

· 研究简报 ·

MS-222和丁香酚对中华鲟幼鱼耗氧率与排氨率的影响

庄平^{1,2}, 徐滨^{1,3}, 章龙珍^{1,2}, 冯广朋^{1,2}, 陈丽慧¹

(1. 中国水产科学研究院 东海水产研究所, 农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090; 2. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201316; 3. 中国水产科学研究院 长江水产研究所, 湖北 荆州 434000)

摘要: 研究了麻醉剂MS-222和丁香酚对中华鲟(*Acipenser sinensis* Gray)幼鱼呼吸与排泄的影响。结果表明, 2种麻醉剂对中华鲟幼鱼的耗氧率和排氨率都有显著影响($P < 0.05$)。随着麻醉剂浓度的升高, 中华鲟幼鱼的耗氧率和排氨率均先升高后降低。MS-222质量浓度为16 mg/L或丁香酚质量浓度为12 mg/L时均可以显著降低中华鲟幼鱼的耗氧量和氨氮的排放; 随着2种麻醉剂浓度的进一步升高, 耗氧率和氨氮的排放没有显著的降低。在2种麻醉剂的作用下, 中华鲟幼鱼的耗氧率和排氨率随温度升高而增大, 其回归关系可用指数函数表示, 相关系数 R^2 均大于0.9。方差分析表明, 不同实验组4个温度梯度间的耗氧率和排氨率都有极显著差异($P < 0.01$)。在10~25℃的温度范围内, 中华鲟幼鱼的O:N比值范围为12.37~23.21, 表明在适宜的温度范围内, 中华鲟幼鱼的代谢产物以蛋白质为主, 脂肪和碳水化合物次之。结论认为, MS-222质量浓度为16 mg/L或丁香酚质量浓度为12 mg/L时可以使中华鲟幼鱼进入麻醉Ⅱ期, 满足活鱼运输的要求, 可以推荐为中华鲟幼鱼运输时的麻醉剂量, 且运输时应以低温为宜。[中国水产科学, 2009, 16(4): 612-618]

关键词: 中华鲟; 麻醉; 麻醉剂浓度; 温度; 代谢

中图分类号: S917

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2009)04-0612-07

用于水产动物的化学麻醉剂种类很多, 主要有MS-222、苯唑卡因、利多卡因、丁香酚及其衍生物等。其中MS-222(间氨基苯甲酸乙酯甲磺酸盐, $C_{10}H_{15}NO_5S$)是鱼类常用麻醉剂^[1-2]。多年来丁香酚($C_{10}H_{12}O_2$)被用来作为食物添加剂和牙科医学的止痛剂。由于它是一种纯天然物质, 所以对人类的健康具有很高的安全性, 被美国FDA (Food and Drug Administration) 验证为是一种对人类无毒害的物质, 在国内外使用和研究较多^[3-4]。研究表明, 使用麻醉剂后鱼类呼吸频率在麻醉期间会逐渐下降, 但有关麻醉后鱼类耗氧率和排氨率的变化未见报道。

中华鲟隶属鲟形目(*Acipenseriformes*)、鲟科(*Acipenseridae*)、鲟属(*Acipenser*), 是中国特有大型洄游性珍稀鱼类, 属国家一级保护动物; 同时, 中华鲟也是一种原始古老的软骨硬鳞鱼类, 为白垩纪残留至

今最为古老的现生鱼类之一^[5], 在考古及科研上具有重要价值。作为白垩纪残留下来的孑遗种类, 分布地域窄, 数量尤为稀少, 资源不断衰退^[6], 处于濒危状态。20世纪后期, 由于过度捕捞、水利工程建设、航运、水体污染等因素, 其野生种群资源量不断下降, 虽然在1988年被列为国家一级保护动物, 但从1981年至1999年的19年间, 中华鲟的幼鲟补充群体和亲鲟补充群体仍然分别减少了80%和90%左右。为挽救这一物种, 早在20世纪80年代初期, 中国就开始了中华鲟的人工繁殖并进行大规模人工放流。在运输的过程中, 如何定量麻醉剂的使用, 从而确保每尾中华鲟个体的成活是保证实现挽救野生动物的重要环节。本研究探讨了MS-222和丁香酚对中华鲟(*Acipenser sinensis* Gray)幼鱼耗氧率和排氨率的影响, 旨在为中华鲟幼鱼的救助和运输技术的研究提供科学参考。

收稿日期: 2008-05-03; 修订日期: 2009-03-23.

基金项目: 国家“863”计划资助项目(2008AA10Z227); 国家自然科学基金资助项目(30490234); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(中国水产科学研究院东海水产研究所)资助项目(2008M01); 上海市长江口中华鲟自然保护区科研专项(沪鲟保研200708311001).

作者简介: 庄平(1960-), 研究员, 从事鱼类生态学研究. E-mail: pzhuang@online.sh.cn

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验鱼选择人工培养的中华鲟仔鱼,体长(6.14±0.15)cm、全长(7.64±0.20)cm、体质量(1.47±0.30)g。饲养用水为经颗粒活性炭及KDF(Kinetic Degradation Fluxion)方法过滤后曝气的自来水。循环水养殖,保持水中溶解氧(7.0±0.3)mg/L,水温(15±1)℃(不同温度下实验除外),pH 7.6±0.1。

1.2 实验装置及麻醉剂的处理

实验装置为自制密封静止水式呼吸测定仪,根据鱼体大小选用2.5 L的锥形瓶作为实验瓶。实验时用保鲜膜封口,以恒温水槽水浴控温,温度误差在±0.5℃内。

化学麻醉剂采用MS-222(购自杭州动物药品厂)和丁香酚(购自国药集团化学试剂有限公司)。MS-222为白色粉末,易溶于水,水溶液略呈酸性,为减少麻醉时产生的应激反应,使用时与碳酸氢钠按质量比1:1混合溶于水;丁香酚为淡黄色的油状液体,不易溶于水,使用时按质量比1:5比例溶于酒精,然后再溶于水。

1.3 实验方法

1.3.1 不同浓度麻醉剂对中华鲟幼鱼的耗氧率和排氨率的影响 MS-222质量浓度梯度设置为:0 mg/L、8 mg/L、16 mg/L、24 mg/L、32 mg/L、40 mg/L;丁香酚质量浓度梯度设置为:0 mg/L、4 mg/L、8 mg/L、12 mg/L、16 mg/L、20 mg/L。每个锥形瓶中投放5尾中华鲟幼鱼,设3个平行组,加1个空白对照(呼吸室无鱼),水温为(15±0.5)℃。

每次实验从暂养池中随机捞取实验鱼,禁食1 d用于实验。实验时实验瓶置于暗处,避免光线直射,将实验鱼快速移入实验瓶,保鲜膜封口,置于恒温水槽中,实验持续2 h(时间固定为13:00–15:00)。实验结束后测定实验瓶中水的溶解氧和氨氮质量浓度。取水样时,将实验瓶颠倒摇晃3~5次,以保证实验瓶水体溶解氧和氨氮均匀,再用虹吸法将导管插入实验瓶底部取水样,溶氧量测定采用Winkler氏碘量法,氨氮测定采用奈氏试剂法。用滤纸吸干鱼体表

面水分,在电子天平上称湿重(精确到0.01 g)。

1.3.2 不同温度对中华鲟幼鱼耗氧率及排氨率的影响

依据1.3.1麻醉结果,选择麻醉剂质量浓度(MS-222 24 mg/L、丁香酚 12 mg/L)进行不同水温对中华鲟幼鱼耗氧率及排氨率的影响试验。设置温度梯度为:10℃、15℃、20℃、25℃。每组5尾,设3个平行组,加1个空白对照,暂养水温用GCH-628型号控温仪控制,实验方法同上。

1.4 相关参数及计算方法

用下列公式计算耗氧率、排氨率以及O:N比值:

$$R_{O_2} = (C_1 - C_2) \times V / WT$$

$$R_{Am} = (C_1' - C_2') \times V / WT$$

$$O:N = R_{O_2} / R_{Am}$$

式中: R_{O_2} 为耗氧率[mg/(g·h)]; R_{Am} 为排氨率[μg/(g·h)]; C_1 、 C_2 分别为实验结束时对照瓶和代谢瓶中的溶解氧浓度(mg/L); C_1' 、 C_2' 分别为实验结束时对照瓶和代谢瓶中的氨氮质量浓度(mg/L); V 为实验瓶体积; W 为受试鱼的体质量(g); T 为实验时间(h)。

1.5 数据统计与分析

所得数据均以Excel与Statistical 6.0软件作数据处理和统计分析,组间差异采用Duncan's多重比较,描述性统计值均用平均值±标准差表示,显著性水平设在 $P=0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 不同浓度MS-222、丁香酚对中华鲟幼鱼耗氧率影响

MS-222对中华鲟幼鱼耗氧率的影响如表1所示。单因素方差分析表明,当MS-222质量浓度为8 mg/L时,幼鱼耗氧率比对照组高,但无显著性差异($P>0.05$);MS-222质量浓度为16 mg/L时,幼鱼耗氧率下降,与对照组相比差异显著($P<0.05$);随着MS-222浓度继续升高,幼鱼耗氧率缓慢下降,16~40 mg/L之间无显著性差异($P>0.05$)。

丁香酚对中华鲟幼鱼耗氧率的影响如表1所示。单因素方差分析表明,丁香酚质量浓度为4 mg/L时,幼鱼耗氧率升高,与对照组相比差异不显著($P>0.05$);

质量浓度为8 mg/L时,幼鱼耗氧率下降,质量浓度为12 mg/L时,幼鱼耗氧率与对照组差异显著($P<0.05$);随着丁香酚浓度继续升高,幼鱼耗氧率差异不显著($P>0.05$)。

2.2 不同浓度MS-222、丁香酚对中华鲟幼鱼排氨率的影响

MS-222对中华鲟幼鱼排氨率的影响如表1所示。单因素方差分析表明,中华鲟幼鱼的排氨率经不同浓度MS-222麻醉后有显著性差异($F=11.82$; $P<0.01$; $df=5$; $n=90$)。MS-222质量浓度为8 mg/L时,幼鱼排氨率比对照组高,差异显著($P<0.05$);质量浓度为16 mg/L时,幼鱼排氨率下降,差异显著($P<0.05$);随着MS-222质量浓度的升高,幼鱼排氨率继续下降,但差异不显著($P>0.05$)。

丁香酚对中华鲟幼鱼排氨率的影响如表1所示。单因素方差分析表明,中华鲟幼鱼的排氨率经不同浓度丁香酚麻醉后有显著性差异($F=8.91$; $P<0.01$; $df=5$; $n=90$)。丁香酚质量浓度为4 mg/L时,幼鱼排氨率比对

照组高,差异显著($P<0.05$);质量浓度为8 mg/L时,幼鱼排氨率下降,差异显著($P<0.05$);随着丁香酚质量浓度的升高,幼鱼排氨率继续下降,但差异不显著($P>0.05$)。

2.3 不同浓度MS-222、丁香酚对中华鲟幼鱼代谢的影响

由表1可见,经麻醉后中华鲟幼鱼的O:N比值下降,在MS-222质量浓度为0~40 mg/L, O:N比值由15.36下降到9.05。丁香酚质量浓度为0~20 mg/L时, O:N比值由15.36下降到9.69。

2.4 不同温度下麻醉剂对中华鲟幼鱼耗氧率和排氨率的影响

中华鲟幼鱼的耗氧率、排氨率随温度升高而增高,其回归关系可用指数函数表示(图1)。相同温度下,麻醉组均低于对照组。单因素方差分析表明,不同实验组4个温度梯度间的耗氧率和排氨率都有极显著差异($P<0.01$),详见表2。麻醉组和对照组O:N比随温度的升高而增加,且同温度下麻醉组要低于对照组(表2)。

表1 不同质量浓度MS-222、丁香酚对中华鲟幼鱼耗氧率、排氨率及O:N比值的影响

Tab. 1 Effects of MS-222 and clove oil on oxygen consumption rate, ammonia excretion rate and O:N of juvenile *A. sinensis*

麻醉剂 Anaesthetic	质量浓度/(mg·L ⁻¹) Concentration	$R_{O_2}/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$ ($n=90, \bar{x} \pm \text{SD}$)	$R_{\text{Am}}/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$ ($n=90, \bar{x} \pm \text{SD}$)	O:N
MS-222	0	178.6±15.7 ^a	11.61±1.10 ^b	15.36
	8	218.4±26.2 ^a	15.46±1.19 ^a	14.13
	16	137.5±17.4 ^b	11.53±1.17 ^b	11.93
	24	131.7±10.6 ^b	11.38±0.63 ^b	11.57
	32	120.5±11.6 ^b	10.47±0.41 ^b	11.51
	40	89.6±14.8 ^b	9.92±0.78 ^b	9.05
丁香酚 Clove oil	0	178.6±15.7 ^a	11.61±1.10 ^b	15.36
	4	217.5±14.1 ^a	15.02±1.60 ^a	14.48
	8	145.8±9.9 ^{ac}	10.31±0.86 ^b	14.14
	12	120.2±10.6 ^{bc}	9.52±0.63 ^{bc}	12.62
	16	72.5±8.5 ^b	6.78±0.71 ^c	10.69
	20	52.3±6.9 ^b	5.40±0.61 ^c	9.69

注: R_{O_2} -耗氧率; R_{Am} -排氨率; O:N-耗氧率/排氨率. 同一列上方参数有一个字母相同则无显著差异($P>0.05$); 反之, 则有显著差异($P<0.05$), 水温(15±0.5)℃.

Note: R_{O_2} -Oxygen consumption rate; R_{Am} -Ammonia excretion rate; O:N-Oxygen consumption ration/ammonia excretion rate. Values with same letters on the same list mean no significant difference ($P>0.05$); values with different letters on the same list mean significant difference ($P<0.05$), water temperature (15±0.5)℃.

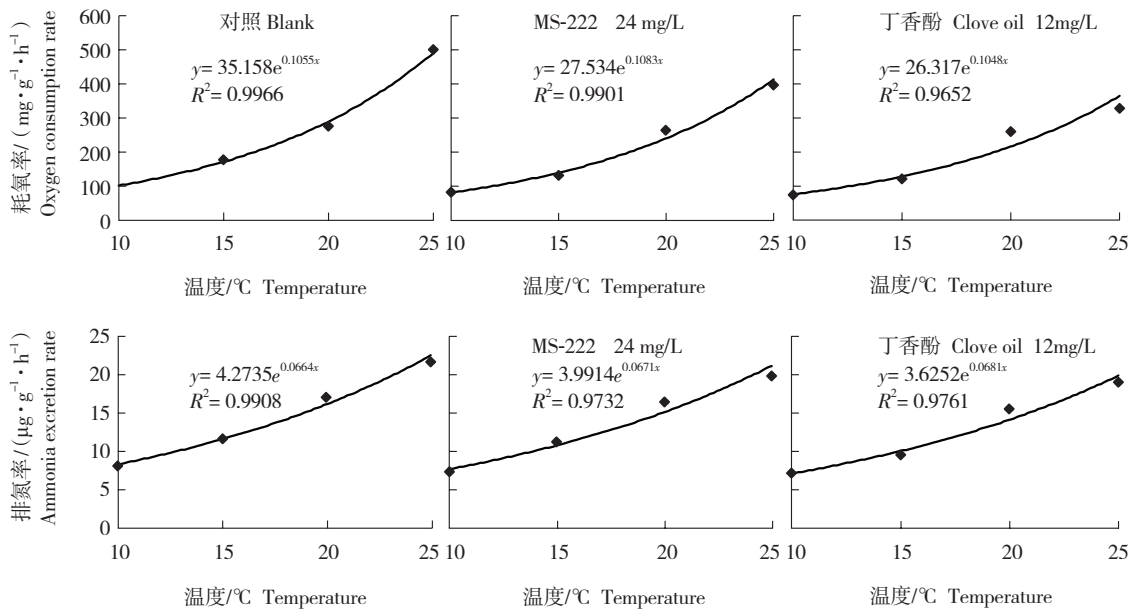


图1 不同温度梯度下、不同麻醉剂对中华鲟幼鱼耗氧率、排氨率的影响

Fig. 1 Effects of temperature on oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of juvenile *Acipenser sinensis*

表2 不同温度对中华鲟幼鱼耗氧率、排氨率及氧氮比的影响

Tab. 2 Effects of temperature on oxygen consumption rate, ammonia excretion rate and O:N ratio of juvenile *Acipenser sinensis*

处理组 Treatment	温度/°C Temperature	$R_{O_c}/(mg \cdot g^{-1} \cdot h^{-1})$	$R_{Am}/(\mu g \cdot g^{-1} \cdot h^{-1})$	O: N
对照 Control	10	100.5 ± 10.6 ^a	8.13 ± 0.52 ^a	12.37
	15	178.6 ± 15.7 ^b	11.61 ± 1.10 ^b	15.39
	20	275.7 ± 14.1 ^b	17.05 ± 1.53 ^b	16.17
	25	501.5 ± 25.8 ^c	21.60 ± 1.71 ^c	23.21
24 mg·L ⁻¹ MS-222	10	82.6 ± 6.8 ^a	7.40 ± 0.52 ^a	11.16
	15	131.7 ± 10.6 ^a	11.38 ± 0.63 ^{ac}	11.57
	20	264.8 ± 16.1 ^b	16.56 ± 2.7 ^{bc}	15.99
12 mg·L ⁻¹ 丁香油 Clove oil	25	395.3 ± 27.7 ^c	19.99 ± 3.4 ^b	19.77
	10	73.4 ± 8.9 ^a	7.21 ± 1.51 ^a	10.19
	15	120.2 ± 10.6 ^a	9.52 ± 0.63 ^{ac}	12.62
	20	258.7 ± 19.1 ^b	15.56 ± 1.69 ^{bc}	16.62
	25	325.5 ± 24.6 ^b	19.01 ± 2.12 ^b	17.12

注: R_{O_c} —耗氧率; R_{Am} —排氨率; O:N—耗氧率/排氨率. 同一列上方参数有一个字母相同则无显著差异 ($P>0.05$); 反之, 则有显著差异 ($P<0.05$).

Note: R_{O_c} —Oxygen consumption rate; R_{Am} —Ammonia excretion rate; O:N—Oxygen consumption ration/ammonia excretion rate. Values with same letters on the same list mean no significant difference ($P>0.05$), otherwise, mean significant difference ($P<0.05$).

3 讨论

鱼类大多数代谢活动都和氧的利用有关,耗氧率直接或间接地反映新陈代谢规律、生理和生活状况。对鱼类耗氧率的测定不仅在鱼类呼吸生理学研究有重要意义,在鱼类养殖上也有应用价值^[7]。通常小型

水生生物比大型水生生物在单位体质量上消耗更多的氧气^[8],这是由于鱼类在幼鱼阶段,组织分化、器官形成、个体发育等速度均较快,代谢水平高于成鱼。

3.1 麻醉剂对中华鲟幼鱼耗氧和氨氮的影响

麻醉剂首先抑制脑的皮质(感觉丧失期),再作

用于基底神经节与小脑(兴奋期),最后作用于脊髓(麻醉期)。剂量过大或接触时间过长可深及髓质,使呼吸与血管舒缩中枢麻痹,最终导致死亡^[9]。由于不同鱼类在不同麻醉剂中的行为表现有差异,学者们对麻醉过程的分期标准有所不同,归纳起来,可将麻醉程度分为6个时期(表3),研究表明第Ⅱ期深度镇静期是运输的适宜时期^[10]。

活鱼运输中使用麻醉剂不仅可以降低鱼体的耗氧量、减少CO₂和氨氮的排放,增加运输的距离和运输量,同时还能控制鱼体的过度活动,有效防止鱼类

在容器中激烈活动而造成伤害,从而提高成活率^[12]。经不同浓度的MS-222与丁香酚麻醉后,中华鲟幼鱼的耗氧率和排氨率均先升高后降低。MS-222在8 mg/L或丁香酚在4 mg/L时,中华鲟幼鱼的耗氧率和排氨率均升高,其原因是低浓度的麻醉剂对中华鲟幼鱼产生胁迫作用,使其活动能力增强,呼吸频率增快,代谢增强所致。而后中华鲟幼鱼的耗氧率和排氨率降低,原因是麻醉剂的作用使中华鲟幼鱼进入麻醉的各个时期,其耗氧率和排氨率呈不同程度的下降。

表3 麻醉程度分期及鱼类行为表现^[11]
Tab. 3 Anaesthesia stages and fish behavior performance^[11]

麻醉分期 Stage of anaesthesia	视觉 Vision	触觉 Touch	重压 Stress	肌肉张力 Muscle tensility	平衡感 Balance	呼吸频率 Breathing frequency	备注 Remark
第Ⅰ期(轻度镇静期) I Light sedation	±	±	+	+	+	正常 Normal	
第Ⅱ期(深度镇静期) II Deep sedation	—	—	+	+	+	略减少 Partial loss	用于一般运输 For transportation
第Ⅲ期(平衡失调期) III Loss of equilibrium	—	—	+	±	±	增加 Increase	
第Ⅳ期(麻醉期) IV anaesthesia	—	—	±	—	—	增加或减少 Increase or decrease	最佳操作时期 The best operation period
第Ⅴ期(深度麻醉期) V Deep anaesthesia	—	—	—	—	—	慢 Slow	应立即进行复苏 Should carry on recovery immediately
第Ⅵ期(延髓麻期) VI Medullary collapse	—	—	—	—	—	停止 Stop	无法恢复,死亡 Can't recover, dead

注:“+”表示正常,“±”表示略失,“—”表示丧失。

Note:“+” means normal;“±” means forfeit a little;“—” means forfeit.

在活鱼运输时,找到满足运输要求的合适麻醉剂量很必要,麻醉剂浓度过低,达不到麻醉效果;过高则会造成麻醉剂的浪费,并有可能对鱼体造成潜在的伤害。MS-222质量浓度为16 mg/L或丁香酚质量浓度为12 mg/L时均可以使中华鲟幼鱼进入麻醉Ⅱ期,并显著降低中华鲟幼鱼的耗氧量和氨氮的排放,满足活鱼运输的要求,随着2种麻醉剂浓度的进一步升高,耗氧率和排氨率虽然继续下降,但是没有显著差异,这2个浓度可以推荐为中华鲟幼鱼运输麻醉剂量。

3.2 温度对中华鲟幼鱼耗氧和排氨率的影响

中华鲟幼鱼的耗氧率、排氨率在麻醉的情况下,随温度升高而增大,其回归关系可用指数函数表示(图1)。方差分析表明,不同实验组4个温度梯度间的

耗氧率和排氨率都有极显著差异($P < 0.01$)。不同实验组O:N比值随温度的升高而增加。在一定的温度范围内,大多数贝类的耗氧率随着温度的升高而升高,当超过其最高温度耐受范围后,会引起其生理功能的紊乱,耗氧率下降^[13]。而本实验中,中华鲟幼鱼在10~25℃范围内耗氧率随温度的升高而升高。但在贝类中并未观察到这种转折点^[13]。刘飞等^[14]认为,在某一温度范围内,如果耗氧率变化小,即鱼体新陈代谢过程中的异化作用随温度的升高而变化小,这对生长是有利的。15~20℃范围内中华鲟仔鱼的耗氧率变化无显著差异(表2),是其适宜生长温度。温度的升高使得中华鲟幼鱼的耗氧率增大,这与张兆琪等^[15]对牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)的研究,廖志洪

等^[16]对黄颡鱼(*Pelteobogrus fulvidraco*)的研究,以及朱爱意等^[17]对褐菖鲉(*Sebastiscus marmoratus*)的研究结果相似。朱爱意等^[17]认为,随着水温的升高,维持生命的脑、心、肝等重要器官的活性增强,各种酶的活动性提高,鱼类的活动强度增大,基础代谢率增高,所以表现出耗氧率和排氨率同时升高的现象。

温度的升高使得中华鲟幼鱼的耗氧率和排氨率增大,需要适量增加麻醉剂量,当温度较低时则应相应减少麻醉剂量,以满足运输的需要。由图1可知,麻醉剂虽然可以降低中华鲟幼鱼的耗氧率和排氨率,但是温度对中华鲟幼鱼耗氧率和排氨率的影响是极显著的,在麻醉的作用下,运输活鱼应以低温为宜。

3.3 能源物质分析

氧氮比(O:N)是评估动物呼吸底物的重要参数。O:N比值大,表明动物消耗的能量较少部分由蛋白质提供,多数由脂肪和糖类提供^[18]。因此,通过O:N比值能够估计动物代谢中能源物质的化学本质。Mayzalld提出,如果完全由蛋白质氧氮提供能量,O:N比值约为7^[19]。Ikeda^[20]认为,如果是蛋白质和脂肪氧化供能,O:N比值约为24。Conover^[21]认为,如果主要由脂肪或碳水化合物供能,O:N比值将由此变为无穷大。Widdows^[22]认为,尽管O:N比值的变化还未表现出对有机体的最终生长大小和生长速率有明显直接的影响,但很多迹象表明O:N比值是与环境对有机体的压力紧密相关的,并且可以作为生物体适应环境压力的一项指标。

在10~25℃的温度范围内,中华鲟幼鱼的O:N比值为12.37~23.21,说明在适宜的温度范围内,中华鲟幼鱼的代谢能源以蛋白质为主,脂肪和碳水化合物次之。随着温度的增长,能源从以蛋白质为主到蛋白质利用比例下降,对脂肪的利用相对增加,即代谢底物中用于氧化供能的比例相对减少,用于生长的比例增加,这与徐刚春^[23]对花鲢(*Hemibarbus maculatus* Bleeker)的研究一致。

参考文献:

- [1] 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(3): 236-239.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] Woody C A, Nelson J, Ramstad K. Clove oil as an anaesthetic for adult sockeye salmon: field trials[J]. J Fish Biol,2002, 60: 1-8.
- [5] 庄平,王幼槐,李圣法,等. 长江口鱼类[M]. 上海: 上海科学技术出版社,2006: 137-144.
- [6] 常剑波,曹文宣. 中华鲟物种保护的历史与前景[J]. 水生生物学报,1999,23(6): 712-720.
- [7] 江敏,黄宗群,彭自然. 异育银鲫氨氮排泄与耗氧的研究[J]. 上海水产大学学报,2007,16(1): 28-32.
- [8] Vemberg W B, Bernberg E J. 海洋动物环境生理学[M]. 北京: 农业出版社,1982.
- [9] 李思发. 鱼类麻醉剂[J]. 淡水渔业,1988(1): 22-23.
- [10] Cook S J, Suski C D, Ostrand K G, et al. Behavioral and physiological assessment of low concentration of clove oil anaesthetic for handling and transporting largemouth bass (*Micropterus salmoides*) [J]. Aquaculture,2004,239: 509-529.
- [11] 魏锁成. 用于鱼类的麻醉剂及麻醉管理[J]. 西北民族大学学报,2005,26(1): 43-45.
- [12] 张朝晖,丛娇日,王波. 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.
- [13] 王俊,姜祖辉. 栉孔扇贝耗氧率和排氨率的研究[J]. 应用生态学报,2002,13(9): 1 157-1 160.
- [14] 刘飞,张轩杰,刘筠. 湘云鲤耗氧率和溶氧临界窒息点[J]. 湖南师范大学: 自然科学学报,2000,23(3): 72-75.
- [15] 张兆琪,张美昭. 牙鲈鱼耗氧率,氮排泄率与体重及温度的关系[J]. 青岛海洋大学学报,1997,27(4): 483-489.
- [16] 廖志洪. 黄颡鱼仔、稚、幼鱼耗氧率及氨氮排泄率的初步研究[J]. 生态科学,2004,23(3): 223-226.
- [17] 朱爱意,赵向炯,付俊. 褐菖鲈耗氧率及窒息点的初步研究[J]. 海洋水产研究,2007,28(1): 95-100.
- [18] 张媛,方建光,毛玉泽. 温度和盐度对橄榄鲈耗氧率和排氨率的影响[J]. 中国水产科学,2007,14(4): 690-694.

- [19] Mayzald P. Respiration and nitrogen excretion of zooplankton IV. The influence of starvation on the metabolism and biochemical composition of some species [J]. Mar Biol, 1976, 37: 47–58.
- [20] Ikeda T. Nutrition ecology of marine zooplankton [J]. Mem Fac Fish Hukkaido Univ, 1974, 22: 1–77.
- [21] Dall W, Smith D M. Oxygen consumption and ammonia-N excretion in fed and starved tiger prawn *Penaeus esculentus* Haswell [J]. Aquaculture, 1986, 55 (1): 23–33.
- [22] Widdows J. Physiological indices of stress in *Mytilus edulis* [J]. J Mar Biol Ass U.K, 1978, 58: 125–142.
- [23] 徐钢春, 顾若波, 闻海波. 温度对花鲢耗氧率和排氨率的影响 [J]. 湖泊科学, 2006, 18 (4): 431–436.

Effects of MS-222 and clove oil on oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of juvenile Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*

ZHUANG Ping^{1,2}, XU Bin^{1,3}, ZHANG Long-zhen^{1,2}, FENG Guang-peng^{1,2}, CHEN Li-hui¹

1. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences; Key Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries, Ministry of Agriculture, Shanghai 200090, China; 2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201316, China; 3. Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Jingzhou 434000, China)

Abstract: MS-222 and clove oil are widely used for fish immobilization. Effects of MS-222 and clove oil on oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of juvenile Chinese sturgeon *Acipenser sinensis* were investigated in this paper. Experimental results showed that both MS-222 and clove oil significantly affected oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of juvenile Chinese sturgeon ($P < 0.05$). With increase of anesthetic concentration, oxygen consumption rate and ammonia excretion rate firstly went up, and then went down. When concentrations of MS-222 and clove oil reached 16 mg/L and 12 mg/L, respectively, oxygen consumption rate and ammonia excretion rate began to decrease significantly. If anesthetic concentration continued to increase, oxygen consumption rate and ammonia excretion rate did not significantly increase any more. Under treatment of MS-222 and clove oil, oxygen consumption rate and ammonia excretion rate increased with the increase of water temperature. Regression could be described by using exponential function with $R^2 > 0.9$. Using variance analysis, it was showed that the oxygen consumption rate and ammonia excretion rate were extremely different ($P < 0.01$) among four water temperature treatment groups. Within water temperature range of 10 °C and 25 °C, O : N rates of juvenile Chinese sturgeon were from 12.37 to 23.21. It might be inferred that under appropriate water temperatures, metabolites of juvenile Chinese sturgeon were more of protein, and less of fat or saccharide. In conclusion, recommended concentrations of MS-222 and clove oil for immobilization of juvenile Chinese sturgeon were 16 mg/L and 12 mg/L, respectively. Appropriate lower water temperature condition would be better when fish were immobilized for long distance transportation. [Journal of Fishery Sciences of China, 2009, 16 (4): 612–618]

Key words: Chinese sturgeon; immobilization; anesthetic concentration; temperature; metabolize