

硫酸铵对草甘膦在空心莲子草中输导及除草活性的影响

朱金文*, 程敬丽, 朱国念

(浙江大学 农药与环境毒理研究所, 浙江 杭州 310029)

摘要: 草甘膦与硫酸铵混合后处理空心莲子草, 测定其对植株的抑制作用和体内草甘膦的吸收与传导量。结果表明, 加入硫酸铵(120 g/L)后草甘膦(300 mg/L)对地下根茎抑制率比对照提高了12.2个百分点。植株经硫酸铵喷雾处理后, 地下茎和根系中¹⁴C-草甘膦含量分别是对照处理的1.39和1.86倍。药液中水的硬度达到342.0 mg/L时明显降低草甘膦的除草活性, 硫酸铵浓度达到120 g/L则可基本消除水的硬度对草甘膦除草活性的影响。

关键词: 硫酸铵; 草甘膦; 空心莲子草; 除草活性

中图分类号: S482.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-7303(2003)01-0034-05

草甘膦是全球范围内防治多年生杂草的主要药剂。该药剂具有杀草谱广、毒性低、在水体环境中易于降解等特点, 在美国、澳大利亚等国家是水域环境允许使用的少数除草剂品种之一^[1,2]。但是, 应用草甘膦防治水域空心莲子草 *A. lternanthera philoxeroides* 等杂草时, 往往不能有效地控制地下根茎复发^[3~4]。空心莲子草于20世纪30年代侵入我国, 目前在20多个省市的危害面积已超过了80万hm², 且危害仍呈加重趋势, 对农业生产、渔业养殖、水利灌溉等造成了很大的危害^[3~5]。硫酸铵对许多除草剂具有明显的增效作用, 可提高2,4-D、2甲4氯、氨氯吡啶酸、稀禾啶、三氟羧草醚、吡氟禾草灵、氯嘧磺隆、噻吩磺隆等药剂的除草活性, 能显著提高草甘膦防治匍匐冰草 *A. gropyron repens*、香附子 *Cyperus rotundus* 等杂草的效果, 尤其能提高草甘膦对多年生杂草地下根茎的防除效果^[6~10]。对于硫酸铵的增效机制, 现有研究表明, 硫酸铵可促进偃麦草 *Elytrigia repens* 和玉蜀黍 *Zea mays* 离体细胞对咪唑乙烟酸的吸收; 促进灭草松在偃麦草叶片角质层中的渗透; 可提高草甘膦在杂草叶片的吸收并消除钙离子等对草甘膦生物活性的不利影响^[6,10,11]。但是, 硫酸铵对草甘膦在多年生杂草中输导的影响机制尚不明确。作者研究了硫酸铵对草甘膦在空心莲子草中传导及对生物活性的影响。

1 材料与方法

1.1 药剂及仪器

¹⁴C-草甘膦, 放射性比活度2.0 GBq/mmol, 放射化学纯度98.8% (质量分数) (Amersham International PLC, England); 41% 草甘膦(glyphosate)水剂(美国孟山都公司); 硫酸铵纯度99.0% (质量分数)。POPOP 闪烁剂: 1,4-双-(5-苯基咪唑基-2)苯; PPO 闪烁剂: 2,5-二苯基咪唑(上海试剂一厂)。丙酮、甲醇、乙醇(均为AR级)。液体闪烁计数仪(WALLAC 1414); 生物燃烧氧化仪(Biological Oxider OX600); 激光磷屏分析仪(BAS-1800 II); ASP-1098自动喷雾装置(浙江大学农药与环境毒理研究所研制)。

1.2 供试植株及培养方法

从水域采集生长良好的空心莲子草嫩枝(3~4对叶), 在人工气候室中扦插繁殖培养。培

 作者简介: 朱金文(1967-), 男, 浙江遂昌人, 硕士, 讲师, 主要从事农药药理及应用技术研究

基金项目: 浙江省教育厅资助项目(2002-2004)。

养杯 $\varnothing 8\text{ cm} \times 10\text{ cm}$, 土壤 $\text{pH} 6$, 有机质的质量分数为 1.35% 。光源为镝灯, 光强为 $5\,000\text{ lx}$, 每天光照 14 h 。最高和最低温度分别约为 30°C 和 18°C 。空心莲子草植株培养至 $6\sim 9$ 对叶时选择大小一致的植株供试。

1.3 硫酸铵对草甘膦除草活性的影响

硫酸铵设 1.20 、 12.0 g/L 两个浓度处理, 草甘膦设 300 、 600 mg/L 两个浓度处理。将草甘膦与硫酸铵混合后用A SP-1098型自动喷雾装置喷雾处理(喷雾压力 0.4 MPa , 喷头流量 852 mL/min , 喷头走速 0.2 m/s)。设去离子水处理为对照, 每处理3个重复。药后 15 d , 称植株地上部分鲜重。将根茎继续培养 30 d 后称再生植株鲜重。

1.4 硫酸铵对草甘膦吸收与传导的影响

先用硫酸铵 1.20 g/L 药液对空心莲子草进行喷雾预处理(方法同1.3), 药液干后进行 ^{14}C -草甘膦点叶处理(选择从植株顶部往下第4对叶)。用微量注射器将 $10\text{ }\mu\text{L}$ ^{14}C -草甘膦药液均匀点在叶脉两侧的叶片表面(草甘膦量为 $6.55\text{ }\mu\text{g}$, 放射性活度为 $8.33 \times 10^3\text{ Bq}$)。培养 6 d 后, 将植株分成7部分取样, 即处理叶、处理叶以上茎叶、处理叶以下茎叶、侧芽、基芽、地下茎、根系。其中处理叶用质量分数 10% 的乙醇溶液 10 mL 分4次淋洗, 合并淋洗液供测。将植株样品烘干并称重。设 ^{14}C -草甘膦点叶处理和空白两个对照处理, 每处理设4个重复。

将各部分植株样品用生物燃烧氧化仪燃烧, 燃烧条件为: N_2/O_2 流量均为 350 mL/min , 催化区温度 680°C , 燃烧区温度 900°C , 燃烧时间 3 min 。以甲醇与乙醇胺($7:1$, 体积比)混合液为吸收液。在每个样品吸收液中加入闪烁液(甲苯:PPO:POPOP= $1\text{ L}:5\text{ g}:50\text{ mg}$) 5 mL 。从上述处理叶片表面淋洗液取 0.5 mL 于测量瓶中, 加入闪烁液(甲苯:乙二醇乙醚:POPOP:PPO= $700\text{ mL}:550\text{ mL}:0.4\text{ g}:5\text{ g}$) 10 mL 。用液体闪烁计数器测量各样品的放射性活度。回收率为 95% 。

1.5 硫酸铵消除水的硬度对草甘膦除草活性的影响

设草甘膦浓度 600 mg/L , 水的硬度分别为 34.2 、 109.4 、 342.0 、 1.09×10^3 、 $3.42 \times 10^3\text{ mg/L}$, 硫酸铵浓度为 12.0 g/L 。以去离子水为对照。草甘膦用去离子水及不同硬度的水配制后, 进行加硫酸铵与不加硫酸铵两种处理。共13个处理, 每处理设3个重复。按WHO标准方法配制不同硬度的水。药后 15 d 称植株地上部分鲜重。

2 结果与分析

2.1 硫酸铵对草甘膦除草活性的影响

结果(表1)表明, 用硫酸铵 1.20 、 12.0 g/L 两个浓度分别处理空心莲子草后, 均提高了草甘膦的生物活性。如草甘膦浓度为 600 mg/L 时, 加入硫酸铵后完全杀死了地下根茎, 而未加入硫酸铵的处理仍有 9.5% (质量分数)的再生量。草甘膦低浓度处理的生物活性提高更为明显, 草甘膦 300 mg/L 加入硫酸铵 12.0 g/L 的处理, 鲜重抑制率比对照处理提高了 21.0 个百分点。

2.2 硫酸铵对 ^{14}C -草甘膦在空心莲子草植株中吸收与传导的影响

结果(图1)表明, 在 ^{14}C -草甘膦点叶前用硫酸铵喷雾处理, 显著促进了植株对 ^{14}C -草甘膦的吸收与传导。未用硫酸铵处理时, ^{14}C -草甘膦在处理叶片中的吸收量为总量的 21.0% , 施用硫酸铵后吸收量为 25.5% , 后者比前者提高了 4.5 个百分点。经硫酸铵处理后, ^{14}C -草甘膦在植株中的分布发生了明显的变化, 处理叶以下部位茎叶和芽中的含量比对照处理略有减少, 而处理叶以上茎叶、地下茎、根系中的含量明显高于对照处理。地下茎、根系中 ^{14}C -草甘膦含量分别

是对照处理的 1.39 和 1.86 倍。

Table 1 Influence of ammonium sulphate on phytotoxicity of glyphosate to alligator weed

Concentration of glyphosate /mg · L ⁻¹	Concentration of ammonium sulphate /g · L ⁻¹	Inhibition rate by weight (%)	Inhibition rate of regrowth by weight (%)
300	0	55.6	79.6
300	1.20	75.8	91.8
300	12.0	76.6	92.1
600	0	82.9	90.5
600	1.20	88.6	100
600	12.0	93.2	100

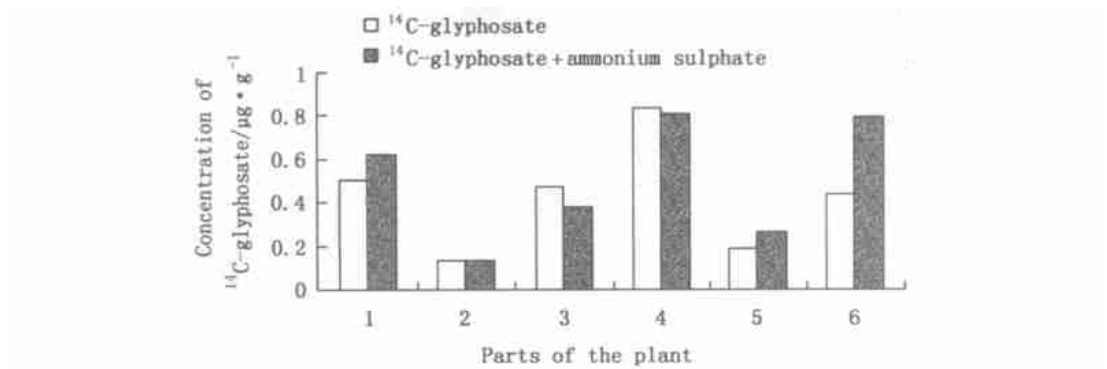


Fig. 1 Influence of ammonium sulphate on translocation of ¹⁴C-glyphosate in alligator weed

1. treated stem apical, 2. treated stem basal, 3. lateral stem apical, 4. lateral stem basal, 5. rhizome, 6. roots

Table 2 Effect of water hardness on glyphosate (600 mg/L) phytotoxicity and restoration by adding of ammonium sulphate

Hardness of water /mg · L ⁻¹	Concentration of ammonium sulphate /g · L ⁻¹	Inhibition rate by weight (%)
0	—	78.3
34.2	—	77.8
109.4	—	73.3
342.0	—	65.3
1.09×10 ³	—	50.2
3.42×10 ³	—	27.5
0	12.0	91.6
34.2	12.0	91.5
109.4	12.0	90.7
342.0	12.0	87.6
1.09×10 ³	12.0	90.5
3.42×10 ³	12.0	89.5

2.3 硫酸铵消除水的硬度对草甘膦除草活性的影响

结果(表2)表明, 水的硬度小于 109.7 mg/L 时, 对草甘膦的除草活性影响较小。随着水的硬度增高, 草甘膦对空心莲子草的生物活性明显下降。水的硬度为 342.0 mg/L 时, 草甘膦的除草活性显著低于去离子水对照处理。水的硬度为 $3.42 \times 10^3 \text{ mg/L}$ 时, 草甘膦对空心莲子草的鲜重抑制率比去离子水对照处理降低了 50.8 个百分点。草甘膦药液中硫酸铵浓度为 12.0 g/L 的处理, $34.2 \sim 3.42 \times 10^3 \text{ mg/L}$ 硬度对草甘膦除草活性的不利影响基本被消除, 鲜重抑制率与去离子水对照处理无明显差异。

3 讨论

随着抗草甘膦转基因作物的推广种植, 草甘膦的应用将进一步扩大。20 多年来, 国内外有关草甘膦的研究一直很多, 广泛研究了表面活性剂、植物生长调节剂、化学肥料、杂草的生育期以及环境条件等对草甘膦的除草活性的影响^[1, 2, 6, 7, 9~14]。除草剂复配是提高除草效果的常规方法, 但草甘膦通常难以与其他除草剂混用, 草甘膦与溴苯腈、麦草畏、甲羧除草醚、氯溴隆、氰草津、敌草隆、杀草强等除草剂混用时活性均下降^[10]。硫酸铵对草甘膦的增效作用已有许多报道, Suw unnam ek U. 报道了硫酸铵能显著提高草甘膦对香附子 *Cyperus rotundus* 地下根茎的控制作用, 但对药剂在杂草体内分布的影响不够明确^[6, 9, 10]。本试验结果表明, 硫酸铵能促进草甘膦在空心莲子草中的吸收以及在地下根茎中的积累。这说明提高药剂的吸收和传导是硫酸铵对草甘膦的增效机制之一。

水的硬度对草甘膦生物活性的影响已有报道^[11, 15]。但有关水的硬度值达到多少时开始影响草甘膦的除草活性, 以及硫酸铵能否消除水的不同硬度值对草甘膦除草活性的影响问题目前仍不明确。本试验结果表明, 水的硬度达到 342.0 mg/L 时, 即可明显降低草甘膦的除草活性; 硫酸铵浓度达到 12.0 g/L , 可基本消除水的硬度对草甘膦除草活性的不利影响。

致谢: 农业部生物物理学重点实验室孙锦荷教授和郭江峰副教授给予指导和帮助, 特此致谢!

参考文献

- [1] Bowmer K H, Eberbach P L, Corkellel G M. Uptake and translocation of ^{14}C -glyphosate in *A lternanthera philoxeroides* (Mart) Griseb. (alligator weed) I. Rhizome concentration required for inhibition [J]. *W eed Research*, 1993, 33: 53-57.
- [2] Bowmer K H, Eberbach P L, Corkellel G M. Uptake and translocation of ^{14}C -glyphosate in *A lternanthera philoxeroides* (Mart) Griseb. (alligator weed) II. Effect of plant size and photoperiod [J]. *W eed Research*, 1993, 33: 59-67.
- [3] 林冠伦. 空心莲子草生物学及防治研究 [J]. *江苏农学院学报*, 1990, 2: 58-62.
- [4] Tucker T A. Absorption and translocation of ^{14}C -imazapyr and ^{14}C -glyphosate in alligator weed (*A lternanthera philoxeroides*) [J]. *W eed Technology*, 1994, 8: 32-36.
- [5] 谭万忠. 空心莲子草在我国的水平和垂直分布 [J]. *杂草学报*, 1994, 2: 30-33.
- [6] John W, Gronwald S W, Jourdan D L. Effect of ammonium sulphate on absorption of imazethapyr by quackgrass (*E lytrigia repens*) and maize (*Zea m ays*) cell suspension cultures [J]. *W eed Science*, 1993,

41: 325-334

- [7] Waldecker M A. Chemical and physical effects of the accumulation of glyphosate in common milkweed (*Asclepias syriaca*) root buds [J]. *Weed Science*, 1985, 33: 605-611.
- [8] Pline W A, Wu J R, Hatzis K K. Absorption, translocation, and metabolism of glufosinate in five weed species as influenced by ammonium sulfate and pelargonic acid [J]. *Weed Science*, 1999, 47, 636-643
- [9] Suwunnamek U, Parker C. Control of *Cyperus rotundus* with glyphosate: the influence of ammonium sulphate and other additives [J]. *Weed Research*, 1975, 15: 13-19
- [10] 朱金文, 程敬丽, 吴慧明, 等. 草甘膦应用技术研究 [J]. *植物保护*, 2001, 27(6): 29-32
- [11] Thelen K D, Jackson E P, Penner D. The basis for the hard-water antagonism of glyphosate activity [J]. *Weed Science*, 1995, 43: 541-548
- [12] Carson A G, Bandeen J D. Influence of ethephon on absorption and translocation of herbicide in Canada Thistle [J]. *Canada Journal of Plant Science*, 1975, 55: 795-800
- [13] Chykaliuk P B, Peeper T F, Basler E. Stimulation of basipetal herbicide translocation with GA F 141 [J]. *Weed Science*, 1982, 30: 6-10
- [14] Flint J L, Barrett M. Effect of glyphosate combinations with 2, 4-D or dicamba on field bindweed (*Convolvulus arvensis*) [J]. *Weed Science*, 1989, 37: 12-18
- [15] Stahman P W, Phillips W M. Effect of water quality and spray volume on glyphosate phytotoxicity [J]. *Weed Science*, 1979, 27: 38-41.

Influence of Ammonium Sulphate on Translocation and Phytotoxicity of Glyphosate in Alligator Weed *Alternanthera philoxeroides*

ZHU Jin-wen^{*}, CHENG Jing-li, ZHU Guo-nian

(Institute of Pesticide and Environmental Toxicology, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract: Influence of ammonium sulphate on translocation and phytotoxicity of glyphosate in alligator weed *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. was conducted. The results indicated that the inhibition of glyphosate to rhizome regrowth was increased by 12.2 percent, with the treatment of glyphosate (300 mg/L) and ammonium sulphate (1.20 g/L) mixture, comparing with treatment of glyphosate alone. The concentration of ¹⁴C-glyphosate in rhizomes and roots were 1.39 and 1.86 times more than that in control, respectively, which was treated with ammonium sulphate before ¹⁴C-glyphosate was applied. The results also showed that glyphosate phytotoxicity was reduced when water hardness was more than 342.0 mg/L, and it was restored by adding ammonium sulphate in concentration of 12.0 g/L.

Key words: ammonium sulphate; glyphosate; *Alternanthera philoxeroides*; phytotoxicity