

三种除草剂对五爪金龙的防除作用及2,4-D丁酯对环境的影响

张泰劫¹, 罗剑宁^{2a}, 李伟华^{1*}, 梁梦芽¹, 田兴山^{2b}, 彭长连¹

(1. 华南师范大学生命科学学院, 广东省高等学校生态与环境科学重点实验室, 广州 510631; 2. 广东省农业科学院, a. 蔬菜研究所; b. 植物保护研究所, 广州 510640)

摘要: 用3种除草剂(2,4-D丁酯、麦草畏和塔隆)对五爪金龙(*Ipomoea cairica* L. Sweet)进行化学防除试验。结果表明:1.00 mL L⁻¹的2,4-D丁酯可以彻底杀灭五爪金龙。喷施1.00 mL L⁻¹ 2,4-D丁酯20 d后,五爪金龙茎叶枯死率接近100%;60 d后五爪金龙的总生物量显著低于其它处理及对照;90 d后未出现生长恢复,最终盖度防效为99.8%。而喷施1.00 mL L⁻¹的麦草畏40 d后,五爪金龙的茎叶枯死率为99.0%,但仍有少量存活的根,90 d后再次萌生率为10.0%;喷施1.00 mL L⁻¹塔隆40 d后,五爪金龙的茎叶枯死率为100%,90 d后再次萌生率为100%。土壤残留分析表明:在有机质含量较高[(10.14 ± 1.01) g kg⁻¹]的土壤中2,4-D丁酯降解速率较快,半衰期为14 d,施药后80 d的土壤中已检测不到2,4-D丁酯。此外,在野外喷洒1.0 mL L⁻¹的2,4-D丁酯对其它植物是安全的,施药1年后,样地内的植物均能恢复生长。因此,实践中可用1.00 mL L⁻¹的2,4-D丁酯来防除五爪金龙。

关键词: 杂草; 五爪金龙; 化学除草剂; 农药残留; 2,4-D丁酯

doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2012.04.001

Chemical Control of *Ipomoea cairica* with Three Herbicides and Effect of 2,4-D Butylate on the Environment

ZHANG Tai-jie¹, LUO Jian-ning^{2a}, LI Wei-hua^{1*}, LIANG Meng-ya¹, TIAN Xing-shan^{2b}, PENG Chang-lian¹

(1. Key Laboratory of Ecology and Environmental Science in Guangdong Higher Education, School of Life Sciences, South China Normal University, Guangzhou 510631, China; 2a. Vegetable Research Institute; 2b. Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract: *Ipomoea cairica* is a notorious weed which has serious harm to the environment in South China. The effects of three chemical herbicides, such as 2,4-D butylate, dicamba and fluroxypyr, on control of *I. cairica* in the field were studied. The results showed that 2,4-D butylate (1.00 mL L⁻¹) could eradicate this weed. The death rate of *I. cairica* stems and leaves was close to 100% after spraying 2,4-D butylate (1.00 mL L⁻¹) in 20 days. The total biomass also decreased significantly in 60 days ($P < 0.05$), and the growth did not recovery after 90 days. The final control effect of 2,4-D butylate (1.00 mL L⁻¹) on *Ipomoea cairica* was 99.8%. After spraying dicamba (1.00 mL L⁻¹) and fluroxypyr (1.00 mL L⁻¹) in 40 days, the death rate of *I. cairica* stems and leaves were 99.0% and 100%, respectively, and the regeneration rate of *I. cairica* was 10% and 100% after 90 days. A few roots were survival sprayed dicamba (1.00 mL L⁻¹) after 40 days. The herbicide residue analysis showed that 2,4-D butylate could degrade quickly with half-life for 14 days, and it could not be detected in the soil after 80 days. Furthermore,

收稿日期: 2011-09-15 接受日期: 2011-12-30

基金项目: 广东省科技计划项目(2008A030203006)资助

作者简介: 张泰劫(1985~),男,硕士研究生,主要从事有害杂草的化学防治研究。E-mail: miner08@126.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: whli@scnu.edu.cn

2,4-D butylate (1.00 mL L^{-1}) was relatively safe to other plants, which could regenerate after spraying 2,4-D butylate in 1 year. Therefore, it suggested that the *Ipomoea cairica* growth could be good control treated with 1.00 mL L^{-1} 2,4-D butylate.

Key words: Weed; *Ipomoea cairica*; Chemical herbicides; Herbicide residues; 2,4-D butylate

五爪金龙(*Ipomoea cairica* L. Sweet)是旋花科(Convolvulaceae)多年生草质藤本植物, 20世纪70年代曾在我国南方地区作为观赏植物栽培,后逃逸为野生,目前广泛分布在华南地区^[1]。它能常年开花,结实率不高,无性繁殖能力却极强,单个茎节触地即能萌出一个新植株;生长速度极快,夏季主茎平均最高生长速率达 11.9 cm d^{-1} ^[2];根、茎、叶均具有化感抑制作用^[3],甚至落叶腐解物也具有化感潜力^[4],能抑制伴生植物的生长从而发展成单优群落。它严重影响了农林生产以及荒地植被的自然恢复过程,现已成为华南地区仅次于薇甘菊(*Mikania micrantha*)的第二大害草^[5-10]。

应用化学除草剂防除杂草具有省工、省力、快速、效果好等特点,是农林业生产清除杂草的主要方法。随着人们环保意识的增强,筛选低毒、高效、残留少、降解快的除草剂越来越受到人们的重视。目前有关五爪金龙的化学防除研究较少,仅有用2甲4氯及2,4-D丁酯灭除五爪金龙的研究报道^[11],未见有其残留量测定及其环境安全性方面的评估。对多种除草剂初步筛选的实验结果表明植物激素类除草剂对五爪金龙的防除效果较佳。因此,本文选用3种激素类化学除草剂(2,4-D丁酯、麦草畏和塔隆),比较了它们对五爪金龙的杀灭效果,并对效果最佳的除草剂2,4-D丁酯在土壤中的残留进行了测定及其对群落中其它植物的影响进行了评估,以期为农林业防除五爪金龙提供一种低毒、高效、对环境相对安全的除草剂提供参考。

1 材料和方法

1.1 实验地概况

实验样地一位于广州大学城中环东路旁的一块弃荒地($23^{\circ}03'N$, $113^{\circ}23'E$),样地基质为碎砖石、瓦砾、泥砂、混杂泥土等,地上有成片生长的五爪金龙,覆盖率达90%以上。实验于2010年1月至4月进行,实验期间(1月10日至4月15日)平均气温 $18^{\circ}C$,总降雨量约为176 mm,平均相对湿度为80%^[12]。

实验样地二位于广州市东郊火炉山山脚

($23^{\circ}09'N$, $113^{\circ}21'E$),研究区域内五爪金龙覆盖率大于80%,地形属缓坡低丘,土壤为赤红壤。实验于2010年10月至2011年11月进行,年均气温为 $21.4^{\circ}C \sim 21.9^{\circ}C$,最冷月(1月)平均气温为 $12.4^{\circ}C \sim 13.5^{\circ}C$,最热月(7月)平均气温为 $28.0^{\circ}C \sim 28.7^{\circ}C$ 。年均降雨量达1689~1876 mm,约85%的降水集中在4~9月的汛期^[13]。

1.2 实验设计

在大学城实验样地内选择五爪金龙覆盖率接近100%的地块设置样方20个,每个样方大小为 $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ 。选用的3种除草剂分别为:(1)72% 2,4-D丁酯乳油(大连松辽化工有限公司产品),使用说明上每 0.067 hm^2 用量为60~80 mL,兑水量为25~30 kg(浓度为 $2 \sim 3.2 \text{ mL L}^{-1}$);(2)48%麦草畏水剂(浙江升华拜克生物股份有限公司产品),使用说明上每 0.067 hm^2 用量为30~68 mL,兑水量30~40 kg(浓度为 $0.75 \sim 2.3 \text{ mL L}^{-1}$);(3)200 g L^{-1} 氯氟吡氧乙酸乳油(商品名:塔隆;济南绿霸公司产品),使用说明上每 0.067 hm^2 用量为50~70 mL,兑水量15~40 kg(浓度为 $1.3 \sim 4.7 \text{ mL L}^{-1}$)。每种除草剂分别设高、中、低3个喷施浓度,即每 0.067 hm^2 约250 mL、50 mL和15 mL,分别为使用说明用量的4~8倍、1倍和0.2~0.5倍。具体配制过程为:分别取1.5、0.3、0.09 mL除草剂原液,兑自来水1.5 L,浓度分别为: 1.00 mL L^{-1} (高)、 0.20 mL L^{-1} (中)、 0.06 mL L^{-1} (低)。2010年1月15日,使用手提式喷雾器(市下牌)对样方内的五爪金龙进行喷洒,每个样方(4 m^2)喷洒1.5 L药液,喷完为止。对照喷洒相同量的自来水。施药后7 d内无降雨。3种除草剂3个浓度梯度共9个处理,另外以不喷药为对照。每处理设2个 $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ 样方,共有样方20个。

在火炉山实验样地选取五爪金龙覆盖程度较高(80%)的地点,设置3块面积为100~150 m^2 的样地。喷洒 1.0 mL L^{-1} 的2,4-D丁酯,至样地内植物叶面全湿为止。

1.3 五爪金龙防除效果的测定(大学城实验)

喷药前先统计每个样方内五爪金龙的覆盖

率。施药后第一阶段(头 20 d)每隔 5 d 观测一次,记录五爪金龙的药后症状,并使用 0.5 m×0.5 m 的样方框在样方内随机取样统计五爪金龙的茎叶枯死率、根存活状况,6 次重复。第二阶段(20~60 d)每隔 20 d 观察一次,第三阶段(60~90 d)一个月观察一次,计算新萌生茎叶的萌生率。具体计算方法如下^[14]:茎叶枯死率(%)= 喷药后五爪金龙枯死面积/喷药前五爪金龙覆盖面积×100%;萌生率(%)= 五爪金龙新萌生的茎叶面积/五爪金龙全部枯死的面积×100%;盖度防效(%)=[(处理减退率-对照减退率)/(100-对照减退率)]×100%,其中,处理减退率是指喷洒了除草剂的样方中枯死部分面积占总面积的百分比;对照减退率是指对照样方中枯死部分面积占总面积的百分比。

在施药后第 60 天测定各样地五爪金龙的总生物量:用 0.5 m×0.5 m 的样方框(框内有钢丝网格,格子大小均为 0.1 m×0.1 m)在各处理样地内取样,每次采获 0.09 m²(9 小格)样地面积内的五爪金龙全部植株(包括茎、叶及根),重复 3 次。带回实验室后,将存活部分与枯死部分分开,存活部分在 80℃烘干称重,得到存活部分干重,计算生物量。

1.4 2,4-D 丁酯土壤残留分析(大学城实验)

除草剂在土壤中的残留主要分布于表面数厘米的浅层^[15]。分别在施药后 15、40 和 80 d 从各处理样方内随机采集表层 5 cm 的土样,带回实验室风干、捣碎和过 10 目筛, -20℃保存。

由于 2,4-D 丁酯对五爪金龙的灭除效果最好,因此只测定了 2,4-D 丁酯在土壤中的残留量。具体方法如下:称取 20 g 土样放入 100 mL 锥形瓶内,加入 50 mL 石油醚,置于摇床上震荡 1 h 后静置 5 min, 倒出 24 mL 提取液。用 Florisil SPE 柱(500 mg 3 mL)萃取 2,4-D 丁酯:先用 10 mL 石油醚冲洗柱子,然后依靠重力让提取液以 3~5 mL min⁻¹ 的流速过柱,最后用 3 mL 石油醚-乙酸乙酯(95/5, V/V)洗脱并收集洗脱液。添加 2,4-D 丁酯 8.9 μg g⁻¹ 于空白土样中,测得萃取柱的回收率为(91.09±1.13)% (n=3)。用 Agilent1100 HPLC 系统测定洗脱液中 2,4-D 丁酯的含量,色谱柱为 AgilentC18 反相柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm),流动相为甲醇/水(70:30, V/V),进样量 10 μL,流速 1 mL min⁻¹,检测波长为 236 nm^[16]。所用试剂均为色谱纯,所用的水均为去离子水。2,4-D 丁酯标样购自广州分析测试中心。

1.5 2,4-D 丁酯对其它植物的影响(火炉山实验)

喷药前先统计样地内植物分布情况。根据数量多少分为 3 个等级: I 为有分布,较少,盖度占 1%~10%; II 为分布较多,盖度占 11%~31%; III 为占绝对优势,盖度大于 60%。施药一个月后调查各种植物的药害程度,一年后调查各种植物的恢复情况。植物的药害划分为 4 个等级^[17]:0 为无药害;1 为药害轻微,出现药斑;2 为明显药害,出现枯叶;3 为严重药害,出现枯枝;4 为枯死。

1.6 数据处理

实验数据用 SAS 6.12 软件进行方差分析,差异显著性检验用 LSD 法进行多重比较。

2 结果和分析

2.1 2,4-D 丁酯对五爪金龙的防除效果

用不同浓度 2,4-D 丁酯喷施五爪金龙后可见,喷药 1 d 后叶子出现倒伏、卷曲,5 d 后呈现发黄枯死症状,10~15 d 后陆续枯死。高浓度和中浓度 2,4-D 丁酯处理 20 d 后,样方内五爪金龙枯死率分别为 98% 和 99%,显著高于低浓度处理和对照(表 1)。施药 40~90 d 后,高浓度 2,4-D 丁酯使五爪金龙的茎叶枯死率达 100%,根也被杀死,而中、低浓度 2,4-D 丁酯不能彻底杀死根(表 1)。90 d 后,高浓度 2,4-D 丁酯处理的样方未出现五爪金龙的新生茎叶,而中、低浓度处理的样方内五爪金龙分别有 15.8% 和 28.3% 的新生枝叶萌生率。

表 1 2,4-D 丁酯 (mL L⁻¹) 对五爪金龙地上部分的杀灭效果

Table 1 Control effect of 2,4-D butylate (mL L⁻¹) on aboveground parts of *Ipomoea cairica*

时间 Days	茎叶枯死率 Stem and leaves death rate (%)			
	1	0.2	0.06	对照 Control
5	6.7 ± 5.1a	3.3 ± 1.0b	3.8 ± 2.4b	1.0 ± 0.9c
10	7.5 ± 4.3b	11.7 ± 2.4a	12.5 ± 7.2a	1.2 ± 1.0c
15	62.3 ± 8.1a	68.8 ± 18.3a	64.0 ± 20.41a	2.2 ± 1.5b
20	98.2 ± 1.8a	99.0 ± 1.3a	92.5 ± 5.1b	1.3 ± 1.2c
40	100.0 ± 0.0a	100.0 ± 0.0a	98.2 ± 1.5b	4.5 ± 1.7c
60	99.2 ± 1.6a	89.8 ± 3.9b	84.7 ± 8.1c	0.7 ± 0.8d
90	99.8 ± 0.4a	84.2 ± 5.6b	70.3 ± 9.3c	0.0 ± 0.0d

n=6,同行数据后不同字母表示差异显著(LSD 检验, P<0.05)。下表同。
n=6. Data followed different letters within line indicate significant difference at 0.05 level by LSD Multiple Comparisons. The same is following Tables.

2.2 麦草畏对五爪金龙的防除效果

用麦草畏喷施 10 d 后,五爪金龙出现叶片枯黄、卷曲、枯萎的现象,枯死程度随着用药浓度的升高而升高。喷药后 15 d,高浓度麦草畏对五爪金龙的杀灭效果显著高于中、低浓度,茎叶枯死率达到 80.5%,40 d 后茎叶枯死率为 99.0%(表 2),但仍有少量存活的根,再次萌生率为 10.0%。中浓度麦草畏喷施 60 d 后茎叶枯死率达 74.8%(表 2),再次萌生率较高,达 81.3%。低浓度麦草畏对五爪金龙的杀灭效果很差,喷药 60 d 后茎叶枯死率为 36.8%(表 2),90 d 后再次萌生率达 90.0%。

表 2 麦草畏对五爪金龙的茎叶枯死率(%)的影响

Table 2 Effect of dicamba on death rate (%) of stems and leaves of *Ipomoea cairica*

时间 Days	麦草畏 Dicamba (mL L ⁻¹)			对照 Control
	1.00	0.20	0.06	
5	4.2 ± 1.0a	3.7 ± 1.5ab	2.7 ± 1.0b	1.0 ± 0.9c
10	5.0 ± 1.7a	3.5 ± 2.6ab	2.2 ± 0.8b	1.2 ± 1.0b
15	80.5 ± 13.4a	26.3 ± 18.8b	5.7 ± 2.7c	2.2 ± 1.5c
20	97.0 ± 2.8a	48.0 ± 23.3b	11.0 ± 7.5c	1.3 ± 1.2d
40	99.0 ± 1.7a	39.3 ± 13.9b	16.3 ± 8.5c	4.5 ± 1.7d
60	98.5 ± 2.0a	74.8 ± 16.2b	36.8 ± 20.4c	0.7 ± 0.8d
90	90.0 ± 4.7a	13.7 ± 5.2b	10.2 ± 4.7b	0.0 ± 0.0c

2.3 塔隆对五爪金龙的防除效果

喷施塔隆 10 d 后,五爪金龙出现枯黄、卷曲、枯死等症状,其中高、中浓度处理的症状较为明显。喷药 40 d 后,高浓度组茎叶枯死率为 100%,中浓度组茎叶枯死率为 93.2%,低浓度组只有 48.8%(表 3),均显著高于对照。但 60 d 后,各处理均出现不同程度的生长恢复,90 d 后,再次萌生率均达 100%。各浓度塔隆处理均没有杀死五爪金龙的根。

表 3 塔隆对五爪金龙的茎叶枯死率(%)的影响

Table 3 Effects of fluroxypyr on death rate (%) of stems and leaves of *Ipomoea cairica*

时间 Days	塔隆 Fluroxypyr (mL L ⁻¹)			对照 Control
	1.00	0.20	0.06	
5	6.7 ± 3.7b	11.5 ± 4.3a	2.0 ± 1.1c	1.0 ± 0.9c
10	12.5 ± 3.3a	13.8 ± 13.5a	8.0 ± 5.0b	1.2 ± 1.0c
15	67.5 ± 18.0a	58.8 ± 11.8a	23.2 ± 9.4b	2.2 ± 1.5c
20	99.7 ± 0.5a	89.0 ± 6.8b	53.7 ± 14.6c	1.3 ± 1.2d
40	100.0 ± 0.0a	93.2 ± 5.2a	48.8 ± 20.1b	4.5 ± 1.7c
60	91.7 ± 4.0a	38.5 ± 14.8b	10.7 ± 3.4c	0.7 ± 0.8d
90	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a

2.4 五爪金龙的生物量及盖度防效

各除草剂处理 60 d 后,除低浓度塔隆处理的生物量与对照无显著差异外,其它处理的均显著低于对照,其中高浓度 2,4-D 丁酯处理的五爪金龙生物量最低(表 4)。比较 3 种除草剂对五爪金龙的盖度防效可见,2,4-D 丁酯的防效最高,3 个浓度的防效均达 70% 以上,高浓度接近 100%;中、低浓度麦草畏对五爪金龙的防效较低,但高浓度的防效也达 90%(表 4),若提高浓度有望将五爪金龙彻底杀灭。塔隆对五爪金龙防效最差(表 4)。

表 4 除草剂对五爪金龙生物量的影响及盖度防效

Table 4 Effects of herbicides on *Ipomoea cairica* biomass and final control effects

除草剂 (mL L ⁻¹) Herbicides	存活部分生物量 [*] (g m ⁻²) Alive part biomass	盖度防效 ^{**} (%) Control effect	
2,4-D 丁酯 2,4-D butylate	1.00 0.20 0.06	23.0 ± 6.0f 39.0 ± 4.0e 44.0 ± 2.2e	99.83 ± 0.41a 84.17 ± 5.56b 70.33 ± 9.33c
麦草畏 Dicamba	1.00 0.20 0.06	41.2 ± 13.5e 55.8 ± 15.5d 124.5 ± 21.2c	90.00 ± 4.73ab 13.67 ± 5.20d 10.17 ± 4.67d
塔隆 Fluroxypyr	1.00 0.20 0.06	142.6 ± 26.3c 193.4 ± 19.1b 309.6 ± 29.2a	0.00 0.00 0.00
对照 Control		332.0 ± 17.1a	—

*n=3; **n=6.

2.5 2,4-D 丁酯残留分析

用 HPLC 分析 2,4-D 丁酯残留量,出峰时间为 20 min。用标样做 7 点标准曲线得到 2,4-D 丁酯峰面积与含量的线性方程为 $y=13.846x+6.0595$ ($R^2=0.9987$)。施药后,2,4-D 丁酯在土壤中的平均残留量随着时间的推移逐渐减小,样品检出率也越来越低,80 d 后已检测不到残留(表 5)。

表 5 2,4-D 丁酯在土壤中的残留量变化

Table 5 Residues of 2,4-D butylate in the soil

2,4-D 丁酯 2,4-D butylate	时间 Days		
	15	40	80
检出量 Detected content (μg g ⁻¹)	0.47 ± 0.16	0.20 ± 0.11	—
检出率 Detection rate (%)	66.7	50	0

n=6; —: 未检测到。

n=6; —: Not detected.

由于各样地土壤外观颜色差别较大,依照有机质含量对2,4-D丁酯(添加量为 $1.8 \mu\text{g g}^{-1}$)的降解情况进行分类研究。结果表明,2,4-D丁酯在有机质含量较高[(10.14 ± 1.01) g kg^{-1}]的黑色土样中降解速率最快,30 d降解了73.26%,半衰期为14 d;在有机质含量中等[(5.28 ± 1.04) g kg^{-1}]的灰色土样中降解较慢,30 d降解了71.25%,半衰期为15 d;在有机质含量较低[(0.86 ± 0.03) g kg^{-1}]的黄色土样中降解最慢,30 d降解了58.11%,半衰期为25 d,平均半衰期为18 d(图1)。

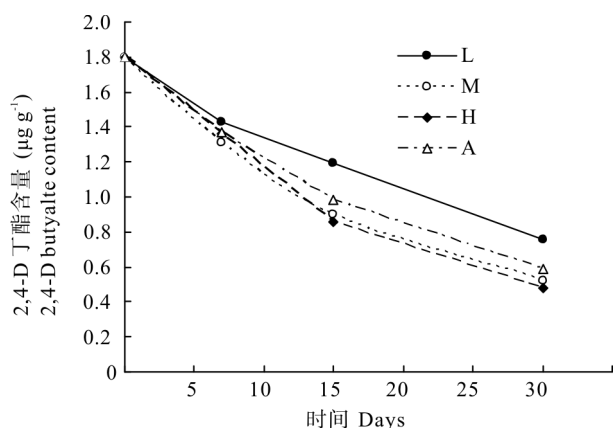


图1 2,4-D丁酯在不同土样中的降解。L、M、H分别表示有机质含量较低、中等、较高的土壤, A为平均值。

Fig. 1 2,4-D butylate degradation in different soils. L, M and H indicate soil with low, moderate, and high organic contents, respectively; A: Average.

2.6 2,4-D丁酯对其他植物的影响

火炉山样地群落在施药前以五爪金龙占优势,覆盖率在80%以上。群落下层分布有少量其它植物,如南美蟛蜞菊(*Wedelia trilobata*)、鬼针草(*Bidens pilosa*)、马缨丹(*Lantana camara*)等20多种(表6)。用 1.0 mL L^{-1} 的2,4-D丁酯喷洒1个月后,五爪金龙基本枯死,鬼针草、薇甘菊和牵牛(*Pharbitis nil*)等也受到了较严重的药害,水茄(*Solanum torvum*)和海芋(*Alocasia macrorrhiza*)等受到药害的程度较轻,南美蟛蜞菊(*Wedelia trilobata*)等基本不受影响,药害为0级和1级的植物占61%(表6)。可见,用2,4-D丁酯在野外防除五爪金龙对大多数植物是安全的。一年后,五爪金龙有一定程度的恢复,主要表现是再次攀爬到其它植物之上,而样地上基本没有分布,对样地总覆盖程度减少;此时南美蟛蜞菊占据了优势。样地内其它植物依然有分布,新增加的植物仅有胜红蓟(*Ageratum conyzoides*)1种(表6)。

表6 2,4-D丁酯对其它植物的影响

Table 6 Effects of 2,4-D butylate on growth of other species

植物 Species	危害等级 Damage level	喷药前盖度 Original coverage	一年后盖度 Coverage after 1 year
五爪金龙 <i>Ipomoea cairica</i>	4	III	II
牵牛 <i>Pharbitis nil</i>	4	I	I
鬼针草 <i>Bidens pilosa</i>	3	II	I
薇甘菊 <i>Mikania micrantha</i>	3	I	I
金腰箭 <i>Synedrella nodiflora</i>	2	I	I
对叶榕 <i>Ficus hispida</i>	2	I	I
构树 <i>Broussonetia papyrifera</i>	2	I	I
海芋 <i>Alocasia macrorrhiza</i>	2	I	I
水茄 <i>Solanum torvum</i>	2	I	I
盐肤木 <i>Rhus chinensis</i>	1	I	I
火炭母 <i>Polygonum chinense</i>	1	I	I
水蓼 <i>Polygonum hydropiper</i>	1	I	I
鸡屎藤 <i>Paederia scandens</i>	1	I	I
算盘子 <i>Glochidion puberum</i>	1	I	I
牛白藤 <i>Hedyotis hedyotidea</i>	1	I	I
毛稔 <i>Melastoma sanguineum</i>	1	I	I
蜈蚣草 <i>Nephrolepis cordifolia</i>	1	I	I
南美蟛蜞菊 <i>Wedelia trilobata</i>	0	II	III
桉树 <i>Eucalyptus robusta</i>	0	II	II
五节芒 <i>Miscanthus floridulus</i>	0	I	II
马缨丹 <i>Lantana camara</i>	0	I	I
芒萁 <i>Dicranopteris dichotoma</i>	0	I	I
锡叶藤 <i>Tetracera asiatica</i>	0	I	I
胜红蓟 <i>Ageratum conyzoides</i>	-	-	I

3 讨论

2,4-D丁酯、麦草畏和塔隆均属激素类除草剂,它们通过使植物体内积累大量超氧阴离子和过氧化氢,造成组织损伤而死亡^[18-20]。但本研究结果表明,3种除草剂对五爪金龙的防除效果显著不同。施药后20~40 d,除中、低浓度麦草畏和塔隆处理的茎叶枯死率较低外,其余处理的茎叶枯死率均在89%以上(表1~3)。施药后60~90 d除高浓度2,4-D丁酯处理的五爪金龙未出现生长恢复外(表1),其余处理均出现不同程度的生长恢复,其中塔隆处理后五爪金龙的再次萌生率达100%(表3)。3种除草剂的药效持续时间也有差异,2,4-D丁酯和麦草畏的药效持续时间比塔隆长。总体看来2,4-D丁酯对五爪金龙的杀灭效果最强,麦草畏次之,塔隆最弱。

本研究结果表明,喷施 1.00 mL L^{-1} 剂量的 2,4-D 丁酯可以彻底杀死五爪金龙,比王永繁等^[1]报道的 3.6 mL L^{-1} 的浓度低,这对减少除草剂的土壤残留及对环境的影响有积极意义。由于喷药的时间和地点不同,单位面积喷洒药量不同,试验区五爪金龙的生长状态以及使用的 2,4-D 丁酯的品牌和批次不一样都有可能造成这种差异。施药后 60 d 五爪金龙生物量的变化表明(表 4),喷药后样方内上层的五爪金龙易被杀死,但样方下层的老茎仍有部分存活,老茎的生命力很强。在实际应用中,应根据五爪金龙的生境类型和生长寿命,适当增加除草剂的用量。

化学除草剂对环境的影响也不容忽视。本研究结果表明,在野外使用 1.00 mL L^{-1} 的 2,4-D 丁酯防除五爪金龙,对群落内其它植物是安全的,并对某些其他外来入侵植物,如牵牛、鬼针草和薇甘菊也有较好的防除效果。但是,施药 1 年后攀附在大树上的五爪金龙有一定程度的恢复生长,平地上的五爪金龙则没有出现生长恢复,这可能与攀附于大树上的五爪金龙喷药量不够有关。因为五爪金龙攀爬较高,实际喷药操作困难,部分五爪金龙不能被喷到。对于如何防除攀爬较高的五爪金龙尚需进一步研究。

不同的除草剂在环境中的降解速率不同,除草剂在环境中降解到最初含量的一半所需要的时间称为半衰期^[21],这是一个反映除草剂在环境中安全性大小的重要指标。本研究中,2,4-D 丁酯在有机质含量较高土壤中的降解速率较快,半衰期为 14 d,施药后 80 d 土壤中已检测不到 2,4-D 丁酯。但有资料表明,与 2,4-D 丁酯相比,麦草畏和塔隆的降解更快、毒性更低,它们的半衰期分别为 8~15 和 7~13 d^[22-24]。实际上,本研究中在相同浓度施药水平下,麦草畏(有效成分含量为 48%)和塔隆(有效成分含量为 20%)的有效成分含量分别比 2,4-D 丁酯(有效成分含量为 72%)低 33.3% 和 72.2%。 1.00 mL L^{-1} 的麦草畏对五爪金龙的盖度防效达 90%(表 4),仅次于 2,4-D 丁酯, 1.00 mL L^{-1} 的塔隆施药 40 d 后五爪金龙的茎叶枯死率达 100%(表 3),因此,麦草畏和塔隆对五爪金龙都具有较强的防除潜力,若适当增加浓度或配合助剂使用两者均有望彻底杀灭五爪金龙。至于如何减少 2,4-D 丁酯和麦草畏对环境的影响,使其降解快、残留少、更高效、更安全地用于五爪金龙的化学防除,仍需做进一步

的研究。

参考文献

- [1] Lin C, Liu G K. Progress in studies on the exotic invasive plant five-fingered morning glory *Ipomoea cairica* (L.) Sweet [J]. Subtrop Agri Res, 2008, 4(3): 177-180.
林淳,刘国坤. 外来入侵植物五爪金龙(*Ipomoea cairica*)的研究进展 [J]. 亚热带农业研究, 2008, 4(3): 177-180.
- [2] Hu Y J, Wang Y F. A study on the vegetation and reproduction of two weedy herbaceous vines [J]. Acta Sci Nat Univ Sunyatseni, 2001, 40(1): 93-95.
胡玉佳,王永繁. 两种草质藤本杂草营养生长与生殖生长研究 [J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2001, 40(1): 93-95.
- [3] Zhao Z H, Liao Z Y, Peng S L. Variations of allelopathic plasticity in different parts of *Ipomoea cairica* [J]. Ecol Environ, 2007, 16(4): 1244-1248.
赵则海,廖周瑜,彭少麟. 五爪金龙不同部位化感作用可塑性变化 [J]. 生态环境, 2007, 16(4): 1244-1248.
- [4] Liao Z Y, Zhao Z H, Hou Y P, et al. Allelopathic potential of early decomposition of leaf litter of *Ipomoea cairica* [J]. Ecol Environ, 2007, 16(4): 1249-1252.
廖周瑜,赵则海,侯玉平,等. 五爪金龙凋落叶腐解物的化感潜力研究 [J]. 生态环境, 2007, 16(4): 1249-1252.
- [5] Zeng X F. A preliminary study on 5 species invasive plants in E. Guangdong [J]. J Hanshan Teach Coll, 2003, 24(3): 69-71.
曾宪锋. 粤东 5 种有害的外来入侵植物的研究 [J]. 韩山师范学院学报, 2003, 24(3): 69-71.
- [6] Huang C P, Zeng L M. The investigation on the the harm and prevention strategies of the exot invasion weeds in the Guangzhou White Cloud Mountain [J]. Trop For, 2003, 31(4): 23-29.
黄彩萍,曾丽梅. 外来入侵杂草对广州市白云山的危害及其防治策略的探讨 [J]. 热带林业, 2003, 31(4): 23-29.
- [7] Ji P J, Zhuo H Y, Weng X M, et al. Study on the content of protein in leaves of some important exotic harmful plants in the east of Guangdong [J]. Chin Wild Plant Resour, 2005, 24(6): 48-50.
纪佩吉,卓海燕,翁晓敏,等. 粤东地区重要外来有害植物叶蛋白含量的研究 [J]. 中国野生植物资源, 2005, 24(6): 48-50.
- [8] Shao Z F, Zhao H B, Qiu S S, et al. Study on the most harmful exotic plants in Shenzhen City [J]. Ecol Environ, 2006, 15(3): 587-593.
邵志芳,赵厚本,邱少松,等. 深圳市主要外来入侵植物调查及治理状况 [J]. 生态环境, 2006, 15(3): 587-593.
- [9] Qiu D P, Huang D C, Zhuang W S. Analysis of four most harmful external invasion plants in Jieyang City [J]. Acta Agri Jiangxi, 2007, 19(11): 36-37.
邱东萍,黄道城,庄文宋. 揭阳市 4 种严重危害性外来入侵植物分析 [J]. 江西农业学报, 2007, 19(11): 36-37.
- [10] Li W H, Feng H. An imperiled weed in greenland: *Ipomoea*

- caririca* [J]. *Guangdong Landscape Arch*, 2007(6): 37-39.
- 李伟华, 冯航. 园林有害植物——五爪金龙 [J]. *广东园林*, 2007(6): 37-39.
- [11] Wang Y F, Hu Y J. Response to some herbicides of *Pharbitis purpurea* and *Ipomoea cairica* [J]. *Ecol Sci*, 2000, 19(2): 77-79.
- 王永繁, 胡玉佳. 五爪金龙和圆叶牵牛对某些除莠剂的反应 [J]. *生态科学*, 2000, 19(2): 77-79.
- [12] Weather Underground URL [OL]. Guangzhou [2010-04-20]. <http://www.wunderground.com>
- [13] Quan G M, Zhang J E, Xie J F, et al. Impact of *Mikania micrantha* invasion on soil meso- and micro-invertebrate community structure [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2011, 22(7): 1863-1870.
- 全国明, 章家恩, 谢俊芳, 等. 薇甘菊入侵对中小型土壤动物群落结构特征的影响 [J]. *应用生态学报*, 2011, 22(7): 1863-1870.
- [14] Huang H Z, Zhao J B, Huang B Q, et al. Phenoxy-hydroxy-acid herbicides for controlling the weed *Mikania micrantha* [J]. *J S China Agri Univ*, 2004, 25(1): 54-55.
- 黄华枝, 赵京斌, 黄炳球, 等. 3种苯氧羧酸类除草剂防除薇甘菊药效研究 [J]. *华南农业大学学报*, 2004, 25(1): 54-55.
- [15] Siimes K, Rämö S, Welling L, et al. Comparison of the behaviour of three herbicides in a field experiment under bare soil conditions [J]. *Agri Water Manag*, 2006, 84(1/2): 53-64.
- [16] Bian J, Li Y H, Xiao E W. HPLC analysis of a 60EC formulated mixture of 2,4-D butyl ester, metribuzin, and acetochlor [J]. *Pesticides*, 2004, 43(4): 179-180.
- 边疆, 李艳华, 肖二微. 60%滴·嗪·乙乳油的高效液相色谱分析 [J]. *农药*, 2004, 43(4): 179-180.
- [17] Huang D G, Zhou X Y, Zan Q J, et al. The chemical control of *Mikania micrantha* in the Country Park of Hong Kong [J]. *J S China Norm Univ (Nat Sci)*, 2007(3): 109-114, 131.
- 黄东光, 周先叶, 咎启杰, 等. 香港郊野公园薇甘菊的化学防除研究 [J]. *华南师范大学学报: 自然科学版*, 2007(3): 109-114, 131.
- [18] Wang X, Guo P Y, Yuan X Y, et al. Effect of 2,4-D on the antioxidative enzyme activities and lipid peroxidation in opium poppy (*Papaver somniferum* L.) [J]. *Acta Ecol Sin*, 2008, 28(3): 1098-1103.
- 王鑫, 郭平毅, 原向阳, 等. 2,4-D丁酯对罂粟(*Papaver somniferum* L.)保护酶活性及脂质过氧化作用的影响 [J]. *生态学报*, 2008, 28(3): 1098-1103.
- [19] Wu G L, Cui J, Tao L, Yang H. Fluroxypyr triggers oxidative damage by producing superoxide and hydrogen peroxide in rice (*Oryza sativa*) [J]. *Ecotoxicology*, 2010, 19(1): 124-132.
- [20] Grossmann K, Kwiatkowski J, Tresch S. Auxin herbicides induce H₂O₂ overproduction and tissue damage in cleavers (*Galium aparine* L.) [J]. *J Exp Bot*, 2001, 52(362): 1811-1816.
- [21] Kah M, Beulke S, Brown C D. Factors influencing degradation of pesticides in soil [J]. *J Agric Food Chem*, 2007, 55(11): 4487-4492.
- [22] Weber J B. The pesticide scorecard: Toxicological effects, biological distributions, and the fate of these chemicals can be quantified in a simplified, straightforward manner [J]. *Environ Sci Technol*, 1977, 11(8): 756-761.
- [23] Peirce J R. Declared Plant Control Handbook [M]. 7th ed. Western Australia: Weed Science Invasive Species Program Department of Agriculture and Food, 2009: 14-18.
- [24] Chen J C, Hu G D, Qu J H. Studies on the acute toxicity of the five kinds of herbicides to silver carp [J]. *J Zhanjiang Ocean Univ*, 2005, 25(4): 35-38.
- 陈家长, 胡庚东, 瞿建宏. 5种除草剂对白鲢鱼种急性毒性试验 [J]. *湛江海洋大学学报*, 2005, 25(4): 35-38.