

高锰酸钾对淡水壳菜的杀灭试验

刘冬梅¹, 王睿^{1,2}, 洪洁¹, 崔福义¹, 陈伟雄³, 王彩虹³, 陈朝湘⁴

(1. 哈尔滨工业大学 城市水资源与水环境国家重点实验室, 150090 哈尔滨; 2. 中持(北京)水务运营有限公司, 100192 北京; 3. 广东省建筑设计研究院, 518055 广州; 4. 广州自来水公司南洲水厂, 510300 广州)

摘要:为减少淡水壳菜对原水输水管道造成的危害,对不同条件下原水中高锰酸钾对淡水壳菜的杀灭效果进行研究,结果表明:高锰酸钾对于淡水壳菜具有一定的杀灭作用,在同一温度下,杀灭效果先随质量浓度增加而增加,当质量浓度达 1.5 mg/L 时,杀灭速率最快,在 1.8 mg/L 溶液中速率稍有下降. 接触 2 mg/L 以上高锰酸钾溶液淡水壳菜便长时间闭壳自我保护,闭壳时间可达 8 d 以上,此时,杀灭效果与闭壳保护时间有关,与药剂质量浓度关系不大,当闭壳达到自身营养物质消耗殆尽时则死亡. 因此,高锰酸钾的投加质量浓度选择 1.2 ~ 1.8 mg/L 可达到尽快杀灭淡水壳菜的目的,同时节约药剂成本. 随着温度的升高,杀灭效果明显提高. 不同壳长的淡水壳菜对药剂的忍耐力也不同,壳长小于 10 mm 和大于 20 mm 的对药剂的忍耐力稍弱,而处于中间壳长的忍耐力较强.

关键词:淡水壳菜; 高锰酸钾; 杀灭

中图分类号: TU991.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 0367-6234(2012)04-0046-04

Experimental studies of inactivation effect on *limnoperna fortunei* with potassium permanganate

LIU Dong-mei¹, WANG Rui^{1,2}, HONG Jie¹, CUI Fu-yi¹, CHEN Wei-xiong³, WANG Cai-hong², CHEN Chao-xiang⁴

(1. State Key Laboratory of Urban Water Resource and Environment, Harbin Institute of Technology, 150090 Harbin, China;

2. CSD (Beijing) Water Works Operation Management Co., Ltd, 100192 Beijing, China; 3. Guangdong Architecture Design & Research Group, 518055 Guangzhou, China; 4. Nanzhou Waterworks, Guangzhou Watersupply Company, 510300 Guangzhou, China)

Abstract: To reduce the harm to raw water pipes by *Limnoperna fortunei*, the experimental study of inactivation effect on *Limnoperna fortunei* with potassium permanganate under different conditions in the raw water was conducted. At the same temperature, the inactivation effect increased with the concentration of potassium first; when the concentration reached 1.5 mg/L, the effect was the best; the inactivation effect was worse when the concentration was 1.8 mg/L. When the concentration was higher than 2 mg/L, the *Limnoperna fortunei* closed shells to protect themselves for a long time, 8 days or more. At this time, the mortality has little to do with the concentration. The results show that the concentration of potassium permanganate of 1.2 ~ 1.8 mg/L could achieve the purpose of killing *Limnoperna fortunei* as soon as possible with low costs. As the temperature increases, the killing effect is improved. The tolerance of *Limnoperna fortunei* of which the shell length is less than 10 mm or larger than 20 mm is weaker than that of others.

Key words: *Limnoperna fortunei*; potassium permanganate; inactivation

收稿日期: 2011-05-20.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50808052); 水体污染控制与治理科技重大专项课题(2009ZX07423-004); 城市水资源与水环境国家重点实验室(哈尔滨工业大学)自主课题(2010TS08).

作者简介: 刘冬梅(1973—), 女, 副教授;
崔福义(1958—), 男, 教授, 博士生导师.

通讯作者: 崔福义, mei18@hit.edu.cn.

淡水壳菜是一种淡水贝类,以滤食水体中的硅藻、原生动物和有机碎屑等为生^[1],在水中靠分泌的足丝附着在其他物体上,其分泌的足丝是一种结构蛋白——足丝粘附蛋白(Mussel Adhesive Proteins),含有一种特殊的氨基酸——多巴(3,4-l-dihydroxyphenylalanine, DOPA),由酪氨

酸经羟化后生成,与足丝较强的粘附性具有直接联系^[2],输水管道中较低流速更利于其繁殖^[3].淡水壳菜已在我国南方的输水管道内大量繁殖,对原水的长距离输送造成重大影响,增加了输水的阻力和电耗,同时恶化水质,增大自来水厂处理的难度.淡水壳菜在采样口及在线监测仪器上附着,影响采样和监测仪器的正常工作.目前,国内外对于淡水壳菜的主要控制方法有:生物方法,通过在水源地放养能够捕食淡水壳菜及其幼体的鱼类来抑制淡水壳菜的生长繁殖;物理方法,包括增设预处理设施、离水干燥法^[4-5]、高温水浸泡喷淋法^[6]、封闭缺氧法^[7-10]以及人工或机械清除法.大部分物理方法操作复杂,限制因素较多,可行性差;化学法,主要有足丝溶解法^[11]和化学药剂杀灭,化学药剂包括氯^[12]、臭氧、硫酸铜、氧化铜、钾盐、石灰和各种杀贝剂等.与物理方法相比,化学方法对于淡水壳菜的控制具有时间短、见效快的特点,但受水体安全要求的影响,药剂选择及投加量是目前研究的重点.

高锰酸钾是水处理中常用的强氧化剂,能够去除水中嗅味和色度,同时达到除铁、除锰的效果.在原水管道中投加适量高锰酸钾,能使氧化作用最大限度地进行,达到杀灭淡水壳菜的效果.本文探讨了实验室条件下高锰酸钾对于淡水壳菜的杀灭效果,为今后生产上实施提供参考.

1 实验

1.1 实验材料

定期从取水泵站格栅前的吸水井中刮取成团淡水壳菜,将足丝剪断,静养在玻璃水槽中24 h后以备试验,利用游标卡尺测量壳长,按照壳长大小分成4类:小于10 mm、10~15 mm、15~20 mm、大于20 mm,分别用于实验.

高锰酸钾采用分析纯,用纯水配制成需要质量浓度,再加入原水中.

1.2 实验方法

在1 L烧杯中分别放入10个健康的活体淡水壳菜,再分别注入含不同质量浓度高锰酸钾的原水.每隔24 h更换一次原水,保证烧杯内的药剂质量浓度和水质新鲜.每天观察并记录淡水壳菜的死亡情况.每组试验设置3个平行试验和1个对照组.对照组烧杯中只盛装原水,每24 h更换1次.温度控制采用恒温培养箱.

淡水壳菜死亡判断方法^[13]:用镊子将淡水壳菜从水中取出,对于双壳已完全弹开显示出明显死亡迹象的,则判断为死亡;对于小开口的,对外

界刺激无开闭壳反应的,将其放回原水中放置24 h后,若仍无开闭壳反应,则判断已死亡.

2 结果与讨论

2.1 不同质量浓度高锰酸钾的杀灭效果

试验在室温条件下(15~18℃)进行,选取壳长为10~15 mm的淡水壳菜用于试验.高锰酸钾质量浓度分别为:0.5、1、1.2、1.5、1.8、2、3、5 mg/L.每天记录淡水壳菜的死亡情况,以15 d为1个试验周期,结果如图1.

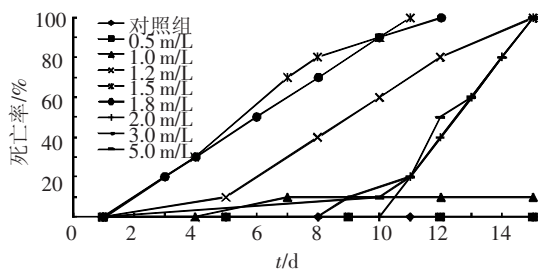


图1 不同质量浓度高锰酸钾对淡水壳菜的杀灭效果

由图1可知,对照组在试验期间无个体死亡.淡水壳菜在0.5 mg/L高锰酸钾溶液中开壳率较高,能够分泌足丝附着在杯壁上较好地生存,经过15 d并无死亡.当接触1 mg/L以上高锰酸钾溶液时淡水壳菜基本不进行足丝的分泌,开壳率较低.在1 mg/L溶液中死亡率较低,15 d只有10%个体死亡;接触1.2 mg/L以上高锰酸钾溶液,死亡率明显增加,并随高锰酸钾质量浓度增加而增加.在1.2 mg/L高锰酸钾溶液中,达到100%死亡需要15 d;在1.5 mg/L高锰酸钾溶液中,死亡率最快,全部死亡需11 d;质量浓度继续升高,在1.8 mg/L高锰酸钾溶液中,死亡速度稍有下降,需要13 d;接触2 mg/L以上高锰酸钾便紧闭双壳,进行自我保护,在前8 d里基本没有死亡,从第9天开始陆续死亡,随着质量浓度继续增加对死亡速率并无太大影响,均在第15天达到100%死亡率.

由此可推断,淡水壳菜在恶劣环境中具有闭壳自我保护的能力,闭壳可达1周左右,此后,待自身营养物质消耗殆尽,不得不开壳接触高质量浓度氧化剂,逐渐死亡.此时,增加药剂质量浓度并不能加速死亡.死亡速率应与淡水壳菜的闭壳保护时间有较大关系,与药剂质量浓度关系不大.高质量浓度下后期死亡速率较快,但结合前期投药时间,经济上并不可取,而且淡水壳菜集中死亡会使水中溶解氧迅速降低,恶化水质.因此,实际操作中没有必要投入较高质量浓度高锰酸钾,质量浓度选在1.2~1.8 mg/L,既达到很好的效果,

又节约了药剂成本。

2.2 温度的影响

将含有相同质量浓度(0、1、1.5、1.8、2 mg/L)高锰酸钾溶液的烧杯分别至于25、30℃培养箱中,其他条件与室温试验条件相同,考察温度对杀灭效果的影响,结果如图2、3。

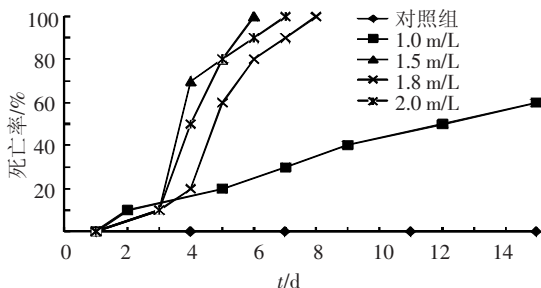


图2 25℃时高锰酸钾对淡水壳菜的杀灭效果

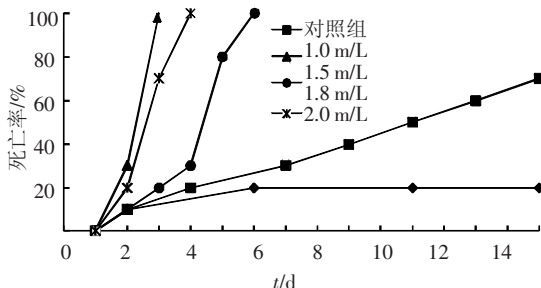


图3 30℃时高锰酸钾对淡水壳菜的杀灭效果

随着温度的升高,开壳率明显升高.室温条件下,在1 mg/L高锰酸钾中,淡水壳菜处于闭壳状态,当温度逐渐升高,在1 mg/L中仍能开壳吸取养分.同时,温度升高,杀灭效果也明显提高.在25℃条件下,对照组在15 d里仍无死亡,在1 mg/L高锰酸钾中,第15天死亡率达60%.在1.5、1.8、2 mg/L高锰酸钾中完全死亡分别需要6、8、7 d.在30℃中对照组死亡率增加,第15天达20%,同时,试验组的死亡速率也明显加快,在1 mg/L高锰酸钾中,第15天死亡率达70%.在1.5、1.8、2 mg/L高锰酸钾中完全死亡分别需要3、6、4 d.

由此可见,温度的升高有利于药剂对淡水壳菜的杀灭作用,高温条件下淡水壳菜的代谢作用增强,因而,药剂对其完全杀灭需要的时间也明显缩短.30℃的高温不利于淡水壳菜的生存,在该温度下杀灭效果也最好.

2.3 壳长的影响

不同壳长的淡水壳菜对药剂的忍耐力不同,因而杀灭效果也不同.将4组不同壳长的淡水壳菜分别放入1.5 mg/L高锰酸钾溶液中,壳长分别为:小于10 mm, 10~15 mm, 15~20 mm, 大于20 mm.每天对淡水壳菜的死亡情况进行观察记录.结果表明:不同壳长的淡水壳菜对药剂的忍耐力

力不同,完全杀灭4组淡水壳菜,需要时间分别为:8、11、12、9 d.壳长小于10 mm和大于20 mm的淡水壳菜对药剂的忍耐力较弱,而处于中间壳长的忍耐力较强,如图4所示.

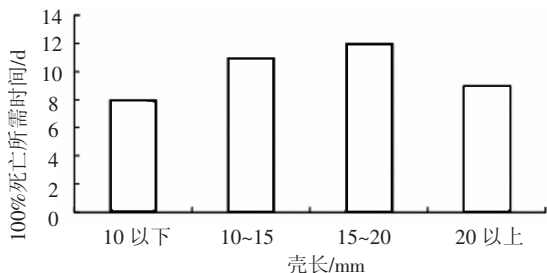


图4 不同壳长淡水壳菜对药剂的忍耐力

淡水壳菜一般繁殖季节为2~9月,最佳繁殖时期是3~7月^[14].幼体对于食物和环境的耐受力较弱^[15],实际生产中可在淡水壳菜繁殖旺盛的季节投药,对大量幼虫和稚贝进行杀灭,既能节约药剂投加量,又能减少投药时间,起到事半功倍的效果.

3 结 论

1)高锰酸钾对淡水壳菜具有较好的杀灭作用,1.5 mg/L时杀灭效果最好,室温下需要11 d;接触2 mg/L以上高锰酸钾便紧闭双壳,进行自我保护,随着质量浓度继续增加对死亡速率并无太大影响.实际操作中投加高锰酸钾质量浓度在1.2~1.8 mg/L时较为经济,且能达到很好的效果.

2)随着温度的升高,淡水壳菜的代谢增强,开壳率升高,死亡速率也明显提高.在炎热的夏季,投加适量高锰酸钾可较好地去除管道中淡水壳菜.

3)不同壳长的淡水壳菜对药剂的忍耐力不同,壳长小于10 mm和大于20 mm的对药剂的忍耐力稍弱,而处于中间壳长的忍耐力较强.选择在淡水壳菜大量繁殖季节投药,既能节约药剂投加量,又能缩短投加时间,且能达到较好的效果.

参考文献:

- [1] MOLINA F R, DEVERCELLI M. Zooplanktonophagy in the natural diet and selectivity of the invasive mollusk *Limnoperna fortunei* [J]. *Biol Invasions*, 2010, 12: 1647–1659.
- [2] 李楠楠,石戈.厚壳贻贝 *Mytilus coruscus* 足丝盘及足丝的多巴分析[J]. *中国生物化学与分子生物学报*, 2011, 27(2):148–153.
- [3] OLIVEIRA M D, CALHEIROS D F. Abiotic factors controlling the establishment and abundance of the inva-

sive golden mussel *Limnoperna fortunei* [J]. *Biol Invasions*, 2011, 13: 717 – 729.

[4] MONTALTO L, DRAGO de I E. Tolerance to desiccation of an invasive mussel, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae), under experimental conditions [J]. *Hydrobiologia*, 2003, 498: 161 – 167.

[5] DARRIGRAN G A, MARONAS M E, COLAUTTI D C, *et al.* Air exposure as a control mechanism for the golden mussel, *Limnoperna fortunei*, (Bivalvia: Mytilidae) [J]. *Journal of Freshwater Ecology*, 2004, 19 (3): 461 – 464.

[6] 罗凤明. 深圳市供水系统中淡水壳菜的生物学及其防治技术 [D]. 南昌: 南昌大学, 2006: 8 – 9.

[7] 刘丽君, 尤作亮, 罗凤明, 等. 封闭缺氧法杀灭和去除管道中的淡水壳菜研究 [J]. *中国给水排水*, 2006, 22 (3): 40 – 43.

[8] VILLELA I V, OLIVEIRA de I M. Assessment of environmental stress by the micronucleus and comet assays on *Limnoperna fortunei* exposed to Guafba hydrographic region samples (Brazil) under laboratory conditions [J]. *Mutation Research*, 2007, 628: 76 – 86.

[9] NAKANO D, KOBAYASHI T, SAKAGUCHI I. Differences in larval dynamics of golden mussel *Limnoperna fortunei* between dam reservoirs with and without an aeration system [J]. *Landscape Ecol Eng*, 2010, 6: 53 – 60.

[10] MÁRCIA D, OLIVEIRA S K, HAMILTON D F, *et al.* Oxygen depletion events control the invasive golden mussel (*limnoperna fortunei*) in a tropical floodplain [J]. *Wetlands*, 2010, 30: 705 – 716.

[11] 罗凤明, 刘丽君, 尤作亮, 等. 原水管道中淡水壳菜足丝溶解性能研究 [J]. *给水排水*, 2006, 32 (3): 29 – 32.

[12] 刘丽君, 张金松, 罗凤明, 等. 淡水壳菜在含氯水中的开闭壳行为与杀灭效果分析 [J]. *中国给水排水*, 2007, 23 (7): 20 – 22.

[13] WALLIS R L. Thermal tolerance of *mytilus edulis* of Eastern Australia [J]. *Marine Biology*, 1975, 30: 183 – 191.

[14] 罗凤明, 张重祉, 胡向萍. 淡水壳菜在深圳市原水管道中的繁殖规律 [J]. *科技经济市场*, 2009, 3: 109 – 110.

[15] BOLTOVSKOY D. Environmental modulation of reproductive activity of the invasive mussel *Limnoperna fortunei*: implications for antifouling strategies [J]. *Austral Ecology*, 2009, 34: 719 – 730.

(编辑 刘 彤)

(上接第 22 页)

2) 随经历温度的升高, 掺不同纤维的 RPC 高温后立方体抗压强度均呈现出先增大后减小的变化规律, 300 ~ 400 °C 强度达到峰值, 600 °C 开始明显下降. 钢纤维可以有效提高 RPC 高温后立方体抗压强度, 聚丙烯纤维对抗压强度有不利影响.

3) 钢纤维 RPC 受尺寸效应的影响大于素 RPC 和单掺聚丙烯纤维的 RPC. 通过计算汇总, 给出 RPC 在不同温度段内的尺寸换算系数平均值.

4) 由于活性粉末混凝土强度较高, 在经历温度低于 600 °C 时, 抗压破坏特征表现为明显的脆性破坏, 超过 600 °C 后, 由脆性破坏转为塑性破坏. 钢纤维的加入, 极大改善了 RPC 的抗压破坏特征, 聚丙烯纤维对 RPC 破坏特征的改善不明显.

5) 通过回归分析, 建立了活性粉末混凝土高温后立方体抗压强度随温度变化的计算公式.

参考文献:

[1] 李卫, 过镇海. 高温下砼的强度和变形性能试验研究 [J]. *建筑结构学报*, 1993, 14 (1): 8 – 16.

[2] HUSEM M. The effects of high temperature on compressive and flexural strengths of ordinary and high-perform-

ance concrete [J]. *Fire Safety Journal*, 2006, 41 (2): 155 – 163.

[3] 吴波, 袁杰, 王光运. 高温后高强混凝土力学性能的试验研究 [J]. *土木工程学报*, 2000, 33 (2): 8 – 12.

[4] LI Min, QIAN Chunxiang, SUN Wei. Mechanical properties of high-strength concrete after fire [J]. *Cement and Concrete Research*, 2004, 34 (6): 1001 – 1005.

[5] 胡海涛, 董毓利. 高温时高强混凝土强度和变形的试验研究 [J]. *土木工程学报*, 2002, 35 (6): 44 – 47.

[6] LAU A, ANSON M. Effect of high temperatures on high performance steel fiber reinforced concrete [J]. *Cement and Concrete Research*, 2006, 36 (9): 1698 – 1707.

[7] 肖建庄, 王平. 掺聚丙烯纤维高性能混凝土高温后的抗压性能 [J]. *建筑材料学报*, 2004, 7 (3): 281 – 285.

[8] RICHARD P, CHEYREZY M. Composition of reactive powder concretes [J]. *Cement and Concrete Research*, 1995, 25 (7): 1501 – 1511.

[9] 郑文忠, 李莉. 活性粉末混凝土配制及其配合比计算方法 [J]. *湖南大学学报: 自然科学版*, 2009, 36 (2): 13 – 17.

(编辑 赵丽莹)