

两种除草剂对紫茎泽兰光合特性的影响

刘小文^{1,2,3}, 王秋霞^{1,2}, 郭美霞^{1,2}, 白洁^{1,2}, 赵云^{1,2}, 李小艳^{1,2}, 曹塍程^{1,2},
何月秋³, 肖春³, 吴国星³

(1. 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193; 2. 农业部农药化学与应用重点开放实验室, 北京 100193; 3. 云南农业大学植物保护学院, 昆明 650201)

摘要:紫茎泽兰是一种重要的外来入侵生物, 已在我国西南地区泛滥成灾。为了探明甲嘧磺隆和氨氯吡啶酸对紫茎泽兰光合特性的影响, 为紫茎泽兰高效化学防除提供参考依据, 采用单因素随机区组设计, 对盆栽紫茎泽兰喷施不同浓度的甲嘧磺隆可溶性粉剂和氨氯吡啶酸水剂, 测定施药后 1~7 d 紫茎泽兰几个光合特性参数。结果表明, 随浓度和时间的增加, 紫茎泽兰的光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、蒸腾速率(Tr)、胞间 CO_2 浓度(C_i)及叶绿素含量呈下降趋势。0.12 g·L⁻¹ 甲嘧磺隆和 1.75 g·L⁻¹ 氨氯吡啶酸能有效地抑制紫茎泽兰的光合作用, 这两种药剂用量几乎减少一半。

关键词:甲嘧磺隆; 氨氯吡啶酸; 紫茎泽兰; 光合特性

中图分类号:X503.233 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2043(2010)07-1247-07

Impacts of Two Herbicides on Photosynthesis of *Eupatorium Adenophorum* Spreng

LIU Xiao-wen^{1,2,3}, WANG Qiu-xia^{1,2}, GUO Mei-xia^{1,2}, BAI Jie^{1,2}, ZHAO Yun^{1,2}, LI Xiao-yan^{1,2}, CAO Ao-cheng^{1,2}, HE Yue-qiu³, XIAO Chun³, WU Guo-xing³

(1. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. Key Laboratory of Pesticide Chemistry & Application Technology, Ministry of Agriculture, Beijing 100193, China; 3. College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: *Eupatorium adenophorum* Spreng, as an important vicious alien invasive specie, has spread all over south-west China including Yunnan, Guizhou, Sichuan, Xizang and so on. It has resulted in heavy economic losses to agriculture forest and husbandry, and caused severe damage of ecosystem equilibrium in the invasion areas. The control to Crofton weed is imperative, while previous studies have shown that the control efficiency of sulfometuron methyl and picloram to *E. adenophorum* were excellent. A pot experiment with single-factor randomized block design was conducted to identify the impact of sulfometuron-methyl and picloram on the photosynthesis of *E. adenophorum*. Sulfometuron-methyl soluble powder and picloram aqueous solution agent with a serial concentrations were sprayed to *E. adenophorum*, respectively. Several photosynthetic indices were determined from 1 d to 7 d after treatment. The results showed that photosynthesis (P_n), stomatal conductance (G_s), transpiration rate (Tr), intercellular CO_2 concentration (C_i), and the content of chlorophyll in the weed plants along with the increase of the concentration and the time treat. 0.12 g·L⁻¹ sulfometuron-methyl and 1.75 g·L⁻¹ picloram could inhibit photosynthesis of *E. adenophorum* effectively. The two doses almost halved than the recommended dose, hoping to provide some new reference to effective chemical control of *E. adenophorum*.

Keywords: sulfometuron-methyl; picloram; *Eupatorium adenophorum* Spreng; photosynthesis

紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum* Spreng), 又名破坏草、解放草, 为多年生草本植物或亚灌木, 20

世纪 50 年代从我国西南边境引入, 已在我国酿成严重的草害。目前分布范围涉及云南、贵州、广东、广西、四川、重庆、西藏等地, 紫茎泽兰发生面积广, 仅四川凉山州危害面积就达 67 万 hm² 以上, 已成为恶性杂草并发展到难以控制的程度, 被列入《外来有害生物的防治和国际生防公约》中四大恶性杂草之一^[1]。国家环保局首批确定的最重要的 16 种外来入侵物种

收稿日期: 2010-01-08

基金项目: 公益性行业(农业)科技专项(20080302)

作者简介: 刘小文(1983—), 男, 湖南耒阳人, 在读博士研究生, 主要从事紫茎泽兰防控和农药毒理学。E-mail: lxw1110@126.com

通讯作者: 曹塍程 E-mail: caoac@vip.sina.com

何月秋 E-mail: ynfh2007@163.com

中,紫茎泽兰名列首位,是我国面临的重大生态灾害物种之一^[2]。

紫茎泽兰的防控已经引起了各界的极大关注。曹坳程等^[3]研究表明,70%甲噁磺隆 150~200 g·hm⁻²、24%氨氯吡啶酸 1 000 g·hm⁻²对紫茎泽兰有良好的防除效果。李华英等^[4]认为 24%氨氯吡啶酸 2 249~4 498 mL·hm⁻²对紫茎泽兰防除效果较好,药后 50 d 株数和鲜重防效分别在 89.56%~100%和 88.38%~100%之间。黄万斌^[5]用甲噁磺隆拌毒土撒施法,对酸性红壤上生长的紫茎泽兰防除效果可达 80%~95%,尤以 5%甲噁磺隆的防效更佳,12~15 kg·hm⁻²的处理防除效果高达 95%以上。马苹^[6]则认为 6%甲噁磺隆复配颗粒剂拌土撒施防除紫茎泽兰单优群落效果好,施药量为 18~21 kg·hm⁻²(有效剂量 1.08~1.26 kg),防除效果能达到 90%以上。这些研究成果对紫茎泽兰的控制起到了积极的作用,为进一步筛选防除紫茎泽兰最佳药剂浓度,笔者结合已有的工作经验,通过对盆栽紫茎泽兰植株喷施 70%甲噁磺隆可溶性粉剂和 24%氨氯吡啶酸水剂,药剂处理后 1~7 d 测定紫茎泽兰植株光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、蒸腾速率(Tr)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、叶绿素含量等光合特性指标,旨在探明不同浓度两种除草剂处理对紫茎泽兰光合作用的影响,以期找到紫茎泽兰高效化学防除最佳药剂量,从源头上减少除草剂的用量,提高化学防除效果,降低生产成本,减少化学农药对生态环境的破坏。

1 材料与方法

1.1 材料和供试药剂

供试材料:紫茎泽兰。

供试药剂:70%甲噁磺隆可湿性粉剂(西安近代农药科技股份有限公司);24%氨氯吡啶酸水剂(四川绵阳利尔化工有限公司)。

1.2 试验设计

盆栽试验:用 15 cm×30 cm 圆筒塑料盆,每盆填加土壤 2 kg,土壤取自西昌学院后山,按土:砂=3:1 体积比配制、拌匀、装盆,每盆定植 3 株,定期浇水。紫茎

泽兰植株株高约 33 cm,约 6 对叶片,取其中生长状况良好的用于试验。

试验在人工气候室内进行,将供试的盆栽植株移置人工气候室适应两周,试验期间室内的 CO_2 浓度为 $(450\pm50)\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$,光强为 $(420\pm50)\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,相对湿度为 $(55\pm8)\%$,白天温度为 $(25\pm2)^\circ\text{C}$,夜间温度为 $(15\pm2)^\circ\text{C}$,每日光照 12 h。试验除草剂,用手持压缩喷雾器对试验植物茎叶喷雾施药,每种除草剂设 5 个处理水平(药剂浓度见表 1),每个处理 5 盆,喷药量 30 mL,1 个对照,重复 3 次。

1.3 试验方法

喷药后 1~7 d 每日上午 10:00 取紫茎泽兰叶子(主茎从上向下数第 3、4 对叶子)测定叶绿素,重复 3 次,叶绿素含量测定方法采用乙醇丙酮混合提取法^[7];同时在 10:00—11:30 利用便携式光合测定系统 CI-340(美国恩爱迪生态科学仪器有限公司)测定紫茎泽兰叶片(主茎从上向下数第 3 或第 4 片叶)的光合净速率(P_n)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(G_s)和胞间 CO_2 浓度(C_i),测 3 株取平均值,每个处理重复 3 次。试验数据经 SAS 8.0 软件进行方差显著性分析。

2 结果与分析

2.1 两种除草剂对紫茎泽兰净光合作用速率的影响

光合速率是反映植物光合作用暗反应阶段 CO_2 同化水平的一个重要的生理指标。光合速率越大,植物光合作用的水平越高,反之亦然。由表 2 可知,喷施试药剂后,紫茎泽兰的光合作用速率随时间和药剂浓度的增加而下降,各处理均与对照差异显著。甲噁磺隆处理后 1 d,除 0.024 g·L⁻¹ 外,其他各处理的 P_n 与对照相比,降幅均超过 50%;7 d 后,各处理对紫茎泽兰的 P_n 抑制率均大于 88.09%,以 0.48 g·L⁻¹ 处理抑制作用最强。经 0.12 g·L⁻¹ (推荐剂量的 1/2)甲噁磺隆处理后 1~7 d, P_n 显著下降,与高剂量 0.24、0.48 g·L⁻¹ 均无明显差异。经氨氯吡啶酸处理后 1 d, 7.0 g·L⁻¹ 的抑制率较高,为 56.73%;0.35、0.7、1.75、3.5 g·L⁻¹ 处理抑制率均低于 50%,各处理间差异较小;7 d 后,各处

表 1 试验中的除草剂使用浓度(g·L⁻¹)

Table 1 The concentration gradient of herbicides in experiment(g·L⁻¹)

除草剂种类 Herbicide types	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4	处理 5	CK
70%甲噁磺隆可溶性粉剂 70% Sulfometureon methyl.SP	0.024	0.048	0.12	0.24	0.48	0
24%氨氯吡啶酸水剂 24%Picloram.SL	0.35	0.70	1.75	3.50	7.00	0
备注	70%甲噁磺隆的推荐剂量为 0.24 g·L ⁻¹ 24%氨氯吡啶酸水剂推荐剂量为 3.5 g·L ⁻¹					

表 2 两种除草剂对紫茎泽兰净光合作用速率 P_n 的影响
Table 2 Effects of two kinds of herbicides on P_n of *Eupatorium adenophorum* Spreng

处理 Treatment/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$		净光合作用速率 P_n / $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$						
		1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d
甲 嘧 磺 隆	0	7.21±0.76a	7.43±0.68a	7.47±0.51a	6.52±0.34a	5.86±0.26a	5.45±0.52a	5.12±0.18a
	0.024	4.71±0.27b	4.61±0.27b	3.77±0.18b	1.87±0.18bc	1.44±0.18b	0.61±0.09b	0.61±0.09b
	0.048	3.17±0.17c	2.92±0.07c	2.57±0.12c	2.40±0.24b	1.54±0.10b	0.46±0.04b	0.35±0.05bc
	0.120	3.21±0.09c	2.82±0.08c	2.13±0.29c	1.65±0.20c	1.60±0.19b	0.26±0.04b	0.17±0.02c
	0.240	2.91±0.14c	2.47±0.25c	1.94±0.20c	1.48±0.16c	1.23±0.25b	0.20±0.03b	0.16±0.04c
	0.480	2.87±0.16c	2.07±0.13c	1.70±0.15c	1.18±0.21c	0.96±0.16b	0.20±0.03b	0.12±0.02c
氨 氯 吡 啶 酸	0	7.21±0.76a	7.43±0.68a	7.47±0.51a	6.52±0.34a	5.86±0.26a	5.45±0.52a	5.12±0.18a
	0.35	5.61±0.36b	4.38±0.08b	4.19±0.20b	2.76±0.07b	2.33±0.05b	2.03±0.02b	1.45±0.06b
	0.70	5.35±0.32b	4.23±0.06b	3.51±0.05bc	2.17±0.06c	1.71±0.10c	1.34±0.05c	0.77±0.07c
	1.75	5.08±0.19b	4.15±0.09b	3.33±0.14c	2.16±0.04c	1.36±0.04cd	1.01±0.11cd	0.53±0.02cd
	3.50	4.72±0.23b	3.51±0.16b	2.01±0.18d	1.58±0.06d	1.2±.40d	0.69±0.08cd	0.40±0.04d
	7.00	3.12±0.07c	1.85±0.06c	1.16±0.09e	1.09±0.09e	0.78±0.07e	0.54±0.05d	0.31±0.01d

注:同一列中数字后附不同字母表示同一种药差异达 5%显著水平,下同。
Note: Data with different letters in the same column are different at 5% significant level, Following the same.

理对 P_n 抑制效果明显, 分别为 71.68%、84.96%、89.65%、92.19%、93.95%。其中 $1.75\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理, 能较好地抑制紫茎泽兰的 P_n , 且用量较少(见表2)。

处理期内, 推荐剂量处理时甲嘧磺隆在对紫茎泽兰 P_n 抑制率略高于氨氯吡啶酸。

2.2 两种除草剂对紫茎泽兰气孔导度的影响

药剂处理后, 紫茎泽兰叶片 G_s 随时间和浓度的增加呈不同程度地变化。甲嘧磺隆处理后 1 d, 各处理与对照差异显著, 随浓度的增加, 其下降趋势平缓。随处理时间的延长, 各处理的 G_s 呈下降趋势, 且

与对照差异显著。处理后 7 d, 各处理的抑制率均>88.09%。在处理期内, $0.12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 甲嘧磺隆处理后, G_s 比低剂量处理有所下降, 与高剂量的处理差异均不显著(见表3)。

喷施氨氯吡啶酸后, 各处理的 G_s 均显著地降低。处理后 1 d, 各处理的抑制率均>55.16%, 抑制效果较快; 处理后 7 d, 各处理的抑制率在 74.31%~79.91%之间。 $0.7\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ (推荐剂量的 1/5)抑制效果在处理期内均大于 $1.75\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, 与高浓度的 3.5 、 $7.0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 差异不显著, 说明低剂量 $0.7\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 能明显抑制紫茎泽兰的气孔

表 3 两种除草剂对紫茎泽兰气孔导度 G_s 的影响
Table 3 Effects of two kinds of herbicides on G_s of *Eupatorium adenophorum* Spreng

处理 Treatment/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$		气孔导度 G_s / $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$						
		1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d
甲 嘧 磺 隆	0	52.77±4.45a	50.47±1.43a	54.02±4.59a	37.90±1.28a	31.01±0.50a	34.98±2.48a	33.20±1.19a
	0.024	41.36±1.75b	30.63±0.82b	24.92±1.50b	15.97±0.64c	15.64±0.41b	11.34±0.41b	6.57±0.29b
	0.048	38.24±0.95bc	28.78±1.03bc	20.84±0.93b	14.33±0.64c	9.79±0.39c	5.89±0.41c	4.87±0.14c
	0.120	33.53±1.17c	20.11±0.98d	19.55±0.49b	14.33±0.67c	9.87±0.52c	5.11±0.51c	3.45±0.07c
	0.240	33.62±0.84c	26.53±1.62bc	22.95±1.41b	20.97±1.48b	10.65±0.96c	5.55±0.35c	4.30±0.20c
	0.480	32.32±1.63c	25.32±1.58c	20.38±1.49b	14.60±0.58c	10.63±0.79c	5.16±0.18c	3.26±0.16c
氨 氯 吡 啶 酸	0	52.77±4.45a	50.47±1.43a	54.02±4.59a	37.90±1.28a	31.01±0.50a	34.98±2.48a	33.20±1.19a
	0.35	23.66±0.60b	21.35±0.45b	18.50±0.38b	14.62±0.33b	10.61±0.30b	10.81±0.51b	8.53±0.51b
	0.70	21.54±0.29b	20.55±0.52b	17.22±0.56b	13.39±0.20b	9.73±0.18bc	9.35±0.51b	7.58±0.13b
	1.75	22.30±0.53b	20.17±0.51b	17.25±0.56b	14.16±0.21b	10.25±0.65b	9.59±0.35b	7.86±0.26b
	3.50	18.04±0.45b	14.92±0.48c	16.34±0.22b	11.61±0.32c	9.38±0.32bc	8.22±0.18b	6.67±0.35b
	7.00	18.34±0.22b	14.04±0.10c	12.90±0.06b	11.02±0.18c	8.72±0.37c	7.94±0.47b	7.03±0.06b

导度(见表 3)。

2.3 两种除草剂对紫茎泽兰蒸腾速率的影响

蒸腾作用是植物吸收水分、矿质及其体内养分运输的动力,有利于光合产物的积累。紫茎泽兰经供试药剂处理后 T_r 均随时间和浓度的增加而下降。甲嘧磺隆处理后 1~2 d, $0.024\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 T_r 与对照差异不显著,其他各处理均与对照差异显著。处理后 7 d,各处理的抑制率分别为 71.74%、80.43%、83.70%、83.70%、86.96%,抑制效果较明显。在处理期内, $0.12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 T_r 与高剂量 0.24 、 $0.48\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的差异均不显著,比低剂量有所下降(见表 4)。

喷施氨氯吡啶酸后,各处理均显著地降低了 T_r ;

随药剂浓度的增加,施药后 1、3、5、6 d,各处理之间差异不显著,处理后 7 d,各处理的抑制率在 63.04%~83.69%之间,在处理期内, $1.75\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 T_r 与 $3.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 差异均不显著(见表 4)。

处理期内,甲嘧磺隆在供试的浓度范围对 T_r 抑制作用与氨氯吡啶酸相差不大(见表 4)。

2.4 两种除草剂对紫茎泽兰胞间 CO_2 浓度的影响

由表 5 可知,紫茎泽兰叶片 C_i 随时间和药剂浓度的变化无明显规律,与对照相比均有较强地抑制作用。处理期内,甲嘧磺隆各处理的 C_i 随浓度呈先上升后下降再升高的趋势,氨氯吡啶酸则是先下降后上升再下降。处理后 7 d,两种除草剂的抑制率分别在

表 4 两种除草剂对紫茎泽兰净蒸腾速率 T_r 的影响
Table 4 Effects of two kinds of herbicides on T_r of *Eupatorium adenophorum* Spreng

处理 Treatment/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$		蒸腾速率 $T_r/\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$						
		1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d
甲嘧磺隆	0	1.05±0.08a	0.97±0.05a	0.90±0.06a	0.78±0.03a	0.88±0.05a	0.95±0.08a	0.92±0.10a
	0.024	1.01±0.11a	0.73±0.09ab	0.66±0.06b	0.57±0.05b	0.47±0.07b	0.36±0.04b	0.26±0.04b
	0.048	0.72±0.08b	0.69±0.11ab	0.55±0.03b	0.50±0.04b	0.38±0.03bc	0.26±0.03bc	0.18±0.02b
	0.120	0.71±0.09b	0.61±0.08b	0.52±0.04b	0.46±0.06b	0.32±0.02bc	0.20±0.02c	0.15±0.02b
	0.240	0.70±0.03b	0.64±0.12b	0.67±0.04b	0.51±0.07b	0.35±0.04bc	0.21±0.02c	0.15±0.02b
	0.480	0.60±0.06b	0.59±0.09b	0.57±0.05b	0.51±0.02b	0.30±0.01c	0.18±0.01c	0.12±0.02b
氨氯吡啶酸	0	1.05±0.08a	0.97±0.05a	0.90±0.06a	0.78±0.03a	0.88±0.05a	0.95±0.08a	0.92±0.10a
	0.35	0.68±0.03b	0.58±0.02b	0.47±0.05b	0.43±0.02b	0.38±0.01b	0.41±0.03b	0.34±0.03b
	0.70	0.61±0.04b	0.51±0.02bc	0.40±0.06b	0.40±0.01bc	0.31±0.02b	0.35±0.04b	0.22±0.02bc
	1.75	0.62±0.02b	0.44±0.03cd	0.45±0.03b	0.37±0.02bcd	0.33±0.04b	0.34±0.04b	0.19±0.01bc
	3.50	0.57±0.02b	0.40±0.02d	0.41±0.02b	0.35±0.01cd	0.32±0.03b	0.33±0.04b	0.15±0.01c
	7.00	0.55±0.01b	0.37±0.01d	0.33±0.02b	0.32±0.02d	0.27±0.04b	0.35±0.04b	0.18±0.04c

表 5 两种除草剂对紫茎泽兰胞间 CO_2 浓度 C_i 的影响
Table 5 Effects of two kinds of herbicides on C_i of *Eupatorium adenophorum* Spreng

处理 Treatment/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$		胞间 CO_2 浓度 $C_i/\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$						
		1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d
甲嘧磺隆	0	251.26±1.03a	246.36±4.51a	260.93±3.01a	269.50±2.81a	261.90±5.13a	272.10±6.46a	274.40±2.31a
	0.024	215.80±3.61c	203.60±4.50b	182.50±2.65c	186.90±3.07e	195.90±3.87d	184.50±3.21d	173.80±2.44d
	0.048	223.80±3.07bc	235.40±3.49a	232.80±2.11b	201.70±2.20d	221.00±1.59c	209.43±2.02c	199.10±2.25c
	0.120	230.50±8.64bc	237.36±8.55a	230.30±3.04b	232.80±3.40c	238.73±3.16b	225.26±3.09b	200.50±2.81c
	0.240	225.13±8.36bc	231.46±6.05a	249.70±7.94a	240.50±2.25bc	242.63±2.66b	230.00±3.12b	211.36±5.47b
	0.480	235.80±4.32ab	244.00±5.66a	248.76±4.80a	244.53±3.59b	233.16±2.62b	226.70±2.70b	203.70±3.34bc
氨氯吡啶酸	0	251.26±1.03a	246.36±4.51a	260.93±3.01a	269.50±2.81a	261.90±5.13a	272.10±6.46a	274.40±2.31a
	0.35	246.40±2.46a	235.73±3.36abc	241.50±8.80b	214.86±3.02bc	214.90±4.39b	211.30±2.54b	197.60±0.30b
	0.70	240.30±1.57b	226.60±3.48cd	223.90±2.54cd	209.20±4.04c	214.20±3.16b	202.90±3.49bc	190.20±1.70cd
	1.75	239.03±0.73b	228.16±3.58bcd	219.33±3.28cd	213.16±3.16c	209.60±5.03b	198.63±4.64bc	189.20±2.97cd
	3.5	247.06±2.18a	238.17±2.33ab	229.66±3.53bc	224.90±3.23b	218.96±0.89b	208.23±2.15b	196.13±2.25bc
	7.0	229.73±1.43c	222.06±2.27d	209.96±1.94d	207.76±4.97c	195.83±5.08c	194.76±2.75c	184.73±3.06d

22.97%~37.76%和 27.99%~32.68%之间。

2.5 两种除草剂对紫茎泽兰叶绿素含量的影响

药剂处理后,紫茎泽兰 Chla、b 都受到不同程度地抑制,随时间和浓度的增加呈降低趋势。甲嘧磺隆处理后,各处理 Chla、b 含量均显著地降低;随浓度的增加,Chla 下降趋势先明显后延缓, 随时间则是缓慢下降; Chlb 随浓度和时间的增加下降较快。氨氯吡啶酸处理后,各处理 Chla、b 含量也显著地降低。随浓度和时间的增加,各处理的下降趋势均较为缓慢(见表 6,表 7)。

处理 7 d 后,甲嘧磺隆和氨氯吡啶酸在供试的浓度中对紫茎泽兰 Chla 的抑制作用相当, 抑制率分别在 46.24%~63.44%和 41.94%~68.82%之间; 对 Chlb 抑制率则是甲嘧磺隆明显大于氨氯吡啶酸, 分别在

60.87%~82.61%和 47.83%~69.56%之间。在处理期内,0.12 g·L⁻¹ 的甲嘧磺隆和 1.75 g·L⁻¹ 的氨氯吡啶酸均能明显降低紫茎泽兰的叶绿素含量, 且用量较低(见表 6,表 7)。

3 讨论

植物的光合作用受多种因素,如土壤水分、光照、温度、植物本身的生理状况等综合影响。本试验是在其他影响因素基本一致的条件下,研究了两种不同除草剂处理对紫茎泽兰光合特性的影响。70%甲嘧磺隆是通过抑制植物幼芽和根部生长端的细胞分裂而达到除草效果的,24%氨氯吡啶酸则是抑制植物线粒体呼吸作用,导致植物体木质部导管堵塞,叶变棕色、枯

表 6 两种除草剂对紫茎泽兰叶绿素 a 的影响
Table 6 Effects of two kinds of herbicides on Chla of *Eupatorium adenophorum* Spreng

处理 Treatment/g·L ⁻¹		叶绿素 a 含量 Chla/mg·g ⁻¹						
		1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d
甲嘧磺隆	0	0.94±0.009a	0.92±0.014a	0.96±0.003a	0.96±0.006a	0.94±0.008a	0.91±0.011a	0.93±0.008a
	0.024	0.85±0.028b	0.77±0.005b	0.73±0.021b	0.69±0.007b	0.56±0.005b	0.51±0.011b	0.50±0.005b
	0.048	0.80±0.007c	0.66±0.009c	0.64±0.010c	0.56±0.014c	0.49±0.014c	0.46±0.005c	0.46±0.005c
	0.120	0.62±0.010d	0.59±0.003d	0.55±0.013d	0.51±0.002d	0.42±0.006d	0.42±0.009d	0.40±0.003d
	0.240	0.59±0.007de	0.57±0.012d	0.53±0.006d	0.49±0.007d	0.40±0.005d	0.40±0.004de	0.39±0.003d
	0.480	0.56±0.009e	0.52±0.008e	0.49±0.008e	0.46±0.009d	0.40±0.008e	0.39±0.003e	0.34±0.007e
氨氯吡啶酸	0	0.94±0.009a	0.92±0.014a	0.96±0.003a	0.96±0.006a	0.94±0.008a	0.91±0.011a	0.93±0.008a
	0.35	0.91±0.017a	0.81±0.019b	0.80±0.006b	0.74±0.026b	0.70±0.010b	0.56±0.009b	0.54±0.005b
	0.70	0.81±0.010b	0.69±0.006c	0.65±0.012b	0.63±0.017c	0.57±0.008c	0.49±0.009c	0.47±0.014c
	1.75	0.80±0.013b	0.62±0.018d	0.58±0.006d	0.55±0.006d	0.48±0.013d	0.36±0.008d	0.34±0.005d
	3.50	0.78±0.004b	0.59±0.004d	0.56±0.012d	0.51±0.004d	0.46±0.005d	0.33±0.008de	0.30±0.005e
	7.00	0.64±0.010c	0.50±0.005e	0.48±0.004e	0.45±0.005e	0.37±0.004e	0.32±0.015e	0.29±0.006e

表 7 两种除草剂对紫茎泽兰叶绿素 b 的影响
Table 7 Effects of two kinds of herbicides on Chlb of *Eupatorium adenophorum* Spreng

处理 Treatment/g·L ⁻¹		叶绿素 b 含量 Chlb/mg·g ⁻¹						
		1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d
甲嘧磺隆	0	0.25±0.009a	0.24±0.014a	0.23±0.003a	0.24±0.006a	0.24±0.009a	0.24±0.011a	0.23±0.008a
	0.024	0.20±0.003b	0.19±0.006b	0.18±0.002b	0.16±0.003b	0.14±0.003b	0.11±0.002b	0.09±0.002b
	0.048	0.18±0.006c	0.17±0.001c	0.15±0.004c	0.13±0.003c	0.12±0.002c	0.09±0.001c	0.07±0.001c
	0.12	0.14±0.002d	0.13±0.004d	0.12±0.001d	0.10±0.004d	0.10±0.002d	0.08±0.006d	0.06±0.002d
	0.24	0.13±0.001de	0.13±0.001d	0.11±0.005d	0.10±0.004d	0.09±0.002d	0.07±0.002de	0.05±0.001d
	0.48	0.12±0.001e	0.11±0.003e	0.09±0.003e	0.08±0.002e	0.08±0.001e	0.07±0.002e	0.04±0.001e
氨氯吡啶酸	0	0.25±0.009a	0.24±0.014a	0.23±0.003a	0.24±0.006a	0.24±0.009a	0.24±0.011a	0.23±0.008a
	0.35	0.24±0.005ab	0.23±0.002ab	0.21±0.002b	0.23±0.003b	0.20±0.002b	0.17±0.002b	0.12±0.003b
	0.7	0.23±0.009b	0.26±0.004b	0.20±0.004c	0.21±0.004c	0.18±0.005c	0.15±0.001c	0.10±0.002c
	1.75	0.20±0.003c	0.18±0.002c	0.15±0.001d	0.14±0.001d	0.12±0.004d	0.11±0.003d	0.09±0.002d
	3.5	0.19±0.001cd	0.16±0.003c	0.13±0.004d	0.13±0.001d	0.11±0.003de	0.10±0.004de	0.09±0.002d
	7	0.18±0.001d	0.15±0.002d	0.13±0.002d	0.11±0.001e	0.10±0.003e	0.09±0.003e	0.07±0.001e

萎、脱叶直至死亡^[8],两种药剂都不是直接抑制植物的光合作用。从本试验可知,甲嘧磺隆除草剂和氨氯吡啶酸施用后,均可明显地降低紫茎泽兰的 P_n 、 G_s 、 Tr 、 C_i 、 $Chla$ 、 $Chlb$,且随浓度的增加而降低,处理后7 d,紫茎泽兰植株形态畸变、生理代谢活动几乎停滞,这可能与紫茎泽兰对除草剂生理反应而导致其光合作用下降有关。

P_n 是反映植物光合作用能力强弱的重要生理指标,其变化直接反映光合作用的程度。影响 P_n 有 G_s 、 Tr 、 C_i 和叶绿素,它们协同发挥作用,使得光合作用顺利进行。试验结果表明,甲嘧磺隆处理后1 d,除 $0.024 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 外,其他各处理 P_n 与对照相比,降幅均超过50%,处理后7 d,各处理 P_n 达到极低的水平;氨氯吡啶酸处理后1 d,各处理的 P_n 均随浓度增加而降低,处理后7 d,各处理的 P_n 抑制率在71.68%~93.95%之间,这与原向阳、王鑫研究除草剂对植物光合速率影响结果基本一致^[9-10]。

G_s 是通过影响 CO_2 进入叶片的多少来间接影响光合速率,在两种除草剂胁迫下紫茎泽兰气孔收缩, G_s 随时间和浓度的增加大都呈下降趋势,与光合速率下降趋势相似,说明 P_n 受气孔因素影响。甲嘧磺隆处理后7 d,各处理的抑制率均>88.09%;喷施氨氯吡啶酸后7 d,各处理的抑制率在74.31%~79.91%之间,表明甲嘧磺隆和氨氯吡啶酸可能对紫茎泽兰气孔的开关有所限制,具体有待进一步研究。

蒸腾作用是植物吸收水分、矿质及其体内养分运输的动力,有利于光合产物的积累, Tr 的大小可以衡量植物叶片蒸腾强度和气孔开放程度。紫茎泽兰经甲嘧磺隆、氨氯吡啶酸处理后 Tr 均随时间和浓度的增加而下降,和 P_n 影响一致,说明 Tr 和 P_n 存在着紧密的相关性,这与前人研究蒸腾与光合速率结果一致^[11-12]。处理后7 d,两种药剂对 Tr 的抑制率分别在71.74%~86.96%和63.04%~83.69%之间,大大降低了紫茎泽兰的蒸腾作用,与原向阳研究除草剂对抗草甘膦大豆蒸腾作用的影响的结果不一致^[10],原因可能是紫茎泽兰受药害症状明显,植株正常生理活动受到影响,导致蒸腾速率明显下降。

紫茎泽兰叶片 C_i 随时间和药剂浓度的变化无明显规律,与对照相比均有较强的抑制作用。处理后7 d,两种除草剂的抑制率分别在22.97%~37.76%和27.99%~32.68%之间,在处理期内, C_i 与 P_n 相关性不明显,其可能不是影响 P_n 的主要限制因素。

两种药剂处理后,紫茎泽兰 $Chla$ 、 b 都受到不同

程度地抑制,随时间和浓度的增加呈降低趋势。原因可能为叶绿体膜在除草剂胁迫条件下,膜的氧化胁迫可对叶绿素的形成过程产生抑制作用,合成叶绿素所需的酸受到破坏,叶绿素的含量降低。Oxada M 等^[13]认为,光合速率下降是由于光系统反应中心失活的缘故,而反应中心失活可能与叶绿体脂质过氧化有关。处理后1~7 d,叶绿素与 P_n 变化趋势相似,叶绿素与紫茎泽兰 P_n 有较好的相关性。

4 结论

本试验研究了两种除草剂对紫茎泽兰光合作用影响,经甲嘧磺隆和氨氯吡啶酸处理后,随浓度和时间的增加,紫茎泽兰的光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、蒸腾速率(Tr)、胞间 CO_2 浓度(C_i)及叶绿素含量呈下降趋势。试验结果表明, $0.12 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的70%甲嘧磺隆可溶性粉剂和 $1.75 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 24%氨氯吡啶酸水剂能有效抑制紫茎泽兰的光合作用,这两种药剂用量几乎比推荐剂量减少了一半,希望能为紫茎泽兰高效化学防除提供一些参考。

参考文献:

- [1] 温三明. 植物“食人鱼”紫茎泽兰的好归宿[J]. 能源环保, 2005(2): 11.
WEN San-ming. The good place of *Eupatorium adenophorum* Spreng[J]. *Journals of Applicable Technologies for Rural Areas*, 2005, (2): 11.
- [2] 潘文龙. 国家环保总局公布的16种有害外来物种简介[J]. 生物学教学, 2007, 32(11): 68-70.
PAN Wen-long. Introduction of 16 kinds of harmful alien species published by state environmental protection administration[J]. *Journals of Biology Teaching*, 2007, 32(11): 68-70.
- [3] 曹堃程, 苗昌辉, 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): 80-85.
CAO Ao-cheng, MIAO Chang-hui, GUO Mei-xia, et al. Chemical control of *Eupatorium adenophorum* Spreng and the effect on the ecological recovery[J]. *Journal of Safety and Environment*, 2006, 6(3): 80-85.
- [4] 李华英, 陈强, 牙韩昂. 24%氨氯吡啶酸水剂对非耕地紫茎泽兰防除效果评价[J]. 广西植保, 2008, 21(1): 9-10.
LI Hua-ying, CHEN Qiang, YA Han-ang. The evaluation on control effect of *Eupatorium adenophorum* Spreng in non-cultivated land by 24% Picloram SL[J]. *Journal of Guangxi Plant Protection*, 2008, 21(1): 9-10.
- [5] 黄万斌. 6%甲嘧磺隆复配剂防除紫茎泽兰试验示范[J]. 林业实用技术, 2009(5): 38-39.
HUANG Wan-bin. The demonstration of control of *Eupatorium adenophorum* Spreng by the sulfometuron methyl mixtures[J]. *Journal of Forestry Practical Technology*, 2009(5): 38-39.
- [6] 马苹, 谢开立, 毕加勋, 等. 应用甲嘧磺隆防除紫茎泽兰药效试验[J]. 林业实用技术, 2008, 2: 30-31.

- MA Ping, XIE Kai-li, BI Jia-xun, et al. The application on control of *Eupatorium adenophorum* Spreng by the sulfometureon methyl[J]. *Journal of Forestry Practical Technology*, 2008, 2: 30-31.
- [7] 杨敏文. 快速测定植物叶片叶绿素含量方法的探讨[J]. *光谱实验室*, 2002, 19(4): 478-481.
- YANG Min-wen. Study on rapid determination of chlorophyll content of leaves[J]. *Journal of Spectroscopy Laboratory*, 2002, 19(4): 478-481.
- [8] 朱永和, 王振荣, 李布青. 农药大典[M]. 北京: 中国三峡出版社, 2006: 727.
- ZHU Yong-he, WANG Zhen-rong, LI Bu-qing. Encyclopedia agricultural chemical[M]. Beijing: Sanxia Publishing House, 2006: 727.
- [9] 王 鑫, 郭平毅, 原向阳. 2 甲 4 氯对罂粟叶绿素含量及光合作用的影响[J]. *山西农业科学*, 37(7): 48-50.
- WANG Xin, GUO Ping-yi, YUAN Xiang-yang. Effect of 4 Chloro-2 A to chlorophyll content and photosynthesis in the Opium Poppy[J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 37(7): 48-50.
- [10] 原向阳, 毕耀宇, 王 鑫, 等. 除草剂对抗草甘膦大豆光合作用和蒸腾作用的影响[J]. *农业现代化研究*, 2006, 27(4): 311-313.
- YUAN Xiang-yang, BI Yao-yu, WANG Xin, et al. Effect of herbicide on photosynthesis and transpiration of glyphosate-resistant soybean[J]. *Journal of Research of Agricultural Modernization*, 2006, 27(4): 311-313.
- [11] Birchuizen J F, Slatyer R O. Effect of atmospheric concentration of water vapour and CO₂ in determining transpiration-photosynthesis relationships of cotton leaves[J]. *Journal of Agricultural Meteorology*, 1965, 2: 259-270.
- [12] Tanner C B. Transpiration efficiency of potato[J]. *Agronomy Journal*, 1981, 73: 59-64.
- [13] Oxada M, Kitajima M, Buher W L. Inhibition of photosystem I and photosystem II in chloroplasts by UV radiation[J]. *Journal of Plant Cell Physiol*, 1976, 17: 35-41.