

甲磺隆和苄嘧磺隆对水华鱼腥藻生长的抑制作用研究

岳霞丽, 张新萍, 胡先文, 董元彦*

(华中农业大学理学院, 武汉 430070)

摘要: 将广谱、高效、低毒的甲磺隆、苄嘧磺隆作用于水华鱼腥藻, 用分光光度法测得的藻液吸光度作为藻现存量指标, 研究甲磺隆、苄嘧磺隆对水华鱼腥藻的生长效应。结果表明: 甲磺隆、苄嘧磺隆对水华鱼腥藻的生长有明显的抑制作用, 比传统的杀藻剂硫酸铜更优越, 且其抑制作用与用药量及初始藻密度密切相关。加药越多, 对水华鱼腥藻生长的抑制作用越强; 藻密度越大, 相应的抑制藻生长所需药量越大; 加药的时间越早, 抑藻效果也越好。同时以甲磺隆、苄嘧磺隆可湿性粉剂分别代替其纯品, 进行了小型水体试验, 抑藻效果显著, 确证了磺酰脲类除草剂用于控制藻类生长、治理“水华”和“赤潮”等环境问题的可行性。

关键词: 甲磺隆; 苄嘧磺隆; 水华鱼腥藻; 抑制生长

中图分类号: X55

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2006)08-0175-04

岳霞丽, 张新萍, 胡先文, 等. 甲磺隆和苄嘧磺隆对水华鱼腥藻生长的抑制作用研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(8): 175-178.

Yue Xiali, Zhang Xinping, Hu Xianwen, et al. Inhibitory effects on *A. nabaena flos-aquae* growth by Metsulfuron-methyl and Bensulfuron-methyl[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(8): 175-178. (in Chinese with English abstract)

0 引言

随着人类文明的进步及城市化进程的加快, 大量未经处理或处理不完全的工业废水、生活污水、有机垃圾肆意排入江河湖泊; 特别是农田施用的化肥、农药, 未被吸收降解即随地面径流流入水体, 造成水体的富营养化。“水华”和“赤潮”的频繁发生即是水体富营养化程度加剧显著的结果, 其发生的规模、危害程度也日趋严重, 已引起世人的广泛关注^[1-5]。世界各国的科学工作者对其危害、产生的原因、治理方法进行了广泛而长期的研究^[6-9], 但由于形成“水华”和“赤潮”的原因复杂, 目前对“水华”、“赤潮”的急性爆发尚无十分成功的解决办法^[10, 11]。化学方法即用化学试剂灭活藻类, 是目前应用最广、发展最快的方法之一^[12], 能立竿见影, 但不可避免地造成环境污染或破坏生态环境。最有效的传统的杀藻剂是 CuSO_4 , 但 Cu^{2+} 易富集, 且 CuSO_4 能使藻毒素从藻细胞内释放入水中, 成本高, 还可能造成重金属污染, 因而寻找其他高效、低毒、对环境友好的抑藻剂很有现实意义。

甲磺隆和苄嘧磺隆属磺酰脲类除草剂, 由于该类除草剂活性高、杀草谱广, 具有良好的环境特性而得到广泛应用^[13]。对人、畜的毒性低于食盐^[14]。如大多数磺酰脲类除草剂对大鼠的 LD_{50} 大于 4100 mg/kg, 而食盐为 3000 mg/kg, 使用相当安全。其作用靶标单一, 仅仅

抑制植物体内的乙酰乳酸合成酶活性, 动物体内不存在乙酰乳酸合成酶靶标, 因而磺酰脲类除草剂对动物表现出低毒性, 如用于水域对水生生物(鱼、贝类等)应没有不良影响。水华鱼腥藻 (*A. nabaena flos-aquae*) 是引起蓝藻“水华”最为常见的藻种之一, 存在普遍, 易于培养且对毒敏感, 具有十分重要的实验价值^[15]。因而将在农田中成功杀灭杂草的甲磺隆和苄嘧磺隆作用于水华鱼腥藻, 研究该类除草剂对水华鱼腥藻生长的抑制效应, 并进行小型水体试验, 不仅为磺酰脲类除草剂的推广、正确使用提供一些基础资料, 也为蓝藻“水华”的化学防治提供新的抑藻剂, 为水体富营养化的化学修复探索新的途径。

1 材料与方法

1.1 主要仪器及试验基地

恒温水浴锅, 722 可见分光光度计, 试验所用玻璃仪器经清水冲洗后, 在稀盐酸中浸泡 24 h, 自来水洗, 再以无菌水冲洗, 烘干备用。

华中农业大学淡水水产养殖基地 3 m × 3 m × 1 m 水池。

1.2 受试藻种与试剂

水华鱼腥藻: 中国科学院水生生物研究所淡水藻种库提供(编号: FACHB-245), 培养方法参见文献^[15]。

甲磺隆和苄嘧磺隆标样(纯度分别为 97.4%, 99.1%): 均购自上海农药研究所;

甲磺隆 10% 可湿性粉剂: 江苏省激素研究所, 每小包净含量 4 g;

苄嘧磺隆 10% 可湿性粉剂: 江苏常隆化工有限公司, 每小包净含量 10 g。

1.3 甲磺隆、苄嘧磺隆与硫酸铜对水华鱼腥藻的生长效应研究

收稿日期: 2005-11-28 修订日期: 2006-07-06

基金项目: 华中农业大学创新基金资助课题(010024)

作者简介: 岳霞丽(1966-), 女, 副教授, 博士研究生, 主要从事水体富营养化的生物化学防治方面的研究工作。湖北武汉 华中农业大学理学院, 430070。Email: yxl@mail.hzau.edu.cn

*通讯作者: 董元彦, 教授, 博士生导师, 研究方向为生态环境毒理。湖北武汉 华中农业大学理学院, 430070。Email: ydong@mail.hzau.edu.cn

在无茵条件下,取长势良好的试验藻种,接种到含有不同浓度甲磺隆、苄嘧磺隆或硫酸铜的培养液中,摇匀,培养液总体积为 200 mL。在(25±1)℃下,光照度 4000 Lx 持续照明,并用气泵不断地向藻液中鼓入空气进行培养。采用可见分光光度法,在 680 nm 波长处,每 24 h 测定藻液吸光度作为水华鱼腥藻现存量的指标^[16],每组平行测 3 次,取平均值。

1.4 不同生长时期的加药效果分析

无茵条件下取初始藻细胞密度为 1.0×10^5 cell/mL 的水华鱼腥藻共 10 份,分成 2 组,一组加甲磺隆,另一组加苄嘧磺隆,在相同条件下连续培养,依次为试验开始后的第 1 d、2 d、3 d、4 d 加药,加药时间间隔为 24 h,并使所加甲磺隆浓度均为 0.1 mg/L,苄嘧磺隆浓度均为 1.0 mg/L。每 24 h 测定藻液吸光度作为水华鱼腥藻现存量的指标^[15],每组平行测 3 次,取平均值。

1.5 小型水体试验

在经过消毒灭菌的 3 m×3 m×1 m 水池中注入自来水,水位高 60 cm,水体静置 2 d,然后加入一定量的营养盐,接入水华鱼腥藻藻种,再在藻生长适当时期加入一定量的 10% 甲磺隆或苄嘧磺隆可湿性粉剂。加药后每日上午 9 时定时利用 100 mL 塑料瓶采取藻样。采样前需用搅拌棒使水池中的藻分布均匀,然后在水池的四边及中间 5 个点进行采样。每 24 h 测定藻液吸光度作为水华鱼腥藻现存量的指标,每组平行 3 份,取平均值。

2 结果与分析

2.1 甲磺隆与硫酸铜的药效比较

试验中初始藻密度均为 1.5×10^5 cell/mL,当甲磺隆和硫酸铜的浓度均为 1.0 mg/L 时,以每隔 24h 测得的藻液吸光度(A)为纵坐标,以测定的时间为横坐标,以未加药藻液(空白)为对照,作出水华鱼腥藻的生长曲线(见图 1);当甲磺隆和硫酸铜的浓度均为 0.1 mg/L 时,同样方法作出水华鱼腥藻的生长曲线(见图 2)。

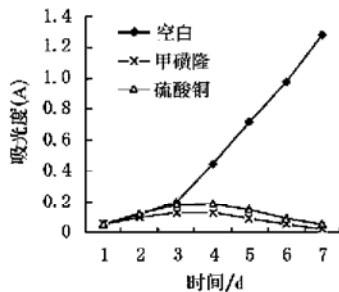


图 1 1.0 mg/L 甲磺隆和硫酸铜药效对比

Fig. 1 Comparison of inhibitory effect on algal growth between 1.0 mg/L Metsulfuron-methyl and 1.0 mg/L Cupric sulfate

从图 1、图 2 可以清楚地看出:当甲磺隆与硫酸铜浓度均为 1.0 mg/L 时,它们对水华鱼腥藻均具有明显的抑制作用,且抑制效果相当。但当浓度均减少到 0.1 mg/L 时,两者在前三天对水华鱼腥藻的抑制效应相近,第 4 天,加入硫酸铜的水华鱼腥藻有恢复生长的趋

势,需继续补加硫酸铜,而加入了甲磺隆的水华鱼腥藻生长明显受抑。显然,在浓度较高时,甲磺隆对水华鱼腥藻的抑制作用与硫酸铜相似,但在低浓度条件下,甲磺隆比硫酸铜对水华鱼腥藻的抑制效应更稳定。

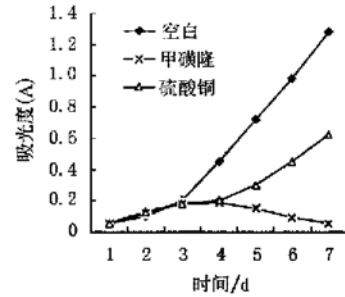


图 2 0.1 mg/L 甲磺隆和硫酸铜药效对比

Fig. 2 Comparison of inhibitory effect on algal growth between 0.1 mg/L Metsulfuron-methyl and 0.1 mg/L Cupric sulfate

2.2 不同浓度甲磺隆、苄嘧磺隆对水华鱼腥藻生长的效应

试验中初始藻密度均为 1.5×10^5 cell/mL,以未加药的藻液为对照,采用五组不同浓度的甲磺隆、苄嘧磺隆进行试验。甲磺隆浓度分别为 0.01、0.05、0.10、1.0、10 mg/L,苄嘧磺隆浓度分别为 0.1、0.5、1.0、5.0、10 mg/L,经过 7d 的连续培养和测定,得到如图 3、图 4 所示生长曲线。

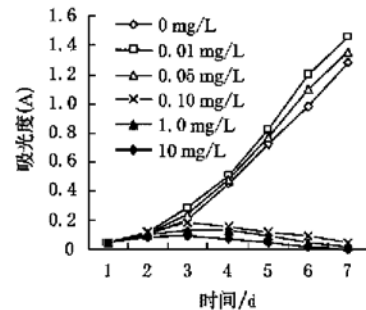


图 3 甲磺隆对水华鱼腥藻的生长效应

Fig. 3 Effect of Metsulfuron-methyl on the growth of Anabaena flos-aquae

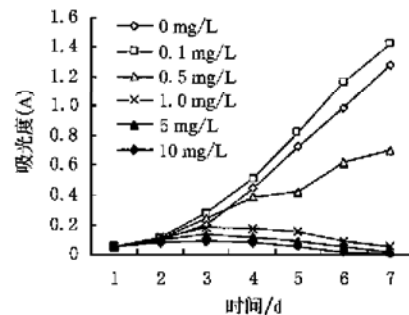


图 4 苄嘧磺隆对水华鱼腥藻的生长效应

Fig. 4 Effect of Bensulfuron-methyl on the growth of Anabaena flos-aquae

从图 3、图 4 可以看出:甲磺隆和苄嘧磺隆对水华

鱼腥藻生长的抑制效果与加药浓度密切相关。浓度越低对水华鱼腥藻的抑制作用越弱, 当浓度低到一定程度时, 甲磺隆和苄嘧磺隆对水华鱼腥藻几乎没有抑制作用, 甚至有一定的促进作用, 这时藻类可能降解农药, 将其作为营养物质吸收利用, 从而促进藻的生长; 但当甲磺隆浓度大于 0.1 mg/L、苄嘧磺隆浓度大于 1.0 mg/L 时就能有效抑制水华鱼腥藻的生长, 且浓度越大对水华鱼腥藻的抑制作用越强, 此时, 甲磺隆和苄嘧磺隆对藻的毒害作用占主导地位, 因而表现为抑制藻的生长。当然在实际应用过程中, 要综合考虑药效与成本两方面的因素, 既要充分发挥药效, 抑制藻的生长, 又要尽量减少药耗, 降低成本。

2.3 抑制不同初始水华鱼腥藻密度生长所需甲磺隆和苄嘧磺隆的用量

从图 3、图 4 可以看出, 藻细胞密度为 $1.5 \times 10^5 \text{ cell/mL}$ 时, 当加入的甲磺隆浓度为 0.10 mg/L 或苄嘧磺隆浓度为 1.0 mg/L 即可有效抑制藻的生长。同样, 可以测得藻细胞密度为 $1.5 \times 10^4 \text{ cell/mL}$ 和 $1.5 \times 10^6 \text{ cell/mL}$ 时, 抑制藻生长的有效浓度(见表 1)。

表 1 抑制藻生长甲磺隆和苄嘧磺隆的有效浓度与初始藻密度关系

初始藻密度/ $\text{cell} \cdot \text{mL}^{-1}$	1.5×10^4	1.5×10^5	1.5×10^6
甲磺隆有效浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0.01	0.1	1.0
苄嘧磺隆有效浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0.1	1	10

从表 1 可以看出: 抑制藻生长所需甲磺隆和苄嘧磺隆的有效浓度与初始藻密度有关, 初始藻密度越大, 抑制藻生长所需甲磺隆或苄嘧磺隆的用量即有效抑藻浓度也相应增大。

2.4 不同生长时期的加药效果分析

无菌条件下将初始藻细胞密度为 $1.0 \times 10^5 \text{ cell/mL}$ 的水华鱼腥藻共 10 份, 分为 2 组, 在相同条件下连续培养, 分别于第 1 d、第 2 d、第 3 d、第 4 d 加入甲磺隆、苄嘧磺隆, 且所加甲磺隆浓度均为 0.1 mg/L, 苄嘧磺隆浓度均为 1.0 mg/L。以每隔 24 h 测得的藻液吸光度值 A 值为纵坐标, 以测定的时间为横坐标, 分别作出水华鱼腥藻在不同生长时期加药后的生长曲线(见图 5、图 6), 空白为没有加药的藻生长曲线。

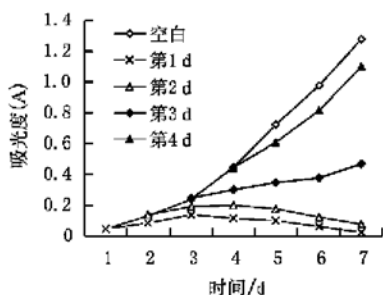


图 5 甲磺隆对不同生长时期的水华鱼腥藻的抑藻效应
Fig. 5 Inhibitory effect of Metsulfuron-methyl on *Anabaena flos-aquae* in different cultivation periods

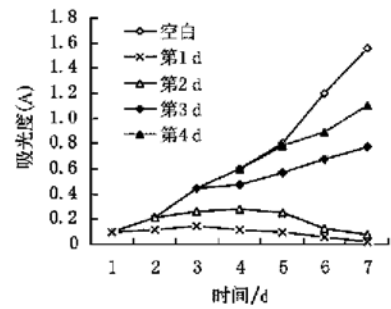


图 6 苄嘧磺隆对不同生长时期的水华鱼腥藻的抑藻效应
Fig. 6 Inhibitory effect of Bensulfuron-methyl on *Anabaena flos-aquae* in different cultivation periods

从图 5、图 6 可以看出, 甲磺隆和苄嘧磺隆对水华鱼腥藻的抑制效果与加药时间有很大关系。加药越早, 其抑制效果越好; 时间越往后推迟, 抑制效果急剧变差。因为随着时间的推移, 藻密度越来越大, 需消耗更多的药剂来抑制藻的生长。

2.5 小型水体试验

以甲磺隆 10% 可湿性粉剂和苄嘧磺隆 10% 可湿性粉剂分别替代甲磺隆和苄嘧磺隆纯品, 不经提纯, 将可湿性粉剂直接加入藻池。参照实验室测定水华鱼腥藻的初始藻密度与相应的甲磺隆和苄嘧磺隆的有效抑制浓度的关系, 根据各个藻池(3 m × 3 m × 1 m) 中藻细胞密度分别向 2 号藻池加入 2 g 10% 甲磺隆可湿性粉剂, 3 号藻池加 20 g 10% 苄嘧磺隆可湿性粉剂, 1 号藻池为空白对照, 不加农药, 每 24 h 取样测其吸光度作为现存藻量指标。各藻池初始藻细胞密度与加入的甲磺隆、苄嘧磺隆可湿性粉剂有效成分浓度如表 2。

表 2 各藻池初始藻密度与甲磺隆和苄嘧磺隆浓度
Table 2 Initial algae cell density and the concentration of Metsulfuron-methyl and Bensulfuron-methyl

藻池	1 号	2 号	3 号
初始藻密度/ $\text{cell} \cdot \text{mL}^{-1}$	5.5×10^4	4.5×10^4	6.2×10^4
甲磺隆浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0.0	0.04	0.0
苄嘧磺隆浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0.0	0.0	0.4

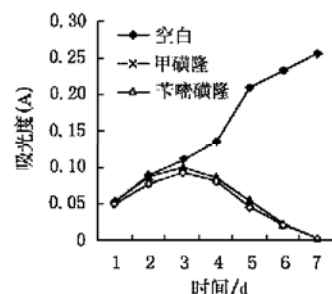


图 7 甲磺隆和苄嘧磺隆对水华鱼腥藻的生长抑制效应
Fig. 7 Inhibitory effects of Metsulfuron-methyl and Bensulfuron-methyl on the growth of *Anabaena flos-aquae*

测试结果如图 7 所示。加药后第 3 d, 藻液明显变黄, 到第 7 d 吸光度基本为零, 抑藻效果显著, 重复试验结果也基本一致, 说明甲磺隆和苄嘧磺隆用于治理蓝藻

“水华”是可能的。如应用于实际水域,最好在“水华”、“赤潮”暴发倾向初起端倪之时施药,这样使用较少的甲磺隆或苄嘧磺隆就有可能抑制藻的生长,防止“水华”的发生造成更大的经济损失。

3 结 论

通过实验室研究及小型水体试验确证:甲磺隆和苄嘧磺隆对水华鱼腥藻的生长有明显的抑制作用,且抑制作用随药剂用量增大而明显增强,比目前常用的杀藻剂硫酸铜抑制作用更稳定,可以作为控制水华鱼腥藻疯长的有效药剂。同时其抑制效果也与水华鱼腥藻的初始藻密度密切相关,藻密度越大,相应的抑制藻生长所需药量越大,因而在水华鱼腥藻繁殖初期施药,加药越早,抑藻效果越好。如以甲磺隆或苄嘧磺隆处理蓝藻“水华”的急性暴发,既要充分发挥药效,增强抑藻效果,又要尽量减少药耗,降低成本,而真正应用到实际水域,还有待于进一步研究。

[参 考 文 献]

- [1] 丁长春,王兆群. 水体富营养化污染现状及防治[J]. 甘肃环境研究与监测, 2001, 14(2): 45- 48.
- [2] 周云龙,于 明. 水华的发生、危害和防治[J]. 生物学通报, 2004, 39(6): 11- 14.
- [3] Smith V H, Tilman G D, Nekola J C. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater marine, and terrestrial ecosystem [J]. Environmental Pollution, 1999, 100: 179- 196.
- [4] 王扬才,陆开宏. 蓝藻水华的危害及治理动态[J]. 水产学杂志, 2004, 17(1): 90- 94.
- [5] 吴生才,陈伟民. 水体富营养化的渐进性和灾难性[J]. 灾害学, 2004, 19(2): 13- 17.
- [6] 谢礼国,郑怀礼. 湖泊富营养化的防治对策研究[J]. 世界科技研究与发展, 2004: 7- 11.
- [7] 王淑娟. 水体的富营养化及其防治[J]. 锦州师范学院学报, 2003, 24(2): 16- 18.
- [8] Ferrier M D, Butler B R, Sr, et al. The effects of barley straw (*Hordeum unlgare*) on the growth of freshwater algae [J]. Bioresource Technology, 2005, 96(16): 1788- 1795.
- [9] Yang Z B, Hodgkiss I J. HongKong's worst "red tide"—causative factors reflected in a phytoplankton study at Port Shelter Station in 1998. Harmful Algae, 2004, 3(2): 149- 161.
- [10] 柘元蒙. 滇池富营养化现状、趋势及其防治对策[J]. 云南环境科学, 2002, 21(1): 35- 38.
- [11] 高 丽,杨 浩,周建民,等. 滇池沉积物磷的释放以及不同形态磷的贡献[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(4): 731- 734.
- [12] 曲耀光. 保护人类生命之源——水[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2001: 188- 209.
- [13] 魏东斌,张爱茜,韩塑喙,等. 磺酰脲类除草剂研究进展 [J]. 环境科学进展, 1999, 7(5): 34- 42.
- [14] 苏少泉. 磺酰脲类除草剂作用特性与使用问题[J]. 世界农业, 1992, 9: 27- 29.
- [15] Satoshi Nakai, Yutaka Inoue, Masaaki Hosomi, et al. Growth inhibition of blue-green algae by allelopathic effects of macrophytes [J]. Water Science and Technology, 1999, 39(8): 47- 53.
- [16] 胡先文,董元彦,张新萍,等. 可见分光光度法测定水华鱼腥藻[J]. 华中农业大学学报, 2002, 21(3): 295- 297.

Inhibitory effects on *Anabaena flos-aquae* growth by Metsulfuron-methyl and Bensulfuron-methyl

Yue Xiali, Zhang Xinping, Hu Xianwen, Dong Yuanyan*

(College of Science, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: The effects on the growth of *Anabaena flos-aquae* were researched by Metsulfuron-methyl and Bensulfuron-methyl which are high activeness, effective and safe to animals. Visible Spectrophotography was employed to measure the Index of Absorbance which could be viewed as an index of the standing crop of *Anabaena flos-aquae*. The experimental results indicated that Metsulfuron-methyl and Bensulfuron-methyl have conspicuous effects of controlling algal growth and are more efficacious than Cupric sulfate. The inhibition on algae is closely related to the dosage and the initial algae cell density. The inhibition on algae is more evident with the increasing concentration of Metsulfuron-methyl and Bensulfuron-methyl and earlier exerting chemical reagents during the algae breeding. The higher amount of Metsulfuron-methyl or Bensulfuron-methyl is required with the rising of algae cell density. Furthermore, the inhibitory effect on algae is also obvious in small-scale body of water when the pure Metsulfuron-methyl and Bensulfuron-methyl were replaced by their solubility powder. These results proved the feasibility of applying the sulfonylurea herbicides to control the growth of algae and cure the increasingly serious pollution.

Key words: Metsulfuron-methyl; Bensulfuron-methyl; *Anabaena flos-aquae*; growth inhibition