

26 种除草剂对斜生栅藻的生长抑制活性

张燕宁, 张兰, 毛连纲, 陈星, 周杰敏, 蒋红云*

(中国农业科学院植物保护研究所, 农业部作物有害生物综合治理综合性重点实验室, 北京 100193)

摘要 [目的]明确不同种类除草剂对藻类植物的生态毒性等级。[方法]采用吸光度法测定 26 种常用除草剂对斜生栅藻(*Scenedesmus obliquus*)的生长抑制活性。[结果]26 种除草剂中有 9 种对斜生栅藻为低毒, 7 种为中毒, 10 种为高毒, 中高毒品种占 65.4%。[结论]除草剂对藻类存在较大的生态毒性, 应慎重选择使用。

关键词 除草剂; 斜生栅藻; 生长抑制

中图分类号 S482.4 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)23-132-02

Inhibitory Activity of 26 Herbicides against the Growth of *Scenedesmus obliquus*

ZHANG Yan-ning, ZHANG Lan, MAO Lian-gang, JIANG Hong-yun* et al (Key Laboratory of Comprehensive Treatment of Integrated Pest Management, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193)

Abstract [Objective] To determine the inhibitory activities of 26 kinds of herbicides against the growth of *Scenedesmus obliquus*. [Method] Absorption spectrophotometry method was used to detect the inhibitory activities of 26 kinds of herbicides against the growth of *S. obliquus*. [Result] Among the 26 kinds of herbicides, nine herbicides were low toxicity to *S. obliquus*, seven were moderate toxicity, and ten were highly toxicity. Herbicides with high and moderate toxicity accounted for 65.4%. [Conclusion] Herbicides have relatively great ecotoxicity to algae, which should be used carefully.

Key words Herbicides; *Scenedesmus obliquus*; Growth inhibition

化学除草剂因其成本低、效果好、效率高在农业经济中发挥了重要作用,以黑龙江省为例,黑龙江农药使用以除草剂为主,占农药量的 85% 以上。2012 年除草剂使用商品量 59 504 t,有效量 28 693 t,可用面积 3 575 万 hm^2 次^[1]。但化学除草剂的使用和管理现状并不规范,对环境造成了严重危害,例如长残效除草剂在土壤中的残留时间一般为 2~3 年,有的长达 4 年,对生态环境、粮食作物产量、食品安全和人类生存环境带来巨大危害^[2-3]。藻类是水生生态系统的初级生产者,其多样性和初级生产量直接影响水生生态系统的结构和功能^[4]。因此,绿藻是研究水体遭受环境污染程度较为理想的生态毒理研究材料^[5]。而除草剂的大量使用损伤藻类的抗氧化系统、抑制藻类光合作用^[6-8],有些除草剂还可引发藻类细胞核改变和细胞壁异常^[9],其对水生生态系统的影响不容忽视。笔者在实验室条件下研究了 26 种常用化学除草剂对斜生栅藻的生长抑制活性,探讨了化学除草剂对藻类群落和水生生态系统的潜在风险,以期建立经济、合理使用除草剂的标准体系,限制和减少长残效除草剂的生产和使用,推广应用安全、高效的除草剂品种提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料

1.1.1 供试药剂。供试除草剂共计 26 种(表 1),均由中国农业科学院植物保护研究所农药毒理及天然产物化学组提供。26 种除草剂均为单剂,包括 12 种剂型。

1.1.2 供试藻种及培养基。斜生栅藻,从农业部农药检定所引种,无菌操作条件下将试验藻接种到装有培养基的三角

瓶内,在人工气候箱中培养。每隔 96 h 接种 1 次,反复接种 2~3 次,使藻基本达到同步生长阶段,以此作为试验用藻。斜生栅藻培养及试验采用水生 4 号培养基。

1.2 试验方法 将供试除草剂按一定比例配成 5~7 个浓度,作为 2 倍试验药液。在无菌条件下,移取藻原液置于三角瓶中,加入蒸馏水和水生 4 号培养基,充分摇匀,使斜生栅藻细胞浓度约为 1×10^4 个/mL,作为 2 倍藻原液。将 2 倍藻原液 50 mL 与 2 倍试验药液 50 mL 充分混匀。同时设置空白对照组,处理组 and 对照组均设 3 次重复。将三角瓶封口置于人工气候箱中培养 72 h 每天充分摇匀 6 次以上。试验水温 21~24 $^{\circ}\text{C}$,光暗时间 16:8 h,光强 4 440~8 880 Lx。于培养 24、48、72 h 时分别取样 10 mL,分 3 次用分光光度计测定每个处理藻液的吸光度。

1.3 数据处理 将吸光度按照绘制的藻细胞浓度-吸光度标准曲线换算成细胞数,计算抑制率,用 DPS13.01 数据处理系统计算供试除草剂对斜生栅藻 24、48、72 h 的生物量抑制半数效应浓度(E_5C_{50})和 95% 置信限。

1.4 毒性等级划分 参考国家标准《化学农药环境安全评价试验准则》^[10],依据 72 h 除草剂对斜生栅藻的 E_5C_{50} 值划分毒性等级: $E_5C_{50} > 3.0$ mg a. i./L 为低毒; 0.3 mg a. i./L $< E_5C_{50} \leq 3.0$ mg a. i./L 为中毒; $E_5C_{50} \leq 0.3$ mg a. i./L 为高毒。

2 结果与分析

由表 2 可知,26 种除草剂中,2 甲 4 氯钠、氰氟草酯等 9 种除草剂为低毒;苯磺隆、二甲戊灵等 7 种除草剂为中毒;百草枯、莠去津等 10 种除草剂为高毒。其中,烟嘧磺隆、砒嘧磺隆、苯磺隆、吡嘧磺隆同属于磺酰脲类除草剂,氰氟草酯和炔草酯同属于芳氧基苯氧丙酸类除草剂,但对斜生栅藻的毒性等级不同,说明同一类除草剂毒性并不相似。草甘膦、草铵膦和百草枯都属于灭生性除草剂,但毒性差别较大,草

基金项目 公益性行业(农业)科技专项(201503107)。

作者简介 张燕宁(1979-),女,北京人,助理研究员,从事农药环境毒理研究。*通讯作者,研究员,博士,从事农药环境毒理及天然产物化学研究。

收稿日期 2016-07-11

表 1 供试除草剂
Table 1 The tested herbicides

序号 Code	药剂名称 Medicament name	有效成分 Effective component	英文名称 English name
1	56% 2 甲 4 氯钠可溶粉剂	2 甲 4 氯钠	MCPA-sodium
2	50% 百草枯可溶粒剂	百草枯	paraquat
3	10% 苯磺隆可湿性粉剂	苯磺隆	tribenuron-methyl
4	30% 苯噻酰草胺泡腾颗粒剂	苯噻酰草胺	mefenacet
5	15% 吡嘧磺隆泡腾颗粒剂	吡嘧磺隆	pyrazosulfuron-ethyl
6	200 g/L 草铵膦水剂	草铵膦	glufosinate-ammonium
7	41% 草甘膦水剂	草甘膦	glyphosate
8	41% 草甘膦异丙胺盐水剂	草甘膦异丙胺盐	glyphosate-isopropylammonium
9	33% 二甲戊灵乳油	二甲戊灵	pendimethalin
10	25% 砒嘧磺隆水分散粒剂	砒嘧磺隆	rimsulfuron
11	250 g/L 氟磺胺草醚水剂	氟磺胺草醚	fomesafen
12	30 g/L 甲基二磺隆可分散油悬浮剂	甲基二磺隆	mesosulfuron-methyl
13	240 g/L 甲咪唑烟酸水剂	甲咪唑烟酸	imazapic
14	69 g/L 精噁唑禾草灵水乳剂	精噁唑禾草灵	fenoxaprop-P-ethyl
15	200 g/L 氯氟吡氧乙酸乳油	氯氟吡氧乙酸	fluroxypyr
16	25% 氯氟吡氧乙酸异辛酯水乳剂	氯氟吡氧乙酸异辛酯	fluroxypyr-meptyl
17	15% 氰氟草酯微乳剂	氰氟草酯	cyhalofop-butyl
18	15% 炔草酯可湿性粉剂	炔草酯	clodinafop-propargyl
19	40% 莎稗磷乳油	莎稗磷	amilofos
20	15% 双草醚悬浮剂	双草醚	bispyribac-sodium
21	4% 五氟磺草胺悬浮剂	五氟磺草胺	penoxsulam
22	10% 硝磺草酮悬浮剂	硝磺草酮	mesotrione
23	40 g/L 烟嘧磺隆油悬浮剂	烟嘧磺隆	nicosulfuron
24	15% 乙氧磺隆水分散粒剂	乙氧磺隆	ethoxysulfuron
25	480 g/L 异噁草松乳油	异噁草松	clomazone
26	38% 莠去津悬浮剂	莠去津	atrazine

表 2 26 种除草剂对斜生栅藻生长抑制试验结果

Table 2 Results of growth inhibitory test of 26 kinds of herbicides to *S. oblique*

序号 Code	药剂名称 Medicament name	$E_y C_{50}$ mg a. i. /L	95% 置信限 95% confidence limit mg a. i. /L	回归方程 Regression equation	相关系数(r) Correlation coefficient	毒性等级 Toxicity grade
1	40% 莎稗磷乳油	0.029	0.021 ~ 0.039	$Y = 8.59 + 2.33X$	0.946	高毒
2	15% 双草醚悬浮剂	0.061	0.029 ~ 0.126	$Y = 6.43 + 1.18X$	0.942	高毒
3	38% 莠去津悬浮剂	0.075	0.052 ~ 0.100	$Y = 7.26 + 2.01X$	0.960	高毒
4	250 g/L 氟磺胺草醚水剂	0.103	0.056 ~ 0.193	$Y = 5.92 + 0.938X$	0.968	高毒
5	15% 吡嘧磺隆泡腾颗粒剂	0.131	0.116 ~ 0.147	$Y = 7.12 + 2.41X$	0.988	高毒
6	30 g/L 甲基二磺隆可分散油悬浮剂	0.141	0.129 ~ 0.154	$Y = 10.4 + 6.38X$	0.966	高毒
7	30% 苯噻酰草胺泡腾颗粒剂	0.153	0.131 ~ 0.178	$Y = 7.93 + 3.59X$	0.978	高毒
8	4% 五氟磺草胺悬浮剂	0.186	0.116 ~ 0.296	$Y = 6.40 + 1.91X$	0.942	高毒
9	50% 百草枯可溶粒剂	0.226	0.185 ~ 0.276	$Y = 6.33 + 2.06X$	0.982	高毒
10	240 g/L 甲咪唑烟酸水剂	0.229	0.196 ~ 0.267	$Y = 5.63 + 0.986X$	0.994	高毒
11	200 g/L 氯氟吡氧乙酸乳油	0.308	0.210 ~ 0.452	$Y = 5.29 + 0.573X$	0.970	中毒
12	33% 二甲戊灵乳油	0.396	0.317 ~ 0.491	$Y = 6.32 + 3.30X$	0.936	中毒
13	15% 乙氧磺隆水分散粒剂	0.721	0.474 ~ 1.100	$Y = 5.20 + 1.39X$	0.966	中毒
14	15% 炔草酯可湿性粉剂	1.270	0.883 ~ 1.820	$Y = 0.490 + 0.777X$	0.966	中毒
15	10% 苯磺隆可湿性粉剂	1.600	1.250 ~ 2.050	$Y = 4.60 + 1.97X$	0.980	中毒
16	480 g/L 异噁草松乳油	2.100	1.170 ~ 3.750	$Y = 4.33 + 2.07X$	0.854	中毒
17	41% 草甘膦异丙胺盐水剂	2.210	1.340 ~ 3.640	$Y = 4.60 + 1.17X$	0.970	中毒
18	25% 砒嘧磺隆水分散粒剂	3.030	2.850 ~ 4.150	$Y = 4.36 + 1.19X$	0.990	低毒
19	40 g/L 烟嘧磺隆油悬浮剂	3.270	0.851 ~ 12.600	$Y = 4.50 + 0.913X$	0.791	低毒
20	69 g/L 精噁唑禾草灵水乳剂	4.040	3.050 ~ 5.360	$Y = 4.36 + 1.06X$	0.918	低毒
21	25% 氯氟吡氧乙酸异辛酯水乳剂	9.090	7.790 ~ 10.600	$Y = 3.42 + 1.65X$	0.984	低毒
22	10% 硝磺草酮悬浮剂	9.750	7.560 ~ 12.600	$Y = 2.09 + 2.94X$	0.958	低毒
23	15% 氰氟草酯微乳剂	11.500	8.230 ~ 16.100	$Y = 0.974 + 3.79X$	0.869	低毒
24	200 g/L 草铵膦水剂	18.000	13.900 ~ 23.300	$Y = 3.75 + 0.995X$	0.976	低毒
25	56% 2 甲 4 氯钠可溶粉剂	62.000	39.700 ~ 96.600	$Y = 3.59 + 0.787X$	0.977	低毒
26	41% 草甘膦水剂	73.900	33.700 ~ 162.000	$Y = 3.55 + 0.777X$	0.863	低毒

区居民参与的积极性,完善社区参与机制,通过各种方式吸引和鼓励社区居民踊跃参与环巢湖旅游的建设与发展中来。只有这样才能促进区域的整体发展,使居民获益,从而为环巢湖地区的保护与发展做出贡献,实现环巢湖地区的良性建设与发展。

3.4 增添活动创意 要开展富有创意的多样化活动,近年来环巢湖旅游的发展循规蹈矩,缺乏创意,对游客的吸引力越来越小,亟需通过开展趣味性活动来吸引游客。例如可以利用当季的资源,适时地举办一些观鸟摄影活动或者摄影展览;也可以定期举办一些新颖的公益宣传活动,通过有趣的活动形式让旅游者有热情参与其中,主动了解和学习关于湿地、湖泊的知识,既放松了身心,又学到了知识,也为景区增添了活力,一举多得。

3.5 设置“蜜罐”措施与分流措施 “蜜罐”是在将游客比喻成蜜蜂的基础上的形象比喻,蜜蜂所爱追逐的地方即为“蜜罐”,这种做法包括发展或允许发展一些较为流行的旅游景点以减少其他更敏感地区的压力。例如,在游客主要集聚地设置一些公共休闲设施和场所,将这些设施和场所作为“蜜罐”,以此来吸引一大部分游客,进而保护那些较为脆弱的地区。“蜜罐”措施在本质上是在可能有人流压力的地区

(上接第 133 页)

甘麟和草铵膦对斜生栅藻毒性为低毒,而百草枯对斜生栅藻为高毒。莎稗磷、双草醚和莠去津对斜生栅藻的毒性较高。

3 结论与讨论

斜生栅藻是一种常见的淡水藻,属绿藻门绿球藻目栅藻科栅藻属。该试验结果表明,26 种常用化学除草剂中,对斜生栅藻毒性为中高毒的除草剂占 65.4%,表明除草剂对藻类存在较高的生态毒性。同一类除草剂对斜生栅藻的毒性不同,在防治杂草时应尽量选择低毒的除草剂。莎稗磷、双草醚对斜生栅藻的生长抑制毒性较高,且 2 种药剂均登记于水稻田,对自然水体存在潜在风险,应慎重选择使用。

化学除草剂在现代农业中发挥着重要作用,但使用和管理不规范的危害也日益显著,为减少化学除草剂危害,应加强化学除草剂的使用和管理,加快生物除草剂的研发,利用自然界生物中具有生物活性的代谢产物,开发新生物源型除草剂。生物除草剂具有定向性、研制周期短、研发费用相对较低廉的特点^[11-15],同时能够降低其环境残留^[16],应加大这一领域研究成果的开发和利用。

参考文献

- [1] 胡凡,朴英,王洪武,等. 黑龙江省除草剂使用情况的调查研究[J]. 农学学报,2015(1):25-31.
- [2] 王险峰,关成宏,辛明远. 我国长残效除草剂使用概况、问题及对策[J]. 农药市场信息,2003,42(23):5-10.
- [3] 张泰劫,冯莉,田兴山,等. 丁草胺和苄嘧磺隆对 2 种沉水植物的生物毒性[J]. 农药,2014,53(9):660-663.
- [4] 叶丹,陈洁,袁琳,等. 除草剂对 3 种绿藻的毒性测试研究[J]. 人民长江,2014,45(18):82-86.

设立自然或人为的旅游景点来分散游客。为了保持环巢湖旅游区的高质量生态环境,有必要采取游客分流的措施,既避免在主要旅游区发生过度承载的情况,也使更多地区享受旅游业带来的效益。

4 结语

环巢湖地区有着优越的旅游资源和生态环境,保护好这种原生态的景观并在此基础上对其进行开发建设,不仅能使生态环境得到长期改善,也能带动当地的经济效益与社会效益的增长,是一种长久可持续的发展方式。环巢湖区域对于安徽省旅游发展而言是一块非常重要的宝地,随着开发的推进,将会增加更多可观、可玩、可学的内容,使得环巢湖地区成为一个观光休闲、放松身心、呼吸新鲜空气的好去处。

参考文献

- [1] 韩娅,陆林. 基于共生理论的环巢湖游憩带城湖联动发展研究[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版),2014(4):383-388.
- [2] 肖佑兴. 旅游目的地旅游效应及其调适对策[D]. 昆明:云南师范大学,2002:42-45.
- [3] 李玉文,王新鹏. 生态旅游对环境的影响及控制对策[J]. 东北林业大学学报,2007(6):63-65.
- [4] 张军谋. 关于我国生态旅游研究现状与方法的分析[J]. 甘肃联合大学学报(社会科学版),2013(1):16-20.
- [5] 王长宾,瞿唯钢,袁善奎. 10 种除草剂对斜生栅藻的生长抑制活性研究[J]. 农药科学与管理,2010,31(9):49-51.
- [6] 倪妍,王毛兰,赖劲虎,等. 除草剂对藻类的生态毒理学研究述评[J]. 江西农业大学学报,2014,36(3):536-541.
- [7] 秦孟楠,宋春磊,林志芬,等. 基于分子对接的取代脲类除草剂对羊角鱼牙藻的毒性大于铜绿微囊藻的机理初探[J]. 环境化学,2016,35(1):75-81.
- [8] MOFFEED J, MOSLEH Y Y. Toxic responses and antioxidative enzymes activity of *Scenedesmus obliquus* exposed to fenhexamid and atrazine, alone and in mixture[J]. Ecotoxicology & environmental safety, 2013, 95(1): 234-240.
- [9] DEB T, SILVESTRE J, COSTE M, et al. Herbicide effects on freshwater benthic diatoms: Induction of nucleus alterations and silica cell wall abnormalities[J]. Aquatic toxicology, 2008, 88: 88-94.
- [10] 农业部农药检定所, 环保部南京环境科学研究所. 化学农药环境安全评价试验准则第 14 部分: 藻类生长抑制试验: GB/T 31270. 14—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [11] CHEN S G, YIN C Y, QIANG S, et al. Chloroplastic oxidative burst induced by tenuazonic acid, a natural photosynthesis inhibitor, triggers cell necrosis in *Eupatorium adenophorum* Spreng[J]. Biochim Biophys Acta-Bioenergetics, 2010, 1797: 391-405.
- [12] CHEN S G, XU X M, DAI X B, et al. Identification of tenuazonic acid as a novel type of natural photosystem II inhibitor binding in Q(B)-site of *Chlamydomonas reinhardtii*[J]. Biochimica et biophysica acta-bioenergetics, 2007, 1767: 306-318.
- [13] DUKE S O, DAYAN F E, RIMANDO A M, et al. Chemicals from nature for weed management[J]. Weed science, 2002, 50: 138-151.
- [14] DUKE S O, BAERSON S R, DAYAN F E, et al. United states department of agriculture-agricultural research service research on natural products for pest management[J]. Pest management science, 2003, 59: 708-717.
- [15] SAXENA S, PANDEY A K. Microbial metabolites as eco-friendly agrochemicals for the next millennium[J]. Applied microbiology and biotechnology, 2001, 55: 395-403.
- [16] 向梅梅,李华平,姜子德. 微生物除草剂研究现状与展望[J]. 仲恺农业技术学院学报,2005,18(4):64-69.