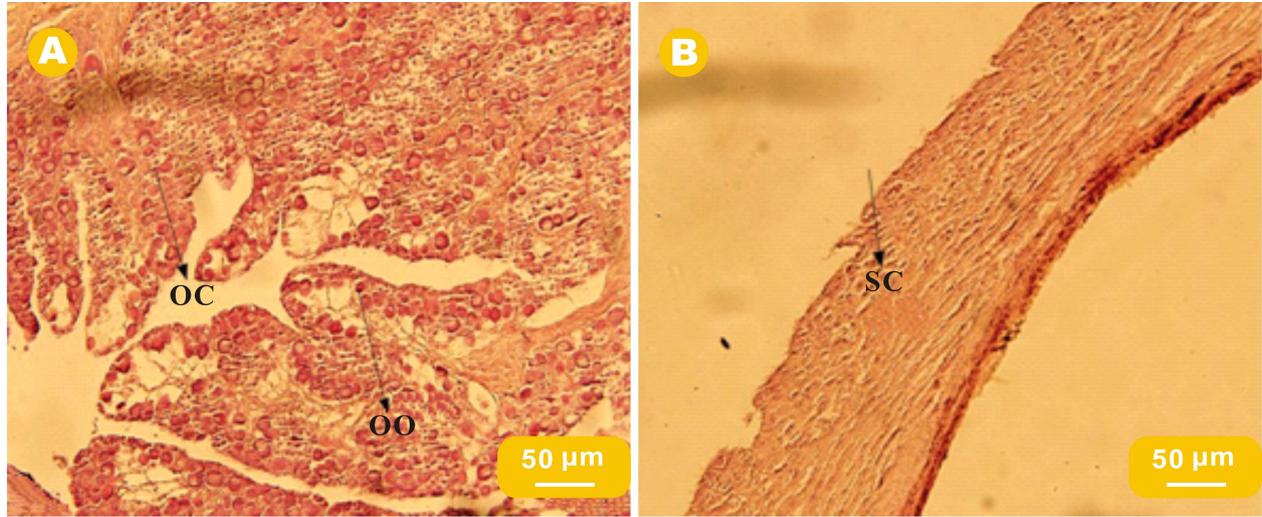


图1 4月龄大菱鲂幼鱼卵巢(A)和精巢(B)的石蜡组织切片(横切面×200)

Fig.1 Histological transverse sections of ovary (A) and testis (B) from 4-month-old turbot (×200)

OO: 卵母细胞; OC: 卵巢腔; SC: 精母细胞
OO: Oocyte; OC: Ovarian cavity; SC: Spermatocyte

2.2 雌雄性比及体重差异统计分析

2.2.1 4月龄雌雄幼鱼的性别比例及 χ^2 测验 对37个家系共计4022尾4月龄大菱鲂幼鱼雌雄性的鉴定统计结果为:雌性1596尾,雄性2426尾,雌雄性比为1:1.52,雌雄性比极显著偏离1:1 ($P<0.01$)。在家系水平上,37个家系中有19个家系内雌雄性别比例显著或极显著偏离1:1 ($P<0.05$),另有18个家系雌雄性别比例偏离1:1,但不显著 ($P>0.05$),但其中大多数家系(13个)也表现为雄性个体居多(表1)。

2.2.2 雌雄个体体重值差异分析 对20个家系共2254尾雌雄个体的体重值进行双因素方差分析 ($\alpha=95\%$),结果发现,4月龄时,雌雄性别个体之间体重差异不显著 ($P>0.05$);但不同家系间体重差异显著 ($P<0.05$);性别与家系因素之间无明显互作效应 ($P>0.05$) (表2)。

2.2.3 家系内雌雄个体平均体重差异分析 对20个家系的体重均值、雌雄体重均值、标准差、极大值及极小值进行描述性统计和单因素方差分析 ($\alpha=95\%$)发现,20个4月龄大菱鲂幼鱼家系中,16个家系内雌雄平均体重差异不显著 ($P>0.05$),只有4个家系(31#、45#、74#、97#)差异显著 ($P<0.05$) (图2、表3)。

表1 大菱鲂4月龄幼鱼雌雄数量统计及性别比例的 χ^2 测验
Tab.1 The sex ratio and χ^2 test of 4-month-old juvenile turbot in 37 families

家系号 Family ID	♀/♂	χ^2	家系号 Family ID	♀/♂	χ^2
1	45/55	0.81	33	49/75	5.04*
2	62/80	2.03	41	35/54	3.64
3	42/58	2.25	45	54/110	18.45**
4	32/68	12.25**	53	48/78	6.67**
5	46/44	0.01	56	78/77	0.00
6	43/57	1.69	62	53/52	0.00
7	33/67	10.89**	69	38/88	19.06**
8	49/54	0.16	74	92/117	2.76
9	40/60	3.61	75	44/48	0.10
11	22/78	30.25**	80	35/56	4.40*
12	32/68	12.25**	82	30/64	11.59**
13	45/52	0.37	84	46/46	0.01
14	38/65	6.56*	90	35/45	1.01
15	45/68	4.28*	92	38/67	7.47**
23	42/54	1.26	93	29/60	10.11*
28	33/71	13.16**	95	35/58	5.20*
29	48/72	4.41*	96	40/73	9.06**
31	37/37	0.01	97	51/72	3.25
32	32/78	18.41**	总♀/♂	1596/2426	170.87**

注: *表示差异显著 ($P<0.05$); **表示差异极显著 ($P<0.01$)

Note: * shows significant difference ($P<0.05$); ** shows highly significant difference ($P<0.01$)

表 2 20 个家系 2254 尾 4 月龄幼鱼体重值二因素方差分析
Tab.2 Two-way ANOVA analysis on the body weight of 2254 individuals in 20 families

因素 Factors	自由度 df	均方 Mean square	F 值 F value	P 值 P value
性别 Sex	1	45.572	6.834	0.165
家系 Family	19	581.554	87.205	0.000
性别×家系 (Sex×Family)	19	12.52	1.877	0.448

3 讨论

用于本研究的大菱鲂 37 个家系 4 月龄幼鱼中, 有 19 个家系的雌雄性比显著偏离 1:1 ($P<0.05$), 18 个家系的雌雄性比基本符合 1:1 ($P>0.05$), 但仍表现出多数家系中雄性个体偏多的现象。统计的 4022 尾 4 月龄幼鱼中, 雌性 1596 尾, 雄性 2426 尾, 雌雄性比为 1:1.52, 显著偏离 1:1 ($P<0.01$), 说明 4 月龄大

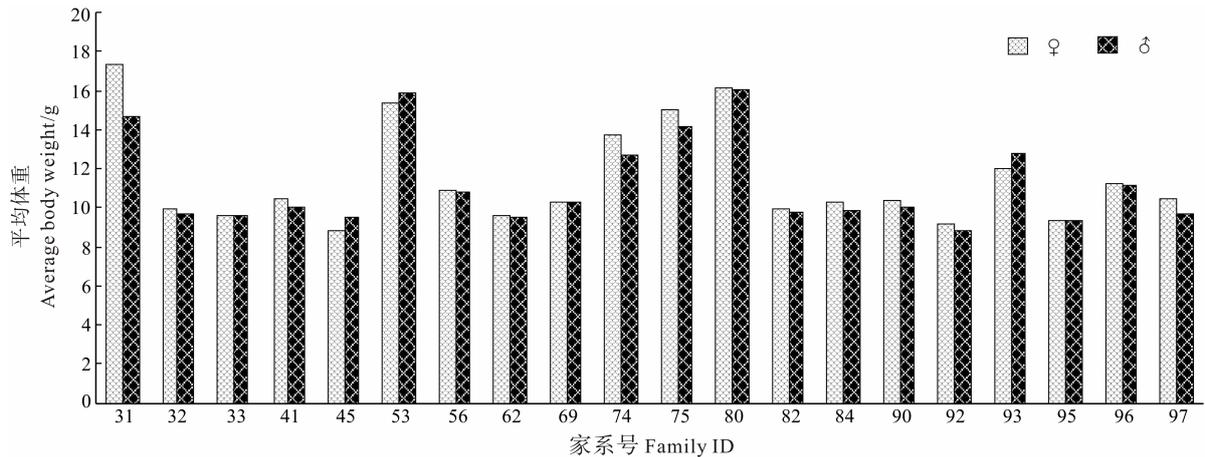


图 2 家系内雌雄幼鱼的平均体重

Fig.2 The average body weight of male and female in each family

表 3 家系内雌雄个体体重的单因素方差分析

Tab.3 One-way ANOVA analysis on the body weight of male and female in each family

家系号 Family ID	均值(F+M) Mean value	均值 F Mean value(F)	均值 M Mean value(M)	极大值 Max-value	极小值 Mini-value	F 值 F value	P 值 P value
31	16.00±3.90	17.32±4.18	14.68±3.14	28.8	7.8	9.426	0.003**
32	9.84±2.18	9.96±2.07	9.69±2.33	14.4	4.6	0.522	0.471
33	9.64±1.94	9.60±2.14	9.60±1.81	15.4	5.8	0.000	1.000
41	10.15±1.90	10.42±1.81	9.98±1.96	16.8	6.6	1.156	0.285
45	9.30±1.87	8.86±1.76	9.52±1.89	14.2	5.8	4.616	0.033*
53	15.66±3.73	15.32±3.66	15.87±3.79	24.0	6.4	0.628	0.430
56	10.87±2.10	10.92±1.93	10.81±2.27	18.4	6.4	0.097	0.756
62	9.55±1.86	9.59±1.84	9.50±1.90	16.2	5.6	0.054	0.817
69	10.27±2.40	10.30±2.31	10.26±2.46	17.4	6.0	0.007	0.934
74	13.13±2.73	13.73±3.10	12.65±2.30	20.4	6.8	8.304	0.004**
75	14.58±3.68	15.02±3.37	14.18±3.92	26.0	7.4	1.206	0.275
80	16.10±4.09	16.14±4.50	16.00±3.84	25.4	7.2	0.076	0.784
82	9.82±2.83	9.93±3.21	9.76±2.66	20.0	5.4	0.076	0.783
84	10.06±2.09	10.27±2.22	9.85±1.94	14.6	5.6	0.958	0.330
90	10.18±2.45	10.41±2.65	10.00±2.29	17.4	5.6	0.549	0.461
92	8.95±1.99	9.19±1.98	8.82±1.99	13.0	5.4	0.832	0.364
93	12.55±2.50	12.00±1.99	12.81±2.68	18.6	6.0	2.102	0.151
95	9.30±2.12	9.30±2.24	9.30±2.06	15.0	5.2	0.000	0.990
96	11.15±2.63	11.20±2.69	11.12±2.61	18.4	6.0	0.026	0.873
97	10.00±2.13	10.48±2.22	9.67±2.01	17.8	5.2	4.449	0.037*

注: “均值(F+M)”代表雌雄平均体重(g)±标准差; “均值(F)和均值(M)”分别代表雌性和雄性平均体重(g)±标准差; *表示差异显著, $P<0.05$; **表示差异极显著, $P<0.01$

Note: Mean value (F+M). Average body weight (g) of female and male individuals within family;
Mean value (F). Average body weight (g) of females within each family;
Mean value (M). Average body weight (g) of males within each family

*. Significant difference ($P<0.05$); **. Highly significant difference ($P<0.01$)

菱鲃幼鱼在群体水平上雌雄性比已出现显著偏离;在家系水平上,多数家系雌雄性比亦表现出显著偏离,尽管部分家系雌雄性比不显著偏离,但也表现出雄性个体偏多现象。这个结果与 Imsland 等(1997)对随机挑选的 421 尾 6-20 月龄大菱鲃统计的雌雄性比及 Cal 等(2006a)对 6-47 月龄大菱鲃统计的雌雄性比相吻合,均显著偏离 1:1 ($P<0.01$)。而 Haffray 等(2009)对 9 月龄大菱鲃 11 个家系(每家系取样 100 尾)进行统计,发现 9 个家系内雌雄性比符合 1:1 ($P>0.01$),但亦有 2 个家系显著偏离 1:1 ($P<0.01$),且其研究中也有关养殖户反映雄性比例较高的描述。本研究在扩大家系及样本数量的基础上,检测发现在大多数家系中均出现了雌雄性比偏离 1:1,且在大样本群体水平上也表现出雌雄性比偏离 1:1 的现象。在全人工养殖条件下,4 月龄之后,大菱鲃死亡率较低,群体数量相对稳定。因此,4 月龄之后,在群体或家系水平上,大菱鲃雌雄性比应继续维持 4 月龄时的现状并长期存在,不会再发生显著的性比变化。

本研究对 4 月龄大菱鲃家系内雌雄个体体重差异的方差分析表明,在群体及家系水平上,早期幼鱼雌雄个体体重差异均不显著($P>0.05$)。Imsland 等(1997)研究发现,只有在 8 月龄之后,大菱鲃雌鱼的生长速度相比雄鱼才出现优势,而 6-8 月龄雌雄个体体重差异不显著($P>0.05$)。说明在选择育种实践中,以体重为主要选择指标的第一次(4 月龄左右)选择过程中,每个家系挑选体重前 40 位个体进行荧光标记,并未对核心群体幼鱼性别比例产生人为影响,这也意味着这次挑选不会影响到后备亲鱼的性别比例。另外,根据 Imsland 等(1997)的研究,8 月龄时雌鱼的生长速度超过雄鱼,雌雄个体体重开始出现差异,第二次(14 月龄左右)选择时,每个家系挑选体重前 10 位个体作为核心选育群体,可能会对亲鱼性比产生一定影响。但是进一步的分析表明,2013 年本研究进行时 4 月龄大菱鲃幼鱼性比(雌:雄=1:1.52)与 2007-2010 年成熟亲鱼性比(雌:雄=1:1.5-1.7)差异不显著($P>0.05$),且 4-14 月龄生长期间大菱鲃死亡率较低,由此可间接说明第二次(14 月龄左右)选择较大个体作为核心选育群体,亦不会明显影响育种群体的性别比例。

鱼类在脊椎动物中的进化地位、庞大的种群数量以及重要的经济价值,决定了其性别决定和分化机制以及性比变化是鱼类遗传学和育种学的重要研究内容。依据现有研究结果,大菱鲃的性染色体类型无论是 XX/XY 类型还是 ZZ/ZW 类型,理论上其群体的雌雄性比都应该接近 1:1。但已报道的研究结果及本研究均发现了雌雄性比偏离 1:1 的现象,这种现象如何形成及导致原因,都是值得深入探究的科学问题。作

者根据本研究结果推测主要有以下两点原因:一是早期阶段雌性鱼苗死亡率高。从孵化到 4 月龄幼鱼期间,要经历开口期、开鳔期、伏底期等重要发育时期,期间都会有大量鱼苗死亡(门强等, 2004; Munro *et al.*, 1995),到 4 月龄稳定下来,期间的鱼苗成活率在 20%左右(欧洲水平)(Ruyet, 2010),国内目前水平略高于欧洲水平,鱼苗平均成活率也只能达到 30%左右。推测在这个过程中,雌性鱼苗生存能力可能要弱于雄性苗,雌性苗死亡率相对较高,导致大菱鲃幼鱼早期雌雄性比发生偏离。国内外学者已经对大菱鲃性别进行了一些研究(Martínez *et al.*, 2009; Casas *et al.*, 2011; Viñas *et al.*, 2012),但目前还没有得到大菱鲃性别相关基因或特异性分子标记,如能获得性别特异性标记,就可以在初孵仔鱼期对其进行性别鉴定,分析其性比是否偏离理论值 1:1。这项推论有待进一步的研究证实。二是存在一定的基因与环境互作效应。Haffray 等(2009)对 9 月龄 6 个家系(未进行亲本激素处理家系)在孵化后 35-100 d 的 3 个温度(15、17、24℃)培育条件下的雌雄群体性比统计分析发现,有 3 个家系雌雄性比受温度影响差异显著($P<0.05$),其中两个家系在 24℃培育条件下相比于 15℃或 17℃时雌性偏多,另有 1 个家系则表现为 24℃和 17℃培育条件下与 15℃相比雄性偏多,说明温度也会对部分家系性比产生显著影响。本研究中,从受精卵到 4 月龄之间,幼鱼培养水温由 15℃逐渐上升到 24℃,这个过程水温的升高是否会对群体或家系水平性比偏离产生影响还需要进一步的实验验证分析。

参 考 文 献

- 门强,雷霖霖,王印庚. 大菱鲃的生物学特性和苗种生产关键技术. 海洋科学, 2004, 28(3): 1-4
- 申雪艳,孔杰,宫庆礼,等. 大菱鲃种质资源研究与开发. 海洋水产研究, 2005, 26(6): 94-100
- 张庆文,张天杨,孔杰,等. 大菱鲃生长性状在不同生长发育阶段的相关分析. 海洋水产研究, 2008, 29(3): 57-61
- 韩伟国,刘新富,孟振,等. 醋酸洋红染色技术在大菱鲃幼鱼生理性别鉴定中的应用. 渔业科学进展, 2011, 32(6): 37-42
- 雷霖霖,刘新富. 大菱鲃 *Scophthalmus maximus* L. 引进养殖的初步研究. 现代渔业信息, 1995, 11(10): 1-3
- 雷霖霖. 海水养殖新品种介绍—大菱鲃. 中国水产, 2000(4): 38-39
- 雷霖霖. 大菱鲃的引进和新型养殖产业的发展. 中国渔业经济, 2003(5): 16-16
- 雷霖霖. 海水养殖鱼类品种引进的问题和建议. 中国水产, 2002a(2): 63-65
- 雷霖霖. 关于当前我国北方沿海工厂化养鱼的一些问题和建议. 现代渔业信息, 2002b, 17(4): 5-8

- 雷霖霖, 马爱军, 陈超, 等. 大菱鲆 *Scophthalmus maximus* L. 养殖现状与可持续发展. 中国工程科学, 2005, 7(5): 30-34
- 雷霖霖, 刘新富, 关长涛. 中国大菱鲆养殖 20 年成就和展望——庆祝大菱鲆引进中国 20 周年. 渔业科学进展, 2012, 33(4): 123-130
- 蔡一林, 岳永生. 水产生物统计. 北京: 中国农业出版社, 2004, 70-71
- Cal RM, Vidal S, Álvarez-Blázquez B, *et al.* Growth and gonadal development in diploid and triploid turbot (*Scophthalmus maximus*). Aquaculture, 2006a, 251(1): 99-108
- Cal RM, Vidal S, Martínez P, *et al.* Survival, growth, gonadal development and sex ratios of gynogenetic diploid turbot. J Fish Biol, 2006b, 68: 401-413
- Casas L, Sánchez L, Orban L. Sex-associated DNA markers from turbot. Mar Biol Res, 2011, 7(4): 378-387
- Devauchelle N, Alexandre JC, LeCorre N, *et al.* Spawning of turbot (*Scophthalmus maximus*) in captivity. Aquaculture, 1988, 69(1-2): 159-184
- Haffray P, Lebègue E, Jeu S, *et al.* Genetic determination and temperature effects on turbot (*Scophthalmus maximus*) sex differentiation: an investigation using steroid sex-inverted males and females. Aquaculture, 2009, 294(1-2): 30-36
- Inslund A, Folkvord A, Grung GL, *et al.* Sexual dimorphism in growth and maturation of turbot, *Scophthalmus maximus* (Rafinesque, 1810). Aquacult Res, 1997, 28(2): 101-114
- Jones A. Sexual maturity, fecundity and growth of the turbot *Scophthalmus maximus* L. J Mar Biol Assoc UK, 1974, 54: 109-125
- Martínez P, Bouza C, Hermidaet M, *et al.* Identification of the major sex-determining region of turbot (*Scophthalmus maximus*). Genetics, 2009, 183(4): 1443-1452
- Munro PD, Barbour A, Birkbeck TH. Comparison of the growth and survival of larval turbot in the absence of culturable bacteria with those in the presence of *Vibrio anguillarum*, *Vibrio alginolyticus*, or a marine *Aeromonas* sp. Appl Microbiol, 1995, 61(12): 4425-4428
- Ruyet PJ. Turbot culture, in practical flatfish culture and stock enhancement (eds Daniels HV and Watanabe WO). Wiley-Blackwell Oxford UK, 2010
- Taboada X, Robledo D, Palacio LD, *et al.* Comparative expression analysis in mature gonads, liver and brain of turbot (*Scophthalmus maximus*) by cDNA-AFLPS. Gene, 2012, 492(1): 250-261
- Viñas A, Taboada X, Vale L, *et al.* Mapping of DNA sex-specific markers and genes related to sex differentiation in turbot (*Scophthalmus maximus*). Mar Biotechnol, 2012, 14(5): 655-663

(编辑 冯小花)

Sex Ratio and Body Weight Analysis of Four-Month Juvenile Turbot (*Scophthalmus maximus* L.)

HU Yulong^{1,2}, WANG Weiji², KONG Jie², GUAN Jiantao², XU Liyong², MA Yu², WANG Qingyin^{2①}

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306;

2. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

Abstract In the current study, 4022 individuals composed of 37 families at 4-month-old age were identified and counted based on haematoxylin-eosin staining of histology section of the gonads and macroscopic examination. The statistical analysis showed that the number of male and female were 2426 and 1596, respectively, which reflected a highly significant difference ($P < 0.01$) in sex ratio to the hypothesis of a balanced sex ratio (50% males/50% females). At family level, there were 19 families among 37 families exhibited significant male-deviation from a balanced sex ratio (1:1) ($P < 0.05$). Although the other 18 families showed no significant deviation ($P > 0.05$), 13 of them were male-biased. The significant male-deviation in sex ratio has been confirmed in culture stock of turbot juvenile at 4 months age, which was observed in many families. Meanwhile, 2254 individuals composed of 20 families were randomly selected and weighted. The results demonstrated that no significant difference of body weight has been observed between female and male individuals within population and families for 4 months old juvenile fish, indicating that the selection of weight traits in juvenile stage in selective breeding project did not affect the sex ratio among selective breeding stock. Our study supplied useful information for the mechanism of turbot sex deviation and selective breeding project.

Key words Turbot(*Scophthalmus maximus* L.); Sex ratio; Body weight variance

① Corresponding author: WANG Qingyin, E-mail: qywang@public.qd.sd.cn