

新化合物 ZJ10361 的除草活性研究

徐小燕*, 许天明, 彭伟立, 钟良坤, 姚燕飞

(浙江省化工研究院有限公司, 杭州 310023)

摘要: 为明确对羟苯基丙酮酸双氧化酶(HPPD)抑制剂类新化合物 ZJ10361[1,3-二甲基-4-(2-甲基-4-甲磺基-3-(2-对甲苯氧基)乙氧基)苯甲酰基-1*H*-吡唑-5-基碳酸乙酯]在玉米田的开发应用潜力, 对该化合物的除草活性、安全性、选择性、杀草谱和田间药效进行了研究。室内生物测定结果表明, ZJ10361 在有效剂量 150 g/hm² 下对玉米安全性好, 而对其他 5 种供试作物均有不同程度药害; 对不同玉米品种之间的安全性有一定差异, 其中对糯玉米科糯 986 安全性最好, 其次为杂交玉米掖单 13, 甜玉米华珍最为敏感。该化合物在目标作物玉米 *Zea mays* 与反枝苋 *Amaranthus retroflexus*、鳢肠 *Eclipta prostrata* 之间的选择性系数为 4.0~4.5, 具有较好的选择性; 对阔叶杂草的除草活性较高, 杀草谱较广, 但对禾本科和莎草科杂草除草活性一般。田间试验结果显示, ZJ10361 在有效剂量 225 g/hm² 下对供试玉米安全性好, 对玉米田杂草总草防效为 86.9%, 与对照药剂硝磺草酮有效剂量 150 g/hm² 处理相比无显著性差异。该化合物用于玉米田防除阔叶杂草具有一定的开发潜力。

关键词: HPPD 抑制剂; ZJ10361; 玉米田; 除草活性; 作物安全性

中图分类号: S482.4 文献标志码: A 文章编号: 1008-7303(2017)04-0428-06

Study on herbicidal activity of innovative compound ZJ10361

XU Xiaoyan*, XU Tianming, PENG Weili, ZHONG Liangkun, YAO Yanfei

(Zhejiang Chemical Industry Research Institute, Hangzhou 310023, China)

Abstract: In order to investigate the potential application value of a novel compound ZJ10361 [1,3-dimethyl-4-(2-methyl-4-methylsulfonyl-3-(2-*p*-tolylloxy)ethoxy)benzoyl-1*H*-pyrazol-5-yl ethyl carbonate], the herbicidal activity, safety, selectivity, spectrum of weed control and field trial were studied. The result of greenhouse tests showed that ZJ10361 was safe to maize at the dosage of 150 g/hm². However, there were some hazard to other crops. There was different safety in three maize varieties, the safety to waxy corn(Kenuo 986) was highest, that to hybrid corn(Yedan13) was the second highest, and that to sweet corn(Huazhen) is the lowest. The selectivity coefficient of ZJ10361 between maize(*Zea mays*) and *Amaranthus retroflexus* and *Eclipta prostrata* was 4.0-4.5, which showed that the compound had good selectivity. ZJ10361 had good herbicidal activity to broadleaf weed, and it's weeding spectrum was wider. However, it was less effective to grassy weeds and sedges. The field test results

收稿日期: 2017-03-20; 录用日期: 2017-06-16.

基金项目: 浙江省科技计划项目 (2016F10036).

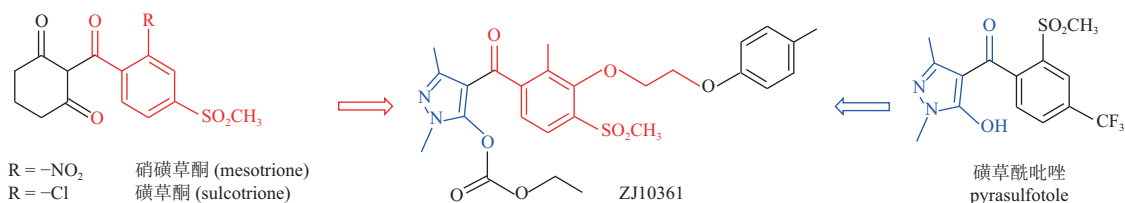
作者简介: *徐小燕, 通信作者 (Author for correspondence), 女, 副研究员, 从事除草剂生测和新农药创制研究, E-mail: xuxiaoyan@sinochem.com

showed that at the dosage of 300 g/hm², the compound is safe, and the total weeds controlling efficacy was 86.9%. The weed controlling was roughly equivalent to mesotrione at dosage of 225 g/hm². The compound had potentials to be used as maize herbicide for controlling broadleaf weed.

Keywords: HPPD inhibitor; ZJ10361; maize; herbicidal activity; crop safety

对羟基苯基丙酮酸双氧化酶 (4-hydroxyphenyl-pyruvate dioxygenase, 简称 HPPD) 抑制剂是近年来化学农药研究的热点, 该类药剂具有活性高、残留低、环境相容性好、使用安全等特点, 是目前为数不多、抗性报道较少的除草剂。周蕴赞等^[1]综述了 HPPD 在生物体内的作用机制及 HPPD 抑制剂类除草剂的主要品种和最新研究进展。吴彦超等^[2]对不同种类 HPPD 抑制剂的合成方法及部分 HPPD 抑制剂结构与活性的关系进行综述, 发现当芳酮结构苯环的 2-位和 4-位存在取代基, 如 2-甲基、2-甲基磺酰基和 4-甲基磺酰基、4-三氟甲

基等时, 化合物的活性比较突出。三酮类的硝磺草酮 (mesotrione)^[3]和吡唑类的磺酰草吡唑 (pyrasulfotole)^[4-5]是 HPPD 抑制剂中的代表性品种。浙江省化工研究院有限公司在硝磺草酮和磺酰草吡唑结构基础上, 保留磺酰草吡唑左边的吡唑结构不变, 在右边芳酮结构的 3-位引入含醚结构侧链, 设计合成了一系列新化合物^[6], 发现部分化合物具有玉米田除草活性, 其中新化合物 ZJ10361 (结构式图式 1) 表现突出。本文报道该化合物的除草活性、安全性、选择性、杀草谱和田间药效。



图式 1 ZJ10361 的设计思路

Scheme 1 Design strategy of ZJ10361

1 材料与方法

1.1 仪器和设备

3WPSH-700 型自动喷雾装置 (南京农业机械化研究所); BSA2202S-CW 电子天平 (德国赛多利斯); X-303D 植物生长箱 (杭州钱江仪器设备有限公司); 人工气候室 (浙江求是人工环境有限公司定制); 825、835 可调容量移液器 (瑞士 Socorex)。

1.2 供试药剂

95%ZJ10361 原药 (由浙江省化工研究院合成并鉴定), 结构表征数据为: ¹H NMR (CDCl₃), δ: 1.28~1.30 (t, J=7.2 Hz, 3H, -CH₂CH₃), 2.30 (d, 6H, Ar-CH₃), 2.34 (s, 3H, pyrazole-CH₃), 3.28 (s, 3H, -SO₂CH₃), 3.66 (s, 3H, pyrazole-CH₃), 4.12~4.14 (q, J=7.2 Hz, 2H, -OCH₂CH₃), 4.36~4.37 (m, 2H, -OCH₂-), 4.44~4.45 (m, 2H, -OCH₂-), 6.86~6.87 (d, J=8.4 Hz, 2H, Ar-H), 7.10~7.11 (d, J=8.3 Hz, 2H, Ar-H), 7.15~7.16 (d, J=7.9 Hz, 1H, Ar-H), 7.88~7.89 (d, J=7.9 Hz, 1H, Ar-H); MS, m/z: 530 (M+H)。对照

药剂为 97% 硝磺草酮 (mesotrione) 原药 (安徽中山化工有限公司)。

各供试原药用 DMF 溶解成有效成分质量分数为 5.0% 的药液, 喷雾处理时用含质量分数为 0.1% 吐温-80 的蒸馏水稀释。

1.3 供试杂草

狗尾草 *Setaria faberii*、蔺草 *Beckmannia syzigachne*、牛筋草 *Eleusine indica*、马唐 *Digitaria sanguinalis*、稗草 *Echinochloa crus-galli*、看麦娘 *Alopecurus aequalis*、棒头草 *Polypogon fugax*、早熟禾 *Poa annua*、苘麻 *Abutilon theophrasti*、牵牛 *Pharbitis nil*、假酸浆 *Nicandra physalodes*、决明 *Cassia tora*、鬼针草 *Bidens pilosa*、小巢菜 *Vicia hirsuta*、芥菜 *Brassica juncea*、饭包草 *Commelina bengalensis*、繁缕 *Stellaria media*、小藜 *Chenopodium album*、猪殃殃 *Galium aparine*、播娘蒿 *Descurainia sophia*、野老鹳草 *Geranium carolinianum*、天名精 *Carpesium abrotanoides*、刺苋 *Amaranthus spinosus*、龙葵

Solanum nigrum、反枝苋 *A. retroflexus*、苳麻 *Boehmeria nivea*、垂序商陆 *Phytolacca americana*、鳢肠 *E. prostrata*、酸模 *Rumex acetosa*、紫菀 *Aster tataricus*、通泉草 *Mazus japonicus*、石胡荽 *Centipeda minima*、陌上菜 *Lindernia procumbens*、鸭跖草 *Commelina communis*、泥花草 *Lindernia antipoda*、耳叶水苳 *Ammannia arenaria*、节节菜 *Rotala indica*、蓼 *Polygonum humifusum*、狼把草 *Bidens tripartita*、风轮菜 *Clinopodium chinense*、千金子 *Leptochloa chinensis*、日照飘拂草 *Fimbristylis miliacea*、野燕麦 *Avena fatua*、日本看麦娘 *Alopecurus japonicus*、异型莎草 *Cyperus difformis*。杂草种子均采自浙江杭州周边未用药荒地，种子发芽率 85% 以上。

1.4 供试作物

小麦 *Triticum aestivum*、玉米 *Z. mays*、水稻 *Oryza sativa*、棉花 *Gossypium hirsutum*、大豆 *Glycine max*、油菜 *Brassica campestris*。作物种子购自浙江农科种业有限公司。

1.5 试材种植土壤

试验土壤为黄土和育苗基质配制的复合土壤，两者体积比为 1:2。黄土采自杭州郊区竹园，育苗基质购自杭州锦海农业科技有限公司。

1.6 试验方法

以下 1.6.1~1.6.4 节室内试验均采用温室盆栽法^[7]。取内径 7.5 cm 的花盆种植杂草，11.5 cm 的花盆种植作物，杂草种子直接撒播，作物种子在人工气候箱中浸种催芽，设定种子催芽温度为 28℃，相对湿度为 80%，暗培养。将催芽露白的种子点播。种植试材于温室中培养，温度控制在 25~35℃，空气相对湿度保持在 50%~90%。待试材长至 3~4 叶期时，通过自动喷雾装置进行药剂喷雾处理，设置喷雾面积 0.1281 m²，施药液量 10 mL，工作压力 0.2 MPa，着液量 31.91%。设空白对照，每处理 3 次重复，处理后静置 4~5 h，移入温室内培养，培养条件同上，于药后 30 d 药效完全发挥时调查试验结果。

1.6.1 除草活性试验 供试靶标杂草为狗尾草 *S. faberii*、马唐 *D. sanguinalis*、稗草 *E. crus-galli*、苳麻 *A. theophrasti*、鳢肠 *E. prostrata*、反枝苋 *A. retroflexus*。处理剂量为 37.5、75 和 150 g/hm²，设硝磺草酮为对照药剂。于 30 d 后采用 0~100 分级目测法^[8]目测调查试验结果。

1.6.2 作物安全性试验 供试作物为小麦 *T. aestivum* (杨麦 158)、玉米 *Z. mays* (农大 108)、水稻 *O. sativa* (绍糯 9714)、棉花 *G. hirsutum* (福棉 2 号)、大豆 *G. max* (浙鲜 5 号) 和油菜 *B. campestris* (浙双 72)，待作物长到 4 片真叶期时，在有效成分 150 g/hm² 剂量下进行茎叶喷雾处理，另设硝磺草酮为对照药剂。处理后置于温室中培养观察，30 d 后目测^[9]调查对各作物的药害 (生长抑制率，%)。

对不同品种玉米的安全性试验：分别选择糯玉米、杂交玉米和甜玉米的代表品种科糯 986、掖单 13 和华珍为试验靶标，供试剂量为 37.5、75、150、225、300、450 和 600 g/hm²，于药后 30 d 称量地上部分鲜重，计算鲜重抑制率%，并对数据进行方差分析，比较不同玉米品种之间的安全性差异。依据农药室内生物测定试验准则^[9]进行判定：药剂对作物鲜重抑制率小于 10% 表示安全，在 11%~30% 表示有轻微药害，在 31%~50% 为中度药害，大于 51% 为严重药害。

1.6.3 对玉米选择性试验 选择目标作物玉米 *Z. mays* (农大 108) 和敏感杂草鳢肠 *E. prostrata*、反枝苋 *A. retroflexus* 作为试验靶标。于玉米 4 叶期、杂草 3 叶期进行茎叶喷雾处理。于药后 30 d 后称量杂草和玉米的地上部分鲜重，计算鲜重抑制率。用 DPS 统计分析软件^[10]进行剂量-活性回归分析，求出 ED₁₀ 值和 ED₉₀ 值。由目标作物的 ED₁₀ 值与敏感靶标的 ED₉₀ 值的比值计算其在玉米与鳢肠、反枝苋之间的选择性系数。

1.6.4 温室杀草谱试验 供试杂草为田间常见杂草 43 种，处理剂量 150 g/hm²。于药后 30 d 采用目测法^[8]调查试验结果。将试验结果按如下标准^[11]评价其对药剂的敏感性：高度敏感 (除草活性 > 90%)、敏感 (除草活性 80%~90%)、中度敏感 (除草活性 60%~80%)、一般耐药 (除草活性 30%~60%) 和耐药杂草 (除草活性 < 30%)。

1.6.5 田间药效试验^[12] 试验在浙江杭州五常玉米田进行，ZJ10361 处理的有效剂量为 75、105、150、225 和 300 g/hm²，对照药剂硝磺草酮的有效剂量同上。于玉米田杂草 3~5 叶期进行茎叶喷雾处理。喷雾器械为浙江台州市广丰塑业有限公司生产的 3Wbs-16 型手动喷雾器，工作压力为 0.2 MPa。试验小区单向随机区组排列，面积 20 m²，3 次重复。试验田玉米品种为‘科糯 986’。处理后

定期观察目标作物玉米是否有药害, 记录药害症状和等级及恢复情况。于药后 5 d 开始观察杂草受害表现, 药后 30d 采取随机取样计数法, 即每小区取 4 个点调查各杂草鲜重, 计算各处理杂草鲜重防效 %, 并用 DPS 统计软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 除草活性

药后定时观察供试杂草反应症状, 发现杂草经 ZJ10361 处理后先白化然后慢慢死亡, 反应症状与硝磺草酮症状类似。于药后 30 d 目测除草活性结果 (表 1) 表明: ZJ10361 在供试剂量处理下, 对 3 种阔叶杂草苘麻、反枝苋和鳢肠的活性较高, 抑制率在 83%~100%; 对 3 种禾本科杂草马唐、稗草和狗尾草也有一定抑制作用, 但活性明显低于阔叶杂草, 抑制率在 40%~85%。可见, ZJ10361 主要对阔叶杂草活性较高, 这与硝磺草酮

也相一致。

2.2 作物安全性评价

试验结果(表2)表明: ZJ10361 在有效剂量 150g/hm² 下对水稻、小麦、大豆、油菜和棉花 5 种作物均有不同程度药害, 抑制率为 30%~90%, 安全性较差, 不能应用于这些作物田; 而对玉米的抑制率为 0, 安全性很好。ZJ10361 对作物安全性结果与对照药剂硝磺草酮也相一致。

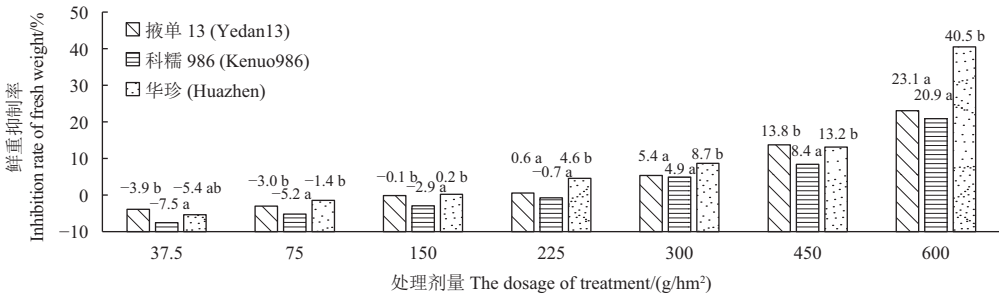
ZJ10361 对不同玉米品种安全性试验结果 (图 1) 显示: ZJ10361 在有效剂量 37.5~300 g/hm² 下对 3 个玉米品种的鲜重抑制率为 -7.5%~8.7%, 均具有较好的安全性; 将 ZJ10361 的剂量提高到 450~600 g/hm², 则对玉米出现 8.4%~40.5% 的药害, 表现为玉米叶片白化, 植株略小; 且不同品种之间安全性出现一定差异, 对糯玉米科糯 986 的安全性最好, 其次为杂交玉米掖单 13, 甜玉米华珍最为敏感。

表 1 ZJ10361 除草活性目测结果 (抑制率, %)

Table 1 The herbicidal activity test results of ZJ10361 by visual observation(Inhibition rate, %)							
处理 Treatment	有效剂量 Dosage, a.i./ (g/hm ²)	苘麻 <i>A. theophrasti</i>	反枝苋 <i>A. retroflexus</i>	鳢肠 <i>E. prostrata</i>	马唐 <i>D. sanguinalis</i>	稗草 <i>E. crus-galli</i>	狗尾草 <i>S. faberii</i>
ZJ10361	37.5	95	90	83	40	55	60
	75	100	100	95	60	70	70
	150	100	100	98	70	80	85
硝磺草酮 mesotrione	37.5	100	100	90	80	60	0
	75	100	100	100	93	85	30
	150	100	100	100	100	100	65

表 2 ZJ10361 对作物的安全性目测结果 (抑制率, %)

Table 2 The crop safety test results of ZJ10361 by visual observation(Inhibition rate, %)							
处理 Treatments	有效剂量 Dosage, a.i./ (g/hm ²)	水稻 <i>O. sativa</i>	玉米 <i>Z. mays</i>	小麦 <i>T. aestivum</i>	大豆 <i>G. max</i>	油菜 <i>B. campestris</i>	棉花 <i>G. hirsutum</i>
ZJ10361	150	50	0	30	60	90	50
硝磺草酮 mesotrione	150	23	0	35	67	100	90



注: 数据后不同字母表示其在 $P=0.05$ 水平差异显著。
Note: The different letters after each data are significantly different at 5% level.

图 1 ZJ10361 对不同玉米品种的安全性试验

Fig. 1 The safety test of ZJ10361 in different maize varieties

2.3 玉米田选择性试验

试验结果(表 3) 显示: ZJ10361 对反枝苋和鳢肠的 ED₉₀ 值分别为 54.0 和 61.2 g/hm², 对玉米的 ED₁₀ 值为 242.7 g/hm², 其在玉米和反枝苋、鳢

肠之间的选择性系数分别为 4.5 和 4.0。可见, ZJ10361 在玉米和玉米田杂草反枝苋、鳢肠之间具有较好的选择性。

表 3 ZJ10361 对玉米和杂草的选择性
Table 3 The selectivity of ZJ10361 in maize and weeds

靶标 Target	回归方程 Regression equation	相关系数, <i>r</i> Correlation coefficient	ED ₉₀ (95%CL)/ (g/hm ²)	ED ₁₀ (95%CL)/ (g/hm ²)	选择性系数 Selectivity coefficient
玉米 <i>Z. mays</i>	$y = 12.91\ln x - 60.90$	0.993 0	—	242.7 (219.6~289.7)	—
反枝苋 <i>A. retroflexus</i>	$y = 13.72\ln x + 35.26$	0.902 4	54.0 (50.3~58.1)	—	4.5
鳢肠 <i>E. prostrata</i>	$y = 18.48\ln x + 14.59$	0.935 6	61.2 (58.3~63.6)	—	4.0

2.4 温室杀草谱试验

ZJ10361 在 150 g/hm² 有效剂量下杀草谱试验结果(表 4) 显示: 供试的 43 种田间常见杂草中, 对 ZJ10361 高度敏感的杂草有 15 种, 且均为阔叶杂草, 除草活性在 90%~100%; 对其敏感的杂草有 9 种, 除草活性在 80%~90%; 其中中度敏感的

杂草有 7 种, 除草活性在 60%~80%; 对其一般耐药的杂草有 10 种, 除草活性为 30%~60%; 日本看麦娘 *A. japonicus* 和异型莎草 *C. difformis* 对该药剂耐药, 基本无效。可见, ZJ10361 杀草谱较广, 多数杂草对其敏感, 其中, 阔叶杂草对其较为敏感, 禾本科和莎草科杂草相对耐药。

表 4 ZJ10361 对 43 种杂草的除草活性
Table 4 The herbicidal activity of ZJ10361 to 43 weeds

杂草种类 Weed species	目测抑制率 Inhibition rate of visual observation/%	评价 Evaluation
反枝苋 <i>A. retroflexus</i> 、繁缕 <i>S. media</i> 、鳢肠 <i>E. prostrata</i> 、天名精 <i>C. abrotanoides</i> 、陌上菜 <i>L. procumbens</i> 、鸭跖草 <i>C. communis</i> 、泥花草 <i>L. antipoda</i> 、耳叶水苋 <i>A. arenaria</i> 、节节菜 <i>R. indica</i> 、藜 <i>P. humifusum</i> 、狼把草 <i>B. tripartita</i> 、小藜 <i>C. album</i> 、假酸浆 <i>N. physalodes</i> 、风轮菜 <i>C. chinense</i> 、刺苋 <i>A. spinosus</i>	90~100	高度敏感 Highly sensitive
紫菀 <i>A. tataricus</i> 、苕麻 <i>B. nivea</i> 、酸模 <i>R. acetasa</i> 、牛筋草 <i>E. indica</i> 、千金子 <i>L. chinensis</i> 、饭包草 <i>C. bengalensis</i> 、垂序商陆 <i>P. americana</i> 、苘麻 <i>A. theophrasti</i> 、播娘蒿 <i>D. sophia</i>	80~90	敏感 Sensitive
龙葵 <i>S. nigrum</i> 、看麦娘 <i>A. aequalis</i> 、棒头草 <i>P. fugax</i> Nees、芥菜 <i>B. juncea</i> 、稗草 <i>E. crus-galli</i> 、日照飘拂草 <i>F. miliacea</i> 、小巢菜 <i>V. hirsuta</i>	60~80	中度敏感 Middle sensitive
狗尾草 <i>S. faberii</i> 、野老鹳草 <i>G. carolinianum</i> 、马唐 <i>D. sanguinalis</i> 、早熟禾 <i>P. annua</i> 、牵牛 <i>P. nil</i> 、决明 <i>C. tora</i> 、野燕麦 <i>A. fatua</i> 、鬼针草 <i>B. pilosa</i> 、猪殃殃 <i>G. aparine</i> 、茵草 <i>B. syzigachne</i>	30~60	一般耐药 Mild tolerance
日本看麦娘 <i>A. japonicus</i> 、异型莎草 <i>C. difformis</i>	<30	耐药 Tolerance

2.5 田间药效试验

施药后定期观察田间玉米的生长情况, 未发现 ZJ10361 对玉米的生长、开花、结穗等生长指标有明显影响, 说明该药剂对供试玉米安全。于药后 30 d 调查该化合物对玉米田杂草的除草效果(表 5) 显示, ZJ10361 在 225 g/hm² 下对阔叶杂草通泉草、反枝苋和石胡荽的鲜重防效为 90.3%~95.7%, 总草防效为 86.9%, 但对禾本科杂草牛筋草的防效较低。与对照药剂硝磺草酮相比, 该药剂在 225 g/hm² 下的总草防效与硝磺草酮 150 g/hm² 剂量处理基本相当, 无显著性差异。

3 结论

温室盆栽和田间试验结果表明, 新化合物 ZJ10361 采用茎叶喷雾处理对杂草的除草活性较高, 杀草谱较广。该化合物在 150 g/hm² 剂量下对 43 种常见供试杂草的除草活性结果显示: 其中 24 种杂草对其敏感或高度敏感, 7 种中度敏感, 12 种不敏感或耐药; 该化合物对阔叶杂草除草活性较高, 对禾本科杂草和莎草除草活性一般。田间药效试验表明, ZJ10361 对杂草的反应症状和杂草防治谱与对照药剂硝磺草酮基本一致, 且在 225 g/hm² 下的总草防效与硝磺草酮 150 g/hm² 剂

表 5 ZJ10361 在玉米田药后 30 d 杂草鲜重防效 (%)

Table 5 Weeds fresh weight efficacy of ZJ10361 in maize 30 days after treatment						
处理 Treatments	有效剂量 Dosage, a.i./ (g/hm ²)	通泉草 <i>M. japonicus</i>	反枝苋 <i>A. retroflexus</i>	石胡荽 <i>C. minima</i>	牛筋草 <i>E. indica</i>	总草 Total weeds
ZJ10361	75	69.7 g	71.3 e	70.5 g	0.7 g	55.6 g
	105	76.9 f	80.5 d	77 f	2.3 g	61.4 f
	150	85.7 d	87.3 c	86.3 d	40.3 f	80.3 d
	225	90.3 c	92.6 b	95.7 bc	63.4 e	86.9 c
	300	95.1 b	100 a	100 a	75.6 c	95.6 ab
硝磺草酮 Mesotrione	75	80.1 e	81.3 d	82.1 e	63.6 e	76.8 e
	105	85.9 d	87.9 c	88.6 cd	67.9 d	83.6 cd
	150	90.8 c	92.3 b	91.6 c	73.7 cd	88.9 c
	225	95.9 b	98.9 ab	97.3 b	82.7 b	94.6 b
	300	100 a	100 a	99.8 ab	89.3 a	97.8 a

注：数据后不同字母表示其在 $P=0.05$ 水平差异显著。
Note: The different letters after data are significantly different at 5% level.

量处理无显著性差异。温室内玉米安全性研究发现, ZJ10361 在有效剂量 150~300 g/hm² 下对杂交玉米、糯玉米和甜玉米 3 个品系均具有较好的安全性, 但当剂量提高到 450~600 g/hm² 时则有不同程度药害; 且不同品种间存在一定差异, 其中, 糯玉米科糯 986 安全性最好, 其次为杂交玉米掖单 13, 甜玉米华珍最为敏感。选择性试验表明, ZJ10361 在目标作物玉米和玉米田杂草反枝苋、鳢肠之间的选择性系数为 4.0~4.5, 具有较好的选择性。可见, ZJ10361 在玉米田作为防除阔叶杂草除草剂应用, 有一定开发潜力。

本研究仅对 ZJ10361 的生物活性进行了一定探索研究, 后续还需要对其中试合成工艺、作用特性、多点多因子田间试验、药剂残留和环境毒理学等一系列工作进行研究, 从而全面评价该化合物的开发应用前景。另外, 该化合物与商品化除草剂硝磺草酮相比, 同等剂量下的杂草防效低于硝磺草酮。今后还需要对该系列化合物继续进行结构优化, 以寻求构效关系最优的活性结构。

参考文献(Reference):

[1] 周蕴赆, 李正名. HPPD抑制剂类除草剂作用机制和研究进展[J]. 世界农药, 2013, 35(1): 1-7.
ZHOU Y Y, LI Z M. Recent advances in 4-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase (HPPD) inhibitors[J]. World Pest, 2013, 35(1): 1-7.

[2] 吴彦超, 胡方中, 杨华铮. HPPD抑制剂的研究进展[J]. 农药学报, 2001, 3(3): 1-10.
WU Y C, HU F Z, YANG H Z. Research development on the inhibitors of 4-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase[J]. Chin J Pest Sci, 2001, 3(3): 1-10.

[3] 柏亚罗, 陈燕玲. 除草剂硝磺草酮的应用与开发进展[J]. 现代农药, 2016, 15(2): 42-47.
BAI Y L, CHEN Y L. Progress on application and development of

mesotrione as a herbicide[J]. Mod Agrochem, 2016, 15(2): 42-47.

[4] 苏少泉. HPPD抑制性除草剂的作用机制与品种 Pyrasulfotole 的开发[J]. 农药研究与应用, 2010, 14(6): 1-4.
SU S Q. The mode of action of HPPD inhibitors and development of new herbicide Pyrasulfotole[J]. Agrochem Res Appl, 2010, 14(6): 1-4.

[5] FREIGANG J, LABER B, LANGE G, et al. The biochemistry of pyrasulfotole[J]. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer, 2008, 61: 15-28.

[6] 许天明, 彭伟立, 徐小燕. 一种带醚结构的取代的苯基酮类化合物、其制备方法及应用: 201611258990.4[P]. 2016-12-30.
XU T M, PENG W L, XU X Y. Substituted aryl-ketone derivatives with ether containing, preparation methods and uses thereof: 201611258990.4[P]. 2016-12-30.

[7] STREIBIG J C. Herbicide bioassay[M]. London: CRC Press. Inc., 1993: 7-28.

[8] 农药室内生物测定试验准则除草剂 第4部分: 活性测定试验 茎叶喷雾法: NY/T 1155.4—2006[S]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
Pesticides guidelines for laboratory bioactivity tests Part 4: Foliar spray application test for herbicide activity: NY/T 1155.4—2006[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2007.

[9] 农药室内生物测定试验准则除草剂 第8部分: 作物的安全性试验 茎叶喷雾法: NY/T 1155.8—2007[S]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
Guideline for laboratory bioassay of pesticides Part 8: foliar application test for herbicide crop safety evaluation: NY/T 1155.8—2007[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2007.

[10] 唐启义. DPS 数据处理系统[M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 2010.
TANG Q Y. DPS data processing system[M]. 2nd ed. Beijing: Science Press, 2010.

[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 rapeseeds[J]. Acta Phytophylacica Sinica, 2006, 33(3): 328-332.

[12] 农药田间药效试验准则(一) 除草剂防治玉米地杂草: GB/T 17980.42—2000[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
Pesticide-Guidelines for the field efficacy trials (I)-herbicides against weeds in maize: GB/T 17980.42—2000[S]. Beijing: Standards Press of China, 2000.

(责任编辑: 金淑惠)