

## 不同浓度雌二醇对淞江鲈存活和生长的影响

罗武松<sup>1</sup>, 王金秋<sup>1,2\*</sup> (1. 复旦大学, 上海 200433; 2. 上海四鳃鲈水产科技发展有限公司, 上海 201600)

**摘要** [目的] 探讨不同浓度雌二醇对淞江鲈幼苗存活率和生长的影响。[方法] 研究不同浓度雌二醇诱导下淞江鲈的存活率、全长、体重和行为的改变。[结果] 30日龄, 试验组淞江鲈的存活率、体重与对照组差异不显著( $P > 0.05$ ); 15日龄, 试验组淞江鲈的全长与对照组差异不显著( $P > 0.05$ ), 表明雌二醇在早期对淞江鲈的存活率和生长的影响不明显。各试验组淞江鲈的存活率、200  $\mu\text{g/L}$  雌二醇组淞江鲈的全长和 100  $\mu\text{g/L}$  雌二醇组淞江鲈的体重均显著低于对照组( $P < 0.05$ )。30~45、75~90日龄淞江鲈存活率的下降速度明显低于其他时期; 在30~45日龄淞江鲈全长的增长速度明显快于其他阶段; 60日龄后, 淞江鲈体重的增长速度明显快于前期( $P < 0.05$ )。雌二醇对淞江鲈的摄食几乎没有影响, 对争斗和转底栖行为影响明显, 对照组争斗严重, 转底栖行为持续1个月; 400  $\mu\text{g/L}$  雌二醇组几乎没有观察到鱼的争斗现象, 在15d内就全部完成转底栖行为。[结论] 研究结果可为淞江鲈单性育种奠定基础。

**关键词** 淞江鲈; 生理雌鱼; 雌二醇; 存活率; 生长

**中图分类号** 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)21-0109-04

Effects of Different Concentrations of Estradiol on the Survival and Growth of *Trachidermus fasciatus*

LUO Wu-song<sup>1</sup>, WANG Jin-qi<sup>1,2\*</sup> (1. Fudan University, Shanghai 200433; 2. Shanghai Sisailu Fishery Science & Technology Development Co., Ltd., Shanghai 201600)

**Abstract** [Objective] To discuss the effects of different concentrations of estradiol on the survival rate and growth of *Trachidermus fasciatus*. [Method] The changes of survival rate, total length, body weight, and behaviors of *T. fasciatus* fries induced by different concentrations of estradiol were studied. [Result] At 30-day-old, the survival rate, total length of *T. fasciatus* in test groups had no significant difference with control group ( $P > 0.05$ ). At 15 day-old, the whole length of *T. fasciatus* in test groups had no significant difference with control group ( $P > 0.05$ ), which indicated that estradiol had no significant effect on the survival rate and growth of *T. fasciatus*. The survival rate of *T. fasciatus* in test groups, total length of *T. fasciatus* in 200  $\mu\text{g/L}$  estradiol group, the body weight of *T. fasciatus* in 100  $\mu\text{g/L}$  estradiol group were all significantly lower than control group ( $P < 0.05$ ). In the stages of 30-45 days and 75-90 days, the descent speed of survival rate of *T. fasciatus* was significantly lower than those in other stages. In the stage of 30-45 days, the increment speed of whole length of *T. fasciatus* was obviously higher than other stages. After 60 days, the increment speed of body weight of *T. fasciatus* was obviously higher than previous stages ( $P < 0.05$ ). Estradiol had almost no effect on eating of *T. fasciatus*, but it had obvious effects on fighting and benthic behavior of *T. fasciatus*. In control group, there was serious fighting and benthic behavior lasted for one month. In 400  $\mu\text{g/L}$  estradiol group, fighting phenomenon was almost not observed, and the benthic behavior was completed within 15 days. [Conclusion] The research results can lay the foundation for unisexual breeding of *T. fasciatus*.

**Key words** *Trachidermus fasciatus*; Physiological female; Estradiol; Survival rate; Growth

淞江鲈 (*Trachidermus fasciatus*) 隶属鲈型目, 为近海暖温性小型底层洄游性鱼类, 是我国名贵鱼类, 具有较高的经济价值。由于淞江鲈雌雄异形, 二者许多性状都存在差异。据观察, 雄性个体生长速度快, 其体重大于雌性个体; 雄性个体的肌肉含量比例较大, 可食部分多于雌性个体; 雄性精巢体积和重量非常小, 与充满整个腹腔的雌性卵巢相比可忽略不计<sup>[1-2]</sup>。淞江鲈的繁殖特性决定了产后亲鱼雌雄个体的存活率差别较大, 大部分雌性亲体产卵期间的巨大消耗, 导致其大部分个体产后死亡, 而雄性个体排精时消耗相对较小, 存活率较高<sup>[3-4]</sup>。因此, 从物种经济性状的角度, 雄性淞江鲈个体明显优于雌性个体。据此, 开展淞江鲈单性育种工作, 选择诱导和培育出全雄淞江鲈品系, 具有重要意义。

关于鱼类单性育种有许多研究报道, 包括全雌和全雄育种2个方面。自2000年以来, 方永强等<sup>[5]</sup>通过激素诱导获得了全雌鳊鱼苗; 戈文龙等<sup>[6]</sup>、许建和等<sup>[7]</sup>和苏鹏志等<sup>[8]</sup>分别进行人工诱导牙鲆、大黄鱼和大菱鲆雌核发育二倍体, 并获得成功。有关全雄育种方面的研究比较成功的案例是针对黄颡鱼和罗非鱼所做的工作。刘汉勤等<sup>[9]</sup>采用三系配

套法诱导和培育出生产规模的全雄黄颡鱼苗种, 养殖比例逐年上升, 并有逐步取代原有养殖对象的趋势; 许多学者采用遗传雄性罗非鱼技术 (GMT) 和种间杂交技术成功获得了全雄的罗非鱼品系, 在我国已成为主要的养殖对象<sup>[10-13]</sup>。淞江鲈成鱼作为商品进入市场是从2010年开始, 对其经济性状的关注仅有几年的时间, 对其育种工作, 特别是具有较高经济价值的单性育种的研究还没有起步。因此, 从性别分化入手, 通过生理雌鱼的诱导, 展开淞江鲈雄性育种工作, 以期得到淞江鲈的全雄后代。

鱼类单性育种的诱导工作是在胚后发育早期进行的, 而这一时期鱼苗刚刚脱离卵膜, 暴露在环境中, 其抗性较差, 所以在有效的诱导药物浓度下, 其能否存活和生长发育是诱导成功与否的关键。因此, 了解和掌握诱导剂对其影响就显得十分重要。笔者阐述了不同浓度雌二醇对淞江鲈存活和生长的影响。

## 1 材料与方法

## 1.1 材料

**1.1.1 试验对象。**淞江鲈初孵仔鱼, 由上海四鳃鲈水产科技发展有限公司提供, 采自上海松江四鳃鲈园中生产基地繁育车间, 其亲本为长江口及其毗邻水域野生个体的后代。繁殖采用模拟自然生境的方法, 产卵和孵化期间的水温均为上海松江地区自然水体温度, 为4.0~18.0℃。

**1.1.2 诱导剂。**选择雌二醇作为诱导剂, 为市售分析纯产

**基金项目** 上海市科委科技攻关项目 (15391900700)。  
**作者简介** 罗武松 (1984—), 男, 湖南浏阳人, 工程师, 硕士, 从事鱼类遗传育种研究。\* 通讯作者, 副教授, 博士, 硕士生导师, 从事珍稀鱼类物种保护和遗传育种研究。  
**收稿日期** 2017-05-22

品,购自国药集团。

**1.1.3 鱼的饵料。**卤虫(*Artemia*)的无节幼体,为市售卤虫卵自行孵化而得,大小为3~4 mm;毛虾(*Acetes*),采购冰冻的产品,大小在10 mm左右。

## 1.2 试验装置与条件

**1.2.1 试验装置。**试验用养殖淞江鲈的容器为蓝色的方形塑料桶,长、宽、高均为50 cm,容积约为125 L,每个养殖容器装有1个5 W的水泵,构成独立的水循环系统,避免相互之间的影响,水循环量20 L/h。每个养殖容器配有1个充气气石,1个80 W的充气泵带动所有试验桶充气。

**1.2.2 试验条件。**养殖设备放置在室内,日光灯作为光源,光照强度约为2 500 lx,光照周期为9L:15D。

**1.3 方法** 采用鱼体直接浸泡和饵料载入相结合的方法,使诱导剂雌二醇进入试验鱼体内。

**1.3.1 鱼体直接浸泡法。**将雌二醇配制成为5个浓度梯度溶液,依次为0(对照组)、50、100、200、400  $\mu\text{g/L}$ 。每组设有2个平行。每个养殖容器中淞江鲈初孵仔鱼初始数量为200尾。

**1.3.2 饵料载入法。**配制与上述相同的5个浓度梯度的雌二醇溶液,将活体卤虫或毛虾放入其中,浸泡30 min后,投喂试验鱼。

**1.3.3 操作过程。**①第1阶段:在初孵仔鱼1~15日龄,试验采用鱼体直接浸泡法,即将试验鱼直接放入各浓度梯度的试验容器中养殖15 d。在此期间,鱼苗较小,不需要循环水,可以保持药物的浓度不变;试验过程中不间断充气(投饵时间内除外);所投喂的饵料为鲜活的未经药物浸泡的卤虫无节幼体。②第2阶段:从第16日龄开始至90日龄试验结束,试验给药途径改为饵料载入法。在此期间,鱼苗个体已经长大,需要循环水才能保持良好的水环境,在此期间开启水泵,不间断地循环水(投饵时间内除外)。投喂的是经过药物浸泡的卤虫无节幼体和毛虾。

**1.3.4 饵料投喂。**每天分别在09:00和16:00进行2次投喂。卤虫无节幼体的投饵量控制在400个/L;毛虾的投饵量控制在试验鱼总体重的10%。投喂时间持续1 h,在此期间停止水循环和充气。1 h后,观察食物剩余情况,并清除残饵和粪便,重新启动水循环和气泵。

**1.4 样本采集与指标测定** 每天观察和记录试验鱼的死亡情况,每间隔15 d采样1次,每次每组随机采样30尾鱼苗;用电子天平测量鱼苗体重,用量规结合量鱼板测量鱼苗全长。

**1.5 数据统计与分析** 使用Excel 2007软件进行均值和标准差分析,利用SPSS 19.0统计软件进行数据统计与分析。

## 2 结果与分析

**2.1 雌二醇对淞江鲈存活率的影响** 从表1可以看出,与对照组相比,各试验组淞江鲈的存活率均有所降低。试验结束时,90日龄对照组淞江鲈的存活率为73.8%,试验组I、II、III、IV淞江鲈的存活率分别为55.5%、63.3%、57.5%和

60.0%。*t*检验结果表明,所有药物浓度组淞江鲈的存活率显著低于对照组( $P < 0.05$ ),说明药物的添加对淞江鲈的存活率有显著影响。进一步分析表明,与对照组相比,各浓度组淞江鲈的存活率均显著低于对照组( $P < 0.05$ )。

随着日龄的增加,淞江鲈的存活率均呈下降趋势,但药物组与对照组相比下降趋势更加明显。多重比较结果表明,与对照组相比,试验组存活率差异大小与生长阶段相关。低龄阶段的差异小于高龄阶段,即随着日龄的增加,差异逐渐增大。在30日龄内,试验组淞江鲈的存活率与对照组差异不显著( $P > 0.05$ );在45~90日龄阶段,除45日龄和60日龄的100  $\mu\text{g/L}$ 浓度组外,试验组淞江鲈存活率与对照组相比差异显著( $P < 0.05$ ),而各试验组间差异不显著( $P > 0.05$ )。

表1 不同浓度雌二醇诱导下淞江鲈幼苗存活率的比较

Table 1 The survival rate comparison of *T. fasciatus* fries induced by different concentrations of estradiol %

雌二醇浓度 Concentrations of estradiol $\mu\text{g/L}$	日龄 Day-old					
	15	30	45	60	75	90
0	100.0 a	99.0 a	86.5 a	83.8 a	83.8 a	73.8 a
50	100.0 a	98.0 a	73.0 b	70.0 b	70.0 b	55.5 b
100	100.0 a	94.8 a	79.3 a	76.8 a	70.5 b	63.3 b
200	100.0 a	98.5 a	78.3 b	71.3 b	70.5 b	57.5 b
400	100.0 a	98.3 a	76.3 b	72.0 b	71.5 b	60.0 b

注:同列不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )

Note: Different small letters in the same column indicate significant differences ( $P < 0.05$ )

## 2.2 雌二醇对淞江鲈生长的影响

**2.2.1 全长。**从表2可以看出,试验组的淞江鲈全长均值均低于对照组。90日龄,对照组淞江鲈的全长均值为4.86 cm,试验组淞江鲈的全长均值依次为4.84、4.66、4.58、4.35 cm,均比对照组低0.02~0.51 cm。*t*检验结果表明,试验组整体上淞江鲈全长的均值显著低于对照组( $P < 0.05$ ),表明雌二醇药物的添加明显影响了淞江鲈的全长增长。进一步分析发现,50和100  $\mu\text{g/L}$ 药物组淞江鲈全长均值与对照组差异不显著( $P > 0.05$ );200和400  $\mu\text{g/L}$ 药物组淞江鲈的全长与对照组差异显著( $P < 0.05$ )。这表明低浓度( $\leq 100 \mu\text{g/L}$ )的雌二醇对淞江鲈全长均值没有明显影响,高浓度( $\geq 200 \mu\text{g/L}$ )的雌二醇对淞江鲈全长的负面影响明显,且随着药物浓度的增加,这一负面影响有所增大。

随着日龄的增加,淞江鲈的全长也随着增长,但药物组与对照组相比增长趋势更加缓慢。多重分析结果表明,与对照组相比,试验组全长差异大小与生长阶段相关。低龄阶段的差异小于高龄阶段,即随着日龄的增加,差异逐步增大。15日龄,试验组淞江鲈的全长与对照组差异不显著( $P > 0.05$ );30~90日龄,400  $\mu\text{g/L}$ 药物组淞江鲈的全长均值与对照组差异显著,200  $\mu\text{g/L}$ 药物组的淞江鲈全长均值与对照组部分差异显著,50和100  $\mu\text{g/L}$ 药物组淞江鲈的全长均值与对照组均差异不显著(除30日龄50  $\mu\text{g/L}$ 组外)。

表 2 不同浓度雌二醇诱导下松江鲈幼苗全长

Table 2 The total length of *T. fasciatus* fries induced by different concentrations of estradiol

cm

雌二醇浓度 Concentrations of estradiol // $\mu\text{g/L}$	日龄 Day-old					
	15	30	45	60	75	90
0	1.05 $\pm$ 0.15 a	1.61 $\pm$ 0.15 a	3.17 $\pm$ 0.38 a	3.60 $\pm$ 0.55 a	4.30 $\pm$ 0.43 a	4.86 $\pm$ 0.39 a
50	1.05 $\pm$ 0.13 a	1.48 $\pm$ 0.13 c	3.14 $\pm$ 0.51 a	3.58 $\pm$ 0.60 a	4.29 $\pm$ 0.48 a	4.84 $\pm$ 0.30 a
100	1.04 $\pm$ 0.14 a	1.54 $\pm$ 0.11 b	2.94 $\pm$ 0.21 ab	3.54 $\pm$ 0.66 ab	4.23 $\pm$ 0.45 a	4.66 $\pm$ 0.47 ab
200	1.02 $\pm$ 0.10 a	1.60 $\pm$ 0.13 b	3.04 $\pm$ 0.21 a	3.41 $\pm$ 0.47 b	4.09 $\pm$ 0.26 a	4.58 $\pm$ 0.30 b
400	1.04 $\pm$ 0.10 a	1.54 $\pm$ 0.11 b	2.84 $\pm$ 0.24 b	3.26 $\pm$ 0.30 b	3.85 $\pm$ 0.26 b	4.35 $\pm$ 0.35 c

注: 同列不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )Note: Different small letters in the same column indicate significant differences ( $P < 0.05$ )

**2.2.2 体重。**从表 3 可以看出, 试验组松江鲈的体重均值均低于对照组。90 日龄, 对照组松江鲈的体重均值为 1.39 g, 各试验组松江鲈的体重均值依次为 1.33、1.19、1.19、1.16 g。t 检验结果表明, 各试验组松江鲈的体重均值显著低于对照组 ( $P < 0.05$ ), 表明雌二醇药物的添加明显影响了松江鲈体重的增长。进一步分析表明, 50  $\mu\text{g/L}$  药物组的松江

鲈体重均值与对照组差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 100、200、400  $\mu\text{g/L}$  药物组松江鲈的体重均值与对照组差异显著 ( $P < 0.05$ ), 100 ~ 400  $\mu\text{g/L}$  药物组松江鲈的体重均值均差异不显著 ( $P > 0.05$ )。这表明低浓度 (50  $\mu\text{g/L}$ ) 的雌二醇对松江鲈的体重均值没有明显影响, 高浓度 ( $\geq 100$   $\mu\text{g/L}$ ) 的雌二醇对松江鲈的体重均值的影响明显。

表 3 不同浓度雌二醇诱导下松江鲈幼苗体重

Table 3 The body weight of *T. fasciatus* fries induced by different concentrations of estradiol

g

雌二醇浓度 Concentrations of estradiol // $\mu\text{g/L}$	日龄 Day-old					
	15	30	45	60	75	90
0	0.08 $\pm$ 0.02 a	0.13 $\pm$ 0.02 a	0.34 $\pm$ 0.07 a	0.44 $\pm$ 0.15 a	0.66 $\pm$ 0.18 a	1.39 $\pm$ 0.26 a
50	0.08 $\pm$ 0.01 a	0.11 $\pm$ 0.01 b	0.32 $\pm$ 0.11 ab	0.42 $\pm$ 0.19 ab	0.66 $\pm$ 0.20 a	1.33 $\pm$ 0.17 a
100	0.07 $\pm$ 0.02 a	0.12 $\pm$ 0.01 b	0.30 $\pm$ 0.05 b	0.42 $\pm$ 0.17 b	0.64 $\pm$ 0.21 a	1.19 $\pm$ 0.29 b
200	0.07 $\pm$ 0.02 a	0.13 $\pm$ 0.01 a	0.30 $\pm$ 0.03 b	0.38 $\pm$ 0.11 b	0.62 $\pm$ 0.08 a	1.19 $\pm$ 0.11 b
400	0.08 $\pm$ 0.02 a	0.12 $\pm$ 0.02 b	0.28 $\pm$ 0.05 c	0.31 $\pm$ 0.10 c	0.46 $\pm$ 0.06 b	1.16 $\pm$ 0.16 b

注: 同列不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )Note: Different small letters in the same column indicate significant differences ( $P < 0.05$ )

随着日龄的增加, 松江鲈的体重均呈增长趋势, 但药物组比对照组增长趋势更加缓慢。多重比较分析表明, 试验组与对照组相比, 体重差异的大小与生长阶段相关。低龄阶段的体重差异小于高龄阶段, 即随着日龄的增加, 体重差异增大。15 ~ 30 日龄, 除 30 日龄 (400  $\mu\text{g/L}$ ) 外, 试验组松江鲈的体重均值与对照组差异不显著 ( $P > 0.05$ ); 45 ~ 90 日龄, 200、400  $\mu\text{g/L}$  药物组松江鲈的体重均值与对照组差异显著 (除 75 日龄的 200  $\mu\text{g/L}$  组外), 100  $\mu\text{g/L}$  药物组松江鲈的体重均值与对照组部分差异显著, 50  $\mu\text{g/L}$  药物组的松江鲈体重均值与对照组均差异不显著。

### 2.3 雌二醇对松江鲈行为的影响

**2.3.1 摄食行为。**在整个试验过程中, 对所有组松江鲈的摄食情况进行了观察, 结果发现各组松江鲈的摄食情况无明显差异, 摄食完成时间和剩余饵料量没有明显差异, 表明雌二醇药物的添加对松江鲈摄食没有明显影响。

**2.3.2 争斗行为。**据观察, 对照组的争斗行为比较严重, 经常可以观察到个体之间的争斗, 并伴随有咬伤, 甚至致死的个体, 偶尔可以看到大鱼吃小鱼的现象; 随着浓度的升高, 个体间争斗现象逐步减少。在 200 和 400  $\mu\text{g/L}$  雌二醇试验组, 很少观察到松江鲈个体间争斗的现象, 结果表明雌二醇药物的添加可以减少个体间的争斗行为。

**2.3.3 浮游转底栖行为。**对各组幼苗从浮游转底栖的行为

过程进行观察, 结果表明对照组历时 30 ~ 32 d 才全部完成浮游转底栖的生活过程, 小个体的松江鲈长时间浮游在上层水体, 偶尔栖息于隐蔽物的顶部, 但经常遭遇大个体鱼的驱赶。在 400  $\mu\text{g/L}$  雌二醇组, 松江鲈在 15 ~ 20 d 就全部完成转底栖的生活过程, 绝大部分鱼都躲避在隐蔽物下面, 结果表明雌二醇药物的条件可以加速转底栖的过程。

### 3 讨论与结论

**3.1 雌二醇浓度对松江鲈存活率的影响** 雌二醇是一种雌激素, 经常被用于诱导鱼类的雌化, 很多人关心雌二醇残留等安全问题。高艳丽等<sup>[14]</sup>研究了 17- $\beta$  雌二醇醇诱导史氏鲟全雌化, 结果发现雌二醇在史氏鲟的肌肉和胃肠道中残留时间短, 残留量低, 在停药后继续养殖, 其残留量更加低, 不会对人体产生影响。使用雌二醇诱导的产品一般不直接进入市场销售, 而是作为育种的一个中间环节, 在鱼种过程中, 在保证雌化率的前提下应尽可能使用低浓度的雌二醇。

张彦晓等<sup>[15]</sup>研究了雌二醇对半滑舌鳎生长和性别分化的影响, 结果发现低浓度的雌二醇 (30  $\mu\text{g/L}$ ) 对半滑舌鳎存活无明显影响。该试验结果表明, 较低浓度的雌二醇 (50、100  $\mu\text{g/L}$ ) 对松江鲈的死亡率、幼苗的全长和体长的影响较小; 但较高浓度的雌二醇 (200、400  $\mu\text{g/L}$ ) 对松江鲈的死亡率的影响显著, 400  $\mu\text{g/L}$  试验组的全长和体重在 60 日龄以后明显低于对照组。因此, 在松江鲈的生理雌鱼诱导工作中, 在不

影响雌化率的情况下,应将雌二醇浓度尽量控制在 200  $\mu\text{g/L}$  以下,以减轻雌二醇对松江鲈幼苗存活和生长发育的影响。在今后的研究中,应对不同浓度雌二醇诱导下松江鲈雌化率的情况进行分析和统计,结合雌化率数据来综合判断雌二醇使用的合理浓度。既要保证目标雌化率,又要尽量避免药物浓度过高对松江鲈幼苗存活和生长等方面的影响。

**3.2 诱导开始时间** 在使用雌激素诱导生理雌鱼的过程中,理论上药物最佳的使用时间是指试验对象性腺开始分化的时间。然而,很多时候却不知道试验对象性腺在什么时间开始分化,在这种情况下人们往往会提早使用雌激素,在性腺尚未分化之前使用,以期达到良好的雌化效果<sup>[16-17]</sup>。

张晓彦等<sup>[15]</sup>研究表明雌二醇对半滑舌鳎早期生长影响不明显,但 40 d 后乙醇组生长明显比对照组慢。该试验结果表明,1~30 d 龄雌二醇对松江鲈的影响相对较轻,对其死亡率、全长、体重影响均不是很明显。因此,在松江鲈的生理雌鱼诱导工作中,雌二醇的诱导可以尽早开展,以免错过其性腺分化的关键时期,取得良好的雌化效果。

**3.3 雌二醇对鱼类行为的影响** 关于雌二醇对鱼类行为的影响研究较少。该试验结果表明,雌二醇对松江鲈的摄食几乎没有影响,但雌二醇浓度与松江鲈的争斗和转底栖行为有着明显的相关性。在自然界中,松江鲈是一种群居性动物,有着一定的社群等级结构,雄性个体往往生长较快,体格健壮,雄性个体间也经常因抢夺食物、巢穴和配偶等发生争斗,胜利的个体则色泽鲜艳,失败的个体则色泽灰暗、甚至受伤而死亡。雌二醇是一种雌性激素,在使用雌二醇进行生理雌鱼的诱导过程中,会促使松江鲈的雄性性征表现逐步减少,故雄性之间的争斗会有明显减少,这与实验结果正好是相吻合的。

松江鲈的转底栖行为是受到巢穴和地域空间的限制和影响。在养殖空间足够大、隐蔽物足够多的情况下,个体间不会为争夺资源而相互争斗,其转底栖行为进行得十分顺利,这在自然界和低密度的养殖车间中得以证实。然而,在空间有限、隐蔽物缺乏的情况下,较大的雄性个体就会霸占巢穴据为己有,驱赶小个体,这个现象在本实验对照组中表

现得很明显。然而随着雌二醇药物浓度的提高,松江鲈雄性性征的表现逐步减弱,其对空间的独占性行为得以抑制,因此 400  $\mu\text{g/L}$  雌二醇组的松江鲈能够很顺利的完成浮游到底栖的转变,时间相当于对照组的 50%。

### 参考文献

- [1] 中国野生动植物保护司. 国家重点保护野生动物名录[M]. 北京:中国法制出版社,1989.
- [2] 邵炳绪. 松江鲈鱼性腺的周年变化[J]. 复旦学报(自然科学版),1975(4):73-82.
- [3] 邵炳绪. 松江鲈的生态初步观察[J]. 复旦学报(自然科学版),1959(2):213-218.
- [4] 王金秋. 松江鲈的生态学和繁殖生物学研究进展[J]. 水生生物学学报,1999,23(6):729-734.
- [5] 方永强,翁幼竹,林君卓,等. 全雌鳙鱼培育的研究[J]. 水产学报,2001,25(2):131-136.
- [6] 戈文龙,张全启,齐洁,等. 异源精子诱导牙鲆雌核发育二倍体[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版),2005,35(6):1001-1016.
- [7] 许建和,尤锋,吴雄飞,等. 大黄鱼雌核发育二倍体的人工诱导[J]. 海洋科学,2006,30(2):37-42.
- [8] 苏鹏志,陈松林,杨景峰,等. 异源冷冻精子诱导大菱鲆的雌核发育[J]. 中国水产科学,2008,15(5):131-136.
- [9] 刘汉勤,崔书勤,侯昌春,等. 从 XY 雌鱼雌核发育产生 YY 超雄黄颡鱼[J]. 水生生物学学报,2007,31(5):718-725.
- [10] MAIR G C, ABUCAY J S, BEARDMORE J A, et al. Growth performance trials of genetically male tilapia (GMT) derived from YY-males in *Oreochromis niloticus* L.: On station comparisons with mixed sex and sex reversed male populations [J]. Aquaculture, 1995, 137 (1/2/3/4): 313-324.
- [11] 杨景峰,徐桂珠. 罗非鱼全雄控制技术研究进展[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版),2003,18(4):318-322.
- [12] MAIR G C, ABUCAY J S, SKIBINAKI D O F. Genetic manipulation of sex ratio for the large scale production of all-male tilapia *Oreochromis niloticus* [J]. Can J Fish Aquat Sci, 1997, 54: 396-404.
- [13] 刘良国,赵俊,崔森. 鱼类的性别决定与人工控制[J]. 水产科学,2003,22(2):42-45.
- [14] 高艳丽,华育平,曲秋芝,等. 17 $\beta$ -雌二醇诱导施氏鲟全雌化后在鱼体内残留的研究[J]. 黑龙江畜牧兽医,2006(5):86-87.
- [15] 张晓彦,刘海金. 17 $\beta$ -雌二醇对半滑舌鳎性分化和生长的影响[J]. 东北农业大学学报,2009,40(6):67-72.
- [16] AVTALION R R, DON J. Sex-determining genes in tilapia: A model of genetic recombination emerging from sex ratio results of three generations of gynogenetic *Oreochromis aureus* [J]. J Fish Biol, 1990, 37: 167-173.
- [17] TAKESSHITA N, ONIKURA N, MATSUI S, et al. Embryonic, larval and juvenile development of the roughskin sculpin, *Trachidermus fasciatus* (Scorpaeniformes: Cottidae) [J]. Ichthyol Res, 1997, 44(2/3): 257-266.

(上接第 76 页)

及盐碱地中的作用,开展筛选培育抗旱、耐盐碱优质高产菊芋新品系<sup>[17]</sup>也是今后发展的趋势。

### 参考文献

- [1] 刘鹏,王秀飞,张维东,等. 菊芋新品种吉菊芋 2 号选育及栽培技术探讨[J]. 园艺与种苗,2013,52(7):40-42.
- [2] 刘鹏,王秀飞,张维东,等. 菊芋新品种吉菊芋 1 号选育报告[J]. 园艺与种苗,2012(10):30-32.
- [3] 刘鹏,王秀飞,张维东,等. 非粮能源植物菊芋对改良吉林西部盐碱沙地的作用及应用前景[J]. 北方园艺,2013,24(6):199-202.
- [4] LI X F, HOU S L, SU M, et al. Major energy plants and their potential for bioenergy development in China [J]. Environ Manage, 2010, 46(4): 79-89.
- [5] 赵凯,马龙彪,耿贵,等. 能源作物甜高粱的综合开发与利用[J]. 中国糖料,2008(3):67-71.
- [6] 李金宝,何丽莲,李富生. 甘蔗作为能源作物的优势分析及前景展望[J]. 中国农学通报,2007,23(12):427-433.
- [7] 金明亮,贾海伦. 甜菜作为能源作物的优势及发展前景[J]. 中国糖料,2011(1):58-59.
- [8] 刘祖昕,谢光辉. 菊芋作为能源植物的研究进展[J]. 中国农业大学学报,2012,17(6):122-132.
- [9] ZHUANG D F, JIANG D, LIU L, et al. Assessment of bioenergy potential on marginal land in China [J]. Renew Sust Energy Rev, 2011, 15(2): 1050-1056.
- [10] SANG T, ZHU W X. China's bioenergy potential [J]. Global change biology bioenergy, 2011, 3(2): 79-90.
- [11] 王少杰,孟雨吟,孙士青,等. 菊芋研究进展[J]. 山东科学,2011,24(6):62-66.
- [12] 巴哈提·加布克拜,阿衣达尔,古丽白拉. 用菊芋饲养细毛羔羊的对比试验[J]. 草食家畜,2001(3):42.
- [13] 赵晓川,王卓龙,孙金艳. 菊芋在畜牧生产中的应用[J]. 黑龙江农业科学,2006(6):39-40.
- [14] 吴成龙,周春霖,尹金来,等. 碱胁迫对不同品种菊芋幼苗生物量和可溶性渗透物质分配的影响[J]. 中国农业科学,2008,45(3):901-909.
- [15] 祁淑艳,储诚山. 盐生植物对盐渍环境的适应性及其生态意义[J]. 天津农业科学,2005,11(2):42-45.
- [16] 孔涛,吴祥云,刘玲玲,等. 风沙地菊芋的主要生态学特性[J]. 生态学杂志,2009,28(9):1763-1766.
- [17] 张琳,安载学,张维东,等. 菊芋的生物学特性与开发潜力研究进展[J]. 现代农业科技,2015(13):87-88.