

氯吡嘧磺隆除草活性及对不同玉米品种的安全性

谢娜¹ 王金信^{1*} 侯珍¹ 毕建杰² 张晓芳³

(1. 山东农业大学植物保护学院, 泰安 271018; 2. 山东农业大学农学院, 泰安 271018;
3. 河北省农林科学院植物保护研究所, 保定 071000)

摘要: 采用农药室内生物测定法对氯吡嘧磺隆除草活性和对不同玉米品种的安全性进行了研究。在 35 g/hm² (有效成分, 余同) 下, 氯吡嘧磺隆对玉米田常见杂草苍耳、鸭跖草、反枝苋、香附子等的鲜重抑制率均在 90% 以上, 对禾本科杂草无效, 且与对照药剂烟嘧磺隆有很大的互补性。氯吡嘧磺隆对 23 种不同玉米品种的安全性差异显著, 在 140 g/hm² 下, 饲玉 7 号、五岳 18 等 5 个品种较为敏感, 株高抑制率均在 9.85% 以上; 金海 5 号、鲁单 981 等 12 个品种敏感性略低, 株高抑制率在 4.31% ~ 8.29%; 郑单 958、泰爆 1 号等 6 个品种耐药性较高, 抑制效果不明显。氯吡嘧磺隆对玉米幼苗主根长抑制率存在较大差异, 其 IC₅₀ 值由高到低依次为泰爆 1 号、强盛 16、郑单 958、农大 108、五岳 21、鲁单 981、中玉 9 号、金海 5 号、西星雪中墨、农大 0638、甜玉米。氯吡嘧磺隆在玉米与香附子、反枝苋之间的选择系数分别为 16.11、13.18, 显著高于对照药剂。结果表明氯吡嘧磺隆对部分常见阔叶杂草及莎草科杂草有较高的除草活性, 并对大部分玉米品种安全。

关键词: 氯吡嘧磺隆; 玉米; 除草活性; 安全性

Herbicidal activity and security of halosulfuron-methyl to different maize varieties

Xie Na¹ Wang Jinxin^{1*} Hou Zhen¹ Bi Jianjie² Zhang Xiaofang³

(1. College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong Province, China;
2. College of Agronomy, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong Province, China;
3. Institute of Plant Protection, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Baoding 071000, Hebei Province, China)

Abstract: The relational studies were carried in the laboratory to definitude the herbicidal effect and the safety of halosulfuron-methyl to common various corn varieties. The results showed that the activity of halosulfuron-methyl was high to some common broadleaf weeds and sedges and the fresh weight inhibiting rates of *Commelina communis*, *Amaranthus retroflexus*, *Cyperus rotundus*, etc. were all above 90% at 35 g/hm² (effective constituent, the following is the same), in contrast, almost halosulfuron-methyl was null to grasses, even it could be seen the weed control spectrum of halosulfuron-methyl and nicosulfuron was complementary. The security of 23 maize varieties to halosulfuron-methyl was studied, and the following results was that with the doubling dosage 140 g/hm², the halosulfuron-methyl to 5 maize varieties were insecure and plant height inhibiting rates were beyond 9.64% such as Siyu 7, Wuyue 18, et al., to 12 maize varieties were safer and plant height inhibiting rates were between 4.14% and 7.78% such as Jinhai 5, Ludan 981, et al., to 6 maize varieties were safest and inhibiting effect were unobvious such

作者简介: 谢娜, 女, 1987 年生, 硕士研究生, 研究方向为农药毒理与有害生物抗药性, E-mail: nanaxie0320@163.com

* 通讯作者 (Author for correspondence), E-mail: wangjx@sdau.edu.cn, Tel: 0538-8241114

收稿日期: 2012-02-15

as Zhengdan 958, Taibao 1, et al. The inhibition ratio of the halosulfuron-methyl to taproot of seedling existed some difference, based on IC_{50} , the order is Taibao 1, Qiangsheng 16, Zhengdan 958, Nongda 108, Wuyue 21, Ludan 981, Zhongyu 9, Jinhai 5, Xixingxuezhongmo, Nongda 0638, Tianyumi. Comparing the selectivity coefficient of halosulfuron-methyl and nicosulfuron between maize and sensitive weeds, the former was significantly higher than the latter, *C. rotundus* 16.11, *A. retroflexus* 13.18. All about results revealed that the herbicidal effect of halosulfuron-methyl was higher to some common broad-leaf weeds and sedges compared with nicosulfuron, halosulfuron-methyl was secure to a majority of corn varieties.

Key words: halosulfuron-methyl; maize; herbicidal activity; safety

氯吡嘧磺隆(halosulfuron-methyl)是由日产化学公司研制、孟山都公司开发的磺酰脲类除草剂,其作用靶标为乙酰乳酸合成酶(acetolactate synthase, ALS),其通过对 ALS 靶标酶的抑制而阻碍植物体内支链氨基酸的生物合成^[1-2],最终导致敏感杂草的死亡。目前,氯吡嘧磺隆在国外已用于小麦、玉米、水稻、高粱、草坪、甘蔗等作物田杂草的防除^[3-4],而在我国尚处于登记阶段。

玉米是我国主要的粮食作物,其种植品种繁多。玉米田恶性杂草防除是玉米生产中面临的一大难题,目前用于防除玉米田苗后杂草的除草剂烟嘧磺隆、硝磺草酮等难以有效地防除香附子、鸭跖草、苘麻等恶性杂草,并且这些除草剂对不同玉米品种之间的安全性存在较大差异^[5-7]。因此,寻找防除玉米田苗后恶性杂草且对玉米安全的除草剂显得尤为重要。

氯吡嘧磺隆在我国尚未大面积推广应用,有关该药剂对我国玉米田常见杂草的防治谱及对不同玉米品种的安全性也尚未见报道。国外仅报道了氯吡嘧磺隆对不同甜玉米品种和大豆品种的安全性存在较大差异^[4, 8]。有鉴于此,本试验对氯吡嘧磺隆除草活性和对不同玉米品种的安全性以及氯吡嘧磺隆在玉米和杂草之间的选择性进行了研究。

1 材料与方法

1.1 材料

供试药剂:98% 氯吡嘧磺隆(halosulfuron-methyl)原药,清原农冠植保服务有限公司提供;95% 烟嘧磺隆(nicosulfuron)原药,山东京博农化有限公司提供。

供试杂草:马唐 *Digitaria sanguinalis*、稗草 *Echinochloa crusgalli*、狗尾草 *Setaria viridis*、牛筋草 *Eleusine indica*、铁苋菜 *Acalypha australis*、藜 *Chenopodium album*、小藜 *Chenopodium serotinum*、萹蓄 *Polygonum aviculare*、马齿苋 *Portulaca oleracea*、苘麻 *Abutilon*

theophrasti、苍耳 *Xanthium sibiricum*、鸭跖草 *Commelina communis*、鬼针草 *Bidens pilosa*、反枝苋 *Amaranthus retroflexus*、水莎草 *Juncellus serotinus*、香附子 *Cyperus rotundus*,均采自山东省泰安市郊区作物田。

供试玉米品种:饲玉 7 号、五岳 18、甜玉米、农大 0638、花糯 1 号、金海 702、西星雪中墨、五岳 207、山农 8 号、金海 5 号、西星黑糯 1 号、鲁白糯 1 号、鲁单 981、中玉 4 号、中玉 9 号、五岳 97-1、津北 288 号、五岳 21、农大 108、西星黄糯 6 号、郑单 958、泰爆 1 号、强盛 16,山东农业大学农学院提供。

仪器:ASS-4 型自动控制农药喷洒系统,北京盛恒天宝科技有限公司;SPX 型智能生化培养箱、RXZ 智能型人工气候箱,宁波江南仪器厂;GA110 型万分之一电子天平,德国赛多利斯公司。

1.2 方法

1.2.1 氯吡嘧磺隆除草活性测定

材料培养:采用温室盆栽法^[9],取未使用过除草剂的表层土壤过筛后风干,装入上口直径 20 cm 的营养钵中,土壤湿度为 20%。挑选均匀一致露白杂草种子播入营养钵中,覆盖细土以正好盖住种子为宜,每盆 20 粒,3 次重复,置于可控日光温室内存养。试验期间温室内白天温度 24~31℃、夜间温度 20~26℃、相对湿度 65%~81%。待杂草长至 3 叶 1 心期间苗,每钵保留 8 株。

药剂处理:将杂草置于 ASS-4 型自动控制农药喷洒系统中茎叶喷雾处理,TEEJET-9503EVS 扇形喷头,喷雾压力 275.8 kPa,喷液量 40 L/h,喷头与植株之间的距离 50 cm。氯吡嘧磺隆处理剂量为 35 g/hm²(有效成分,余同),对比药剂烟嘧磺隆处理剂量为 30 g/hm²。喷药后继续在温室条件下培养,17 天后在外部形态差异显著时分别称取地上部鲜重,计算鲜重抑制率。鲜重抑制率(%)=[(空白对照杂草平均鲜重-处理杂草平均鲜重)/空白对照杂草平均鲜重]×100。

1.2.2 氯吡嘧磺隆对不同玉米品种安全性评价

对苗期生长的影响:利用温室盆栽法测定氯吡嘧磺隆对 23 个玉米品种的安全性。挑选均匀一致、露白的玉米种子播入营养钵中,播种深度为 2.5 cm,每盆 8 粒,3 次重复,置于可控日光温室内培养。试验条件同 1.2.1。喷药前间苗,5 株/钵,氯吡嘧磺隆处理剂量为 70、140 g/hm²。茎叶喷雾处理,方法同 1.2.1。喷药后继续在温室条件下培养,14 天后在外部形态差异显著时测量株高,求出株高抑制率。株高抑制率(%)=[(空白对照玉米平均株高-处理玉米平均株高)/空白对照玉米平均株高]×100。

对幼苗主根长的影响:采用玉米砂培法^[10],并稍有改动。根据盆栽试验结果,选取 11 种有代表性的玉米品种,利用砂培法测定氯吡嘧磺隆对其安全性。准确称取氯吡嘧磺隆原药 0.02 g,用少量丙酮溶解后加 0.1% 的吐温 80 水溶液定容为 100 mL,配成 200 mg/L 母液,根据预试结果,将母液用去离子水稀释到所需的系列浓度。在直径 9 cm 的培养皿中放入 80 g 洗净、高温灭菌的河砂,铺平后再均匀放入已催芽露白的玉米种子 6 粒,加入预先配置好的一定浓度的药液 20 mL,并设不含药剂的处理作空白对照。每处理重复 3 次,放入 25 ℃ 生化培养箱中,4 天后取出幼苗,洗净砂子,测量主根长,计算抑制率,并以抑制率概率值(y)和浓度对数值(x)建立回归方程,求出 IC₅₀ 值^[11]。

1.2.3 氯吡嘧磺隆选择系数测定

选择大田种植面积较大的玉米品种郑单 958 和敏感杂草反枝苋、香附子进行选择系数测定,以烟嘧磺隆为对照药剂。挑选均匀露白的郑单 958、反枝苋和香附子种子播入营养钵中,播种方法郑单 958 同 1.2.2,杂草同 1.2.1,置于可控日光温室内培养,培养条件同 1.2.1。待植株长至 3 叶 1 心期间苗,郑单 958 每钵保留 5 棵,杂草保留 8 棵。准确称取氯吡嘧磺隆原药 1.02 g、烟嘧磺隆原药 1.05 g,用少量丙酮溶解后加 0.1% 的吐温 80 水溶液定容为 1000 mL,配成 1000 mg/L 母液,用前将母液用去离子水稀释到所需浓度,并设不含药剂的处理作为空白对照。根据预试结果,分别采用不同浓度梯度的氯吡嘧磺隆、烟嘧磺隆对郑单 958、反枝苋和香附子进行茎叶喷雾处理,方法同 1.2.1。喷药后继续在温室条件下培养,21 天后在外部形态差异显著时分别测量鲜重,计算鲜重抑制率,并以抑制率概率值

(y)和浓度对数值(x)建立回归方程,求出氯吡嘧磺隆、烟嘧磺隆对郑单 958 的 IC₁₀ 值,同时求出对敏感杂草反枝苋、香附子的 IC₉₀,计算药剂在郑单 958 和敏感杂草之间的选择系数,即目标作物的 IC₁₀/靶标杂草的 IC₉₀^[12]。

1.2.4 数据分析

采用 DPS v7.05 软件计算 IC₁₀、IC₅₀、IC₉₀ 值及 95% 置信限。盆栽试验指标以平均数 ± 标准差表示,用 Duncan 氏新复极差法(DMRT)进行处理间差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 氯吡嘧磺隆除草活性

氯吡嘧磺隆对阔叶杂草苘麻、苍耳、鸭跖草、鬼针草、反枝苋和莎草科杂草水莎草、香附子具有很高的防除效果,鲜重抑制率分别为 84.97%、96.68%、97.65%、98.67%、100%、100%、100%,除反枝苋外,防效明显好于对照药剂烟嘧磺隆。在试验剂量下,烟嘧磺隆对鬼针草、蒺藜、香附子的鲜重抑制率低于 15.87%;氯吡嘧磺隆对藜、小藜、蒺藜和马齿苋的防效较差,抑制率在 32.14%~64.85% 之间,对铁苋菜、马唐、稗草、狗尾草和牛筋草基本无效,与烟嘧磺隆杀草谱具有一定的互补性(表 1)。进一步测定表明,氯吡嘧磺隆对香附子、反枝苋的 IC₅₀ 值(有效成分,余同)分别为 4.81、6.98 g/hm²,而烟嘧磺隆对反枝苋、香附子的 IC₅₀ 值均较高,分别为 35.70、13.20 g/hm²(表 2)。

2.2 氯吡嘧磺隆对不同玉米品种安全性评价

2.2.1 对苗期生长的影响

氯吡嘧磺隆在大田常规用量 70 g/hm² 和 140 g/hm² 下,对各玉米品种均比较安全,但不同玉米品种间的安全性差异显著。施药后 14 天,70 g/hm² 处理,饲玉 7 号、花糯 1 号、金海 702、五岳 18、西星雪中墨 5 个玉米品种表现较为敏感,株高抑制率分别为 7.84%、7.45%、7.28%、7.10%、6.61%,表现为植物生长受到抑制、叶片部分黄化;中玉 9 号、强盛 16、泰爆 1 号、农大 0638、五岳 21 株高抑制率均在 1% 以下,耐药性较高,无明显药害症状;其它品种株高抑制率介于 1.20%~5.56% 之间,安全性略低,植物外部形态无明显变化。140 g/hm² 处理,饲玉 7 号、五岳 18 号、甜玉米、农大 0638、花糯 1 号 5 个玉米品种表现较为敏感,株高抑制率分别为 12.17%、11.11%、11.08%、10.48%、9.85%,植物生长受到

表 1 氯吡嘧磺隆对玉米田常见杂草的防除效果

Table 1 Herbicidal activity evaluation of halosulfuron to common weeds in corn fields

杂草 Weed	氯吡嘧磺隆 Halosulfuron-methyl		烟嘧磺隆 Nicosulfuron	
	鲜重抑制率(%) Fresh weight inhibiting rate	等级 Step	鲜重抑制率(%) Fresh weight inhibiting rate	等级 Step
马唐 <i>D. sanguinalis</i>	5.01 ± 0.80 k	-	91.84 ± 0.76 b	++++
稗草 <i>E. crusgalli</i>	4.06 ± 0.82 l	-	90.75 ± 0.84 c	++++
狗尾草 <i>S. viridis</i>	3.95 ± 0.85 l	-	91.62 ± 0.85 b	++++
牛筋草 <i>E. indica</i>	3.33 ± 0.22 m	-	90.16 ± 0.77 c	++++
铁苋菜 <i>A. australis</i>	10.54 ± 0.38 j	-	55.04 ± 1.14 g	+
藜 <i>C. album</i>	32.14 ± 0.04 i	+	60.26 ± 0.79 f	++
小藜 <i>C. serotinum</i>	35.26 ± 0.52 h	+	61.61 ± 0.87 e	++
蒺藜 <i>P. aviculare</i>	54.03 ± 0.90 g	+	12.36 ± 0.58 l	-
马齿苋 <i>P. oleracea</i>	64.85 ± 0.74 f	++	75.54 ± 0.85 d	++
苘麻 <i>A. theophrasti</i>	84.97 ± 0.10 e	+++	52.76 ± 0.27 h	+
苍耳 <i>A. theophrasti</i>	96.68 ± 0.85 d	++++	30.61 ± 0.52 j	+
鸭跖草 <i>C. communis</i>	97.65 ± 0.76 c	++++	37.64 ± 0.47 i	+
鬼针草 <i>B. pilosa</i>	98.67 ± 0.86 b	++++	12.55 ± 0.35 l	-
反枝苋 <i>A. retroflexus</i>	100.00 ± 0.00 a	++++	93.68 ± 0.84 a	++++
水莎草 <i>J. serotinus</i>	100.00 ± 0.00 a	++++	15.87 ± 0.56 k	-
香附子 <i>C. rotundus</i>	100.00 ± 0.00 a	++++	15.13 ± 0.79 k	-

注:表中数据为平均数 ± 标准差。同列数据后不同字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验差异显著 ($P \leq 0.05$)。++++:抑制率 > 90%; +++:80% ~ 89%; ++:60% ~ 79%; +:30% ~ 59%; -: <29%。Note: The data are mean ± SD. Data in the same column followed by the different letters indicate significant difference at $P \leq 0.05$ by the Duncan's new multiple range test. ++++: Inhibitory rate of fresh weight > 90%; +++: 80% - 89%; ++: 60% - 79%; +: 30% - 59%; -: <29%.

表 2 氯吡嘧磺隆对杂草的抑制活性

Table 2 Inhibiting activity of halosulfuron-methyl to weeds

除草剂 Herbicide	杂草 Weed	回归方程 $y =$ Regress equation	r	IC ₅₀ (95% CL) (g/hm ²)	IC ₉₀ (95% CL) (g/hm ²)
氯吡嘧磺隆 Halosulfuron-methyl	香附子 <i>C. rotundus</i>	2.9533x + 2.9867	0.9878	4.81(4.15 ~ 5.56)	13.05(10.89 ~ 15.66)
烟嘧磺隆 Nicosulfuron	反枝苋 <i>A. retroflexus</i>	3.5684x + 1.9891	0.9656	6.98(5.65 ~ 8.62)	15.96(12.31 ~ 20.68)
	香附子 <i>C. rotundus</i>	3.8379x + 0.9591	0.9674	35.70(30.11 ~ 42.34)	77.03(59.26 ~ 100.12)
	反枝苋 <i>A. retroflexus</i>	3.2934x + 1.3095	0.9635	13.20(10.88 ~ 16.01)	32.34(23.12 ~ 45.22)

抑制、叶片部分黄化、新叶扭曲生长;五岳21、农大108、西星黄糯6号、郑单958、泰爆1号、强盛16耐药性较高,株高抑制率均在3.67%以下,植物外部形态无明显变化;其它品种株高抑制率介于4.31%~8.29%之间,安全性略低,表现为生长受到抑制、叶片部分黄化(表3)。

2.2.2 对幼苗主根长的影响

氯吡嘧磺隆对不同玉米品种的主根长均有抑制作用,但该作用又因品种及药液浓度的不同而有差异。各品种的IC₅₀值在15.53~219.21 μg/L之间,安全和敏感性品种相差近15倍,其中对甜玉米的安全性最低,对泰爆1号最安全。根据IC₅₀值,各品种

安全性由高到低依次为泰爆1号、强盛16、郑单958、农大108、五岳21、鲁单981、中玉9号、金海5号、西星雪中墨、农大0638、甜玉米(表4)。

2.3 氯吡嘧磺隆选择系数

氯吡嘧磺隆、烟嘧磺隆对香附子的IC₉₀值分别为13.05、77.03 g/hm²,对反枝苋的IC₉₀值分别为15.96、32.34 g/hm²(表2),对郑单958的IC₁₀值分别为210.29、84.09 g/hm²(表5),氯吡嘧磺隆在玉米郑单958与香附子、反枝苋之间的选择系数分别为16.11、13.18,均高于烟嘧磺隆在郑单958与香附子、反枝苋之间的选择系数。

表 3 氯吡嘧磺隆对不同玉米品种苗期株高的影响

Table 3 Effect of halosulfuron on growing of different maize varieties

玉米品种 Maize variety	70 g/hm ²		140 g/hm ²		对照株高 CK (cm)
	株高 Plant height (cm)	抑制率 (%) Inhibiting rate	株高 Plant height (cm)	抑制率 (%) Inhibiting rate	
饲玉 7 号 Siyu 7	31.7 ± 2.8	8.12 ± 0.15 a	30.3 ± 2.8	12.17 ± 0.61 a	34.5 ± 4.3
五岳 18 Wuyue 18	32.6 ± 2.3	7.12 ± 0.29 ab	31.2 ± 2.6	11.11 ± 0.97 ab	35.1 ± 3.2
甜玉米 Tianyumi	33.2 ± 5.6	3.21 ± 0.09 bcde	30.5 ± 3.7	11.08 ± 0.25 ab	34.3 ± 3.0
农大 0638 Nongda 0638	33.2 ± 1.9	0.60 ± 0.10 ef	29.9 ± 4.4	10.48 ± 0.44 ab	33.4 ± 3.7
花糯 1 号 Huanuo 1	30.0 ± 3.4	7.69 ± 0.27 a	29.3 ± 4.5	9.85 ± 0.30 abc	32.5 ± 3.4
金海 702 Jinhai 702	35.8 ± 5.1	7.25 ± 0.96 a	35.4 ± 4.6	8.29 ± 0.19 abcd	38.6 ± 6.2
西星雪中墨 Xixingxuezhongmo	39.9 ± 5.6	6.50 ± 0.25 ab	39.8 ± 4.8	6.79 ± 0.19 abcde	42.7 ± 3.3
五岳 207 Wuyue 207	32.4 ± 2.4	5.26 ± 0.82 abc	32.0 ± 4.2	6.43 ± 0.47 abcde	34.2 ± 2.6
山农 8 号 Shannong 8	30.0 ± 3.1	5.06 ± 0.10 abcd	29.5 ± 4.1	6.65 ± 0.61 abcde	31.6 ± 2.5
金海 5 号 Jinhai 5	33.9 ± 3.5	2.59 ± 0.64 cdef	32.5 ± 7.5	6.61 ± 0.48 abcde	34.8 ± 3.7
西星黑糯 1 号 Xixingheinuo 1	32.3 ± 4.2	5.56 ± 0.49 abc	32.0 ± 3.4	6.43 ± 0.83 abcde	34.2 ± 3.5
鲁白糯 1 号 Lubainuo 1	31.7 ± 3.7	5.65 ± 0.55 abc	31.5 ± 3.7	6.25 ± 0.27 abcde	33.6 ± 4.5
鲁单 981 Ludan 981	35.1 ± 4.1	5.65 ± 0.68 abc	35.0 ± 5.7	5.91 ± 0.46 bcde	37.2 ± 5.7
中玉 4 号 Zhongyu4	32.6 ± 4.0	5.78 ± 0.90 abc	32.5 ± 4.4	6.07 ± 0.85 bcde	34.6 ± 4.8
中玉 9 号 Zhongyu 9	32.4 ± 2.2	1.52 ± 0.15 ef	31.2 ± 1.2	5.17 ± 0.28 bcde	32.9 ± 2.8
五岳 97-1 Wuyue 97-1	32.2 ± 2.8	2.13 ± 0.48 cdef	31.5 ± 1.3	4.26 ± 0.40 cde	32.9 ± 3.0
津北 288 号 Jinbei 288	34.0 ± 3.9	2.30 ± 0.68 cdef	33.3 ± 3.1	4.31 ± 0.42 cdef	34.8 ± 3.7
五岳 21 Wuyue 21	35.3 ± 5.1	0.28 ± 0.12 f	34.1 ± 5.6	3.67 ± 0.22 def	35.4 ± 6.1
农大 108 Nongda 108	32.9 ± 3.1	2.37 ± 0.39 cde	32.5 ± 4.0	3.56 ± 0.51 def	33.7 ± 3.1
西星黄糯 6 号 Xixinghuangnuo 6	31.9 ± 1.7	1.24 ± 0.36 ef	31.2 ± 4.0	3.41 ± 0.22 ef	32.3 ± 3.4
郑单 958 Zhengdan 958	33.3 ± 3.2	2.06 ± 0.37 def	33.0 ± 3.4	2.94 ± 0.63 ef	34.0 ± 5.5
泰爆 1 号 Taibao 1	34.5 ± 2.3	0.86 ± 0.26 ef	34.0 ± 4.0	2.30 ± 0.07 ef	34.8 ± 3.2
强盛 16 Qiangsheng 16	36.5 ± 3.5	1.08 ± 0.12 ef	36.5 ± 4.0	1.08 ± 0.22 ef	36.9 ± 5.1

注:表中数据为平均数 ± 标准差。同列数据后不同字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验差异显著 ($P \leq 0.05$)。Note: The data are mean ± SD. Data in the same column followed by the different letters indicate significant difference at $P \leq 0.05$ by the Duncan's new multiple range test.

表 4 氯吡嘧磺隆对不同玉米品种幼苗主根长的影响

Table 4 Effect of halosulfuron on roots of different maize varieties

玉米品种 Maize variety	回归方程 $y =$ Regress equation	r	IC ₅₀ (95% CL) ($\mu\text{g/L}$)
甜玉米 Tianyumi	0.6391x + 4.2387	0.9948	15.53 (12.37 ~ 19.50)
农大 0638 Nongda 0638	0.3278x + 4.3858	0.9111	74.72 (19.20 ~ 290.88)
西星雪中墨 Xixingxuezhongmo	0.6195x + 3.7731	0.9954	95.63 (70.23 ~ 130.21)
金海 5 号 Jinhai 5	0.4592x + 4.0492	0.9887	117.61 (70.59 ~ 195.96)
中玉 9 号 Zhongyu 9	0.0458x + 3.7900	0.9948	148.41 (102.89 ~ 214.07)
鲁单 981 Ludan 981	0.4595x + 3.9894	0.9991	158.33 (135.25 ~ 185.36)
五岳 21 Wuyue 21	0.4722x + 3.9443	0.9940	172.01 (114.33 ~ 258.79)
农大 108 Nongda 108	0.4258x + 4.0278	0.9589	192.03 (62.23 ~ 592.58)
郑单 958 Zhengdan 958	0.6253x + 3.5624	0.9767	199.03 (85.63 ~ 462.61)
强盛 16 Qiangsheng 16	0.4898x + 3.8715	0.9953	201.40 (138.25 ~ 293.39)
泰爆 1 号 Taibao 1	0.4295x + 3.9945	0.9948	219.21 (146.87 ~ 327.18)

表 5 氯吡嘧磺隆对玉米的抑制活性
Table 5 Inhibiting activity of halosulfuron-methyl to corn

除草剂 Herbicide	回归方程 $y =$ Regress equation	r	IC_{10} (95% CL) (g/hm ²)
氯吡嘧磺隆 halosulfuron-methyl	$-1.7401x + 0.3235$	0.9596	210.29 (163.35 ~ 270.72)
烟嘧磺隆 nicosulfuron	$0.9217x + 1.9444$	0.9897	84.09 (69.80 ~ 101.31)

3 讨论

磺酰脲类除草剂是一类高效、广谱、低毒和高选择性除草剂,其生物活性超过传统除草剂100~1000倍^[13]。自1982年杜邦公司推出第一个磺酰脲类除草剂氯磺隆(chlorsulfuron)后,该类药剂发展迅速^[14],已成为全球除草剂的主流品种。氯吡嘧磺隆作为新型磺酰脲类除草剂,与目前玉米田广泛使用的烟嘧磺隆具有相同的作用机制,其作用靶标为ALS。本试验发现,在试验剂量下,氯吡嘧磺隆对我国玉米田常见阔叶杂草和莎草科杂草的防效较烟嘧磺隆好,且对烟嘧磺隆难以防治的香附子、鸭跖草、苘麻、苍耳等防效尤为突出,但对禾本科杂草几乎无效。

判定一种除草剂能否应用于作物田,其对作物的安全性也是一项重要的指标。研究发现,氯吡嘧磺隆在供试玉米和杂草之间的选择系数较烟嘧磺隆高,说明氯吡嘧磺隆对作物的安全性较烟嘧磺隆高。对23种玉米品种安全性测定表明,氯吡嘧磺隆均有较高的安全性,但不同品种间安全性差异显著。对部分特种玉米品种糯玉米、饲玉和甜玉米的安全性相对较低,这与烟嘧磺隆对糯玉米品种紫糯和爆裂玉米品种金珍珠药害较重相似^[11]。同是糯质型玉米,花糯1号和西星黄糯6号敏感性差异较大,说明氯吡嘧磺隆对玉米的安全性与玉米的品质特性无关,这与郭玉莲等^[15]关于氯嘧磺隆对玉米的安全性与玉米的品质特性无关的结论类似。本试验还通过砂培法对玉米的安全性进行了评价,发现氯吡嘧磺隆对玉米主根长抑制作用的生物测定结果与盆栽茎叶处理测定结果趋势基本一致。根长受抑制最大的品种是甜玉米,生长期喷药后药害症状亦最明显;反之,根长受抑制较小的品种如强盛16,生长期施药后无明显药害症状,株高抑制率很低。本试验为室内测定,供试植物对药剂较田间敏感,但平行比较和趋势分析表明,玉米中存在着对氯吡嘧磺隆相对敏感的品种,应在生产中加以选择和应用。

作者仅在室内对氯吡嘧磺隆的除草活性、作物安全性进行了研究,今后还需要开展多点、多因子的

田间试验。由于氯吡嘧磺隆对禾本科杂草无效,还需进行与其它药剂的混配研究,扩大其杀草谱,从而更广泛地推广应用。

参考文献(References)

- [1] Ray T B. Sulfonylurea herbicides as inhibitors of amino acid biosynthesis in plants. *Trends in Biochemical Sciences*, 1986, 17: 180 - 183
- [2] Schloss J V. Acetolactate synthase, mechanism of action and its herbicide binding site. *Pesticide Science*, 1990, 29(3): 283 - 292
- [3] Dubelman A M, Solsten T R, Fujiwara H, et al. Metabolism of halosulfuron-methyl by corn and wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1997, 45(6): 2314 - 2321
- [4] Sikkema S R, Soltani N, Sikkema P H, et al. Response of sweet maize (*Zea mays* L.) hybrids to halosulfuron. *Crop Protection*, 2008, 27(3/5): 695 - 699
- [5] 董晓雯,王金信,毕建杰,等. 不同玉米品种对烟嘧磺隆的敏感性差异. *植物保护学报*, 2007, 34(2): 182 - 186
- [6] 高孝华,赵群. 烟嘧磺隆对玉米田杂草的作用与安全性测定. *中国植保导刊*, 2005, 25(5): 37 - 38
- [7] 张宏军,刘学,倪汉文,等. 硝磺草酮对玉米药害的早期诊断和缓解方法. *杂草科学*, 2009, 4: 19 - 22
- [8] Nandula V K, Poston D H, Reddy K N, et al. Response of soybean to halosulfuron herbicide. *International Journal of Agronomy*, 2009, Article ID 754510, 7
- [9] 陈锡岭. 三种磺酰脲类除草剂对玉米敏感性及其残留的研究. *河南职业技术学院学报*, 2004, 32(2): 24 - 26
- [10] DeRidder B P, Dixon D P, Beussman D J, et al. Induction of glutathione S-transferases in *Arabidopsis* by herbicide safeners. *Plant Physiology*, 2002, 130(3): 1497 - 1505
- [11] 刘伟,王金信,杨广玲,等. 不同小麦品种对苯磺隆耐药性差异及其机理. *植物保护学报*, 2005, 32(3): 300 - 304
- [12] 杨娜,王金信,孙健,等. 新化合物啶嘧氯草胺(ZJ-2725)除草活性评价. *植物保护学报*, 2010, 37(2): 177 - 181
- [13] 苏少泉. 除草剂作用靶标与新品种创制. 北京:化学工业出版社, 2001
- [14] 苏少泉. 支链氨基酸生物合成与除草剂品种开发. *农药译丛*, 1992, 14(2): 1 - 6
- [15] 郭玉莲,陶波,翟喜海,等. 不同玉米品种对氯嘧磺隆的耐药性差异及其机理. *植物保护学报*, 2009, 36(4): 366 - 370