

半滑舌鲷的性腺分化和温度对性别决定的影响

邓思平^{1,2,3}, 陈松林², 田永胜², 刘本伟², 庄志猛², 王清印², 邓寒²

(1. 中国海洋大学 海洋生命学院, 山东 青岛 266003; 2. 农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室, 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071; 3. 广东海洋大学 水产学院, 广东 湛江 524025)

摘要:半滑舌鲷 (*Cynoglossus semilaevis* Günther) 是近年来新开发的一种理想的增养殖对象, 雌性个体生长速度比雄性快 2~3 倍。由于温度可影响多种鱼类的性腺分化, 因而探索温度对该鱼的性别决定和性腺分化的影响, 获得性逆转雄性亲本, 用于培育全雌后代, 具有重要的应用前景和经济效益。通过石蜡组织切片, 对半滑舌鲷早期性腺分化进行组织学观察。发现在 24℃ 饲养条件下, 孵化后 30 d 半滑舌鲷性腺开始分化, 其中具有裂隙的性腺原基未来发育为卵巢, 而不具裂隙的原基未来发育为精巢。在孵化后 25~100 d 对半滑舌鲷进行不同温度 (16℃、20℃、24℃、28℃、32℃) 处理, 在 9 月龄时利用石蜡组织切片鉴定表型性别, 观察温度对性腺分化的影响, 结果表明, 28℃ 和 32℃ 高温能显著提高群体中的雄性比例, 使其分别达到 69.2% 和 66.7%; 而低温 16℃ 和 20℃ 对性腺分化影响不大, 群体中雄性比例分别为 56.5% 和 57.1%; 24℃ 处理群体中雌雄个体比例接近 1:1。半滑舌鲷雌性特异的遗传性别鉴定技术也检测到高温和低温处理组出现了由基因型雌性向表型雄性逆转的雄性个体。这些结果表明温度影响了半滑舌鲷性腺分化方向。[中国水产科学, 2007, 14 (5): 714-719]

关键词:半滑舌鲷; 性腺分化; 性别决定; 温度

中图分类号: Q959.486

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2007)05-0714-06

性腺分化是指具双向发育潜力的原始性腺经过程序性发生的一系列事件, 发育成精巢或卵巢, 并出现第二性征的过程。与高等脊椎动物一样, 鱼类性别决定的基础仍然是遗传基因, 但所不同的是, 在许多鱼类中, 很多外部环境因素也能不同程度地影响其性别分化, 从而使鱼类性别决定机制变得极其复杂。根据现有的报道, 在各种外部环境因素中, 温度、pH 值、盐度、光照、水质、食物丰度和种群内部因素等都可能影响鱼类性别及其分化^[1-2]。其中, 温度是研究得最多的一个自然环境因素。已有报道表明, 温度影响多种鱼类的性腺分化方向^[3-7], 如鲈形目的牙鲆 (*Paralichthys olivaceus*)^[8]、漠斑牙鲆 (*Paralichthys lethostigma*)^[9] 性腺的分化会受温度影响。

半滑舌鲷 (*Cynoglossus semilaevis* Günther) 属于鲈形目 (Pleuronectiformes), 舌鲷科 (Cynoglossidae), 舌鲷属 (*Cynoglossus*), 属暖温性近海底层鱼类, 它具有活动范围小、营养等级低、食性温和、个体大和生长快等优良性状, 是近年来新开发的一种优良的增养殖对象^[10], 目前已实现了工厂化养殖与全人工繁殖^[11]。半滑舌鲷的雌性个体生长速度比雄

性快 2~3 倍, 因而研究该鱼的性别决定和性腺分化机理, 从而获得全雌种群, 具有重要的应用前景和经济效益。有关该鱼性腺的细胞学分化和组织学分化研究已有初步报道^[12], 但其起始时间并未完全清楚。对多种鱼类的研究表明, 影响性腺分化方向的有效温度处理时间必须在组织学性腺分化之前进行, 或者至少部分与组织学性腺分化这个关键时期重叠^[13-14]。因而要诱导产生性逆转个体, 必须了解半滑舌鲷的性腺分化的过程和规律, 以掌握温度处理的最适时机。本实验室建立的半滑舌鲷遗传性别鉴定技术可以对遗传型雌性进行鉴定^[15], 为半滑舌鲷性逆转研究提供有效的技术支持。鉴此, 本研究侧重对温度诱导的半滑舌鲷性腺分化过程和温度对该鱼性腺分化的影响进行了分析与探讨。

1 材料与方法

1.1 材料

于 2004 年 11 月和 2005 年 11 月, 在山东海阳国家 863 计划海水养殖种子工程北方基地采集半滑舌鲷亲鱼。经暂养、驯化、人工诱导性腺成熟后, 使

收稿日期: 2006-12-30; 修订日期: 2007-03-14.

基金项目: 国家 863 计划项目资助 (2005AA603110; 2006AA10A403); 山东省农业良种工程重大项目资助.

作者简介: 邓思平 (1974-), 男, 讲师, 博士研究生, 从事海洋生物学研究. E-mail: dengsp@gdou.edu.cn

通讯作者: 陈松林. Tel: 0532-85844606. E-mail: chensl@ysfri.ac.cn

雌、雄亲鱼同时排卵、排精,得到的自然受精个体孵化后作为实验材料。

1.2 性腺组织学观察

2004年11月,挑选自然受精获得的健壮鱼苗放养于2个水族箱(50 cm×50 cm×50 cm)中,每箱300尾鱼,控制水温在24℃,饵料分别为轮虫、卤虫幼体、卤虫成体及人工饵料。在孵化后10 d、20 d、30 d、45 d、50 d、75 d分别取样5~10尾,Bouin's液固定。对取出的仔鱼作石蜡切片,经各级乙醇脱水、二甲苯透明和石蜡包埋,作连续横切切片,切片厚度为5~6 μm。HE染色,Olympus光学显微镜观察和拍照。

1.3 温度对性腺分化的影响和性别鉴定

从孵化后25 d开始,在10个水族箱(50 cm×50 cm×50 cm)中分别采用16℃、20℃、24℃、28℃、32℃温度处理培育至100 d,之后采用自然水温(18~24℃)饲养。其中每个温度处理组设2个重复,每个重复放养于1个水族箱中,每箱150尾。于孵化后9个月对16℃($n=23$)、20℃($n=42$)、24℃($n=81$)、28℃($n=78$)、32℃($n=93$)温度处理组强光透射性腺部位,观察其性腺形状和颜色以鉴定其表型性别。同时分别在各组选取5~10尾鱼取其肝脏保存于-80℃,并取性腺Bouin's液固定。

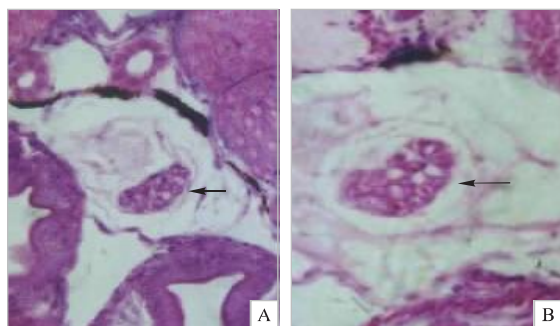


图1 半滑舌鳎孵化后10 d(A)和20 d(B)性腺组织学横切切片(×400)

↑示未分化性腺

Fig.1 Histological transversely sections of *C. semilaevis* gonads in 10 (A) and 20 (B) days post hatching

↑ shows un-differentiated gonad (×400)

孵化后75 d,具裂隙的性腺裂隙腔继续增大(图3),且与30 d、45 d、50 d两条性腺中只有一条性腺具裂隙的现象不同,两条性腺都具出现空腔,且性腺

取出的性腺作石蜡切片以鉴定其表型性别,保存的肝脏采用已报道的方法提取基因组DNA,以之作为模板,根据已分离得到的雌性特异片段所设计的一对特异引物进行PCR,进行遗传性别鉴定^[15]。

1.4 数据处理

采用卡方检验比较各温度处理组之间的雄性比例差异,当 $P<0.05$ 时认为差异显著,当 $P<0.01$ 时认为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 半滑舌鳎性腺发育与分化

10日龄仔鱼全长8.1 mm,20日龄仔鱼全长15.3 mm。所有取得样品在孵化后10 d和20 d(图1)显微镜下都可见性腺原基,原基位于肾管下方,肠道上方,且原基在细胞学和形态学上都未发现明显的差异。

在孵化后30 d性腺出现了分化,性腺在组织学上出现了两种明显的类型(图2),一些个体的性腺原基中没有裂隙,另一些个体的性腺原基中央出现裂隙。孵化后40 d和50 d,性腺结构与30 d幼鱼结构相似,也具有上述两种形态,但具裂隙的性腺其裂隙腔进一步增大,另一种性腺类型则没有明显组织学变化。

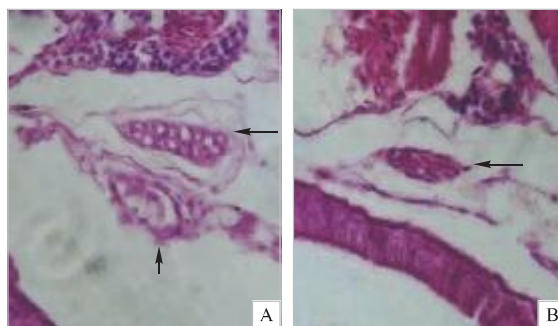


图2 半滑舌鳎孵化后30 d性腺组织学横切切片(性腺分化开始,×400)

A: 示具有裂隙腔的性腺类型;B: 示不具裂隙腔的性腺类型;↑示性腺。

Fig.2 Histological transversely sections of *C. semilaevis* gonads in 30 days post hatching: showing gonadal differentiation (×400)

A: gonad with cavity; B: gonad without cavity; ↑ shows gonad.

细胞数量增多,出现了明显的有丝分裂相。而另外一种性腺类型与30 d、45 d、50 d性腺类似,呈长条状,未见明显的组织学和细胞学变化。

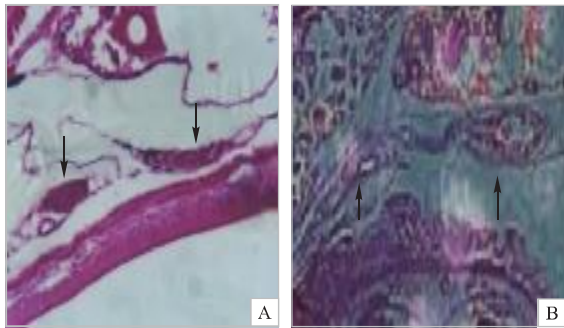


图3 半滑舌鲷孵化后75 d性腺组织学横切切片(出现卵巢腔, $\times 400$)

A 示不具卵巢腔的性腺类型; B 示出现卵巢腔的性腺类型; $\uparrow$ 示性腺。

Fig.3 Histological transversely sections of *C. semilaevis* gonads in 75 days post hatching: showing appearance of ovary calvity ($\times 400$)

A showing gonad without calvity; B showing gonad with ovary calvity; $\uparrow$ showing gonad.

2.2 温度对半滑舌鲷性别的影响

对9月龄的半滑舌鲷进行性腺组织石蜡切片观

察性腺细胞显微结构,结合强光透射活体实验鱼性腺观察性腺形状和颜色,进行表型性别鉴定并统计雌雄比例。在24℃的处理群体中雌雄比例不偏离1:1(雄性比例为50.6%)。低温(16℃和20℃)产生轻微的雄性化,雄性比例分别为56.5%和57.1%。高温处理产生明显的雄性化,在28℃和32℃分别产生69.2%和66.7%的雄性比例。卡方检验表明,与在24℃饲养条件下相比,16℃和20℃饲养对半滑舌鲷雄性化效果不显著($P > 0.05$),而28℃、32℃饲养对半滑舌鲷雄性化效果有显著差异($P < 0.05$)。

2.3 半滑舌鲷性逆转个体的鉴定

9月龄时,以肝脏基因组DNA为模板,采用本实验室已经建立的遗传性别鉴定技术,鉴定该鱼的遗传性别。结合石蜡组织切片鉴定的表型结果,鉴定出性别逆转个体。结果表明,在所有表型为雌性的个体都检测到雌性特异遗传标记,而在表型为雄性的个体中发现部分个体也具有雌性特异标记,在28℃、32℃和20℃都检测到这种个体(图4),表明这些个体是由雌性逆转为雄性的个体。

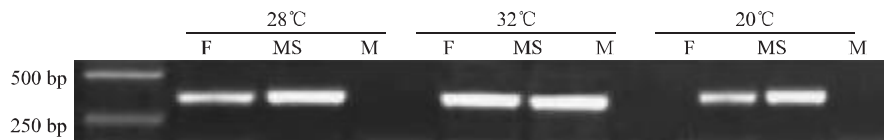


图4 不同温度处理的半滑舌鲷性反转个体的鉴定

F: 雌性; MS: 性逆转雄性; M: 雄性。

Fig.4 Distinguishing of sex-reversal juvenile half-smooth tongue-sole with temperature treatment

F: Female; MS: Male of sex reverse by temperature; M: Male.

3 讨论

性腺的分化包括两个方面:一是组织学分化,二是细胞学分化。组织学分化的标志有生殖腺的外部形态,如卵巢腔的形成,小叶状或棒状精巢的出现以及精细小管和微血管的形成等。细胞学分化指原始生殖细胞向卵原细胞和卵母细胞或精原细胞和精母细胞的减数分裂分化及其早期生殖细胞的早期发生以及密度和出现时间[16]。半滑舌鲷的性腺细胞学分化已有过报道[12],但组织学分化过程并不完全清楚。在多种鱼类中的研究表明,卵巢腔的出现是鱼类性腺分化起始的重要标志[17]。半滑舌鲷在孵化后10 d和20 d都可见生殖腺原基,但在所检测的个

体中原基都未见明显差异,而在孵化后30 d性腺形态上可见两种明显分化的类型,其中一种类型性腺原基成条状,不具裂隙腔;另一种类型性腺原基中央具有裂隙腔。在孵化后45 d和50 d切片观察都可见这两种结构明显不同的性腺类型,裂隙在孵化后75 d变成明显的卵巢腔。与雌性性腺相比,雄性性腺较小,在孵化后75 d也未见明显的组织学变化。革胡子鲶(*Clarias lazera*)中也发现生殖腺中出现的空隙逐渐增大变为卵巢腔[18]。由此认为,根据半滑舌鲷性腺原基分化出的不同结构可以预测半滑舌鲷未来的性腺类型。雌性性腺分化最主要特征是性腺中央出现裂隙腔,分化为未来的卵巢,而不具裂隙的分化为未来的精巢。已有研究表明,在23.5~

21.5℃条件下,半滑舌鲷在36日龄才发现雌雄有组织学上的差异^[12],与在30d就发现出现卵巢分化的结果不一致,造成这种现象的原因可能是本实验期间水温恒定在24℃,高温使得性腺发育速度加快,因而使性腺分化时间提前。

在硬骨鱼类,温度、外源激素包括雌激素、雄激素、芳香化酶抑制剂都可用于诱导性腺未分化鱼向单一性别转化。但多种鱼类研究表明,这个处理的时间必须包括或部分包含组织学性腺分化这个关键时间阶段,才能产生诱导效果^[12]。本研究中采取在孵化后25d,此时半滑舌鲷已渡过高死亡率的变态期^[18];而100d时,即使低温23.5~21.5℃情况下细胞学上的分化也已经开始,说明此时该鱼的表型性别已经基本确定。已有的研究表明,一旦性别确定,不会再次发生反转。综合以上分析,为获得性别转换个体,需在孵化后30d之前开始处理。因而本研究采取的25~100d进行性别控制实验是合理且可行的。

温度对性腺分化的影响在多种硬骨鱼类中都有报道^[3-7]。已有的研究表明,在多数鱼类如银汉鱼(*Atherinids*)、丽鱼科(*Cichlids*)、胎鳉属(*Poeciliids*)、金鱼(*Carassius auratus*)和鲶形目(*Siluriform*)中,低温引起雌性分化,高温导致雄性性比提高。但在少数的种类比如鲈鱼(*Dicentrarchus labrax*)和斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*),高温能提高雌性比例,而低温能提高雄性比例^[4]。在鲷形目中的牙鲆和漠斑牙鲆高温和低温都产生单一雄性种群^[8-9],而在中间温度产生1:1的性比,呈现一种U型曲线。本研究采用石蜡组织切片鉴定半滑舌鲷表型性别,利用雌性特异的分子标记鉴别出遗传性别。结果表明温度也影响半滑舌鲷性腺分化方向,在24℃处理,雌雄比例约为1:1,而高温28℃处理产生雄性化,雄性比例达到69.2%,低温的雄性效果不明显,20℃也发现有性转变个体,表明低温也可能诱导半滑舌鲷雄性化。本研究中24℃处理的10尾鱼都未发现性逆转个体,已有研究表明,饲养温度为24℃时,表型为雄性的50尾群体中仅检测到1尾鱼具有雌性特异标记^[15],这表明24℃对半滑舌鲷的性腺分化方向影响不大,而高温和低温都引起半滑舌鲷由雌性向雄性转化,这种现象与牙鲆和漠斑牙鲆相类似^[8-9]。与龟类和一些鱼类不同,低温和高温都不能使半滑舌鲷的雌性比例超过50%,表明温度不能诱导半滑舌鲷雄性向雌性转化,也与牙鲆

中发现的温度对雄性个体的性别没有影响的结果相似^[8]。

在9月龄时,半滑舌鲷的精巢和卵巢外形和外部颜色差异显著,卵巢呈长条形,外表为乳白色;而精巢前端较粗,向后急剧变小,形成锥形形状,颜色较暗,外表为浅黑色。根据这种显著不同的雌雄性状,采用强光透射活鱼的性腺部位,可以区分该鱼的表型性别。随机挑取的50尾鱼用石蜡切片观察性腺显微结构,其鉴定结果也证明采取强光透射性腺部位,根据其性腺颜色和性状判断该鱼的表型性别是可行的。

在多种已报道的鱼类中,温度对性腺分化的影响是通过采用全雌鱼苗进行温度控制^[9,19],最后检测表型性别,表型发生由雌性向雄性的转变表示该鱼发生了性逆转。利用本实验室已建立的半滑舌鲷遗传性别鉴定技术,以基因组DNA为模板,采用一对特异引物,能鉴定该鱼的遗传性别^[15],结合性腺石蜡切片所得的表型性别鉴定结果,在孵化后25~100d对半滑舌鲷仔稚鱼进行20℃、28℃和32℃温度处理都获得了由雌性向雄性转变的性逆转个体,这也直接证实了半滑舌鲷的性腺分化方向受温度影响。

性类固醇激素在性腺分化中起着重要作用,雄激素能诱导未分化性腺向精巢分化,而雌激素则诱导性腺向卵巢分化。对多种鱼类研究表明,温度能影响芳香化酶的表达^[19-20],而芳香化酶是催化雄激素转化为雌激素的关键酶^[21]。对斑马鱼(*Danio rerio*)的研究表明,高温诱导基因型雌性斑马鱼转化为表型雄性的逆转过程中,引起了卵母细胞凋亡和性腺中的芳香化酶活性降低^[22]。高温诱导性逆转过程中芳香化酶的表达是否也受到了抑制以及温度对半滑舌鲷性腺分化的影响的作用机制都有待进一步深入研究。

参考文献:

- [1] Strüssmann C A, Patiño R. Temperature manipulation of sex differentiation in fish[C]//Goetz F W, Thomas P. Proceedings of the Fifth International Symposium on Reproductive Physiology of Fish, University of Texas at Austin, July 7-12. Fish Symposium 95, Austin, 1995: 153-157.
- [2] Devlin R H, Nagahama Y. Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences[J]. Aquaculture, 2002, 208: 191-364.
- [3] Baroiller J F, Nakayama I, Fostier A, et al. Sex determination

- studies in two species of teleost fish, *Oreochromis niloticus* and *Leporinus elongates* [J]. Zool Studies, 1996, 35: 279–285.
- [4] Blazquez M, Zanuy S, Carillo M, et al. Effects of rearing temperature on sex differentiation in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) [J]. J Exp Zool, 1998, 281: 207–216.
- [5] Craig J K, Foote C J, Wood C C. Evidence for temperature-dependent sex determination in Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) [J]. Can J Fish Aquat Sci. 1996, 53: 141–147.
- [6] Strassmann C A, Moriyama S, Hanke E F, et al. Evidence of thermolabile sex determination in pejerrey [J]. J Fish Biol, 1996, 48: 643–651.
- [7] Patiño R, Davis K B, Schoore J E, et al. Sex differentiation of channel catfish gonads: normal development and effects of temperature [J]. J Exp Zool, 1996, 276: 209–218.
- [8] Yamamoto E. Studies on sex-manipulation and production of cloned populations in hiramé, *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel) [J]. Aquaculture, 1999, 173: 235–246.
- [9] Luckenbach J A, Godwin J, Daniels H V, et al. Gonadal differentiation and effects of temperature on sex determination in southern flounder (*Paralichthys lethostigma*) [J]. Aquaculture, 2003, 216: 315–327.
- [10] 邓景耀, 孟田湘, 任胜民, 等. 渤海鱼类种类组成及数量分布 [J]. 海洋水产研究, 1988, 9: 10–98.
- [11] 孙中之, 柳学周, 徐永江, 等. 半滑舌鲷工厂化人工育苗工艺技术研究 [J]. 中国水产科学, 2007, 14 (2): 244–248.
- [12] 马学坤, 柳学周, 温海深, 等. 半滑舌鲷性腺分化组织学观察 [J]. 海洋水产研究, 2006, 27 (2): 55–61.
- [13] Baroiller J F, D' Cotta H. Environment and sex determination in farmed fish [J]. Comp Biochem Physiol, 2001, 130C: 399–409.
- [14] Strassmann C A, Saito T, Usui M, et al. Thermal thresholds and critical period of thermolabile sex determination in two atherinid fishes *Odontesthes bonariensis* and *Patagonina hatcheri* [J]. J Exp Biol, 1997, 278: 167–177.
- [15] Chen S L, Li Jing, Deng Siping, et al. Isolation of female-specific AFLP markers and molecular identification of genetic sex in half-smooth tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*) [J]. Mar Biotechnol, 2007, 9 (2): 273–280.
- [16] Yamamoto, T. Sex differentiation [M] / W. S. Hoar and D. J. Randall. Fish Physiology Vol. III, Reproduction and Growth, Bioluminescence, Pigments, and 29 Poisons [M]. New York: Academic Press, 1969: 117–175.
- [17] Strassmann C A, Nakamura M. Morphology, Endocrinology, and environmental modulation of gonadal sex differentiation in teleost fishes [J]. Fish Physiol Biochem, 2002, 26: 13–29.
- [18] 刘少军, 革胡子鲇原始生殖细胞的起源、迁移及性腺分化. 水生生物学报 [J]. 1991, 15 (1): 1–7.
- [19] 万瑞景, 姜言伟, 庄志猛. 半滑舌鲷早期形态及发育特征动物学报 [J]. 2004, 50 (1): 91–102.
- [20] Kitano T, Takamune K, Kobayashi T, et al. Suppression of P450 aromatase gene expression in sex-reversed males produced by rearing genetically female larvae at a high water temperature during a period of sex differentiation in the Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) [J]. J Mol Endocrinol, 1999, 23: 167–176.
- [21] Fenske M, Segner H. Aromatase modulation alters gonadal differentiation in developing zebrafish (*Danio rerio*) [J]. Aquat Toxicol, 2004, 67: 105–126.
- [22] Simpson E R, Mahendroo M S, Means G D, et al. Aromatase cytochrome P450, the enzyme responsible for estrogen biosynthesis [J]. Endocrinol Rev, 1994, 15: 342–355.
- [23] Uchida D, Yamashita M, Kitano T, et al. An aromatase inhibitor or high water temperature induce oocyte apoptosis and depletion of P450 aromatase activity in the gonads of genetic female zebrafish during sex-reversal [J]. Comp Biochem Physiol, 2004, 137A: 11–20.

Gonadal differentiation and effects of temperature on sex determination in half-smooth tongue-sole, *Cynoglossus semilaevis*

DENG Si-ping^{1,2,3}, CHEN Song-lin², TIAN Yong-sheng², LIU Ben-wei², ZHUANG Zhi-meng², WANG Qing-yin², DENG Han²

(1. College of Marine Life Science, Ocean University of China, 266003 Qingdao, China; 2. Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resources, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Qingdao 266071, China; 3. Fisheries college, Guangdong Ocean University 524025, Zhanjiang, China)

Abstract: Half-smooth tongue-sole (*Cynoglossus semilaevis*) is a newly exploited and commercially important cultured marine flatfish, in which females grow 1–2 times faster than males. In mang teleost, phenotypic sex can be altered by temperature. Thus, with the sex reversal by temperature treatment to breed all-female tongue sole stock would be of significant benefit for aquaculture. Gonadal differentiation of half-smooth tongue-sole, *Cynoglossus semilaevis* were observed by histological sectioning. The histological differentiation occurred firstly in 30 days post hatching (dph). There were two types of gonad and one with cavity will develop into ovary, and the other one without cavity will develop into testis. By the method of histological sectioning and female-specific molecular marker to determine the genetic sex, the effects of temperature on sex determination in tongue sole were addressed in a separate experiment. Juvenile tongue sole were reared at 16 °C, 20 °C, 24 °C, 28 °C or 32 °C from 25 to 100 dph. High temperatures (28 °C and 32 °C) may induce phenotypic sex reversal in juvenile tongue sole producing a higher proportion of males (69.2% males at 28 °C, $0.01 < P < 0.05$, 66.7% males at 32 °C, $0.01 < P < 0.05$). Low temperatures (16 °C and 20 °C) may induce phenotypic sex reversal and produced a slightly higher proportion of males (56.5% males at 16 °C, $P > 0.05$; 57.1% males at 20 °C, $P > 0.05$). When reared at 24 °C, the tongue sole got a sex ratio close to 1:1. The female-specific molecular marker also suggested that both high and low temperature induce sex reversal from female to male. These findings indicate that sex differentiation in tongue sole is influenced by temperature. [Journal of Fishery Sciences of China, 2007, 14 (5): 714–719]

Key words: *Cynoglossus semilaevis*; gonadal differentiation; sex determination; temperature

Corresponding author: CHEN Song-lin. E-mail: chensl@ysfri.ac.cn

欢迎订阅 2008 年《水产学报》

《水产学报》是中国水产学会主办、上海水产大学承办的以水产科学技术为主的国家级学术刊物,创刊于1964年。主要刊载渔业资源、水产养殖与增殖、水产捕捞、水产品保鲜与综合利用、渔业水域环境保护、渔船、渔业机械与仪器以及水产基础研究的论文,简报和综述,并酌登学术动态和重要书刊的评价等。

本刊为双月刊,大16开,国内外公开发行。每期定价25元,全年定价150元(含邮费)。国内统一刊号:CN31-1283/S; 国际标准刊号:ISSN 1000-0615。国内邮发代号:4-297,国外发行代号:Q-387。读者可在当地邮局订阅,也可直接汇款至编辑部订阅。

编辑部地址:上海市军工路334号,上海水产大学48信箱

邮 编:200090

联系电话和传真:021-65710232

E-mail: jfc@shfu.edu.cn 或 scxuebao@online.sh.cn