

2,4-D 丁酯对轮叶马先蒿的防除效果 及对草地植被的影响

张晓艳¹, 胡玉昆², 姬承东¹, 郭正刚³, 公延明^{2,4}

(1. 湖南涉外经济学院高尔夫系, 湖南长沙 410205; 2. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆乌鲁木齐 830011;

3. 兰州大学草地农业科技学院, 甘肃兰州 730020; 4. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要:为有效灭除草地害草轮叶马先蒿, 采用2,4-D丁酯在巴音布鲁克高寒草地进行了不同时期不同剂量化学防除试验。结果表明, 防除轮叶马先蒿的最佳时期为盛花期; 最佳药品用量是0.066 mL/m²; 喷施2,4-D丁酯后, 草地植被生态环境得到明显改善, 轮叶马先蒿被部分或完全灭除, 优良牧草垂穗披碱草在草地群落中占据优势地位, 同时杂类草新疆假龙胆受到一定的抑制, 草地质量明显提高。

关键词:高寒草地; 2,4-D丁酯; 轮叶马先蒿; 化学防除

中图分类号:S451.23 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-5759(2009)04-0168-07

* 草地退化引起草地质量和产量下降, 土壤环境恶化, 导致生产与生态功能衰退。草地退化按其所在区域和成因分为荒漠型退化、盐渍型退化、黑土滩型退化和毒杂草型退化^[1]。其中, 毒杂草型退化指在家畜过度放牧及鼠类活动下, 优良牧草被过度啃食而不能恢复, 原来以优质牧草为优势种的草地演变为以毒杂草为优势的植物群落^[2,3], 虽然草地生态功能变化较小, 但生产功能降低很大, 载畜量降低, 牧业收入减少, 牧民生存受到威胁。因此毒杂草防治已经成为草地恢复和改良中的重要内容。

近年来, 国外关于毒杂草型退化草地的改良主要集中于采用除草剂清除毒害草后再补播优良牧草^[4,5], 并取得了显著效果, 但目前的除草剂多限于双子叶杂草类或单子叶杂草类的防除^[6,7], 这种除草剂的广谱性特征又可能对优良牧草造成伤害, 因此研究具有专一性的除草剂显得十分迫切, 但这方面的研究相对不够全面系统。

巴音布鲁克高寒草地位于新疆天山南坡中部山地, 分布于开都河周围广阔的平坦区域, 可利用草地面积 173.3×10^4 hm²^[8], 不仅肩负着涵养水源、保持水土、净化环境的重要生态功能, 而且是蒙古族牧民从事畜牧业生产的物质基础。然而由于过度放牧, 大量有害杂草轮叶马先蒿(*Pedicularis verticillata*)侵入巴音布鲁克高寒草地, 繁衍迅猛, 与优良牧草争夺养分和空间, 造成草群成分发生变化, 草地质量下降, 严重制约了畜牧业的发展。本试验旨在通过对不同时期不同剂量的2,4-D丁酯对轮叶马先蒿防除效果的研究, 找出一种经济有效且适宜大面积防除轮叶马先蒿的配套技术应用于生产, 以改善草地状况, 提高草地生产能力。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

巴音布鲁克草原位于新疆巴音郭楞蒙古自治州和静县西北, 天山南麓, 面积约 2.3×10^4 km²。地处83°43' E, 42°54' N, 海拔为2 470~2 500 m; 年平均气温为-4.8℃, 1月最低气温可达-48℃, 7月最高气温为30.5℃; 年平均降水量276.2 mm, 年蒸发量高达1 022.9~1 247.5 mm, 年日照2 466~2 616 h, 热能13.4 J, 全年积雪日达150~180 d, 无绝对无霜期, 属典型的高寒气候; 土壤为亚高山高寒草原土。该区草场类型多而面积大, 分布着全疆面积最大的高山沼泽草甸、高寒草原、高寒草甸。

近年来, 由于气候和人为的各种原因, 在草地群落中仅为偶见种成分的轮叶马先蒿, 由于种子体积小, 数量众多, 以及极强的入侵性, 在草地群落中占据了优势种地位, 致使原优势种牧草因生长不良而大片枯死, 草群成分发生变化, 草地质量明显下降^[9]; 据初步调查, 轮叶马先蒿入侵的平均盖度为30%, 高者达80%以上, 中度入侵密度

* 收稿日期: 2008-01-17; 改回日期: 2009-01-15

基金项目: 新疆科技厅攻关计划项目(200533122)和新疆巴音郭楞蒙古自治州科技重大项目(20054046)资助。

作者简介: 张晓艳(1981-), 女, 陕西合阳人, 助教, 硕士。E-mail: zhangxy05@mails.gucas.ac.cn

为 140 株/m²,地上生物量占草群生物量的 40.8%。目前,轮叶马先蒿在新疆巴音布鲁克高寒草地的分布和扩散面积已达 2×10⁴ hm²,而且仍以每年 0.3×10⁴ hm² 以上的速度增加。

1.2 试验材料及设计

供试除草剂为 75% 的 2,4-D 丁酯乳油剂。供试草地以垂穗披碱草(*Elymus multicaulis*)为建群种,主要伴生种为高山早熟禾(*Poa alpina*)、天山赖草(*Leymus tianschanicus*)、黑穗苔草(*Carex atrofusa*)、新疆假龙胆(*Gentianella turkestanorum*)、黄花棘豆(*Oxytropis ochrantha*)、深裂委陵菜(*Potentilla multifida*)等。

选择轮叶马先蒿大量入侵地段作为试验区,试验设 6 个浓度梯度和 1 个对照区,即 7 个处理(包括 0.072%, 0.079%, 0.087%, 0.093%, 0.100%, 0.127% 和 0),每个处理设 3 个重复,试验小区采用随机区组排列,小区面积为 3 m×3 m(9 m²),小区间隔 1 m(即保护行为 1 m)。

1.3 喷药时间与方法

于 2007 年 6 月 18 日、6 月 28 日、7 月 28 日分 3 次喷药,以上 3 个时间分别正值轮叶马先蒿的分枝期、初花期和盛花期。选择晴朗无风的天气,用背负式喷雾器,喷头配带防护罩,距地面 20 cm 左右将药定向均匀喷入各小区。施药时用挡风板将不同小区隔开,防止药液喷洒或飘移到其他小区内。

1.4 数据采集

每喷药小区取 3 个 1 m² 的小样方^[10],于各次喷药前 1 d 和喷药后 30 和 60 d 调查喷药区的植物群落特征,包括轮叶马先蒿密度、高度和盖度,垂穗披碱草和新疆假龙胆的高度和盖度。

1.5 喷施 2,4-D 丁酯对轮叶马先蒿防除效果的评价方法

评价方法见表 1。

$$V_j = \sum_{i=1}^k X_i / k; \text{ 式中, } X_i \text{ 为一定浓度下不同生育期}$$

对轮叶马先蒿的防除效果, k 为 k 个生育期(本试验共 3 个生育期,包括分枝期、初花期、盛花期,即 $k=3$), V_j 为不同浓度处理对轮叶马先蒿的防除效果。

$$V_i = \sum_{j=1}^n X_j / n; \text{ 式中, } X_j \text{ 为一定生育期下不同浓度}$$

对轮叶马先蒿的防除效果, n 为 n 个浓度处理(本试验共 6 个浓度梯度,包括处理 0.072%, 0.079%, 0.087%, 0.093%, 0.100% 和 0.127%,即 $n=6$), V_i 为不同生育期对轮叶马先蒿的防除效果^[11]。

$$X_j = c - (a_m + b_m) / 2; \text{ 式中, } c \text{ 为轮叶马先蒿的死亡率, } a_m \text{ 为轮叶马先蒿的盖度增加值, } b_m \text{ 为轮叶马先蒿的高度增加值。}$$

1.6 重要值

$$\text{重要值} = (\text{相对盖度} + \text{相对高度}) / 2$$

2 结果与分析

2.1 喷施 2,4-D 丁酯对轮叶马先蒿生长发育的影响

2.1.1 对轮叶马先蒿生长密度的影响 6 月 18 日喷施 2,4-D 丁酯,药剂浓度为 0.072%, 0.079% 和 0.093% 的处理对轮叶马先蒿有一定的抑制作用,表现为密度下降(表 2),药剂浓度为 0.087%, 0.100% 和 0.127% 的处理在喷施药剂后,密度仍然增加,防除效果不明显,这是因为在分枝期喷药后,仍有大量的新生植株出现,使防除效果下降。6 月 28 日喷施不同浓度的药剂,各小区轮叶马先蒿的密度明显下降,喷施 2,4-D 丁酯的小区杀死率均达到 70% 以上,处理间杀灭效果差异不显著。在轮叶马先蒿的 3 个时期喷施不同浓度 2,4-D 丁酯,7 月 28 日喷药,轮叶马先蒿的死亡率最高,药剂浓度为 0.127% 的处理死亡率为 64.95%,其余 5 个处理的死亡率均达到 95% 以上,处理间轮叶马先蒿的死亡率差异不显著。

表 1 每组具 n 个观测值的 k 组样本符号^[11]

Table 1 K group sample symbol tables of each with n entries observations

处理 Treatment	生育期 Growth periods					平均值 Average
	1	...	i	...	k	
T ₁	X ₁₁	...	X _{i1}	...	X _{k1}	V ₁
...
...
T _j	X _{1j}	...	X _{ij}	...	X _{kj}	V _j
...
T _n	X _{1n}	...	X _{in}	...	X _{kn}	V _n
平均值 Average	V ₁	...	V _i	...	V _k	

2.1.2 对轮叶马先蒿生长高度的影响 不同时期喷施不同浓度 2,4-D 丁酯,对轮叶马先蒿的生长均有不同程度的抑制作用(表 3)。6 月 18 日喷药,对照小区中轮叶马先蒿高度 30 和 60 d 内分别增加 11.91 和 21.60 cm,药剂浓度为 0.072%,0.079%,0.087%,0.093%,0.100%和 0.127%的小区中轮叶马先蒿高度分别增加 3.26~4.48 和 15.60~17.64 cm,喷药后 30 d,喷施药剂的 6 个处理中对轮叶马先蒿高度的抑制与对照差异显著,喷施药剂的处理间差异不显著,喷药后 60 d,对照与药剂浓度为 0.072%,0.087%,0.100%和 0.127%的处理对轮叶马先蒿高度生长的影响差异显著,喷施药剂的 6 个处理间差异不显著。6 月 28 日喷药,30 和 60 d 内对照小区中轮叶马先蒿高度分别增加 19.86 和 19.53 cm,药剂浓度为 0.072%,0.079%,0.087%,0.093%,0.100%和 0.127%的小区中轮叶马先蒿高度分别增加 3.73~5.87 和 6.03~8.02 cm,对照小区中轮叶马先蒿高度的增加与药剂浓度为 0.072%,0.079%,0.087%,0.093%,0.100%和 0.127%的处理差异显著,喷施药剂的处理间对轮叶马先蒿高度的影响差异不显著。7 月 28 日喷药后,30 d 内对照区轮叶马先蒿高度增加 0.85 cm,60 d 内减小 0.90 cm,药剂浓度为 0.072%,0.079%,0.087%,0.093%,0.100%和 0.127%的小区中轮叶马先蒿高度分别减小 1.21~4.35 和 6.85~15.40 cm,喷药后 30 d,药剂浓度为 0.072%,0.093%和 0.100%的处理对轮叶马先蒿高度抑制与对照小区差异显著,喷药 60 d,0.079%和 0.100%的处理对轮叶马先蒿高度抑制与对照小区差异显著,喷施药剂的处理间对轮叶马先蒿高度的影响差异不显著。

2.2 喷施 2,4-D 丁酯对草地植被的影响

2.2.1 不同时期喷药和喷药浓度对轮叶马先蒿盖度的影响 不同时期喷施不同浓度的 2,4-D 丁酯,对轮叶马先蒿盖度均有一定的抑制作用(表 4)。6 月 18 日即轮叶马先蒿的分枝期,对照小区中轮叶马先蒿盖度 30 和 60 d 内分别增加 7.77%和 17.38%,药剂浓度为 0.072%,0.079%,0.087%,0.093%,0.100%和 0.127%的小区中轮叶马先蒿盖度分别增加-0.44%~6.89%和 2.33%~17.89%,对照小区中轮叶马先蒿盖度的增加与药剂浓度

表 2 不同时期喷药和喷药浓度对轮叶马先蒿死亡率的影响

Table 2 Effect of different period and concentration on death rate of *P. verticillata* %

处理 Treatment	浓度 Concentration	死亡率 Death rate		
		2007-6-18	2007-6-28	2007-7-28
CK	0	-45.31 c	0 b	0 b
T1	0.072	7.95 ab	74.34 a	95.05 a
T2	0.079	15.58 ab	78.61 a	97.70 a
T3	0.087	-6.02 abc	79.48 a	97.61 a
T4	0.093	18.98 a	74.46 a	97.65 a
T5	0.100	-32.48 bc	73.89 a	97.66 a
T6	0.127	-1.97 abc	75.81 a	64.95 ab

注:同列不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Note: Numbers in the same column with different letters mean significant difference at $P < 0.05$ according to Duncan's multiple range test.

表 3 不同时期喷药和喷药浓度对轮叶马先蒿生长高度的影响

Table 3 Effect of different period and concentration on height of *P. verticillata* cm

处理 Treatment	浓度 Concentration (%)	2007-6-18		2007-6-28		2007-7-28	
		30 d 增加值 Increases of 30 d	60 d 增加值 Increases of 60 d	30 d 增加值 Increases of 30 d	60 d 增加值 Increases of 60 d	30 d 增加值 Increases of 30 d	60 d 增加值 Increases of 60 d
CK	0	11.91 a	21.60 a	19.86 a	19.53 a	0.85 a	-0.90 a
T1	0.072	4.48 b	17.16 b	5.63 b	8.02 b	-4.23 b	-7.21 ab
T2	0.079	3.95 b	17.64 ab	5.17 b	7.84 b	-2.70 ab	-15.40 b
T3	0.087	4.16 b	16.36 b	5.87 b	7.64 b	-1.21 ab	-8.49 ab
T4	0.093	4.02 b	17.53 ab	5.15 b	7.42 b	-3.89 b	-11.22 ab
T5	0.100	3.52 b	16.15 b	5.55 b	8.00 b	-4.35 b	-14.13 b
T6	0.127	3.26 b	15.60 b	3.73 b	6.03 b	-2.51 ab	-6.85 ab

注:同列不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Note: Data in the same column with different letters mean significant difference at $P < 0.05$ according to Duncan's multiple range test.

表 4 不同时期喷药和喷药浓度对轮叶马先蒿盖度的影响

Table 4 Effect of different period and concentration on coverage of *P. verticilata*

处理 Treatment	浓度 Concentration (%)	2007-6-18		2007-6-28		2007-7-28	
		30 d 增加值	60 d 增加值	30 d 增加值	60 d 增加值	30 d 增加值	60 d 增加值
		Increases of 30 d	Increases of 60 d	Increases of 30 d	Increases of 60 d	Increases of 30 d	Increases of 60 d
CK	0	7.77 a	17.38 a	12.56 a	16.33 a	10.33 a	-3.78 a
T1	0.072	6.89 ab	17.89 a	5.56 b	0.44 b	-3.11 b	-14.93 b
T2	0.079	3.78 ab	11.78 ab	6.00 b	-2.11 b	-7.44 b	-15.37 b
T3	0.087	3.00 ab	11.11 ab	8.11 b	-3.22 b	-4.89 b	-18.23 b
T4	0.093	3.11 ab	12.11 ab	7.78 b	1.11 b	-3.56 b	-18.59 b
T5	0.100	0.22 ab	12.78 ab	9.56 ab	0.78 b	-4.22 b	-19.94 b
T6	0.127	-0.44 b	2.33 b	8.11 b	-2.11 b	-0.44 b	-17.72 b

注: 同列不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: Date in the same column with different letters mean significant difference at $P < 0.05$ according to Duncan's multiple range test.

为 0.127% 的处理差异显著, 喷施药剂的小区间对轮叶马先蒿盖度的影响差异不显著。6 月 28 日喷药后, 对照小区中轮叶马先蒿盖度 30 和 60 d 内分别增加 12.56% 和 16.33%, 药剂浓度为 0.072%, 0.079%, 0.087%, 0.093%, 0.100% 和 0.127% 的小区中轮叶马先蒿盖度分别增加 5.56%~9.56% 和 -3.22%~1.11%, 对照小区中轮叶马先蒿盖度的增加与药剂浓度为 0.072%, 0.079%, 0.087%, 0.093%, 0.100% 和 0.127% 的处理差异显著, 喷施药剂的处理间对轮叶马先蒿盖度的影响差异不显著。7 月 28 日喷药后, 2,4-D 丁酯对轮叶马先蒿的盖度表现出了明显的抑制作用, 30 d 内对照小区轮叶马先蒿盖度增加 10.33%, 60 d 后盖度减小了 3.78%, 药剂浓度为 0.072%, 0.079%, 0.087%, 0.093%, 0.100% 和 0.127% 的处理 30 和 60 d 内轮叶马先蒿盖度分别减小 0.44%~7.44% 和 14.93%~19.94%, 对照小区中轮叶马先蒿盖度的增加与药剂浓度为 0.072%, 0.079%, 0.087%, 0.093%, 0.100% 和 0.127% 的处理差异显著, 喷施药剂的处理间对轮叶马先蒿盖度的影响差异不显著。

2.2.2 喷施药剂后草地主要植物种重要值变化 喷药前轮叶马先蒿、垂穗披碱草和新疆假龙胆的重要值相差不大, 在群落中几乎占据相同的地位(图 1~6)。喷施不同剂量 2,4-D 丁酯后 30 d, 轮叶马先蒿、垂穗披碱草和新疆假龙胆在草地群落中地位变化不大; 施药后 60 d, 轮叶马先蒿、垂穗披碱草和新疆假龙胆的重要值变化明显, 轮叶马先蒿在群落中的地位明显下降, 垂穗披碱草在群落中的作用大幅度上升, 同时对新疆假龙胆也表现出了一定的抑制作用。

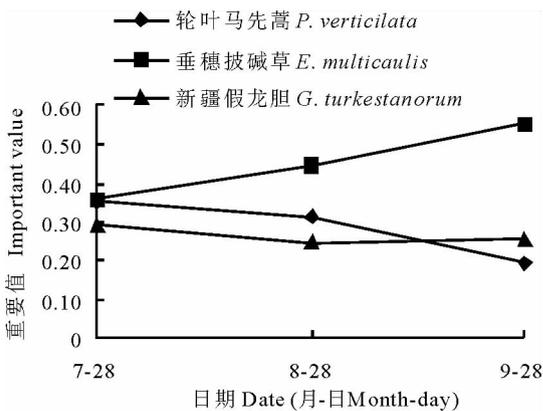


图 1 处理 T1 重要值变化

Fig. 1 Change of important value of treatment 1

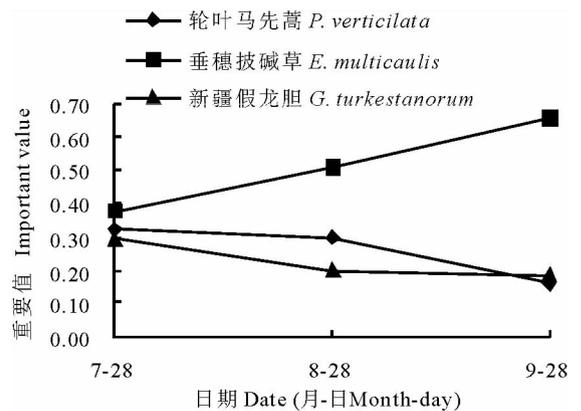


图 2 处理 T2 重要值变化

Fig. 2 Change of important value of treatment 2

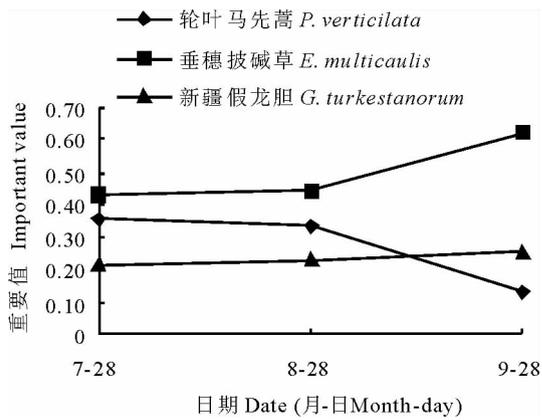


图3 处理 T3 重要值变化

Fig. 3 Change of important value of treatment 3

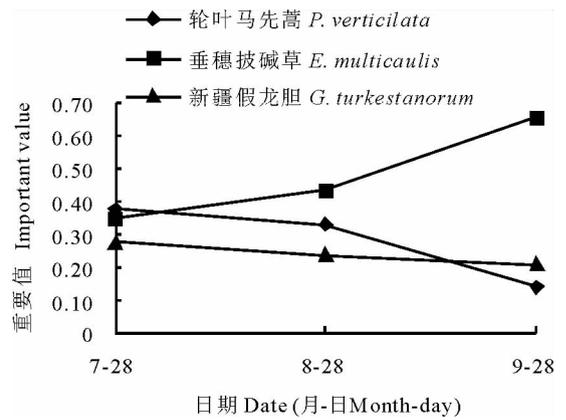


图4 处理 T4 重要值变化

Fig. 4 Change of important value of treatment 4

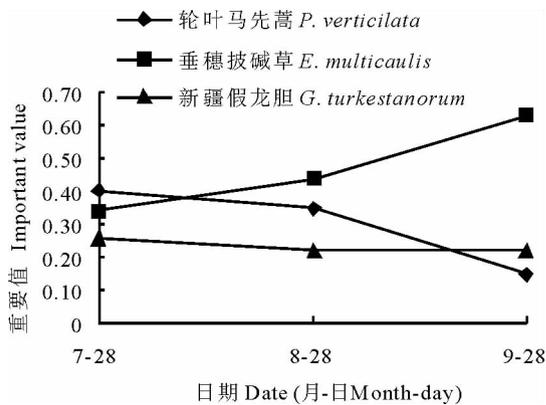


图5 处理 T5 重要值变化

Fig. 5 Change of important value of treatment 5

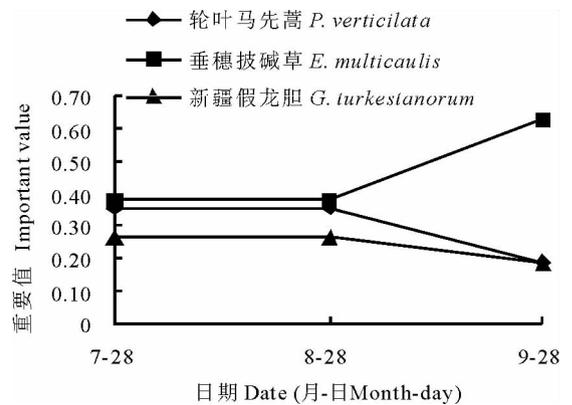


图6 处理 T6 重要值变化

Fig. 6 Change of important value of treatment 6

2.3 喷施 2,4-D 丁酯对轮叶马先蒿的防除效果

2.3.1 不同喷药剂量对轮叶马先蒿的防除效果 不同时期不同浓度 2,4-D 丁酯对轮叶马先蒿表现出了不同的防除效果,不同浓度药剂的防除效果在不同时期不尽相同,综合分析 3 个时期喷施 2,4-D 丁酯后不同浓度的防除效果(表 5),可见防除有害杂草轮叶马先蒿的最佳浓度大小依次为 0.079%,0.100%,0.093%,0.087%,0.072% 和 0.127%,由此可知,浓度为 0.079% 的处理为防除轮叶马先蒿的最佳处理。

2.3.2 不同喷药时期对轮叶马先蒿的防除效果 与轮叶马先蒿的 3 个生育期喷施药剂 2,4-D 丁酯相比,不同浓度处理在轮叶马先蒿的不同生育期表现出了不同的防除效果(表 6),浓度 0.072%,0.079%,0.087%,0.093% 和 0.127% 对轮叶马先蒿表现出了相同的防除效果,大小均依次为盛花期、初花期、分枝期,处理 0.100% 在 3 个时期的防除效果大小依次为盛花期、分枝期、初花期,由此可知,防除有害杂草轮叶马先蒿的最佳时期排序依次为盛花期、初花期、分枝期,防除高寒草地有害杂草轮叶马先蒿的最佳喷药时期为 7 月 28 日,即轮叶马先蒿的盛花期。

3 讨论

在轮叶马先蒿盛花期喷施 0.079% 的 75% 2,4-D 丁酯乳油剂,轮叶马先蒿死亡率最高为 97.70%,高度降幅最低为 15.40 cm;喷施 75% 的 2,4-D 丁酯乳油剂后,不同处理小区内轮叶马先蒿的盖度均比对照小区减小,尤其以盛花期的降幅最大,同时,施药后小区内优良牧草垂穗披碱草重要值远高于施药前,轮叶马先蒿重要值远低于施药前。75% 的 2,4-D 丁酯乳油剂有效杀死轮叶马先蒿的最佳药品用量是 0.066 mL/m² (浓度 0.079% 的 2,4-D 丁酯),最佳施药时期是盛花期,即 7 月 28 日。

表 5 不同时期不同浓度的防除效果和不同药剂剂量的最终排序

Table 5 Effect of control and final ranking of different period and concentration

处理 Treatment	浓度 Concentration (%)	次序 Order	分枝期 Branching period	初花期 Initial bloom stage	盛花期 Full flowering stage
T2	0.079	1	5	1	1
T5	0.100	2	4	5	3
T4	0.093	3	3	4	2
T3	0.087	4	2	2	5
T1	0.072	5	6	3	4
T6	0.127	6	1	6	6

表 6 不同浓度药剂在不同时期的防除效果及对轮叶马先蒿防除效果的最终排序

Table 6 Effect of control and final ranking of different concentration and period

时期 Stage	次序 Order	0.072%	0.079%	0.087%	0.093%	0.100%	0.127%
盛花期 Full flowering stage	1	1	1	1	1	1	1
初花期 Initial bloom stage	2	2	2	2	2	3	2
分枝期 Branching period	3	3	3	3	3	2	3

盛花期喷施 2,4-D 丁酯对轮叶马先蒿的植株防除效果显著高于初花期和分枝期。此时轮叶马先蒿的生长速度为 1.03 cm/d, 代谢快, 生长迅速, 药液易进入其体内发生药害。在分枝期喷药, 当时正值轮叶马先蒿的集中萌动期, 喷药后仍有部分新生植株出现, 从而在时间差上避开了药剂对其的伤害和灭杀。经过实地观测, 初花期轮叶马先蒿生长速度为 0.57 cm/d, 轮叶马先蒿生长代谢较为缓慢, 喷施 2,4-D 丁酯后, 药液在植物体内的渗透和转移较迟缓, 对植物的杀伤力较弱, 喷施药剂经过一段时间后, 到轮叶马先蒿的盛花期, 代谢加快, 生长迅速, 一些受到药剂伤害但没有致死的植株产生抗药性, 逐渐恢复生长。除草剂除草效果除了与用药量、杂草种类及所处生育阶段、草群结构状况有密切关系外, 还与外界环境条件有密切关系, 特别是受温度、湿度、日照和采用的技术措施影响较大^[12]。喷施环境条件影响杀灭效果, 温度过高或过低使轮叶马先蒿生活力减弱, 2,4-D 丁酯不易透过植物表皮的角质层而发生药效; 湿度高有利于气孔张开而发生药效; 日照太强, 药液蒸发快, 不利于杀灭轮叶马先蒿。因此, 环境条件对轮叶马先蒿的防除效果影响较大。喷施最佳时间一般选择于晴朗, 无风的清晨或傍晚, 采用人工喷雾方法。

不同药剂处理对轮叶马先蒿的防除效果不同, 药剂剂量较低处理 0.079% (药品用量 0.066 mL/m²) 的防除效果明显高于其他处理, 药剂剂量最高处理 0.127% 的防除效果最低, 因此, 对高寒草地有害杂草轮叶马先蒿的防除, 施加的药剂剂量越高, 防除效果可能越低, 同时高的喷药剂量可能会对草地优良牧草产生不利影响, 影响土壤生态环境安全。根据高效低浓度除草剂筛选原则, 选择处理 0.079% 为最佳药剂用量。对轮叶马先蒿的防除药剂商品用量不能超过 0.066 mL/m²。

喷施不同浓度药剂, 草地轮叶马先蒿的生长受到抑制, 同时适口性差的新疆假龙胆的生长繁殖也受到不利的影 响, 因此降低了与垂穗披碱草争夺空间、水分、养分、光照、二氧化碳和温度等因素的竞争能力, 垂穗披碱草有了充足的空间和营养条件进行生长、发育; 杀死的轮叶马先蒿和新疆假龙胆的根系腐烂后增加土壤养分, 又疏松了土壤, 起到了草地打孔的作用, 增加了土壤的通透性。因此, 灭杀轮叶马先蒿后改善了植物生存环境, 改变了草群成分, 提高了草地质量。另外, 2,4-D 丁酯喷施均匀度不同, 对垂穗披碱草有不同影响。喷洒浓度过大对垂穗披碱草产生一定的伤害, 部分禾草、莎草叶尖发黄, 有药物斑, 1 个月后才能正常生长, 对地下部分伤害不明显。不同种生态位重叠值越大, 在使用一种除草剂时, 可能会导致另一种的发生与蔓延^[13,14], 因此对轮叶马先蒿和垂穗披碱草的生态位重叠值的大小值得进行进一步研究, 同时轮叶马先蒿是否对其他优良牧草具有化感作用^[15,16], 也有待于进行研究, 以利于制定更好的控制轮叶马先蒿生长繁殖的对策。

参考文献:

- [1] 张自和. 无声的危机——荒漠化与草原退化[J]. 草业科学, 2000, 17(2): 10-12.
- [2] 赵成章, 樊胜岳, 殷翠琴. 毒杂草型退化草地植被群落特征的研究[J]. 中国沙漠, 2004, 24(4): 508-512.
- [3] 樊江文, 钟华平, 杜占池. 草地植物竞争的研究[J]. 草业学报, 2004, 13(3): 1-8.
- [4] Zaller J G. Ecology and non-chemical control of *Rumex crispus* and *R. obtusifolius* (Polygonaceae): A review[J]. European Weed Research, 2004, 44: 414-432.
- [5] Jann A, Williams, Carol G W. Environmental weeds in Australia and New Zealand: Issues and approaches to management[J]. Austral Ecology, 2000, 25: 425-444.
- [6] 姚拓, 胡自治. 高寒地区禾草混播草地杂草防除研究[J]. 草地学报, 2001, 9(4): 253-256.
- [7] 于凤芝. 草坪杂草化学防除研究初报[J]. 中国草地, 1997, (1): 49-52, 66.
- [8] 于建梅, 胡玉昆, 李凯辉, 等. 巴音布鲁克高寒草地主要植物种群生态特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(7): 155-159.
- [9] 李凯辉, 胡玉昆, 阿德力·麦地. 温度对轮叶马先蒿种子发芽的影响[J]. 云南植物研究, 2006, 28(4): 421-424.
- [10] 严林, 王玉兰. 西宁地区草坪阔叶杂草防除试验[J]. 草业学报, 2006, 15(1): 62-67.
- [11] Liu H X, Guo Z G, Wang S M. A new procedure for evaluating lucerne genotypes for semi-aridland in west China[J]. New Zealand Journal of Agricultural Research, 2005, 48: 109-116.
- [12] 沈景林, 孟杨, 谭刚, 等. 应用除草剂防除草地狼毒对草地植被的影响研究[J]. 中国草地, 2000, (4): 48-50.
- [13] 马丽荣, 蔺海明, 陈玉梁, 等. 兰州引黄灌区玉米田杂草群落及生态位研究[J]. 草业学报, 2007, 16(2): 111-117.
- [14] 闫美芳, 上官铁梁, 张金屯, 等. 五台山蓝花棘豆群落优势种群生态位研究[J]. 草业学报, 2006, 15(2): 60-67.
- [15] 马瑞君, 李刚, 朱慧, 等. 箭叶橐吾水溶物对 9 种牧草种子化感作用研究[J]. 草业学报, 2007, 16(6): 88-93.
- [16] 钟声, 段新慧, 奎嘉祥. 紫茎泽兰对 16 种牧草发芽及幼苗生长的化感作用[J]. 草业学报, 2007, 16(6): 81-87.

Studies of chemical control of *Pedicularis verticilata* with 2,4-D butyl ester and the effect on grassland vegetation

ZHANG Xiao-yan¹, HU Yu-kun², JI Cheng-dong¹, GUO Zheng-gang³, GONG Yan-ming^{2,4}

(1. Golf Department of Hunan International Economics University, Changsha 410205, China; 2. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 3. School of Pastoral Agricultural Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730020, China; 4. The Graduate School of the Chinese Academy of Science, Beijing 100039, China)

Abstract: The herbicide 2,4-D butyl ester was used to control *Pedicularis verticilata* efficiently. The best time for control of *P. verticilata* was florescence and the concentration was 0.066 mL/m². The grassland vegetation ecological environment was obviously improved after spraying 2,4-D butyl ester herbicide. *P. verticilata* was entirely or partially controlled and the high quality forage *Elymus multicaulis* became dominant. The harmful grassland weed *Gentianella turkestanorum* was inhibited to some degree. In summary, grassland quality was efficiently improved.

Key words: alpine meadow; 2,4-D butyl ester; *Pedicularis verticilata*; chemical control