

氟咯草酮与二甲戊灵或乙草胺复配的联合除草作用及其对棉花的安全性

郭文磊, 王兆振, 谭金妮, 李伟, 王金信*

(山东农业大学 植物保护学院, 山东 泰安 271018)

摘要: 为明确氟咯草酮与二甲戊灵或乙草胺复配的联合除草作用及其对棉花的安全性, 采用温室盆栽法, 测定了各单剂的杀草谱、混剂的联合作用类型以及其在棉花与杂草间的选择性指数。结果显示: 氟咯草酮对棉田常见阔叶杂草及部分禾本科杂草有良好的防效, 并且与二甲戊灵或乙草胺的杀草谱具有一定的互补性。氟咯草酮与二甲戊灵或乙草胺混用, 对供试杂草马唐、反枝苋均呈现加成或增效的联合作用类型。氟咯草酮与二甲戊灵或乙草胺按质量比 1:2 的比例复配后, 除草活性均有所提高, 其在棉花与马唐和反枝苋间的选择性指数在 16.6~20.3 之间, 与氟咯草酮和二甲戊灵单剂相比, 在一定程度上提高了对棉花的安全性。

关键词: 氟咯草酮; 二甲戊灵; 乙草胺; 联合作用; 棉花; 安全性

中图分类号: S482.4 文献标志码: A 文章编号: 1008-7303(2016)05-0605-07

Evaluation of herbicidal activity and safety to cotton of fluorochloridone combined with pendimethalin or acetochlor

GUO Wenlei, WANG Zhaozhen, TAN Jinni, LI Wei, WANG Jinxin*

(College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong Province, China)

Abstract: The weed control efficacy and the safety to cotton of fluorochloridone in combination with pendimethalin or acetochlor were evaluated. Whole-plant dose-response experiments were conducted in greenhouse to evaluate the weed control spectrum of the single herbicide, the joint effect type and the selectivity index of the mixture. The results showed that fluorochloridone could effectively control most of the broadleaf weeds and part of grass weeds in the cotton fields, and the spectrum was complementary to that of pendimethalin or acetochlor. When fluorochloridone was mixed with pendimethalin or acetochlor, the joint effect type was either additive or synergistic, in the case of both *Digitaria sanguinalis* and *Amaranthus retroflexus*. When the mass ratio was 1 : 2, the herbicidal activity of the above two combinations were both improved, and the selectivity index between cotton and *D. sanguinalis* or *A. retroflexus* was in the range of 16.6-20.3, which suggested the safety of the above two combinations to cotton was improved compared to that of fluorochloridone and pendimethalin used alone.

收稿日期: 2016-03-15; 录用日期: 2016-06-23.

基金项目: 山东省现代农业产业技术体系 (SDAIT-07-011-08).

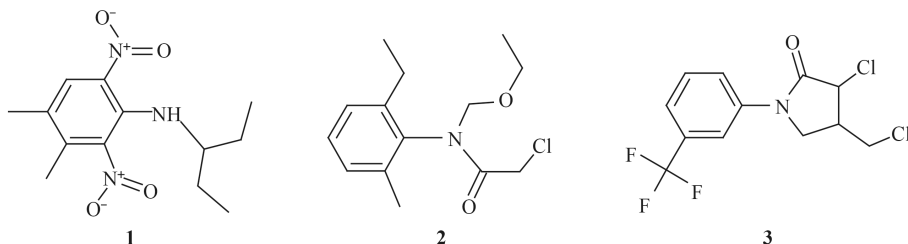
作者简介: 郭文磊, 男, 博士研究生, E-mail: nongzhida@126.com; *王金信, 通信作者 (Author for correspondence), 男, 教授, 主要从事农药毒理与应用研究, E-mail: wangjx@sdau.edu.cn

Keywords: fluorochloridone; pendimethalin; acetochlor; joint effect; cotton; safety

棉花是中国重要的经济作物之一。棉田杂草不仅与棉花争肥、水及光照,还可作为病、虫的中间寄主,直接或间接助长病虫害的发生^[1]。中国不同棉区杂草种类存在一定差异,但优势度较大的杂草大致相同,以马唐、牛筋草、鳢肠、稗草、马齿苋、反枝苋和香附子分布最广,危害最大^[1]。目前中国棉田除草剂配方以单剂为主,可选择的复配制剂较少。而针对棉田禾本科杂草、阔叶杂草以及莎草科杂草混生的现状^[2-3],单一使用某种除草剂难以满足棉田化学除草的需求。

二甲戊灵和乙草胺(图式 1)是棉田应用较为广泛的两种除草剂,均可用于防除一年生禾本科杂草及部分小粒种子阔叶杂草。二甲戊灵对棉花

安全性好,对大多数后茬作物安全,但对反枝苋、龙葵、藜和马齿苋等防效不理想,对莎草科杂草香附子防效较差^[4-5]。乙草胺杀草谱广、价格低廉、使用方便,但对铁苋菜和香附子等阔叶杂草防效差,且易受土壤湿度、环境温度影响,在低温等不良条件下会导致药害产生^[6]。氟咯草酮(图式 1)是由原美国施多福公司开发的一种类胡萝卜素合成抑制剂,属吡咯烷酮类化合物,播后苗前处理对棉花安全,对反枝苋、苘麻和铁苋菜等棉田常见阔叶杂草防效显著^[7]。氟咯草酮与二甲戊灵和乙草胺的作用方式及杀草机理不同,杀草谱存在一定的互补性,将其合理混用有助于发挥各自的优点。



图式 1 二甲戊灵(1)、乙草胺(2)和氟咯草酮(3)的结构式

Scheme 1 Structures of pendimethalin (1), acetochlor (2) and fluorochloridone (3)

目前,关于氟咯草酮与二甲戊灵和乙草胺混用的联合除草作用以及其对棉花的安全性研究尚未见报道。本研究采用温室盆栽法,测定了氟咯草酮分别与二甲戊灵或乙草胺复配对常见棉田杂草的联合除草作用,筛选了较为合适的复配比例,并就复配制剂对棉花的安全性及其在棉花和杂草之间的选择性指数进行了研究。

1 材料与方法

1.1 供试材料

药剂:95% 氟咯草酮 (fluorochloridone) 原药,由山东省济南科赛基农化工有限公司提供;98% 二甲戊灵 (pendimethalin) 原药,由山东滨农科技有限公司提供;92% 乙草胺 (acetochlor) 原药,由山东侨昌化学有限公司提供。

杂草:牛筋草 *Eleusine indica*、马唐 *Digitaria sanguinalis*、稗草 *Echinochloa crusgalli*、狗尾草 *Setaria viridis*、千金子 *Leptochloa chinensis*、鳢肠 *Eclipta prostrate*、马齿苋 *Portulaca oleracea*、反

枝苋 *Amaranthus retroflexus*、藜 *Chenopodium album*、小藜 *Chenopodium ficifolium*、龙葵 *Solanum nigrum*、圆叶牵牛 *Pharbitis purpurea*、苘麻 *Abutilon theophrasti*、鬼针草 *Bidens pilosa*、白茅 *Imperata cylindrica*、苍耳 *Xanthium sibiricum* 和香附子 *Cyperus rotundus*,均为山东省棉田常见杂草。杂草种子采自于山东泰安周边未使用过除草剂的地区。

棉花品种:鲁棉研 28 号,由山东农业大学农学院提供。

主要仪器:ASS-4 型自动控制农药喷洒系统(国家农业信息化工程技术中心);TEEJET-9503EVS 扇形喷头[特杰特喷雾技术(天津)有限公司];BSA224S 型电子天平(德国赛多利斯,精度 0.1 mg);SPX 智能人工气候箱(宁波江南仪器厂)。

1.2 试验方法

1.2.1 药液配制 准确称取试验药剂,以少量丙酮溶解配成高浓度母液。应用时用含质量分数为 0.1% 的吐温-80 水溶液分别稀释成试验所需剂量

或系列浓度。以不含药剂的 0.1% 吐温-80 水溶液作为空白对照。

1.2.2 试材培养 采用温室盆栽法^[8]: 将表层土壤风干过筛, 装入 180 mm × 140 mm (杂草) 及 230 mm × 160 mm (棉花) 的塑料营养钵中。采用盆钵底部渗灌方式保持土壤湿润。其中, 土壤类型、杂草和棉花催芽及播种方式与文献^[9]方法一致。杂草和棉花均置于山东农业大学智能化温室中培养: 自然光照, 白天 27~33 °C, 夜间 18~24 °C, 相对湿度 60%~75%。

1.2.3 施药方式 于播种后第 2 天, 在杂草和棉花出苗前进行土壤喷雾处理, 喷雾系统采用 TEEJET-9503EVS 扇形喷头, 喷雾压力 275 kPa, 喷液量 450 L/hm², 喷头与植株之间的距离 50 cm。

1.2.4 各单剂杀草谱测定 参照文献^[10]方法进行。处理剂量 (有效成分): 氟咯草酮为 125 和 250 g/hm², 二甲戊灵为 185.6 和 371.3 g/hm², 乙草胺为 236.3 和 472.5 g/hm²。于杂草播种后 24 h 进行土壤喷雾处理, 每处理 4 次重复, 以不含药剂处理作为空白对照。于处理后 21 d 称取地上部分鲜重, 计算鲜重抑制率。

鲜重抑制率/% = [(对照杂草鲜重 - 处理杂草鲜重)/对照杂草鲜重] × 100

将供试杂草对药剂的反应程度, 按照鲜重抑制率分为极敏感 (++++, >90%)、敏感 (+++, 80%~90%)、中度敏感 (++, 60%~79%)、一般耐药 (+, 30%~59%) 和耐药 (-, <30%) 5 个等级^[11]。

1.2.5 氟咯草酮分别与二甲戊灵和乙草胺复配的联合作用测定 采用 Gowing 法^[12]。供试杂草为马唐和反枝苋, 各药剂的处理剂量 (有效成分): 氟咯草酮为 0、15、25、35 g/hm², 二甲戊灵为 0、25、35、50 g/hm², 乙草胺为 0、25、35、50 g/hm²。

每种单剂先配成高浓度的母液, 喷药时稀释成相应浓度, 现混现用。每种复配组合均含 6 个单剂处理和 9 个混剂处理。试验结果调查与处理方法同 1.2.4 节。混用后的理论鲜重抑制率 (E_0) 为 $E_0 = X + Y(100 - X)/100$ 。式中 X 、 Y 分别代表两单剂在某一剂量下的实测鲜重抑制率。复配后的实测鲜重抑制率用 E 表示。当 $E - E_0 > 10\%$ 时为增效作用, $< -10\%$ 为拮抗作用, 在 $-10\% \sim 10\%$ 之间为加成作用^[12]。

1.2.6 复配制剂对棉花安全性测定 参照文献^[13]方法进行。选取马唐、反枝苋和鲁棉研 28 号作为试材, 进行土壤喷雾处理, 以各药剂单剂作为对照。杂草及棉花培养条件同 1.2.2 节。其中, 氟咯草酮与二甲戊灵、乙草胺的混配质量比均为 1:2, 各处理的施用剂量见表 1。于施药后 21 d 记录药剂对棉花和杂草的影响, 同时测定杂草、棉花地上部分鲜重, 计算鲜重抑制率。用 DPS 软件进行统计分析, 以鲜重抑制率几率值 (y) 和浓度对数值 (x) 进行线性回归分析, 建立回归方程 ($y = a + bx$), 计算各复配组合及单剂对棉花的 ED_{10} 和对杂草的 ED_{90} 值及 95% 置信区间。计算药剂在杂草和棉花之间的选择性指数 [ED_{10} (棉花)/ ED_{90} (杂草)]。选择性指数越高, 表明该药剂越安全。一般认为, 当除草剂在作物和杂草之间的选择性指数大于 2 时, 该除草剂在该作物田可安全使用^[14]。

2 结果与分析

2.1 杀草谱测定结果

结果 (表 2) 表明: 3 种供试除草剂对稗草和马唐均具有很好的防效, 高剂量处理鲜重抑制率达 90% 以上, 而对苍耳、苘麻和鬼针草的防治效果

表 1 安全性试验时各处理药剂及用量

Table 1 Herbicide and doses used in safety experiments

供试药剂 Herbicide	有效成分用量 Dose of active ingredient/(g/hm ²)		
	马唐 <i>D. sanguinalis</i>	反枝苋 <i>A. retroflexus</i>	棉花 <i>Gossypium</i> spp.
氟咯草酮 fluorochloridone	15.0, 18.8, 23.4, 29.3, 36.6	12.0, 15.0, 18.8, 23.4, 29.3	500, 750, 1 125, 1 688, 2 531
二甲戊灵 pendimethalin	20.0, 25.0, 31.3, 39.1, 48.8	25.0, 31.3, 39.1, 48.8, 61.0	750, 1 125, 1 688, 2 531, 3 797
乙草胺 acetochlor	20.0, 25.0, 31.3, 39.1, 48.8	25.0, 31.3, 39.1, 48.8, 61.0	950, 1 425, 2 138, 3 206, 4 809
m (氟咯草酮) : m (二甲戊灵) = 1 : 2	15.0, 18.8, 23.4, 29.3, 36.6	15.0, 18.8, 23.4, 29.3, 36.6	600, 900, 1 350, 2 025, 3 038
m (氟咯草酮) : m (乙草胺) = 1 : 2	15.0, 18.8, 23.4, 29.3, 36.6	15.0, 18.8, 23.4, 29.3, 36.6	600, 900, 1 350, 2 025, 3 038

较差,这可能与种子颗粒较大有关^[15]。对于供试的其他杂草,3种除草剂的防治效果不尽相同,如二甲戊灵和乙草胺对香附子、龙葵、藜和小藜等杂草防治效果较差,鲜重抑制率均小于80%,而氟咯草酮250 g/hm²对这几种杂草的鲜重防效均在90%以上,这与Cong等^[16]研究结果一致;在

供试剂量下,氟咯草酮和乙草胺对反枝苋和马齿苋的防效明显优于二甲戊灵;但氟咯草酮对牛筋草及狗尾草的防效不甚理想,而二甲戊灵和乙草胺对这2种杂草的鲜重防效均达90%以上。可见,氟咯草酮与二甲戊灵和乙草胺的杀草谱具有互补性,将其混用有一定的实际意义。

表2 氟咯草酮、二甲戊灵及乙草胺的杀草谱

Table 2 Herbicide controlling spectrum of fluorochloridone, pendimethalin and acetochlor

供试杂草 Trail weeds	供试药剂及施用剂量(有效成分) Herbicides and dose.(a.i.)/(g/hm ²)					
	氟咯草酮 fluorochloridone		二甲戊灵 pendimethalin		乙草胺 acetochlor	
	125	250	185.6	371.3	236.3	472.5
香附子 <i>C. rotundus</i>	++++	++++	-	+	-	+
反枝苋 <i>A. retroflexus</i>	+++	++++	-	+	+++	++++
龙葵 <i>S. nigrum</i>	+++	++++	-	-	+	++
鳢肠 <i>E. prostrate</i>	+++	++++	++	+++	++++	++++
稗草 <i>E. crusgalli</i>	+++	++++	++++	++++	++++	++++
藜 <i>C. album</i>	+++	++++	+	++	-	+
小藜 <i>C. ficifolium</i>	+++	++++	++	+++	+	++
白茅 <i>I. cylindrica</i>	+++	++++	++	+++	++++	++++
马齿苋 <i>P. oleracea</i>	+++	++++	+	++	++++	++++
千金子 <i>L. chinensis</i>	++	+++	++++	++++	++	+++
圆叶牵牛 <i>P. purpurea</i>	++	+++	-	-	-	+
牛筋草 <i>E. indica</i>	+	++	++++	++++	++++	++++
狗尾草 <i>S. viridis</i>	+	++	++++	++++	++++	++++
马唐 <i>D. sanguinalis</i>	+++	++++	++++	++++	++++	++++
苍耳 <i>X. sibiricum</i>	+	++	-	-	-	-
苘麻 <i>A. theophrasti</i>	-	+	-	-	-	-
鬼针草 <i>B. pilosa</i>	-	-	-	-	-	+

注:++++表示抑制率>90%;+++表示抑制率80%~90%;++表示抑制率60%~79%;+表示抑制率30%~59%;-表示抑制率<30%。

Note:++++ means >90% inhibition rate of fresh weight (FW);+++ means 80%-90% inhibition rate of FW;++ means 60%-70% inhibition rate of FW;+ means 30%-59% inhibition rate of FW;- means <30% inhibition rate of FW.

2.2 联合除草活性

由表3可见,氟咯草酮与二甲戊灵混配后,对马唐和反枝苋的联合作用类型均为加成或增效作用,尤其是当氟咯草酮的有效剂量为15.0 g/hm²时,与二甲戊灵各剂量混用的联合作用类型均为增效作用,而氟咯草酮的另外两个剂量与二甲戊灵混用则全为加成作用。室内联合作用测定结果表明,氟咯草酮与二甲戊灵以1:1~1:3之间可以进行复配使用。

由表4可知,氟咯草酮与乙草胺混用后的联合作用类型也均为加成或增效。氟咯草酮与乙草胺质量比在1:1.7~1:3.3之间时,对马唐和反枝苋的增效作用明显。表明氟咯草酮与乙草胺也可进

行复配使用。

2.3 对棉花安全性及选择性指数

由表5可知,氟咯草酮、二甲戊灵、乙草胺单剂对马唐和反枝苋的ED₉₀值分别为49.9、99.9、82.4 g/hm²和88.9、124.7、60.0 g/hm²。氟咯草酮与二甲戊灵混用后进行土壤处理,对马唐、反枝苋的ED₉₀值分别为35.5和36.3 g/hm²,氟咯草酮与乙草胺混用后进行土壤处理,对马唐、反枝苋的ED₉₀值分别为32.3和31.8 g/hm²。由此可知,氟咯草酮分别与二甲戊灵或乙草胺混用后对马唐和反枝苋的除草活性均有所提高,这与2.2节联合除草活性测定结果一致。

在试验剂量下,两种复配组合对杂草的除草

表 3 氟咯草酮与二甲戊灵混用对马唐和反枝苋的联合作用

Table 3 Joint effect of fluorochloridone and pendimethalin against *D. sanguinalis* and *A. retroflexus*

供试药剂 Herbicide	处理剂量 Treatment dose/(g/hm ²)	马唐 <i>D. sanguinalis</i>			反枝苋 <i>A. retroflexus</i>		
		实际鲜重抑制率 Actual inhibition rate of FW/%, <i>E</i>	理论鲜重抑制率 Theoretical inhibition rate of FW/%, <i>E</i> ₀	<i>E-E</i> ₀	实际鲜重抑制率 Actual inhibition rate of FW/%, <i>E</i>	理论鲜重抑制率 Theoretical inhibition rate of FW/%, <i>E</i> ₀	<i>E-E</i> ₀
氟咯草酮 fluorochloridone	15	32.54	—	—	21.32	—	—
	25	65.64	—	—	45.60	—	—
	35	75.94	—	—	82.90	—	—
二甲戊灵 pendimethalin	25	4.99	—	—	11.30	—	—
	30	23.49	—	—	32.30	—	—
	50	37.25	—	—	46.50	—	—
氟咯草酮 + 二甲戊灵 fluorochloridone + pendimethalin	15 + 25	48.42	35.91	12.51	49.60	30.21	19.39
	15 + 30	66.30	45.38	17.92	66.50	46.73	19.77
	15 + 50	78.96	57.67	21.29	75.80	57.91	17.89
	25 + 25	82.30	77.98	4.32	69.90	62.03	7.87
	25 + 30	85.30	82.26	3.04	71.20	71.02	0.18
	25 + 50	90.31	85.45	4.86	85.90	77.10	8.80
	35 + 25	100.00	94.70	5.30	94.20	93.51	0.69
	35 + 30	100.00	95.73	4.27	96.30	95.04	1.23
	35 + 50	100.00	96.50	3.50	100.00	96.08	3.92

表 4 氟咯草酮与乙草胺混用对马唐、反枝苋的联合作用

Table 4 Joint effect of fluorochloridone and acetochlor against *D. sanguinalis* and *A. retroflexus*

供试药剂 Herbicide	处理剂量 Treatment dose (g/hm ²)	马唐 <i>D. sanguinalis</i>			反枝苋 <i>A. retroflexus</i>		
		实际鲜重抑制率 Actual inhibition rate of FW/%, <i>E</i>	理论鲜重抑制率 Theoretical inhibition rate of FW/%, <i>E</i> ₀	<i>E-E</i> ₀	实际鲜重抑制率 Actual inhibition rate of FW/%, <i>E</i>	理论鲜重抑制率 Theoretical inhibition rate of FW/%, <i>E</i> ₀	<i>E-E</i> ₀
氟咯草酮 fluorochloridone	15	32.54	—	—	21.32	—	—
	25	65.64	—	—	45.60	—	—
	35	75.94	—	—	82.90	—	—
乙草胺 acetochlor	25	11.91	—	—	35.52	—	—
	30	30.81	—	—	55.21	—	—
	50	42.13	—	—	78.90	—	—
氟咯草酮 + 乙草胺 fluorochloridone + acetochlor	15 + 25	52.30	40.57	11.73	63.26	49.27	13.99
	15 + 30	55.32	53.32	2.00	75.60	64.76	10.84
	15 + 50	92.50	66.33	26.17	100.00	83.40	16.60
	25 + 25	82.10	79.58	2.52	89.60	72.40	17.20
	25 + 30	90.30	83.96	6.34	100.00	80.83	19.17
	25 + 50	100.00	88.43	11.57	100.00	90.97	9.03
	35 + 25	96.20	95.09	1.11	100.00	95.28	4.72
	35 + 30	100.00	96.14	3.86	100.00	96.72	3.28
	35 + 50	100.00	97.22	2.78	100.00	98.46	1.54

活性升高, 但对棉花生长的抑制作用也有所增强。如表 5 所示, 氟咯草酮、二甲戊灵和乙草胺单剂对棉花生长的 ED₁₀ 值分别为 1 084、1 133 和 1 635 g/hm²。氟咯草酮与二甲戊灵或乙草胺的复配组合对棉花生长的 ED₁₀ 值分别为 602 和 644 g/hm²。在选择性方面, 与氟咯草酮单剂相比, 两种复配组合对棉花和反枝苋间的选择性指数由 12.2 分别提高到 16.6 和 20.3。与二甲戊灵单

剂相比, 氟咯草酮与二甲戊灵复配后对棉花和马唐、反枝苋间的选择性指数均有较大提升, 分别由 11.3、9.1 提升至 16.9 和 16.6 (表 5)。氟咯草酮与乙草胺的混配组合选择性指数虽然较乙草胺单剂有所减低, 但仍然维持在较高水平。

3 结论与讨论

二甲戊灵和乙草胺已在中国棉花田应用多

表 5 氟咯草酮与二甲戊灵或乙草胺混用在棉花和杂草间的选择性指数

Table 5 Selectivity index of fluorchloridone combined with pendimethalin or acetochlor between cottons and weeds

供试药剂 Herbicides	供试材料 Test materials	回归方程 (y=) Regression equation	ED ₉₀ (95%CL)/ (g/hm ²)	ED ₁₀ (95%CL)/ (g/hm ²)	选择性指数 Selectivity index
氟咯草酮 fluorchloridone	马唐 <i>D. sanguinalis</i>	-1.065 + 4.327 x	49.9 (43.8~56.8)	-	21.7
	反枝苋 <i>A. retroflexus</i>	-1.303 + 2.554 x	88.9 (66.0~119.9)	-	12.2
	棉花 <i>G. spp.</i>	-5.243 + 2.953 x	-	1 084 (1 058~1 108)	-
二甲戊灵 pendimethalin	马唐 <i>D. sanguinalis</i>	-0.881 + 3.582 x	99.9 (77.2~129.4)	-	11.3
	反枝苋 <i>A. retroflexus</i>	-1.056 + 3.501 x	124.7 (108.7~143.0)	-	9.1
	棉花 <i>G. spp.</i>	-3.044 + 2.214 x	-	1 133 (949~1 352)	-
乙草胺 acetochlor	马唐 <i>D. sanguinalis</i>	-0.997 + 3.799 x	82.4 (54.6~124.4)	-	19.8
	反枝苋 <i>A. retroflexus</i>	-4.685 + 6.167 x	60.0 (55.0~65.5)	-	27.2
	棉花 <i>G. spp.</i>	-3.401 + 2.216 x	-	1 635 (1 428~1 871)	-
m (氟咯草酮) : m (二甲戊灵) = 1 : 2 m (fluorchloridone) : m (pendimethalin) = 1 : 2	马唐 <i>D. sanguinalis</i>	-3.538 + 6.333 x	35.5 (34.2~36.9)	-	16.9
	反枝苋 <i>A. retroflexus</i>	-2.852 + 5.854 x	36.3 (33.3~39.6)	-	16.6
	棉花 <i>G. spp.</i>	-3.504 + 2.598 x	-	602 (478~757)	-
m (氟咯草酮) : m (乙草胺) = 1 : 2 m (fluorchloridone) : m (acetochlor) = 1 : 2	马唐 <i>D. sanguinalis</i>	-4.155 + 6.910 x	32.3 (31.4~33.4)	-	19.9
	反枝苋 <i>A. retroflexus</i>	-4.062 + 6.885 x	31.8 (28.5~35.4)	-	20.3
	棉花 <i>G. spp.</i>	-6.093 + 3.493 x	-	644 (519~800)	-

注: ED₉₀ 和 ED₁₀ 分别表示对杂草鲜重抑制率达 90% 和对棉花鲜重抑制率达 10% 的除草剂用量。

Note: ED₉₀ and ED₁₀ represent the herbicide doses when the inhibition rate of FW were 90% to weeds and 10% to cotton, respectively.

年, 长期使用二甲戊灵或乙草胺的地块, 铁苋菜、马齿苋和香附子等恶性杂草危害较为严重, 且国外已有关于杂草对二甲戊灵和乙草胺产生抗性的报道^[17]。氟咯草酮的作用靶标是八氢番茄红素脱氢酶 (PDS), 与二甲戊灵和乙草胺均不相同。本研究杀草谱试验结果表明, 氟咯草酮杀草谱较广, 尤其对香附子、龙葵等二甲戊灵和乙草胺难以防治的杂草有特效。有研究报道, 氟咯草酮在有效成分 750 g/hm² 剂量下对阔叶杂草铁苋菜、苘麻和反枝苋的鲜重防效均达 99% 以上^[7]。本研究发现, 氟咯草酮在棉花播后苗前使用对棉花安全, 在棉花和杂草间的选择性指数较高。氟咯草酮对荞麦的田间药效试验表明, 虽然该药剂对荞麦田杂草有很好的防除效果, 但对荞麦药害严重, 故不适合在荞麦田使用^[18]。Cong 等^[16]研究表明, 氟咯草酮在播后苗前使用对大蒜、马铃薯和向日葵安全, 对小麦、水稻和黄瓜等作物不安全。高兴祥等^[7]研究发现, 氟咯草酮对棉花和马铃薯安全性好, 在作物和杂草间的选择性指数均在 3.57 以上。

合理的除草剂混用会给实际农业生产带来诸多方便和好处。一般情况下, 除草剂混用后对杂草的防效有 3 种截然不同的结果, 即加成作用、增效作用和拮抗作用^[19]。在实际应用中, 明确除草剂混用的联合作用类型, 合理地评价除草剂混用后的除草效果和对作物的安全性, 对于实际生产应用具有重要的指导意义。本研究发现, 氟咯草酮分别与二甲戊灵或乙草胺的复配制剂, 均呈现出加成或增效作用, 混剂的选择性指数仍维持在较高水平或稍高于单剂。Jursík 等^[20]发现, 氟咯草酮与乙草胺复配后于向日葵田播后苗前使用, 对藜的防效达到了 97%, 对反枝苋的防效达到 100%, 且对向日葵有很高的安全性。Cong 等^[16]研究发现, 氟咯草酮和二甲戊灵的杀草谱具有互补性, 混用时对看麦娘、雀麦、播娘蒿和芥菜的联合作用类型均为加成作用, 该复配组合在田间使用时早期对大蒜幼苗有一定的药害, 但后期可恢复且对产量没有明显影响。

综合来看, 氟咯草酮与二甲戊灵或乙草胺复配具有良好的应用前景, 合理复配扩大了杀草

谱, 增加了对棉花的安全性, 可有效解决棉田马齿苋、香附子等恶性杂草难以防除的难题, 结合中国棉田杂草危害现状, 对以氟咯草酮为主的相关复配组合进行研究具有一定的现实意义。本研究是在室内条件下进行的, 实际应用时需考虑田间的多种因素, 如土壤、气候和环境条件等。因此, 有必要进行田间药效试验来进一步探讨试验药剂在田间的除草效果及对棉花及后茬作物的安全性。

参考文献(Reference):

- [1] 马小艳, 马艳, 彭军, 等. 我国棉田杂草研究现状与发展趋势[J]. 棉花学报, 2010, 22(4): 372-380.
MA X Y, MA Y, PENG J, et al. Current situation and developing tendency of the weed researches in cotton field of China[J]. Cotton Sci, 2010, 22(4): 372-380.
- [2] 刘生荣, 张俊杰, 李葆来, 等. 我国棉田化学除草应用研究现状及展望[J]. 西北农业学报, 2003, 12(3): 106-110.
LIU S R, ZHANG J J, LI B L, et al. Status and perspectives on the applied researches of herbicides in cotton field of China[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2003, 12(3): 106-110.
- [3] 王兆振, 杜龙, 刁金贤, 等. 山东省棉田杂草种类及其群落结构[J]. 植物保护学报, 2014, 41(1): 103-108.
WANG Z Z, DU L, DIAO J X, et al. Species and community structure of weeds in cotton fields in Shandong Province[J]. Acta Phytopy Sinica, 2014, 41(1): 103-108.
- [4] NALINI K, MUTHUKRISHNAN P, CHINNUSAMY C. Evaluation of pendimethalin 38.7 EC on weed management in winterirrigated cotton[J]. Madras Agric J, 2011, 98(4-6): 165-168.
- [5] 许贤, 王贵启, 李丽珍. 二甲戊灵室内除草毒力测定[J]. 西北农业学报, 2007, 16(4): 228-230.
XU X, WANG G Q, LI L Z. Studies on the herbicidal activity of pendimethalin [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2007, 16(4): 228-230.
- [6] 樊翠芹, 王贵启, 王恒亮, 等. 乙草胺·扑草净悬浮剂在棉花田的除草效果及安全性评价[J]. 河北农业科学, 2008, 12(5): 33-35, 53.
FAN C Q, WANG G Q, WANG H L, et al. Study on control effect of acetochlor-prometryne SC on cotton field weed and safety evaluation [J]. J Hebei Agric Sci, 2008, 12(5): 33-35, 53.
- [7] 高兴祥, 李美, 高宗军, 等. 氟咯草酮的除草活性及对马铃薯、棉花的安全性[J]. 农药, 2012, 51(9): 683-684.
GAO X X, LI M, GAO Z J, et al. Broad leaf weed control efficacy and potato, cotton safety of fluorochloridone[J]. Agrochemicals, 2012, 51(9): 683-684.
- [8] 王金信, 李进, 刘平, 等. 对莠去津增效的新型油乳剂的配制及选择范围[J]. 山东农业大学学报, 1994, 25(3): 311-318.
WANG J X, LI J, LIU P, et al. Processing and electing range of new oil emulsion (NOE) on strengthner of atrazine [J]. J Shandong Agric Univ, 1994, 25(3): 311-318.
- [9] 刁金贤, 王兆振, 郭文磊, 等. 三氟啶磺隆与精喹禾灵混用的联合除草作用及其对棉花的安全性研究[J]. 农药学报, 2014, 16(6): 706-712.
DIAO J X, WANG Z Z, GUO W L, et al. Weed control efficacy and safety evaluation to cotton of combinations of trifloxysulfuron and quizalofop-p-ethyl[J]. Chin J Pestic Sci, 2014, 16(6): 706-712.
- [10] 农药室内生物测定试验准则 除草剂 第3部分: 活性测定试验 土壤喷雾法: NY/T 1155.3—2006[S]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
Pesticides guidelines for laboratory bioactivity tests part 3: soil spray application test for herbicide bioactivity: NY/T 1155.3—2006[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2006.
- [11] 唐庆红, 陈杰, 沈国辉, 等. 油菜田新型除草剂丙酯草醚的应用技术[J]. 植物保护学报, 2006, 33(3): 328-332.
TANG Q H, CHEN J, SHEN G H, et al. Research on application techniques for a novel herbicide 10% ZJ0273 EC on transplanted rapes [J]. Acta Phytopy Sinica, 2006, 33(3): 328-332.
- [12] GOWING D P. Comments on tests of herbicide mixtures [J]. Weeds, 1960, 8(3): 379-391.
- [13] 农药室内生物测定试验准则 除草剂 第6部分: 对作物的安全性试验 土壤喷雾法: NY/T 1155.6—2006[S]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
Pesticides guidelines for laboratory bioactivity tests part 6: soil application test for crop safety of herbicide: NY/T 1155.6—2006[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2006.
- [14] STREIBIG J C, KUDSK P. Herbicide bioassays[M]. Boca Raton, FL: CRC Press, 1993: 57-73.
- [15] KEELING J W, BROWN B A, REED J D, et al. Grain sorghum response to saflufenacil applied pre-emergence[J]. Crop Prot, 2013, 46: 1-6.
- [16] CONG C, WANG Z Z, LI R R, et al. Evaluation of weed efficacy and crop safety of fluorochloridone in China[J]. Weed Technol, 2014, 28(4): 721-728.
- [17] MOSS S R. Herbicide cross-resistance in slender foxtail (*Alopecurus myosuroides*)[J]. Weed Sci, 1990, 38(6): 492-496.
- [18] KNEZEVIC M, BAKETA E. Efficacy of some herbicides in agrophytocenosis of buckwheat in the Slavonia region [J]. Fagopyrum, 1992, 12: 43-47.
- [19] CULPEPPER A S, YORK A C. Weed management in ultra narrow row cotton (*Gossypium hirsutum*)[J]. Weed Technol, 2000, 14(1): 19-29.
- [20] JURSIK M, ANDR J, HOLEC J, et al. Efficacy and selectivity of post-emergent application of flumioxazin and oxyfluorfen in sunflower[J]. Plant Soil Environ, 2011, 57(11): 532-539.