

不同玉米品种对烟嘧磺隆的敏感性差异

董晓雯¹ 王金信^{1*} 毕建杰² 刘 迎¹ 张晓岚¹

(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)

摘要: 烟嘧磺隆是玉米田重要的芽后除草剂, 采用温室盆栽和皿内生测法比较了32种不同玉米品种对烟嘧磺隆的敏感性差异。温室盆栽测定结果表明, 在烟嘧磺隆大田常规用量 60 g/hm^2 下, 各品种对药剂的敏感性差异显著, 泰玉2号(正交)、金珍珠、泰玉15号、紫糯等7个品种对烟嘧磺隆表现较为敏感, 株高抑制率均在40.4%以上, 鲜重抑制率在31.37%以上, 表现为植株生长受到抑制、叶片黄化、新叶牛尾状扭曲不能正常抽出; 淄玉2号、泰玉2号(反交)、聊玉18、鲁原单33、鲁原单14、郑单958等品种的株高抑制率在30.6%~38.1%, 敏感性略低, 植株外部形态无明显变化; 而农大2008、农大108、鑫玉958和泰玉12号生长正常, 耐药性相对较高, 无明显药害症状。其它品种介于豫单2002和鑫玉958之间。皿内生测法测定表明, 烟嘧磺隆对玉米幼苗主根长的抑制存在较大差异, 根据 IC_{50} 值, 各品种敏感性依次为: 泰玉2号(正交) > 金珍珠 > 泰玉7号 > 紫糯 > 泰玉2号(反交) > 泰玉15 > 费玉5号 > 新单23 > 户单2000 > 聊玉19 > 泰玉12 > 鲁原单33 > 聊玉18 > 农大108 > 农大2008。

关键词: 烟嘧磺隆; 玉米; 敏感性

The sensitivity of different maize varieties to the nicosulfuron

DONG Xiao-wen¹ WANG Jin-xin^{1*} BI Jian-jie² LIU Ying¹ ZHANG Xiao-lan¹

(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)

Abstract: Nicosulfuron is an important herbicide used for maize. The sensitivity of 32 maize varieties to nicosulfuron was studied and this result could provide some warranty for using of nicosulfuron. With the method of planting in pot, the effect of nicosulfuron to maize in seedling was observed. The results showed that with the normal dosage 60 g/hm^2 , inhibiting rate of the plant height and weight of Taiyu 2 (zhengjiao), Jinzhenzhu, Taiyu 15, Zinuo and other three breeds are beyond 40.4% and 31.37%, and it is obvious that plant growing is inhibited, the leaves etiolate and new leaves twist severely and couldn't grow normally. Inhibiting rate of the plant height of Ziyu 2, Taiyu 2 (fanjiao), Liaoyu 18, Luyuandan 33, Zhengdan 958 and some other varieties are between 30.6% and 38.1%, the sensitivity of these varieties are lower and the plant modalities are not influenced bigger; in addition, Nongda 2008, Nongda 108, Xinyu 958 and Taiyu 12 grow healthy, the resistance to nicosulfuron are higher compared with other varieties. There aren't clear injury symptoms on these plants. And the sensitive degree of other varieties is between Yudan 2002 and Xinyu 958. Finally, with bioassay method in foster utensil, sensitivity of the maize root length to nicosulfuron is detected: based on IC_{50} , the sensitivity order is: Taiyu 2 (zhengjiao) > Jinzhenzhu > Taiyu 7 > Zinuo > Taiyu 2 (fanjiao) > Taiyu 15 > Feiyu 5 > Xindan 23 > Hudan 2000 > Liaoyu 19

作者简介: 董晓雯, 女, 1983年生, 硕士研究生, 从事除草剂应用研究, email: colorple@126.com

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

收稿日期: 2006-08-03

> Taiyu 12 > Luyuandan 33 > Liaoyu 18 > Nongda 108 > Nongda 2008.

Key words: Nicosulfuron; maize; sensitivity

烟嘧磺隆(nicosulfuron),商品名称玉农乐,日本石原产业株式会社,属磺酰脲类除草剂,其作用靶标是乙酰乳酸合成酶(ALS),可用于春、夏玉米田防除马唐、牛筋草、狗尾草、野高粱、野黍、反枝苋、藜、莎草科杂草等。在玉米3~5叶期,杂草基本出齐后,茎叶喷雾,每公顷用0.9~1.5 L(有效成分36~60 g/hm²),持效期30~35天^[1,2]。近年来,某些地区施用烟嘧磺隆后一些玉米常规种植品种产生了较严重的药害,虽然产生药害的原因是多方面的,但玉米品种之间表现出明显的不同。已有研究表明,玉米不同类型品种对烟嘧磺隆耐药性不同,其耐药性反应包括作物的遗传特性(品种或品系特性,生育状态)和所处的环境条件等因素。其中,作物的遗传特性是主要因素^[1]。不同品种的遗传背景不同,导致对烟嘧磺隆的耐药性差异也较大。目前,烟嘧磺隆对糯玉米品种、爆裂型玉米品种安全性较差,是明确禁止应用的品种^[2],但烟嘧磺隆对其它常规玉米品种的安全性尚未明确报道。我国玉米品种种植种类繁多,弄清常规种植品种对烟嘧磺隆的耐药性,是生产中迫切需要解决的问题。作者以山东省及其周边地区种植广泛的32种代表性玉米品种或其反交品种为对象,研究了它们对烟嘧磺隆的耐药性差异,为该药剂的推广应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试药剂:4%烟嘧磺隆悬浮剂(4% nicosulfuron SC),90%烟嘧磺隆原药(90% nicosulfuron),日本石原产业株式会社。供试玉米品种:金海5号、农丰3、郑单958、山北6号、鑫玉958、户单2000、聊玉19、费玉5号、鲁单50、鲁单981、鲁原单22、鲁原单14、掖单4号、农大108、农大2008、掖单2号(反交)、山农3号、辽单565、新单23、金海702、鲁原单33、豫单2002、农单5、聊玉18、淄玉2、泰玉2号(正交)、泰玉7号、泰玉15号、泰玉2号(反交)、泰玉12号、紫糯、金珍珠,山东农业大学农学院提供。

1.2 烟嘧磺隆对不同玉米品种苗期生长的影响

采用温室盆栽法^[3],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的花盆中,土壤湿度为20%,分别播种不同品种的玉米种子,播种深度为2.5 cm,每盆8粒,3次重复,置于温室

培养;温室内温度为25±5℃,光照11 h/天,相对湿度为75%±5%。待玉米植株长至3叶1心期,间苗每盆留5棵,将供试玉米置于3WT-II型喷雾塔中,以烟嘧磺隆大田施药量(有效成分60 g/hm²)在0.2 mPa压力下喷雾处理,以等量清水为对照。继续在温室条件下培养,13天后在外部形态差异显著时测量株高和鲜重,求出抑制率。数据用DPS软件处理。

1.3 烟嘧磺隆对玉米幼苗根长的影响

采用皿内生测法^[4],准确称取烟嘧磺隆原药0.0106 g,用1 mL丙酮溶解后加蒸馏水定容为1000 mg·L⁻¹母液。根据预示结果,对不同玉米品种采用不同的浓度范围,用前将母液用蒸馏水稀释到所需的系列浓度。

选取盆栽试验中筛选出的部分敏感和耐性玉米品种,精选大小一致的种子,用0.2%升汞溶液3 min浸种消毒,并于27℃生化培养箱催芽24 h至露白;在覆有两层滤纸的培养皿中分别加入预先配置的烟嘧磺隆药液15 mL(以等量的清水作对照),每皿均匀摆放8粒种子,每处理重复3次,于温度25℃生化培养箱中培养72 h,培养期间每24 h加蒸馏水5 mL/皿。测量主根长,计算抑制中浓度,并以抑制率概率值(Y_1)和浓度对数值(X_1)建立回归方程($Y_1 = A + BX_1$),求出IC₅₀值^[5]。

2 结果与分析

2.1 不同玉米品种苗期对烟嘧磺隆的敏感性差异

烟嘧磺隆对不同类型玉米品种的生长发育影响明显,品种间对烟嘧磺隆的敏感性差异很大(表1)。施药后13天,泰玉2号(正交)、金珍珠、泰玉15号、紫糯、费玉5号、泰玉7号和户单2000表现出明显的药害症状,植株严重矮化,心叶牛尾状扭曲不能正常抽出,生长受阻并逐渐黄萎;株高抑制率在40.4%以上,鲜重抑制率在31.37%以上。其中泰玉2号(正交)的鲜重抑制率为65.59%,株高抑制率为59.0%,在所有试验品种中对药剂最敏感;农大2008、鑫玉958、农大108和泰玉12号的处理和对照品种在生理形态观上无大差异,生长抑制率相对最低;农大2008的鲜重抑制率只有5.84%。其它品种如淄玉2号、泰玉2号(反交)、聊玉18、鲁原单

表 1 烟嘧磺隆对不同玉米品种苗期生长的影响
Table 1 Effect of nicosulfuron on growing of different maize

玉米品种 Maize variety	株高(均值) Plant height (average)			鲜重(均值) Fresh weight (average)		
	对照(cm)	处理(cm)	抑制率(%)	对照(g)	处理(g)	抑制率(%)
	CK	Treatment	Inhibiting rate	CK	Treatment	Inhibiting rate
泰玉 2 号(正交) Taiyu 2 (zhengjiao)	48.4 ± 2.3	19.9 ± 3.0	59.0 a	3.40 ± 0.45	1.17 ± 0.41	65.59 a
金珍珠 Jinzhenzhu	43.6 ± 3.1	19.7 ± 2.4	54.8 b	2.92 ± 0.53	1.61 ± 0.38	44.86 bc
泰玉 15 号 Taiyu 15	50.6 ± 2.4	22.9 ± 1.7	54.8 b	3.67 ± 0.35	2.42 ± 0.40	34.06 bcde
紫糯 Zinuo	51.4 ± 2.7	23.5 ± 3.2	54.3 b	4.75 ± 0.34	3.26 ± 0.41	31.37 bcde
费玉 5 号 Feiyu 5	52.7 ± 1.9	24.7 ± 1.8	53.1 c	4.73 ± 1.05	3.07 ± 0.57	35.10 bcde
泰玉 7 号 Taiyu 7	50.5 ± 3.4	28.2 ± 2.9	44.2 d	4.30 ± 1.00	2.25 ± 1.12	47.67 abc
户单 2000 Hudan 2000	54.2 ± 4.3	32.3 ± 3.5	40.4 e	3.00 ± 0.44	1.45 ± 0.62	51.67 ab
淄玉 2 号 Ziyu 2	54.6 ± 1.8	33.8 ± 2.4	38.1 f	5.49 ± 0.63	4.64 ± 0.36	15.48 cde
泰玉 2 号(反交) Taiyu 2 (fanjiao)	53.4 ± 1.8	35.1 ± 2.0	34.3 g	5.44 ± 0.71	3.88 ± 1.03	28.68 bcde
聊玉 18 Liaoyu 18	61.1 ± 3.0	40.8 ± 3.3	33.2 h	6.50 ± 0.57	5.00 ± 0.35	23.08 bcde
鲁原单 33 Luyuan dan 33	58.2 ± 2.7	39.4 ± 3.4	32.3 h	7.82 ± 0.26	5.93 ± 0.34	24.17 bcde
鲁原单 14 Luyuan dan 14	51.8 ± 3.3	35.8 ± 2.8	30.9 j	5.30 ± 1.12	5.10 ± 0.85	3.80 e
郑单 958 Zhengdan 958	54.7 ± 3.5	37.9 ± 3.0	30.7 j	7.90 ± 1.13	4.75 ± 1.10	39.87 bcd
豫单 2002 Yudan 2002	62.1 ± 2.6	43.1 ± 2.5	30.6 j	6.40 ± 1.04	5.22 ± 0.48	18.44 bcde
农单 5 号 Nongdan 5	53.5 ± 1.8	38.4 ± 1.9	28.2 k	4.84 ± 0.84	3.74 ± 0.65	22.72 bcde
辽单 565 Liaodan 565	46.5 ± 4.2	34.3 ± 4.1	26.3 l	5.57 ± 1.23	4.33 ± 1.11	22.26 bcde
鲁单 981 Ludan 981	54.5 ± 4.5	40.0 ± 4.1	26.4 l	3.25 ± 0.70	2.98 ± 0.24	8.30 de
山北 6 号 Shanbei 6	55.0 ± 2.1	41.6 ± 1.6	24.4 m	5.63 ± 1.14	4.24 ± 0.75	24.69 bcde
金海 5 号 Jinhai 5	45.3 ± 3.4	34.2 ± 2.4	24.5 mn	4.56 ± 1.04	3.91 ± 1.00	14.25 cde
新单 23 Xindan 23	44.4 ± 2.2	33.7 ± 1.8	24.1 mn	3.75 ± 0.46	2.90 ± 0.54	22.67 bcde
掖单 2 号(反交) Yedan 2 (fanjiao)	52.4 ± 1.5	40.0 ± 2.0	23.7 mno	5.84 ± 0.22	4.64 ± 0.35	20.55 bcde
山农 3 号 Shannong 3	47.6 ± 3.1	36.5 ± 2.5	23.3 no	4.07 ± 0.32	3.34 ± 0.46	17.93 bcde
鲁单 50 Ludan 50	54.8 ± 2.2	42.1 ± 1.9	23.2 o	3.14 ± 0.35	2.44 ± 0.37	22.29 bcde
鲁原单 22 Luyuan dan 22	62.4 ± 2.0	49.5 ± 2.3	20.7 p	5.82 ± 0.51	4.92 ± 0.60	15.46 cde
农丰 3 号 Nongfeng 3	49.7 ± 1.7	39.8 ± 2.1	19.9 q	5.57 ± 0.29	4.42 ± 0.48	20.65 bcde
金海 702 Jinhai 702	60.7 ± 2.6	48.9 ± 3.0	19.4 r	7.14 ± 0.47	4.79 ± 0.61	32.91 bcde
掖单 4 号 Yedan 4	60.5 ± 2.4	49.2 ± 3.1	18.7 r	4.63 ± 0.36	3.80 ± 0.32	17.93 a
聊玉 19 Liaoyu 19	49.5 ± 3.2	40.1 ± 3.2	19.0 r	4.20 ± 0.42	3.33 ± 0.35	20.71 bcde
鑫玉 958 Xinyu 958	61.5 ± 3.0	50.8 ± 3.4	17.4 s	6.67 ± 0.33	5.90 ± 0.27	11.54 de
农大 2008 Nongda 2008	53.4 ± 2.6	44.1 ± 4.0	17.4 t	3.77 ± 0.28	3.55 ± 0.30	5.84 de
农大 108 Nongda 108	63.4 ± 1.8	52.7 ± 4.3	16.9 t	5.13 ± 0.19	4.48 ± 0.24	12.67 de
泰玉 12 号 Taiyu 12	51.4 ± 1.6	42.9 ± 3.7	16.5 t	4.50 ± 0.54	3.87 ± 0.55	14.00 cde

注:表中抑制率同列数据后标有相同字母者表示在 5% 水平差异不显著。Note: The same small letters in the same column means differences were not significant at 5% level by Duncan's multiple range test.

33 和鲁原单 14 等在施药后可见轻微药害,株高抑制率在 19.0% 以上,叶片小面积褪绿但植株生长受影响不大,随着长势增强药害自主缓解。

2.2 烟嘧磺隆对不同玉米幼苗根长的影响

利用皿内生测法测定了不同玉米品种对烟嘧磺

隆的敏感性,测定指标为玉米主根。结果显示,烟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。试验各品种的 IC_{50} 值在 $5.99 \sim 71.67 \mu g \cdot L^{-1}$ 之间,敏感与耐药性品种相差 10 倍以上,其中泰玉 2 号正交种最

敏感,农大 2008 耐药能力最强。根据 IC₅₀ 值,各品种敏感性依次减弱:泰玉 2 号(正交) > 金珍珠 > 泰玉 7 号 > 紫糯 > 泰玉 2 号(反交) > 泰玉 15 > 费玉 5 号 > 新单 23 > 户单 2000 > 聊玉 19 > 泰玉 12 > 鲁原单 33 > 聊玉 18 > 农大 108 > 农大 2008(表 2)。

表 2 不同玉米品种主根对烟嘧磺隆的敏感性(72 h)
Table 2 Sensitivity of different maize roots to nicosulfuron (72 h)

玉米品种 Maize variety	回归方程 Regress equation	r ²	IC ₅₀ 及 95% 置信限 IC ₅₀ and 95% CL (μg · L ⁻¹)
泰玉 2(正交) Taiyu 2 (zhengjiao)	y = 0.5083x + 4.6048	0.9924	5.99(4.95 ~ 7.04)
金珍珠 Jinzhenzhu	y = 0.5813x + 4.5433	0.9712	6.10(5.35 ~ 8.42)
泰玉 7 号 Taiyu 7	y = 0.5348x + 4.4900	0.9679	8.99(7.35 ~ 11.64)
紫糯 Zinuo	y = 0.5446x + 4.3743	0.9488	9.53(7.49 ~ 12.56)
泰玉 2(反交) Taiyu 2 (fanjiao)	y = 0.5978x + 4.3624	0.9698	11.54(9.36 ~ 14.33)
泰玉 15 Taiyu 15	y = 0.8855x + 4.0168	0.9599	12.89(10.56 ~ 16.84)
费玉 5 号 Feiyu 5	y = 0.9396x + 3.8776	0.9265	15.65(11.85 ~ 20.53)
新单 23 Xindan 23	y = 1.0497x + 3.7405	0.9700	15.85(13.52 ~ 17.23)
户单 2000 Hudan 2000	y = 1.0298x + 3.7211	0.9571	17.45(14.69 ~ 20.89)
聊玉 19 Liaoyu 19	y = 0.8182x + 3.8972	0.9402	23.00(19.68 ~ 27.41)
泰玉 12 Taiyu 12	y = 0.5847x + 4.1465	0.9821	28.82(27.57 ~ 31.43)
鲁原单 33 Luyuan dan 33	y = 0.7756x + 3.6685	0.9862	31.68(29.38 ~ 34.01)
聊玉 18 Liaoyu 18	y = 0.7356x + 3.7782	0.9745	39.38(36.46 ~ 44.53)
农大 108 Nongda 108	y = 0.8296x + 3.5175	0.9823	58.77(55.56 ~ 63.23)
农大 2008 Nongda 2008	y = 0.3246x + 4.3521	0.9786	71.67(68.67 ~ 75.44)

3 讨论

本研究结果表明,玉米不同系列品种间对烟嘧磺隆的耐药性有一定差异,糯玉米品种紫糯和爆裂玉米品种金珍珠药害严重,与前人研究得出的糯玉米和爆裂玉米易对烟嘧磺隆敏感而发生药害的结论一致。泰玉系列中的品种多数受药剂的抑制作用较大(12 号除外),农大系列中的 2008 号和 108 号受到的抑制作用最弱。而同一系列不同品种间也存在着差异,如泰玉系列 2 号(包括正交、反交种)敏感性最高,7 号、15 号敏感性次之,12 号则表现较强的耐药性,其中泰玉系列 2 号正交与反交种之间也存在差异。另外,通过玉米主根长的敏感性测定可以看出,烟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存在着一定的正相关性。根长受药剂抑制最大的品种如泰玉 2 号(正交),其植株生长期喷药后的药害症状亦最明显,株高和鲜重抑制率较高;反之,根长受药剂抑制较小的品种如农大 108,其植株在生长期施药后则无药害表现,株高和鲜重抑制率很低。培养皿法是一项常规的快速检测药剂对生物材料安全性的生物测定

法^[4]。本试验中盆栽法和培养皿法的结果反映出玉米主根及其植株长势对药剂的敏感性在不同品种间的差异性上表现出了一致性趋势。

从 20 世纪 70 年代末开始,针对一系列超高效的磺酰脲类除草剂开发出来后再在实际应用中出现的一些问题,如一些品种对后茬及敏感作物造成不同程度的药害或对间作的敏感作物发生严重药害,国内外有很多学者对此从不同侧面进行了大量研究。生理学水平上,张金林等^[6]的室内药剂对种子胚根长度抑制测定结果表明:玉米胚根是甲磺隆、绿磺隆、苯磺隆的敏感试材。陈锡岭等^[7]研究了苄嘧磺隆对玉米生长的影响,发现其对不同品种玉米根的生长有不同的抑制作用。目前,在烟嘧磺隆的应用中仅强调甜玉米、糯玉米和爆裂型玉米敏感,从本研究结果看是不够的。虽然本研究结果为室内测定结果,供试植物对药剂比田间更敏感,但通过结果的平行比较和趋势分析也可以说明,在玉米常规种植品种中,存在着对烟嘧磺隆非常敏感的品种,应在生产中加以选择与应用。根据本研究结果,烟嘧磺隆在农大 108 和农大 2008 上可安全使用;在泰玉 2 号(正交)、金珍珠、泰玉 7 号和紫糯上要限制使用;在

泰玉 2 号(反交)、泰玉 15、费玉 5 号和新单 23 等其它品种上要注意使用低剂量和环境条件,以避免发生严重药害。

关于烟嘧磺隆对不同玉米品种的选择性。Koepppe 等^[8]和 Wittenbach 指出,磺酰脲类除草剂是一类超高效内吸传导、选择性除草剂,不同植物对其耐药性的差异是由于对其代谢降解速度的差异而产生的。而除草剂与谷胱甘肽的缀合反应是植物耐药性和除草剂选择的主要原因之一,植物体内的谷胱甘肽-S-转移酶(GSTs)可催化这种反应。另外,抗性生物型对除草剂的分解功能与细胞色素 P-450 也有关^[9,10]。关于磺酰脲类除草剂作用靶标酶 ALS,有报道称不同生物型的 ALS 对磺酰脲类除草剂的敏感性有差异^[11]。本试验在生理形态指标上初步筛选了对烟嘧磺隆的敏感和耐药玉米品种,对于品种间产生这些差异的原因,还有待于从 ALS 酶和代谢降解的途径等生化机制方面进行深入研究。

参 考 文 献(References)

- 1 邓金保. 磺酰脲类除草剂综述. 世界农药, 2003, 25 (3): 24 - 29, 32
- 2 陶波, 苏少泉, 刘金宇. 农作物对磺酰脲类除草剂耐性的研究. 东北农业大学学报, 1995, 26 (2): 105 - 110
- 3 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. 河南职业技术师范学院学报, 2004, 32(2): 24 - 26
- 4 陈年春. 农药生物测定技术. 北京: 北京农业大学出版社, 1991
- 5 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
- 6 张金林, 石键, 李川, 等. 磺酰脲除草剂对不同作物的敏感度测定. 河北农业大学学报, 1997, 20(4): 42 - 46
- 7 陈锡岭, 周增莲. 磺酰脲类除草剂对玉米敏感性研究. 河南职业技术师范学院学报, 2000, 28(2): 14 - 17
- 8 Koepppe M K, Barefoot A C, Cotterman C D, *et al.* Basis of selectivity of the herbicide flupyr-sulfuron-methyl in wheat. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 1998, 59(2): 105 - 117
- 9 Sibony M, Rubin B. Molecular basis for multiple resistance to acetolactate synthase-inhibiting herbicides and atrazine in *Amaranthus blitoides* (prostrate pigweed). *Planta*, 2003, 216(6): 1022 - 1027
- 10 Kolkman J M, Slabaugh M B, Bruniard J M, *et al.* Acetohydroxyacid synthase mutations conferring resistance to imidazolinone or sulfonylurea herbicides in sunflower. *Theoretical and Applied Genetics*, 2004, 109(6): 1147 - 1159
- 11 Burgos N R, Kuk Y N, Talbert R E. *Amaranthus palmeri* resistance and differential tolerance of *Amaranthus palmeri* and *Amaranthus hybridus* to ALS-inhibitor herbicides. *Pest Management Science*, 2001, 57(5): 449 - 457