

抗菌防臭纤维织物杀藻效果研究

张 翌 张 磊 王三应 李 莎 李 燕 杨继红

(华中师范大学生命科学学院, 武汉 430079)

摘 要 针对水华治理需求, 采用市售抗菌防臭纤维织物产品进行了实验室和小型实验池中水华藻杀灭实验。结果显示, 在 28℃ 光照强度 3 000 lx 条件下, 在实验室培养的藻悬浮液中放置 0.4 cm²/mL 抗菌防臭纤维织物 1~3 d 后, 铜绿微囊藻 (*Microcystis aeruginosa*) DS 和 7820 种、鲍氏织线藻 (*Plectonema calothrichoides* Gom)、莱茵衣藻 (*Chlamydomonas reinhardtii*) 的叶绿素 a 含量即明显降低, 处理 2 周后, 叶绿素 a 浓度分别下降 94.8%、92.7%、93.2% 和 98.9%; 鱼腥藻 (*Anabaena* 7120), 斜生栅藻 (*Scenedesmus obliquus* Kütz) 的生长受到强烈抑制, 处理 3 周后其叶绿素 a 浓度无明显增加; 在 1.8 m × 2.8 m × 1.5 m 的小型实验池使用 1.25 m²/m³ 抗菌防臭纤维织物 8 d 后, 实验池野生铜绿微囊藻叶绿素 a 浓度下降 86.8%。鱼类急性毒理测试显示该抗菌防臭纤维织物无毒性。

关键词 水华 抗菌防臭纤维织物 杀藻

中图分类号 X524 **文献标识码** A **文章编号** 1673-9108(2010)05-1116-05

Algaecidal effect of antibacterial and deodorize textile

Zhang Yi Zhang Lei Wang Sanying Li Sha Li Yan Yang Jihong

(College of Life Science, Huazhong Normal University, Wuhan 430079, China)

Abstract The algaecidal activity of a commercial purchased antibacterial and deodorize textile were investigated in the laboratory and experimental pool. It showed that the concentration of chlorophyll a (Chl-a) of algal culture of *Microcystis aeruginosa* DS and *Microcystis aeruginosa* 7820, *Plectonema calothrichoides* Gom, *Chlamydomonas reinhardtii*, had apparently decreased respectively after 3 days when the antibacterial and deodorize textile (0.4 cm²/mL) was rinsed in the algal suspension cultured in the lab under 28℃ and light intensity of 3 000 lx. After 3 weeks of treatment, the concentration of Chl-a decreased by 94.8%, 92.7%, 93.2% and 98.9%, respectively. The propagation of *Anabaena* 7120 and *Scenedesmus obliquus* Kütz was acutely restrained, the concentration of Chl-a did not increase markedly after 3 weeks treatment. The Chl-a concentration of wild *Microcystis aeruginosa* algae in a pool (1.8 m × 2.8 m × 1.5 m) of man-made algal bloom has decreased by 86.8% after 8 days treatment when the textile (1.25 m²/m³) was rinsed in the pool. Acute fish toxicity test (5 days) of the antibacterial and deodorize textile showed no significant toxicity.

Key words algae bloom; antibacterial and deodorize textile; algaecidal activity

目前, 随着工业进程的加快和经济的快速发展, 大量工农业废水的直接排放, 导致水体的富营养化现象日趋严重, 水华频繁暴发^[1]。水华暴发时, 大量生长的水华藻类会影响和改变水的理化性质及生物多样性, 破坏水体的景观和水的利用价值。更为严重的是许多水华藻类会产生毒素, 可以杀死浮游动物、鱼类和野生动物, 并通过食物链影响人类的健康^[2,3]。鉴于藻类水华对环境及人类存在的危害性, 对其进行控制和消除势在必行。藻类水华尤其是大型湖泊中的蓝藻水华的治理是世界性的难题, 除了降低水体中 N、P 营养盐水平外, 世界许多国家对藻类水华的治理尝试了许多方法, 物理除藻如超声波法^[4]、过滤法及脱水法等, 成本高且不易根治

水华; 化学除藻更会给水体带来二次化学污染^[5]。生物除藻^[6]则取得成效较慢。

抗菌防臭纤维织物是江苏 AB 集团采用原中国纺织大学陈美华等开发的一种功能性的纤维织物, 其上偶连了功能基团, 具有杀细菌及真菌的功能, 多用于制作抗菌防臭衣物。绝大多数的水华是仅由藻类引起的, 如蓝藻、绿藻和硅藻等。引起水华的藻类

收稿日期: 2009-05-14; 修订日期: 2009-06-27

作者简介: 张翌 (1982~), 男, 硕士研究生, 主要从事微生物学研究
工作。E-mail: ggycncnu@163.com

中蓝藻本身和细菌一样是原核生物,真核藻类和真菌也有相似之处,基于此,我们推测抗菌防臭纤维织物对水华和赤潮藻类可能具有杀灭能力,本研究对抗菌防臭纤维织物进行水华藻类杀灭效果进行了测试。

1 材料与方法

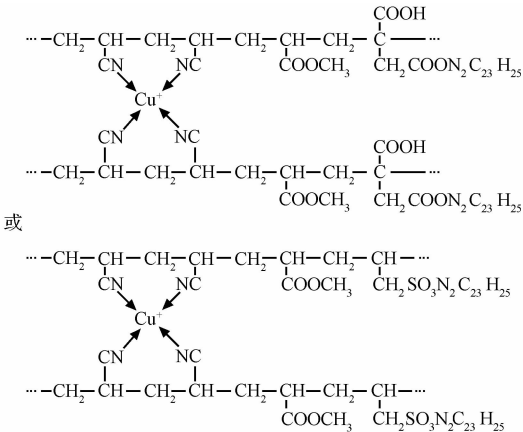
1.1 实验材料

1.1.1 实验藻种

铜绿微囊藻 (*Microcystis aeruginosa*) DS 和 7820 种、鱼腥藻 (*Anabaena* 7120)、鲍氏织线藻 (*Plectonema calothrichoides* Gom)、莱茵衣藻 (*Chlamydomonas reinhardtii*)、斜生栅藻 (*Scenedesmus obliquus* Kütz) 来自中国科学院水生生物研究所淡水藻种保藏中心。蓝藻和其他真核藻均用 BG11 培养基培养,在温度 28℃、光照强度 3 000 lx 条件下培养,实验前将实验用藻培养至对数生长期时用于实验。

1.1.2 抗菌防臭纤维织物

抗菌防臭纤维织物是江苏 AB 集团采用原中国纺织大学陈美华等开发的一种功能性的纤维织物,该纤维织物以腈纶纤维为第一单体,在腈纶纤维上复合亚铜离子,并以衣康酸或丙烯磺酸钠为第三单体,在其上复合碱性绿基团。由于铜离子和碱性绿基团均具有很强的抗菌、杀菌功能,其对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、枯草杆菌、白色葡萄球菌和白色念球菌等原核及真核细菌均有较强杀灭能力。其化学结构:



实验采用从江苏 AB 集团的 AB 抗菌保健内衣上裁剪下来的抗菌防臭纤维织物,根据藻悬液体积,裁剪成不同大小用于杀藻实验。

1.2 杀藻效率测试

实验室内测试:取 BG11 培养基培养在 5 L 大三角瓶中,处于对数生长期的铜绿微囊藻 DS 种、7820 种、鱼腥藻、鲍氏织线藻、莱茵衣藻或斜生栅藻(藻细胞密度>1×10⁷个/mL)300~500 mL 于 4 个无菌 2 000 mL 的三角瓶中,加入无菌 BG11 培养基补足至 1 000 mL。按藻液量取裁剪好的抗菌防臭纤维织物 3 等份(每份约 1.3 g),用无菌 BG11 培养基浸湿后分别置于每个 2 000 mL 三角瓶中进行杀藻平行实验,第 4 瓶藻液作为对照组,在 28℃光照强度 3 000 lx 条件下培养。逐日从实验组和对照组每个瓶中各无菌吸取藻液 5 mL,提取叶绿素 a,测定藻类的生物量,叶绿素提取参照文献[7],同时进行细胞计数和形态观察。

小型实验池野生水华藻杀灭实验:在 2 个大小均为 1.8 m×2.8 m×1.5 m 的水池中分别加入 1.2 m 深的自来水,静置 2 d 使水中的氯完全挥发,将从武汉关桥水华池塘采集的含有野生水华藻类(主要为铜绿微囊藻)的水约 10 L 分别平均接种到 2 个池子里,加入有机肥各 250 g,搅拌均匀。当 2 个池子的藻细胞浓度达到关桥水华池塘藻悬液相当水平时(细胞密度>1×10⁵个/mL)时,根据藻液体积按照 1.25 m²/m³将抗菌防臭织物悬垂在一个实验池中。另一个实验池作为对照,逐日从试验池和对照池中取水样 250 mL 提取叶绿素,测定藻类的生物量。

1.3 毒性测试

在长 120 cm、宽 50 cm、高 55 cm 的长方形鱼缸中注入曝气自来水,放入 10 条斑马鱼(约 3 g/条)和 5 条金鱼(约 10 g/条),投入湿重 50 g 左右的金鱼藻用于鱼类栖息和供氧。将 2 块长 50 cm,宽 40 cm 的抗菌防臭纤维织物悬浮在水中。按同样条件设置空白对照。连续 5 d 观察鱼的活动情况及存活状况。实验进行的 5 d 内,测得最高光强为 4 000 lx。

2 结果和分析

2.1 抗菌防臭纤维织物在实验室内的杀藻效果

实验室条件下抗菌防臭纤维织物引起铜绿微囊藻 DS 种、7820 种、鱼腥藻、鲍氏织线藻、莱茵衣藻和斜生栅藻悬液的叶绿素 a 浓度和细胞数量变化如图 1~图 6 所示。

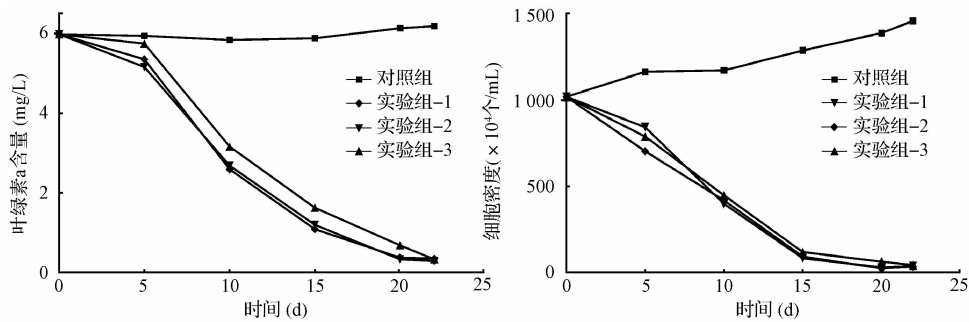


图 1 抗菌防臭纤维织物对铜绿微囊藻 DS 悬液叶绿素 a 浓度及细胞密度的影响

Fig. 1 Effect of antibacterial and deodorize textile on the Chl-a concentration and cell density of *Microcystis aeruginosa* DS

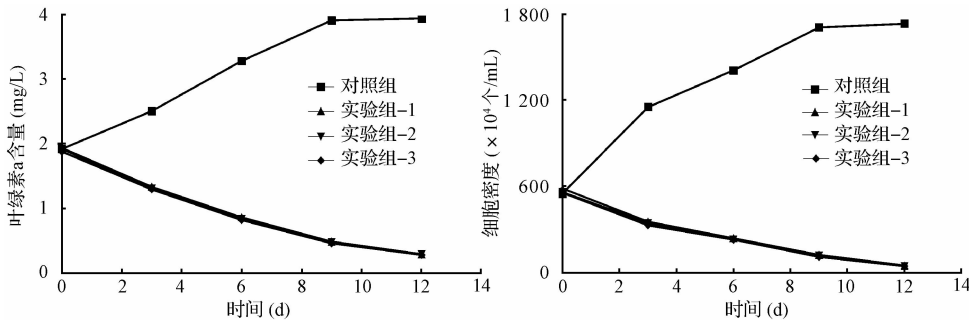


图 2 抗菌防臭纤维织物对铜绿微囊藻 7820 悬液叶绿素 a 浓度及细胞密度的影响

Fig. 2 Effect of antibacterial and deodorize textile on the Chl-a concentration and cell density of *Microcystis aeruginosa* 7820

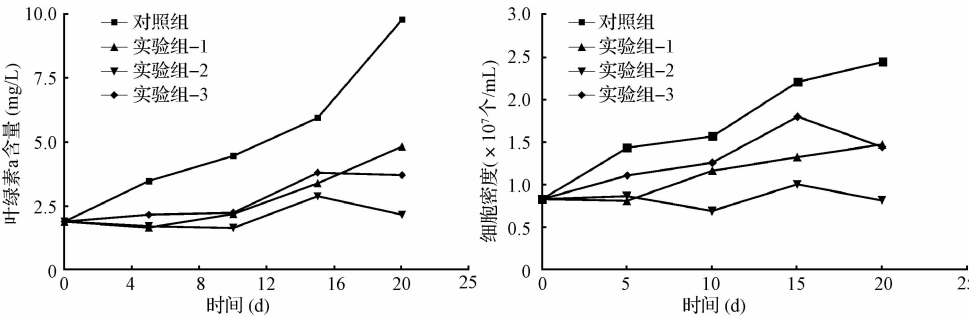


图 3 抗菌防臭纤维织物对鱼腥藻悬液叶绿素 a 浓度及细胞密度的影响

Fig. 3 Effect of antibacterial and deodorize textile on the Chl-a concentration and cell density of *Anabaena* 7120

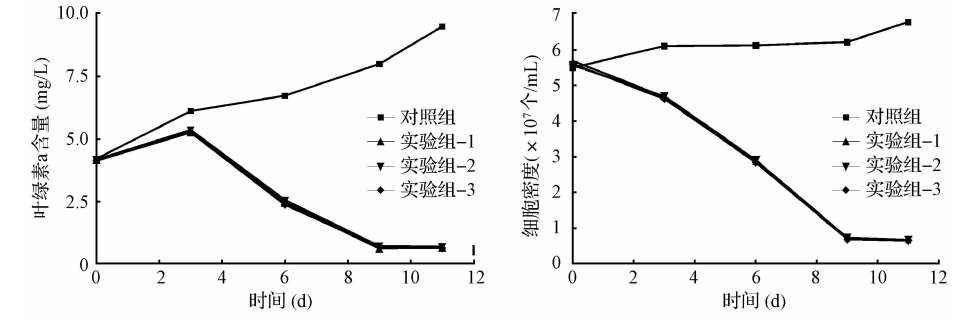


图 4 抗菌防臭纤维织物对鲍氏织线藻悬液叶绿素 a 浓度及细胞密度的影响

Fig. 4 Effect of antibacterial and deodorize textile on the Chl-a concentration and cell density of *Plectonema calothrichoides* Gom

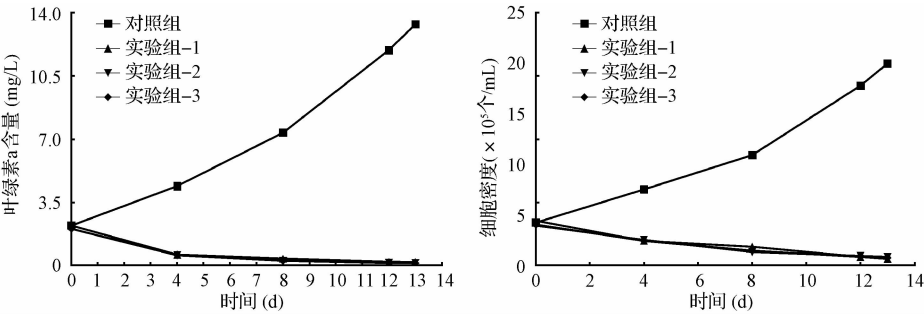


图 5 抗菌防臭纤维织物对莱茵衣藻悬液叶绿素 a 浓度及细胞密度的影响
Fig. 5 Effect of antibacterial and deodorize textile on the chl a concentration and cell density of *Scenedesmus obliquus* Kütz

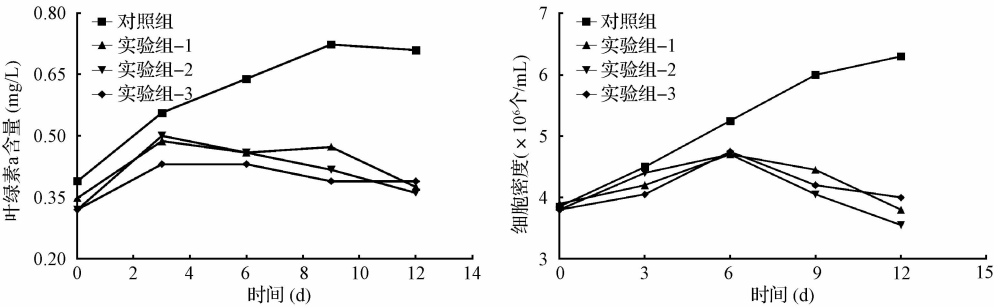


图 6 抗菌防臭纤维织物对斜生栅藻悬液叶绿素 a 浓度及细胞密度的影响
Fig. 6 Effect of antibacterial and deodorize textile on the Chl-a concentration and cell density of *Chlamydomonas reinhardtii*

在放置抗菌防臭纤维织物 3~5 d 后,铜绿微囊藻 DS 和 7820 种、鲍氏织线藻和莱茵衣藻细胞数量明显下降,第 12 d,与对照组相比上述藻悬液叶绿素 a 含量分别降低 94.8%、92.7%、93.2% 和 98.9%,细胞数量则下降了 97.3%、97.3%、90.4% 和 96.5%。镜检发现上述 4 种敏感藻类的藻细胞密度随时间推移呈指数减少,但与叶绿素 a 含量变化并非一致,而是比叶绿素 a 含量减少更快些,推测可能是部分死亡藻细胞并未破裂,叶绿素未释放降解导致。在显微镜下,可明显观察到藻细胞破裂后的碎片悬浮于藻悬液中,部分未破裂的藻细胞外膜也呈现不规则锯齿形状,随着时间的延长,鲍氏织线藻的藻丝段逐渐变短,具有鞭毛的游动藻类衣藻的活动能力逐渐降低。尽管放置抗菌防臭纤维织物不能杀灭鱼腥藻和斜生栅藻,但却能明显抑制鱼腥藻和斜生栅藻的生长,在为期 3 周的实验中,实验组鱼腥藻和斜生栅藻的叶绿素 a 含量仅有少量上升,对照组中叶绿素 a 的含量则持续上升(图 3 和图 6),3 周后叶绿素 a 含量实验组相对于对照组分别降低 63.6% 和 47.1%。镜检发现放置抗菌防臭纤维织物后尽管这 2 种藻细胞数量变化不大,但其中死亡藻细胞

碎片缓慢增加,推测这 2 种藻的死亡和新生处于一个动态的平衡。

2.2 抗菌防臭纤维织物耐用性

为了测试抗菌防臭纤维织物的耐用性,按照国家标准 GB/T 8629-2001 9B 将抗菌防臭纤维织物分别洗涤 5 次、10 次和 20 次并烘干,用对抗菌防臭纤维较敏感铜绿微囊藻 7820 种进行杀灭实验。结果抗菌防臭纤维织物洗涤 5 次和 10 次其对铜绿微囊藻 7820 种的杀灭能力未见明显变化,即使洗涤 20 次仍对铜绿微囊藻 7820 种具有较好的杀灭能力(图 7)。考虑到实验室测试耐用性时采用洗衣机洗涤的洗涤力较强,而在水华水体中抗菌防臭纤维织物将不会受到如此大的洗涤力,推测抗菌防臭纤维织物在实际杀藻中具有更强的耐用性。

2.3 小型实验池野生水华藻杀灭实验

2006~2008 年武汉市洪山区吴家湾关桥湖水发生水华,野生水华藻主要为微囊藻,为验证抗菌防臭纤维织物的杀藻效果浓缩收集水华藻,获得 10 L 浓缩野生水华藻悬液于小型实验池进行接种,培养及杀灭实验。结果在抗菌防臭纤维织物处理 2 d 后实验池叶绿素 a 含量大幅下降,7 d 后叶绿素 a 含量

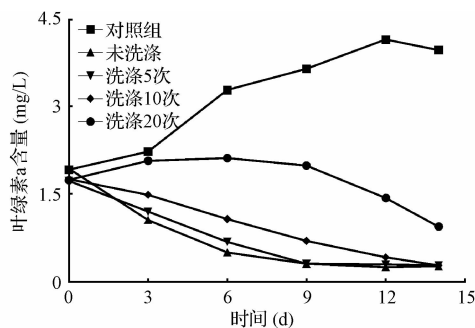


图 7 洗涤对抗菌防臭纤维织物杀铜绿微囊藻 7820 效果的影响

Fig. 7 Effect of antibacterial and deodorize textile on the chl a concentration of *Microcystis aeruginosa* 7820 after washed

下降了 86.8% (图 8),死亡藻体沉入池底,池水恢复清澈透明,而对照组叶绿素 a 含量保持稳定,显示该抗菌防臭纤维织物对野生水华微囊藻也有快速、强力的杀灭效果。

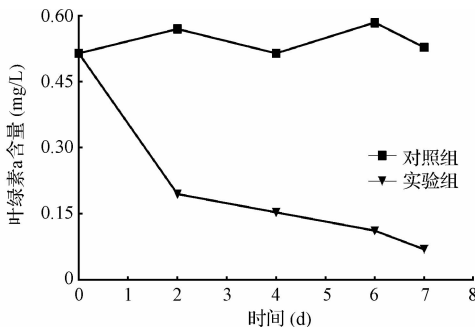


图 8 抗菌防臭纤维织物对水华池塘中野生藻悬液叶绿素 a 浓度变化的影响

Fig. 8 Effect of antibacterial and deodorize textile on the Chl-a concentration of wild algae in the water bloom pond

2.4 毒理测试

在 5 d 时间内,光强恒定为 4 000 lx 的情况下,与对照组相比,实验组鱼缸内的鱼全部存活且无异常表现,且在继续培养 20 d 后,所有鱼类均全部存活,表明抗菌防臭纤维织物对鱼类无急性致毒现象,即使长期使用仍安全。由于铜离子浓度为国家水质监测指标,将纤维浸泡在去离子水中 48 h 后对浸泡

液在原子吸收光谱仪中进行游离铜离子的检测,发现浸泡液中铜离子含量低于原子吸收光谱仪 0.08 mg/L 的检出限,说明铜离子浓度远低于国家标准 GHZB1-1999 所要求的 II 类地表水环境质量标准中铜离子浓度低于 1 mg/L 的标准。

3 讨论与结论

抗菌防臭纤维织物由于螯合了铜离子以及碱性绿基团,因而具有明显的杀细菌及部分敏感真菌的作用,而铜离子同样具有杀死部分水华藻类的作用^[3],在此基础之上,使用该织物治理水华藻类,简便,高效。对适用藻类,只需将纤维裁剪成适当的形状浸湿后放置于待杀灭的含有与该方法相适用的藻类水体中即可在 2 周左右有效杀灭该水体中的藻类;使用完后,取出纤维织物清洗干净即可再次使用;鱼类毒理测试显示该纤维织物安全无毒。

和所有杀藻方法一样,抗菌防臭纤维织物也有其缺点,在比较大的水华水体中使用抗菌防臭纤维织物的成本较高,为降低成本,需开发成较为经济实用的形式应用;藻细胞裂解后释放出的内容物又可加重水体富营养化,而抗菌防臭纤维织物不能去除藻细胞内的毒素和释放出的氮、磷类物质。如与其他除氮、除磷方法一起使用,则可达到更好的效果。

参考文献

[1] 王扬才,陆开宏. 蓝藻水华的危害及治理动态. 水产学杂志,2004, 17 (1): 90 ~ 94

[2] 赵晓联,孙秀兰,汤坚,等. 藻毒素的危害及分析方法进展. 食品科学,2005,26(3): 257 ~ 261

[3] 聂发辉,张伟. 富营养化水体藻类成因、危害及治理技术. 湖南城市学院学报(自然科学版),2006,15(2): 69 ~ 72

[4] 王波,张光明,王慧,等. 超声波去除铜绿微囊藻研究. 环境污染治理技术与设备,2005, 6(4): 83 ~ 85

[5] 董军,施永生. 除藻技术的现状分析及展望. 水科学与工程,2007, (4): 34 ~ 36

[6] 范振强,崔福义,马华,等. 放养鲢鱼预处理高藻原水的除藻效能及特性. 环境科学,2008, 29(3): 632 ~ 637

[7] Lesee Packer. Alexander N Methods in Enzymology. San Diego, California, USA: Academic Press,1998. 322 ~ 333