

MS-222 对半滑舌鲷成鱼的麻醉效果研究

刘长琳¹, 陈四清¹, 何力², 庄志猛¹, 宋宗诚³

(1. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国水产科学研究院 长江水产研究所, 湖北 荆州 434000; 3. 威海市环翠区水产研究所, 山东 威海 264200)

摘要: 在 $(23 \pm 0.2)^\circ\text{C}$ 海水温度下, 测定了 MS-222 对半滑舌鲷 (*Cynoglossus semilaevis* Günther) 成鱼的麻醉效果。实验用半滑舌鲷成鱼体长 25~40 cm, 体质量 300~1500 g。实验设计的 MS-222 质量浓度范围分别为 10~120 mg/L 和 90~240 mg/L。结果显示, 鱼体在最终麻醉程度不超过 3 期时呼吸频率增加, 最终麻醉程度达到 4 期以上呼吸频率开始下降。MS-222 麻醉半滑舌鲷的有效质量浓度为 120~210 mg/L。在此浓度范围内, 鱼体能够在 3 min 之内达到 4 期麻醉状态, 5 min 之内苏醒恢复, 且在 MS-222 溶液中浸浴 15 min 后成活率为 100%。鱼体在 180 mg/L 的 MS-222 溶液中麻醉 5 min, 在空气中进行暴露 0~21 min 内, 复苏时间相差不大, 为 100 s 左右。5 尾半滑舌鲷在 180 mg/L 的 MS-222 溶液中麻醉 5 min, 然后在空气中暴露 3 min, 连续麻醉 6 次, 每次间隔 24 h, 复苏时间差异不显著。实验证明, MS-222 麻醉半滑舌鲷效果好, 鱼体入麻时间短、复苏快, 安全边界宽, 反复麻醉没有明显的耐受性, 是一种理想的水产用麻醉剂。文中还对 MS-222 用于半滑舌鲷麻醉运输及人工授精等进行了探讨。[中国水产科学, 2008, 15(1): 92~99]

关键词: MS-222; 麻醉; 有效质量浓度; 半滑舌鲷

中图分类号: Q959 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8737-(2008)01-0092-08

半滑舌鲷 (*Cynoglossus semilaevis* Günther) 属鲽形目 (Pleuronectiformes), 舌鲷科 (Cynoglossidae), 舌鲷属 (*Cynoglossus* Buchanan Hamilton), 是中国近海底层的大型名贵经济鱼类。半滑舌鲷抗逆性强, 适温范围广, 适于池塘和工厂化养殖。

半滑舌鲷平时多静卧水底, 但是活动敏捷、迅速, 在人工授精、采血等人为操作过程中反应强烈, 使操作很难顺利进行; 另外在运输过程中, 由于其挣扎剧烈, 极易导致充血、掉鳞、受伤, 因而运输死亡率很高。合理使用麻醉剂能够使鱼体安静, 降低应激反应, 减少人为操作和运输过程中对鱼体的伤害, 从而提高成活率^[1-2], 是解决半滑舌鲷人工授精及运输难题的较好方法之一。现在鱼用麻醉剂很多, 包括 MS-222、丁香酚、CO₂、喹哪啶、美托咪酯等近 30 种。其中, CO₂ 没有药物消退期, 经 CO₂ 麻醉运输的食用鱼可直接在市场销售^[1], 但 CO₂ 存在麻醉和复苏时间相对较长、麻醉水溶液使用浓度范围窄^[3]、最终的麻醉浓度很难控制, 甚至只对部分鱼有麻醉作用^[4]等缺点, 使用范围受到限制, 目前 CO₂ 还

未经过美国食品和药物管理局 (FDA) 认可^[1]。

MS-222 国际商品名称为 Fingudi、Matacaine、Tricaine, 化学名为烷基磺酸盐同位氨基苯甲酸乙酯, 使用时鱼体入麻时间快且复苏时间短^[5], 是当前世界各国广泛应用在水产动物中最安全、最可靠、最有效的麻醉药物, 并且经过 FDA 认可, 用于鱼虾类麻醉运输。中国水产界自 20 世纪 70 年代末及 80 年代初开始使用 MS-222, 主要用于一些经济鱼类苗种的运输^[6]。目前, 国内学者对 MS-222 麻醉金鱼 (*Carassius auratus*)^[7]、中华鲟 (*Acipenser sinensis*) 和施氏鲟 (*Acipenser schrenckii*)^[6]、斑马鱼 (*Danio rerio*)^[8]、美洲鲟 (*Alosa sapidissima*)^[9] 等, 国外学者对真鲷 (*Pagrus major*)^[10]、庸鲽 (*Hippoglossus hippoglossus* L.)^[11] 等鱼种进行了研究。

本实验采用 MS-222 对半滑舌鲷成鱼的麻醉效果进行研究, 测定了半滑舌鲷在不同麻醉程度下的呼吸频率, 测得了麻醉的有效浓度, 以及离水时间长短、反复麻醉等对鱼体复苏时间的影响, 以期 MS-222 应用于半滑舌鲷提供参考资料。

收稿日期: 2007-04-28; 修订日期: 2007-08-23.

基金项目: 国家 863 计划项目 (2005AA603110).

作者简介: 刘长琳 (1978-), 男, 研究实习员; 主要从事海水鱼类繁育及增养殖技术研究. Tel: 0532-85830494; E-mail: liuchanglin69@sohu.com

通讯作者: 陈四清. Tel: 0532-85830494; E-mail: chensq@ysfri.ac.cn

1 材料与方法

1.1 实验用水

二级砂滤海水,水温 (23±0.2) °C,盐度 29~30, pH 8.0~8.2, DO>6 mg/L。

1.2 实验用鱼

半滑舌鲷成鱼 (体长 25~40 cm, 体质量 300~1 500 g), 购于莱州市大菱鲆养殖技术研究中心, 饲养于胶南实验场。实验前停食 1 d。

1.3 实验药品配制

MS-222, 杭州动物药品厂生产 (纯度≥98%)。实验前用分析天平按所需质量准确称取, 再称取等

质量的 NaHCO₃, 两者分别用少许蒸馏水溶解, 然后稀释于内盛 20 L 清洁海水的塑料箱内, 药液搅拌均匀 2 min 后即开始实验。

1.4 鱼体最终麻醉程度实验

由于鱼体在高浓度麻醉溶液中的入麻时间较短, 不同麻醉程度的行为特征很难区分; 而在低浓度溶液中鱼体能够达到一个稳定的、行为特征明显的最终麻醉状态。实验设计 7 个 MS-222 质量浓度梯度, 分别为 10 mg/L、20 mg/L、40 mg/L、60 mg/L、80 mg/L、100 mg/L、120 mg/L, 每个梯度设计 5 尾实验鱼, 测定 24 h 内鱼体达到的最终麻醉程度。麻醉程度分期及其行为特征见表 1。

表 1 鱼体麻醉程度分期和行为特征
Tab.1 Stages and characteristic behaviour of fish anaesthesia

麻醉程度分期 Stages of anaesthesia	行为特征 Characteristic behavior
0 期 Stage 0	呼吸频率正常 (鳃盖振动次数和振幅恒定), 将鱼体无眼侧置上时, 能够迅速翻身恢复到正常姿态 Opercular rate normal (opercular rate and swing invariable), when no-eye-side up, turn over into normal quickly
1 期 Stage 1	触觉略失, 将鱼体无眼侧置上时, 能够迅速翻身恢复到正常姿态 Slight loss of reactivity to external stimuli, when no-eye-side up, turn over into normal quickly
2 期 Stage 2	触觉丧失, 将鱼体无眼侧置上时, 挣扎后能够翻身恢复到正常姿态 Loss of reactivity to external stimuli, when no-eye-side up, turn over into normal after struggle
3 期 Stage 3	肌肉张力略失, 将鱼体无眼侧置上时, 头部和尾部上翘身体呈弓形来回荡动, 但不能翻身 Partial loss of muscle strain, when no-eye-side up, head and tail hold up, body like a arch come-and-go move, but could not turn over
4 期 Stage 4	肌肉张力丧失, 将鱼体无眼侧置上时, 鱼体静止, 鳃盖振动变慢但规律 Loss of muscle strain, when no-eye-side up, fish keep still, opercular movements get slow but regular
5 期 Stage 5	鱼体静止, 鳃盖振动不连续, 应立即移入清洁海水中复苏 Fish stillness, opercular movements incontinuity, transferred to fresh seawater and recovery quickly
6 期 Stage 6	呼吸停止, 浸浴时间过长鱼体将死亡 Complete cessation of opercular movements, fish die if left in the bath for too long

注: 0 期—正常期; 1 期—轻度镇静期; 2 期—深度镇静期; 3 期—轻度麻醉期; 4 期—麻醉期; 5 期—深度麻醉期; 6 期—延髓麻醉期。

Note: Stage 0—Normal; Stage 1—Light sedation; Stage 2—Deep sedation; Stage 3—Light anaesthesia; Stage 4—Anaesthesia; Stage 5—Deep anaesthesia; Stage 6—Medullary anaesthesia.

1.5 MS-222对鱼体呼吸频率影响的测定

鱼体达到最终麻醉状态时, 呼吸频率波动幅度小且麻醉状态持续时间长, 能稳定测定。故实验测定的是在低浓度下鱼体达到最终麻醉状态下的呼吸频率。呼吸频率的测定方法参照陈叙龙等^[13]。将

半滑舌鲷从鱼池中捞出, 轻度麻醉后, 放到湿毛巾上, 将其裹好, 露出鱼体有眼侧前部, 用手术刀将内脏团部位 3~4 mm 的表皮刮除, 用脱脂棉擦干净, 涂上一薄层快干胶, 贴上直径为 3 mm 的锡箔, 然后根据传感器的大小在鳃盖骨上适当的部位刮掉表皮,

用脱脂棉擦干净,涂上一薄层快干胶,将灵敏传感器贴在鳃盖骨上,其探针与锡箔对准。待 2~4 min 贴牢后,将鱼放入清洁海水中,待鱼适应 30 min 后,加入麻醉剂,待鱼体达到最终麻醉状态时,调整呼吸仪的电流、电压,使呼吸频率指示灯亮、灭与计数器显示数同步时即可开始测试。每条鱼先测空白对照,然后进行不同浓度麻醉浓度的测试。实验设计了 10 mg/L、20 mg/L、40 mg/L、60 mg/L、80 mg/L、100 mg/L 6 个浓度梯度,每个浓度实验用鱼 5 尾,每尾重复测定 5 次,每次测 5 min,计算平均值作为该鱼在该麻醉状态下的呼吸频率。

1.6 MS-222麻醉有效浓度的测定

Marking 等^[4]认为,理想的麻醉浓度的标准为:3 min 之内麻醉并在 5 min 之内苏醒。本实验有效浓度定义为:鱼体在 MS-222 麻醉液中,3 min 之内达到 4 级麻醉状态,5 min 之内苏醒恢复,且浸浴 15 min 后成活率为 100% 时的浓度。

实验设计了 90 mg/L、120 mg/L、150 mg/L、180 mg/L、210 mg/L 和 240 mg/L 6 个 MS-222 浓度梯度:①每个浓度用鱼 8 尾,当鱼体麻醉程度达到 4 期时,记录入麻时间,然后立即从麻醉液中移出,测量体长、体质量后放入清洁海水中复苏,记录复苏时间;②每个浓度实验用鱼 5 尾,将鱼体放入麻醉液中,记录鱼体达到麻醉各期的时间,浸浴 15 min 后将鱼体移出,放入清洁海水中复苏,记录复苏时间和成活率。复苏时间指将鱼体无眼侧置上时,迅速翻身恢复到正常姿态时的时间。

1.7 空气中暴露时间对深度麻醉鱼体复苏的影响

将半滑舌鲷放入 180 mg/L 的 MS-222 溶液中麻醉 5 min,然后从麻醉液中移出,用湿毛巾包裹鱼体中后部,分别在空气中暴露 0 min、3 min、6 min、9 min、12 min、15 min、18 min、21 min 后进行复苏,测定复苏时间,每个暴露实验组用鱼 5 尾。

1.8 反复麻醉对鱼体复苏时间的影响

将 5 尾半滑舌鲷放入 180 mg/L 的 MS-222 溶液中麻醉 5 min,然后从麻醉剂中移出,在空气中暴露 3 min 后放入清洁海水中复苏,测定复苏时间。间隔 24 h 重复麻醉 1 次,连续麻醉 6 次。

1.9 数据处理

所得数据用 SPSS 13.0 软件进行单因素方差分析 (One-way ANOVA), $P < 0.05$ 为显著水平, $P < 0.01$ 为极显著水平。

2 结果与分析

2.1 鱼体在MS-222溶液中24 h内达到的最终麻醉程度

随着 MS-222 浓度的增加,鱼体达到的最终麻醉程度增大 (图 1, $R^2 = 0.9759$)。MS-222 质量浓度在 10 mg/L 时最终麻醉程度为 1 期;在 20 mg/L 时为 2 期;在 40 mg/L 时为 3 期;在 60 mg/L 时为 4 期;在 80 mg/L 时部分鱼停留在 4 期,而另一部分鱼能够达到 5 期,其原因可能是由于体质量差异所致;当 MS-222 质量浓度 ≥ 100 mg/L 时,鱼体最终麻醉程度都能达到 6 期,即鱼体死亡。

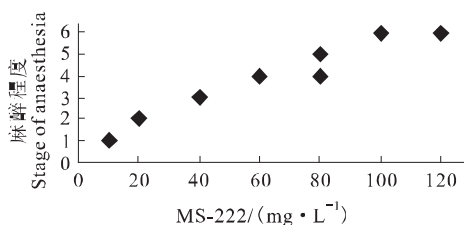


图1 鱼体在 7 种 MS-222 浓度中达到的最终麻醉程度

Fig.1 Final stage of fish anaesthesia under seven different MS-222 concentration

2.2 MS-222对半滑舌鲷呼吸频率的影响

半滑舌鲷放入麻醉液以后,开始有短暂的不适应,随后呼吸趋于稳定。从图 2 结果看,鱼体在最终麻醉程度为 1~3 期时,呼吸频率加快,在 4 期略微下降,到 5 期和 6 期呼吸频率才迅速下降,麻醉各期的呼吸频率差异极显著 ($F = 66.515$, $P < 0.01$; 图 2)。

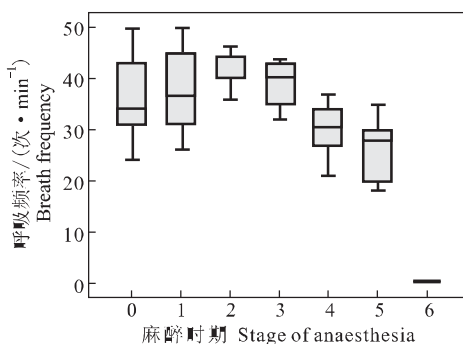


图2 半滑舌鲷在不同麻醉程度的呼吸频率

Fig.2 Breath frequency of *Cynoglossus semilaevis* at different stage of anaesthesia

2.3 MS-222 麻醉半滑舌鲷有效浓度

2.3.1 半滑舌鲷在 MS-222 中达到麻醉 4 期的时间及复苏时间 图 3A 表明,随着 MS-222 浓度的增加,半滑舌鲷达到麻醉 4 期的时间逐渐缩短 ($F=94.901, P<0.01$)。MS-222 质量浓度为 90 mg/L 时,大部分鱼体达到麻醉 4 期超过 180 s。当 MS-222 质量浓度 ≥ 120 mg/L 时,鱼体都能够

在 180 s 之内达到 4 期麻醉状态。图 3B 表明,鱼体在 MS-222 质量浓度为 90~240 mg/L 的溶液中麻醉到 4 期后立即进行复苏,鱼体在 180 s 内均能够恢复到正常状态,复苏时间差异极显著 ($F=25.811, P<0.01$)。在 210 mg/L 和 240 mg/L 时复苏时间缩短,其原因是由于入麻时间短所致。

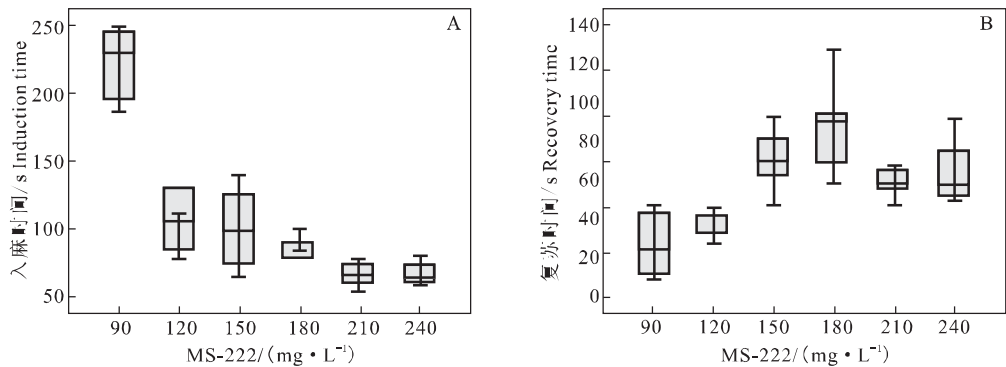


图 3 MS-222 有效浓度测定
(A) 半滑舌鲷在 6 种浓度下的入麻时间; (B) 半滑舌鲷在 6 种浓度下的复苏时间 (n=8).

Fig.3 Effective concentrations of MS-222

(A) induction time for *Cynoglossus semilaevis* Günther under 6 concentrations; (B) recovery time for *Cynoglossus semilaevis* Günther under 6 concentrations (n=8).

2.3.2 半滑舌鲷在 MS-222 中浸泡 15 min 后的复苏时间和成活率 表 2 显示,随着 MS-222 质量浓度的增加,半滑舌鲷达到麻醉各期的时间逐渐缩短,在麻醉液中浸泡 15 min 后移入清洁海水中的复苏时间逐渐增加 ($F=23.538; P<0.01$)。其中在

MS-222 质量浓度为 240 mg/L 时,死亡 1 尾,成活率为 80%,在其他浓度中鱼体复苏率均为 100%。分析认为,MS-222 麻醉半滑舌鲷的有效质量浓度为 120~210 mg/L。

表 2 半滑舌鲷达到麻醉各期的时间、复苏时间及成活率
Tab.2 Time to each stage of anaesthesia, recovery time and survival rate of *Cynoglossus semilaevis*
n=5; $\bar{X} \pm SD$

MS-222 质量 浓度 / (mg · L ⁻¹) MS-222 concentration	2 期 /s Stage 2	3 期 /s Stage 3	4 期 /s Stage 4	5 期 /s Stage 5	6 期 /s Stage 6	复苏时间 /s Recovery time	体长 /mm Body length	成活率 /% Survival rate
90	61±12	112±19	213±29	—	—	133±52	394±50	100
120	33±4	46±10	104±22	445±164	—	166±44	363±26	100
150	30±4	41±8	98±28	321±126	—	182±37	386±34	100
180	28±3	38±7	79±16	240±24	—	202±57	387±49	100
210	26±7	35±9	63±10	195±32	—	474±205	395±58	100
240	19±3	29±3	59±16	191±34	492	517±115	355±31	80

注: 1 期特征不明显,表中未注出;“—”指时间超过 15 min.
Note: The characteristics of stage1 are not obvious, so the data were not in the table. “—” represents longer than 15 min.

2.4 空气中暴露时间对深度麻醉半滑舌鲷的影响

将半滑舌鲷放入 180 mg/L 的 MS-222 溶液中麻醉 5 min 后,鱼体均处于 5 期麻醉状态,呼吸很微弱,这时将鱼从水中捞出进行空气暴露实验,离水早期鱼体呼吸停止。离水约 6 min 以后,鱼体开始呼吸,后鳃盖振幅越来越大;至约 9 min,鱼体头部开始翘动,随着离水时间的延长,鱼体挣扎强烈,并分泌大量的黏液。空气暴露结束后进行复苏的结果显示,鱼体麻醉后立即复苏的复苏时间最长,为 170 s 左右。但不同空气暴露时间后的复苏时间却相差不多,均值为 100 s 左右(图 4)。可见暴露时间长短对鱼体复苏时间的影响差异不显著($P>0.05$)。

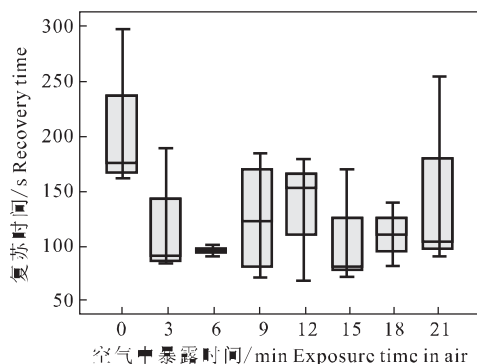


图 4 空气中暴露时间对鱼体复苏时间的影响 ($n=5$)

Fig.4 Effect of exposure time to air on fish recovery time ($n=5$)

2.5 反复麻醉对鱼体复苏时间的影响

将 5 尾半滑舌鲷放入 180 mg/L 的 MS-222 溶液中麻醉 5 min,离水 3 min 后进行复苏,鱼体的复苏时间均值为 100 s 左右,反复麻醉后鱼体复苏时间差异不显著(图 5, $P>0.05$)。

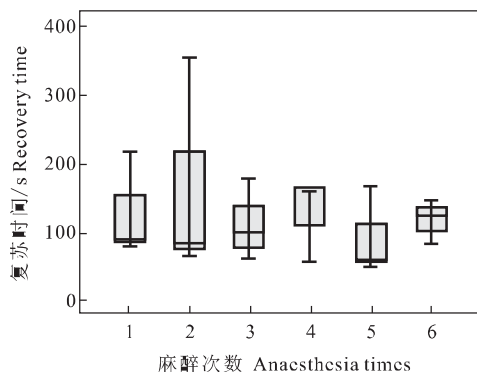


图 5 反复麻醉对鱼体复苏时间的影响 ($n=5$)

Fig.5 Effect of repeated anaesthesia on fish recovery time ($n=5$)

3 讨论

3.1 关于MS-222溶液的配制

MS-222 是一种酸性物质,在淡水中质量浓度为 50~100 mg/L 时; pH 值在 3.9~3.7 之间,因而在麻醉淡水鱼时,必须用 NaHCO_3 或 NaOH 等碱性物质进行中和^[1,14]。海水具有较强的缓冲能力,当海水中 MS-222 质量浓度为 30~200 mg/L 时,海水的 pH 值在 7.94~6.52 之间。一般情况下,海水鱼对 pH 的忍受范围在 5~9 之间,且 pH 值为 6.5~8.5 时不会对繁殖力产生不利的影响^[10]。本实验中实验设计的最高质量浓度为 240 mg/L 时, pH 值低于 6.5,能够对亲鱼繁殖力产生不利的影响,且在酸性环境中对鱼体有较强的刺激作用,故实验中加入 NaHCO_3 进行中和,调节 pH 值到 7,以消除这些不利影响。

3.2 关于最终麻醉状态

鱼体放入麻醉液以后,麻醉液经鳃丝吸收,迅速进入血液循环系统,然后在大脑中积聚^[1],随着时间的延长,麻醉剂最终在血液达到平衡,鱼体能够达到一个稳定的、行为特征明显的最终麻醉状态。鱼体在适宜的麻醉状态下运输是提高成活率的关键。对非比目鱼类而言,大量的资料表明,第 2 期深度镇静期(视觉、触觉丧失,呼吸频率略减,平衡感正常)是运输的适宜时期^[2]。若是深度麻醉,鱼体将失去平衡,沉到容器底部,增加与容器壁的冲撞机会,使水质迅速恶化,或相互挤压造成鱼体窒息死亡^[1,15]。但半滑舌鲷本身就是营底栖生活,在运输过程中聚集在容器底部,很容易造成摩擦和冲撞。实验初步测得 24 h 内鱼体达到的最终麻醉时期:在 MS-222 质量浓度为 20 mg/L 时为 2 期,40 mg/L 时为 3 期,其适宜运输的最适条件有待进行专门的研究。

3.3 关于MS-222对半滑舌鲷呼吸频率的影响

鱼体麻醉后的呼吸频率是反映麻醉深度的重要指标。一般情况下,呼吸频率慢则麻醉程度深,反之则麻醉程度浅。关于麻醉对鱼体呼吸频率的影响,大多数报道显示,鱼体呼吸频率在整个麻醉期间都是下降的,例如 MS-222 麻醉金鱼^[7]、美洲鲈^[9];丁香酚麻醉黄腊鲈(*Trachinotus blochii*)^[16]、黑鲈(*Micropterus salmoides*)^[2]等。然而 MS-222 麻醉半滑舌鲷时,在麻醉程度不超过 3 期时,呼吸频率略微加快,到 4 期时才开始下降,这与喹哪啶麻醉狼鲈(*Dicentrarchus labrax*)时,鱼体只有在深

度麻醉时呼吸频率才急剧下降,而在其他浅度麻醉阶段呼吸频率均显著上升的结果相似^[15]。另外本实验还发现,半滑舌鲷在高浓度 MS-222 下,最终麻醉状态深度高于 4 期时,麻醉各期呼吸频率都是下降的。因而麻醉对呼吸频率的影响,不仅具有物种差异性,还与麻醉剂种类和浓度高低有关。

3.3 关于麻醉有效浓度

麻醉剂的麻醉效果不仅与麻醉剂种类有关,还受鱼种、规格、成熟度等鱼体自身因素以及水温、水质、溶氧等环境因素的影响^[1],因而对于麻醉功效的定义,学者们带有很大的主观性^[3]。通常,理想的麻醉剂需要同时满足入麻快、复苏快、安全边界

宽、对人和鱼体无害、低残留^[3-4]等要求。实验测得 MS-222 麻醉半滑舌鲷成鱼的有效质量浓度为 120~210 mg/L。在此范围内,能够有效的使鱼麻醉,进行采血、测量、挤卵挤精、手术等操作而不伤害鱼。

已报道的 MS-222 对实验鱼的麻醉效果见表 3。由表 3 可知,庸鲽麻醉所需 MS-222 的剂量最高,半滑舌鲷次之,故两者属于对 MS-222 低度敏感鱼类,其原因是两者是底栖比目鱼类,需氧量相对较低^[18],呼吸频率较慢,在相同时间内吸入的麻醉剂偏少,从而造成鱼体麻醉所需的浓度偏高的缘故。这与低需氧鱼类比高需氧鱼类入麻时间长^[19]的结论一致。

表 3 MS-222 对实验鱼的麻醉效果^[17]
Tab.3 Effect of MS-222 on test fish^[17]

剂量 / (mg · L ⁻¹) Dose	浸浴时间 /min Induction time	复苏时间 /min Recovery time	实验鱼 Test fish
25~100	<3	<10	大马哈鱼 <i>Oncorhynchus keta</i> 鲤 <i>Cyprinus carpio</i> L.
250~480	<5	<10	庸鲽 <i>H. hippog lossus</i> L.
150	<3	<10	条纹石鲈 <i>Roccus saxatilis</i>
75	迅速 Fast	3.7~7.1	鳕 <i>Gadus macrocephalus</i> Tilesus
80~100	2.6~6.8	1.2~2.5	罗非鱼 <i>Tilapia mossambica</i> Peters

3.4 关于空气暴露时间对鱼体的影响

半滑舌鲷深度麻醉以后,立即进行复苏的时间最长,而在不同的暴露时间下,鱼体复苏时间相差不大(图 4)。这与 MS-222 深麻醉美洲鲈^[9]、丁香酚深麻醉大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)^[20]等进行离水实验得出“鱼体在空气中暴露时间越长,复苏时间越长”的结论不符。其原因可能是由于本实验中 MS-222 浓度高、鱼体浸泡时间短且浸泡时间相同,麻醉剂在血液中还未达到平衡,在离水过程中,麻醉剂在血液中达到平衡,缓解了对大脑的抑制,从而造成鱼体在清水中复苏时间相差不大。

刘淇等^[21]报道,牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)在 40 mg/L 的 TMS(也称 MS-222)中麻醉 20 min 后,在纯氧条件下能够无水存活 15 h。本实验由于半滑舌鲷离水超过 21 min 后,鱼体分泌大量的黏液且挣扎强烈,对鱼体损害严重而中止实验。因而用于半滑舌鲷深度麻醉的 MS-222 的最适剂量和浸浴时间,能否麻醉后实现半滑舌鲷无水保活运输有待进一步研究。

3.5 关于反复麻醉对鱼体的影响

半滑舌鲷属于分批成熟多次产卵型鱼类,反复麻醉对实现多次采卵采精具有重要的生产意义。实验结果显示,每次间隔 24 h,连续麻醉 6 次对半滑舌鲷的复苏时间没有显著影响(图 5),说明鱼体对 MS-222 没有明显的耐受性。Billard^[22]认为,麻醉剂在授精稀释液中的浓度高于 0.05% 时才会影响精子活力,麻醉剂对人工授精产生不利影响的几率很低。也有实验表明,麻醉能够影响部分精子的活力,且随着麻醉剂浓度的增加,精子的持续运动时间将缩短,但麻醉组采集的受精卵的发育与对照组无显著差异^[23]。本实验中 MS-222 对半滑舌鲷精子活力的影响有待进一步研究。

本实验显示,MS-222 对半滑舌鲷具有良好的麻醉效果,鱼体入麻快、复苏快、安全边界宽,是一种理想的麻醉剂。但是 MS-222 也具有自身的缺点:(1) FDA 要求用 MS-222 麻醉运输商品鱼后需要 21 d 的药物消退期,才可在市场销售^[24]; (2) 鱼体深麻醉后进行操作时,血浆皮质醇浓度还在增

加,是麻醉采血的最大缺点^[1]; (3)MS-222 溶液应避免阳光直射,否则对海水鱼有较强的毒性^[25]; (4)MS-222 使用的麻醉浓度高且价格昂贵。因而在选用 MS-222 时要充分考虑以上因素。

参考文献:

- [1] Coyle S D, Durborow R M, Tidwell J H. Anesthetics in Aquaculture[R]. SRAC Publication No. 3900. 2004.
- [2] Cooke S J, Suski C D, Ostrand K G, et al. Behavioral and physiological assessment of low concentrations of clove oil anaesthetic for handling and transporting largemouth bass (*Micropterus salmoides*) [J]. Aquaculture, 2004, 239: 509-529.
- [3] Gilderhus P A, Marking L L. Comparative efficacy of 16 anesthetic chemicals in rainbow trout[J]. N Am J Fish Manag, 1987, 7: 288-292.
- [4] Marking L L, Meyer F P. Are better anesthetics needed in fisheries? [J]. Fisheries, 1985, 10 (6): 2-5.
- [5] Mattson N S, Rippe T H. Metomidate; a better anesthetic for cod (*Gadus morhua*) in comparison with benzocaine, MS-222, chlorobutanol and phenoxyethanol[J]. Aquaculture, 1989, 83(1-2): 89-94.
- [6] 陈细华,朱永久,刘鉴毅,等. MS-222 对中华鲟和施氏鲟的麻醉试验 [J]. 淡水渔业, 2006, 36 (1): 39-42.
- [7] 李春梅,黄永坚. MS-222 麻醉金鱼的研究 [J]. 黄冈职业技术学院学报, 2002, 4 (4): 67-70.
- [8] 甘静雯,邱绍扬,许忠能,等. 麻醉剂 MS-222 对斑马鱼行为的影响 [J]. 生态科学, 2006, 25 (2): 236-239.
- [9] 杜浩. 美洲鲟人工孵化、养殖及转运关键技术的研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2005.
- [10] Oikawa S, Takeda T, Itazawa Y. Scale effects of MS-222 on a marine teleost, porgy *pagrus major* [J]. Aquaculture, 1994, 121: 369-379.
- [11] Malmstroem T, Salte R, Gjoeen H M, et al. A practical evaluation of metomidate and MS-222 as anaesthetics for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) [J]. Aquaculture, 1993, 113 (4): 331-338.
- [12] 刘长琳,李继强,陈四清,等. 丁香酚麻醉半滑舌鳎成鱼的试验研究 [J]. 海洋水产研究, 2007, 28(3): 50-56.
- [13] 陈叙龙,张毓琪,何力,等. 二十种化学物质对鲤鱼呼吸的影响 [J]. 南开大学学报, 1993, 1: 100-103.
- [14] Hseu J R, Yeh S L, Chu Y T, et al. Comparison of Efficacy of Five Anesthetics in Goldlined Sea Bream, *Sparus sarba* [J]. 动物学刊, 1999, 9: 35-41.
- [15] Mahmut Y, Metin K. The anaesthetics effects of Quinaldine Sulphate and/or Diazepam on Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles [J]. Turk J Vet Anim Sci, 2001, 25: 185-189.
- [16] 张朝晖,丛娇日,王波,等. 麻醉剂丁香酚对黄腊鲂耗氧的影响 [J]. 海洋科学, 2003, 27 (6): 11-14.
- [17] Ackerman P A, Morgan J D, Iwama G K. Anesthetics [Z].
- [18] 关键,柳学周,马学坤,等. 半滑舌鳎幼鱼耗氧率和窒息点的研究 [J]. 海洋水产研究, 2006, 27 (2): 80-86.
- [19] Hseu J R, Yeh S L, Chu Y T, et al. Different anesthetic effects of 2-phenoxyethanol on four species of teleost [J]. J Fish Soc, 1997, 24 (3): 185-191.
- [20] 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.
- [21] 刘淇,殷邦忠,姚健,等. 牙鲆无水保活技术 [J]. 中国水产科学, 1999, 6 (2): 101-104.
- [22] Billard R. Effect of Some Fish Anesthetics on Gamete Survival During Artificial Insemination of Rainbow Trout [J]. Progr Fish Culturist, 1981, 43 (2): 72-73.
- [23] Wagner E, Arndt R, Hilton B. Physiological stress responses, egg survival and sperm motility for rainbow trout broodstock anesthetized with clove oil, tricaine methanesulfonate or carbon dioxide [J]. Aquaculture, 2002, 211 (1-4): 353-366.
- [24] Woody C A, Nelson J, Ramstad K. Clove oil as an anaesthetic for adult sockeye salmon: field trials [J]. J Fish Biol, 2002, 60: 340-347.
- [25] Bell G, Blackburn J. Anesthetizing chinook smolts [R]// Salmonid Enhancement Program. Canadian Data Report of Fisheries and Aquatic Sciences No.496.1984.

Effects of MS-222 as an anaesthetic on adult *Cynoglossus semilaevis* Günther

LIU Chang-lin¹, CHEN Si-qing¹, HE Li², ZHUANG Zhi-meng¹, SONG Zong-cheng³

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Science, Qingdao 266071, China; 2. Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Jingzhou 434000, China; 3. Weihai City Huancui Aquatic Product Research Institute, Weihai 264200, China)

Abstract: Anaesthetic has been used in aquaculture to minimize the stress and damage of fish during harvesting, grading, transportation, spawning induction and handling. This study investigated the anaesthetic effect of MS-222 on adult *Cynoglossus semilaevis* Günther at water temperature (23 ± 0.2) °C. The body weight and body length of the fish were 300–1 500 g and 25–40 cm, respectively. The concentration of MS-222 was designed at two ranges, which were 10–100 mg/L and 90–240 mg/L. The breath frequency of fish increased slightly when the fish were in the final anaesthetic stages 1–3, and declined clearly until stage 4 within 3 min under the concentration range of 10–100 mg/L. Within the effective concentration range of 120–210 mg/L the fish reached stage 4 within 3 min, recovered within 10 min, and had a survival rate of 100% after immersed in the MS-222 solution for 15 min. After 5 min of immersing in MS-222 solution at 180 mg/L, the fish were taken out for air exposure, and the exposure time was designed for 0, 3 min, 6 min, 9 min, 12 min, 15 min, 18 min and 21 min and then the fish were put into clean sea water. The recovery time was 100 s without showing any significance ($P > 0.05$). Using another 5 fish to sink in MS-222 solution at 180 mg/L for 5 min, then exposing them to air for 3 min, and putting them back to the clean sea water, the same conduction was repeated one time daily over a period of 6 d. The recovery time was not significantly different, which indicated that the fish had no increased tolerance to MS-222 by repeated anaesthetization. The results indicate that MS-222 as an anaesthetic to adult *Cynoglossus semilaevis* Günther is feasible in terms of the effects that fish can be induced anesthesia rapidly and recovery rapidly with a wide concentration range of safety without any increasing tolerance by repeated anaesthetization. [Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15 (1): 92–99]

Key words: MS-222; anaesthesia; effective concentration; *Cynoglossus semilaevis* Günther

Corresponding author: CHEN Si-qing. E-mail: chensq@ysfri.ac.cn