

用臭氧处理海水对鱼虾的急性毒性效应研究*

姜国良 刘云 杨栋 吕艳

(青岛海洋大学海洋生命学院 266003)

摘要 本实验检测了不同浓度臭氧残留对中国对虾 (*Penaeus chinensis*)、牙鲆 (*Paralichthys oiltaceus*) 存活率的影响。结果表明,对虾的耐受力要比牙鲆鱼强,中国对虾在臭氧浓度 ≥ 1.0 mg/L 时,可存活至少 48 h,而牙鲆在此浓度下 3 h 后,即出现鳃部充血肿胀、呼吸频率加快等不适应现象,48 h LC_{50} 为 0.13 mg/L。如果能正确控制臭氧的残留量,利用臭氧净化养殖用水是一个不容质疑的水质净化的好方法。

关键词 臭氧,牙鲆,中国对虾,毒性,水质净化

臭氧消毒技术在西欧、美国、日本^[1]已被广泛应用于水产养殖系统的再循环水,以降低鱼病的发生,同时据 Reid B. 和 Arnold C. R. 1992 年报道,臭氧消毒技术也逐渐被虾类养殖所采用。国内也有人开始利用臭氧来处理海珍品育苗^[2],效果良好。然而,我们也不能忽视臭氧的毒害性,因此,如何正确使用臭氧尤为重要。本试验旨在通过测量残余臭氧对生物的急性毒害,为确保使用臭氧的安全性提供理论依据。

1 材料方法

1.1 材料

1.1.1 臭氧生成机(北京风险工贸公司,1998) 工作电压:交流电 220 V;环境温度:0~30℃;环境湿度:相对湿度<50%; O_3 产气量:标准状态下 5 g/h。经反复测量,在 pH=8.0,温度 21℃时, O_3 的半衰期为 20 min。在海水中,臭氧的饱和浓度为 1.0 mg/L 左右。

1.1.2 试验用鱼虾 中国对虾 (*Penaeus chinensis*) 采自青岛东风盐场,为生长 2 个月的幼虾,体长平均为 5 cm;牙鲆 (*Paralichthys oiltaceus*) 也由青岛东风盐场提供,平均体长 7 cm。试验前暂养 1 周。

1.2 方法

1.2.1 实验过程 由于臭氧的半衰期 (pH=8.0, 21℃) 为 20 min,因此采用迅速排水和多管同时进水的方法,完成水体的补充和循环,保证臭氧缸中饱和臭氧浓度为 1.0 mg/L 左右。然后根据设定的不同臭氧浓度,不断加入不同量的饱和臭氧水,以维持臭氧的实验浓度。臭氧残余浓度的设定参照 Reid B. 和 Arnold C. R. 1994 年的方法,即 0.05~0.1, 0.2~

0.4, 0.5~0.8 mg/L 及 ≥ 1.0 mg/L。实验在 30 cm×30 cm×30 cm 的玻璃水族缸中进行,实验温度 21~23℃,每缸鱼 5~10 尾,充气,重复两次。虾共有两组,每缸 10 尾。同时设对照组,记录 48 h 内鱼虾的存活情况。

1.2.2 海水中臭氧残余量的测定 使用碘量法^[1]。

2 实验结果与分析

2.1 Q 对对虾存活率的影响

从实验组与对照组对比结果来看,实验组水族缸内,除缸底有少量絮状沉淀外,海水相对透明度高,水体无腥臭味,对虾较为安静,躯体透明;而对照组水体悬浮物明显增多,水体混浊且有腥臭味,对虾活动频繁,表现为连续上浮,且躯体出现浊白,这也从另一个侧面反映了臭氧的确是具有净化水质的作用。由对虾在不同浓度臭氧残留水体中的存活情况可知道,随着臭氧浓度的提高,以及浸泡在臭氧残留水体中的时间延长,对虾存活率为 100%,即臭氧对对虾的影响很小。

实验结果表明,幼虾在饱和浓度臭氧残留水体中 (≥ 1 mg/L) 中至少可以存活超过 48 h。Reid B. 等 1994 年实验证明,1~5 mg/L 的臭氧浓度是虾的致死浓度。由于本实验所用臭氧发生器获得的臭氧饱和海水浓度所限 (仅在 1 mg/L 左右),未能求出臭氧对对虾的致死浓度。

2.2 臭氧残留对牙鲆存活率的影响

低浓度臭氧残留实验组中 (0.05~0.1 mg/L) 牙

* 国家海洋 863 计划资助项目 819-02-06 号。

收稿日期:2000-09-26;修回日期:2001-01-12

鲟潜伏于缸底,生活状态良好,随着臭氧残留浓度的增加和时间的延长,一部分牙鲟开始出现不适应的症状,活动频繁,鳃部肿胀、充血,呼吸频率明显加快,身体逐渐僵硬,呈“S”状,严重者触之不动,即已死亡。牙鲟在不同浓度臭氧残留海水中的存活率见表1。

表1 牙鲟在不同浓度臭氧残留海水中的存活率

Fig.1 Bastard halibut (*Paralichthys olivaceus*) survival rate for various levels of residual ozone in 32 ‰ sea water

O ₃ 残留 (实测平均浓度) (mg/L)	实验 鱼尾数	6 h		12 h		24 h		48 h	
		数量	存活率(%)	数量	存活率(%)	数量	存活率(%)	数量	存活率(%)
0.05 ~ 0.1 (0.08)	10	10	100	10	100	10	100	6	60
0.2 ~ 0.4 (0.35)	17	17	100	11	65	8	47	4	23
0.5 ~ 0.8 (0.67)	7	0	0	0	0	0	0	0	0
1.0 ~ 5.0 (1.1)	10	0	0	0	0	0	0	0	0

3 讨论

3.1 鱼虾对 O₃ 残留敏感性的比较

从以上结果可知,虾类对于臭氧残留的敏感性远远低于牙鲟,牙鲟在 ≥ 0.5 mg/L O₃ 残留海水中生活较短时间就出现身体僵硬、呼吸困难、鳃部充血肿胀等不适应现象,存活率极低;而对虾即使在饱和 O₃ 浓度水体中也可以正常生活,分析这可能是由于鱼虾在鳃膜结构上的不同造成的。对虾在鳃的位置有惰性的几丁质外壳,同时还具有敏感的膜层结构,对臭氧的抗氧化作用效果明显。Reid B. 等1994年证明蟹类在实验室养殖中也有类似的对 O₃ 的适应性。而鱼类则不然,由于它没有鳃膜,没有几丁质外壳,臭氧直接损害鳃瓣上的上皮细胞,致使血清渗透压降低;即使鱼类不会立即死亡,也会因受细菌感染而最终死亡。

3.2 牙鲟的耐受性及其恢复

与未接触 O₃ 的正常组相比较,接触较低浓度 (< 0.1 mg/L) O₃ 的牙鲟生活状态良好,而在接触较高 O₃ 浓度 (> 0.5 mg/L) 6 h 以后,牙鲟就出现鳃部肿胀,呼吸困难等不适应现象,在撤销 O₃ 之后,如果继续向缸中通入足量的氧气,接触较低浓度 O₃ 的牙鲟可缓慢恢复,但鳃部仍然充血,呼吸频率仍快 (100 次/min),若 24 h 后再通入臭氧,接触过高浓度臭氧的牙鲟很快就会死亡,这说明牙鲟的生理机能已受到严重破坏,为不可逆过程,不可恢复。

3.3 关于 O₃ 残留浓度的安全性及解决方法

目前,对于臭氧杀菌机理的报道不多,一般认为,臭氧的杀菌主要是靠其分解后产生新生氧的氧化能力。臭氧灭活病毒是通过直接破坏其 RNA 或 DNA 完成的;而杀灭细菌、霉菌等微生物则是臭氧作用于细

胞膜,使细胞膜的通透性发生改变,从而导致细胞溶解、死亡。至于 O₃ 对水生动物影响,一般也认为其主要破坏细胞膜结构,使膜内不饱和脂肪酸过氧化,改变细胞渗透性,干扰正常水盐代谢,中断氧化磷酸化耦联过程,从而使细胞不能获得正常活动所需的能量,而使组织变性、器官萎缩,降低了生物体的生理功能。

从表中可以看出,在 0.2 ~ 0.4 mg/L O₃ 残留浓度组中,24 h 后牙鲟死亡率即 47%,可推知半数致死浓度应在此范围之内。按实测 O₃ 平均浓度,利用直线内插法可求得 24 h LC₅₀ = 0.33 mg/L, 48 h LC₅₀ = 0.13 mg/L。

综上所述,虽然 O₃ 可显著净化水质,提高鱼虾产量,甚至可以提高某些鱼的耐盐力,然而其对水生生物的毒性也不可忽视。在实际运用时,若被用作单通道水体中时,一般都有较低的臭氧要求,若是用于臭氧再循环水时,更应使用小剂量(一般为 0.05 ~ 0.3 mg/L)和短时间的接触(0.3 ~ 2 min)。对于牙鲟来说,0.5 mg/L 的臭氧总残余量显然是有毒性的,如果正确控制 O₃ 残余量(牙鲟 ≤ 0.13 mg/L, 虾类 ≤ 1 mg/L),并辅以活性炭槽过滤,与紫外线杀菌法相比,由于臭氧消毒法不受水体浊度影响,且能对付紫外线难以杀灭的微生物,臭氧消毒应是一种有效的水产养殖海水消毒法。

当然,关于 O₃ 残留对鱼类致死的原因,还须从组织学水平、生物化学水平进一步进行检测。至于 O₃ 将会对鱼虾有哪些长期影响,还需进一步进行慢性毒理实验研究。

参考文献

- 王中柱等. 分析化学实验. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1990. 134 ~ 137
- 孙晓红, 韩华, 任重. 大连水产学院学报, 1997, 12(2): 74 ~ 78
- Summerfelt S. T., Hochheimer J. N. . *The Progressive Fishrcultunist*, 1997, 59(2): 94 ~ 105

THE TOXICITY OF OZONATED SEA WATER TO THE *Penaeus chinensis* AND *Paralichthys olivaceus*

JIANG Guoliang LIU Yun YANG Dong LÜ Yan

(Ocean University of Qingdao , College of Marine Life Sciences , 266003)

Received : Sep . , 26 , 2000

Key Words : Ozone , *Paralichthys olivaceus* , *Penaeus chinensis* , Toxicity , Water purification

Abstract

Ozone has been widely used in aquaculture applications as a water purification and sterilization method due to its rapid reaction rate intensively capable of killing microbes and few harmful reaction products . But the residual ozone would be harmful to fish and shrimp . *Penaeus chinensis* and *Paralichthys olivaceus* were tested separately in this experiment for their survival rate in various ranges of residual ozone levels . Results showed that the tolerance of shrimp for residual ozone levels was much higher than that of the fish , the shrimp would live 48 h in ozone water ≥ 1 mg/ L , while fish could not live more than 3 h . Concentration lethal to 50 % of sample fish of Bastard halibut for 48 h was 0.13 mg/ L . Compared with other disinfecting method , if we proper control the ozone's concentration , ozonation should be an indispensable good treatment method for intensive aquaculture .

(本文编辑 : 刘珊珊)