典型药剂对不同留茬高度加拿大一枝黄花的防效

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 于2018年7月25日－9月20日选用5种典型药剂与2种助剂对长沙县郭公渡成片发生区旺盛期加拿大一枝黄花进行了物理法联合化学法防除的田间试验。结果表明，割除保留10 cm茬23 d后喷施41%草甘膦异丙胺盐AS 1 097.40 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 900.48 g/hm²＋20%草铵膦AS 489.60 g/hm²、25%环嗪酮SL 687.50 g/hm²＋20%草铵膦AS 629.40 g/hm²与割除保留20 cm茬23 d后喷施25%环嗪酮SL 687.50 g/hm²＋农用有机硅增效剂600.00 g/hm²、25%环嗪酮SL 687.50 g/hm²＋乙基化和甲基化植物油1 800.00 g/hm²对加拿大一枝黄花的防效最佳，施药后34 d株防效均达到100%，地上与地下鲜重防效分别在78%、75%以上，且完全根腐，用药剂量也少。而30组药剂中除41%草甘膦异丙胺盐AS 1 097.40 g/hm²、20%氯氟吡氧乙酸EC 60.00 g/hm²＋20%草铵膦AS 419.80 g/hm²、48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯EC 900.48 g/hm²＋20%草铵膦AS 489.60 g/hm²三组低剂量药剂处理外，其他药剂的低剂量处理对留茬30、40、50 cm加拿大一枝黄花的防除均不能达到根腐。相关性分析结果表明，施药天数、施药剂量与施药后样方内腐烂株数呈正相关，而与施药后样方内植株平均地上、地下鲜重均呈负相关。

关键词 加拿大一枝黄花； 留茬高度； 典型除草剂； 防治

中图分类号： S 482.4 **文献标识码**： B **DOI**： 10.16688/j.zwbh.2018517

Control efficacy of typical herbicide on *Solidago canadensis* with different stubble heights

JIN Hongyu[1]， XIAO Shunyong[2]， YOU Fang[2]， XU Yunhai[1]，
LIU Yabin[1]， CHEN Wei[1]， MAO Youchun[3]， YANG Haijun[1]

（1. *College of Plant Protection*, *Hunan Agricultural University*, *Changsha* 410128, *China*;
2. *Department of Agriculture and Rural Affairs of Hunan Province*, *Changsha* 410005, *China*;
3. *Journal Press of Hunan Agricultural University*, *Changsha* 410128, *China*）

Abstract From July 25 to September 20, 2018, five typical herbicides and two adjuvants were used to control *Solidago canadensis* L. in Guogongdu, Changsha county, where the outbreak occurred in the middle and late stage. The results showed that when *S. canadensis* was cut to leave 10 cm stubble for 23 d, glyphosate-isopropylammonium 41% AS 1 097.40 g/hm²＋organosilicon 600.00 g/hm², triclopyr-butotyl 48% EC 900.48 g/hm²＋glufosinate ammonium 20% AS 489.60 g/hm² and hexazinone 25% SL 687.50 g/hm²＋glufosinate ammonium 20% AS 629.40 g/hm² demonstrated the best control efficacy. When 20 cm stubble was retained, hexazinone 25% SL 687.50 g/hm²＋organosilicon 600.00 g/hm² and hexazinone 25% SL 687.50 g/hm²＋ethyl and methylated vegetable oil 1 800.00 g/hm² showed the best control efficacy. After treatment for 34 days, all the plant control efficacy reached 100%. The fresh weight control efficacies aboveground and underground were 78% and 75%, respectively. The above herbicides could make *S. canadensis* root rot completely, and the dosage is low. While for the low dose treatments of 30 herbicides on *S. canadensis* with stubble height of 30 cm, 40 cm and 50 cm, only glyphosate-isopropylammo-

收稿日期： 2018-12-19 **修订日期**： 2019-01-06
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

nium 41% AS 1 097.40 g/hm², fluroxypyr 20% EC 60.00 g/hm² + glufosinate ammonium 20% AS 419.80 g/hm² and triclopyr-butotyl 48% EC 900.48 g/hm² + glufosinate ammonium 20% AS 489.60 g/hm² could achieve complete root rot. Correlation analysis showed that days and dosage were positively correlated with the number of rotten plants in the quadrat after spraying herbicides and negatively correlated with the average aboveground and underground fresh weight of plants in the quadrat after spraying herbicides.

Key words *Solidago canadensis*; stubble height; typical herbicide; control

加拿大一枝黄花 *Solidago canadensis* L. 为桔梗目菊科多年生植物，靠种子和地下根状茎繁殖，有长根状茎[1]。加拿大一枝黄花原产北美，于 20 世纪 30 年代作为庭院花卉引入中国上海、南京等地，随后逸生至野外，成为恶性杂草。该草主要分布于中国华东、华中、华北、东北和西南等地区。对入侵地生态系统生物多样性构成严重威胁，极易成为入侵地唯一存在的植物[2]。为解决加拿大一枝黄花入侵的危害，许多研究者开展了该杂草的防控研究。董梅等[3]提出可人工铲除小面积加拿大一枝黄花；沈国辉等[4]提出机械耕翻结合复种可根除大面积加拿大一枝黄花。但以上物理防除法费时、费力，受限制的因素多。唐伟等[5]则从生物防治角度开展了利用致病菌株防控加拿大一枝黄花的研究，首次报道了引起加拿大一枝黄花病害的齐整小核菌 *Sclerotium rolfsii* 菌株 SC64，但仅停留于试验阶段。为克服成片发生区加拿大一枝黄花物理法及生物法防治的不足，周治明等[6-11]开展了单一药剂对加拿大一枝黄花的化学防除研究，筛选获得了防除效果较好的药剂，但存在用药剂量大，且防效慢的问题[12]。为弥补单一药剂防效的不足，提高防除效率，苏庆桂等[13-15]开展了不同药剂组合防除加拿大一枝黄花的研究，得出草甘膦＋三氯吡氧乙酸＋有机硅、氯氟吡氧乙酸＋二甲四氯和草甘膦＋氯氟吡氧乙酸等组合对加拿大一枝黄花防效优于单一药剂，但未明确最佳防治时间和具体施药方法。同时，虽然上述某些药剂组合的防效好，但高剂量用药带来了严重的环境污染[16-18]。尤其对旺盛期加拿大一枝黄花，盲目滥用、大量或超量使用各种除草剂的问题比较突出，危害较大。为有效提高对加拿大一枝黄花旺盛期（夏季）的用药效果，降低药剂成本和药剂对环境的危害，确保农产品产地安全，本研究在前期对加拿大一枝黄花化学防除药剂筛选及其应用效能研究的基础上，开展了物理法联合化学法防控旺盛期加拿大一枝黄花的大田试验研究。探明了不同药剂及其组合对不同留茬高度加拿大一枝黄花的防除效果，为加拿大一枝黄花的高效环保防控提供新的思路和技术指导。

1 材料与方法

1.1 试剂、仪器及试验材料

试验除草剂为 41%草甘膦异丙胺盐 AS（美国孟山都公司）、25%环嗪酮 SL（江苏蓝丰生物化工股份有限公司）、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）、20%氯氟吡氧乙酸 EC（河北万全力华化工有限责任公司）、20%草铵膦 AS（苏州佳辉化工有限公司）。

试验助剂为农用有机硅增效剂（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）。

试验所用仪器为 LDX-FA2104N 电子分析天平、500 mL 小型喷雾器。

1.2 研究地概况及试验时间

试验地设在湖南省长沙县黄花镇郭公渡（28.27°N，113.20°E），属于抛荒耕地，为 6 年生加拿大一枝黄花成片集中发生区，发生面积为 20 hm²，其中有 3 块地已形成优势种群，面积约 2 500 m²。研究区周边种植作物主要为玉米、水稻、大豆等。研究区加拿大一枝黄花生境内仅长有零星杂草，分别为蒿子草、空心莲子草和绿狗尾草等，且杂草种群结构单一，丰度极低。

试验时间分别为 2018 年 7 月 25 日和 8 月 17－19 日。7 月 25 日对试验区加拿大一枝黄花地上部分进行割除，分别保留 10、20、30、40、50 cm 的茬。8 月 17－19 日进行施药处理，施药时天气为多云，气温 26～30℃，西北风 3 级，空气湿度 78%，降水量为 0，适宜杂草施药。

1.3 试验设计及方法

1.3.1 预试验设计

2018 年 4 月在田间进行了预试验。结合文献[16]的研究结果，以内吸性除草剂 20%氯氟吡氧乙酸 EC、25%环嗪酮 SL、41%草甘膦异丙胺盐 AS、

48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC 和触杀型除草剂 20%草铵膦 AS 为药剂,选用农用有机硅增效剂、乙基化和甲基化植物油、十八烯酸植物油为助剂进行田间试验。试验分别设单一药剂处理组、单一药剂+助剂处理组、混合药剂处理组、内吸+触杀药剂处理组,每种处理设置 5 个浓度梯度,3 次重复。预试验结果发现 41%草甘膦异丙胺盐 AS、25%环嗪酮 SL、41%草甘膦异丙胺盐 AS+农用有机硅增效剂等 10 种药剂或药剂组合对加拿大一枝黄花的防效最佳,能彻底根除加拿大一枝黄花。本试验根据以上预试验获得的药剂及其最佳施药剂量,开展物理法联合化学法防除中晚期加拿大一枝黄花的田间试验。

1.3.2　田间试验设计

试验药剂及其剂量为春季预试验中筛选的药剂及其最佳剂量、最佳剂量的 60%与 40%。试验选用助剂分别为农用有机硅增效剂和乙基化和甲基化植物油,助剂用量(体积分数)为有机硅类 0.1%、植物油类 0.3%。各处理小区面积 5 m^2,药剂兑水量 60 mL/m^2,采用 500 mL 小型喷雾器人工施药,每个处理重复 3 次。施药前先割除加拿大一枝黄花地上部分,分别保留距地面 10、20、30、40、50 cm 的茬,待留茬的加拿大一枝黄花每株长出 5～10 片新叶之后再喷药。喷完一种药剂后清洗喷壶,再配制其他药剂(具体试验设计见表 1)。

表 1　5 组不同留茬高度加拿大一枝黄花植株的药剂处理一览表[1)]

Table 1　List of herbicide treatments for five groups of *Solidago canadensis* plants with different stubble heights

药剂名称 Herbicide	有效剂量 1/g·(hm²)⁻¹ Effective dose 1	有效剂量 2/g·(hm²)⁻¹ Effective dose 2	有效剂量 3/g·(hm²)⁻¹ Effective dose 3
41%草甘膦异丙胺盐 AS glyphosate-isopropylammonium 41% AS	1 097.40	1 646.10	2 743.50
25%环嗪酮 SL hexazinone 25% SL	687.50	1 031.00	1 718.50
41%草甘膦异丙胺盐 AS+农用有机硅增效剂 glyphosate-isopropylammonium 41% AS+ agricultural organic silicone synergistic agent	1 097.40+600.00	1 646.10+600.00	2 743.50+600.00
41%草甘膦异丙胺盐 AS+乙基化和甲基化植物油 glyphosate-isopropylammonium 41% AS+ ethylation and methylation of vegetable oils	1 097.40+1 800.00	1 646.10+1 800.00	2 743.50+1 800.00
25%环嗪酮 SL+农用有机硅增效剂 hexazinone 25% SL+agricultural organic silicone synergistic agent	687.50+600.00	1 031.00+600.00	1 718.50+600.00
25%环嗪酮 SL+乙基化和甲基化植物油 hexazinone 25% SL+ethylation and methylation of vegetable oils	687.50+1 800.00	1 031.00+1 800.00	1 718.50+1 800.00
41%草甘膦异丙胺盐 AS+48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC glyphosate-isopropylammonium 41% AS+ triclopyr-butotyl 48% EC	1 097.40+1 200.48	1 646.10+1 800.48	2 743.50+3 000.96
20%氯氟吡氧乙酸 EC+20%草铵膦 AS fluroxypyr 20% EC+glufosinate ammonium 20% AS	60.00+419.80	90.00+629.60	150.00+1 049.40
48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC+20%草铵膦 AS triclopyr-butotyl 48% EC+glufosinate ammonium 20% AS	900.48+489.60	1 350.24+734.60	2 250.72+1 224.20
25%环嗪酮 SL+20%草铵膦 AS hexazinone 25% SL+glufosinate ammonium 20% AS	687.50+629.40	1 031.00+944.20	1 718.50+1 573.60
空白对照(仅割除地上部分加拿大一枝黄花,不喷药剂) CK(*Solidago canadensis* with the aboveground part being cut off and without spraying herbicides)	0.00	0.00	0.00

1) 表中 20%草铵膦 AS 为广谱触杀性除草剂,当其分别与 20%氯氟吡氧乙酸 EC、48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC、25%环嗪酮 SL 3 种内吸性除草剂组合施用时,先喷施内吸性除草剂,隔 2 d 之后再喷施 20%草铵膦 AS。
As shown in the table, glufosinate ammonium 20% AS is a contact herbicide. When applied in combination with three systemic herbicides, fluroxypyr 20% EC, triclopyr-butotyl 48% EC and hexazinone 25% SL, the systemic herbicide was sprayed first, and then glufosinate ammonium 20% AS was sprayed after two days.

1.4 调查方法及药效计算方法

分别于施药后 13、23、34 d 观察加拿大一枝黄花根、茎、叶等的变化，统计各样方加拿大一枝黄花植株数(以叶片枯死，茎秆腐烂为判断植株死亡的依据)，计算株防效。施药后 34 d，割取植株地上部分(茎叶)，称重，计算地上部鲜重防效；细致掘取植株地下部分(根和地下茎)，清洗后阴晾 3 h，称重，计算地下部鲜重防效。

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%[19-21]。

1.5 数据处理与分析

所有试验数据利用 Excel 2010、DPS 7.05 和 SPSS 21.0 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，得到物理法联合化学法防除加拿大一枝黄花的最佳处理方式。

2 结果与分析

2.1 不同药剂对留茬 10 cm 的加拿大一枝黄花的防效

由表 2 可知，留茬 10 cm 组中 10 种药剂或药剂组合对加拿大一枝黄花防效均较好，施药后 34 d，除 25%环嗪酮 SL(687.50 g/hm^2 和 1 031.00 g/hm^2)＋乙基化和甲基化植物油(1 800.00 g/hm^2)组合分别喷施与 25%环嗪酮 SL 喷施 687.50 g/hm^2 对加拿大一枝黄花的株防效低于 90%外，其余药剂处理的株防效均达到 90%以上。41%草甘膦异丙胺盐 AS 1 097.40 g/hm^2＋农用有机硅增效剂 600.00 g/hm^2、48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC 900.48 g/hm^2＋20%草铵膦 AS 489.60 g/hm^2 和 25%环嗪酮 SL 687.50 g/hm^2＋20%草铵膦 AS 629.40 g/hm^2 三组处理的药剂剂量最低，见效也最快，施药后 13 d 株防效均达到 95%以上；施药后 34 d 株防效均达到 100%，地上部鲜重防效达到 78%以上，地下部鲜重防效均达到 75%，根茎完全腐烂。而 25%环嗪酮 SL 和 25%环嗪酮 SL＋乙基化和甲基化植物油两组处理防效较差，均不能使根茎腐烂。

2.2 不同药剂对留茬 20 cm 加拿大一枝黄花的防效

由表 3 可知，留茬 20 cm 组中 25%环嗪酮 SL 687.50 g/hm^2＋农用有机硅增效剂 600.00 g/hm^2、25%环嗪酮 SL 687.50 g/hm^2＋乙基化和甲基化植物油 1 800.00 g/hm^2 和 48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC 900.48 g/hm^2＋20%草铵膦 AS 489.60 g/hm^2 三组药剂处理对加拿大一枝黄花的防效最好，药剂剂量最低，见效最快，施药后 23 d 株防效均达到 100%，处理小区内的植株全部枯死；施药后 34 d 根茎完全腐烂，地上部鲜重防效均达到 80%以上，地下部鲜重防效均达到 75%以上。而 41%草甘膦异丙胺盐 AS 1 646.10 g/hm^2＋乙基化和甲基化植物油 1 800.00 g/hm^2、41%草甘膦异丙胺盐 AS 2 743.50 g/hm^2、41%草甘膦异丙铵盐 AS 1 646.10 g/hm^2＋48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC 1 800.48 g/hm^2 和 25%环嗪酮 SL 1 031.00 g/hm^2＋20%草铵膦 AS 944.20 g/hm^2 4 组药剂处理虽均可达到根除效果，但见效慢，用药剂量也更高，施药后 34 d 株防效均达到 100%，地上鲜重防效达到 80%以上，地下部鲜重防效达到 70%以上，根茎完全腐烂。25%环嗪酮 SL、41%草甘膦异丙胺盐 AS＋农用有机硅增效剂和 20%氯氟吡氧乙酸 EC＋20%草铵膦 AS，高剂量药剂分别处理的防效均低于低剂量药剂处理的防效。此结果说明施用除草剂剂量越高的防除效果不一定越好，采用最佳施药剂量即可。试验还发现，相同除草剂及其剂量对留茬 20 cm 的加拿大一枝黄花的防除效果缓于留茬 10 cm，且达到根除效果所需药剂剂量也高。

2.3 不同药剂对留茬 30 cm 加拿大一枝黄花的防效

由表 4 可知，留茬 30 cm 组中 25%环嗪酮 SL 1 718.50 g/hm^2、41%草甘膦异丙胺盐 AS 2 743.50 g/hm^2＋48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC3 000.96 g/hm^2 和 25%环嗪酮 SL 1 718.50 g/hm^2＋20%草铵膦 AS 1 573.60 g/hm^2 三组处理见效最快，防效最好，施药后 23 d 试验小区内植株全部枯死，株防效均达到 100%；施药后 34 d，试验小区地上部鲜重防效达到 80%以上，地下部鲜重防效达到 70%以上，根茎完全腐烂。而 41%草甘膦异丙胺盐 AS、41%草甘膦异丙胺盐 AS＋48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC、48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC＋20%草铵膦 AS 和 25%环嗪酮 SL＋20%草铵膦 AS 四组处理在施药后见效慢于上述三组药剂处理，施药后 34 d 的防效才达到最佳。具体表现为：41%草甘膦异丙胺盐 AS 1 097.40 g/hm^2 施药后 34 d，植株全枯死，根茎完全腐烂，株防效达到 100%，地上部和地下部鲜重防效

表 2　不同药剂对留茬 10 cm 加拿大一枝黄花的防效[1)]

Table 2　Control effects of different herbicides on *Solidago canadensis* with stubble height of 10 cm

药剂名称 Herbicide	有效剂量/ g·(hm²)⁻¹ Effective dose	13 d 株防效/% Plant control efficacy after treatment for 13 days	23 d 株防效/% Plant control efficacy after treatment for 23 days	34 d		
				株防效/% Plant control efficacy	地上部鲜重防效/% Ground fresh weight control efficacy	地下部鲜重防效/% Underground fresh weight control efficacy
41%草甘膦异丙胺盐 AS	1 097.40	(66.67±8.19)CDE	(87.50±6.96)ABCD	100.00 A	(82.61±5.84)AB	(80.00±3.51)A
glyphosate-isopropylammonium 41% AS	1 646.10	(55.56±4.78)DEFG	(85.19±6.20)BCDE	100.00 A	(78.26±7.52)AB	(75.00±5.60)A
	2 743.50	(95.24±4.05)A	100.00 A	100.00 A	(82.61±9.27)AB	(75.00±2.58)A
25%环嗪酮 SL	687.50	(58.62±4.23)CDE	(62.07±8.71)FG	(89.66±5.20)ABC	(73.91±7.04)AB	(55.00±4.69)B
hexazinone 25% SL	1 031.00	(55.00±3.36)EFGH	(80.00±2.71)DE	100.00 A	(82.61±4.77)AB	(75.00±5.89)A
	1 718.50	(69.23±9.38)BC	(92.31±1.36)ABCD	100.00 A	(78.26±3.62)AB	(80.00±4.15)A
41%草甘膦异丙胺盐 AS+农用有机硅增效剂	1 097.40+600.00	(95.45±3.78)A	(95.45±3.28)ABC	100.00 A	(86.96±5.12)A	(75.00±5.03)A
glyphosate-isopropylammonium 41% AS+	1 646.10+600.00	(80.00±5.77)AB	(93.33±6.50)ABC	(93.33±5.71)AB	(73.91±5.91)AB	(45.00±4.56)BC
agricultural organic silicone synergistic agent	2 743.50+600.00	100.00 A	100.00 A	100.00 A	(69.57±4.03)B	(40.00±2.51)CD
41%草甘膦异丙胺盐 AS+乙基化和甲基化植物油	1 097.40+1 800.00	(50.00±6.62)FGHI	100.00 A	100.00 A	(47.83±6.98)C	(45.00±4.78)BC
glyphosate-isopropylammonium 41% AS+	1 646.10+1 800.00	(56.25±6.44)DEF	(81.25±8.28)CDE	(93.75±2.33)AB	(34.78±5.96)C	(30.00±4.28)D
ethylation and methylation of vegetable oils	2 743.50+1 800.00	100.00 A	100.00 A	100.00 A	(78.26±6.94)AB	(75.00±7.43)A
25%环嗪酮 SL+农用有机硅增效剂	687.50+600.00	(59.26±5.43)CDEF	100.00 A	100.00 A	(82.61±6.57)AB	(80.00±5.60)A
hexazinone 25% SL+agricultural organic	1 031.00+600.00	(34.78±8.50)IJ	100.00 A	100.00 A	(78.26±6.71)AB	(75.00±5.83)A
silicone synergistic agent	1 718.50+600.00	(69.70±7.83)BCD	100.00 A	100.00 A	(82.61±4.56)AB	(75.00±8.46)A
25%环嗪酮 SL+乙基化和甲基化植物油	687.50+1 800.00	(32.56±8.77)IJ	(60.47±8.71)FG	(79.07±8.18)C	(43.48±4.31)C	(40.00±4.25)CD
hexazinone 25% SL+ethylation and methylation of	1 031.00+1 800.00	(36.36±3.79)HIJ	(63.64±3.78)FG	(81.82±7.13)BC	(39.13±4.22)C	(45.00±5.89)C
vegetable oils	1 718.50+1 800.00	(26.92±4.83)J	(92.31±4.36)ABCD	(96.15±3.30)A	(43.48±5.87)C	(35.00±4.34)CD
41%草甘膦异丙胺盐 AS+48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC	1 097.40+1 200.48	(48.39±8.44)FGHI	100.00 A	100.00 A	(78.26±6.49)AB	(75.00±8.15)A
glyphosate-isopropylammonium 41% AS+	1 646.10+1 800.48	(43.48±7.87)GHI	(73.91±10.45)EF	(91.30±6.59)AB	(43.48±5.90)C	(40.00±4.05)CD
triclopyr-butotyl 48% EC	2 743.50+3 000.96	(38.46±5.59)HIJ	(57.69±8.18)G	100.00 A	(78.26±5.92)AB	(75.00±4.23)A
20%氯氟吡氧乙酸 EC+20%草铵膦 AS	60.00+419.80	(89.66±6.16)A	(96.55±1.21)AB	100.00 A	(73.91±7.74)AB	(80.00±3.60)A
fluroxypyr 20% EC+glufosinate ammonium 20% AS	90.00+629.60	(85.71±6.95)AB	100.00 A	100.00 A	(86.96±3.89)AB	(80.00±6.51)A
	150.00+1 049.40	(76.67±5.13)BC	100.00 A	100.00 A	(82.61±4.35)AB	(75.00±8.10)A
48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC+20%草铵膦 AS	900.48+489.60	100.00 A	100.00 A	100.00 A	(78.26±5.52)AB	(75.00±6.35)A
triclopyr-butotyl 48% EC+glufosinate	1 350.24+734.60	100.00 A	100.00 A	100.00 A	(82.61±8.40)AB	(80.00±5.74)A
ammonium 20% AS	2 250.72+1 224.20	100.00 A	100.00 A	100.00 A	(82.61±8.99)AB	(80.00±6.10)A
25%环嗪酮 SL+20%草铵膦 AS	687.50+629.40	100.00 A	100.00 A	100.00 A	(86.96±6.27)AB	(75.00±5.11)A
hexazinone 25% SL+glufosinate ammonium 20% AS	1 031.00+944.20	100.00 A	100.00 A	100.00 A	(82.61±10.58)AB	(80.00±5.79)A
	1 718.50+1 573.60	100.00 A	100.00 A	100.00 A	(78.26±5.80)AB	(75.00±4.11)A
空白对照 CK	0.00	0.00 K	0.00 H	0.00 D	0.00 D	0.00 E

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,$a=0.01$。下同。

The data are the averages of 3 replicates, different capital letters in the same column show significant difference, $a=0.01$. The same below.

表 3　不同药剂对留茬 20 cm 加拿大一枝黄花的防效

Table 3　Control effects of different herbicides on *Solidago canadensis* with stubble height of 20 cm

药剂名称 Herbicide	有效剂量/ g·(hm²)⁻¹ Effective dose	13 d 株防效/% Plant control efficacy after treatment for 13 days	23 d 株防效/% Plant control efficacy after treatment for 23 days	34 d		
				株防效/% Plant control efficacy	地上部鲜重防效/% Ground fresh weight control efficacy	地下部鲜重防效/% Underground fresh weight control efficacy
41%草甘膦异丙胺盐 AS	1 097.40	(16.67±5.67)P	(50.00±4.79)GH	(77.78±5.60)CDE	(51.52±7.09)CD	(19.05±4.80)H
glyphosate-isopropylammonium 41% AS	1 646.10	(28.95±6.67)NOP	(42.11±5.56)H	(76.32±7.67)CDE	(57.58±6.29)C	(23.81±4.50)H
	2 743.50	(35.71±7.50)NO	(57.14±6.38)FG	100.00 A	(81.82±3.59)A	(71.43±4.60)ABCD
25%环嗪酮 SL	687.50	(75.00±5.89)CDEFG	(81.25±3.19)BC	100.00 A	(84.85±5.82)A	(76.19±6.22)AB
hexazinone 25% SL	1 031.00	(41.67±6.91)LMNO	(62.50±4.19)EF	100.00 A	(84.85±3.89)A	(71.43±4.27)AB
	1 718.50	(54.55±7.45)HIJK	(72.73±8.26)CDE	(81.82±2.53)BCD	(60.61±7.61)BC	(19.05±4.29)H
41%草甘膦异丙胺盐 AS+农用有机硅增效剂	1 097.40+600.00	(25.81±5.92)OP	(48.39±7.09)GH	100.00 A	(81.82±5.14)A	(71.43±5.65)AB
glyphosate-isopropylammonium 41% AS+	1 646.10+600.00	(37.50±5.76)MNO	(62.50±6.51)EF	(75.00±2.48)DE	(57.58±8.11)C	(19.05±4.12)H
agricultural organic silicone synergistic agent	2 743.50+600.00	(32.43±3.75)NOP	(43.24±3.67)H	(64.86±9.54)E	(42.42±4.59)D	(28.57±7.41)GH
41%草甘膦异丙胺盐 AS+乙基化和甲基化植物油	1 097.40+1 800.00	(57.14±8.17)GHIJ	(61.90±6.97)EFG	(80.95±6.57)BCD	(45.45±5.18)CD	(23.81±4.80)H
glyphosate-isopropylammonium 41% AS+	1 646.10+1 800.00	(50.00±3.73)JKLM	(58.33±6.57)FG	100.00 A	(81.82±4.73)A	(71.43±1.59)AB
ethylation and methylation of vegetable oils	2 743.50+1 800.00	(80.95±8.36)BCD	(85.71±4.32)B	100.00 A	(78.79±5.61)A	(76.19±5.23)AB
25%环嗪酮 SL+农用有机硅增效剂	687.50+600.00	(65.52±6.04)FGHIJ	100.00 A	100.00 A	(84.85±4.84)A	(76.19±4.23)AB
hexazinone 25% SL+agricultural organic	1 031.00+600.00	(65.12±7.67)EFGHI	(86.05±7.45)B	(90.70±7.62)AB	(75.76±4.66)AB	(57.14±3.20)CDE
silicone synergistic agent	1 718.50+600.00	(31.03±4.12)NOP	(68.97±5.03)DEF	100.00 A	(81.82±6.35)A	(71.43±4.49)ABC
25%环嗪酮 SL+乙基化和甲基化植物油	687.50+1 800.00	(52.38±5.88)IJKL	100.00 A	100.00 A	(87.88±8.07)A	(76.19±7.83)AB
hexazinone 25% SL+ethylation and methylation of	1 031.00+1 800.00	(56.52±6.45)HIJ	100.00 A	100.00 A	(84.85±6.29)A	(76.19±2.51)AB
vegetable oils	1 718.50+1 800.00	(78.95±6.14)BCDEF	100.00 A	100.00 A	(87.88±7.04)A	(71.43±3.61)AB
41%草甘膦异丙胺盐 AS+48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC	1 097.40+1 200.48	(41.38±4.61)KLMN	(58.62±5.84)EFG	(72.41±5.96)DE	(78.79±7.11)A	(57.14±6.03)DE
glyphosate-isopropylammonium 41% AS+	1 646.10+1 800.48	(60.00±8.03)GHIJ	100.00 A	100.00 A	(87.88±5.44)A	(76.19±2.27)A
triclopyr-butotyl 48% EC	2 743.50+3 000.96	(67.74±4.61)DEFGH	(77.42±6.25)BCD	100.00 A	(81.82±3.03)A	(71.43±6.62)AB
20%氯氟吡氧乙酸 EC+20%草铵膦 AS	60.00+419.80	(63.33±4.61)GHIJ	(76.67±4.07)BCD	100.00 A	(84.85±8.25)A	(71.43±5.39)ABCD
fluroxypyr 20% EC+glufosinate ammonium 20% AS	90.00+629.60	(83.33±8.21)BC	(88.89±2.52)B	(94.44±5.61)AB	(78.79±10.98)A	(47.62±5.91)EF
	150.00+1 049.40	(81.82±7.91)BCDE	(87.88±6.13)B	(93.94±5.94)ABC	(72.73±4.80)AB	(38.10±5.21)FG
48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC+20%草铵膦 AS	900.48+489.60	100.00 A	100.00 A	100.00 A	(87.88±5.52)A	(76.19±9.77)A
triclopyr-butotyl 48% EC+glufosinate	1 350.24+734.60	(92.86±7.69)AB	100.00 A	100.00 A	(87.88±11.75)A	(71.43±4.29)AB
ammonium 20% AS	2 250.72+1 224.20	(88.57±5.57)AB	(91.43±4.86)AB	100.00 A	(84.85±6.06)A	(71.43±5.07)AB
25%环嗪酮 SL+20%草铵膦 AS	687.50+629.40	(60.00±4.32)GHIJ	(68.00±5.82)DEF	(82.00±3.22)BCD	(78.79±8.48)A	(61.90±4.40)BCD
hexazinone 25% SL+glufosinate ammonium 20% AS	1 031.00+944.20	(56.25±5.69)HIJ	100.00 A	100.00 A	(84.85±7.76)A	(71.43±8.97)AB
	1 718.50+1 573.60	(89.36±7.66)AB	100.00 A	100.00 A	(87.88±10.72)A	(76.19±6.41)A
空白对照 CK	0.00	0.00 Q	0.00 I	0.00 F	0.00 E	0.00 I

分别为 84.44%、75.00%;41%草甘膦异丙胺盐 AS 1 646.10 g/hm²＋48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC 1 800.48 g/hm² 和 25%环嗪酮 SL 1 031.00 g/hm²＋20%草铵膦 AS 944.20 g/hm² 两组药剂施药后 34 d,植株全枯死,株防效达到 100%,地上部鲜重防效均达到 84%以上;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 施药后 34 d,植株全枯死,株防效达到 100%,地上部、地下部鲜重防效分别为 86.67%、78.57%。留茬 30 cm组剩余药剂处理中,41%草甘膦异丙胺盐 AS 1 646.10 g/hm²＋农用有机硅增效剂 600.00 g/hm²、25%环嗪酮 SL 1 031.00 g/hm²＋农用有机硅增效剂 600.00 g/hm² 和 20%氯氟吡氧乙酸 EC 90.00 g/hm²＋20%草铵膦 AS 629.60 g/hm² 三组处理的防效较差,施药后 34 d 的株防效在 77%～85%之间,根茎未完全腐烂,无法达到根除效果。而留茬 30 cm 组药剂处理中,防效最差的为 41%草甘膦异丙胺盐 AS 2 743.50 g/hm²＋乙基化和甲基化植物油 1 800.00 g/hm² 和 25%环嗪酮 SL 1 718.50 g/hm²＋乙基化和甲基化植物油 1 800.00 g/hm² 两组处理,以最高剂量施药后 34 d,株防效仅达到 60%,以上两组处理株防效均低于同种药剂及其剂量对留茬 10 cm、20 cm 组的加拿大一枝黄花的株防效。

2.4　不同药剂对留茬 40 cm 加拿大一枝黄花的防效

由表 5 可知,留茬 40 cm 组中 20%氯氟吡氧乙酸 EC 60.00 g/hm²＋20%草铵膦 AS 419.80 g/hm² 和 48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC 900.48 g/hm²＋20%草铵膦 AS 489.60 g/hm² 两组药剂处理防效最好,施药量也最少,施药后 34 d 试验小区内植株全部枯死,根茎腐烂,株防效均达到 100%,地上部鲜重防效均达到 80%以上。而 41%草甘膦异丙胺盐 AS、41%草甘膦异丙胺盐 AS＋农用有机硅增效剂、41%草甘膦异丙胺盐 AS＋乙基化和甲基化植物油、25%环嗪酮 SL＋农用有机硅增效剂和 25%环嗪酮 SL＋20%草铵膦 AS 五组药剂处理对加拿大一枝黄花的防效低于上述两组药剂,其中 41%草甘膦异丙胺盐 AS 1 646.10 g/hm²＋农用有机硅增效剂 600.00 g/hm² 和 25%环嗪酮 SL 1 031.00 g/hm²＋农用有机硅增效剂 600.00 g/hm² 两组药剂用药量较少,施药后 34 d,株防效达到 80%以上,试验小区内植株的根茎未明显腐烂;41%草甘膦异丙胺盐 AS、41%草甘膦异丙胺盐 AS＋乙基化和甲基化植物油和 25%环嗪酮 SL＋20%草铵膦 AS 三组药剂用药量较大,以最高剂量施药后 34 d,株防效才达到 80%以上。留茬 40 cm 组剩余三组药剂处理对加拿大一枝黄花防效最差,以最高剂量施药后 34 d 试验小区内部分加拿大一枝黄花植株还长出新叶。

试验还发现,留茬 40 cm 组与留茬 10、20、30 cm 组试验小区内加拿大一枝黄花植株的生长特性相比,在施药前长出的新叶更多,植株更高,生物量也更大。从本试验化学防除留茬 40 cm 加拿大一枝黄花的效果看,仅 20%氯氟吡氧乙酸 EC＋20%草铵膦 AS 和 48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC＋20%草铵膦 AS 两组药剂处理效果最佳,究其原因可能是 20%草铵膦 AS 为广谱触杀型除草剂,先杀叶,通过植物蒸腾作用在植物体内向上传导,可防除加拿大一枝黄花地上部分;而 20%氯氟吡氧乙酸 EC 和 48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC 为两种内吸性除草剂,具有向下内吸传导作用,可防除植株地下部分,所以,两种不同类型的除草剂组合施用,具有明显的增效作用。

2.5　不同药剂对留茬 50 cm 加拿大一枝黄花的防效

由表 6 可知,留茬 50 cm 组中 41%草甘膦异丙胺盐 AS 1 646.10 g/hm²＋农用有机硅增效剂 600.00 g/hm²、41%草甘膦异丙胺盐 AS 1 646.10 g/hm²＋48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC 1 800.48 g/hm²、20%氯氟吡氧乙酸 EC 90.00 g/hm²＋20%草铵膦 AS 629.60 g/hm²、48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC 1 350.24 g/hm²＋20%草铵膦 AS 734.60 g/hm² 和 25%环嗪酮 SL 1 031.00 g/hm²＋20%草铵膦 AS 944.20 g/hm² 五组药剂处理对加拿大一枝黄花的防效最好、用药剂量最少,施药后 34 d 植株完全枯死,茎秆腐烂,株防效均达到 100%,地上部鲜重防效均达到 80%以上,地下部鲜重防效均达到 70%以上。而另外五组药剂对留茬 50 cm 的加拿大一枝黄花防效较差,以最高剂量施药后 34 d,株防效仅达到 78%以上,且试验小区内加拿大一枝黄花植株根茎也未完全腐烂,无法根除加拿大一枝黄花。试验还发现,留茬 50 cm 组相比于其他组,施药前长出的新叶更多,生物量也更大,因此达到根除效果所需要的药剂剂量也更高。

表 4　不同药剂对留茬 30 cm 加拿大一枝黄花的防效

Table 4　Control effects of different herbicides on *Solidago canadensis* with stubble height of 30 cm

药剂名称 Herbicide	有效剂量/ g·(hm²)⁻¹ Effective dose	13 d 株防效/% Plant control efficacy after treatment for 13 days	23 d 株防效/% Plant control efficacy after treatment for 23 days	34 d		
				株防效/% Plant control efficacy	地上部鲜重防效/% Ground fresh weight control efficacy	地下部鲜重防效/% Underground fresh weight control efficacy
41%草甘膦异丙胺盐 AS	1 097.40	(36.36±4.75)DE	(45.45±6.54)FG	100.00 A	(84.44±4.12)AB	(75.00±5.24)A
glyphosate-isopropylammonium 41% AS	1 646.10	(21.43±4.67)FGH	(28.57±4.89)HI	(57.14±7.05)HIJ	(53.33±6.53)D	(46.43±5.02)BCD
	2 743.50	(30.77±5.62)DEF	(46.15±4.90)EFG	(69.23±3.90)DEFG	(40.00±4.83)EFGH	(17.86±3.64)HI
25%环嗪酮 SL	687.50	(9.09±3.25)IJ	(27.27±5.53)HI	(63.64±6.09)GHI	(28.89±5.55)HIJ	(21.43±5.73)GHI
hexazinone 25% SL	1 031.00	(33.33±6.28)DEF	(51.52±6.50)EF	(69.70±6.01)EFGH	(17.78±3.06)J	(14.29±3.57)HI
	1 718.50	(61.29±7.11)BC	100.00 A	100.00 A	(86.67±6.06)A	(78.57±8.13)A
41%草甘膦异丙胺盐 AS+农用有机硅增效剂	1 097.40+600.00	(8.33±3.10)IJ	(50.00±4.29)EF	(66.67±6.27)FGH	(51.11±5.90)DE	(10.71±2.65)IJ
glyphosate-isopropylammonium 41% AS+	1 646.10+600.00	(61.54±9.03)B	(69.23±5.67)BCD	(80.77±6.49)BC	(35.56±5.44)GHI	(32.14±5.08)EFG
agricultural organic silicone synergistic agent	2 743.50+600.00	(29.63±4.57)DEF	(66.67±6.77)BCD	(81.48±4.92)B	(48.89±5.31)DE	(28.57±4.77)FGH
41%草甘膦异丙胺盐 AS+乙基化和甲基化植物油	1 097.40+1 800.00	(16.22±4.33)GHI	(18.92±4.90)I	(48.65±4.51)J	(40.00±5.62)EFGH	(17.86±4.05)HI
glyphosate-isopropylammonium 41% AS+	1 646.10+1 800.00	(22.73±4.19)FGH	(36.36±6.44)GH	(59.09±3.46)GHI	(37.78±8.34)EFGH	(21.43±5.56)GHI
ethylation and methylation of vegetable oils	2 743.50+1 800.00	(25.00±5.68)EFGH	(31.25±4.85)H	(62.50±6.67)GHI	(24.44±4.82)IJ	(14.29±3.64)HI
25%环嗪酮 SL+农用有机硅增效剂	687.50+600.00	(26.47±6.46)EFG	(47.06±6.09)EF	(61.76±5.53)GHI	(35.56±3.75)FGHI	(17.86±5.74)HI
hexazinone 25% SL+agricultural organic	1 031.00+600.00	(31.25±4.59)DEF	(78.13±5.73)B	(84.38±4.53)B	(26.67±5.36)HIJ	(14.29±5.56)HI
silicone synergistic agent	1 718.50+600.00	(26.92±3.61)EFGH	(30.77±4.35)H	(53.85±6.78)IJ	(28.89±4.32)HIJ	(42.86±7.14)CDE
25%环嗪酮 SL+乙基化和甲基化植物油	687.50+1 800.00	(22.73±4.63)FGH	(45.45±5.43)FG	(68.18±5.80)EFGH	(31.11±6.19)HI	(14.29±2.13)HI
hexazinone 25% SL+ethylation and methylation of	1 031.00+1 800.00	(37.04±2.71)DE	(62.96±5.55)CD	(77.78±6.60)BCDE	(44.44±4.57)DEFG	(35.71±3.57)DEF
vegetable oils	1 718.50+1 800.00	(26.67±5.11)EFGH	(33.33±3.72)H	(60.00±5.00)GHI	(46.67±7.06)DEF	(46.43±6.46)BCD
41%草甘膦异丙胺盐 AS+48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC	1 097.40+1 200.48	(25.81±6.32)EFG	(48.39±7.30)EF	(74.19±7.42)CDEFG	(42.22±4.03)DEFG	(42.86±6.03)CDE
glyphosate-isopropylammonium 41% AS+	1 646.10+1 800.48	(15.63±4.10)HI	(56.25±7.01)DE	100.00 A	(84.44±5.57)AB	(78.57±5.65)A
triclopyr-butotyl 48% EC	2 743.50+3 000.96	(85.71±5.04)A	100.00 A	100.00 A	(82.22±6.44)AB	(71.43±4.58)A
20%氯氟吡氧乙酸 EC+20%草铵膦 AS	60.00+419.80	(52.17±4.72)C	(73.91±4.45)BC	(82.61±4.93)BC	(53.33±4.51)D	(35.71±4.83)DEF
fluroxypyr 20% EC+glufosinate ammonium 20% AS	90.00+629.60	(62.50±4.63)BC	(72.50±4.72)BC	(77.50±4.39)BCDEF	(73.33±4.86)C	(42.86±8.31)CDE
	150.00+1 049.40	(68.97±5.80)B	(72.41±7.02)BC	(82.76±5.44)BC	(71.11±4.89)BC	(46.43±10.52)BC
48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC+20%草铵膦 AS	900.48+489.60	(41.94±3.67)D	(74.19±5.41)BC	(83.87±4.40)BC	(40.00±7.09)EFGH	(21.43±5.55)GHI
triclopyr-butotyl 48% EC+glufosinate	1 350.24+734.60	(70.27±1.69)B	(75.68±5.54)B	(83.78±3.65)BCD	(53.33±4.08)D	(57.14±5.61)B
ammonium 20% AS	2 250.72+1 224.20	(89.29±4.90)A	(92.86±3.53)A	100.00 A	(86.67±3.98)A	(78.57±1.63)A
25%环嗪酮 SL+20%草铵膦 AS	687.50+629.40	(71.43±8.44)B	(75.00±3.65)B	(85.71±3.87)B	(66.67±4.93)C	(46.43±7.30)CDE
hexazinone 25% SL+glufosinate ammonium 20% AS	1 031.00+944.20	(91.67±6.47)A	(95.83±4.15)A	100.00 A	(84.44±6.47)A	(25.00±6.52)FGH
	1 718.50+1 573.60	(93.55±1.52)A	100.00 A	100.00 A	(82.22±5.89)AB	(75.00±8.62)A
空白对照 CK	0.00	0.00 J	0.00 J	0.00 K	0.00 K	0.00 J

表 5　不同药剂对留茬 40 cm 加拿大一枝黄花的防效

Table 5　Control effects of different herbicides on *Solidago canadensis* with stubble height of 40 cm

药剂名称 Herbicide	有效剂量/ g·(hm²)⁻¹ Effective dose	13 d 株防效/% Plant control efficacy after treatment for 13 days	23 d 株防效/% Plant control efficacy after treatment for 23 days	34 d		
				株防效/% Plant control efficacy	地上部鲜重防效/% Ground fresh weight control efficacy	地下部鲜重防效/% Underground fresh weight control efficacy
41%草甘膦异丙胺盐 AS	1 097.40	(20.51±4.69)HIJK	(58.97±5.00)EFG	(71.79±4.89)FGHI	(17.54±5.74)GH	(18.75±5.65)GH
glyphosate-isopropylammonium 41% AS	1 646.10	(30.77±4.91)FGH	(57.69±7.84)EFG	(73.08±4.83)FGHI	(21.05±5.81)FGH	(12.50±1.79)H
	2 743.50	(14.81±2.66)JKLM	(66.67±7.62)CDE	(81.48±5.78)BCDEFG	(19.30±5.90)FGH	(15.63±2.29)GH
25%环嗪酮 SL	687.50	(24.00±5.43)GHIJK	(48.00±6.81)FGH	(68.00±6.22)FGHI	(14.04±6.09)H	(21.88±6.02)FGH
hexazinone 25% SL	1 031.00	(38.71±6.53)EF	(45.16±6.02)GH	(74.19±6.92)EFGHI	(15.79±6.98)H	(18.75±5.28)FGH
	1 718.50	(13.33±3.13)KLM	(50.00±6.58)FGH	(70.00±6.20)EFGHI	(17.54±7.78)FGH	(15.63±5.73)GH
41%草甘膦异丙胺盐 AS+农用有机硅增效剂	1 097.40+600.00	(37.04±7.67)EF	(70.37±7.26)CDE	(88.89±6.31)ABC	(22.81±6.61)FGH	(18.75±3.85)GH
glyphosate-isopropylammonium 41% AS+	1 646.10+600.00	(54.55±5.83)BCD	(72.73±8.24)CDE	(81.82±7.52)BCDEFG	(17.54±6.34)H	(21.88±4.04)FGH
agricultural organic silicone synergistic agent	2 743.50+600.00	(37.50±4.83)EF	(62.50±6.57)DEF	(75.00±6.08)DEFGHI	(15.79±6.45)H	(15.63±3.08)GH
41%草甘膦异丙胺盐 AS+乙基化和甲基化植物油	1 097.40+1 800.00	(34.62±5.38)FG	(50.00±6.04)FGH	(65.38±6.38)GHI	(14.04±5.55)H	(18.75±4.85)GH
glyphosate-isopropylammonium 41% AS+	1 646.10+1 800.00	(26.47±4.89)FGHIJ	(38.24±5.66)HI	(64.71±4.80)GHI	(17.54±5.37)GH	(15.63±3.91)GH
ethylation and methylation of vegetable oils	2 743.50+1 800.00	(27.78±6.07)FGHI	(75.00±4.02)BCD	(83.33±5.60)BCDEF	(33.33±7.04)EF	(56.25±7.16)BC
25%环嗪酮 SL+农用有机硅增效剂	687.50+600.00	(50.00±3.77)DE	(61.11±8.00)DEF	(77.78±5.53)CDEFGH	(31.58±5.37)EF	(21.88±5.50)FGH
hexazinone 25% SL+agricultural organic	1 031.00+600.00	(52.17±6.72)CD	(69.57±7.67)CDE	(82.61±5.55)BCDEF	(40.35±7.49)DE	(25.00±4.59)FG
silicone synergistic agent	1 718.50+600.00	(15.15±2.57)JKLM	(66.67±5.00)CDE	(78.79±3.33)DEFGHI	(45.61±5.06)CD	(18.75±5.15)GH
25%环嗪酮 SL+乙基化和甲基化植物油	687.50+1 800.00	(5.56±2.04)MN	(11.11±2.75)J	(41.67±6.02)K	(33.33±3.75)EF	(15.63±4.74)GH
hexazinone 25% SL+ethylation and methylation of	1 031.00+1 800.00	(15.79±3.06)IJKLM	(47.37±6.06)FGH	(63.16±5.75)HI	(19.30±4.35)FGH	(21.88±4.43)FGH
vegetable oils	1 718.50+1 800.00	(12.50±2.58)KLMN	(29.17±6.55)I	(58.33±9.16)IJ	(15.79±3.19)H	(31.25±4.22)EF
41%草甘膦异丙胺盐 AS+48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC	1 097.40+1 200.48	(6.67±2.68)LMN	(53.33±8.26)FGH	(66.67±9.10)FGHI	(28.07±4.19)FGH	(25.00±4.63)FG
glyphosate-isopropylammonium 41% AS+	1 646.10+1 800.48	(20.00±4.68)HIJK	(40.00±6.67)HI	(60.00±2.69)IJ	(31.58±4.30)EF	(12.50±2.63)H
triclopyr-butotyl 48% EC	2 743.50+3 000.96	(18.75±6.99)HIJKL	(56.25±8.80)EFG	(68.75±6.86)FGHI	(43.86±6.29)DE	(18.75±4.63)GH
20%氯氟吡氧乙酸 EC+20%草铵膦 AS	60.00+419.80	(56.25±7.90)BCD	100.00 A	100.00 A	(82.46±2.35)AB	(62.50±6.15)B
fluroxypyr 20% EC+glufosinate ammonium 20% AS	90.00+629.60	(69.70±11.35)B	(78.79±9.85)BC	(87.88±4.52)ABCDE	(52.63±7.30)CD	(40.63±4.23)DE
	150.00+1 049.40	(64.52±6.17)BC	(87.10±4.80)AB	(93.55±3.75)AB	(56.14±9.05)C	(21.88±6.71)FGH
48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC+20%草铵膦 AS	900.48+489.60	(46.67±6.23)DE	(80.00±4.93)BC	100.00 A	(87.72±5.79)A	(78.13±5.08)A
triclopyr-butotyl 48% EC+glufosinate	1 350.24+734.60	(84.62±3.82)A	100.00 A	100.00 A	(85.96±6.00)AB	(81.25±6.17)A
ammonium 20% AS	2 250.72+1 224.20	(80.00±5.19)A	(90.00±7.07)AB	100.00 A	(85.96±3.55)AB	(78.13±8.74)A
25%环嗪酮 SL+20%草铵膦 AS	687.50+629.40	(17.65±5.70)IJKLM	(35.29±7.27)HI	(52.94±4.37)JK	(73.68±7.43)B	(37.50±4.76)DE
hexazinone 25% SL+glufosinate ammonium 20% AS	1 031.00+944.20	(64.71±6.03)B	(76.47±3.88)BCD	(88.24±5.79)ABCD	(75.44±4.04)AB	(43.75±6.74)DE
	1 718.50+1 573.60	(85.71±4.03)A	(92.86±5.35)A	(92.86±1.80)AB	(78.95±5.43)AB	(46.88±7.67)CD
空白对照 CK	0.00	0.00 N	0.00 J	0.00 L	0.00 I	0.00 I

表 6　不同药剂对留茬 50 cm 加拿大一枝黄花的防效

Table 6　Control effects of different herbicides on *Solidago canadensis* with stubble height of 50 cm

药剂名称 Herbicide	有效剂量/ g·(hm²)⁻¹ Effective dose	13 d 株防效/% Plant control efficacy after treatment for 13 days	23 d 株防效/% Plant control efficacy after treatment for 23 days	34 d		
				株防效/% Plant control efficacy	地上部鲜重防效/% Ground fresh weight control efficacy	地下部鲜重防效/% Underground fresh weight control efficacy
41%草甘膦异丙胺盐 AS	1 097.40	(31.25±5.03)HI	(56.25±11.35)IJ	(75.00±6.33)EFGHI	(20.31±4.71)H	(14.29±3.14)MN
glyphosate-isopropylammonium 41% AS	1 646.10	(18.75±4.65)IJK	(40.63±8.30)KL	(56.25±6.14)JK	(26.56±7.09)GH	(17.14±4.87)LMN
	2 743.50	(35.71±3.30)GH	(71.43±7.88)DEFGH	(85.71±4.61)BCDEF	(42.19±6.49)DEF	(51.43±7.58)EF
25%环嗪酮 SL	687.50	(47.62±4.98)EF	(61.90±5.72)GHI	(76.19±3.70)CDEFG	(29.69±7.18)FGH	(40.00±5.33)GH
hexazinone 25% SL	1 031.00	(41.67±4.16)FG	(66.67±6.37)FGHI	(83.33±4.32)BCDEFG	(28.13±6.22)GH	(20.00±6.25)KLMN
	1 718.50	(37.50±4.55)GH	(68.75±5.01)FGHI	(78.13±7.61)CDEFG	(32.81±6.62)EFGH	(28.57±6.34)IJKL
41%草甘膦异丙胺盐 AS+农用有机硅增效剂	1 097.40+600.00	(36.36±6.46)GH	(63.64±4.11)GHI	(72.73±4.83)FGHI	(35.94±7.82)EFGH	(31.43±4.32)HIJK
glyphosate-isopropylammonium 41% AS+	1 646.10+600.00	(60.00±4.13)D	100.00 A	100.00 A	(84.38±5.66)A	(80.00±5.75)A
agricultural organic silicone synergistic agent	2 743.50+600.00	(17.65±4.55)JK	(29.41±6.14)L	(41.18±6.82)L	(28.13±5.79)FGH	(25.71±3.24)JKLM
41%草甘膦异丙胺盐 AS+乙基化和甲基化植物油	1 097.40+1 800.00	(4.76±1.17)LM	(33.33±5.21)L	(61.90±5.17)IJK	(31.25±7.08)EFGH	(17.14±3.78)LMN
glyphosate-isopropylammonium 41% AS+	1 646.10+1 800.00	(23.33±4.84)IJ	(56.67±5.41)IJ	(70.00±6.32)GHIJ	(39.06±6.28)EFG	(11.43±2.13)N
ethylation and methylation of vegetable oils	2 743.50+1 800.00	(73.68±4.84)C	(81.58±9.77)ABCDE	(86.84±7.44)ABCDE	(43.75±5.98)DE	(34.29±4.89)HIJ
25%环嗪酮 SL+农用有机硅增效剂	687.50+600.00	(18.18±4.91)IJK	(45.45±9.62)JK	(63.64±5.58)HIJK	(40.63±5.84)EFG	(22.86±5.36)KLMN
hexazinone 25% SL+agricultural organic	1 031.00+600.00	(25.00±7.06)IJ	(83.33±4.34)BCDEF	(91.67±3.05)ABC	(29.69±6.22)FGH	(20.00±3.79)KLMN
silicone synergistic agent	1 718.50+600.00	(6.25±1.56)LM	(62.50±7.35)HIJ	(81.25±6.22)CDEFG	(39.06±6.58)EFG	(17.14±3.18)LMN
25%环嗪酮 SL+乙基化和甲基化植物油	687.50+1 800.00	(11.76±2.16)KL	(14.71±3.84)M	(52.94±7.23)KL	(54.69±7.93)CD	(22.86±4.54)JKLMN
hexazinone 25% SL+ethylation and methylation of	1 031.00+1 800.00	(20.00±4.23)IJK	(40.00±2.39)KL	(56.67±6.30)JK	(37.50±4.64)EFG	(25.71±4.91)JKLM
vegetable oils	1 718.50+1 800.00	(28.00±4.77)HIJ	(72.00±6.00)EFGH	(80.00±7.42)CDEFG	(26.56±5.62)GH	(22.86±3.87)KLMN
41%草甘膦异丙胺盐 AS+48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC	1 097.40+1 200.48	(56.25±4.16)DE	(75.00±3.60)DEFGH	(81.25±5.77)BCDEFG	(73.44±5.22)AB	(37.14±4.44)GHI
glyphosate-isopropylammonium 41% AS+	1 646.10+1 800.48	(84.62±6.07)B	(92.31±7.61)ABC	100.0 A	(87.50±4.89)A	(80.00±6.52)A
triclopyr-butotyl 48% EC	2 743.50+3 000.96	(57.14±5.10)DE	(80.95±9.34)CDEFG	(85.71±5.36)BCDEF	(82.81±6.05)A	(68.57±5.82)BCD
20%氯氟吡氧乙酸 EC+20%草铵膦 AS	60.00+419.80	(38.71±4.96)GH	(61.29±1.77)HIJ	(74.19±2.74)DEFGH	(43.75±7.80)DEFG	(57.14±5.99)DE
fluroxypyr 20% EC+glufosinate ammonium 20% AS	90.00+629.60	(55.26±5.46)DE	100.00 A	100.00 A	(84.38±5.68)A	(71.43±7.97)ABC
	150.00+1 049.40	(84.62±6.01)B	(92.31±5.19)ABC	(92.31±5.48)ABC	(82.81±5.99)A	(65.71±3.89)CD
48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC+20%草铵膦 AS	900.48+489.60	(88.89±8.59)B	(94.44±4.11)AB	(94.44±4.53)ABC	(81.25±5.88)A	(62.86±6.89)D
triclopyr-butotyl 48% EC+glufosinate	1 350.24+734.60	100.00 A	100.00 A	100.00 A	(87.50±4.22)A	(82.86±4.24)A
ammonium 20% AS	2 250.72+1 224.20	100.00 A	100.00 A	100.00 A	(82.81±6.36)A	(80.00±1.04)AB
25%环嗪酮 SL+20%草铵膦 AS	687.50+629.40	(56.10±8.42)DE	(87.80±10.33)ABCD	(92.68±6.82)ABCD	(84.38±7.16)A	(65.71±5.10)CD
hexazinone 25% SL+glufosinate ammonium 20% AS	1 031.00+944.20	(90.91±3.73)AB	(95.45±2.79)AB	100.00 A	(87.50±3.51)A	(80.00±1.77)AB
	1 718.50+1 573.60	(91.67±3.12)AB	(95.83±3.90)AB	(95.83±0.96)AB	(64.06±7.20)BC	(45.71±5.84)FG
空白对照 CK	0.00	0.00 M	0.00 N	0.00 M	0.00 I	0.00 O

2.6 不同处理方式下加拿大一枝黄花的生长特性与部分试验因子的相关性分析

不同处理方式下加拿大一枝黄花的生长特性与部分试验因子的相关性分析见表 7。从表 7 可知,施药天数、施药剂量与施药后样方内腐烂植株数呈正相关,而与施药后样方内植株平均地上部、地下部鲜重均呈负相关,说明施药后时间越长,施药剂量越大,对加拿大一枝黄花的防除效果越好,试验小区内腐烂植株数也越多,植株的腐烂程度也越高;而植株平均叶片数量、样方内植株平均株高与施药后样方内腐烂植株数均呈负相关,与施药后样方内植株平均地上部、地下部鲜重均呈正相关,说明施药前样方内植株叶片数越多,植株留茬越高,防除效果越差,样方内植株的腐烂程度越低。相关性分析结果还表明,试验小区内加拿大一枝黄花植株的留茬高度越低,施药后时间越长对加拿大一枝黄花的防除效果越佳。

表 7　不同处理方式下加拿大一枝黄花的生长特性与部分试验因子的相关性分析[1)]

Table 7　Analysis of the correlation between growth characteristics and some experimental factors of *Solidago canadensis* under different treatments

项目 Item	相关性 Correlation			
	施药天数 Treatment days	施药剂量 Dose	样方内植株平均叶片数量 Average leaf number of plants	样方内植株平均株高 Average plant height
施药后样方内腐烂株数 Number of rotten plants	0.361**	0.236**	−0.335**	−0.304**
施药后样方内植株平均地上部鲜重 Average aboveground fresh weight	−0.208**	−0.264**	0.568**	0.694**
施药后样方内植株平均地下部鲜重 Average underground fresh weight	−0.272**	−0.228**	0.512**	0.690**

1) ** 在 0.01 水平(双侧)上显著相关;* 在 0.05 水平(双侧)上显著相关。
** indicated significant correlation at the level of 0.01 (bilateral) and* indicated significant correlation at the level of 0.05 (bilateral).

3　讨论

入侵地加拿大一枝黄花旺盛期一般株高 0.8～2.6 m,茎秆粗壮,平均茎粗达到 1 cm,木质化严重,植株生物量大,所以对旺盛期加拿大一枝黄花的化学防除往往防效差,加之植株高矮不一和施药操作难度大等问题,即使高剂量用药防效也不明显。因此,本试验采用物理法+化学法联合防治加拿大一枝黄花。对旺盛期成片发生区加拿大一枝黄花防除时,先割除植株地上部分,保留 10～20 cm 的茬,待每茬长出 5～10 片新叶后再喷施 41%草甘膦异丙胺盐 AS+农用有机硅增效剂、48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC+20%草铵膦 AS 和 25%环嗪酮 SL+20%草铵膦 AS、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五组药剂对加拿大一枝黄花防效最好,且用药剂量少。以上五组药剂用量仅为春季预试验达到根除效果所用相同药剂剂量的 40%,明显降低了除草剂产生的药害。这主要是因为化学防除割除后留茬的加拿大一枝黄花不仅降低了加拿大一枝黄花的生物量,而且能做到对靶标物精准施药。试验还发现本试验采用的 41%草甘膦异丙胺盐 AS+农用有机硅增效剂防除留茬 10、20 cm 加拿大一枝黄花的剂量为金红玉等[16]2017 年 7 月获得加拿大一枝黄花防除最佳化学药剂 41%草甘膦异丙胺盐 AS+农用有机硅增效剂处理中除草剂使用剂量的 61%。由此,与本课题组前期开展的研究结果相比,本试验筛选所得的药剂防效好,用药剂量低,土壤农药残留少。另外,本试验所用 41%草甘膦异丙胺盐 AS 1 097.40 g/hm^2+农用有机硅增效剂 600.00 g/hm^2 处理中除草剂的剂量仅为苏庆桂[13]研究所用 41%草甘膦异丙胺盐 AS+48%三氯吡氧乙酸丁氧基乙酯 EC 剂量的 53%,不仅达到根除效果所用除草剂的剂量更低,而且本试验中仅用了 41%草甘膦异丙胺盐 AS 一种除草剂,减少了使用除草剂的种类和土壤中农药残留的种类。与黄文生[11]的研究结果比较,本试验所用 25%环嗪酮 SL 达到根除效果的剂量为 1 031.00 g/hm^2,仅为前者所用剂量的 37%,药剂使用量大大降低,使用除草剂带来的土壤残留也会随之减少。从防治成本上看,本试验虽明确了部分低剂量药剂能很好地防除加拿大一枝黄花,但前期工作量大,人工投入成本高,需要结合机械割除加拿大一枝黄花才能降低前期工作强度和防治成本。

(下转 287 页)

实际生产中对苹果树腐烂病的防治作用还有待大田试验进行验证。

参考文献

[1] 侯宝宏,徐秉良,郇町,等. 抗苹果树腐烂病解淀粉芽孢杆菌 TS-1203 的抑菌活性物质稳定性及抑菌谱测定[J]. 甘肃农业大学学报,2017,52(1):80 - 86.

[2] 李向东,李国梁. 甘肃省苹果产业发展现状与建议[J]. 中国果树,2017(1):91 - 95.

[3] 曹克强,国立耘,李保华,等. 中国苹果树腐烂病发生和防治情况调查[J]. 植物保护,2009,35(2):114 - 117.

[4] 薛应钰,范万泽,张树武,等. 苹果树腐烂病菌拮抗放线菌的筛选、鉴定及防效[J]. 应用生态学报,2016,27(10):3379 - 3386.

[5] 赵政阳,张翠花,梁俊,等. 施用农药福美胂对苹果果园砷污染的研究[J]. 园艺学报,2007(5):1117 - 1122.

[6] 冯俊涛,石勇强,张兴. 56 种植物抑菌活性筛选试验[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2001(2):65 - 68.

[7] 阎世江,张继宁,刘洁. 我国植物源农药的应用现状及前景展望[J]. 农药市场息,2016(10):6 - 9.

[8] 赵常安. 植物源农药丁子香酚对马铃薯晚疫病的防治效果[C]// 中国作物学会马铃薯专业委员会. 马铃薯产业与现代可持续农业. 哈尔滨:哈尔滨地图出版社,2015.

[9] 姜玉娟. 苹果树腐烂病防治的研究进展[C]// 成卓敏. 粮食安全与植保科技创新. 北京:中国农业科学技术出版社,2009.

[10] 翟慧者. 防治苹果树腐烂病药剂的筛选及评价研究[D]. 保定:河北农业大学,2011.

[11] 臧睿,黄丽丽,康振生,等. 陕西苹果树腐烂病菌(*Cytospora* spp.)不同分离株的生物学特性与致病性研究[J]. 植物病理学报,2007,37(4):343 - 351.

[12] 杨勇,王建华,吉沐祥,等. 植物源农药丁子香酚与苦参碱及其混配对葡萄灰霉病的毒力测定及田间防效[J]. 江苏农业科学,2016,44(12):160 - 163.

[13] 安永学,董芳. 5%香芹酚对辣椒白粉病的防治效果[J]. 兰州交通大学学报,2016,35(4):162 - 164.

[14] 郭成瑾,张丽荣,沈瑞清,等. 防治马铃薯晚疫病药剂筛选试验[J]. 农药,2012,51(2):151 - 152.

[15] 张博,马立国,张悦丽,等. 几种生物制剂对致病疫霉的毒力测定[J]. 农药,2017,56(2):138 - 140.

[16] 杨淑贞,丁立忠,楼君芳,等. 山核桃干腐病发生发展规律及防治技术[J]. 浙江林学院学报,2009,26(2):228 - 232.

(责任编辑:杨明丽)

(上接 281 页)

参考文献

[1] ŠUTOVSKÁ M, CAPEK P, KOCMÁLOVÁ 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] 董梅,陆建忠,张文驹,等. 加拿大一枝黄花—种正在迅速扩张的外来入侵植物[J]. 植物分类学报,2006,44(1):72 - 85.

[4] 沈国辉,姚红梅,管丽琴,等. 上海郊区加拿大一枝黄花的发生危害与化学防除研究[J]. 上海农业学报,2005,21(2):1 - 4.

[5] 唐伟. 齐整小核菌(*Sclerotium rolfsii*)菌株 SC64 开发作为生物除草剂的潜力研究[D]. 南京:南京农业大学,2011.

[6] 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 - 143.

[7] 李明桃. 加拿大一枝黄花生物学特性及其防治措施[J]. 农业灾害研究,2013,3(4):29 - 30.

[8] 黄金海,徐绍清,娄厚岳. 加拿大一枝黄花的生长特性及药剂防治试验[J]. 宁波农业科技,2005,4(3):12 - 14.

[9] 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.

[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] 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.

[12] 蒋萍华,李元君,梅建冬,等. 阔剑对加拿大一枝黄花的防除效果研究[J]. 安徽农业科学,2013(27):11009 - 11017.

[13] 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.

[14] 董旭,郭水良,陈秀芝. 入侵植物加拿大一枝黄花综合管理技术的研究进展[J]. 环境科学与管理,2012,37(9):86 - 91.

[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] HALAS P, ŠVEC 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.

[18] OLSZYK D, PFLEEGER T, LEE E H, e al. Glyphosate and dicamba herbicide tank mixture effects on native plant and non-genetically engineered soybean seedlings [J]. Ecotoxicology, 2015, 24: 1014 - 1027.

[19] 翁华,魏有海,郭青云. 不同除草剂对野燕麦和旱雀麦的防除效果[J]. 农药,2017(3):225 - 227.

[20] 张锦伟,刘亦学,于金萍,等. 5 种苗后除草剂对冷季型草坪杂草的防治效果[J]. 农药,2017(7):539 - 541.

[21] 田志慧,沈国辉. 4 种芽前除草剂防除直播小白菜田杂草的效果及其安全性[J]. 植物保护,2016,42(6):197 - 201.

(责任编辑:杨明丽)