

技术与应用

Technology & Application

春季加拿大一枝黄花防除典型化学药剂的
筛选及其应用效能金红玉¹, 肖顺勇², 游芳², 许云海¹,
刘亚宾¹, 陈蔚¹, 毛友纯³, 杨海君^{1*}(1. 湖南农业大学植物保护学院, 长沙 410128; 2. 湖南省农业农村厅, 长沙 410005;
3. 湖南农业大学期刊社, 长沙 410128)

摘要 为明确防除春季加拿大一枝黄花的最佳除草剂及其剂量, 于2018年4月19–21日在湖南省长沙县郭公渡加拿大一枝黄花集中暴发地, 选用2017年7月加拿大一枝黄花防除试验中效果最佳的4种典型内吸性除草剂、1种触杀性除草剂和3种助剂开展了春季加拿大一枝黄花化学防除试验。结果表明, 41%草甘膦异丙铵盐 AS 1 756.50 g/hm²、25%环嗪酮 SL 1 718.50 g/hm²、41%草甘膦异丙铵盐 AS 769.20 g/hm² + 农用有机硅增效剂 600.00 g/hm²、25%环嗪酮 SL 1 407.25 g/hm² + 农用有机硅增效剂 600.00 g/hm²、25%环嗪酮 SL 1 407.25 g/hm² + 乙基化和甲基化植物油 1 800.00 g/hm²、41%草甘膦异丙铵盐 AS 2 743.50 g/hm² + 48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC 3 000.96 g/hm² 和 20%氟氟吡氧乙酸 EC 150.00 g/hm² + 20%草铵膦 AS 1 049.40 g/hm² 7组药剂处理对春季加拿大一枝黄花防效最佳, 且用药量少。施药后30 d, 试验小区内植株均出现根腐株, 防效均达到100%, 地上和地下鲜重防效分别达到78%、68%以上。这7组药剂组合可作为加拿大一枝黄花防除的典型药剂进行推广。与2017年夏季我们对加拿大一枝黄花化学药剂筛选结果相比, 不仅提高了防效, 还减少了用药量加拿大一枝黄花化学防治的最佳时期为春季。

关键词 春季; 加拿大一枝黄花; 除草剂; 筛选**中图分类号:** S 482.4 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2018536Screening and application of typical herbicides for the control of
Solidago canadensis in springJIN Hongyu¹, XIAO Shunyong², YOU Fang², XU Yunhai¹,
LIU Yabin¹, CHEN Wei¹, MAO Youchun³, YANG Haijun^{1*}(1. College of Plant Protection, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;
2. Hunan Agricultural and Rural Department, Changsha 410005, China;
3. Journal Press of Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract Four typical systemic herbicides, one contact herbicide and auxiliaries with the best performance on the control of *Solidago canadensis* in July 2017 were used to screen the best herbicide and optimal dosage for controlling *S. canadensis* in Guogongdu, Changsha county from April 19 to 21 in 2018. Results indicated that 7 groups of agents, including glyphosate-isopropylammonium 41% AS 1 756.50 g/hm², hexazinone 25% SL 1 718.50 g/hm², glyphosate-isopropylammonium 41% AS 769.20 g/hm² + agricultural organosilicon synergist 600.00 g/hm², hexazinone 25% SL 1 407.25 g/hm² + agricultural organosilicon synergist 600.00 g/hm², hexazinone 25% SL 1 407.25 g/hm² + ethylated and methylated vegetable oil 1 800.00 g/hm², glyphosate-isopropylammonium 41% AS 2 743.50 g/hm² + triclopyr-butotyl 48% EC 3 000.96 g/hm² and fluroxypyr 20% EC 150.00 g/hm² + glufosinate-ammonium 20% AS 1 049.40 g/hm² had the best control effect and the corresponding dosage for controlling *S.*

收稿日期: 2018-12-27 **修订日期:** 2019-03-27**基金项目:** 湖南省自然科学基金(2018JJ2182); 湖南省外来入侵物种专项调查课题(湘财建指[2016]49号); 长沙市科技重点研发计划(长科发[2018]46号)

* 通信作者 E-mail: 1227677453@qq.com

canadensis was also reduced. After 30 days of application, the control efficacy on the plant was 100%, and effects on above-ground and underground fresh weight reached 78% and 68%, respectively. The treated plants were completely root rot. Thus, the 7 groups of herbicides could be promoted as typical agents for control of *S. canadensis*. In consideration of the screening results of the chemical control of *S. canadensis* in different periods, it is found that the best time for chemical control is spring, which not only improves the control effect, but also reduces the dosage of chemicals.

Key words spring; *Solidago canadensis*; herbicide; screening

加拿大一枝黄花 *Solidago canadensis* L. 已列入《中国外来入侵物种名单》(第二批),为桔梗目菊科植物,有长根状茎。其主要生长在河滩、荒地、公路旁、农田边、农村住宅四周,靠种子、根状茎进行繁殖,繁殖力极强,传播速度快^[1]。加拿大一枝黄花的危害主要表现在对入侵地生态平衡的破坏和对生物多样性的严重威胁^[2]。加拿大一枝黄花极易导致本土物种受到毁灭性损害,而成为入侵地唯一存在的植物。对加拿大一枝黄花这一危害严重的外来入侵物种的有效防除一直是研究的热点与难点。因其超强的繁殖能力和生长竞争优势,对其开展的生物防治研究仅停留在试验阶段,未见应用;人工物理防控手段成本高,防除不彻底,更无法适应成片暴发的加拿大一枝黄花的防控。化学防除虽然存在环境污染,但防治效果明显,是当前解决入侵地成片暴发加拿大一枝黄花危害的最有效方式。针对加拿大一枝黄花的严重危害,研究者^[3-11]筛选出了一些对加拿大一枝黄花效果较好的药剂,如氯氟吡氧乙酸、二甲四氯钠、草甘膦、麦草畏、草甘·三氯吡、甲嘧磺隆、环嗪酮等,但同时也存在见效慢,药剂用量大的缺点。为克服单一药剂防除加拿大一枝黄花的不足,研究者开展了药剂混用防除加拿大一枝黄花的试验研究,并获得了草甘膦+三氯吡氧乙酸+有机硅、草甘膦+甲磺隆、氯氟吡氧乙酸+二甲四氯钠和草甘膦+氯氟吡氧乙酸等对加拿大一枝黄花防除效果优于单一药剂的药剂组合^[12-15]。但以上研究未明确防治时间和具体药剂施药方法,导致防除高成本、高风险,防效也得不到保障。由此,为了切实解决入侵地成片暴发加拿大一枝黄花的危害,同时降低化学药剂施用量,做到科学选药与施药,我们根据2017年7月在长沙县黄花镇郭公渡开展的加拿大一枝黄花化学防除试验结果^[16],采用筛选获得的4种内吸性除草剂和1种触杀性除草剂,并以农用有机硅增效剂、乙基化和甲基化植物油、十八烯酸植物油为助剂,开展了春季加拿大一枝黄花典型药剂的筛选及其效能研究,旨在为春季加拿大一枝黄花的高效防

控提供理论基础和技术指导。

1 材料与方法

1.1 试剂、仪器及相关试验材料

1.1.1 试剂

内吸性除草剂^[16]:20%氯氟吡氧乙酸 EC,河北万全力华化工有限责任公司;25%环嗪酮 SL,江苏蓝丰生物化工股份有限公司;41%草甘膦异丙铵盐 AS,美国孟山都公司;48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC,四川科尔作物科学有限公司。

触杀性除草剂^[16]:20%草铵膦 AS,苏州佳辉化工有限公司。

试验助剂:农用有机硅增效剂,浙江省化工研究院有限公司;乙基化和甲基化植物油,维多利亚化妆品公司;十八烯酸植物油,中美诺威特生物营养有限公司。

1.1.2 仪器与其他材料

LDX-FA2104N 电子分析天平、500 mL 小型喷雾器 15 个。

1.2 试验地概况及施药时天气

试验地设在湖南省长沙县黄花镇郭公渡(28.27°N, 113.20°E),为5年生加拿大一枝黄花成片集中暴发区,区域内加拿大一枝黄花分布面积为20 hm²,其中有3块地形成了优势种群,发生面积约2 500 m²。研究区周边种植有水稻、玉米、大豆等。研究区加拿大一枝黄花生境内生有零星空心莲子草 *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb.、小飞蓬 *Erigeron canadensis* (L.) Cronq. 和狗尾草 *Setaria viridis* (L.) Beauv. 等,且杂草种群结构单一,丰度极低。

施药时间为2018年4月19—21日,晴天,气温20~30℃,东南风1~2级,降水量为0,空气质量良,适宜施药防除杂草。

1.3 试验设计及方法

采用2017年7月在长沙县黄花镇郭公渡开展的加拿大一枝黄花化学防除试验^[16]中筛选获得的4种内吸性除草剂和1种触杀性除草剂,以农用有

机硅增效剂、乙基化和甲基化植物油、十八烯酸植物油为助剂,开展春季加拿大一枝黄花典型药剂的筛选及其效能研究。

试验分 4 组处理,分别为单一药剂处理组、单一药剂+助剂处理组、混合药剂处理组和先内吸性药剂后触杀性药剂处理组。2017 年 7 月开展的加拿大一枝黄花化学防除试验发现,先喷施内吸性除草剂再喷施触杀性除草剂的效果比先喷施触杀性除草剂再喷施内吸性除草剂更好^[16],所以本试验只做先喷施内吸性除草剂后喷施触杀性药剂的处理,施药时喷内吸性除草剂 2 d 后喷触杀性除草剂。单一药剂处理组选用 20%氯氟吡氧乙酸 EC、25%环嗪酮 SL、41%草甘膦异丙铵盐 AS、48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC 4 种内吸性除草剂;单一药剂+助剂处理组选用以上 4 种内吸性除草剂分别辅以 0.1%农用有机硅增效剂(体积分数,下同)、0.3%乙基化和甲基化植物油和 0.3%十八烯酸植物油^[12];混合药剂处理组选用 20%氯氟吡氧乙酸 EC+41%草甘膦异丙铵盐 AS、41%草甘膦异丙铵盐 AS+48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC 和 25%环嗪酮 SL+41%草甘膦异丙铵盐 AS 3 个组合;先内吸性药剂后触杀性药剂处理组选用 4 种内吸性除草剂和触杀性除草剂 20%草铵膦 AS。以上 4 组试验每种药剂均设 5 个浓度梯度,每组设 1 个对照,每个处理重复 3 次。

1.4 试验处理与样本采集

各处理小区面积 5 m² 左右,每处理 3 个重复,药剂兑水量 60 mL/m²,采用 500 mL 小型喷雾器人工施药。前三组施药时尽量低喷,使药剂充分接触茎秆;第 4 组施药时地上部分的上半部分喷触杀性除草剂,而下半部分喷内吸传导性除草剂,喷施时尽量低喷,使药剂充分接触茎秆。喷洒完一种药剂后,应清洗喷壶,然后再配制其他药剂。

分别于施药后 10、20、30 d 观察加拿大一枝黄花变化情况,统计各样方加拿大一枝黄花株数(以心叶枯死为判断植株死亡依据),计算株防效。施药后 30 d,割取植株地上部分(茎叶),称重,计算地上部分鲜重防效;细致掘取地下部分(根和地下茎),清洗后阴晾 3 h,称重,计算地下部分鲜重防效。

株防效=(对照区株数-施药区株数)/对照区株数×100%;

鲜重防效=(对照区鲜重-施药区鲜重)/对照区鲜重×100%。

1.5 数据处理与分析

所有试验数据利用 Excel 2010 和 DPS 7.05 软件进行处理,利用 Duncan 氏新复极差法分析数据的差异显著性,得到最优单一药剂或药剂组合。

2 结果与分析

2.1 单一药剂对春季加拿大一枝黄花的防治效果

施药后单一药剂对春季加拿大一枝黄花的株防效、地上和地下鲜重防效结果见表 1,可知,对春季加拿大一枝黄花防效最好的为 41%草甘膦异丙铵盐 AS 和 25%环嗪酮 SL,其中 41%草甘膦异丙铵盐 AS 1 756.50 g/hm² 和 25%环嗪酮 SL 1 718.50 g/hm² 见效最快,施药后 30 d 株防效均达到 100%,地上和地下部分鲜重防效分别达到 78%、77%以上,处理小区内加拿大一枝黄花植株根茎完全腐烂。其次为 48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC,以 2 000.64 g/hm² 施药后 30 d,株防效达到 90.41%,地上和地下鲜重防效分别达到 79.86%和 63.33%,试验小区内大部分植株枯死。20%氯氟吡氧乙酸 EC 对春季加拿大一枝黄花防效最差,以最高推荐剂量 201.00 g/hm² 施药后 30 d,株防效仅为 42.66%,植株部分茎腐,均未根腐。

表 1 单一药剂对春季加拿大一枝黄花的防除效果¹⁾

Table 1 Control effect of single herbicide on *Solidago canadensis* in spring

药剂名称 Herbicide	有效成分用量/ g·(hm ²) ⁻¹ Dosage of active ingredients	株防效/% Plant control effect			30 d 鲜重防效/% Fresh weight control effect	
		10 d	20 d	30 d	地上 Ground	地下 Underground
20%氯氟吡氧乙酸 EC fluroxypyr 20% EC	150.00	19.11 D	44.17 G	58.27 H	64.29 FG	0.00 L
	162.80	11.62 G	32.50 J	64.10 G	71.73 C	50.00 G
	175.60	9.91 H	58.53 D	64.26 G	61.18 GH	0.00 L
	188.40	3.22 KL	24.47 L	24.62 J	29.21 L	0.00 L
	201.00	7.80 I	24.60 L	42.66 I	30.39 L	0.00 L

续表 1 Table 1(Continued)

药剂名称 Herbicide	有效成分用量/ g·(hm ²) ⁻¹	株防效/% Plant control effect			30 d 鲜重防效/% Fresh weight control effect	
	Dosage of active ingredients	10 d	20 d	30 d	地上 Ground	地下 Underground
41%草甘膦异丙铵盐 AS	769.20	4.52 JK	27.86 K	46.55 I	55.98 J	0.00 L
glyphosate-isopropylammonium	1 262.70	71.11 A	97.48 B	100.00 A	82.93 B	15.00 I
41% AS	1 756.50	22.47 C	100.00 A	100.00 A	87.47 A	77.98 C
	2 250.00	36.19 B	51.48 E	72.12 E	58.37 HIJ	56.67 F
	2 743.50	15.28 F	96.26 B	100.00 A	87.40 A	68.89 D
48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC	2 000.64	3.84 KL	33.71 IJ	90.41 C	79.86 B	63.33 E
triclopyr-butotyl 48% EC	2 250.72	2.98 L	47.47 F	90.97 C	59.28 HI	25.56 H
	2 500.80	11.88 G	75.72 C	81.59 D	62.32 EFG	6.67 JK
	2 750.88	8.63 HI	47.10 F	95.72 B	65.22 EF	6.67 JK
	3 000.96	7.48 I	40.93 H	97.99 AB	57.29 J	6.67 JK
25%环嗪酮 SL	1 251.75	5.66 J	10.66 M	70.93 F	33.85 K	4.17 K
hexazinone 25% SL	1 407.25	23.23 C	31.40 J	90.89 C	56.82 IJ	8.33 J
	1 563.00	17.60 E	35.27 I	100.00 A	68.53 DE	71.11 C
	1 718.50	11.85 G	31.28 J	100.00 A	78.84 B	84.72 A
	1 874.00	17.15 E	49.41 F	100.00 A	71.86 D	81.76 B
空白对照(清水处理) CK(water treatment)	0.00	0.00 M	0.00 N	0.00 K	0.00 M	0.00

1) 表内数据为 3 次重复平均值, 同列不同大写字母表示差异极显著, $P<0.01$ 。下同。
The data are the averages of 3 replicates, different capital letters in same column show significant difference, $P<0.01$. The same below.

2.2 单一药剂+助剂对春季加拿大一枝黄花的防治效果

单一药剂+助剂对春季加拿大一枝黄花的株防效、地上和地下鲜重防效结果见表 2, 可知, 41%草甘膦异丙铵盐 AS+农用有机硅增效剂、25%环嗪酮 SL+农用有机硅增效剂和 25%环嗪酮 SL+乙基化和甲基化植物油对加拿大一枝黄花防效最好, 且用药量最少, 其中 41%草甘膦异丙铵盐 AS 769.20 g/hm²+农用有机硅增效剂 600.00 g/hm² 施药后 20 d 株防效就达到了 100%, 施药后 30 d 地上和地下部分鲜重防效分别达到 85.89%、68.33%, 试验小区内植株根茎完全腐烂。25%环嗪酮 SL 1 407.25 g/hm²+农用有机硅增效剂 600.00 g/hm² 和 25%环嗪酮 SL 1 407.25 g/hm²+乙基化和甲基化植物油 1 800.00 g/hm² 施药后 30 d 株防效达到 100%, 地上和地下鲜重防效均达到 87%和 68%以上, 根茎完全腐烂。而 41%草甘膦异丙铵盐 AS+乙基化和甲基化植物油和 25%环嗪酮 SL+十八烯酸植物油两组处理对春季加拿大一枝黄花虽能达到根除效果, 但用药剂量大, 41%草甘膦异丙铵盐 AS+乙基化和甲基化植物油以最大推荐剂量 2 743.50+1 800.00 g/hm² 施药后 30 d 株防效才达到 100%, 试验小区内植株全枯死; 25%环嗪酮 SL+十八烯酸植物油以较大剂量 1 718.50+1 800.00 g/hm² 施药后 30 d 植株全枯死, 株防效达到 100%, 地上部分鲜重防效达到 84.17%。在单一药剂+助剂组剩余药剂处理中, 41%草甘膦

异丙铵盐 AS 2 250.00 g/hm²+十八烯酸植物油 1 800.00 g/hm²、48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC 3 000.96 g/hm²+农用有机硅增效剂 600.00 g/hm²、48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC 2 500.80 g/hm²+乙基化和甲基化植物油 1 800.00 g/hm² 和 48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC 2 000.64 g/hm²+十八烯酸植物油 1 800.00 g/hm² 对春季加拿大一枝黄花防效较好, 施药后 30 d 株防效均达到 90%以上, 试验小区内虽有大部分植株枯萎, 但根茎未完全腐烂。防效最差的为 20%氯氟吡氧乙酸 EC 与农用有机硅增效剂、乙基化和甲基化植物油和十八烯酸植物油的复配组合, 各处理的 5 个施药浓度均未达到根除效果, 施药后 30 d 株防效均在 75%以下, 施药后试验小区内仅少部分植株枯萎。

试验结果还表明, 施药时分别添加本研究中的 3 种助剂并不一定能促进除草剂对加拿大一枝黄花的防除。添加农用有机硅增效剂对 41%草甘膦异丙铵盐 AS 769.20 g/hm² 和 25%环嗪酮 SL 1 407.25 g/hm² 均具有明显的增效作用, 施药后 30 d 株防效均达到 100%, 高于喷施单一药剂 41%草甘膦异丙铵盐 AS 769.20 g/hm² 与 25%环嗪酮 SL 1 407.25 g/hm² 30 d 后的株防效 46.55%、90.89%。乙基化和甲基化植物油仅对 25%环嗪酮 SL 1407.25 g/hm² 具有明显增效作用。而十八烯酸植物油对 20%氯氟吡氧乙酸 EC、41%草甘膦异丙铵盐 AS、25%环嗪酮 SL 和 48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC 均无明显

增效作用。单一药剂+助剂试验组中,20%氯氟吡氧乙酸 EC、48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC 添加

农用有机硅增效剂、乙基化和甲基化植物油及十八烯酸植物油均无明显增效作用。

表 2 单一药剂+助剂对春季加拿大一枝黄花的防治效果

Table 2 Control effect of single herbicide mixed with adjuvant on *Solidago canadensis* in spring

药剂名称 Herbicide	有效成分用量/ g • (hm ²) ⁻¹ Dosage of active ingredients	株防效/% Plant control effect			30 d 鲜重防效/% Fresh weight control effect	
					地上 Ground	地下 Underground
		10 d	20 d	30 d		
20%氯氟吡氧乙酸 EC+ 农用有机硅增效剂 fluroxypyr 20% EC+ agricultural organicsilicon synergist	150.00+600.00	5.63 RST	24.11 TUVWX	37.10 VW	60.34 KLM	0.00 W
	162.80+600.00	0.71 W	26.46 RSTUV	73.03 O	80.22 CDE	24.44 O
	175.60+600.00	4.31 TU	24.18 RSTUVW	40.90 UV	66.13 JKLM	38.89 K
	188.40+600.00	3.42 UV	31.44 PQRSTU	56.89 R	39.72 WX	12.22 R
	201.00+600.00	0.98 W	21.29 UVWX	33.94 W	40.57 UVWX	0.00 W
20%氯氟吡氧乙酸 EC+ 乙基化和甲基化植物油 fluroxypyr 20% EC+ ethylated and methylated vegetable oils	150.00+1 800.00	0.71 W	13.60 X	18.63 X	39.53 VWX	9.52 ST
	162.80+1 800.00	0.95 W	14.83 WX	36.55 VW	56.41 MNOP	27.78 N
	175.60+1 800.00	6.96 OPQR	35.45 OPQR	45.02 TU	42.71 TUVWX	8.33 TU
	188.40+1 800.00	11.30 LM	44.86 MNO	51.56 S	52.72 PQRS	8.33 TU
	201.00+1 800.00	6.42 QRST	30.18 QRSTUV	38.94 V	39.10 UVWX	0.00 W
20%氯氟吡氧乙酸 EC+ 十八烯酸植物油 fluroxypyr 20% EC+ octadecenoic acid vegetable oil	150.00+1 800.00	8.16 NO	28.61 RSTUV	51.52 S	48.00 RSTU	11.11 RS
	162.80+1 800.00	3.19 UV	17.54 VWX	32.53 W	41.76 UVWX	12.22 R
	175.60+1 800.00	4.34 TU	22.21 STUVWX	37.10 VW	47.50 RSTUV	24.44 O
	188.40+1 800.00	8.16 NOP	25.32 STUVWX	60.72 Q	29.07 Y	10.32 RS
	201.00+1 800.00	16.72 JK	32.47 PQRSTU	44.91 T	36.92 X	5.56 V
41%草甘膦异丙铵盐 AS+ 农用有机硅增效剂 glyphosate-isopropylanmonium 41% AS+ agricultural organicsilicon synergist	769.20+600.00	10.99 LM	100.00 A	100.00 A	85.89 ABC	68.33 DE
	1 262.70+600.00	25.58 F	95.42 AB	96.14 BCDE	78.11 EFG	19.44 P
	1 756.50+600.00	20.41 H	94.28 ABCD	96.19 BCDE	89.06 ABC	17.78 P
	2 250.00+600.00	18.41 HI	97.04 AB	98.23 ABC	61.64 LMNO	11.11 RS
	2 743.50+600.00	49.15 B	96.02 AB	100.00 A	84.71 BCD	70.00 CD
41%草甘膦异丙铵盐 AS+ 乙基化和甲基化植物油 glyphosate-isopropylanmonium 41% AS+ ethylated and methylated vegetable oils	769.20+1 800.00	4.28 TU	10.99 X	19.53 X	24.21 Y	0.00 W
	1 262.70+1 800.00	36.19 C	74.11 EFGH	82.36 LM	85.40 ABC	63.89 F
	1 756.50+1 800.00	31.71 D	78.01 CDEF	84.81 JKLM	67.18 HIJKL	11.11 RS
	2 250.00+1 800.00	27.87 E	79.37 CDEF	84.87 JKLM	69.06 FGH	0.00 W
	2 743.50+1 800.00	11.64 L	100.00 A	100.00 A	88.87 AB	62.22 FG
41%草甘膦异丙铵盐 AS+ 十八烯酸植物油 glyphosate-isopropylanmonium 41% AS+ octadecenoic acid vegetable oil	769.20+1 800.00	33.09 D	71.73 FGHIJ	77.37 N	62.02 KLM	19.44 P
	1 262.70+1 800.00	5.22 QRST	79.24 CDEF	84.53 KLM	88.65 ABC	36.67 L
	1 756.50+1 800.00	31.86 D	53.46 LMN	58.92 QR	54.32 NOPQ	15.00 Q
	2 250.00+1 800.00	23.60 G	94.04 AB	96.07 ABCD	84.62 ABCD	70.00 C
	2 743.50+1 800.00	28.19 EF	94.76 AB	96.89 BCDE	88.74 ABC	68.33 DE
48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC+ 农用有机硅增效剂 triclopyr-butotyl 48% EC+ agricultural organicsilicon synergist	2 000.64+600.00	3.38 UV	61.60 JKL	70.83 OP	50.84 PQRS	0.00 W
	2 250.72+600.00	6.08 QRST	54.16 KLMN	81.98 LM	54.89 OPQ	8.33 TU
	2 500.80+600.00	7.96 OPQ	43.74 MNOP	87.15 IJKL	70.97 GHIJK	19.44 P
	2 750.88+600.00	5.05 STU	64.25 GHIJK	86.46 GHIJ	68.01 FGHIJ	50.00 I
	3 000.96+600.00	6.93 OPQR	75.59 FGHIJ	91.79 EFGH	62.71 KLM	19.44 P
48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC+ 乙基化和甲基化植物油 triclopyr-butotyl 48% EC+ ethylated and methylated vegetable oils	2 000.64+1 800.00	3.07 UV	30.28 RSTUV	38.81 V	51.24 QRST	19.44 P
	2 250.72+1 800.00	11.41 L	45.32 MNOP	81.42 MN	62.21 KLMN	19.44 P
	2 500.80+1 800.00	8.47 NO	79.01 EFGH	90.49 HIJK	52.38 PQR	27.78 N
	2 750.88+1 800.00	4.03 TU	62.59 HIJKL	68.25 P	59.42 MNOP	6.67 UV
	3 000.96+1 800.00	7.48 OPQR	82.69 CDEF	90.62 FGHI	62.11 LMNO	30.00 M
48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC+ 十八烯酸植物油 triclopyr-butotyl 48% EC+ octadecenoic acid vegetable oil	2 000.64+1 800.00	40.34 C	52.89 LMN	90.88 FGHI	44.88 TUVW	11.11 RS
	2 250.72+1 800.00	9.78 MN	65.04 GHIJK	81.81 M	59.53 MNOP	30.56 M
	2 500.80+1 800.00	11.28 LM	73.45 FGHI	90.80 FGHI	73.27 FGHI	18.89 P
	2 750.88+1 800.00	5.63 RST	78.77 DEFG	95.75 ABCDE	46.97 STUVW	38.89 K
	3 000.96+1 800.00	4.69 STU	52.36 LMN	81.33 MN	64.90 IJKLM	18.89 P
25%环嗪酮 SL+农用有机硅增效剂 hexazinone 25% SL+ agricultural organicsilicon synergist	1 251.75+600.00	7.86 OP	30.23 RSTUV	81.39 M	64.39 KLM	19.44 P
	1 407.25+600.00	6.47 PQRS	29.32 RSTUV	100.00 A	89.64 A	86.30 A
	1 563.00+600.00	5.26 STU	52.43 LMN	96.79 ABCD	67.97 HIJKL	44.44 J
	1 718.50+600.00	18.15 IJ	44.92 NOPQ	100.00 A	85.71 ABC	58.33 H
	1 874.00+600.00	17.69 IJ	37.81 OPQR	100.00 A	85.41 ABC	15.00 Q

续表 2 Table 2(Continued)

药剂名称 Herbicide	有效成分用量/ g·(hm ²) ⁻¹ Dosage of active ingredients	株防效/% Plant control effect			30 d 鲜重防效/% Fresh weight control effect	
		10 d	20 d	30 d	地上 Ground	地下 Underground
25%环嗪酮 SL+乙基化和甲基化植物油 hexazinone25% SL+ ethylated and methylated vegetable oils	1 251.75+1 800.00	1.85 VW	33.51 PQRST	81.98 M	76.98 DEF	18.89 P
	1 407.25+1 800.00	28.90 EF	90.76 BCDE	100.00 A	87.79 AB	68.33 E
	1 563.00+1 800.00	3.32 UV	56.24 KLM	100.00 A	87.79 AB	76.67 B
	1 718.50+1 800.00	9.62 MN	53.36 KLMN	100.00 A	74.96 EFG	61.11 G
	1 874.00+1 800.00	20.00 H	61.17 IJKL	100.00 A	87.96 AB	76.67 B
25%环嗪酮 SL+十八烯酸植物油 hexazinone25% SL+ octadecenoic acid vegetable oil	1 251.75+1 800.00	0.67 W	30.84 RSTUV	60.86 Q	58.92 MNOP	15.00 Q
	1 407.25+1 800.00	0.62 W	32.97 OPQR	50.33 S	42.70 UVWX	8.33 TU
	1 563.00+1 800.00	14.88 K	95.67 AB	98.88 AB	76.59 EFG	15.00 Q
	1 718.50+1 800.00	56.02 A	80.11 EFGH	100.00 A	84.17 BCD	58.33 H
	1 874.00+1 800.00	33.03 D	35.63 OPQRS	80.68 MN	74.21 EFG	15.00 Q
空白对照(清水处理) CK(water treatment)	0.00	0.00 W	0.00 Y	0.00 Y	0.00 Z	0.00 W

2.3 混合药剂对春季加拿大一枝黄花的防治效果

混合药剂对春季加拿大一枝黄花的株防效、地上和地下鲜重防效结果见表 3,可知,41%草甘膦异丙铵盐 AS+48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC 对春季加拿大一枝黄花防效最好,见效最快,其中 2 743.50+3 000.96 g/hm² 施药后 20 d,试验小区内植株全枯死,株防效达到 100%,施药后 30 d 地上和地下部分鲜重防效分别达到 84.98%、71.67%,植株根茎完全腐烂。混合药剂处理组中,剩余两组药剂 20%氯氟吡氧乙酸 EC+41%草甘膦异丙铵盐 AS 和 25%环嗪酮 SL+41%草甘膦异丙铵盐 AS 对

春季加拿大一枝黄花的防效较好,其中 20%氯氟吡氧乙酸 EC 162.80 g/hm² +41%草甘膦异丙铵盐 AS 1 262.70 g/hm² 和 25%环嗪酮 SL 1 407.25 g/hm² +41%草甘膦异丙铵盐 AS 1 262.70 g/hm² 施药后 30 d,株防效均达到 92%以上,试验小区内虽有大部分植株枯萎,但根茎未完全腐烂。试验还发现,除草剂 20%氯氟吡氧乙酸 EC 与 41%草甘膦异丙铵盐 AS 混合施用,能明显提高防除效果,其对春季加拿大一枝黄花的防效明显高于 20%氯氟吡氧乙酸 EC 单独施用。

表 3 混合药剂对春季加拿大一枝黄花的防治效果

Table 3 Control effect of mixed herbicide on *Solidago canadensis* in spring

药剂名称 Herbicide	有效成分用量/ g·(hm ²) ⁻¹ Dosage of active ingredients	株防效/% Plant control effect			30 d 鲜重防效/% Fresh weight control effect	
		10 d	20 d	30 d	地上 Ground	地下 Underground
20%氯氟吡氧乙酸 EC+	150.00+769.20	32.35 F	81.64 C	85.73 D	79.19 C	31.11 G
41%草甘膦异丙铵盐 AS	162.80+1 262.70	38.67 E	89.55 B	92.14 B	70.94 D	31.11 G
fluroxypyr 20% EC+	175.60+1 756.50	59.09 C	86.95 B	91.37 B	53.70 G	33.33 F
glyphosate-isopropylammonium 41% AS	188.40+2 250.00	37.02 E	72.78 E	90.59 BC	64.48 F	27.78 H
	201.00+2 743.50	62.02 C	79.90 D	82.70 D	55.71 G	11.11 K
41%草甘膦异丙铵盐 AS+	769.20+2 000.64	50.81 D	55.66 H	71.93 E	42.49 H	17.78 IJ
48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC	1 262.70+2 250.72	71.32 B	72.62 E	74.57 E	71.31 DE	18.89 I
glyphosate-isopropylammonium 41% AS+	1 756.50+2 500.80	52.60 D	58.94 G	62.39 F	76.75 BC	16.67 J
triclopyr-butotyl 48% EC	2 250.00+2 750.88	61.83 C	82.50 C	87.52 CD	85.02 A	58.33 D
	2 743.50+3 000.96	93.27 C	100.00 A	100.00 A	84.98 AB	71.67 B
25%环嗪酮 SL+	1 251.75+769.20	15.33 G	33.11 I	41.04 G	28.79 I	0.00 L
41%草甘膦异丙铵盐 AS	1 407.25+1 262.70	17.44 G	88.62 B	92.14 B	51.82 G	44.44 E
hexazinone 25% SL+	1 563.00+1 756.50	31.07 F	64.65 F	91.53 B	65.28 EF	61.11 C
glyphosate-isopropylammonium 41% AS	1 718.50+2 250.00	4.84 H	26.78 J	91.32 B	85.31 A	74.44 A
	1 874.00+2 743.50	17.82 G	73.90 DE	91.72 B	71.32 D	61.11 C
空白对照(清水处理) CK(water treatment)	0.00	0.00 I	0.00 K	0.00 H	0.00 J	0.00 L

2.4 内吸性+触杀性药剂组合对春季加拿大一枝黄花的防治效果

内吸性+触杀性药剂组合对春季加拿大一枝黄

花的株防效、地上和地下鲜重防效结果见表 4,由表 4 可知,20%氯氟吡氧乙酸 EC+20%草铵膦 AS 对春季加拿大一枝黄花的防效最好,见效最快,用药

也最少。20%氯氟吡氧乙酸 EC 150.00 g/hm²+20%草铵膦 AS 1 049.40 g/hm² 施药后 20 d, 试验小区内植株全枯死, 株防效达到 100%; 施药后 30 d 地上和地下部分鲜重防效分别达到 92.10%、69.44%, 植株根茎完全腐烂。48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC 2 250.72 g/hm²+20%草铵膦 AS 1 224.20 g/hm² 和 25%环嗪酮 SL 1 407.25 g/hm²+20%草铵膦 AS 1 224.20 g/hm² 两组处理施药后见效缓于 20%氯氟吡氧乙酸 EC 150.00 g/hm²+20%草铵膦 AS 1 049.40 g/hm², 施药后 30 d 株防效才达到 100%, 地上和地下部分鲜重防效均分别达到 85.08%和 76.67%, 试验小区内植株全枯死。而内吸性+触杀性药剂处理组中, 对春季加拿大一枝黄花防效最差

的为 41%草甘膦异丙铵盐 AS+20%草铵膦 AS, 以最高推荐剂量 2 743.50+1 748.20 g/hm² 施药后 30 d, 株防效仅达到 95.08%, 试验小区内还有少量植株未枯死。试验还发现, 内吸性+触杀性药剂处理组中, 20%氯氟吡氧乙酸 EC 150.00 g/hm²、48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC 2 250.72 g/hm² 和 25%环嗪酮 SL 1 407.25 g/hm² 分别与 20%草铵膦 AS 分阶段施用后, 对春季加拿大一枝黄花的防效明显高于上述三种除草剂以相同剂量单独施用, 两种不同类型的除草剂分阶段施用具有明显的增效作用。而 41%草甘膦异丙铵盐 AS 与 20%草铵膦 AS 组合分阶段施用对春季加拿大一枝黄花的防除无明显增效作用。

表 4 内吸性+触杀性药剂组合对春季加拿大一枝黄花的防治效果

Table 4 Control effect of combination of systematic and contact herbicide on *Solidago canadensis* in early stage

药剂名称 Herbicide	有效成分用量/ g·(hm ²) ⁻¹ Dosage of active ingredients	株防效/% Plant control effect			30 d 鲜重防效/% Fresh weight control effect	
		10 d	20 d	30 d	地上 Ground	地下 Underground
20%氯氟吡氧乙酸 EC+	150.00+1 049.40	95.19 A	100.00 A	100.00 A	92.10 A	69.44 C
20%草铵膦 AS	162.80+1 224.20	87.80 B	91.80 C	93.43 DE	74.46 J	55.56 F
fluroxypyr 20% EC+	175.60+1 398.80	89.44 B	94.09 BC	96.75 ABCD	76.62 IJ	50.00 G
glufosinate-ammonium 20% AS	188.40+1 573.60	53.21 F	80.49 DE	91.11 CD	83.89 DEFG	61.11 E
	201.00+1 748.20	93.54 A	94.07 C	96.59 ABCD	67.28 K	55.56 F
41%草甘膦异丙铵盐 AS+	769.20+1 049.40	59.47 E	65.18 G	65.63 G	64.05 KL	50.00 G
20%草铵膦 AS	1 262.70+1 224.20	60.91 E	64.29 G	65.22 G	62.79 L	50.00 G
glyphosate-isopropylammonium 41% AS+	1 756.50+1 398.80	52.58 F	58.66 H	59.34 H	53.67 M	43.33 H
glufosinate-ammonium 20% AS	2 250.00+1 573.60	49.63 G	80.78 DE	84.10 F	91.49 A	90.61 A
	2 743.50+1 748.20	59.97 E	93.12 C	95.08 BCD	83.38 EFG	65.08 D
48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC+	2 000.64+1 049.40	39.17 H	80.73 DE	88.21 E	79.49 GH	44.44 H
20%草铵膦 AS	2 250.72+1 224.20	92.18 A	98.34 AB	100.00 A	83.31 DE	69.44 CD
triclopyr-butotyl 48% EC+	2 500.80+1 398.80	86.53 B	95.26 BC	99.07 AB	84.45 CDE	69.44 CD
glufosinate-ammonium 20% AS	2 750.88+1 573.60	34.77 I	72.45 F	79.49 F	78.87 FGH	50.00 G
	3 000.96+1 748.20	70.19 D	91.63 C	95.40 ABCD	85.21 CD	44.44 H
25%环嗪酮 SL+20%草铵膦 AS	1 251.75+1 049.40	92.72 A	93.73 C	97.20 ABC	87.57 BC	76.67 B
hexazinone 25% SL+	1 407.25+1 224.20	77.67 C	97.38 AB	100.00 A	85.08 CDE	76.67 B
glufosinate-ammonium 20% AS	1 563.00+1 398.80	47.63 G	79.74 E	96.76 ABC	77.94 HI	55.56 EF
	1 718.50+1 573.60	61.89 E	80.05 E	100.00 A	83.11 DEF	69.44 CD
	1 874.00+1 748.20	36.32 I	82.20 D	100.00 A	86.29 B	70.00 CD
空白对照(清水处理) CK(water treatment)	0.00	0.00 J	0.00 I	0.00 I	0.00 N	0.00 I

3 讨论

春季(3月—5月)为加拿大一枝黄花生长早期, 此时加拿大一枝黄花开刚出齐苗, 植株株高 50~80 cm, 植株幼嫩, 生物量小。对春季加拿大一枝黄花防效最佳的内吸性除草剂为 41%草甘膦异丙铵盐 AS 和

25%环嗪酮 SL, 其单独施用, 或辅助助剂有机硅、乙基化和基化植物油和触杀性除草剂 20%草铵膦 AS 施用, 对加拿大一枝黄花均能达到根除效果。防除时期不同, 对加拿大一枝黄花防除效果也会有差异。在春季与夏季^[16]化学防除试验中, 20%氯氟吡氧乙酸 EC 和 41%草甘膦异丙铵盐 AS 在春季对加拿大

一枝黄花的防效更好,用药剂量更少,其中,20%氯氟吡氧乙酸 EC 春季用药量为夏季^[16]的 80%,而 41%草甘膦异丙铵盐 AS 春季用药量则为夏季^[16]的 46%,两者在春季施药后 30 d 的防效均高于夏季施药后 35 d 防效^[16];48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC 在春季与夏季施相同剂量,对加拿大一枝黄花的株防效差异明显,春季的株防效为夏季的 2 倍;25%环嗪酮 SL、41%草甘膦异丙铵盐 AS+农用有机硅增效剂和 20%氯氟吡氧乙酸 EC+20%草铵膦 AS 在春季和夏季均能达到根除加拿大一枝黄花的效果,株防效均达到了 100%,但春季用药量低于夏季,上述 3 组药剂春季用药总量分别为夏季用药总量的 83%、65%和 63%。与夏季除草剂筛选试验结果^[16]相比,同一种药剂或药剂组合,在春季施药,不仅能提高防效,还能减少用药量,原因可能是春季加拿大一枝黄花植株生物量小,达到根除效果所需除草剂用量也更少。另外,本试验所用 41%草甘膦异丙铵盐 AS 769.20 g/hm²+农用有机硅增效剂 600.00 g/hm²中除草剂剂量为苏庆桂^[12]研究所用 41%草甘膦异丙铵盐 AS+48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC+有机硅中混合药剂剂量的 37%,大大降低了除草剂的用量,且春季仅用一种除草剂 41%草甘膦异丙铵盐 AS 与农用有机硅增效剂混用就能达到根除效果,减少了施用除草剂的种类,降低了土壤农药残留。而本试验中采用 41%草甘膦异丙铵盐 AS 单独施用也能达到根除效果,采用的剂量为 1 756.50 g/hm²,为苏庆桂^[12]研究所用 41%草甘膦异丙铵盐 AS 的 98%,虽所用 41%草甘膦异丙铵盐 AS 剂量无显著差异,但减少了除草剂种类,同时也无需添加助剂,大大降低了化学物质对土壤的危害,并降低了成本。春季除草剂筛选试验中,对加拿大一枝黄花防效较好的 25%环嗪酮 SL 所用剂量 1 718.50 g/hm²为黄文生^[17]研究所用 25%环嗪酮 SL 剂量的 62%,除草剂用量大大降低,成本和环境危害也相应减少。本试验还将 25%环嗪酮 SL 与助剂农用有机硅和触杀型除草剂 20%草铵膦 AS 组合施用,防治效果明显增加。本试验虽筛选到了春季防除加拿大一枝黄花的最佳药剂或药剂组合,但不同除草剂在试验地土壤中的降解难度不同,上述最

佳药剂或药剂组合施用后的降解特性及残留还有待深入研究。

参考文献

- [1] ŠUTOVSKÁ M, CAPEK P, KOČMÁLOVÁ M, et al. Characterization and biological activity of *Solidago canadensis* complex [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2013, 52(1): 192–197.
- [2] 吴降星,陈宇博,金彬,等.宁波市加拿大一枝黄花综合防治及利用[J].植物检疫,2015,29(2):78–81.
- [3] 沈夏斌.江淮地区加拿大一枝黄花的整体药物防治效果观察[J].中国农业信息,2014(6):52.
- [4] HALAS P, ŠEC P, LACINA J, et al. Environmental impact of a large-scale chemical elimination of *Reynoutria* spp. on the alluvium of the Morávka river-examination of vegetation changes in floodplain forests [J]. Biologia, 2018, 73: 9–20.
- [5] OLSZYK D, PFLEEGER T, LEE E H, et al. Glyphosate and dicamba herbicide tank mixture effects on native plant and non-genetically engineered soybean seedlings [J]. Ecotoxicology, 2015, 24: 1014–1027.
- [6] 叶梅荣,刘庆安,马纪忠,等.41%草甘膦水剂对加拿大一枝黄花的防除效果[J].江苏农业科学,2010(2):130–132.
- [7] 王春兰,丁志宽,崔劲松,等.70%草甘·三氯吡可溶性粉剂防除加拿大一枝黄花效果研究[J].现代农业科技,2010(23):163.
- [8] 童金春,张海燕,赵保祥,等.加拿大一枝黄花化学防治研究[J].现代农业科技,2007(20):79–84.
- [9] 李云明,顾云琴,项顺尧,等.10%甲磺隆可湿性粉剂控制加拿大一枝黄花再萌发效果评价[J].现代农业科技,2011(2):184–185.
- [10] 沈火明,王荣洲,余若虹,等.加拿大一枝黄花化学防除研究[J].安徽农业科学,2007,35(11):3301–3312.
- [11] 周治明.南京市江宁区加拿大一枝黄花发生现状及建议[J].现代农业科技,2014(11):139.
- [12] 苏庆桂.加拿大一枝黄花化学防除配方优化研究[J].福建林业科技,2012,39(2):106–108.
- [13] 焦骏森,王俊,张有明,等.不同除草剂防除加拿大一枝黄花效果比较[J].杂草学报,2005(3):56–57.
- [14] 韩晓晶,李建群,杨强,等.不同药剂防除加拿大一枝黄花试验简报[J].上海农业科技,2011(2):126–126.
- [15] 徐丽君,倪萌,王程亮.加拿大一枝黄花药剂防除对比试验[J].植物医生,2014,27(1):29–31.
- [16] 金红玉,张影,王雅玲,等.加拿大一枝黄花防除化学药剂的筛选及其应用效能[J].植物保护,2018,44(4):194–201.
- [17] 黄文生.加拿大一枝黄花化学防治研究[J].现代农业科技,2015(23):119–120.

(责任编辑:杨明丽)