

丁香酚对真鲷(♀)×黑鲷(♂)杂交子一代麻醉效果的研究

贾超峰¹, 许 津¹, 张志勇¹, 张志伟¹, 刘海林¹, 陈淑吟¹, 祝 斐¹, 李 鹏²

(1. 江苏省海洋水产研究所, 江苏省海水鱼类遗传育种重点实验室, 江苏 南通 226007; 2. 南京师范大学 生命科学学院, 江苏 南京 210023)

摘要: 为探索丁香酚对真鲷(*Pagrosomus major*) (♀)×黑鲷(*Acanthopagrus schlegelii*) (♂)杂交子一代的麻醉效果, 作者研究了麻醉剂浓度、温度、鱼体规格对鱼体麻醉和复苏的影响, 不同麻醉浓度下鱼体呼吸频率的变化, 以及麻醉时间和空气中暴露时间对鱼体复苏的影响。结果表明, 丁香酚质量浓度为 30 mg/L 时, 对杂交鱼具最佳麻醉效果; 温度对丁香酚麻醉效力具有促进作用; 麻醉和复苏时间受鱼体规格的影响较小, 小规格杂交鱼对丁香酚耐受性稍强; 丁香酚质量浓度≤20 mg/L 对呼吸频率没有明显影响, 质量浓度≥30 mg/L, 呼吸频率迅速下降; 鱼体在 30 mg/L 的丁香酚溶液中麻醉时间不宜超过 14 min; 深度麻醉状态下, 空气中暴露 9 min 以内不会引起鱼死亡。研究将为杂交鱼活体操作和转移运输提供参考。

关键词: 丁香酚; 麻醉; 真鲷(*Pagrosomus major*)(♀)×黑鲷(*Acanthopagrus schlegelii*)(♂)杂交子一代; 呼吸频率

中图分类号: S965.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2016)12-0041-06

doi: 10.11759/hyxx20151212001

真鲷(*Pagrosomus major*)和黑鲷(*Acanthopagrus schlegelii*)为中国沿海常见的两种经济鱼类, 但由于真鲷抗逆性和肉质较差, 黑鲷生长速度缓慢, 均难以成为中国海水鱼类养殖主打品种。杂交育种是对遗传性状进行改良的主要方式之一, 1999 年单保党等^[1]以真鲷为母本, 黑鲷为父本进行属间杂交成功获得杂交子一代。杂交鱼兼具了父母本的优良性状, 具有肉质好、生长速度快、易起捕等诸多优点, 是一种优良的养殖和研究对象。随着苗种生产技术逐渐成熟, 杂交鱼养殖规模有逐年扩大的趋势, 市场需求也在不断增加。由于该鱼生性凶猛, 在人为操作或运输时剧烈挣扎, 极易对鱼体造成损伤, 其锋利的鳍棘也易对操作人员造成伤害。合理使用麻醉剂可以降低鱼的应激反应, 使操作得以顺利进行。

MS-222(3-氨基苯甲酸乙酯甲基磺酸盐)和丁香酚(eugenol)是两种最常用的鱼用麻醉剂。MS-222 见效快、复苏时间短、安全性高, 但使用成本较高, 且会在肌肉中存有少量残留。美国食品药品监督管理局要求用 MS-222 麻醉过的商品鱼出售前需在清水中饲养 21 d^[2]。丁香酚是一种纯天然的植物提取物, 能够被迅速吸收和代谢, 24 h 内可以从鱼体内几乎完全排出, 被日本、澳大利亚、韩国、新西兰等国认为

是合法的水产麻醉剂^[3]。联合国粮农组织及世界卫生组织联合食品添加剂专家委员会报告认为每天摄入不高于 150 mg 的丁香酚不会对人类健康造成危害^[4]。另外, 在兼具高效性和高安全性的同时, 丁香酚的使用成本仅为前者 1/100 左右, 优势明显, 已被广泛应用于活鱼运输和亲鱼采卵等方面^[5]。目前国内关于丁香酚在鱼类麻醉上的应用及对行为和生理影响的研究已有很多^[6-12], 本试验将研究丁香酚对真鲷(♀)×黑鲷(♂)杂交子一代麻醉效果的影响, 探索丁香酚最佳使用浓度, 为活鱼人工操作及转移运输提供参考。

收稿日期: 2015-12-12; 修回日期: 2016-01-28

基金项目: 江苏省水产三新工程项目(D2015-17, Y2016-23); 江苏省创新能力建设计划项目(BM2015017); 江苏省重点研发项目(BE2016326); 南通市应用基础研究计划项目(MS12015070, MS12015071)

[Foundation: Three Reforms in Aquaculture Engineering of Jiangsu Province, No. D2015-17 & Y2016-23; Jiangsu Innovation Ability Construction Program, No. BM2015017; Jiangsu Key Research Program, No. BE2016326; Applied Foundational Research Program of Nantong, No. MS12015070 & MS12015071]

作者简介: 贾超峰(1988-), 男, 河南商丘人, 硕士, 助理工程师, 主要从事海洋生物遗传育种与生理生态方面研究, 电话: 18851310306, E-mail: chaofeng.124@163.com; 张志勇, 通信作者, 研究员, E-mail: 13906292412@139.com; 刘海林, 通信作者, 工程师, E-mail: 1765016796@qq.com

1 材料与方法

1.1 试验材料

丁香酚购自国药集团化学试剂有限公司, 纯度 $\geq 98.5\%$ 。使用前按丁香酚与无水乙醇 1:10($V:V$)的比例配制成母液备用。试验于江苏省海水增养殖技术及种苗中心进行, 试验用鱼为该中心培育 1 龄真鲷(♀)×黑鲷(♂)杂交子一代, 体质量 $147.6 \text{ g} \pm 8.9 \text{ g}$, 体长 $18.1 \text{ cm} \pm 1.1 \text{ cm}$ (试验 1.2.4 除外), 大小均一, 活力良好, 无畸形, 实验前停食 24 h。试验用水为沉淀 72 h 以上自然海水, 盐度 20.4 ± 0.1 , pH 8.0 ± 0.1 , 温度 $17.5 \pm 0.3^\circ\text{C}$ 。试验于 120 L 的塑料箱中进行, 放入 50 L 水, 微充气, 保证溶解氧 $\geq 5.0 \text{ mg/L}$ 。

1.2 试验方法

1.2.1 麻醉及复苏阶段的划分

根据对杂交鱼的麻醉预试验观察将麻醉阶段划分为 A0~A4 5 个阶段, 复苏分为 R1~R4 4 个阶段(表 1)。当鱼停止游动, 完全失去反应能力, 仅鳃盖张合时(A3 阶段)判定为已经麻醉; 当鱼体平衡和对外界刺激的反应恢复时(R3 阶段)判定为已复苏。

表 1 麻醉及复苏阶段划分

Tab. 1 Inducing and recovering stages

麻醉阶段	行为特征
A0(正常期)	对外界刺激反应明显
A1(轻度镇静期)	对外界刺激反应降低, 身体能够保持平衡
A2(深度镇静期)	对外界刺激反应迟缓, 身体失去平衡, 游动缓慢
A3(麻醉期)	完全失去反应能力, 停止游动, 鳃盖张合正常
A4(深度麻醉期)	鳃盖停止张合
复苏阶段	行为特征
R1	鳃盖出现微弱张合
R2	开始游动, 身体尚未恢复平衡, 鳃盖张合正常
R3	身体平衡恢复, 恢复对外界刺激反应
R4	行为完全恢复正常

1.2.2 丁香酚浓度对杂交鱼麻醉效果的影响

试验设置 15、20、25、30、35、40、50、70、100 mg/L 9 个质量浓度的试验组, 每组两个平行, 每个平行 5 尾鱼。试验鱼麻醉后立即转入相同体积的清水中进行恢复, 观察试验鱼的行为特征, 记录每尾鱼麻醉和复苏时间。用 EXCEL 计算各组均值, 结

果以平均数 $\pm$ 标准差表示。按照 Marking^[13]规定的 3 min 内麻醉, 5 min 内复苏的标准确定最佳麻醉浓度。

1.2.3 温度对丁香酚麻醉效果的影响

由实验 1.2.2 确定在常温(17.5°C)下丁香酚对杂交鱼的最佳麻醉浓度。试验设置 10、15、20、25、30 $^\circ\text{C}$ 5 个温度的试验组, 各组设置同上。用水冷机和加热板调节水温, 温度控制精度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。杂交鱼在各温度组适应 24 h 后开始麻醉。调节各组丁香酚浓度至最佳麻醉浓度, 记录每组麻醉时间和复苏时间。

1.2.4 鱼体规格对丁香酚麻醉效果的影响

选取大小一致的 3 种规格杂交鱼各 10 尾, 体质量分别为 $86.9 \text{ g} \pm 6.3 \text{ g}$ (小型鱼)、 $185.4 \text{ g} \pm 14.7 \text{ g}$ (中型鱼)、 $475.9 \text{ g} \pm 28.8 \text{ g}$ (大型鱼)。常温下于最佳浓度下麻醉, 记录麻醉和复苏时间。

1.2.5 丁香酚浓度对杂交鱼呼吸频率的影响

试验设置 10、20、30、50、70、100 mg/L 6 个麻醉质量浓度和 1 个空白对照组。将试验鱼放入自然海水中稳定 30 min 后测定呼吸频率作为初始呼吸频率。快速调节各组至设定麻醉浓度并开始计时。每分钟测定 1 次呼吸频率, 持续 7 min。具体测定方法为: 计算每尾鱼测量时间点前后 5 s 的平均呼吸频率作为该时间点的呼吸频率。

1.2.6 不同麻醉时间对杂交鱼复苏的影响

将 30 尾试验鱼在最佳麻醉质量浓度下同时麻醉, 分别于第 5、7、10、14、20、30 分钟随机取出 5 尾鱼, 放入 50 L 清水中复苏 12 h, 记录各组复苏时间和复苏率。试验重复 1 次。

1.2.7 空气暴露对深度麻醉杂交鱼复苏的影响

在最佳浓度下深度麻醉(A4 阶段)的 25 尾试验鱼分别在空气中暴露 4、9、15、22、30 min, 每个时间点随机取 5 尾鱼放入清水中恢复, 记录复苏时间和复苏率。试验重复一次。

2 结果与分析

2.1 不同浓度丁香酚对杂交鱼的麻醉效果

丁香酚质量浓度越大, 真鲷(♀)×黑鲷(♂)杂交子一代的麻醉时间越短(图 1)。质量浓度为 15~30 mg/L 时, 麻醉时间随浓度升高迅速缩短, 丁香酚质量浓度继续升高, 麻醉时间仅呈现出微弱缩短。在试验浓度范围内, 复苏时间为 3.93~6.23 min, 变化幅度较小, 且呈现出升高—下降—再升高的特点; 麻醉质量浓度为 50 mg/L 时复苏时间最短。按照 3 min 内麻醉, 5 min 内复苏的标准, 30、50、70 和 100 mg/L 均

为最佳麻醉质量浓度。但是一般而言,麻醉剂质量浓度越高,从麻醉到鱼死亡间的窗口期越短^[11],同时也造成了药品的浪费,因此选择 30 mg/L 作为后续试验的最佳麻醉质量浓度。

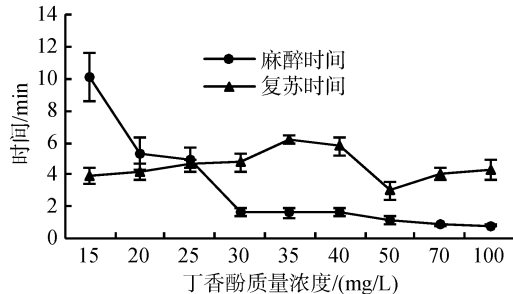


图 1 丁香酚质量浓度对杂交鱼麻醉和复苏时间的影响
Fig. 1 Effect of eugenol dosage on induction and recovery time of F1 hybrids

2.2 温度对丁香酚麻醉效果的影响

丁香酚为 30 mg/L 的最佳麻醉质量浓度时,麻醉时间和复苏时间随温度的升高而缩短(图 2)。30℃时麻醉和复苏所需时间最短,分别为 0.48 和 1.93 min。在温度为 15~25℃时,麻醉和复苏时间随温度变化最为明显。在整个温度范围内,鱼体均可以满足 3 min 内麻醉,5 min 内复苏的条件。

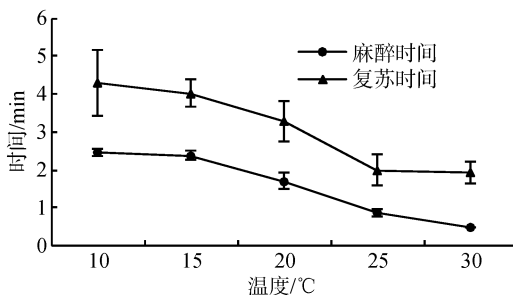


图 2 温度对麻醉和复苏时间的影响
Fig. 2 Effect of temperature on induction and recovery time

2.3 丁香酚对不同规格鱼体的麻醉效果

在最佳麻醉质量浓度下,鱼体质量分别为 86.9 g±6.3 g(小型鱼)、185.4 g±14.7 g(中型鱼)、475.9 g±28.8 g(大型鱼)时,相应的麻醉时间为 1.60~2.10 min,复苏时间为 3.32~3.72 min(图 3)。随着体质量的增加,所需的麻醉时间逐渐缩短,复苏时间逐渐延长,即规格较小的鱼表现出更不易被麻醉,而更易复苏的特点。但麻醉和复苏时间随鱼体规格变化都相对较小,均在 0.5 min 之内,且在 30 mg/L 质量浓度下,3 种规

格鱼的麻醉和复苏时间均符合 Marking^[13]的最佳麻醉质量浓度条件。

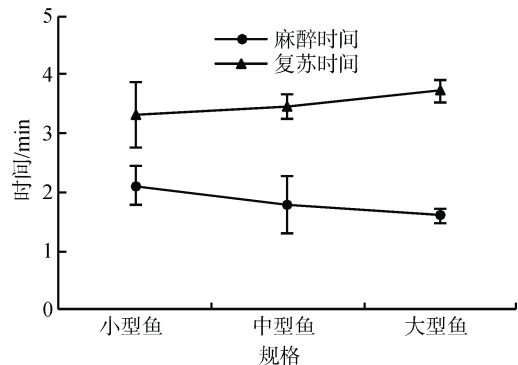


图 3 鱼体规格对麻醉和复苏时间的影响
Fig. 3 Effect of fish size on induction and recovery time

2.4 丁香酚浓度对鱼体呼吸频率的影响

在麻醉的初始阶段,试验鱼的呼吸频率出现了轻微的升高,随后逐渐下降(图 4)。在 7 min 内,10 mg/L 和 20 mg/L 两个麻醉组的呼吸频率与对照组(0 mg/L)具有相同趋势。且从试验观察发现,10 mg/L 的丁香酚仅能使试验鱼麻醉至深度镇静状态(A2 阶段),20 mg/L 丁香酚仅能使鱼麻醉至 A3 阶段。当丁香酚质量浓度为 30~100 mg/L 时,呼吸频率随时间变化有明显的降低趋势,质量浓度越高,呼吸频率降低越快。呼吸频率的降低整体呈现出:慢—快—慢的特点,结合 2.1 的结果可以看出,呼吸频率的快速下降是在进入麻醉(A3 阶段)之后,即在 A0~A3 阶段,呼吸频率降低并不明显,从 A3 阶段到深度麻醉的 A4 阶段呼吸频率迅速下降,至呼吸停止前吸频率下降再次放缓。

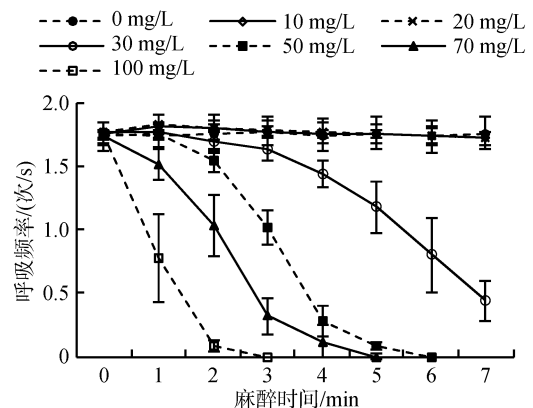


图 4 丁香酚浓度对杂交鱼呼吸频率的影响
Fig. 4 Effect of eugenol dosage on respiratory rate of F1 hybrids

2.5 不同麻醉时间对鱼体复苏的影响

最佳麻醉质量浓度下, 麻醉时间为 5~14 min 时, 复苏时间为 3.21~3.83 min, 仅表现出微弱的增加趋势(表 2)。随着麻醉时间的延长, 复苏时间增加明显,

且试验鱼开始出现死亡, 麻醉 20 和 30 min 死亡率分别为 20% 和 30%。因此, 真鲷(♀)×黑鲷(♂)杂交子一代在 30mg/L 的最佳麻醉浓度下的麻醉时间不宜超过 14 min。

表 2 麻醉时间对杂交鱼复苏的影响

Tab. 2 Effect of bath time on recovery of F1 hybrids

麻醉时间(min)	5	7	10	14	20	30
复苏时间(min)	3.29±1.34	3.21±0.92	3.64±1.04	3.83±1.06	4.88±1.40	9.77±4.43
复苏率(%)	100	100	100	100	80	70

2.6 空气暴露对鱼体复苏的影响

丁香酚质量浓度为 30 mg/L 时, 试验鱼在第 9.13 min 进入深度麻醉(A4 阶段), 直接放入清水中复苏所需时间为 4.75 min(表 3)。随暴露时间的延长, 复苏时

间呈现出先缩短后增加的趋势。暴露 4 min 时, 复苏所需时间最短; 暴露 9 min, 复苏时间升高至与直接复苏相当的水平; 暴露时间>9 min, 复苏时间迅速增加, 且试验鱼开始出现死亡; 空气暴露 30 min 后, 试验鱼全部死亡。

表 3 在空气中暴露时间对杂交鱼复苏的影响

Tab. 3 Effect of air exposure time on recovery of F1 hybrids

暴露时间(min)	0	4	9	15	22	30
复苏时间(min)	4.75±0.52	3.41±0.34	4.75±1.38	15.31±2.33	34.87±4.05	—
复苏率(%)	100	100	100	80	40	0

3 讨论

3.1 丁香酚对杂交鱼麻醉的最佳质量浓度

众多研究表明, 随着麻醉液质量浓度的增加, 麻醉所需时间也相应缩短, 复苏时间则逐渐增加^[10-11, 14], 适宜的麻醉质量浓度应在提高效率的同时可以及时判断鱼的麻醉状态, 减少麻醉事故。国内外学者^[8-10, 15]大都采用 Marking^[13]设定的 3 min 内麻醉, 5 min 内复苏的标准判定最佳麻醉质量浓度。丁香酚对硬骨鱼类的最佳麻醉质量浓度大都集中在 20~100 mg/L 范围内^[14]。本试验中, 丁香酚质量浓度为 30~100 mg/L 时, 对杂交鱼均有理想的麻醉和复苏效果, 且在质量浓度为 30、50、70 和 100 mg/L 时均能满足最佳麻醉质量浓度的要求。但是在较高的质量浓度下, 不仅造成药品的浪费, 而且更容易导致鱼体死亡^[11]。质量浓度为 30 mg/L 时, 在不同温度下或对不同规格的鱼进行麻醉, 麻醉和复苏时间均能满足最佳麻醉浓度标准, 因此, 可以把 30 mg/L 作为丁香酚对真鲷(♀)×黑鲷(♂)杂交子一代麻醉的最佳质量浓度。值得注意的是, 丁香酚质量浓度为 50 mg/L 时, 杂交鱼复苏时间最短, 可能是由于在此质量浓度下, 麻醉时间较短, 麻醉剂在鱼体内尚未扩散, 更容易被排出。

3.2 温度和鱼体规格对麻醉效果的影响

温度的升高可以提高麻醉剂的作用效力^[6]。鱼体放入麻醉液后, 主要通过腮丝吸收, 进入血液循环系统。随着温度的升高, 鱼体血液循环和呼吸频率均有所提高, 麻醉剂更容易通过腮进入和排出鱼体^[7], 麻醉和复苏时间均有较大程度缩短。在较低温度(10~15℃)和较高温度(25~30℃)下, 麻醉和复苏时间随温度的变化相对较小, 可能是由于该温度范围接近杂交鱼的耐受极限^[16], 其生理适应性调节的响应灵敏度下降, 呼吸频率随温度的变化减小。

鱼体规格对进入麻醉和复苏时间的影响并不明显^[17], 且无明确的单向性影响^[9], 这可能与药物性质和鱼的种类不同有关。丁香酚浓度为 30 mg/L 时, 不同规格杂交鱼麻醉和复苏时间的变化较小, 小规格鱼麻醉所需时间相对较长, 复苏时间则更短, 说明小规格杂交鱼对丁香酚耐受性更强, 这与李靖等^[9]在大西洋鲑上的研究结果类似。可能是因为大规格杂鱼体腮部绝对水交换速度较快, 且体质量脑指数(脑重/体质量)较小^[18], 麻醉剂更容易在神经系统中累积到麻醉所需浓度阈值, 复苏时由于麻醉剂已经在鱼体内二次分布, 大规格鱼体内麻醉剂分布更加分散, 更不易被排出。

3.3 丁香酚质量浓度对呼吸频率的影响

在鱼体麻醉过程中, 麻醉剂首先作用于脑皮质抑制鱼的感觉中枢, 再作用于基底神经节和小脑麻痹运动中枢, 最后作用于延脑和脊髓使鱼的呼吸受到抑制^[19]。低浓度的丁香酚溶液可以使杂交鱼的感觉和运动受到抑制, 但其呼吸频率并未发生变化, 可能是因为呼吸中枢的麻痹需要更高的浓度阈值。杂交鱼的麻醉过程随麻醉剂作用部位的不同呈现出明显的时序性, 在麻醉的初始阶段, 鱼的呼吸频率变化较为平稳, 并有一个轻微升高随后下降的现象, 这与管曙光等^[15]在许氏平鲉(*Sebastes schlegelii*)上观察到的结果相一致, 可能是由于丁香酚具有一定的刺激性^[8], 使鱼在麻醉初始阶段产生轻度的应激反应。呼吸频率的降低基本处于进入深度麻醉的过程中(A3~A4), 说明在这一阶段鱼的呼吸中枢受到抑制。有研究发现, 一定质量浓度的麻醉剂可以使鱼保持较低的呼吸频率^[15], 本试验并未发现类似的质量浓度, 可能是因为能够使杂交鱼保持较低呼吸频率的丁香酚溶液质量浓度范围过于狭窄(20~30 mg/L)。

3.4 丁香酚在活体操作和活鱼运输上的应用

较高质量浓度下的长时间麻醉会造成呼吸频率的过度下降或停止, 并可能引发心脏骤停, 血液中含氧量的下降和 CO₂ 的累积还会引起呼吸性酸中毒, 若不能及时复苏将会导致鱼死亡^[14]。在丁香酚质量浓度为 30 mg/L 时, 麻醉时间超过 14 min 将可能造成杂交鱼死亡。鱼体在深度麻醉状态下于空气中暴露, 一段时间内不会造成死亡^[11], 适合对鱼进行测量、标记、采血等操作。30 mg/L 的丁香酚溶液可以使鱼体进入深度麻醉状态, 空气暴露 4 min 时, 鱼体复苏时间出现一定下降, 可能是丁香酚的挥发以及在鱼体内的代谢和二次分布所致。空气中暴露 9 min 以内不会对鱼的复苏造成影响, 可以满足离水操作的要求。

低质量浓度的麻醉剂不仅可以起到镇静作用, 还可以显著降低鱼体耗氧量和氨氮排放, 使鱼体长时间保持较低的代谢水平^[12], 在活鱼运输中可以显著减轻应激和鱼体损伤, 增加运输距离和运输量, 提高运输成活率。Cooke^[20]认为深度镇静期(A2 阶段)是活鱼运输的适宜状态。10 mg/L 的丁香酚溶液能够使真鲷(♀)×黑鲷(♂)杂交鱼长时间保持在这一阶段, 是活鱼运输的适宜浓度。但由于丁香酚在鱼体内的代谢速度较快, 且在水中充气状态下更易挥发, 鱼体可能在数小时后恢复正常状态^[10], 因此, 不同运输时间和运输条件下丁

香酚的适用质量浓度和应用方式还需进一步探索。20 mg/L 的丁香酚溶液可以使鱼保持正常的呼吸, 但是由于鱼体进入麻醉状态(A3 阶段)后, 失去自主游泳能力, 增加运输中与容器壁的碰撞机会, 并可能沉入水底, 堆积挤压造成窒息, 不宜用于活鱼运输。

参考文献:

- [1] 单保党, 洪万树, 何大仁. 真鲷与黑鲷杂交与多倍体育种系列研究- I [J]. 海洋渔业, 1999, 21(1): 14-15.
Shan Baodang, Hong Wanshu, He Daren. A series studies on hybridization and polyploid breeding between red sea bream and black porgy (I) [J]. Marine Fisheries, 1999, 21(1): 14-15.
- [2] Coyle S D, Durborow R M, Tidwell J H. Anesthetics in aquaculture[R]. Stoneville, USA: SRAC Publication, 2004.
- [3] 李晋成, 刘欢, 吴立冬, 等. 动物体内麻醉剂残留检测技术研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(5): 251-256.
Li Jincheng, Liu Huan, Wu Lidong, et al. Progress in detection of anesthetic residues in food-producing animals[J]. Food Science, 2014, 35(5): 251-256.
- [4] JECFA. Evaluation of certain food additives and contaminants: Sixty-fifth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives[R]. Geneva, SUI: WHO Technical Report Series, 2006.
- [5] 聂小宝, 张玉晗, 孙小迪, 等. 活鱼运输的关键技术及其工艺方法[J]. 渔业现代化, 2014, 41(4): 34-39.
Nie Xiaobao, Zhang Yuhan, Sun Xiaodi, et al. Process and key technologies of transportation of live fish[J]. Fishery Modernization, 2014, 41(4): 34-39.
- [6] Akbulut B, Aydın İ, Çavdar Y. Influence of temperature on clove oil anesthesia in flounder (*Platichthys flesus* Linnaeus, 1758)[J]. Journal of Applied Ichthyology, 2012, 28(2): 254-257.
- [7] Mylonas C C, Cardinaletti G, Sigelaki I, et al. Comparative efficacy of clove oil and 2-phenoxyethanol as anesthetics in the aquaculture of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and gilthead sea bream (*Sparus aurata*) at different temperatures[J]. Aquaculture, 2005, 246(1): 467-481.
- [8] Sladky K K, Swanson C R, Stoskopf M K, et al. Comparative efficacy of tricaine methanesulfonate and clove oil for use as anesthetics in red pacu (*Piaractus brachipomus*)[J]. American Journal of Veterinary Research, 2001, 62(3): 337-342.
- [9] 李靖, 刘宝良, 王顺奎, 等. 丁香酚对大西洋鲑麻醉效果的实验研究[J]. 海洋科学进展, 2015, 33(1): 92-99.
Li Jing, Liu Baoliang, Wang Shunkui, et al. The anesthesia effect of eugenol on *Salmon salar* [J]. Advances in Marine Science, 2015, 33(1): 92-99.
- [10] 孟庆磊, 董学飒, 朱永安, 等. 丁香酚对澳洲长鳍鳗麻醉效果的研究[J]. 农学学报, 2012, 1(7): 46-50.
Meng Qinglei, Dong Xuesha, Zhu Yongan, et al. Use of eugenol as an anesthetic for Australian longfinned eel, *Anguilla reinhardtii* (Steindachner)[J]. Journal of Ag-

- riculture, 2012, 1(7): 46-50.
- [11] 赵艳丽, 杨先乐, 黄艳平, 等. 丁香酚对大黄鱼麻醉效果的研究[J]. 水产科技情报, 2002, 29(4): 163-165.
Zhao Yanli, Yang Xianle, Huang Yanping, et al. The anesthesia effect of eugenol on large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*)[J]. Fisheries Science & Technology Information, 2002, 29(4): 163-165.
- [12] 庄平, 徐滨, 章龙珍, 等. MS-222 和丁香酚对中华鲟幼鱼耗氧率与排氨率的影响[J]. 中国水产科学, 2009, 16(4): 612-618.
Zhuang Ping, Xu Bin, Zhang Longzhen, et al. Effects of MS-222 and clove oil on oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of juvenile Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2009, 16(4): 612-618.
- [13] Marking L L, Meyer F P. Are better anesthetics needed in fisheries?[J]. Fisheries, 1985, 10(6): 2-5.
- [14] Javahery S, Nekoubin H, Moradlu A H. Effect of anesthesia with clove oil in fish (review)[J]. Fish Physiology and Biochemistry, 2012, 38(6): 1545-1552.
- [15] 官曙光, 关键, 刘洪军, 等. MS-222 麻醉许氏平鲷幼鱼的初步研究[J]. 海洋科学, 2011, 35(5): 100-105.
Guan Shuguang, Guan Jian, Liu Hongjun, et al. Anesthetic effect of MS-222 on juveniles of *Sebastes schlegelii*[J]. Marine Sciences, 2011, 35(5): 100-105.
- [16] 蒋宏雷, 吴雄飞. 真鲷与黑鲷及杂交 F1 耐受温度、生长比较[J]. 现代渔业信息, 2009, 24(2): 26-28.
Jiang Honglei, Wu Xiongfei. Comparative study on temperature tolerance and growth between *Pagrus major* (Temminck et Schlegel) and *Spraus macrocephalus* and F1 hybrid[J]. Modern Fisheries Information, 2009, 24(2): 26-28.
- [17] Hoskonen P, Pirhonen J. The effect of clove oil sedation on oxygen consumption of six temperate-zone fish species[J]. Aquaculture Research, 2004, 35(10): 1002-1005.
- [18] 金刚, 丁莉, 李钟杰. 保安湖四种小型鱼类脑指数初步研究[J]. 水生生物学报, 2008, 32(1): 109-111.
Jin Gang, Ding Li, Li Zhongjie. Primary study on the brain index of four small fishes in lake of Bao'an[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2008, 32(1): 109-111.
- [19] 李思发. 鱼类麻醉剂[J]. 淡水渔业, 1988, 1: 22-23.
Li Sifa. Fish anesthetics[J]. Freshwater Fisheries, 1988, 1: 22-23.
- [20] Cooke S J, Suski C D, Ostrand K G, et al. Behavioral and physiological assessment of low concentrations of clove oil anesthetic for handling and transporting largemouth bass (*Micropterus salmoides*)[J]. Aquaculture, 2004, 239(1): 509-529.

Efficacy of eugenol as an anesthetic for F1 hybrids between *Pagrosomus major* (♀) and *Acanthopagrus schlegelii* (♂)

JIA Chao-feng¹, XU Jin¹, ZHANG Zhi-yong¹, ZHANG Zhi-wei¹, LIU Hai-lin¹, CHEN Shu-yin¹, ZHU Fei¹, LI Peng²

(1. Jiangsu Key Laboratory of Genetics and Breeding of Marine Fish, Jiangsu Institute of Oceanology and Marine Fisheries, Nantong 226007, China; 2. College of Life Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

Received: Dec. 12, 2015

Key words: Eugenol; anesthesia; *Pagrosomus major* (♀) and *Acanthopagrus schlegelii* (♂) F1; respiratory rate

Abstract: This study investigated the efficacy of eugenol as an anesthetic for F1 hybrids between *Pagrosomus major* (♀) and *Acanthopagrus schlegelii* (♂). We observed the performance of F1 hybrids exposed to different eugenol dosages and temperature and explored the impact of anesthesia time, body weight, and air exposure duration on anesthesia. Results showed that induction period was shorter at higher dosages. Inducing and recovering F1 hybrids took a short time at 30 mg/L of eugenol, which was supposed to be the optimal dosage for the anesthetic bath. Higher temperatures appear to augment the anesthetic effect; there was a large degree of reduction of induction and recovery time with increasing temperature. Body weight had no significant effects on induction and recovery, but small body sizes appeared more resistant to eugenol. Respiratory rates of F1 hybrids decreased at a faster rate in higher concentration baths. No significant effects on respiratory rates were observed at dosages ≤ 20 mg/L. After inducing stage A3 at higher doses, there was an inhibition of the respiratory center in the medulla oblongata that led to a rapid decline of respiratory rates. Anesthetic bath held for more than 14 min may lead to mortality. Exposure of deeply anesthetized F1 hybrids to air for less than 9 min did not cause death, and the shortest possible time needed for recovery when exposed was 4 min. These results can provide information for vivisection and transportation of F1 hybrids.

(本文编辑: 谭雪静)