

# 养殖条件下山女鳟银化体色个体生产性状

张玉勇<sup>①②</sup> 贾智英<sup>②</sup> 白庆利<sup>②\*</sup> 唐永凯<sup>①</sup>

① 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心 农业部淡水鱼类遗传育种和养殖生物学重点开放实验室 无锡 214081;

② 中国水产科学研究院黑龙江水产研究所 黑龙江省冷水性鱼类种质资源及增养殖重点开放实验室 哈尔滨 150070

**摘要:** 以山女鳟 (*Oncorhynchus masou masou*) 群体中出现的银化体色个体为研究对象, 系统研究了在人工养殖条件下银化体色个体在群体中所占比率、银化体色个体与正常体色个体的体色差异, 以及银化体色个体生长性状等。结果表明: ① 群体中不同家系间银化体色个体所占比率在 0~0.21 范围内, 采用  $3 \times 2$  列联表法进行卡方检验, 发现家系间银化体色个体比率存在极显著的差异 [Pearson  $\chi^2_{df=5} = 93.362, P$  (Asymp. Sig. = 0.000)  $< 0.01$ ]; ② 利用色差计  $L^* a^* b^*$  色彩空间检测体色差异, 银化体色个体与正常体色个体  $L^*$ 、 $a^*$  和  $C_{ab}^*$  值均存在显著差异 ( $P < 0.01$ ), 其中前者  $L^*$  值在 30.78~48.50 范围内, 后者在 51.24~71.43 范围内; ③ 经过 12 个月的生长对比实验, 银化体色个体与正常体色个体在生长上也存在极显著差异 ( $P < 0.01$ ), 其中, 前者平均体重 (113.72 g) 明显低于后者平均体重 (132.25 g); 银化体色个体与正常体色个体在肥满度指标和特定生长率指标上也均存在极显著的差异 ( $P < 0.01$ ), 在不同的生长阶段两者特定生长率不同, 而整个实验期间前者肥满度均低于后者。本研究为生产中山女鳟银化体色个体的利用和以体色为目标的选育工作提供了数据支持。

**关键词:** 山女鳟; 体色; 银化; 肥满度; 特定生长率

中图分类号: Q954 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2011)04-08-08

## Properties of Silvering Salmon in *Oncorhynchus masou masou* Population under Aquaculture Condition

ZHANG Yu-Yong<sup>①②</sup> JIA Zhi-Ying<sup>②</sup> BAI Qing-Li<sup>②\*</sup> TANG Yong-Kai<sup>①</sup>

① Key Laboratory of Genetic Breeding and Aquaculture Biology of Freshwater Fishes, Ministry of Agriculture, Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081;

② Key Opening Laboratory of Cold-Water Fish Germplasm Resource and Aquaculture & Enhancement,

Heilongjiang Province, Heilongjiang River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070, China

**Abstract:** We studied the properties of silvering salmon in *Oncorhynchus masou masou* population under aquaculture condition and found ① the proportion of fish with silvering body color among six progeny groups varied between 0 and 0.21. The ratio of fish with normal color and silvering color was significantly different between progeny groups (Pearson  $\chi^2_{df=5} = 93.362, P < 0.01$ ); ② by using  $L^* a^* b^*$  color space to check the color difference, there was a significant difference in body color between salmon with silvering body color and normal body color. The value of  $L^*$ ,  $a^*$  and  $C_{ab}^*$  between fish silvering colored and normal colored was significant difference ( $P < 0.01$ ). The  $L^*$  value for the former is 30.78–48.50 and 51.24 to 71.43 for the

**基金项目** 农业部淡水鱼类遗传育种和养殖生物学重点开放实验室开放课题 (No. BZ2009-18), 中央级高校及科研院所基本科研业务费专项资金 (No. 2009HSYZX-YY-10), 公益性行业科研专项经费——冷水性鱼类养殖产业化研究与示范 (No. 201003055);

\* 通讯作者, E-mail: bqlharbin@163.com;

**第一作者介绍** 张玉勇, 男, 助理研究员; 研究方向: 鱼类遗传育种; E-mail: fisharmur@sina.com。

收稿日期: 2010-11-15, 修回日期: 2011-03-05

latter; ③After 12-month experimental period under the same condition, silvering salmon grew significant slower than normal ones ( $P < 0.01$ ), the average body weight of the former was 113.72 g and the latter was 132.25 g. For the indices of condition factor (CF) and special growth rate (SGR), there also had significant difference between the silvering and normal body color salmon ( $P < 0.01$ ) during the experiment. Salmons with different body color presented different SGR at different growing period, but CF for the normal body color salmon is always higher than the silvering body color ones. This paper provides data for the further utilization on silvering salmon and for body color traits genetic improvement in *O. masou*.

**Key words:** *Oncorhynchus masou masou*; Body color; Silvering; Condition factor; Special growth rate

山女鳟 (*Oncorhynchus masou masou*) 属于鲑形目鲑科大麻哈鱼属, 是马苏大麻哈鱼的陆封淡水鱼类<sup>[1]</sup>。山女鳟原产于日本, 我国于 1996 年引进。该鱼最主要的特点是体形娇小, 体态匀称, 体色优雅, 肉质细嫩, 是鲑科鱼中口感最好的种类之一<sup>[2]</sup>。目前山女鳟人工养殖已在全国近十几个省市展开, 逐步成为中国冷水性鱼类养殖的新品种<sup>[3]</sup>。有关引进山女鳟群体的生长、繁殖生物学、营养及杂交方面的研究已有相关报道<sup>[3-7]</sup>。马苏大麻哈鱼是洄游性鱼类, 该鱼在降海前体色要经历一个“银化”(即幼鲑斑消失、体色银白)过程<sup>[8]</sup>。山女鳟是

由马苏大麻哈鱼受地质环境变迁而进化形成的“陆封种”, 其区别于降海型或其他冷水性鱼类的主要标志是其终生保有幼鲑斑, 这也是其深受市场欢迎的一个重要原因<sup>[2]</sup>。但目前山女鳟引进群体在我国生产实践过程中, 却出现了一定比例的银化体色个体(幼鲑斑变淡或消失)(图 1)。有关养殖群体中银化体色个体生产利用价值等方面的研究尚属空白。作者进行了山女鳟群体中银化体色个体生长和体色等性状研究, 以为生产中该鱼的利用或相关遗传育种工作的开展提供数据支持。



图 1 山女鳟

Fig. 1 *Oncorhynchus masou masou*

A: 银化体色; B: 正常体色。A: Silvering body color; B: Normal body color.

## 1 材料与方法

### 1.1 银化体色个体比率

**1.1.1 山女鳟亲本及家系建立** 选用性腺发育成熟、体格健壮、体型完整、幼鲑斑清晰的山女鳟作为亲本来构建家系。实验时采用 1 尾雄鱼精子授精 1 尾雌鱼卵子的方式,共建立 6 个全同胞家系。

实验时,亲鱼先用 0.3 mg/L 的苯氧乙醇进行麻醉,之后采用挤压法获得卵子。人工授精采用干法授精,用挤压法将精液直接挤于卵上,将精液与卵子混合,轻轻搅拌使精卵充分接触,随后加少许孵化水静止 1~2 min,完成授精过程,再换水 1~2 次,洗去多余的精液和破损的卵皮,在水中放置 30 min,待受精卵充分吸水膨胀计数后装入孵化器中进行孵化。人工采卵和授精在 2 min 之内完成。

**1.1.2 山女鳟家系培育** 山女鳟家系受精卵的孵化和鱼苗的培育参照 Leitritz<sup>[9]</sup> 主编的《Trout and salmon culture (Hatchery methods)》和范兆廷等<sup>[10]</sup> 主编的《冷水鱼性鱼类养殖学》进行。

**1.1.3 银化体色个体数据采集与分析** 6 月龄时,可参考 Azuma 等在研究大麻哈鱼 (*O. keta*) 降海洄游体色变化时所用的“五级分类识别法”<sup>[11]</sup>,从外观上清晰分辨出山女鳟银化体色个体与正常体色个体。每个家系经麻醉后对其总数目及银化鱼数目进行统计。由于 2 种体色个体分布符合二项式分布  $Bi(n_i, 0.5)$ ,故利用二项式检验对家系内不同体色个体比率进行分析。此外,采用  $3 \times 2$  列联表法对家系间体色差异进行卡方检验。

**1.2 银化体色个体体色** 利用色差计 CR-400 (Konica Minolta, Japan) 来测定银化体色个体与正常体色个体的体表颜色。仪器经白色校板校正后,以 D65 为仪器光源,选用  $L^* a^* b^*$  色空间作为数据输出模式,以鱼体侧线鳞为轴线,分别测定其颜色较深和颜色较淡处(正常体色个体为颜色较深的斑点处和颜色较淡无斑点处,取平均值;银化体色个体为随机两处的平均

值)。

$L^* a^* b^*$  色空间中  $L^*$  值表示亮度(0 是纯黑色,100 是纯白色), $a^*$  值代表红绿色度,正值为红色,负值为绿色; $b^*$  值表示黄蓝色度,正值为黄色,负值为蓝色(CIE,1976)。色彩的饱和度( $C_{ab}^*$ )依据公式  $C_{ab}^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$  计算, $C_{ab}^*$  值越高表示体色鲜艳程度越高。

**1.3 银化体色个体生长特性** 于 2009 年 8 月从同一批次繁殖得到的山女鳟中选用银化体色个体与正常体色个体进行生长对比实验,所选用实验鱼体格健壮,大小基本一致,平均体长 9.5~10.5 cm,每组 50 尾,设 3 个重复。实验共持续 12 个月,期间每间隔 2 个月从各组鱼中取样 30 尾,经麻醉后测量体长和体重;记录每天水温;每日投饵 2 次。实验用水为经曝气后的地下涌泉水。

实验结束,对肥满度(condition factor, CF)、特定生长率(specific growth rate, SGR)等生长的指标进行计算:  $CF = \frac{W}{L^3} \times 100$ ;  $SGR = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1} \times 100$ ; 式中,  $W_1$  和  $W_2$  为初始体重和最终体重(g),  $t$  为实验时间,  $L$  为体长(cm)。

**1.4 相关软件** 实验中所有的数据分析工作均采用 SPSS 13.0 完成;图形绘制工作利用 Excel 2003 完成。

## 2 结果

**2.1 银化体色个体在群体中的比率** 山女鳟 6 个家系中银化体色个体占总个体数的比率分别为 0.21、0、0.09、0.16、0.12 和 0.02(图 2)。二项式检验表明,各家系中银化体色个体数与正常体色个体数之间存在极显著差异,并且显著偏向正常体色 [ $P(\text{Asymp. Sig.}) = 0.000 < 0.01$ ]。列联表法卡方检验显示,不同家系之间银化体色个体的比率同样存在极显著的差异 [ $\text{Pearson } \chi_{df=5}^2 = 93.362, P(\text{Asymp. Sig.}) = 0.000 < 0.01$ ],其中 2 号家系后代银化体色个体数为 0。

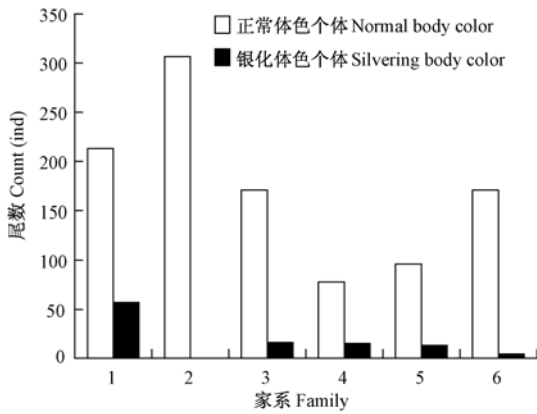


图2 6个家系中银化体色个体与正常体色个体分布

Fig.2 Body color distribution of *Oncorhynchus masou masou* among six progeny groups

## 2.2 银化体色个体与正常体色个体体色比较

从色差计所得数据可以清楚地反映两者之间的体色差异(表1)。银化体色个体亮度明显高于正常体色个体,前者  $L^*$  值在 30.78 ~ 48.50 范围内,后者在 51.24 ~ 71.43 范围内,差异极显著( $P < 0.01$ );同样差异显著的还有  $a^*$  值( $P < 0.01$ )和  $C_{ab}^*$  值( $P < 0.01$ ),但  $b^*$  差异不显著( $P > 0.05$ )。

## 2.3 银化体色个体与正常体色个体肥满度比较

实验开始时2种体色个体的肥满度均在 1.09 ~ 1.30 之间,且没有显著差异( $P > 0.05$ ),12个月的实验后,肥满度为 1.36 ~ 1.69。实验期间肥满度最高值出现在实验进行了10个月后正常体色个体组中,为1.60;肥满度最低值

表1 银化体色与正常体色山女鳟体色比较

Table 1 Comparison of two different body color of *Oncorhynchus masou masou*

	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C_{ab}^*$
正常体色 Normal body color	38.23 ± 6.53	3.77 ± 1.26	7.04 ± 1.75	8.07 ± 1.81
银化体色 Silvering body color	62.55 ± 6.28	2.58 ± 0.35	7.11 ± 1.27	7.58 ± 1.23

表2 不同生长时期银化体色个体与正常体色个体体长、体重和肥满度

Table 2 Mean total length, mean weight and condition factor (CF) of *Oncorhynchus masou masou* at different growth period (Mean ± SD)

时间(年-月-日) Time (Year-Month-Date)	正常体色 Normal body color			银化体色 Silvering body color		
	体长 Body length (cm)	体重 Body weight (g)	肥满度 Condition factor (CF)	体长 Body length (cm)	体重 Body weight (g)	肥满度 Condition factor (CF)
2009-08-23	10.16 ± 0.34	13.13 ± 1.55	1.25 ± 0.07	10.09 ± 0.44	13.08 ± 1.94	1.27 ± 0.03
2009-10-21	12.56 ± 0.47	25.42 ± 2.97	1.28 ± 0.10	12.70 ± 0.58	25.78 ± 4.16	1.26 ± 0.05
2010-12-26	14.32 ± 0.84	43.46 ± 5.53	1.48 ± 0.04	14.36 ± 0.72	37.37 ± 5.78	1.19 ± 0.10
2010-02-28	15.38 ± 1.13	55.56 ± 10.04	1.53 ± 0.04	14.80 ± 0.69	47.13 ± 6.39	1.18 ± 0.07
2010-04-27	17.09 ± 1.12	70.98 ± 13.65	1.42 ± 0.02	16.72 ± 0.85	56.72 ± 10.17	1.21 ± 0.07
2010-06-26	18.25 ± 0.77	97.27 ± 11.56	1.60 ± 0.08	16.63 ± 0.93	75.12 ± 20.23	1.37 ± 0.11
2010-08-29	20.46 ± 1.16	132.25 ± 19.31	1.54 ± 0.12	19.90 ± 1.19	113.72 ± 23.48	1.44 ± 0.10

出现在实验进行了6个月后银化体色个体组中,为1.18(表2)。方差分析表明不同生长阶段对肥满度这一指标的影响显著( $P < 0.01$ ),不同体色个体之间肥满度差异也极显著( $P < 0.01$ )。

由体重生长曲线  $W = ae^{bt}$  可以看出,随着实验时间的推移,银化体色个体与正常体色山女鳟体重均呈指数生长(图3),其中前者体重生长方程为  $W = 15.683e^{0.1677t}$  ( $R^2 = 0.9790$ ),后者为  $W = 15.732e^{0.1561t}$  ( $R^2 = 0.9697$ )。

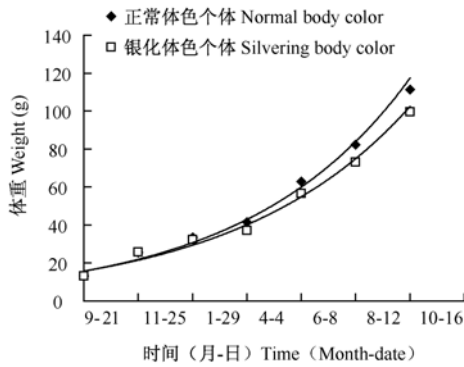


图3 不同体色山女鲮的体重生长曲线

Fig. 3 Weight growth curves of *Oncorhynchus masou masou*

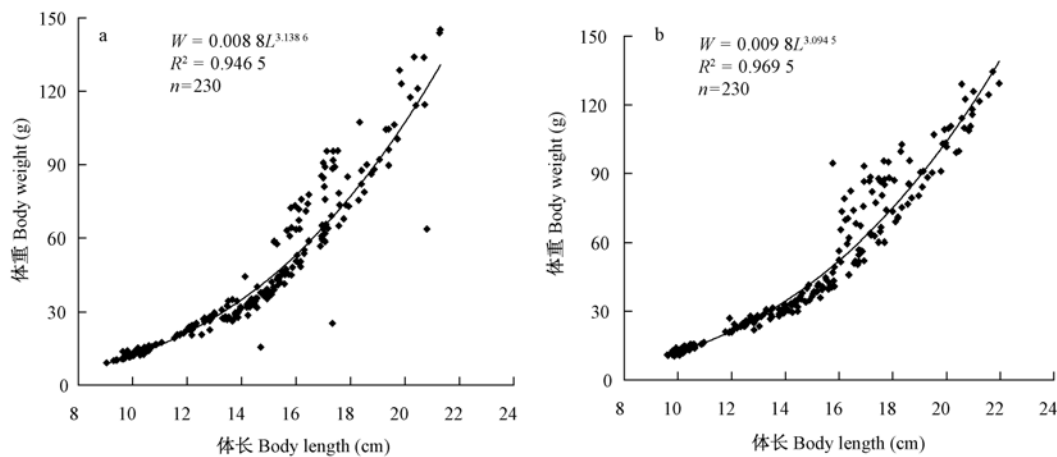


图4 山女鲮体重、体长关系曲线

Fig. 4 Length-weight curve of *Oncorhynchus masou masou*

a. 银化体色; b. 正常体色。a. Silvering body color; b. Normal body color.

为 0.64%, 方差分析结果显示, 两者存在显著差异 ( $P < 0.01$ ) (图 5)。

### 3 讨论

**3.1 山女鲮不同体色个体生长情况** 肥满度与特定生长率是研究鱼类生长特性时被广泛采用的 2 个重要指标, 前者反映的是体长与体重之间关系, 后者反映的是鱼体一定时间内生长快慢情况。肥满度与特定生长率随气候、饵料条件和生长阶段等的不同而变化。养殖鱼类还要受到诸如投喂水平、养殖密度大小、溶解氧多少等多种因素的影响<sup>[12-14]</sup>。此外, 不同因素对肥满度与特定生长率影响程度也存在差异,

用  $W = aL^b$  拟合体长体重关系, 银化体色与正常体色山女鲮体重与体长的关系曲线分别为:  $W = 0.008 8L^{3.1386}$  ( $R^2 = 0.9465$ ),  $W = 0.009 8L^{3.0945}$  ( $R^2 = 0.9695$ ) (图 4)。

**2.4 银化体色个体与正常体色个体特定生长率比较** 实验期间, 特定生长率 SGR 值表现出先降低后升高的趋势, SGR 最高值出现在实验进行了 30 d 后, 银化体色个体与正常体色个体 SGR 值分别为 1.13% 和 1.10%; 最低值为 0.31%, 该值出现在第二年的 4 月 27 日测定时的正常体色个体组。整个实验期间, 银化体色个体组平均 SGR 值为 0.60%, 正常体色平均值

Grund 等<sup>[15]</sup>在研究鲃 (*Barbus barbus*) 生长性状时指出, 环境中饵料条件要比其他因素对肥满度指标的影响更为直接。

经过 12 个月的实验, 银化体色个体体重 (113.72 g) 明显低于正常体色个体 (132.25 g), 两者在生长上存在显著差异 ( $P < 0.01$ ), 并且在肥满度指标和特定生长率指标上也均存在显著的差异 ( $P < 0.01$ )。本研究中采用相同的实验条件和饲养水平研究山女鲮养殖群体中 2 种不同体色个体的生长情况, 所以可以排除造成两者之间生长差异的环境因素。而进入繁殖期后, 2 种体色个体间性腺发育差异也极为明显, 正常体色个体卵子已游离待产, 而银化个体

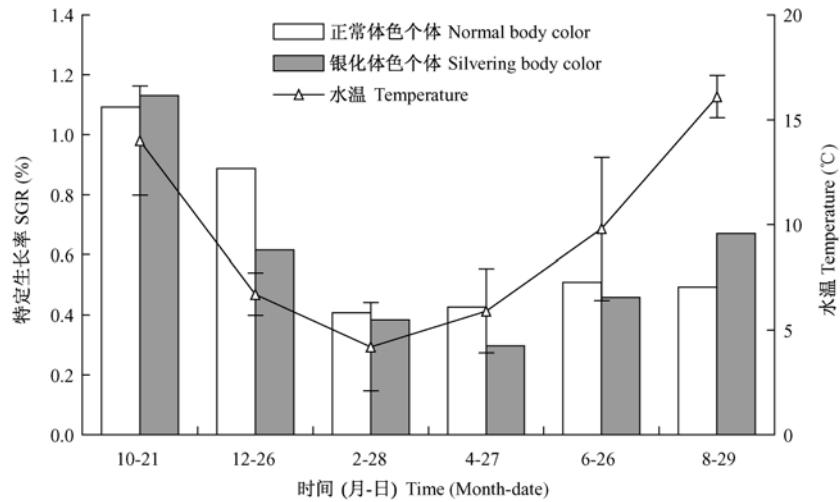


图5 不同体色山女鳟不同生长阶段的特定生长率(SGR)

Fig.5 SGR of two different body color *Oncorhynchus masou masou* at different growth period



图6 同龄不同体色山女鳟卵巢发育差异情况

Fig.6 Significant difference of ovary development between different body color in *Oncorhynchus masou masou*

A: 正常体色个体性腺发育; B: 银化体色个体性腺发育。

A: Ovary development of normal body color; B: Ovary development of silvering body color.

却远未发育至成熟(图6)。极可能是由于群体中遗传机制出现了分化才导致银化体色个体的出现,进而2种体色个体生长发育上表现出差异。

目前,在原栖息地,部分河流上游既是山女鳟的产卵场同时也是降海型马苏大麻哈鱼的产卵场<sup>[1]</sup>。可以推断造成目前引进山女鳟群体中银化个体出现的原因:1)基因污染,即最初

引进群体中存在降海型与陆封型的杂交种;2)返祖现象,即在一定环境条件下陆封型后代中有一部分个体表现出降海型的性状。基于此,下一步的工作应该在挖掘山女鳟群体中银化个体生产应用潜力(如耐盐性)的基础上,开展引进群体的遗传改良工作。

**3.2 山女鳟体色性状遗传改良** 鱼类体色是由细胞学、遗传学和生理学等一系列因素共同作用决定的,有些因素导致鱼体形成比较稳定的体色,而有些因素因受到环境的影响而使鱼体体色发生改变,有些时候这种改变是不可逆的<sup>[16]</sup>。通过饲料添加剂、性逆转、环境改变等方法对养殖鱼类体色进行商业化改良的方法已有过报道<sup>[17]</sup>,由于这些方法涉及食品安全、可操作性差等问题而很难取得理想效果。虽然相关研究开展很少,但利用遗传改良来选择或改变体色无疑是一种一劳永逸的方法。Kause等<sup>[18]</sup>较系统研究了虹鳟(*O. mykiss*)的体色、斑点和体型的数量遗传,研究表明体色及斑点的遗传力分别为0.29和0.45,并得出体色与体重之间呈现负相关的关系(体色越淡体重越大),表明以减少斑点和增加体重为共同选择目标的可行性。Blanc等<sup>[19]</sup>研究发现褐鳟(*Salmo trutta*)体表的红色和褐色斑点则具有更高的遗传力(0.40~0.70),这表明对该品种体色进行选择时会更快地得到一个理想结果。

有关山女鳟体色,尤其是银化个体产生的遗传机制的系统研究虽然还没有开展,但本研究对山女鳟体色性状的准确区分以及所得研究结论“不同家系间银化体色个体所占比率差异极显著”,无疑为以体色性状为育种目标的山女鳟遗传改良工作提供了方法和数据支撑。下一步应开展相关遗传机制研究,并根据研究结果制定相关遗传改良方案:如果其体色性状是由单基因控制,便可通过近交的方法直接得到目标体色;如果其体色性状是由多基因控制,则需要通过群体选育或家系选育技术来得到目标体色,而选育过程中还可以采用分子标记等技术手段来加快选育进度。

## 参 考 文 献

- [1] Sakata K, Kondou T, Takeshita N, et al. Movement of the fluvial form of masu salmon, *Oncorhynchus masou masou*, in a mountain stream in Kyushu, Japan. *Fisheries Science*, 2005, 71: 333-314.
- [2] 王昭明. 山女鳟——来自日本的冷水鱼新品种. *水产学杂志*, 1998, 11(2): 96.
- [3] 姜作发, 贾钟贺, 白庆利, 等. 人工养殖山女鳟幼鱼的生长特性. *中国水产科学*, 2007, 14(1): 160-164.
- [4] 白庆利, 杨萍, 贾钟贺, 等. 山女鳟的生物学特性及繁殖力. *水产学杂志*, 2004, 17(2): 65-68.
- [5] 尹洪滨, 孙中武, 沈希顺, 等. 山女鳟肌肉营养组成分析. *营养学报*, 2004, 28(5): 577-580.
- [6] 张玉勇, 白庆利, 贾钟贺, 等. 山女鳟和虹鳟的杂交子代与其亲本后代早期生产性能的比较. *大连水产学院学报*, 2009, 24(4): 362-365.
- [7] 张玉勇, 白庆利, 贾智英, 等. 虹鳟、山女鳟及其杂交子代(虹鳟♀×山女鳟♂)的微卫星分析. *水产学报*, 2009, 33(2): 188-194.
- [8] Kato F. Life histories of masu and amago salmon (*Oncorhynchus masou* and *Oncorhynchus rhodurus*) // Groot C, Margolis L. *Pacific Salmon Life Histories*. Vancouver, Canada: University British of Columbia Press, 1991.
- [9] Leitritz E, Lewis R C. *Trout and salmon culture (hatchery methods)*. Sacramento, California, USA: California Department of Fish and Game Press, 1976.
- [10] 范兆廷, 姜作发, 韩英. *冷水性鱼类养殖学*. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [11] Azuma T, Noda S, Yada T, et al. Profiles in growth, smoltification, immune function and swimming performance of 1-year-old masu salmon *Oncorhynchus masou masou* reared in water flow. *Fisheries Science*, 2002, 68: 1282-1294.
- [12] Silvia L, Ana S, Ducatti C, et al. Seasonal variations in chemical composition and stable isotopes of farmed and wild Brazilian freshwater fish. *Food Chemistry*, 2010, 122(1): 74-77.
- [13] Berg A, Rødseth O M, Hansen T. Fish size at vaccination influence the development of side-effects in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 2007, 265(1/4): 9-15.
- [14] Vivian M, Grageda C, Kotani T, et al. Effects of feeding copepod and *Artemia* on early growth and behaviour of the self-fertilizing fish, *Rivulus marmoratus*, under laboratory conditions. *Aquaculture*, 2008, 281(1/4): 100-105.

- [15] Grund S, Keiter S, Böttcher M, et al. Assessment of fish health status in the Upper Danube River by investigation of ultrastructural alterations in the liver of barbel *Barbus barbus*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 2010, 88: 235 - 248.
- [16] Colihueque N. Genetics of salmonid skin pigmentation: clues and prospects for improving the external appearance of farmed salmonids. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2010, 20: 71 - 86.
- [17] 沈志刚, 杨磊, 孙存军, 等. 养殖鱼类体色改良研究进展. *河北渔业*, 2009, 11: 48 - 51.
- [18] Kause A, Ritola O, Paananen T, et al. Big and beautiful? Quantitative genetic parameters for appearance of large rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, 2003, 62: 610 - 622.
- [19] Blanc J M, Chevassus B, Krieg F. Inheritance of the number of red spots on the skin of the brown trout. *Aquatic Living Resources*, 1994, 7: 133 - 136.

## 《动物学杂志》投稿注意事项

### 1 稿件的投寄

稿件通过本刊的电子信箱投寄 (E-mail: journal@ioz.ac.cn; Word 文件作附件), 同时邮寄打印稿一份。打印稿小四号字 1.5 倍行距单面打印。作者在投稿的同时务必出具公函或作出承诺, 稿件不能一稿多投和侵权。

### 2 论文的格式要求

**题目** 应言简意赅。中文题目字数一般不超过 20 个字; 英文题目不超过 10 个实词, 实词首字母大写。

**作者** 署名人应是对论文的全部或部分内容做出主要贡献, 并能对文章内容负责的人。

**单位** 应写作者单位的标准全称及所在地和邮编。

**摘要** 中文摘要放在文首。内容包括: 研究目的、方法、结果 (主要数据) 和结论。用第三人称叙述。英文摘要放在中文摘要下面, 其内容应与中文摘要相对应或略详于中文摘要。

**关键词** 一般为 3 ~ 5 个, 中英文对应, 分别列在中英文摘要下面。

**前言** 结合文摘阐述国内外相关研究领域的发展状况及本研究的目的和意义。

**正文** 材料与方法的来源及方法的出处应详细陈述; 结果的数据要完整, 微观形态的稿件应有实验照片作为依据; 文字叙述要简洁明了, 与图表内容相互呼应; 讨论应依据前言的内容、结果的数据、现象展开讨论, 以达到解决问题或得出结论的目的。

**全文书写规格** 文中请使用国家颁布的法定计量单位和符号及规范化的名词、术语。文中首次出现的英文缩写词, 应先写出中文名称后, 再在括号内写出英文全称和缩写词。物种名称在文中第一次出现时应附拉丁学名 (种属名用斜体, 属名首字母大写)。名词术语的用法文中应前后一致。

① 小标题: 应简短准确、层次清楚。各级标题一律采用阿拉伯数字连续编码, 左顶格编排, 如“1” (一级标)、“1.1” (二级标)、“1.1.1” (三级标)。

② 图表: 力求精选, 反应同一数据的图与表不能重复。其序号一律采用阿拉伯数字编码, 在文中引用处注明。线条图应用计算机绘制; 照片图要求反差适中、层次清晰。显微及电镜照片, 应注明长度标尺和放大倍数。

**参考文献** 应列出与本文直接有关的中外文主要文献。本刊文献的著录格式采用顺序编码制, 即以文献在文中出现的先后顺序连续编码, 加方括号标注在文中引用处, 文后文献表的文献要与文中一致, 并按文中的顺序排列, 多名作者在列出前三名作者后加“等”。具体格式要求为:

① 期刊: 作者. 题名. 刊名, 出版年, 卷 (期) 号; 起止页码. 示例:

[1] 郑光美. 黄腹角雉. *动物学杂志*, 1987, 22 (5): 40 - 43.

[2] Wu P, Zhou K Y. General condition of systematics study on Tesudines. *Chinese Journal of Zoology*, 1998, 33 (6): 38 - 45.

② 专著: 作者. 书名. 版本 (第一版不标注). 出版地: 出版者, 出版年: 起止页码. 示例:

[3] 孙儒泳. *动物生态学原理*. 2 版. 北京: 北京师范大学出版社, 1992: 329 - 330.

(下转第 31 页)