

除草剂对紫茎泽兰防治效果及开花结实的影响

朱文达¹, 曹勘程^{2*}, 颜冬冬², 李林¹, 刘晓燕², 郭章碧², 陈耕³

1. 湖北省农业科学院植保土肥所, 湖北 武汉, 430064; 2. 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193;

3. 四川省西昌市农业局, 四川 西昌 615000

摘要: 紫茎泽兰是目前我国危害最为严重的外来入侵杂草, 入侵后对我国西南地区农业、畜牧业以及生态环境造成严重的破坏。通过田间试验评估了不同除草剂对不同生育期紫茎泽兰的防治效果以及对紫茎泽兰开花结实的影响, 筛选出系列即保证不完全杀死紫茎泽兰, 又能有效抑制紫茎泽兰开花结实化学药剂, 即达到了控制紫茎泽兰的种群密度, 又能有效的减少紫茎泽兰种子孕藏量, 防止其蔓延扩散。研究结果表明克芜踪、草胺膦、氨基吡啶酸和盖灌能可有效的防除紫茎泽兰, 其中克芜踪、草胺膦药效作用快, 持效期相对短, 而氨基吡啶酸和盖灌能在施药 360 d 后药效仍能维持在 90%以上。甲嘧磺隆 315~630 g·hm⁻² 和苯嘧磺草胺 157.5 g·hm⁻² 药后 90 d 密度防效也都在 50%以上。使阔得对紫茎泽兰的防治效果不太理想, 二甲四氯基本无效。通过比较这 8 种除草剂可以看出, 采用苯嘧磺草胺 157.5 g·hm⁻²、甲嘧磺隆 315~630 g·hm⁻² 即能有效的抑制紫茎泽兰的开花结实, 又能很好的控制紫茎泽兰的发生密度。在紫茎泽兰的重灾和扩散蔓延区, 使用这两种药剂能够发挥较好的生态调控的效果。此外除草剂在紫茎泽兰营养生长期药效要优于生殖生长期。

关键词: 紫茎泽兰; 外来入侵植物; 除草剂; 开花; 防治效果

中图分类号: X173

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906 (2013) 05-0820-06

引用格式: 朱文达, 曹勘程, 颜冬冬, 李林, 刘晓燕, 郭章碧, 陈耕. 除草剂对紫茎泽兰防治效果及开花结实的影响[J]. 生态环境学报, 2013, 22(5): 820-825.

ZHU Wenda, CAO Aocheng, YAN Dongdong, LI Lin, LIU Xiaoyan, GUO Zhangbi, CHEN Geng. Evaluation the efficacy and influence of herbicides on flowering and fruitification of *Eupatorium adenophorum* Spreng [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2013, 22(5): 820-825.

紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum* Spreng)是一种世界性入侵杂草, 为菊科泽兰属, 多年丛生型半灌木草本植物, 原产于中美洲, 现广泛分布于热带亚热带 30 多个国家和地区。紫茎泽兰大约于 20 世纪 40 年代从中缅、中越边境通过自然扩散传入我国云南省^[1-3]。由于其极强的适应能力和竞争能力, 现已传播至长江中下游地区。紫茎泽兰的入侵给我我国西南地区农业、畜牧业以及生态环境造成严重的破坏^[4-5]。

目前有诸多成功报道采用替代种植控制紫茎泽兰的研究工作^[6-8], 但是通过化学药剂防除紫茎泽兰仍然是最直接有效措施。在之前的工作我们研究了紫茎泽兰的对不同农作物的危害及经济阈值, 研究结果表明采用化学药剂控制农田的紫茎泽兰是最经济有效的方法^[9-11]。早期曹勘程等开展了有关紫茎泽兰化学防除的研究工作^[12], 段新慧等也从多种除草剂中筛选出了针对替代植物安全对紫茎泽兰高效的新型除草剂^[13]。虽然已有部分研究报道了

除草剂对紫茎泽兰的防治效果^[14-15], 但是有关药剂对紫茎泽兰开花结实影响的报道较少, 通过开展紫茎泽兰的化学防治药剂筛选及不同除草剂对紫茎泽兰开花结实的影响, 筛选出系列即保证不杀死紫茎泽兰, 又能有效抑制紫茎泽兰开花结实化学药剂, 即达到了控制紫茎泽兰的种群密度, 又能有效的减少紫茎泽兰种子孕藏量, 防止其蔓延扩散同时保持水土。2008—2009 年在当地农业局和农民的积极配合下我们通过田间试验评估了不同除草剂对不同生育期紫茎泽兰的防治效果以及对紫茎泽兰开花结实的影响, 为制定紫茎泽兰的综合防控策略提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 除草剂对紫茎泽兰的防除效果及开花结实的影响

试验地点在四川省西昌市袁家山, 山上以松树为主, 树间株行距约为 3 m×4 m。施药时间为 2008 年 11 月 25 日(紫茎泽兰营养生长期), 共计 8 个

基金项目: 农业部公益性行业(农业)科研专项(201103027)

作者简介: 朱文达(1938年生), 男, 研究员, 研究方向为杂草的综合防治。E-mail: zhwd@163.com

***通信作者:** 曹勘程(1963年生), 男, 研究员, 研究方向为外来入侵植物综合防控。E-mail: caoac@vip.sina.com

收稿日期: 2013-01-08

药剂:(1)70%苯嘧磺草胺水分散剂剂(WG)52.5、105、157.5 g·hm⁻²(以有效成分计,下同),德国巴斯夫股份有限公司;(2)6.25%使阔得 WG 9.375、18.75、37.5 g·hm⁻²,德国拜耳作物科学公司;(3)20%克芜踪水剂(AS)750、1000、1500 g·hm⁻²,湖北沙隆达股份有限公司;(4)20%草胺膦 AS 750、1000、1500 g·hm⁻²,东部韩农化工有限公司;(5)24%氨氯吡啶酸 AS 450、600、900 g·hm⁻²,四川利尔化学有限公司;(6)48%盖灌能乳油(EC)960、1920、2880 g·hm⁻²,美国陶氏益农公司;(7)70%甲嘧磺隆可溶性粉剂(SP)315、630、1050 g·hm⁻²,西安近代农药科技公司;(8)75%二甲四氯 AS 562.5、675、1012.5 g·hm⁻²,澳大利亚纽发姆有限公司。药剂处理剂量按登记推荐剂量进行设置,每种药剂设置3个剂量,并设空白对照,每个处理重复4次,小区面积为20 m²,所用药剂均采用西班牙 MATABI 超绿 16 型背负式喷雾喷雾。在施药前调查紫茎泽兰的基数,施药后不同时间调查紫茎泽兰的数量以及开花结实情况,计算药剂的防治效果和对花苞及种子的抑制率。上述药剂中苯嘧磺草胺是一个新型嘧啶二酮类除草剂,是原卟啉原氧化酶抑制剂。使阔得是甲基磺隆钠盐和酰磺隆复配的混剂,为磺酰脲类除草剂,是乙酰乳酸合成酶抑制剂。克芜踪为速效触杀型灭生性联吡啶类除草剂,影响植物光合作用和叶绿素的合成。草胺膦为有机磷类除草剂,是谷氨酰胺合成抑制剂。氨氯吡啶酸和盖灌能均为内吸传导型激素类除草剂,对阔叶植物高效,对禾本科植物安全。甲嘧磺隆也属于磺酰脲选择性内吸传导型除草剂。二甲四氯为是苯氧乙酸类选择性激素型除草剂^[16]。

1.2 不同施药时期除草剂对紫茎泽兰的防除效果比较

分别于2008年11月25日(紫茎泽兰营养生长期)和2009年2月26日(紫茎泽兰生殖生长期)

在四川西昌市袁家山施药,比较在紫茎泽兰不同生育期施药药剂的防治效果。施用药剂为(1)20%克芜踪 AS 750、1500 g·hm⁻²、(2)20%草胺膦 AS 750、1500 g·hm⁻²、(3)24%氨氯吡啶酸 AS 450、900 g·hm⁻²、(4)48%盖灌能 AS 960、2880 g·hm⁻²、(5)70%甲嘧磺隆 SP 315、1050 g·hm⁻²,共5个药剂,并设空白对照,每个处理重复4次,小区面积为20 m²。

1.3 数据统计分析

统计分析采用重复测量单因素方差分析(One Way Repeated Measures ANOVA)进行显著性检验,Duncan's新复极差法进行不同处理间均值之间显著性差异比较,百分数在进行显著性差异比较前先作反正弦平方根转化。

校正密度防效=
$$\frac{CK_1/CK_0 \times a_0 - a_1}{CK_1/CK_0 \times a_0} \times 100\%$$
^[17]

式中:CK₁=对照区残存草数量,CK₀=对照区杂草基数,a₁=处理区残存草数量,a₀=处理区杂草基数。

总体鲜质量防效=
$$[(G_0-G)/G_0] \times 100\%$$

式中:G₀=对照区杂草鲜质量,G=处理区杂草鲜质量。

花苞(种子等)抑制率=
$$[(PT_1-PT_2)/PT_1] \times 100\%$$

式中:PT₁=对照区花苞数量(或种子),PT₂=处理区花苞数量(或种子)。

2 结果与分析

2.1 除草剂防除紫茎泽兰的效果

2.1.1 紫茎泽兰对不同除草剂的受害症状

分别在施药后30 d,60 d调查了紫茎泽兰的受害症状(表1),发现8种药剂对紫茎泽兰的生长都起到抑制作用,尤其是克芜踪、草胺膦防除紫茎泽兰见效快,60 d后紫茎泽兰的全株即枯死,而其他除草剂的药效作用相对要缓慢。

表1 紫茎泽兰对不同除草剂的症状表现
Table 1 Symptoms of *Eupatorium adenophorum* after herbicide application

处理	症状	
	药后 30 d	药后 60 d
70%苯嘧磺草胺 WG	心叶至第1对叶枯死,第2对至4对叶药害,叶绿破坏呈现失绿斑。	心叶和第1对叶枯心,第2~3对叶色变淡(叶绿素遭破坏),无叶芽
6.25%使阔得 WG	心叶和第1对叶基部色淡,部分心叶尖发黑,部分株第1至2叶药害斑。	无芽,有叶芽2~5对
20%克芜踪 AS	全部死亡	全部死亡
20%草胺膦 AS	部分剩余1对或2对新叶,大部分死亡	全部枯死
24%氨氯吡啶酸 AS	顶部扭曲,茎下垂5~15 cm,上部6~8片叶柄向下卷曲,顶叶向杯状卷曲,6~7对下部叶片由暗红到干枯有枯点。	茎上部弯曲下垂或扭曲,仍有绿叶,多数叶萎蔫失绿,少数叶枯死,无芽无芽
48%盖灌能 EC	顶部扭曲,上部4~6片叶柄向下卷曲,顶叶背向卷曲,5~6对下部叶片由暗红到干枯,心叶有药害。	茎上部弯曲下垂或扭曲,仍有绿叶,多数叶萎蔫失绿,少数叶枯死,无芽无芽
70%甲嘧磺隆 SP	顶部扭曲,花蕾干枯成粉末	茎上部弯曲下垂或扭曲,仍有绿叶,多数叶萎蔫失绿,少数叶枯死,无芽无芽
75%二甲四氯 AS	花蕾比对照小,部分花蕾萎蔫	少数叶片萎蔫,有叶芽2~5对

2.1.2 除草剂对紫茎泽兰花苞数和种子数的影响

施药后 90、130 d 调查不同药剂对紫茎泽兰花苞数、种子数的影响 (表 2)。克芜踪、草胺膦、氨基吡啶酸和盖灌能均能有效的抑制紫茎泽兰的花苞数和种子数,对花苞和种子的抑制率均能达到 100%,在花期前施这些药剂能很好的控制紫茎泽兰开花结实。苯嘧磺草胺和甲嘧磺隆使用后对花苞

的抑制率也都能维持 90%以上。其中使阔得和二甲四氯对花苞的抑制率略低于其他 6 种药剂,抑制率也能维持在 59%~94%,对单株种子的抑制率也均在 66%以上。

2.1.3 不同除草剂对紫茎泽兰的防治效果及持效期

通过施药后调查 8 种除草剂对紫茎泽兰的防治效果可以看出 (表 3),不同药剂之间对紫茎泽兰的

表 2 不同除草剂对紫茎泽兰花苞数、种子数的影响
Table 2 Effect of herbicides on seed and bud of *Eupatorium adenophorum*

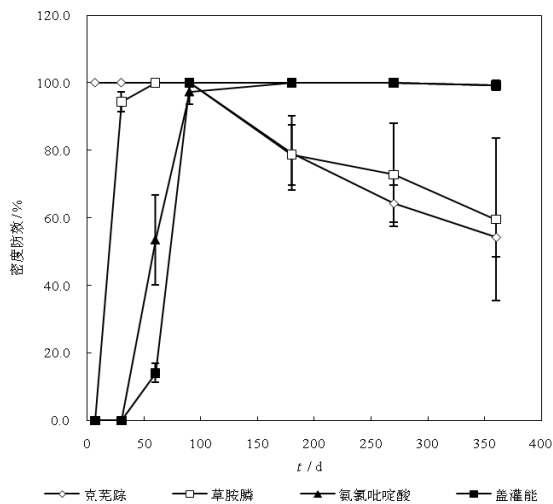
处理	有效成分用量/(g·hm ⁻²)	药后 90 d	药后 130 d		
		花苞抑制率/%	花苞抑制率/%	每花种子抑制率/%	单株种子抑制率/%
70%苯嘧磺草胺 WG	52.5	95.2 b	92.4 b	26.1 b	94.4 a
	105	100 a	100 a	100 a	100 a
	157.5	100 a	100 a	100 a	100 a
6.25%使阔得 WG	9.375	79.7 c	65.7 e	13.8 c	70.3 e
	18.75	86.1 c	59.5 e	16.6 bc	66.4 e
	37.5	94.7 b	77.5 d	18.0 bc	81.6 d
	750、1000、1500	100 a	100 a	100 a	100 a
20%草胺膦 AS	750、1000、1500	100 a	100 a	100 a	100 a
24%氨基吡啶酸 AS	450、600、900	100 a	100 a	100 a	100 a
48%盖灌能 EC	960、1920、2880	100 a	100 a	100 a	100 a
70%甲嘧磺隆 SP	315	97.5 ab	100 a	100 a	100 a
	630	97.9 ab	100 a	100 a	100 a
	1050	97.9 ab	100 a	100 a	100 a
75%二甲四氯 AS	562.5	75.9 c	87.2 c	15.6 c	89.1 c
	675	83.6 c	92.8 bc	25.2 bc	94.4 bc
	1012.5	82.8 c	93.2 bc	27.6 b	95.0 bc

相同小写字母表示采用邓肯新复极差测验在 5%显著水平差异不显著,下同

表 3 不同除草剂对紫茎泽兰的防除效果
Table 3 Efficacy of herbicides on controlling *Eupatorium adenophorum*

处理	有效成分用量/(g·hm ⁻²)	密度防效/%			鲜质量防效/%
		药后 30 d	药后 60 d	药后 90 d	药后 90 d
70%苯嘧磺草胺 WG	52.5	4.8 f	2.7 gh	7.8 h	75.7 d
	105	2.6 f	4.2 fg	35.4 g	91.1 b
	157.5	7.6 f	8.7 f	52.3 g	94.9 b
6.25%使阔得 WG	9.375	5.9 f	5.6 fg	8.6 h	43.6 e
	18.75	5.4 f	3.7 fg	4.1 hi	47 e
	37.5	3.8 f	2.7 gh	5.1 hi	52.9 e
	750	100 a	100 a	88.7 cde	99.7 a
20%克芜踪 AS	1000	100 a	100 a	100 a	100 a
	1500	100 a	100 a	100 a	100 a
	750	85.3 c	100 a	86.3 de	99.8 a
20%草胺膦 AS	1000	90.5 bc	100 a	95.4 abcd	99.9
	1500	94.4 b	100 a	100 a	100 a
	450	0 g	44.4 cde	82.5 de	99.5 a
24%氨基吡啶酸 AS	600	0 g	48.4 cd	91.8 abcd	99.9 a
	900	0 g	53.5 c	97.3 abc	100 a
	48%盖灌能 EC	960	0 g	36.4 de	100 a
48%盖灌能 EC	1920	0 g	49.6 c	100 a	100 a
	2880	0 g	32.1 e	100 a	100 a
70%甲嘧磺隆 SP	315	34.5 e	50.9 c	69.5 f	75.2 d
	630	43.0 de	66.6 b	78.7 ef	83.3 c
	1050	47.6 d	70.1 b	98.4 ab	99.3 a
75%二甲四氯 AS	562.5	0 g	1.2 h	2.4 hi	6.3 f
	675	0 g	0.6 h	0.7 i	8.1 f
	1012.5	0 g	2.0 gh	0.5 i	9.3 f

防治效果存在明显的差异。克芜踪和草胺膦在施药后 30 d 对紫茎泽兰的防治效果能达到 85%以上,在施药后 90 d 克芜踪、草胺膦、氨基吡啶酸和盖灌能对紫茎泽兰的密度防效都能维持在 80%以上。甲嘧磺隆高剂量 1 050 g·hm⁻² 处理药后 90 d 鲜质量和密度防效也能达到 90%以上,而甲嘧磺隆 315~630 g·hm⁻² 也一定程度上能够控制紫茎泽兰的数量,药后 90 d 密度和鲜重防效也维持在 69%~84%,其中克芜踪、草胺膦、氨基吡啶酸和盖灌能在药后 90 天鲜重防效要显著优于其他 4 种药剂。施用苯嘧磺草胺 157.5 g·hm⁻² 药后 90 d 对紫茎泽兰的密度防效也在 50%以上,使阔得对紫茎泽兰的防治效果不太理想,二甲四氯对紫茎泽兰基本无效。此外通过比较克芜踪、草胺膦、氨基吡啶酸和盖灌能对紫茎泽兰的持效期发现,克芜踪和草胺膦药效作用快,持效期相对短,而氨基吡啶酸和盖灌能在施药 360 d 后药效仍能维持在 90%以上,且效果显著优于克芜踪和草胺膦(图 1)。



图中均为药剂高剂量处理的密度防效

图 1 不同除草剂对紫茎泽兰的持效期

Fig.1 Duration of herbicides on controlling *Eupatorium adenophorum*

2.2 不同施药时期除草剂对紫茎泽兰的防除效果

2008 年 11 月 25 日,紫茎泽兰处于营养生长期施用克芜踪、草胺膦、氨基吡啶酸、盖灌能和甲嘧磺隆施药后 130 d 均能有效的抑制紫茎泽兰的开花结实,对花苞和种子的抑制率均达到 100%(表 2),同时对紫茎泽兰也都有很好的防治效果(表 3)。2009 年 2 月 26 日,紫茎泽兰处于生殖生长期时施药,施药 60 d 后 5 种药剂对花苞抑制率都较低,仅克芜踪对花苞的抑制率达到 64%以上,但是 5 种药剂都能有效抑制紫茎泽兰的结实,抑制率均能达到 100%(表 4)。

表 4 紫茎泽兰生殖生长期除草剂对紫茎泽兰花苞数、种粒数的影响
Table 4 Effect of herbicides on seed and bud in reproductive period of *Eupatorium adenophorum*

处理	用量/ g(a.i.)·ha ⁻¹	药后 60 d		
		花苞抑制 率/%	每花种子 抑制率/%	单株种子 抑制率/%
20%克芜踪 AS	750	64.3 b	100 a	100 a
	1500	84.6 a	100 a	100 a
20%草胺膦 AS	750	20.3 e	100 a	100 a
	1500	27.8 de	100 a	100 a
70%甲嘧磺隆 SP	315	30.7 cde	100 a	100 a
	1050	50.4 bc	100 a	100 a
48%盖灌能 EC	960	55.8 b	100 a	100 a
	2880	63.5 b	100 a	100 a
24%氨基吡啶酸 AS	450	21.4 e	100 a	100 a
	900	44.0 bcd	100 a	100 a

2009 年 2 月 26 日紫茎泽兰生殖生长期施药后 30 d 百草枯和草胺膦的效果优于其他 3 种药剂,对紫茎泽兰的防治效果均能达到 60%以上,反应出该两种药剂速效性快(表 5)。在施药后 90 d 使用甲嘧磺隆 1 050 g·hm⁻²、盖灌能 2 880 g·hm⁻²和氨基吡啶酸 900 g·hm⁻²对紫茎泽兰密度和鲜质量防效均优于百草枯和草胺膦,表明这 3 种药剂的药效慢,和 2008 年 11 月 25 日施药的药效变化一致,但是生殖生长期施药的药效均低于营养生长期。

表 5 泽兰生殖生长期不同除草剂对紫茎泽兰的防效

Table 5 Efficacy of herbicides on controlling *Eupatorium adenophorum* in reproductive period

处理	用量/g(a.i.)·ha ⁻¹	密度防效/%			鲜质量防效/%
		药后 30 d	药后 60 d	药后 90 d	药后 90 d
20%克芜踪 AS	750	77.6 b	67.7 abc	53.6 bc	64.0 bc
	1500	95.5 a	92.2 a	70.5 ab	79.7 ab
20%草胺膦 AS	750	60.3 b	42.6 c	22.4 d	36.4 d
	1500	79.5 b	65.9 abc	41.3 bcd	58.6 bcd
70%甲嘧磺隆 SP	315	0 c	0.6 d	31.6 cd	47.4 cd
	1050	0 c	4.1 d	84.5 a	89.0 a
48%盖灌能 EC	960	0 c	36.1 c	47.3 bcd	64.1 bc
	2880	0 c	79.5 ab	85.8 a	90.7 a
24%氨基吡啶酸 AS	450	0 c	9.1 d	39.7 bcd	57.1 cd
	900	0 c	58.9 bc	86.1 a	91.1 a

3 讨论

采用除草剂能够有效的控制紫茎泽兰的发生,紫茎泽兰对除草剂的吸收的主要是以顶端为主,通过喷洒除草剂至植株顶端能起到更好的防治效果^[18]。紫茎泽兰经过甲嘧磺隆和氨基吡啶酸处理后,光合速率和蒸腾速率受到抑制,同时叶片叶绿素含量也显著减少,两种药剂均有效的抑制紫茎泽兰的光合作用^[19]。氨基吡啶酸对紫茎泽兰具有优良的防治效果,10%氨基吡啶酸静电喷雾液剂的研制与利用,不仅提高了药效,减少了药液的使用量,并且该剂型在使用过程中无需兑水,解决了高山林地施药用水困难的问题^[20]。此外在紫茎泽兰营养生长期早起施药能够较好的控制其发生密度,在生殖生长期紫茎泽兰植株生长量大,药剂的防治效果相对较差。采用化学防治的方法控制紫茎泽兰有着明显的优势,但是对于紫茎泽兰发生严重的区域,如单纯采用化学防治的方法,不仅需要大量的防治费用,而且会导致水土流失,生态破坏的环境问题。对重灾区紫茎泽兰加以利用,可以实现变废为宝,化害为利,将节省大量的防治费用。杀虫活性成分的提取分离^[21]、微生物发酵饲料生产^[22]、有机肥资源的开发^[23]和染料的提取^[24]等综合利用手段为紫茎泽兰的综合防控策略的制定有着重要的理论和实践意义。替代种植也控制紫茎泽兰蔓延和危害的主要途径之一,采用马尾松、板栗、牧草等替代植物进行替代控制均能发挥一定的调控效果^[6-8,25]。在通过不同的手段防治紫茎泽兰的过程中,要针对不同生境条件下紫茎泽兰的发生特点,选择合适的防治手段,在控制生态平衡、促进物种多样性的基础上,达到对紫茎泽兰的综合防控目的。

4 结论

克芜踪、草胺磷、氨基吡啶酸和盖灌能均能有效的抑制紫茎泽兰的花苞数和种子数,对花苞和种子的抑制率均能达到100%,苯嘧磺草胺和甲嘧磺隆使用后对花苞的抑制率也都能维持90%以上,在紫茎泽兰开花前施用这些药剂能很好的控制紫茎泽兰开花结实繁殖。采用克芜踪、草胺磷、氨基吡啶酸和盖灌能可有效的防除紫茎泽兰,其中克芜踪、草胺磷药效作用快,持效期相对短,而氨基吡啶酸和盖灌能在施药360 d后药效仍能维持在90%以上。甲嘧磺隆315~630 g·hm⁻²一定程度上也能控制紫茎泽兰的数量,药后90 d密度防效也维持在69%~78%。施用苯嘧磺草胺157.5 g·hm⁻²药后90 d对紫茎泽兰的密度防效也在50%以上。使阔得对紫茎泽兰的防治效果不太理想,二甲四氯对紫茎泽兰基本无效。通过比较这8种除草剂对紫茎泽兰防治效果以及对开花结实的影响可以看出,采用苯嘧磺

草胺157.5 g·hm⁻²、甲嘧磺隆315~630 g·hm⁻²即能有效的抑制紫茎泽兰的开花结实,又能很好的控制紫茎泽兰的发生密度。在紫茎泽兰的重灾和扩散蔓延区,使用这两种药剂能够发挥较好的生态调控的效果。在供试药剂中克芜踪、草胺磷、氨基吡啶酸和盖灌能虽然也能很好的抑制紫茎泽兰的开花结实,但是施药后植株几乎枯死,容易导致水土流失。通过比较紫茎泽兰不同生育期化学药剂防治效果可以看出,药剂在紫茎泽兰营养生长期药效要优于生殖生长期。

参考文献:

- [1] ZHU L, SUN O J, SANG W G, et al. Predicting the spatial distribution of an invasive plant species (*Eupatorium adenophorum*) in China[J]. Landscape Ecology, 2007, 22:1143-1154.
- [2] LU Z, MA K. Spread of the exotic croftonweed (*Eupatorium adenophorum*) across southwest China along roads and streams[J]. Weed Science, 2006, 54: 1068-1072.
- [3] 强胜. 世界性恶性杂草-紫茎泽兰研究的历史及现状[J]. 武汉植物学研究, 1998, 16(4): 366-372.
- [4] 鲁萍, 桑卫国, 马克平. 外来入侵种紫茎泽兰研究进展与展望[J]. 植物生态学报, 2005, 29(6): 1029-1037.
- [5] 刘伦辉, 谢寿昌, 张建华. 紫茎泽兰在我国分布、危害与防除途径的探讨[J]. 生态学报, 1985, 5(1): 1-6.
- [6] 欧国腾, 赵宇翔, 江赢, 等. 贵州南部山区紫茎泽兰的替代控制研究[J]. 中国森林病虫, 2012, 31(2):23-26.
- [7] 于亮, 李世吉, 桂富荣, 等. 黑麦草和紫花苜蓿对紫茎泽兰的竞争作用研究[J]. 云南农业大学学报, 2009, 24(2):164-168.
- [8] 钟声, 奎嘉祥, 周自玮. 牧草替代控制紫茎泽兰关键技术[J]. 植物保护, 2007, 33(3):16-19.
- [9] 朱文达, 曹勘程, 涂书新, 等. 紫茎泽兰对大蒜产量的影响及其经济阈值[J]. 华中农业大学学报, 2010, 29(3):295-299.
- [10] 朱文达, 何燕红, 曹勘程. 紫茎泽兰对茄子产量的影响及其经济阈值[J]. 植物保护学报, 2011, 38(6):563-568.
- [11] 朱文达, 颜冬冬, 曹勘程, 等. 紫茎泽兰对花生生长的影响及其经济阈值[J]. 中国油料作物学报, 2012, 34(5): 518-522.
- [12] 曹勘程, 芮昌辉, 郭美霞, 等. 紫茎泽兰的化学防除及生态修复效果[J]. 安全与环境学报, 2006, 6(3):79-85.
- [13] 段新慧, 钟声, 奎嘉祥, 等. 紫茎泽兰新型抑制剂的筛选[J]. 热带农业科学, 2008, 28(4):17-20.
- [14] 张付斗, 李天林, 吴迪, 等. 草甘膦与2,4-滴丁酯防除紫茎泽兰应用技术[J]. 农药, 2005, 44(12):565-572.
- [15] 刘晓燕, 曹勘程, 尹洪宗, 等. 有机硅提高除草剂在紫茎泽兰叶片上润湿性能的研究[J]. 生态环境学报, 2010, 19(3):692-696.
- [16] 刘长令. 世界农药大全-除草剂卷[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 378-393.
- [17] 吕斑, 王学江. 除草剂防效计算方法的讨论[J]. 植保技术与推广, 1998, 18(1):31-32.
- [18] 曹勘程, 田宇, 郭美霞, 等. 除草剂涂抹紫茎泽兰不同部位的效果[J]. 杂草科学, 2008, 4:29-30.
- [19] 刘小文, 王秋霞, 郭美霞, 等. 两种除草剂对紫茎泽兰光合特性的影响[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(7):1247-1253.
- [20] 刘勇良, 尹明明, 曹勘程, 等. 10%氨基吡啶酸静电喷雾液剂防除紫茎泽兰室内药效试验[J]. 农药, 2011, 50(10):767-771.

- [21] 闫乾胜, 杨婕, 李华民, 等. 入侵物种紫茎泽兰化学成分及生物活性研究进展[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2006, 42(1): 70-73.
- [22] 周自玮, 段新慧, 徐驰, 等. 紫茎泽兰作为反刍动物饲料的研究[J]. 草业与畜牧, 2007, 10:41-45.
- [23] 罗瑛, 刘壮, 高玲, 等. 紫茎泽兰的有机肥品质评价[J]. 中国农学通报, 2009, 25(7):179-182.
- [24] 张烨, 唐玲, 杨颖, 等. 紫茎泽兰黄色素提取工艺的优化[J]. 南方农业学报, 2012, 43(8):1199-1202.
- [25] 王重云, 刘文耀, 刘伦辉, 等. 紫茎泽兰迹地上不同替代植物群落植物多样性的变化[J]. 应用生态学报, 2006, 17(3):377-383.

Evaluation the efficacy and influence of herbicides on flowering and fruitification of *Eupatorium adenophorum* Spreng

ZHU Wenda¹, CAO Aocheng^{2*}, YAN Dongdong², LI Lin¹, LIU Xiaoyan¹, GUO Zhangbi¹, CHEN Geng³

1. Institute of Plant Protection and Soil Fertilizer, Hubei Academy of Agricultural Science, Wuhan 430064, China;

2. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China;

3. Xichang Agricultural Bureau, Xichang, Sichuan 615000, China

Abstract: *Eupatorium adenophorum* Spreng is one of the worst invasive alien plant to China. Once it invaded, it brings great harm to the local farm, husbandry, as well as the ecological environment, especially in the Southwest of China. The control efficacy and influence of herbicides on flowering and fructification of *E. adenophorum* at two different growth stages were evaluated in our study. The results indicated that paraquat, glufosinate, picloram and garlon showed effective control on *E. adenophorum*. Paraquat and glufosinate provided fast weed control with short duration of efficacy but the efficacy of picloram and garlon lasted for 360 days after the herbicide application while maintaining the efficacy at 90%. The control efficacy of sulfometuron-methyl 315-630 g·hm⁻² and saflufenacil 157.5 g·hm⁻² were also over 50% after 90 days of herbicide application. Sekator did not show good control efficacy and MCPA showed little control efficacy towards *E. adenophorum*. Flowering and fructification of *E. adenophorum* were strongly inhibited after application of sulfometuron-methyl 315-630 g·hm⁻² and saflufenacil 157.5 g·hm⁻², which also provided a comparatively good control on density of *E. adenophorum* after these 8 herbicides were compared. Application of sulfometuron-methyl and saflufenacil would provide good ecological control in heavily invaded and proliferation regions of *E. adenophorum*. Moreover, herbicides provided a better efficacy at vegetative stage compared to reproductive stage of *E. adenophorum*.

Key words: *Eupatorium adenophorum* Spreng; invasive alien plant; herbicides; flowering; control efficacy