

• 研究论文 •

草甘膦铵盐、氯氟吡氧乙酸异辛酯及其混剂对空心莲子草生理指标的影响

张 敏^{* 1}, 沈丽淘¹, 王学贵^{1,2}, 杨继芝¹, 陈华保¹

(1. 四川农业大学 农学院, 四川 雅安 625014; 2. 农药与化学生物学教育部重点实验室, 华南农业大学, 广州 510642)

摘 要: 以室内盆栽筛选结果为基础, 以草甘膦铵盐及氯氟吡氧乙酸异辛酯单剂为对照药剂, 研究了增效配比草甘膦铵盐-氯氟吡氧乙酸异辛酯(4:1, 有效成分质量比)对空心莲子草 *Alternanthera philoxeroides* 净光合速率、胞间 CO_2 浓度、气孔导度、叶绿素及丙二醛含量等生理指标的影响。结果表明, 该配比混剂处理对空心莲子草净光合速率和气孔导度的实际抑制率与理论抑制率的百分比在 80%~100% 之间, 表现出相加作用; 而对胞间 CO_2 浓度、叶绿素含量及丙二醛含量的实际抑制率与理论抑制率的百分比均在 110% 以上, 表现出较强的增效作用。该配比混剂具有进一步加工应用的价值。

关键词: 空心莲子草; 草甘膦铵盐; 氯氟吡氧乙酸异辛酯; 净光合速率; 丙二醛含量

中图分类号: S481.1; S482.4

文献标志码: A

文章编号: 1008-7303(2008)02-0200-05

The Physiological Effects of the Glyphosate-ammonium, Fluroxyp-mepthyl and its Mixture on the *Alternanthera philoxeroides*

ZHANG Min^{* 1}, SHEN Litaotao¹, WANG Xuegui^{1,2}, YANG Jizhi¹, CHEN Huaobao¹

(1. Agrocollege, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, Sichuan Province, China; 2. The Key Lab of Pesticide and Chemical Biology of Ministry of Education, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract Based on the results of pot screening, the physiological effects of synergism mixture of glyphosate-ammonium and fluroxyp-mepthyl (4:1, the quantity proportions of effective ingredients) against *Alternanthera philoxeroides* were studied, including net photosynthetic stomatal conductance, intercellular CO_2 concentration and content of malondialdehyde and so on, using glyphosate-ammonium and fluroxyp-mepthyl as controls. The results indicated that the actual inhibition ratio and the theoretical inhibition ratio of net photosynthetic and stomatal conductance of glyphosate-ammonium and fluroxyp-mepthyl (4:1) mixture against *Alternanthera philoxeroides* were from 80% to 100%, and those of intercellular CO_2 concentration, content of chlorophyll and malondialdehyde were above more than 110%, and strong synergism. The mixture has valuable to deeply process.

Key words *Alternanthera philoxeroides*; glyphosate-ammonium; fluroxyp-mepthyl; net photosynthetic; content of malondialdehyde

收稿日期: 2007-10-19 修回日期: 2008-02-08

作者简介: * 张敏 (1962-), 男, 通讯作者 (Author for correspondence), 四川雅安人, 副教授, 主要从事病理学及农药制剂加工研究。联系电话: 0835-2882776 E-mail: zhangm@sicau.edu.cn

基金项目: 四川省重点项目 (2002A013)。

空心莲子草 *Alternanthera philoxeroides* 属苋科莲子草属, 是一种水陆两栖的恶性杂草^[1]。由于其生命力强, 生长繁殖迅速, 危害十分严重^[1, 2]。调查显示, 空心莲子草对水稻、小麦、玉米、甘薯和茼蒿 5 种作物造成的产量损失分别达 45%、36%、19%、63% 和 47%, 给农业生产造成巨大损失^[3]。目前主要采用氯氟吡氧乙酸异辛酯、草甘膦铵盐等化学农药进行防治^[4, 5]。

目前从植物生理方面研究除草剂对作物或杂草生理生化指标影响的报道仍较少。娄远来等^[6]报道了甲磺隆及草甘膦对空心莲子草乙酰乳酸合成酶活性和莽草酸含量的影响, 发现用 30 和 60 g/hm² 的甲磺隆处理, 能明显抑制空心莲子草茎和根中乙酰乳酸合成酶的比活性; 有效成分为 1 537.5 和 3 075 g/hm² 的草甘膦铵盐处理则能明显抑制空心莲子草莽草酸的含量积累。原向阳等^[7]研究了除草剂对抗草甘膦大豆光合作用和蒸腾作用的影响。而目前对除草剂混用增效及其对杂草生理指标影响的研究尚未见相关报道。笔者根据前期盆栽筛选研究结果, 得到一个增效明显的配比, 即草甘膦铵盐-氯氟吡氧乙酸异辛酯 = 4:1 (有效成分质量比), 其共毒系数 (CTC) 为 255.5%。为了进一步研究该混剂对空心莲子草生理指标的影响, 于喷药后对空心莲子草多项生理指标进行了测定和分析, 结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 植物试材

空心莲子草 *Alternanthera philoxeroides*, 采集其根进行盆栽, 置于约 20~25℃ 温室大棚中, 定期浇水, 待其出苗至约 7 叶时供试。

1.2 药剂与试剂

91% 的草甘膦铵盐 (glyphosate-ammonium) 原药, 四川贝尔实业有限责任公司提供; 95% 氯氟吡氧乙酸异辛酯 (fluroxypyr-methyl) 原药, 利尔有限责任公司提供; 硫代巴比妥酸、三氯乙酸、95% 乙

醇等均为 AR 级。

1.3 试验方法

设置草甘膦铵盐-氯氟吡氧乙酸异辛酯混剂 (有效成分质量比为 4:1)、单剂草甘膦铵盐与氯氟吡氧乙酸异辛酯 3 个处理, 每处理设 3 个浓度 (根据目前各药剂单剂的田间最适施用剂量折算, 有效浓度分别为: 草甘膦铵盐 2 000、400、80 μg/mL; 氯氟吡氧乙酸异辛酯 200、40、8 μg/mL; 草甘膦铵盐-氯氟吡氧乙酸异辛酯混剂 1 200、240、48 μg/mL), 每浓度 3 次重复, 每重复为盆栽长势均一的空心莲子草两盆。同时设置空白对照。每个处理配 300 mL 药液, 采用手压喷壶均匀喷雾, 于药后 6 d 测定各组空心莲子草叶片中叶绿素及丙二醛含量^[8], 用 Li-6400 光合测定仪测定净光合速率、气孔导度及胞间 CO₂ 浓度等生理指标。

测定叶绿素及丙二醛含量时, 从嫩梢顶部起, 选取第 1、3、5、7、9 片叶进行混合测定; 用光合测定仪测定各项生理指标时, 选取有代表性的茎 2 枝, 从顶部叶片往下数第 2 片叶开始进行测定, 设 3 次重复。采用标准叶室 (2 cm × 3 cm)、人工红蓝光源、光强 1 000 k 测定光合强度。试验在温室大棚中进行, 温度约 20~25℃, 光照强度 800~1 000 k 左右, 相对湿度 (RH) 约 80%~85%。

1.4 数据分析

将试验所得数据用 Excel 软件进行计算, 得出各处理的叶绿素及丙二醛含量, 结合 Li-6400 分析仪测得的净光合速率、气孔导度及胞间 CO₂ 浓度等数据, 运用 SPSS 进行 Duncan (0.05) 方差分析, 比较各相同水平处理组之间的差异, 同时计算出单剂各高、中、低浓度处理组对空心莲子草各指标的抑制率及混剂高、中、低浓度处理组实际抑制率与理论抑制率的百分比 M (参照共毒系数 CTC 的计算方法)。M 接近 100 (一般为 120 以内) 为相加作用; 明显大于 100 (120 以上) 为增效作用; 显著小于 100 (一般小于 80) 为拮抗作用^[9]。

$$\text{抑制率}(\%) = \frac{\text{对照生理指数} - \text{混剂处理组生理指数}}{\text{对照生理指数}} \times 100$$

$$M = \frac{\text{混剂处理组实际抑制率}}{\text{单剂 1 抑制率} \times \text{在混剂中所占的比例} + \text{单剂 2 抑制率} \times \text{在混剂中所占比例}} \times 100$$

2 结果与分析

2.1 各处理对空心莲子草净光合速率的影响

结果(图 1)表明,低浓度和中等浓度水平时,氯氟吡氧乙酸异辛酯处理组空心莲子草净光合速率抑制率均最高,且与其他各处理差异显著,分别为 75.43% 和 89.79%,而混剂两浓度处理组实际抑制率与理论抑制率的百分比 M 分别为 86.30% 和 88.05%,表现为相加作用;高浓度水平时,草甘膦铵盐处理组净光合速率抑制率最高,为 119.70%,且与其他各高浓度处理组差异显著,而混剂处理组 M 为 95.48%,亦表现为相加作用。

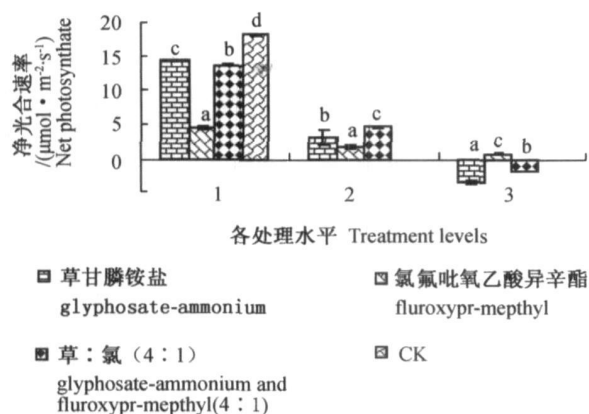


图 1 各处理对空心莲子草净光合速率的影响

Fig 1 The effects of herbicide on the net photosynthate of *A. phibxeroides*

1 低浓度处理; 2 中等浓度处理; 3 高浓度处理。草甘膦铵盐浓度分别为 80、400 及 2 000 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 氯氟吡氧乙酸异辛酯浓度分别为 8、40 及 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 草甘膦铵盐-氯氟吡氧乙酸异辛酯(草:氯, 4:1)浓度分别为 48、240 及 1 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。字母表示各处理组在相同水平内的差异显著性($P = 0.05$)。以下同。

Treatment levels of 1, 2, 3 stand for low, middle and high concentrations of herbicide respectively. The concentrations of glyphosate are 80 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 400 $\mu\text{g}/\text{mL}$ and 2 000 $\mu\text{g}/\text{mL}$. The concentrations of fluroxypr-mepthyl are 8 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 40 $\mu\text{g}/\text{mL}$ and 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$. The concentrations of glyphosate and fluroxypr-mepthyl (4:1) are 48 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 240 $\mu\text{g}/\text{mL}$ and 1 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Alphabets stand for the $P = 0.05$ significant differences in same levels of treatments. The same as in the following figures.

2.2 对气孔导度和胞间 CO_2 浓度的影响

结果(图 2)表明,低浓度和中等浓度水平时,氯氟吡氧乙酸异辛酯对空心莲子草气孔导度的抑制率均最高,分别为 75.43% 和 89.79%,与草甘膦铵盐处理差异不显著,而与混剂处理组差异显著。其实际抑制率与理论抑制率的百分比 M 分别

为 86.30% 和 88.05%,表现为相加作用;高浓度时,混剂的抑制率最高,为 89.88%,且与其他各处理之间差异显著, M 为 101.58%,亦表现为相加作用。低浓度和中等浓度水平时,混剂各处理对胞间 CO_2 浓度的抑制率均最低,分别为 -13.98% 和 -36.02%, M 分别为 183.65% 和 250.23%,表现出很强的增效作用;高浓度时,草甘膦铵盐处理对胞间 CO_2 浓度的抑制率最低,为 -93.84%,且与其他各处理之间差异显著,混剂处理组 M 为 65.79%,表现出一定的拮抗作用。

2.3 对叶绿素及丙二醛含量的影响

结果(图 3)表明,低、中、高 3 个浓度水平下均为混剂处理对空心莲子草叶片叶绿素含量的抑制率最高,分别为 56.88%、81.83% 和 91.31%,且在中等浓度和高浓度时与其他各处理间差异显著,其 M 分别为 184.39%、120.05% 及 112.54%,表现出较强的增效作用;而 3 个浓度水平均为混剂处理对丙二醛含量的抑制率最低,分别为 -0.64%、-625.06% 和 -816.20%,且与其他各处理间差异显著,其 M 分别为 217.62%、772.52% 及 625.59%,表现出较强的增效作用。

3 讨论

本研究对增效配比草甘膦铵盐-氯氟吡氧乙酸异辛酯(4:1, 质量比)处理空心莲子草后其光合速率、气孔导度、胞间 CO_2 浓度、叶绿素及丙二醛含量进行了测定,结果表明,混剂各浓度间对空心莲子草各项指标的影响差异不显著,但与两单剂处理差异显著,总体表现为相加作用。该结果与前期筛选时药后空心莲子草表现出的外观形态变化规律完全一致。

研究发现,药剂处理后空心莲子草叶片气孔导度和光合速率均较低,从而抑制了叶片正常的呼吸作用,导致胞间 CO_2 浓度增大,影响其正常的生理功能,进而影响到整体的光合作用,导致高浓度处理时净光合速率为负值。关于呼吸速率、气孔导度与胞间 CO_2 浓度的变化关系已有一些研究报道。柯世省等^[10]在研究七子花 *Heptacodium miconioides* 苗期光合生理生态特性、巨关升等在研究观赏狼尾草 *Pennisetum alopecuroides* L. (Spreng) 光合特性时发现^[11],气孔导度越大,胞间 CO_2 浓度也越高,光合速率越强。但在本试验中,气孔导度越大,胞间 CO_2 浓度却越低,而呼吸速率

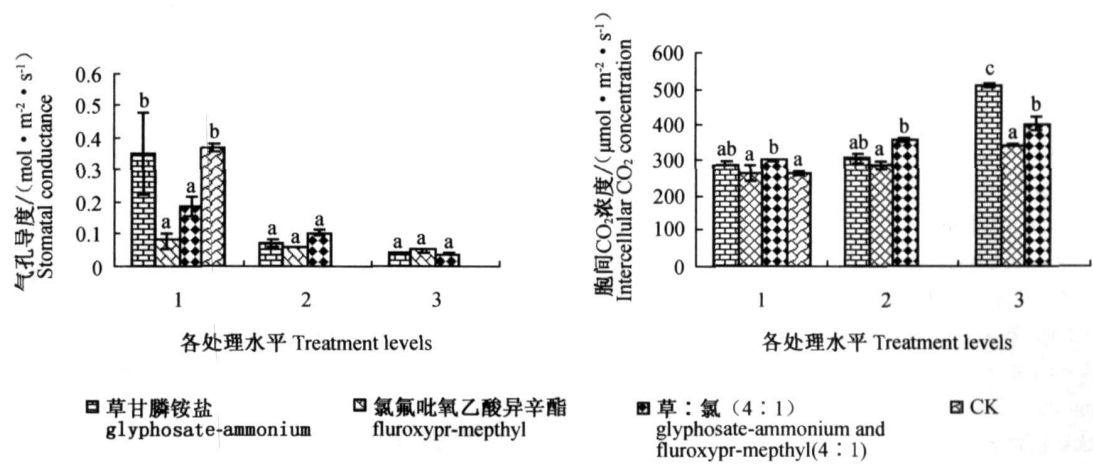


图 2 各处理对空心莲子草气孔导度与胞间 CO_2 浓度的影响

Fig. 2 The effects of herbicide on the stomatal conductance and intercellular CO_2 concentration of *A. philoxeroide*

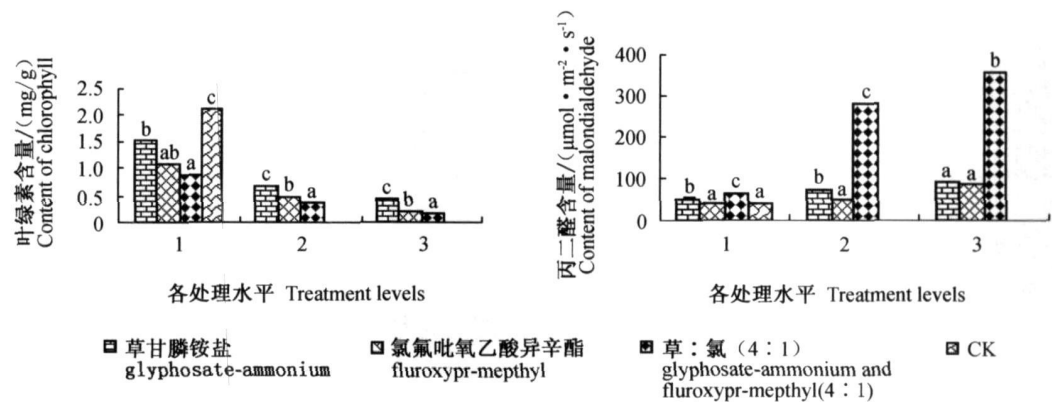


图 3 各处理对空心莲子草叶绿素及丙二醛含量的影响

Fig. 3 The effects of herbicide on the content of chlorophyll and malondialdehyde of *A. philoxeroide*

越大。导致这种现象的可能原因是药剂处理使得酶活性降低, 光合速率减小, 而气孔导度变小, 但呼吸作用仍在继续, 使产生的 CO_2 不能及时排出, 从而引起这种反常情况。具体还需进一步验证。

研究发现, 各处理对空心莲子草叶绿素及丙二醛含量均表现出较强的抑制作用。丙二醛是由于植物在不利的生态环境条件下膜脂质过氧化而产生的, 其含量越高, 说明膜受损越严重。混剂各浓度处理对空心莲子草丙二醛含量的实际抑制率与理论抑制率的百分比 M 分别为 217.62%、772.52% 及 625.59%, 较单剂处理差异显著。因此, 相对两单剂而言, 该混剂对空心莲子草组织细胞膜的破坏能力最强。

综上所述, 草甘膦铵盐-氯氟吡氧乙酸异辛酯

混剂对空心莲子草呼吸速率、叶绿素及丙二醛含量等各生理指标的影响均明显高于两种单剂, 表现出较强的增效作用, 与前期实验得到的该增效配比的共毒系数 (CTC) 为 255.57 相一致, 因此可考虑进一步研究加工为合适的制剂用于生产中防除空心莲子草。

参考文献:

[1] CAI Bo-hua(蔡伯华), ZHANG Lian-sheng(张连生), LI Shi-jin(李石金), et al 空心莲子草危害及其防除措施 [J]. Herbicide Science (杂草科学), 2003 (1): 31.

[2] SCHOOLER S S, YEATES A G, WILSON J R U, et al Herbivory, Mowing and Herbicides Differently Affect Production and Nutrient Allocation of *Alternanthera philoxeroides*

- [J]. Aquatic Botany, 2007, 86(1): 62-68
- [3] WENG Bo-qí(翁伯琦), L N Song(林嵩), WANG Yí-xiang(王义祥). 空心莲子草在我国的适应性及入侵机制 [J]. Acta Ecologica Sinica (生态学报), 2006 (7): 2373-2378
- [4] CHOU Cai-yun(仇彩云), ZHANG Jun-xi(张俊喜). 空心莲子草化学防除试验 [J]. J Anhui Agric Sci (安徽农业科学), 2003 31(2): 302-303
- [5] GAO Bì-da(高必达), ZHU Jian-yu(朱建裕). 草甘膦可溶性粉剂防除柑桔园狗牙根和水花生的药效试验 [J]. Pesticides (农药), 2001, 8(40): 32-33.
- [6] LOU Yuan-lai(娄远来), DENG Yuan-yu(邓渊钰), SHEN Jin-liang(沈晋良), et al 甲磺隆和草甘膦对空心莲子草乙酰乳酸合成酶活性和莽草酸含量的影响 [J]. Acta Phytologica Sinica (植物保护学报), 2005, 32(2): 185-188
- [7] YUAN X iang-yang(原向阳), BI Y ao-yu(毕耀宇), WANG X in(王鑫). 除草剂对抗草甘膦大豆光合作用和蒸腾作用的影响 [J]. Research of Agricultural Modernization (农业现代化研究), 2006, 27(4): 311-313.
- [8] XIONG Q ing-e(熊庆娥). Plant Physiological Experiment Tutorial(植物生理学实验教程) [M]. Chengdu (成都): Sichuan Science and Technology Press(四川科学技术出版社), 1999 126
- [9] ZHAO Shan-huan(赵善欢). Plant Chemical Protection(植物化学保护) [M]. 第三版. Beijing(北京): Chinese Agricultural Press(中国农业出版社), 2000: 43.
- [10] KE Shi-sheng(柯世省), JIN Ze-xin(金则新), LI Jun-min(李钧敏), et al 七子花苗期光合生理生态特性研究 [J]. J Wuhan Botanical Research (武汉植物学研究), 2002 20(2): 12-13.
- [11] JU Guan-sheng(巨关升), WU Ju-Y ing(武菊英), ZHAO Jun-feng(赵军锋), et al 观赏狼尾草光合特性的研究 [J]. Acta Agricultrae Nucleatae Sinica (核农学报), 2005, 19(6): 451-455.

(Ed TANG J)

• 会 讯 •

英国作物保护协会 2008年年会

“英国作物保护协会 (BCPC) 2008年年会”将于 2008年 11月 3日 ~ 5日在英国苏格兰城市格拉斯哥 (G lasgow)召开。BCPC 年会是全球植物保护工业领域的盛会,本年度会议除了传统的新产品展示与交流外,还安排了 2 5天的研讨。详情可浏览大会网站: [http / /www. bcpc. org/](http://www.bcpc.org/)

(杨新玲 供稿)