

浓度和温度对丁香酚麻醉日本囊对虾效果的影响

蔡 诤, 董宏标, 王 军, 苏永全

(厦门大学 海洋与环境学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 在不同浓度和不同温度条件下, 观察了丁香酚麻醉后日本囊对虾(*Marsupenaeus japonicus*)的麻醉状态和苏醒状态, 同时测定了麻醉后的对虾在不同离水时间条件下复苏所需要的时间, 并对实验数据进行统计分析; 通过对对虾在 15 min 内耗氧量的变化的研究, 探讨了丁香酚对日本囊对虾呼吸中枢的影响。结果表明: 日本囊对虾进入麻醉状态所需的时间随丁香酚浓度的升高而缩短, 随麻醉温度的升高而缩短; 苏醒所需时间随丁香酚浓度的升高而延长, 随麻醉温度的升高而缩短; 苏醒后第 4 天各实验组日本囊对虾存活率均为 100%。多重比较结果表明: 在 200 mg/L 质量浓度下, 随着温度的增加, 对虾复苏所需时间减少无差异。在相同离水时间下, 日本囊对虾的复苏时间随着丁香酚浓度的增加而显著增长。在 100、150、200 mg/L 不同质量浓度组中, 随着离水时间的延长, 对虾复苏时间也显著增长。麻醉中, 最适丁香酚质量浓度为 100 mg/L。丁香酚在不同实验温度和浓度条件下均能显著降低日本囊对虾的呼吸代谢, 降低耗氧量, 对日本囊对虾具有很好的麻醉效果, 是一种合适、安全的麻醉剂。

关键词: 日本囊对虾(*Marsupenaeus japonicus*); 麻醉; 丁香酚

中图分类号: S945.45

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2012)03-0029-08

日本囊对虾(*Marsupenaeus japonicus*)广泛分布于印度洋—太平洋海区, 是该地区沿海国家主要的养殖对虾种类。自 1993 年对虾白斑综合症病毒(White Spot Syndrome Virus, WSSV)爆发以来, 日本囊对虾养殖也深受其危害, 对于白斑病的防控至今仍无较有效的措施^[1]。开展日本囊对虾抗逆品种的选育工作迫在眉睫。在选育过程中, 对虾常在人工操作时挣扎受伤^[2], 最终导致死亡, 因此, 寻求一种对日本囊对虾有较好麻醉效果的药物并确定其合适的麻醉剂量, 对日本囊对虾的选育工作具有重要意义。

丁香酚(Eugenol)又称子丁香酚, 即 4-烯丙基-2-甲氧基苯酚, 广泛存在于丁香油、肉桂叶油、肉桂皮油、樟脑油、肉豆蔻油中^[3]。Hoskonen 等^[4]报道于 1972 年发现丁香酚对鱼有强烈的麻醉作用, 开始将它作为麻醉剂进行了系列研究。丁香酚液体制剂在淡水和海水中溶解性好, 能够同时满足安全性、高效性和低成本的要求, 是近年来很受关注的一种水产麻醉剂。澳大利亚、智利、新西兰等国家的学者认为, 丁香酚没有残留期, 是合法的水产麻醉剂, 目前丁香酚已被广泛应用于亲鱼采卵、活鱼运输以及手术过程中^[5]。但关于丁香酚用于日本囊对虾麻醉的研究, 国内报道不多。本实验中笔者研究了不同浓度和温

度下丁香酚对日本囊对虾的麻醉效果, 以及实验对虾在 15 min 内耗氧量的变化, 旨在为日本囊对虾选择合适麻醉剂及使用浓度, 初步了解丁香酚对日本囊对虾的麻醉机理, 为科学使用丁香酚麻醉剂奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 实验用虾

实验在福建省东山县赤山茂鑫水产有限公司对虾育苗场和厦门永坚行贸易有限公司的实验室进行, 实验用虾是本课题组培育的日本囊对虾, 体长 $9.2 \text{ cm} \pm 0.3 \text{ cm}$ 。

1.1.2 药品

丁香酚(85%), 上海医疗器械有限公司生产, 为橘黄色的油状液体, 使用时按 $V(\text{丁香酚}) : V(\text{酒})$

收稿日期: 2011-08-03; 修回日期: 2011-08-20

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项资助项目(200803012); 虾产业技术体系资助项目(CARS-47)

作者简介: 蔡诤(1986-)男, 厦门人, 硕士研究生, 主要从事日本囊对虾遗传育种研究, E-mail: czxb1986@126.com; 王军, 通信作者, 电话: 0592-2181589, E-mail: junw@xmu.edu.cn

精) = 1 : 9 溶解于酒精后再溶于海水。

1.2 方法

1.2.1 实验用虾的处理

实验前将日本囊对虾 600 尾暂养于数个 1 m³ 的水泥池里, 停食 1 d。对虾的实验过程分别在 15 L 的塑料桶中进行, 盐度为 30, pH 为 8.0。麻醉实验结束后, 将实验对虾分别放入干净的塑料桶中, 继续饲养观察 3 d。

1.2.2 不同浓度丁香酚对日本囊对虾麻醉效果的影响

参照黄雪芹等^[6]方法, 将日本囊对虾分别放入丁香酚质量浓度为 20、50、100、200、400 mg/L 的海水中进行预实验, 观察虾在各个质量浓度组能否进入麻醉状态。待虾都被麻醉后, 立即将虾转入清水中复苏, 麻醉后能复苏虾的尾数占实验虾总数的比例为复苏率。每个丁香酚质量浓度组观测 30 尾对虾。

依据预实验结果, 在 23℃ 室温下, 将日本囊对虾分别放入丁香酚实验浓度为 50、100、150、200 mg/L 的海水中。以虾静卧桶底、机械刺激无反应时所需要的时间为麻醉时间。待实验虾都被麻醉后, 立即将虾转入清洁海水中复苏, 实验虾行为完全恢复正常所需时间为复苏时间, 麻醉后能复苏实验虾的尾数占实验虾总数的比例为复苏率。用秒表记录麻醉和复苏时间, 每个丁香酚浓度组观测 30 尾对虾。

1.2.3 不同温度下丁香酚对日本囊对虾麻醉效果的影响

分别在另外 3 组不同温度(15、20、30)下, 以上述丁香酚麻醉质量浓度(50、100、150、200 mg/L) 进行实验。分别测定各个温度和浓度组的麻醉时间、复苏时间和复苏率。用秒表记录复苏时间, 每个时间组观测 30 尾实验虾。

1.2.4 麻醉后离水暴露时间对日本囊对虾复苏的影响

根据不同浓度的丁香酚药液对日本囊对虾的麻

醉效果, 选择合适的丁香酚麻醉质量浓度(50、100、150、200 mg/L)进行实验。在对虾全部被麻醉之后, 将麻醉虾摆放在湿布上, 在空气中分别暴露 2、4、8、16 min 后转入清水中复苏, 用秒表记录复苏时间, 每个时间组各观测 15 尾对虾。

1.2.5 不同浓度丁香酚对耗氧量的影响

日本囊对虾 40 条, 随机分为 4 组, 每组 10 尾。设置 4 个相同的玻璃容器, 分别装满等量的清洁海水(对照组)和 3 种不同质量浓度(50、100、200 mg/L) 的丁香酚药液, 用测氧仪测定各组溶液含氧量, 之后每个容器逐条放入 10 尾对虾, 用石蜡封面, 放置 15 min, 放置过程中每隔 5 min 用测氧仪分别测定 4 个容器中的溶液含氧量, 计算得到各组对虾在 0~5、5~10、10~15 min 内的耗氧量。实验重复 3 次。

1.2.6 丁香酚对日本囊对虾的理想麻醉浓度

Marking 等^[7]认为理想的麻醉剂浓度必须满足: 1~3 min 之内开始麻醉, 2~5 min 之内苏醒。目前大部分学者如 Coyle 和 Gilderhus 以 Marking 的定义为依据。根据以上实验数据, 并且参照理想麻醉剂浓度的定义, 确定丁香酚麻醉日本囊对虾的最适浓度。

1.2.7 数据处理

采用 SPSS15.0 软件进行方差分析(One-Way ANOVA), 显著性水平小于 0.05 时, 采用 Duncan's 进行多重比较。

2 结果

2.1 不同浓度丁香酚对日本囊对虾麻醉效果的影响

丁香酚质量浓度为 50、100、150、200 mg/L 时, 在水温 23℃, pH 8.0, 盐度 30 条件下, 日本囊对虾的麻醉时间和复苏时间分别如表 1 所示。从表 1 可看出, 随着丁香酚浓度的增大, 对虾被麻醉所需的平

表 1 不同浓度丁香酚对日本囊对虾的麻醉效果

Tab. 1 The anaesthetic effect of eugenol at different concentrations on *M. japonicus*

质量浓度 (mg/L)	数量 (尾)	半数虾麻醉所 需时间(min)	麻醉时间平均 值(min)	半数虾复苏所 需时间(min)	复苏时间平均 值(min)	复苏率 (%)
50	30	13.6	16.5	4.3	5.5	100
100	30	10.2	12.1	8.5	10.8	100
150	30	4.7	5.3	15.1	16.0	100
200	30	2.8	3.6	25.7	24.4	100

注: 水温 23℃, pH 8.0, 盐度 30

均时间逐渐减小, 而复苏所需的平均时间逐渐增大。丁香酚浓度为 50、100、150、200 mg/L 时, 对虾的复苏率均为 100%。对苏醒后的对虾继续饲养观察 3 d, 各实验组的对虾存活率均为 100%。

2.2 不同温度丁香酚对日本囊对虾麻醉效果的影响

从图 1 和表 2 可以看出, 水温分别为 15、20、30 时, 在同一麻醉浓度下, 随着温度的升高, 麻醉所需的时间缩短, 复苏所需的时间也缩短。在同一温

度下, 随着丁香酚浓度的增加, 对虾麻醉所需时间显著减少($P < 0.05$); 在丁香酚浓度为 50、150、200 mg/L 时, 随着温度的增加, 对虾麻醉所需时间显著增减少($P < 0.05$), 而在 100 mg/L 浓度下, 随着温度的增加, 对虾麻醉所需时间减少无差异。

在同一温度下, 随着丁香酚浓度的增加, 对虾复苏所需时间显著增加($P < 0.05$); 在丁香酚浓度为 50、150、150 mg/L 时, 随着温度的增加, 对虾复苏所需时间显著增减少($P < 0.05$), 而在 200 mg/L 浓度下, 随着温度的增加, 对虾复苏所需时间减少无差异。

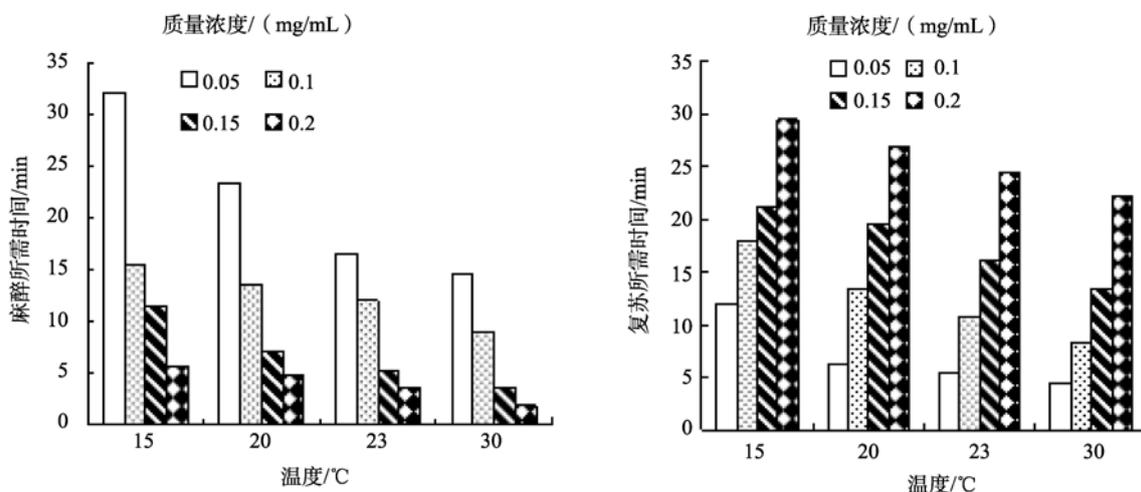


图 1 不同水温对日本囊对虾麻醉效果的影响

Fig. 1 The anaesthetic effect of eugenol at different temperatures on *M. japonicus*

表 2 不同水温对日本囊对虾的麻醉效果

Tab. 2 The anaesthetic effect of eugenol at different temperatures on *M. japonicus*

数量 (尾)	质量浓度 (mg/L)	实验温度 (pH 8.0, 盐度 30) (°C)	半数虾麻醉 所需时间 (min)	麻醉时间 平均值 (min)	半数虾复苏 所需时间 (min)	复苏时间 平均值 (min)	复苏率 (%)
		20	22.6	23.3	5.8	6.3	100
		30	13.8	14.6	3.3	4.5	100
	100	15	16.3	15.4	16.5	17.9	100
		20	1.9	13.7	11.2	13.4	100
		30	8.2	9.1	7.4	8.3	100
	150	15	10.4	11.5	20.4	21.1	100
		20	6.7	7.2	19.0	19.5	100
		30	3.1	3.7	10.2	13.4	100
	200	15	5.3	5.8	28.8	29.4	100
		20	3.9	4.8	25.5	26.8	100
		30	1.2	1.9	19.6	22.1	100

2.3 麻醉后离水暴露时间对日本囊对虾复苏的影响

在水温 23℃, pH8.0, 盐度 30 条件下, 将对虾分别在丁香酚质量浓度为 50、150、100、200 mg/L 的海水中麻醉之后, 取出放到湿纱布上, 在空气中暴露一定时间(2、4、8、16 min)后, 复苏的时间如图 2 所示。从图 2 中可看出, 丁香酚质量浓度为 50 mg/L 时, 离水 4 min 后实验虾的复苏时间与离水 2 min 的实验虾的复苏时间无差异, 而随着离水时间从 4 min 增加到 16 min, 该麻醉浓度组的实验虾的复苏时间则显著增长($P<0.05$)。在 100、150、200 mg/L 质量浓度组中, 随着离水时间的延长, 对虾复苏时间也显著增长($P<0.05$)。相同的离水时间, 对虾的复苏时间随着丁香酚质量浓度的增加而显著增长($P<0.05$)。对苏醒后的对虾继续饲养观察 3 d, 各实验组的对虾存活率均为 100%。

2.4 不同浓度丁香酚对耗氧量的影响

随着实验时间的延长, 水中的氧逐渐被消耗, 对虾的耗氧量随之下降(表 3)。在 50 mg/L 丁香酚质量浓度组里, 耗氧量在 3 个时间段内均显著低于对照组($P<0.05$), 在 100 mg/L 和 200 mg/L 质量浓度组, 与对照组比, 耗氧量在 0~5 min 内显著增加($P<0.05$), 而在 5~10 min 和 10~15 min 2 个时间段, 耗氧量与对照组和 50 mg/L 组相比出现显著下降($P<0.05$)。

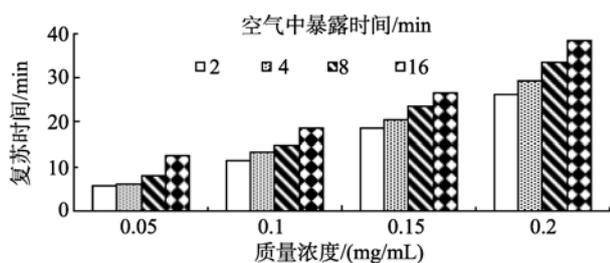


图 2 离水时间对日本囊对虾复苏的影响

Fig. 2 Effect of different air-exposure time on recovery of *M. japonicus*

表 3 日本囊对虾在不同丁香酚浓度下的耗氧量(mg)

Tab. 3 Oxygen consumption of *M. japonicus* in eugenol at different concentrations (mg)

实验条件	时间 (min)	质量浓度 (mg/L)			
		对照组	50	100	200
25℃	5	0.55±0.018	0.35±0.015	1.01±0.01	0.69±0.01
pH 8.0	10	0.34±0.017	0.26±0.06	0.06±0.027	0.05±0.011
盐度 30	15	0.30±0.021	0.20±0.017	0.048±0.027	0.045±0.012

2.5 丁香酚对日本囊对虾的理想麻醉浓度

由图 3 可知, 在同一温度下, 随着质量浓度从 50 mg/L 增加到 200 mg/L, 实验虾麻醉所需时间逐渐缩短, 苏醒时间则不断延长, 丁香酚质量浓度 50 mg/L 时, 实验虾的麻醉开始很慢, 而苏醒快, 当丁香酚质量浓度 100 mg/L 时, 麻醉开始和苏醒均很快(此浓度为丁香酚麻醉日本囊对虾的最适麻醉浓度)。在 200 mg/L 时候, 麻醉很快, 但是需要的复苏时间最长。

3 讨论

目前, 关于虾类麻醉剂的研究和应用不多, Coyle 等^[8]曾用烷基磺酸盐同位氨基苯甲酸乙酯 (MS-222)、乙二醇苯醚、丁香酚等麻醉罗氏沼虾 (*Macrobrachium rosenbergii*), 其结果表明 100 mg/L MS-222、乙二醇苯醚对罗氏沼虾无麻醉作用, 而 100 mg/L 丁香酚能使罗氏沼虾处于麻醉状态; 何新龙等^[9]曾在预实验中用 MS-222、乙二醇苯醚和苯唑卡因麻醉日本沼虾 (*Macrobrachium nipponense*), 结果表明即使在高浓度(100~800 mg/L)时, 3 种麻醉剂对日本沼虾均无麻醉作用, 而用丁香酚麻醉日本沼虾, 取得了良好的麻醉效果。黄雪芹等^[6]在丁香酚对中国对虾 (*Fenneropenaeus chinensis*) 幼虾麻醉效果的研究中, 发现 50~200 mg/L 的丁香酚具有良好的麻醉效果, 且对虾被麻醉后, 进行短时间的离水操作不影响其存活。这些研究说明了部分虾类对麻醉剂选择的狭窄性, 同时也证实了丁香酚作为上述虾类麻醉剂的可行性。在此基础上, 笔者探讨了丁香酚对日本囊对虾的麻醉效果。研究发现, 实验中 5 个丁香酚质量浓度(20~400 mg/L)对日本囊对虾都有麻醉效果, 并且随着丁香酚质量浓度的升高, 对虾进入麻醉状态的时间加快。但是在 20 mg/L 的时候, 对虾进入麻醉状态的速度非常慢, 所需要的时间很长, 并且有部分实验虾(约 20%)在麻醉药液中浸浴 60 min 后仍然不能进入麻醉状态; 而在 400 mg/L 时候, 日本囊对虾能在很短的时间内进入麻醉状态, 但麻醉后造

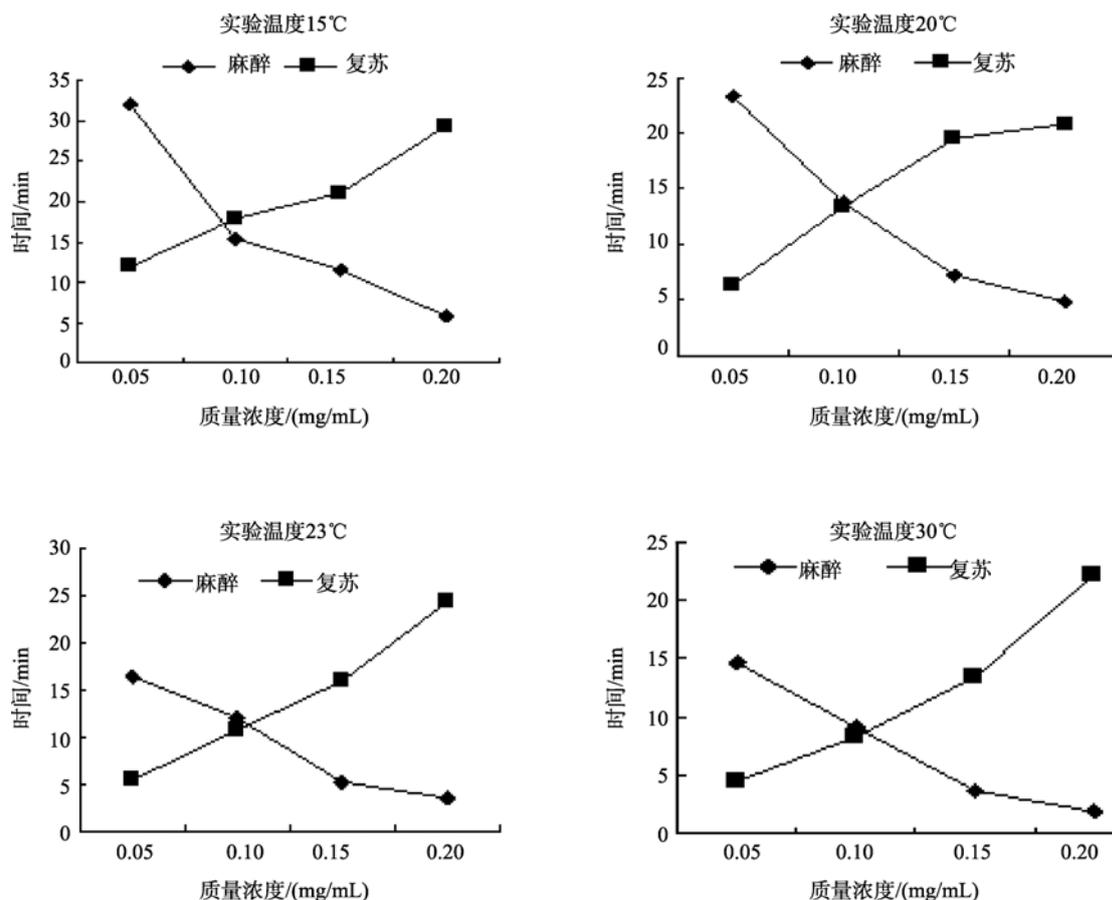


图 3 不同浓度丁香酚对日本囊对虾的麻醉效果

Fig. 3 The anaesthetic effect of eugenol at different concentrations on *M. japonicus*

成了 10% 的对虾死亡；且质量浓度在 200 mg/L 及其以上时，丁香酚气味较重，对人体的皮肤有较强的刺激作用，在实验中发现该刺激作用随着丁香酚浓度的升高而增强，故 200 mg/L 以上的丁香酚质量浓度不适宜人工操作，所以作者最终选取 50~200 mg/L 之间的质量浓度为实验浓度。何新龙^[9]等用丁香酚麻醉日本沼虾，发现日本沼虾在 100~500 mg/L 的药液麻醉下，成活率均达到 100%，而黄雪芹等^[6]研究丁香酚对中国对虾幼虾的麻醉效果时，发现中国对虾在 200 mg/L 药液质量浓度下无死亡，而在 400 mg/L 下仅有 66.67% 能复苏，与本研究相似；说明丁香酚的合适浓度范围与虾的种类有关^[10]。

影响麻醉剂药效的因素很多，因此正确选择麻醉剂剂量和麻醉时间涉及很多因素。本实验中水温对麻醉效果的影响表明，在相同质量浓度麻醉剂的作用下，随水温的升高，麻醉所需的时间缩短，即随水温的升高同种剂量的丁香酚的麻醉效果增强。这可能与对虾的耗氧情况有关，随着水温的升高，对虾的

耗氧率提高^[11]，呼吸频率增大，鳃腔内的水交换量增大，因此单位时间内摄入丁香酚的量增多，麻醉所需时间较短，这与水温对丁香酚麻醉美洲鲈(*Alosa sapidissima*) 幼鱼的影响规律类似^[12]。同时，当麻醉后的日本囊对虾在清水中复苏时，较高的水温能够提高对虾的呼吸频率，促使对虾更快的排出体内残留的丁香酚药液，使复苏时间缩短。另外，在生物体的麻醉实验中，麻醉效果受生物体自身因素(如种类、年龄、体质量、健康状况等)，环境理化因子(如 pH 值、溶氧等)的影响^[13]，本实验只就水温对丁香酚麻醉日本囊对虾的影响进行了探讨，对于麻醉效果是否还受其他因素的影响、影响规律如何，还有待于进一步研究。

本实验还对日本囊对虾麻醉之后离水操作的可行性进行了研究，麻醉后的日本囊对虾在离水 8 min 内，复苏率为 100%，复苏后 3 d 存活率也均为 100%。日本囊对虾麻醉后离水暴露在空气中时，对虾由于离水，处在缺氧环境中，且鳃腔内水的交换

量减少,使得对虾保持在麻醉的状态难以复苏,并且随着空气中暴露时间的延长,日本囊对虾处在麻醉和缺氧的情况下也越长,呼吸受到的抑制效应越深,放入清水中则需要更长的时间从缺氧和麻醉状态中恢复。同时,被麻醉的实验虾在离水 16 min 后,来自 100、150、200 mg/L 这 3 组质量浓度的部分对虾因无法复苏而死亡,死亡率分别为 5%、12.5%、17.5%,说明对虾的离水操作时间不宜过长;而高质量浓度的丁香酚会造成对虾死亡,说明丁香酚对日本囊对虾麻醉效果明显,能够有效降低对虾呼吸频率和新陈代谢,抑制对虾的呼吸,抑制效果随着丁香酚浓度的增加而增强。在同样的离水时间下,丁香酚浓度越高,日本囊对虾复苏所需要时间越长,进一步证明了丁香酚是一种有效的麻醉剂。

水产动物经麻醉剂麻醉后,能够降低活动强度和代谢强度。黑鲷(*Sparus macrocephalus*)经 MS-222 麻醉后,其代谢有显著变化^[14]:麻醉后,耗氧量显著减少,氨氮排放量降至最低;用丁香酚麻醉黄腊鲂(*Trachinotus blochii*)的研究表明,麻醉能够降低鱼的鳃盖呼吸频率和代谢水平^[15];Ferrira^[16]对罗非鱼(*Tilapia*)进行了麻醉并测定代谢强度,认为罗非鱼经过 25 mg/L 的丁香酚浸泡后,在运输过程中能够保持安静,同时耗氧率下降。Coyle^[8]研究发现鱼类在麻醉药液中,经过鳃吸收的麻醉药液进入血液,最后在脑中积聚,首先脑皮质受到抑制,表现为触觉丧失,而后小脑和基底神经节受到影响(兴奋期),最终在脊髓产生作用(麻醉期)。在本实验对日本囊对虾耗氧量的研究中,实验刚开始的 5 min 内,随着丁香酚质量浓度从 0 mg/L 上升到 200 mg/L,对虾的耗氧量呈现先下降后上升而后再下降的趋势,Coyle^[8]和师尚丽等^[17]认为虾类的呼吸系统在麻醉过程中会出现排斥反应,因此笔者推测在 50 mg/L 质量浓度下,麻醉后的 5min 内丁香酚可能主要聚积在大脑皮质,产生的镇静作用使对虾的颚舟片摆动频率下降,导致耗氧量降低;而在 100 mg/L 质量浓度下,较短时间内麻醉剂即可能作用于实验虾的脑基底神经节,实验虾呼吸中枢受到兴奋性刺激,从而使对虾呼吸加快,代谢增强,耗氧量增加;而在 200 mg/L 高质量浓度下,对虾快速进入麻醉期,呼吸中枢短暂兴奋后受到抑制,故耗氧量减少,代谢水平下降^[18]。在随后的 10 min 和 15 min 中,随着丁香酚质量浓度升高,耗氧量逐渐下降,此时 100 mg/L 和

200 mg/L 麻醉实验组的对虾被完全麻醉,耗氧量均低于 50 mg/L 组,而 200 mg/L 组的耗氧量为最低。据此,作者认为丁香酚可能通过两方面作用来降低日本囊对虾的耗氧量:一是作用于大脑皮质,降低对虾的活动能力和颚舟片的摆动;二是作用于呼吸中枢,最终产生抑制性刺激。实验表明,在不同丁香酚药液浓度中,被麻醉对虾在短时间内可能出现高耗氧量,所以在麻醉的过程中要保证充足的溶氧,以保证安全麻醉^[19]。

赵艳丽等^[5]研究发现,在 25~27℃,5 mg/L 丁香酚药液可以在 1 min 中之内麻醉大黄鱼,复苏时间 3 min,认为 5 mg/L 是合适的麻醉质量浓度;刘长琳等^[20]用丁香酚麻醉半滑舌鳎(*Cynoglossus semillaevus* Gntner)成鱼,发现丁香酚浓度为 40~80 mg/L 时,鱼体均能在 3 min 之内被麻醉并且在 5 min 之内复苏;但是李春梅等^[21]用丁香酚麻醉鳙鱼(*Aristichthys nobilis*),发现 40 mg/L 及其以上质量浓度的丁香酚可以在 5 min 之内麻醉鳙鱼,但是复苏时间均在 20 min 以上。目前关于日本囊对虾幼虾的丁香酚最适麻醉浓度的研究尚未见报道,本实验研究了 4 个不同温度下丁香酚对日本囊对虾的麻醉效果,认为 100 mg/L 是最适麻醉质量浓度,这与 Marking^[7]等认为的麻醉剂理想浓度的标准有出入,说明该标准不适用于所有的鱼类和虾类,而应该以入麻与复苏均较快且成活率 100% 为麻醉剂理想浓度的标准。

综上所述,丁香酚在日本囊对虾的麻醉方面具有安全性和可靠性,并且能够显著降低对虾的呼吸代谢水平,在对虾的短时间离水操作和运输等方面具有广阔的应用前景^[22]。

参考文献:

- [1] 孙宁. 罗氏沼虾活体无水运输研究[J]. 海洋科学, 2009, 33(5): 43-48.
- [2] Miller E C, Swanson A B, Phillips D H, et al. Structure-activity studies of the carcinogenicities in the mouse and rat of some naturally occurring and synthetic alkenyl benzene derivatives related to safrole and estragole [J]. Cancer Research, 1983, 43: 11-24.
- [3] Park I S, Im C H, Choi M S. The evaluation of lidocaine-hydrochloride as anaesthetic for transportation of *Rhynchocypris steindachneri* [J]. Journal of the Korean

- Fisheries Society, 1998, 31: 785-790.
- [4] Hoskonen P, Pirhonen J. Temperature effects anaesthesia with clove oil in six temperature-zone fishes[J]. *Journal of Fish Biology*, 2004, 64: 1136-1142.
- [5] 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.
- [6] 黄雪芹, 孔杰, 张天时, 等. 丁香酚对中国对虾幼虾麻醉效果的研究[J]. *安徽农业科学*, 2008, 36(22): 9572-9574.
- [7] Marking L L, Meyer F P. Are better anesthetics needed in fisheries[J]. *Fisheries*, 1985, 10(6): 2-5.
- [8] Coyle S D, Dasgupta S, Tidwell J H. Comparative efficacy of anaesthetics for the freshwater prawn. *Macrobrachium rosenbergii* [J]. *Journal of the World Aquaculture Society*, 2005, 36: 282- 290.
- [9] 何新龙, 傅洪拓, 龚永生, 等. 丁香酚对日本沼虾麻醉效果的研究[J]. *水产渔业科学*, 2007, 23(9): 620-623.
- [10] Billard R. Effect of some fish anesthetics on gamete survival during artificial insemination of rainbow trout[J]. *Progressive Fish Culturist*, 1981, 43(2): 72-73.
- [11] 张硕, 董双林, 王芳. 中国对虾生物能量学研究-温度、体重、盐度和摄食状态对耗氧率和排氨率的影响[J]. *青岛海洋大学学报*, 1998, 28(2): 223- 227.
- [12] 杜浩, 危起伟, 杨德国, 等. MS2222、丁香油、苯唑卡因对养殖美国鲈幼鱼的麻醉效果[J]. *大连水产学院学报*, 2007, 22(1): 20-26.
- [13] 赵明, 柳学周, 徐永江, 等. MS-222 麻醉圆斑星鲽成鱼效果研究[J]. *海洋科学进展*, 2010, 28(4): 50-56.
- [14] 周竹君. 应用 MS-222 运输海水鱼初探[J]. *水利渔业*, 1999, 19(4): 52-53.
- [15] 张朝晖, 丛娇日, 王波, 等. 麻醉剂丁香酚对黄腊鲈耗氧的影响[J]. *海洋科学*, 2003, 27(6): 11-14.
- [16] Ferreira J T. The effect of etomidate on adrenocortical function in dogs before and during Gemorrhagic shock[J]. *Aquaculture*, 1984, 42(2): 189-194.
- [17] 师尚丽, 李长玲, 曹伏君, 等. 波纹龙虾呼吸系统组织学和组织化学的研究[J]. *海洋科学*, 2006, 30(7): 58-63.
- [18] 王兴强, 马甦, 董双林. 虾蟹类生物能量学研究进展[J]. *海洋科学*, 2005, 29(10): 65-69.
- [19] 黄加祺, 林琼武. 影响日本对虾亲虾存活率因素的探讨[J]. *海洋科学*, 2000, 24(5): 1-4.
- [20] 刘长琳, 李继强, 陈四清, 等. 丁香酚麻醉半滑舌鳎成鱼的实验研究[J]. *海洋水产研究*, 2007, 28(3): 50-56.
- [21] 李春梅, 黄永坚. 丁香酚麻醉鳊鱼、鲮鱼的实验[J]. *黑龙江科技信息*, 2009, 29: 16.
- [22] 李勃生, 刘世禄, 王耀业, 等. 关于加快我国海水养殖业的探讨[J]. *海洋科学*, 2001, 25(12): 21-23.

Anesthetic effect of eugenol at different concentrations and temperatures on *Marsupenaeus japonicus*

CAI Zheng, DONG Hong-biao, WANG Jun, SU Yong-quan

(College of Oceanography and Environment, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Received: Aug., 3, 2011

Key words: *Marsupenaeus japonicus*; anesthetic effect; eugenol

Abstract: The anesthetic and recovery stages of *Marsupenaeus japonicus* in the presence of eugenol at different concentrations and temperatures were investigated, then the recovery time of treated *M. japonicus* with different air-exposed time was recorded and analyzed. The effect of eugenol on respiratory center of *M. japonicus* was characterized via examination of oxygen consumption changes in 15 min. The results showed that the anesthesia time of *M. japonicus* was decreased with increase of both concentration and temperature of eugenol. While the recovery time was increased with either increase of eugenol concentration or decrease of eugenol temperature. The survival rates of all groups were 100% after a 4-day recovery. The multi-comparison results showed that *M. japonicus* had markedly shorter recovery time when the water temperature was increased except the 200 mg/L group. The recovery time was significantly increased with increased eugenol concentrations with the same air-exposure time. The recovery time was significantly increased with increased air-exposure time in 100, 150 and 200 mg/L groups. The optimal anaesthesia concentration for eugenol is 100 mg/L. The results also showed that eugenol can significantly reduce respiratory metabolism and oxygen consumption at all temperatures and concentrations used, so it's an efficient and safe anesthetic.

(本文编辑: 谭雪静)