

异噁唑草酮·噻酮磺隆在玉米不同种植区应用的除草效果和安全性研究

于海燕¹, 王广祥², 崔海兰¹, 魏守辉¹, 刘煜财², 陈景超¹, 李香菊¹

(1. 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193; 2. 吉林省农业科学院植物保护研究所, 吉林 公主岭 136100)

摘要: 2016~2017年在东北春玉米种植区和黄淮海夏玉米种植区设立田间试验基地, 研究除草剂异噁唑草酮·噻酮磺隆悬浮剂在不同区域玉米田播后苗前处理的杀草谱及除草效果、对玉米安全性及对下茬作物生长的影响。结果表明, 26.7%异噁唑草酮·噻酮磺隆悬浮剂 141.75~283.5 g ai/hm²在玉米播后苗前使用, 对东北春玉米种植区主要杂草稗草、狗尾草、藜、反枝苋、苘麻、刺儿菜和黄淮海玉米种植区主要杂草马唐、牛筋草、反枝苋、马齿苋、铁苋菜等禾本科杂草和阔叶杂草均有理想效果, 药后 40~45 d, 异噁唑草酮·噻酮磺隆上述处理对杂草鲜重防效仍在 95%左右, 可实现一次施药控制玉米全生长期的杂草, 在玉米田具有较好的除草增产作用; 对后茬播种的小麦、大豆、花生、油菜、菠菜生长无影响。

关键词: 玉米; 异噁唑草酮·噻酮磺隆混剂; 杂草防效

中图分类号: S435.131

文献标识码: A

Study on Weed Control Efficacy and Crop Safety of Isoxaflutole·thiencarbazon-methyl Mixture in Two Corn Production Regions

YU Hai-yan¹, WANG Guang-xiang², CUI Hai-lan¹, WEI Shou-hui¹, LIU Yu-cai², CHEN Jing-chao¹, LI Xiang-ju¹

(1. Institute of Plant Protection, CAAS, Beijing 100193;

2. Institute of Plant Protection, JAAS, Gongzhuling 136100, China)

Abstract: Aimed at the selection of the substitute herbicides of atrazine in corn, field studies were conducted in Gongzhuling and Langfang, located in northeast spring corn region and in Huang-Huai-Hai summer corn region, respectively, to study the herbicide mixture containing isoxaflutole and thiencarbazon-methyl for weed control in corn as pre-emergence treatments in 2016 to 2017. Weed spectrum, control efficacy, corn yield and the injuries to the following crops, wheat, soybean, peanut, rape, spinach were evaluated in the two locations. All treatments controlled the regional dominant weeds *Echinochloa crus-galli*, *Setaria viridis*, *Eleusine indica*, *Digitaria ciliaris*, *Amaranthus retroflexus*, *Portulaca oleracea*, *Abutilon theophrasti*, *Cephalanoplos segetum* about 95% 40–45 days after application when the herbicide mixture was used 141.75–283.5 g ai/ha. Corn yield was increased by 103.9%–120.3% and 19.3%–25% comparing with the untreated plots in Gongzhuling and Langfang, respectively, and all the tested following crops were not affected by the carryover of the mixture in the soil.

Key words: Corn; Mixture of isoxaflutole and thiencarbazon-methyl; Weed control efficiency

录用日期: 2020-06-20

基金项目: 国家重点研发计划“北方玉米化肥农药减施技术集成研究与示范”(2017YFD0201800)、黄淮海夏玉米农药减施增效共性关键技术研究(2018YFD0200602)

作者简介: 于海燕(1993-), 女, 山东临沂人, 博士, 研究方向为杂草生物学及致灾机制。E-mail: yuhaiyan2103@163.com
李香菊为本文通讯作者。E-mail: xjli@ippcaas.cn

玉米是我国种植面积最大的作物。2018年我国玉米播种面积4 213.0万 hm², 产量2.57亿 t^[1]。由于玉米生长季节内高温、多雨, 杂草生长迅速, 人工和机械除草不便, 化学除草成为玉米生产中不可或缺的除草方式。在我国玉米田登记的30多种除草剂有效成分中, 莠去津是广泛应用的药剂之一, 目前我国登记的莠去津产品近1 000个(含混剂)^[2]。

莠去津(Atrazine)又称阿特拉津, 化学名2-氯-

4-乙氨基-6-异丙氨基-1,3,5-三嗪,是三氮苯类光系统Ⅱ抑制剂。可用于玉米、高粱、甘蔗、果树、苗圃、林地等防除一年生禾本科杂草和阔叶杂草^[3],具有杀草谱广、持效期长、使用方便、成本低廉等特点^[4]。由于其优良的杀草功效及低廉的价格,1958年商业化生产以来,在世界各国得到了大面积推广和使用^[5]。2019年莠去津销售额排在世界农药销售额第7位^[6]。我国从20世纪80年代初开始生产和使用莠去津,目前常年使用量4万t左右,50%以上用在东北和华北玉米种植区。2015年调研发现,东北三省一区玉米田除草剂中莠去津市场占有率与使用面积均达80%以上,吉林、黑龙江部分地区高达90%以上;黄淮海玉米田广泛使用的土壤处理剂中85%以上含有莠去津成分,茎叶处理剂40%以上含莠去津。2019年莠去津仍是我国需求量较大的除草剂品种之一^[7,8]。随着莠去津的连年大量使用,对环境的影响也日益凸显。莠去津具有土壤淋溶性,易被雨水、灌溉水等淋溶至较深土层,污染地下水;可随地表径流进入河流、湖泊,污染地表水^[9]。世界多国报道了莠去津在土壤和饮用水中的残留、对生物安全的影响及对后茬作物生长影响,尤其在土壤干旱、黏重、有机质含量高、温度低、降雨少的环境下莠去津降解更加缓慢,易导致后茬敏感作物尤其是阔叶作物(大豆、花生、菜类、瓜类等)的残留药害。

国家重点研发计划“玉米化肥农药减施技术集成研究与示范”把高风险除草剂莠去津减量列入玉米农药减施的重要任务之一。通过产品替代、减量

混用、适时喷施、添加助剂等技术,实现莠去津减量和逐渐替代。项目前期筛选试验发现了具有较好除草效果和环境友好的新除草剂混剂异噁唑草酮·噻酮磺隆。该药剂由拜耳公司研发,由不同作用机理的新型有效成分噻酮磺隆+异噁唑草酮+安全剂配制而成^[10]。异噁唑草酮是HPPD抑制剂,噻酮磺隆为ALS抑制剂。该药对哺乳动物毒性低,无皮肤和眼睛刺激性,对鱼、水蚤、蜜蜂等环境有益生物低毒。

北方玉米种植区和黄淮海玉米种植区是我国玉米主要产区,两区玉米播种面积之和占我国玉米播种面积的70%以上。两个区域除草剂减量的成败,在我国玉米农药减施行动中起关键作用。2016~2017年,对前期筛选出的异噁唑草酮·噻酮磺隆混剂在东北和华北不同地区不同草相的玉米田分别进行土壤处理喷雾试验,研究其杀草谱及除草效果、玉米安全性及对主要后茬作物生长的影响。

1 材料与方法

1.1 试验基地选择

试验于2016~2017年进行,分别在东北玉米种植区和黄淮海玉米种植区设立研究基地。东北玉米种植区试验地设在吉林省农业科学院试验基地(试验点1);黄淮海玉米种植区试验地选在廊坊市中国农业科学院植物保护研究所试验基地(试验点2)。两个基地玉米种植模式和相关试验田信息见表1。供试田块杂草信息见表2。

表1 两个试验地点的试验条件
Table 1 Planting information of two locations

试验条件 Experimental condition	试验点1 Location 1	试验点2 Location 2
土壤基本情况	黑壤土,pH值7.1,有机质含量2.3%	沙壤土,pH值7.2,有机质含量2.1%
玉米品种	吉单209	永研1101
播种时间	2016年5月20日	2016年6月16日
耕作制度	玉米连作,1年1熟	小麦-玉米1年两熟
种植模式	垄作;旋耕后播种玉米,条播	平作;小麦收获、旋耕后播种玉米,条播
播种量(kg/hm ²)	40	45
玉米密度(株/hm ²)	51 284	61 541

试验点1杂草密度较大,为350~420株/m²左右;试验点2杂草密度相对较小,为150株/m²以下。基本代表北方玉米种植区和黄淮海玉米种植区杂草的种类及群落组成。

1.2 供试药剂及试验剂量

本研究分为供试药剂对杂草防治效果、玉米安

全性试验和供试药剂对后茬作物生长影响试验。

1.2.1 除草效果及作物安全性试验

供试药剂为26.7%异噁唑草酮·噻酮磺隆SC(异噁唑草酮:噻酮磺隆19:7,其他为安全剂);对照药剂为玉米田目前常用的土壤处理剂40 g/L乙·莠合剂SC(乙草胺:莠去津20:20),药剂供试剂量见表3。

设空白对照和人工除草处理。空白对照处理在玉米全生育期不除草,人工除草处理试验点1和试验点2根据杂草出苗时间和生长状况,分别进行人工除草2次和人工除草3次。

1.2.2 后茬作物安全性试验

供试药剂同1.2.1,试验剂量见表4。

表2 两个试验地点的主要杂草种类

Table 2 Weed species in two locations

试验点1 Location 1	试验点2 Location 2
稗草 <i>Echinochloa crus-galli</i> (ECHCG)	马唐 <i>Digitaria ciliaris</i> (DIGCI)
狗尾草 <i>Setaria viridis</i> (SETVI)	狗尾草 <i>Setaria viridis</i> (SETVI)
藜 <i>Chenopodium album</i> (CHEAL)	牛筋草 <i>Eleusine indica</i> (ELEIN)
反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i> (AMARE)	反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i> (AMARE)
苘麻 <i>Abutilon theophrasti</i> (ABUTH)	苘麻 <i>Abutilon theophrasti</i> (ABUTH)
刺儿菜 <i>Cephalanoplos segetum</i> (CEPSE)	马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i> (POROL)
其他杂草:	
柳叶刺蓼 <i>Polygonum bungeanum</i> (POLBU)	铁苋菜 <i>Acalypha australis</i> (ACAAU)
地肤 <i>Kochia scoparia</i> (KOCSC)	打碗花 <i>Calystegia hederacea</i> (CALHE)
龙葵 <i>Solanum nigrum</i> (SOLNI)	
铁苋菜 <i>Acalypha australis</i> (ACAAU)	

表3 除草效果及作物安全性试验供试药剂试验剂量

Table 3 The doses of tested herbicides for control efficacy and corn yield

处理代号 Treatment No.	处 理 Treatment	有效剂量(g ai/hm ²) Herbicide doses
1	异噁唑草酮·噻酮磺隆	118.125
2	异噁唑草酮·噻酮磺隆	141.750
3	异噁唑草酮·噻酮磺隆	165.375
4	异噁唑草酮·噻酮磺隆	283.500
5	乙·莠合剂	1500.000
6	人工除草对照	—
7	空白对照	—

表4 对后茬作物安全性试验供试药剂试验剂量

Table 4 The doses of tested herbicides for the injuries to the following crops

处理代号 Treatment No.	处 理 Treatment	有效剂量(g ai/hm ²) Herbicide doses
1	异噁唑草酮·噻酮磺隆	141.75
2	异噁唑草酮·噻酮磺隆	283.50
3	异噁唑草酮·噻酮磺隆	425.25
4	人工除草对照	—

1.3 试验方法

1.3.1 除草效果及玉米安全性试验

小区采用随机区组设计,4次重复。每个试验小区面积20 m²。

按表3设计的施药量加水750 kg/hm²,在玉米播种后出苗前进行土壤均匀喷雾处理。喷雾器械为新

加坡利农 Agrolex sprayer Jacto HD-400 背负式喷雾器,扇形8002喷头,工作压力5 kg/cm²,喷雾处理时喷头距离地表约25~30 cm。不同试验点的除草剂喷施信息见表5。

1.3.2 后茬作物安全性试验

小区采用裂区设计,除草剂施药量作主区,后茬

作物种类作副区,4次重复。按照表4设计的施药量加水 750 kg/hm²,在玉米播种后出苗前进行土壤均匀喷雾处理。施药器械及施药时间同 1.3.1。施药后玉米生长季节内不进行调查,待玉米收获后按照当地常规种植模式和种植方式播种不同后茬作物,

后茬作物选择当地主栽品种。
每个小区称取等量种子人工播种,小麦、油菜、菠菜采用条播,花生和大豆采用点播。后茬作物播种时,每种作物标定 100粒播种的种子,用于出苗率调查。不同试验地点的后茬作物播种信息见表6。

表5 两个试验地点的喷雾器械及喷药信息
Table 5 The information of spraying machines in two locations

试验条件 Trial information	试验点 1 Location 1	试验点 2 Location 2
喷药时间	5月21日	6月17日
喷雾器类型	Agrolex sprayer Jacto HD-400	Agrolex sprayer Jacto HD-400
喷头类型	JET8002喷头	JET8002喷头
喷液量(mL/min)	810	810
药效及安全性调查时间(药后天数)	10、20、40	10、30、45
玉米收获时间	9月20日	10月15日

表6 两个试验地点的后茬作物种类及播种信息
Table 6 The information of following crops tested for herbicide carryover in two locations

试验条件 Trial information		试验点 1 Location 1			试验点 2 Location 2	
作物 Crop	大豆 Soybean	花生 Peanut	小麦 Wheat	油菜 Cole vegetable	菠菜 Spinach	小麦 Wheat
小区面积(m ²)	33	33	33	20	20	20
品种	吉育47	花育20	丰强7号	华美	大叶菠菜	农大212
播种量(kg/hm ²)	60	550	225	7.5	30	150
种植密度(万株/hm ²)	18	13	450	50	100	300
播种时间	第二年6月1日	第二年6月1日	第二年6月1日	当年10月15日	10月15日	10月15日

1.4 调查方法

试验调查方法参照《农药田间药效试验准则(一)除草剂防治玉米地杂草》进行^[11]。

1.4.1 除草效果调查

喷药后 10 d,采用目测法(9级分级法)调查除草效果,具体标准:

- 1级 无草;
- 2级 相当于空白对照小区的杂草的 0~2.5%;
- 3级 相当于空白对照小区的杂草的 2.5%~5%;
- 4级 相当于空白对照小区的杂草的 5%~10%;
- 5级 相当于空白对照小区的杂草的 10%~15%;
- 6级 相当于空白对照小区的杂草的 15%~25%;

株数、鲜重防效= $\frac{\text{对照区杂草株数、鲜重}-\text{处理区杂草株数、鲜重}}{\text{对照区杂草株数、鲜重}}\times 100\%$

1.4.2 玉米安全性调查

施药后在杂草药效调查的同时,目测各处理区玉米长势,并按照《农药田间药效试验准则(一)除草

7级 相当于空白对照小区的杂草的 25%~35%;
8级 相当于空白对照小区的杂草的 35%~67.5%;

9级 相当于空白对照小区的杂草的 67.5%~100%。

同时,与空白对照小区比较,目测观察药剂的杀草谱。药后 20(30) d,每个小区随机取 4个(3个) 0.25 m²样点,分草种调查点内杂草株数,计算药剂对杂草株数的防效;用药后 40(45)d,每个小区取 1 m²代表性样点,调查杂草株数,测杂草鲜重,计算药剂对杂草株数及鲜重的防效,防效计算公式:

剂防治玉米地杂草》将标准进行分级。
1级:作物生长正常,无任何受害症状;
2级:作物轻微药害,药害小于 10%;

3级:作物中等药害,以后能恢复,不影响产量;
4级:作物药害较重,难以恢复,造成减产;
5级:作物严重药害,不能恢复,造成明显减产或绝产。

收获时,取全小区玉米,晾干脱粒后,测子粒产量。

1.4.3 后茬作物安全性调查

后茬作物全苗后 20 d,调查每种播种的后茬作物 100 粒种子的出苗率。试验点 1 大豆、花生、小麦收获时测产;试验点 2 冬前油菜、菠菜收获测产,第二年小麦收获时测产。

1.5 数据处理与分析

根据试验设计采取相应的统计分析方法。不同处理对杂草株数的防除效果、杂草鲜重和玉米产量采用单因素随机区组方差分析,平均数间差异显著性采用 LSD 多重比较;对后茬作物的生长影响采用

多因素差异显著性分析。采用 Excel 和 DPS(SPSS)软件进行数据整理及统计。

2 结果与分析

2.1 杀草谱

研究表明,26.7%异噁唑草酮·噻酮磺隆 SC,适宜剂量下对玉米田优势杂草稗草、马唐、牛筋草、狗尾草等禾本科杂草和反枝苋、马齿苋、藜、铁苋菜、苘麻等阔叶杂草均有理想防效。

2.2 对玉米不同种植区杂草群落的防治效果

施药后 10 d 药效目测结果显示,26.7%异噁唑草酮·噻酮磺隆 SC,两个试验点所有供试剂量下对禾本科杂草及阔叶杂草均有较好防效,除了 118.125 g ai/hm²处理在吉林试验点对阔叶杂草防效为 5 级以外,其他处理对供试田块杂草防效在 3~4 级,即防效 90%以上(表 7)。

表 7 施药后 10 d 各药剂在不同试验点对杂草防效(目测结果·防效级别)
Table 7 Weed control efficacy by visual observation in two locations

处理代号 Treatment No.	处 理 Treatment	有效剂量 (g ai/hm ²) Herbicide doses	试验点 1 Location 1		试验点 2 Location 2	
			禾本科杂草	阔叶杂草	禾本科杂草	阔叶杂草
			Grass weeds	Broad leaf weeds	Grass weeds	Broad leaf weeds
1	异噁唑草酮·噻酮磺隆	118.125	4	5	3	4
2	异噁唑草酮·噻酮磺隆	141.750	3	4	3	3
3	异噁唑草酮·噻酮磺隆	165.375	3	3	3	3
4	异噁唑草酮·噻酮磺隆	283.500	3	3	3	3
5	乙·莠合剂	1500.000	4	4	3	3
6	人工除草	—	3	3	3	3
7	空白对照	—				

施药后 20 d 调查,试验点 1 异噁唑草酮·噻酮磺隆 SC 供试剂量下对稗草、狗尾草、藜、反枝苋、苘麻和多年生杂草刺儿菜均有较好的防治效果。随着施药量增加,对杂草株数防效提高,该药剂使用量 118.125~283.5 g ai/hm²对杂草总株数防效为 84.5%~99.4%;141.75~283.5 g ai/hm²各处理,对该试验点杂草防效好于对照药剂 40 g/L 乙·莠合剂 SC

1 500 g ai/hm²。试验点 2 杂草种群组成与试验点 1 有一定差别,禾本科杂草以马唐、牛筋草、狗尾草为优势种,阔叶杂草以反枝苋、马齿苋、苘麻、铁苋菜等为优势种。异噁唑草酮·噻酮磺隆 SC 118.125~283.5 g ai/hm²对该试验点上述 7 种杂草株数防效均为 95%以上,防效与对照药剂 40g/L 乙·莠合剂 SC 1 500 g ai/hm²相当(表 8)。

表 8 施药后 20(30) d 药剂在不同试验点对杂草株数防效
Table 8 Weed control efficacy in 20 and/or 30 days after application in two locations %

处理代号 Treatment No.	试验点 1·药后 20 d 防治效果 Weed control efficacy 20 days after application in location 1							
	稗 草	狗尾草	藜	反枝苋	苘 麻	刺儿菜	其 他	杂草总计
	ECHCG	SETVI	CHEAL	AMARE	ABUTH	CEPSE	Other species	Total
1	88.2 a	77.8 c	76.8 c	91.9 b	81.3 c	77.3 b	84.6 b	84.5 b
2	95.7 a	88.9 bc	92.9 b	100.0 a	91.7 b	90.9 b	92.3 b	94.4 a

续表8 Continued 8

试验点1·药后20 d防治效果								
处理代号	Weed control efficacy 20 days after application in location 1							
Treatment No.	稗 草	狗尾草	藜	反枝苋	苘 麻	刺儿菜	其 他	杂草总计
	ECHCG	SETVI	CHEAL	AMARE	ABUTH	CEPSE	Other species	Total
3	98.1 a	94.4 b	96.4 b	100.0 a	93.8 b	95.5 b	100.0 a	97.2 a
4	99.4 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	97.9 b	100.0 a	100.0 a	99.4 a
5	90.1 a	88.9 bc	89.3 bc	91.9 b	89.6 bc	90.9 b	92.3 b	90.1 a
6	96.9 a	94.4 b	91.1 b	97.3 b	100.0 a	100.0 a	92.3 b	96.3 a
7	161.0	18.0	56.0	37.0	48.0	22.0	13.0	355.0

试验点2·药后30 d防治效果								
处理代号	Weed control efficacy 30 days after application in location 2							
Treatment No.	马 唐	牛筋草	狗尾草	反枝苋	马齿苋	苘麻	铁苋菜	合 计
	DIGCI	ELEIN	SETVI	AMARE	POROL	ABUTH	ACAAU	Total
1	98.6 a	98.9 b	97.1 b	99.2 b	98.7 b	96.9 b	97.2 b	97.0 a
2	97.1 a	100.0 a	97.1 b	99.2 b	100.0 a	100.0 a	97.2 b	98.0 a
3	98.6 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	96.9 b	100.0 a	99.0 a
4	98.6 a	100.0 a	97.1 b	100.0 a	100.0 a	96.9 b	94.4 b	98.8 a
5	97.1 a	97.7 b	97.1 b	100.0 a	100.0 a	100.0 a	86.1 b	97.0 a
6	97.1 a	97.7 b	97.1 b	100.0 a	100.0 a	93.8 b	97.2 b	98.0 a
7	17.5	21.8	8.5	32.0	19.3	8.0	9.0	125.5

注:同列后不同字母表示处理间在0.05水平差异显著。下表同。
Note: Different letter after the same column indicates that the difference between treatments is significant at the 0.05 level. The same below.

施药后40 d调查,异噁唑草酮·噻酮磺隆SC的低剂量处理,在试验点1,对稗草、狗尾草、藜、苘麻和刺儿菜鲜重的防效不足90%,对反枝苋鲜重防效为92.9%;在试验点2,该处理对供试田块杂草防效较前两次调查稍有降低,杂草鲜重总防效接近90%。两个试验点异噁唑草酮·噻酮磺隆SC使用量141.75~283.5 g ai/hm²处理,对稗草、狗尾草、马唐、牛筋草、苘麻、刺儿菜鲜重防效均超过90%,对反枝

苋、马齿苋鲜重防效接近100%(表9)。两个试验点异噁唑草酮·噻酮磺隆SC 141.75~283.5 g ai/hm²处理,防效好于对照药剂40 g/L乙·莠合剂SC 1 500 g ai/hm²处理。对两个试验点的杂草鲜重总防效差异显著性分析可知,该药141.75~283.5 g ai/hm²与乙·莠合剂1 500 g ai/hm²之间杂草鲜重总防效差异在0.05水平不显著。

表9 施药后40(45) d药剂在不同试验点对杂草鲜重防效
Table 9 Weed control efficacy(biomass) 40 and/or 45 days after application in two locations %

试验点1·药后40 d防治效果								
处理代号	Weed control efficacy 40 days after application in location 1							
Treatment No.	稗 草	狗尾草	藜	反枝苋	苘麻	刺儿菜	其 他	杂草总计
	ECHCG	SETVI	CHEAL	AMARE	ABUTH	CEPSE	Other species	Total
1	76.8 b	79.2 c	77.6 b	92.9 b	83.6 b	85.2 c	85.7 c	83.3 b
2	92.3 a	91.7 b	90.8 a	100.0 a	93.4 a	92.6 b	92.9 b	94.6 a
3	95.2 a	95.8 b	96.1 a	100.0 a	96.7 a	96.3 ab	100.0 a	97.1 a
4	98.8 a	100.0 a	98.7 a	100.0 a	98.4 a	100.0 a	100.0 a	99.3 a
5	92.3 a	91.7 b	96.8 a	92.9 b	91.8 a	92.6 b	85.7 c	92.3 a
6	91.4 a	87.7 bc	95.4 a	94.9 b	95.3 a	87.4 c	100.0 a	92.9 a
7	855.0	225.5	54.5	656.0	330.5	85.0	99.0	2305.5

续表9 Continued 9

处理代号 Treatment No.	试验点2·药后45 d防治效果 Weed control efficacy 45 days after application in location 2							
	马唐	牛筋草	狗尾草	反枝苋	马齿苋	苘麻	铁苋菜	合计
	DIGCI	ELEIN	SETVI	AMARE	POROL	ABUTH	ACAAU	Total
1	86.0 a	89.5 a	90.4 b	95.7 a	87.5 b	93.9 b	80.0 b	89.4 b
2	90.3 a	94.5 a	84.6 b	97.9 a	100.0 a	95.7 b	86.8 ab	94.2 a
3	94.8 a	95.0 a	90.4 b	99.0 a	96.9 b	99.3 a	88.8 a	95.8 a
4	98.2 a	97.0 a	100.0 a	99.2 a	99.1 b	99.0 a	75.2 bc	96.8 a
5	90.3 a	89.8 a	83.2 b	98.9 a	97.8 b	98.5 b	65.6 c	92.7 a
6	96.4 a	96.9 a	100.0 a	99.0 a	97.8 b	100.0 a	92.0 a	96.5 a
7	231.5	224.8	52.0	392.5	135.8	168.5	62.5	1311.0

2.3 对玉米安全性

从两个试验点玉米测产结果看出,异噁唑草酮·噻酮磺隆SC使用量118.125~283.5 g ai/hm²处理,玉米产量均与人工除草处理差异不显著,与不除草处

理相比增产作用显著(表10)。其中,试验点1因空白对照区杂草密度大,减产严重,因此表现比试验点2增产率高。

表10 施药后对玉米增产效果
Table 10 Corn grain yield as influenced by the herbicides treatment in two locations

处理代号 Treatment No.	有效剂量(g ai/hm ²) Herbicide doses	试验点1 Location 1		试验点2 Location 2	
		产量(kg/hm ²)	增产(%)	产量(kg/hm ²)	增产(%)
		Yield	Yield increasing	Yield	Yield increasing
1	118.125	6 615.0 a	103.9	5 867.0 a	19.3
2	141.75	6 920.0 a	113.3	6 012.8 a	22.3
3	165.375	7 150.0 a	120.3	6 033.6 a	22.7
4	283.5	7 150.0 a	120.3	6 146.1 a	25.0
5	1 500.00	6 870.0 a	111.7	6 167.0 a	25.4
6	—	6 620.0 a	104.0	6 325.3 a	28.6
7	—	3 245.0 b		4 916.9 b	

2.4 对后茬作物生长的影响

出苗后20 d调查,26.7%异噁唑草酮·噻酮磺隆SC,各供试剂量下5种后茬作物小麦、大豆、花生、油菜、菠菜出苗率与空白对照无差别。目测观察,不同剂量处理间上述作物与空白对照作物叶色、长势、株高无明显差别。测产结果表明,26.7%异噁唑草酮·噻酮磺隆SC141.75~425.25 g ai/hm²,不同剂量处理后茬作物的产量与空白对照无显著差异,表明该药在东北及华北玉米田使用,推荐剂量下对玉米后茬作物小麦、大豆、花生、油菜和菠菜安全。

3 结论与讨论

26.7%异噁唑草酮·噻酮磺隆SC 141.75~283.5 g ai/hm²不同剂量在北方玉米种植区和黄淮海

玉米种植区应用,杀草谱较宽泛,对北方玉米种植区主要杂草稗草、狗尾草、藜、反枝苋、苘麻、刺儿菜和黄淮海玉米种植区主要杂草马唐、牛筋草、反枝苋、马齿苋、铁苋菜等禾本科杂草和阔叶杂草均有理想效果。药后40~45 d,上述处理对杂草鲜重防效在95%左右,可实现一次施药控制玉米全生长期的杂草。药剂适宜使用方法为玉米播后苗前,26.7%异噁唑草酮·噻酮磺隆SC 141.75~165.375 g ai/hm²均匀喷雾。如果用在田间杂草基数大的田块或难除杂草如刺儿菜、铁苋菜可再适当提高其用量。

异噁唑草酮·噻酮磺隆是由HPPD抑制剂和ALS抑制剂混配的产品。不同作用机理的除草剂合理混用可有效扩大杀草谱,降低除草剂用量,延缓杂草抗性^[12]。上述不同作用机理的药剂混用,对两个

表 11 药剂对后茬作物生长的影响
Table 11 The yields of the following crops by carryover of the herbicides in two locations

处 理 Treatment	试验点 1 Location 1					
	大豆 Soybean		花生 Peanut		小麦 Wheat	
	出苗率(%) Emergence rate	产量(kg/hm ²) Yield	出苗率 (%)Emergence rate	产量(kg/hm ²) Yield	出苗率(%) Emergence rate	产量(kg/hm ²) Yield
1	94.0 a	2 220.0 a	71.0 a	3 450.0 a	91.0 a	2 940.0 a
2	96.0 a	2 280.0 a	73.0 a	3 270.0 a	88.0 a	2 925.0 a
3	93.0 a	2 190.0 a	67.5 a	3 300.0 a	88.0 a	2 865.0 a
4	95.0 a	2 250.0 a	70.0 a	3 375.0 a	89.0 a	2 925.0 a

处 理 Treatment	试验点 2 Location 2					
	大豆 Soybean		花生 Peanut		小麦 Wheat	
	出苗率(%) Emergence rate	产量(kg/hm ²) Yield	出苗率(%) Emergence rate	产量(kg/hm ²) Yield	出苗率(%) Emergence rate	产量(kg/hm ²) Yield
1	83.8 a	1 4005.0 a	65.0 a	1 8230.0 a	86.3 a	2 720.1 a
2	82.3 a	1 6255.0 a	58.5 a	2 2710.0 a	88.0 a	2 920.1 a
3	86.8 a	1 4145.0 a	58.0 a	1 8620.0 a	86.3 a	2 800.1 a
4	82.0 a	1 6370.0 a	58.3 a	1 8830.0 a	86.3 a	2 780.1 a

玉米主产区的优势杂草有较好防除效果,对玉米也具有明显增产作用,同时对区域内种植的小麦、大豆、花生、油菜、菠菜等主要后茬作物安全。

与对照药剂乙·莠合剂供试剂量相比,异噁唑草酮·噻酮磺隆处理对铁苋菜、刺儿菜防效有一定程度提高,该药使用量比对照药剂明显降低。有望成为北方玉米种植区和黄淮海玉米种植区替代莠去津的除草剂。

国内外研究报道,异噁唑草酮·噻酮磺隆对哺乳动物毒性很低,无皮肤和眼睛刺激性,对鱼、水蚤、蜜蜂等环境有益生物低毒。其作为除草剂有土壤和茎叶除草活性兼备、单双子叶杂草统杀的作用^[13, 14]。有效成分在干旱时喷施后可稳存于土表,遇雨水后除草活性可再被激活,茎叶处理后立即遭遇降雨导致药剂被冲刷到土表后又发挥其土壤除草活性。该药剂适用于马齿、半马齿、硬粒、粉质型等各种普通类型的常规杂交玉米田。由于该药剂也具有较强的土壤淋溶作用^[15],在地下水位<7.6 m且耕层土壤有机质含量<2%的沙田和沙壤田以及间作混种其他作物的玉米田慎用^[16]。该药成分之一异噁唑草酮对玉米安全性与玉米播种深度、品种类型有较大关系^[17]。异噁唑草酮·噻酮磺隆在玉米自交系、甜玉米和爆裂玉米田上使用安全性的数据较少,其安全性需进一步研究。

参考文献:

[1] <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2019/indexch.htm>.

[2] <http://www.chinapesticide.org.cn>.
[3] 刘长令. 世界农药大全(除草剂卷)[M]. 北京:化学工业出版社, 2002.
[4] 李香菊,梁帝允,袁会珠. 除草剂科学使用指南[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2014.
[5] Premazzi G, Stecchi R. Evaluation of the impact of atrazine on the aquatic environment[M]. Luxembourg: The Office for Official Publications of the European Communities, 1990.
[6] <http://cn.agropages.com/News/NewsDetail-20354.htm>.
[7] 束放. 全国农药需求数量预测[J]. 农药科学与管理, 2000, 21(2): 38-39.
Shu F. Forecast of pesticide demand in China[J]. Pesticide Science and Administration, 2000, 21(2): 38-39. (in Chinese)
[8] 束放,李永平,魏启文. 2018年种植业农药使用情况及2019年需求分析[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(4): 73-76.
Shu F, Li Y P, Wei Q W. Pesticides used in farming in 2018 and the demand analysis in 2019[J]. China Plant Protection, 2019, 39(4): 73-76. (in Chinese)
[9] Richards R P, Baker D B. Pesticide concentration patterns in agricultural drainage networks in the lake Erie basin[J]. Environmental Toxicology and Chemistry, 1993, 12: 13-26.
[10] Stephenson D O, Bond J A. Evaluation of thienencarbazone-methyl- and isoxaflutole- based herbicide programs in corn[J]. Weed Technology, 2012, 26(1): 37-42.
[11] GB/T 17980.42-2000 农药田间药效试验准则(一)除草剂防治玉米地杂草[S]. 北京:中国标准出版社, 2000.
[12] 郭文磊,王兆振,谭金妮,等. 氟咯草酮与二甲戊灵或乙草胺复配联合除草作用及其对棉花的安全性[J]. 农药学报, 2016, 18(5): 605-611.

(下转第 143 页)

- 收、积累特点比较[J]. 玉米科学, 2018, 26(6): 131-138.
- Hou H J, Fan P P, Zou N, et al. Comparison of the uptake and assimilation characteristics of N, P and K in spring maize between the northeast and the northwest regions of China[J]. Journal of Maize Sciences, 2018, 26(6): 131-138. (in Chinese)
- [14] 张福锁, 王激清, 张卫峰, 等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 915-924.
- Zhang F S, Wang J Q, Zhang W F, et al. Nutrient use efficiencies of major cereal crops in China and measures for improvement[J]. Acta Pedologica Sinica, 2008, 45(5): 915-924. (in Chinese)
- [15] 朱金龙, 危常州, 朱齐超, 等. 膜下滴灌春玉米氮素吸收规律与增产效应[J]. 玉米科学, 2014, 22(6): 121-125.
- Zhu J L, Wei C Z, Zhu Q C, et al. Effect of N absorption and yield enhancement on spring maize under drip irrigation and film mulch[J]. Journal of Maize Sciences, 2014, 22(6): 121-125. (in Chinese)
- [16] 王健鹏, 王秀峰. 磷肥追肥对玉米的肥效影响[J]. 吉林蔬菜, 2013(11): 43.
- Wang J L, Wang X F. Effect of phosphate fertilizer on fertilizer effect of maize[J]. Jilin Vegetables, 2013(11): 43. (in Chinese)
- [17] 张国桥, 王 静, 刘 涛, 等. 水肥一体化施磷对滴灌玉米产量、磷素营养及磷肥利用效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(5): 1103-1109.
- Zhang G Q, Wang J, Liu T, et al. Effect of water and P fertilizer coupling on corn yield, P uptake, and P utilization efficiency with drip irrigation in a calcareous soil[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer, 2014, 20(5): 1103-1109. (in Chinese)
- [18] Gordon W B, Pierzynski G M. Corn hybrid response to starter fertilizer combinations[J]. Journal of Plant Nutrition, 2006, 29(7): 1287-1299.
- [19] 陶 磊, 褚贵新, 刘 涛, 等. 有机肥替代部分化肥对长期连作棉田产量、土壤微生物数量及酶活性的影响[J]. 生态学报, 2014, 34(21): 6137-6146.
- Tao L, Chu G X, Liu T, et al. Impacts of organic manure partial substitution for chemical fertilizer on cotton yield, soil microbial community and enzyme activities in mono-cropping system in drip irrigation condition[J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(21): 6137-6146. (in Chinese)
- [20] Ravikovitch S. Effects of brackish irrigation water and fertilizers on millet and corn[J]. Experimental Agriculture, 1973, 9(2): 181-188.
- [21] Hassan N A, Drew J V, Knudsen D, et al. Influence of soil salinity on production of dry matter and uptake and distribution of nutrients in barley and corn: II. corn (*Zea mays* L.)[J]. Agronomy Journal, 1970, 62(1): 46-48.

(责任编辑:姜媛媛)

(上接第 135 页)

- Guo W L, Wang Z Z, Tan J N, et al. Evaluation of herbicidal activity and safety to cotton of fluorochloridone combined with pendimethal - in or acetochlor[J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2016, 18(5): 605-611. (in Chinese)
- [13] O'Brien S R, Davis A S, Riechers D. Quantifying resistance to isoxaflutole and mesotrione and investigating their interactions with metribuzin POST in waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) [J]. Weed Science, 2018, 66(5): 586-594.
- [14] 由振国. 噻隆·异噁酮(Adengo)-拜耳公司新近创制的一种新型玉米田土壤兼苗后早中期茎叶处理除草剂[C]. 长沙: 第十一届全国杂草科学大会论文摘要集, 2013.
- [15] Rector R J, Regehr D L, Barnes P L, et al. Atrazine, S-metolachlor, and isoxaflutole loss in runoff as affected by rainfall and management[J]. Weed Science, 2003, 51(5): 810-816.
- [16] Wicks G A, Knezevic S Z, Bernards M, et al. Effect of planting depth and isoxaflutole rate on corn injury in Nebraska[J]. Weed Technology, 2007, 21(3): 642-646.

(责任编辑:姜媛媛)