

技术与应用

Technology & Application

双唑草腈的除草活性及对水稻的安全性

徐 蓬^{1,2}, 吴佳文³, 王红春², 汪亚雄^{1,4}, 田子华³, 娄远来^{1,2*}

(1. 南京农业大学植物保护学院, 南京 210095; 2. 江苏省农业科学院植物保护研究所, 南京 210014;

3. 江苏省植物保护植物检疫站, 南京 210013; 4. 南京农业大学生命科学学院, 南京 210095)

摘要 本文采用室内整株生测法测定了 1.8% 双唑草腈颗粒剂的除草活性及对不同水稻品种的安全性。在杂草出苗前、1 叶期和 2 叶期以有效成分 145.8 g/hm² 的剂量撒施 1.8% 双唑草腈颗粒剂对水稻田常见杂草稗草、鸭舌草、耳叶水荇和异型莎草的鲜重抑制率均在 92% 以上, 药后 3 d 杂草表现叶片干枯、黄化、僵苗等中毒症状, 其见效速度明显快于对照药剂 25 g/L 五氟磺草胺油悬浮剂。在水稻播后苗前或 1 叶期施用, 其在‘南粳 9108’(粳稻)、“K 两优 10”(杂交稻)和稗草间的选择性指数均大于 4, 对水稻安全。

关键词 双唑草腈; 水稻; 除草活性; 安全性

中图分类号: S 451.2 **文献标识码:** B **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2017.05.033

Herbicidal activity of pyraclonil to the weeds in rice fields and its safety to rice

Xu Peng^{1,2}, Wu Jiawen³, Wang Hongchun², Wang Yaxiong^{1,4}, Tian Zihua³, Lou Yuanlai^{1,2}

(1. College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Institute of Plant Protection, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 3. Jiangsu Plant Protection and Plant Quarantine Station, Nanjing 210013, China; 4. College of Life Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract The herbicidal activity and the safety of pyraclonil were determined through whole plant bioassay in greenhouse. Three days after treatment, the fresh weight of barnyardgrass [*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.], monochoria [*Monochoria vaginalis* (Burm. f.) Kunth], sand ammannia (*Ammannia arenaria* H. B. K.), and smallflower umbrella (*Cyperus difformis* L.) were reduced more than 92% when treated by pyraclonil 1.8% granules at the dose of 145.8 g/hm² at preemergence after sowing, one leaf stage, and two leaf stage. Pyraclonil caused a faster phototoxic effect than 25 g/L penoxulam OD. The selective index of pyraclonil used between rice [‘Nanjing 9108’ (*Japonica* rice), ‘K Liangyou 10’ (*Indica*-hybrid rice)] and *E. crusgalli* (L.) Beauv. at preemergence after sowing or one leaf stage were greater than 4, suggesting that pyraclonil is safe to rice plants.

Key words pyraclonil; rice; herbicidal activity; safety

双唑草腈(pyraclonil)是由德国拜耳公司发现的具有吡唑并吡啶环结构的原卟啉原氧化酶(PPO)抑制剂^[1]。原卟啉原氧化酶可催化原卟啉原 IX 氧化为原卟啉 IX, 原卟啉 IX 进一步在镁螯合酶的作用下生成叶绿素。当 PPO 活性被抑制后, 原卟啉原 IX 无法氧化生成原卟啉 IX, 光诱导产生的过氧化作用破坏细胞成分, 造成细胞渗漏、光合作用受阻, 细胞与细胞器干枯并迅速解体, 最终导致植物死亡^[2]。双唑草腈对水稻、环境安全, 残效期适中, 对后茬作

物无影响^[3]。双唑草腈对稗草 *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.、雨久花 *Monochoria korsakowii*、陌上菜 *Lindernia procumbens* (Krock.) Philcox、野慈姑 *Sagittaria trifolia* L.、萤蔺 *Scirpus juncooides* Roxb.、牛毛毡 *Heleocharis yokoscensis* (Franch. et Savat.) Tang et Wang、野荸荠 *Heleocharis plantagineiformis* Tang et Wang 等杂草有很高的活性, 并可有效防除对磺酰脲类除草剂具有抗(耐)药性的杂草^[4-5]。

收稿日期: 2016-11-01 修订日期: 2017-02-04

基金项目: 江苏省农业三新工程项目[SXGC(2015)293]

* 通信作者 E-mail: Louyl@jaas.ac.cn

现阶段,对乙酰乳酸合成酶(ALS)抑制剂类除草剂产生抗药性的稻田杂草发生蔓延迅速,对水稻的安全生产构成了严重威胁。PPO 抑制剂类除草剂可有效防除抗 ALS 抑制剂类除草剂的多种杂草,在抗性杂草治理中具有广阔的应用前景^[6]。但是,有关该药剂对我国水稻田常见杂草的生物活性及其对不同水稻品种的安全性尚未见报道。有鉴于此,本试验对双唑草腈的除草活性及其对不同水稻品种的安全性进行了研究。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.8%双唑草腈颗粒剂(GR)由武汉圣田化学有限责任公司生产;25 g/L 五氟磺草胺油悬浮剂(OD)由美国陶氏益农有限公司生产。

‘南粳 9108’(粳稻)和‘K 两优 10’(杂交稻),均由江苏省农业科学院粮食作物研究所提供。

稗草 *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. 和鸭舌草 *Monochoria vaginalis* (Burm. f.) Kunth 种子,2015 年 10 月采集于江苏省农业科学院休闲田;耳叶水苋 *Ammannia arenaria* H. B. K. 和异型莎草 *Cyperus difformis* L. 种子,2015 年 10 月采集于江苏省兴化市城东镇联发村稻田。杂草种子采集后 25℃左右室温自然风干,装入纸袋,室温保存待用。

1.2 试验方法

1.2.1 1.8%双唑草腈 GR 对稻田主要杂草的活性试验

1.8%双唑草腈 GR 对稻田主要杂草的生物活性测定采用室内整株生测法进行。供试土壤为马肝土,pH 6.7,有机质含量 1.6%,风干过筛后备用。在塑料培养钵(底部打孔,直径 11 cm×高 8 cm)中装 4/5 高度的风干马肝土,置于塑料周转箱内,底部加水,土壤自培养钵底部渗透吸水至充分饱和。培养钵分期均匀播种等量供试杂草种子,播后根据种子大小覆盖约 0.2~1.0 cm 细土,置于日光温室培养,平均光照时间 12 h/d,白天温度(28±4)℃,晚上温度(18±4)℃。隔天补充水分保持土壤湿润。待出苗整齐时稗草定苗至 15 株/钵,异型莎草 25 株/钵,鸭舌草和耳叶水苋 8 株/钵。

称取相应质量的 1.8%双唑草腈 GR 分别于出苗前、1 叶期、2 叶期和 3 叶期采用撒施法撒入培养钵内。施药前将底部打孔的培养钵置于未打孔的培养钵内,以便培养钵内保持相应水层。对出苗前和 1 叶期杂草施药时,培养钵内保持 0.1~0.2 cm 的水层;2 叶期和 3 叶期的杂草施药时,培养钵内保持

0.3~0.5 cm 的水层。25 g/L 五氟磺草胺 OD 采用 3WPSH—500D 型生测喷雾塔喷施,喷施圆盘直径 50 cm,主轴转动速度为 6 r/min,喷头孔径 0.3 mm,喷雾压力 300 000 Pa,雾滴直径 100 μm,喷头流量 90 mL/min。25 g/L 五氟磺草胺 OD 施药时期分别为杂草出苗前、1 叶期、2 叶期和 3 叶期。1.8%双唑草腈 GR 剂量设计为有效成分含量 0、97.2、145.8、194.4 g/hm²,对照药剂 25 g/L 五氟磺草胺 OD 剂量设计为有效成分含量 0、30 g/hm²。

药后不同时间观察杂草的生长情况。药后 18 d 调查杂草株数及其地上部分鲜重,每处理 4 次重复。

1.2.2 1.8%双唑草腈 GR 对水稻的选择性指数测定

1.8%双唑草腈 GR 对水稻的选择性指数测定采用室内整株生测法。供试水稻为‘南粳 9108’(粳稻)和‘K 两优 10’(杂交稻),杂草为稗草。水稻和稗草种子在室温条件下清水浸泡 24 h 后置于光照培养箱(L//D=12 h//12 h,光照时温度为 30℃,黑暗时温度为 25℃,光照强度 8 000 lx)催芽 2 d,挑选芽长为种子纵长的一半、根长与种子纵长等长的水稻和稗草标准芽播种,培养钵分期均匀播种等量供试水稻和稗草标准芽,播后根据种子大小覆盖约 0.5~1.0 cm 细土。培养方法同 1.2.1。待水稻和稗草出苗整齐时定苗至 15 株/钵。

在水稻和稗草的出苗前、1 叶期和 2 叶期时称取相应质量的 1.8%双唑草腈 GR 采用撒施法撒入培养钵内。施药方法同 1.2.1。1.8%双唑草腈 GR 对水稻的安全性施用有效剂量设计为 0、48.6、97.2、145.8、194.4、291.6 g/hm²,1.8%双唑草腈 GR 对稗草的防效施用有效剂量设计为 0、24.3、48.6、97.2、145.8、194.4 g/hm²。

药后观察水稻和稗草的生长情况。药后 18 d 调查水稻和稗草的株数、众高(一组水稻高度中出现次数最多的株高)、地上部分鲜重(剪取每钵植株的地上部分称量鲜重,每钵植株鲜重为一个试验基本单元)。每处理 4 次重复。

1.3 数据统计与分析

采用 Excel 软件计算水稻和杂草的株数、众高和鲜重抑制率或防效。

防治效果(%)=

$$\frac{\text{对照的杂草鲜重} - \text{药剂处理的杂草鲜重}}{\text{对照的杂草鲜重}} \times 100;$$

水稻鲜重抑制率(%)=

$$\frac{\text{对照水稻鲜重} - \text{药剂处理水稻鲜重}}{\text{对照水稻鲜重}} \times 100。$$

利用 IBM SPSS Statistics (Version 20) 软件采用药剂浓度对数—除草效果的几率值计算药剂除草活性的回归方程和除草效果达 90% 的剂量 (ED_{90})^[7]。选择性指数的计算公式如下:

选择性指数(I)= C/W

其中, C —作物的 ED_{10} ; W —杂草的 ED_{90} 。以选择性指数的大小来确定双唑草腈对 2 种水稻的安全性。选择性指数大于 4 时,表明除草剂对水稻安全。

利用 IBM SPSS Statistics (Version 20) 软件进行方差分析 (LSD 法, $P=0.05$)。

2 结果与分析

2.1 1.8%双唑草腈 GR 对稻田主要杂草的生物活性

2.1.1 1.8%双唑草腈 GR 对稗草的生物活性

药后 1 d, 1~3 叶期施用 1.8%双唑草腈 GR 的所有处理的稗草叶片基部均干枯。药后 7 d, 1~3

叶期撒施 1.8%双唑草腈 GR 的稗草部分叶片完全干枯, 低叶龄高剂量处理稗草死亡迹象明显; 1~3 叶期用 25 g/L 五氟磺草胺 OD 30 g/hm² 进行喷雾处理的稗草株高明显受抑制, 叶片明显黄化。药后 14 d, 3 叶期进行 1.8%双唑草腈 GR 撒施处理的稗草倒数第 2 片叶均枯死, 部分植株能抽出新的心叶, 但心叶扭曲, 而播后苗前、1 叶期和 2 叶期施药的稗草基本枯死; 1 叶期以 30 g/hm² 喷施 25 g/L 五氟磺草胺 OD 的稗草药后 14 d 基本枯死, 而播后苗前、2 叶期和 3 叶期喷施对照药剂的稗草株高明显受到抑制。药后 18 d, 1.8%双唑草腈 GR 145.8、194.4 g/hm² 处理对 3 叶期施药的稗草抑制作用明显, 其对稗草地上部分的鲜重防效在 64%~75% 之间, 这两个剂量对出苗前~2 叶期施药的稗草的防效均达 90% 以上; 而对照药剂 25 g/L 五氟磺草胺 OD 30 g/hm² 在药后 18 d 对 1 叶期和 2 叶期施药的稗草防效在 85% 以上, 对出苗前和 3 叶期施药的稗草防效均在 85% 以下 (表 1)。

表 1 不同时期撒施 1.8%双唑草腈 GR 对稗草的株防效和鲜重防效¹⁾

Table 1 Effect of pyraclonil 1.8% GR applying at different leaf stage on the shoot number and fresh shoot biomass of *Echinochloa crusgalli*

处理 Treatment	用量/ g · (hm ²) ⁻¹ Dosage	播后苗前 Pre-emergence after sowing		1 叶期 One-leaf stage		2 叶期 Two-leaf stage		3 叶期 Three-leaf stage	
		株防效/%	鲜重防效/%	株防效/%	鲜重防效/%	株防效/%	鲜重防效/%	株防效/%	鲜重防效/%
		Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control
		efficacy on plant number	efficacy on shoot fresh weight	efficacy on plant number	efficacy on shoot fresh weight	efficacy on plant number	efficacy on shoot fresh weight	efficacy on plant number	efficacy on shoot fresh weight
1.8%双唑草腈 GR	97.2	96.74 a	98.23 a	99.67 b	99.83 a	87.82 b	94.71 a	35.41 c	57.84 d
1.8% pyraclonil GR	145.8	100 a	100 a	100 a	100 a	93.65 a	96.77 a	57.03 b	64.38 c
	194.4	100 a	100 a	100 a	100 a	95.29 a	97.73 a	60.54 b	75.34 b
25 g/L 五氟磺草胺 OD	30	84.78 b	84.24 b	99.67 b	99.93 a	88.24 b	96.94 a	80.54 a	84.57 a
25 g/L penoxsulam OD									
CK*	—	(23)	(1.98)	(74.75)	(10.47)	(25.5)	(22.03)	(27.75)	(31.11)

1) * CK 为每钵杂草的株数 (株/钵), 或每钵杂草的鲜重 (g/钵)。下同。
The number in CK lines represent the number of weeds per pot (number/pot) or fresh weight of weeds per pot (g/pot). The same below.

2.1.2 1.8%双唑草腈 GR 对鸭舌草的生物活性

药后 2 d, 经 1.8%双唑草腈 GR 97.2~194.4 g/hm² 剂量处理后, 1~3 叶期施药的鸭舌草表现出枯黄、僵苗等中毒症状, 其见效速度明显快于 25 g/L 五氟磺草胺 OD 30 g/hm² 处理。药后 5 d, 1.8%双唑草腈 GR 97.2~194.4 g/hm² 处理后, 1~3 叶期施药的鸭舌草中毒症状加重, 部分植株枯死; 对照药剂 25 g/L 五氟磺草胺 OD 30 g/hm² 处理后, 播后苗前和 1 叶期施药的鸭舌草表现枯黄、僵苗等中毒症状。药后 18 d, 1.8%双唑草腈 GR 97.2~194.4 g/hm² 处理对播后苗前~3 叶期施药的鸭舌草的株防效、鲜重防效都达到 100%, 与对照药剂 25 g/L 五氟磺草胺 OD 30 g/hm² 处理防效 (不同叶龄处理对鸭舌

草的株防效和鲜重防效均为 100%) 相当。

2.1.3 1.8%双唑草腈 GR 对耳叶水苋的生物活性

药后 3 d, 经 1.8%双唑草腈 GR 97.2~194.4 g/hm² 撒施处理后, 1~3 叶期施药的耳叶水苋的叶片出现细小白色枯斑、僵苗等中毒症状, 其见效速度明显快于对照药剂 25 g/L 五氟磺草胺 OD 30 g/hm² 处理。药后 5 d, 1.8%双唑草腈 GR 97.2~194.4 g/hm² 处理下, 1~3 叶期施药的耳叶水苋中毒症状加重, 叶片白化、枯死; 对照药剂 25 g/L 五氟磺草胺 OD 30 g/hm² 喷施处理的耳叶水苋出现僵苗。药后 14 d, 1.8%双唑草腈 GR 97.2~194.4 g/hm² 处理后, 播后苗前~3 叶期施药的耳叶水苋植株基本枯死; 对照药剂 25 g/L 五氟磺草胺 OD 30 g/hm² 喷施处理后, 播

后苗前~3 叶期施药的耳叶水苋明显僵苗。药后 18 d,1.8%双唑草腈 GR 97.2~194.4 g/hm² 处理对播后苗前~3 叶期施药的耳叶水苋的株防效、鲜重防效都达到 100%;对照药剂 25 g/L 五氟磺草胺 OD 30 g/hm² 处理对播后苗前~3 叶期施药的耳叶水苋也有较好的鲜重防效,但药效表现较慢(表 2)。

表 2 不同时期撒施 1.8%双唑草腈 GR 对耳叶水苋的株防效和鲜重防效

Table 2 Effect of pyraclonil 1.8% GR applying at different leaf stage on the shoot number and fresh shoot biomass of *Ammannia arenaria*

处理 Treatment	用量/ g·(hm ²) ⁻¹ Dosage	播后苗前 Pre-emergence after sowing		1 叶期 One-leaf stage		2 叶期 Two-leaf stage		3 叶期 Three-leaf stage	
		株防效/%	鲜重防效/%	株防效/%	鲜重防效/%	株防效/%	鲜重防效/%	株防效/%	鲜重防效/%
		Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control
		efficacy on plant number	efficacy on shoot fresh weight	efficacy on plant number	efficacy on shoot fresh weight	efficacy on plant number	efficacy on shoot fresh weight	efficacy on plant number	efficacy on shoot fresh weight
1.8%双唑草腈 GR	97.2	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	93.62 b	96.27 b
1.8% pyraclonil GR	145.8	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
	194.4	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
25 g/L 五氟磺草胺 OD	30	100 a	100 a	100 a	100 a	93.18 b	96.36 a	85.11 c	94.74 b
25 g/L penoxsulam OD									
CK	—	(20.75)	(0.13)	(11.00)	(0.14)	(11.75)	(0.55)	(11.75)	(2.48)

2.1.4 1.8%双唑草腈 GR 对异型莎草的生物活性

药后 3 d,1.8%双唑草腈 GR 97.2~194.4 g/hm² 撒施处理下,1~3 叶期施药的异型莎草表现黄化、僵苗等中毒症状,而对照药剂 25 g/L 五氟磺草胺 OD 30 g/hm² 处理无明显变化。药后 7 d,1.8%双唑草腈 GR 各剂量处理下,1~3 叶期施药的异型莎草出现枯黄、部分植株枯死,对照药剂 25 g/L 五氟磺草胺 OD 30 g/hm² 处理的异型莎草出现黄化、僵苗等

中毒症状。药后 14 d,1.8%双唑草腈 GR 194.4 g/hm² 处理下,不同叶龄施药的异型莎草均枯死;对照药剂 25 g/L 五氟磺草胺 OD 30 g/hm² 处理的异型莎草死苗也较严重。药后 18 d,1.8%双唑草腈 GR 各剂量对播后苗前~3 叶期施药的异型莎草的株防效和鲜重防效均达 100%,对照药剂 25 g/L 五氟磺草胺 OD 30 g/hm² 处理的株防效和鲜重防效达 98%以上(表 3)。

表 3 不同时期撒施 1.8%双唑草腈 GR 对异型莎草的株防效和鲜重防效

Table 3 Effect of pyraclonil 1.8% GR applying at different leaf stage on the shoot number and fresh shoot biomass of *Cyperus difformis*

处理 Treatment	用量/ g·(hm ²) ⁻¹ Dosage	播后苗前 Pre-emergence after sowing		1 叶期 One-leaf stage		2 叶期 Two-leaf stage		3 叶期 Three-leaf stage	
		株防效/%	鲜重防效/%	株防效/%	鲜重防效/%	株防效/%	鲜重防效/%	株防效/%	鲜重防效/%
		Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control
		efficacy on plant number	efficacy on shoot fresh weight	efficacy on plant number	efficacy on shoot fresh weight	efficacy on plant number	efficacy on shoot fresh weight	efficacy on plant number	efficacy on shoot fresh weight
1.8%双唑草腈 GR	97.2	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
1.8% pyraclonil GR	145.8	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
	194.4	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
25 g/L 五氟磺草胺 OD	30	100 a	100 a	100 a	100 a	99.19 a	99.38 a	98.46 a	99.56 a
25 g/L penoxsulam OD									
CK	—	(106.75)	(1.41)	(233.75)	(3.94)	(246.00)	(4.61)	(268.12)	(5.34)

2.2 1.8%双唑草腈 GR 对两种水稻的安全性

2.2.1 播后苗前施药对两种水稻的安全性

播后苗前用 1.8%双唑草腈 GR 24.3~291.6 g/hm² 处理的‘南粳 9108’(粳稻)和‘K 两优 10’(杂交稻)药后 4 d 出苗正常,但 291.6 g/hm² 处理的部分稻苗叶尖和叶边缘出现轻微干枯。播后苗前用药的稗草出苗正常,但出苗后叶尖及叶边缘干枯。药后 7 d,1.8%双唑草腈 GR 291.6 g/hm² 处

理的‘南粳 9108’和‘K 两优 10’部分植株叶尖及叶边缘干枯;稗草基本枯死。药后 18 d,1.8%双唑草腈 GR 291.6 g/hm² 处理的‘南粳 9108’和‘K 两优 10’长势稍弱于对照。194.4 g/hm² 及其以下剂量对‘南粳 9108’和‘K 两优 10’的众高及地上部分鲜重的抑制率均低于 10%;194.4、291.6 g/hm² 两个剂量稗草的株数、众高及地上部分鲜重的抑制率达 100%(表 4)。

表 4 播后苗前施用 1.8%双唑草腈 GR 对水稻和稗草生长的影响(药后 18 d)¹⁾

Table 4 Effects of pyraclonil 1.8% GR applying at pre-emergence on the growth of rice and *Echinochloa crusgalli* (18 days after application)

处理/ g·(hm ²) ⁻¹ Treatment	南粳 9108 Nanjing 9108			K 两优 10 K Liangyou 10			稗草 <i>E. crusgalli</i>		
	株数抑制率/% Control efficacy on plant number	众高抑制率/% Control efficacy on plant height	鲜重抑制率/% Control efficacy on fresh weight	株数抑制率/% Control efficacy on plant number	众高抑制率/% Control efficacy on plant height	鲜重抑制率/% Control efficacy on fresh weight	株数抑制率/% Control efficacy on plant number	众高抑制率/% Control efficacy on plant height	鲜重抑制率/% Control efficacy on fresh weight
24.3	—	—	—	—	—	—	45.86 d	41.74 d	45.87 c
48.6	0 b	1.18 b	0 b	0 b	3.78 b	0 a	73.75 c	72.46 c	74.98 b
97.2	2.7 b	1.28 b	1.11 b	0 b	7.92 b	0 a	87.41 b	82.35 b	93.47 a
145.8	5.41 b	2.44 b	3.68 b	2.70 b	7.90 b	2.5 a	100 a	100 a	100 a
194.4	8.11 b	9.67 b	5.33 b	8.11 b	9.29 b	7.88 a	100 a	100 a	100 a
291.6	13.51 a	16.81 a	10.53 a	10.81 a	11.18 a	9.35 a	—	—	—
CK	(9.25)	(17.34)	(0.10)	(9.25)	(18.65)	(0.18)	(8.00)	(20.27)	(0.22)

1) CK 为每钵水稻或杂草的株数(株/钵),或每钵水稻或杂草的众高(cm),或每钵水稻或杂草的鲜重(g/钵)。下同。
The number in CK lines represent the number of weeds per pot (number/pot), or average height, or fresh weight of weeds per pot (g/pot). The same below.

2.2.2 1 叶期施药对两种水稻的安全性

1 叶期用 1.8%双唑草腈 GR 撒施处理,药后 1 d,‘南粳 9108’和‘K 两优 10’无明显变化,稗草叶片的基部枯萎。药后 4 d,1.8%双唑草腈 GR 291.6 g/hm² 撒施处理的‘南粳 9108’和‘K 两优 10’部分叶片的叶尖及边缘出现枯黄、轻微干枯症状;稗草的心叶枯死,倒数第 2 叶基本完全干枯,植株基部呈黑褐色。药后 7 d,1.8%双唑草腈 GR 291.6 g/hm² 处理的‘南粳 9108’和‘K 两优 10’的株高稍低于空

白对照,稗草基本枯死。药后 14 d,1.8%双唑草腈 GR 194.4、291.6 g/hm² 撒施处理的‘南粳 9108’和‘K 两优 10’长势稍差于对照;而 97.2、145.8 g/hm² 处理的稗草部分植株抽出细弱心叶,心叶稍扭曲。药后 18 d,1.8%双唑草腈 GR 145.8 g/hm² 及其以下剂量对‘南粳 9108’和‘K 两优 10’的株数、众高及地上部分鲜重的抑制率均在 12%以下,而 48.6 g/hm² 及其以上剂量对稗草的株数、众高及地上部分鲜重的抑制率达 80%以上(表 5)。

表 5 1 叶期施用 1.8%双唑草腈 GR 对水稻和稗草生长的影响(药后 18 d)

Table 5 Effects of pyraclonil 1.8% GR applying at one-leaf stage on the growth of rice and *Echinochloa crusgalli* (18 days after application)

处理/ g·(hm ²) ⁻¹ Treatment	南粳 9108 Nanjing 9108			K 两优 10 K Liangyou 10			稗草 <i>E. crusgalli</i>		
	株数抑制率/% Control efficacy on plant number	众高抑制率/% Control efficacy on plant height	鲜重抑制率/% Control efficacy on fresh weight	株数抑制率/% Control efficacy on plant number	众高抑制率/% Control efficacy on plant height	鲜重抑制率/% Control efficacy on fresh weight	株数抑制率/% Control efficacy on plant number	众高抑制率/% Control efficacy on plant height	鲜重抑制率/% Control efficacy on fresh weight
24.3	—	—	—	—	—	—	40.51 c	60.51 c	57.68 c
48.6	2.08 b	2.47 c	1.05 b	0 b	—5.95 c	—0.17 b	83.59 b	88.88 b	82.13 b
97.2	4.17 b	7.00 c	1.74 b	0 b	—1.19 c	2.68 b	85.49 b	92.76 a	97.65 a
145.8	4.17 b	11.97 b	3.98 b	0 b	6.70 c	7.42 b	94.87 a	95.87 a	98.26 a
194.4	12.5 a	13.57 b	9.85 b	4.17 b	14.35 b	9.87 b	100 a	100 a	100 a
291.6	12.5 a	29.45 a	16.78 a	10.42 a	22.31 a	15.45 a	—	—	—
CK	(12.00)	(33.37)	(0.66)	(12.00)	(26.42)	(0.87)	(9.75)	(38.11)	(2.28)

2.2.3 2 叶期施药对两种水稻的安全性

2 叶期采用 1.8%双唑草腈 GR 撒施处理,药后 1 d,‘南粳 9108’和‘K 两优 10’无明显变化,稗草叶片基部出现枯萎症状。药后 4 d,1.8%双唑草腈 GR 194.4、291.6 g/hm² 处理下,‘南粳 9108’和‘K 两优 10’部分叶片基部出现枯黄、轻微干枯症状;稗草心叶枯死,倒数第 2 张叶片基本完全干枯,植株基部呈黑褐色。药后 7 d,1.8%双唑草腈 GR 194.4、291.6 g/hm² 处理下,‘南粳 9108’和‘K 两优 10’的众高低于空白对照,48.6

g/hm² 及以上剂量处理后稗草基本完全枯死。药后 18 d,1.8%双唑草腈 GR 97.2 g/hm² 对‘南粳 9108’的株数、众高及地上部分鲜重的抑制率达 11%以上,对‘K 两优 10’的株数、众高及地上部分鲜重的抑制率达 8%以上。145.8 g/hm² 及以上剂量对稗草的株数、众高及地上部分鲜重的抑制率达 85%以上(表 6)。

2.3 1.8%双唑草腈 GR 在水稻和稗草间的选择性指数

在稗草出苗前、1 叶期和 2 叶期撒施 1.8%双唑

草腈 GR,药后 18 d,1.8%双唑草腈 GR 对稗草地上部分鲜重的 ED₉₀ 分别为 51.98、53.51、55.89 g/hm²,对不同叶龄稗草的生物活性由高到低依次为:出苗前>1 叶期>2 叶期(表 7)。

在水稻出苗前、1 叶期撒施 1.8%双唑草腈 GR,药后 18 d,1.8%双唑草腈 GR 在水稻(‘南粳 9108’和‘K 两优 10’)和稗草间的选择性指数均大于 4;在水稻 2 叶期撒施 1.8%双唑草腈 GR,其选择性指数大于 3.5,表明播后苗前和 1 叶期施用的安全性优于 2 叶期(表 8)。

表 6 2 叶期施用 1.8%双唑草腈 GR 对水稻和稗草生长的影响(药后 18 d)

Table 6 Effects of pyraclonil 1.8% GR applying at two-leaf stage on the growth of rice and *Echinochloa crusgalli* (18 days after application)

处理/ g • (hm ²) ⁻¹ Treatment	南粳 9108 Nanjing 9108			K 两优 10 K Liangyou 10			稗草 <i>E. crusgalli</i>		
	株数抑制率/% Control efficacy on plant number	众高抑制率/% Control efficacy on plant height	鲜重抑制率/% Control efficacy on fresh weight	株数抑制率/% Control efficacy on plant number	众高抑制率/% Control efficacy on plant height	鲜重抑制率/% Control efficacy on fresh weight	株数抑制率/% Control efficacy on plant number	众高抑制率/% Control efficacy on plant height	鲜重抑制率/% Control efficacy on fresh weight
24.3	—	—	—	—	—	—	21.04 c	33.47 b	57.54 b
48.6	3.12 b	4.86 c	1.68 c	2.08 c	4.25 b	0.04 b	35.14 c	45.56 b	83.67 a
97.2	5.26 b	10.34 c	2.00 c	4.17 c	7.54 b	2.45 b	67.57 b	67.41 b	92.14 a
145.8	6.03 b	15.68 b	4.00 c	8.33 c	8.37 b	6.56 b	86.49 a	85.47 a	98.36 a
194.4	14.56 a	17.89 b	11.23 b	18.75 b	9.09 b	8.32 b	89.19 a	86.19 a	100 a
291.6	15.86 a	32.58 a	18.56 a	23.78 a	13.01 a	16.23 a	—	—	—
CK	(9.50)	(30.35)	(5.11)	(12.00)	(25.97)	(0.99)	(9.25)	(40.78)	(2.53)

表 7 不同时期施用 1.8%双唑草腈 GR 对稗草地上部分鲜重的毒力(药后 18 d)

Table 7 Bioactivity of pyraclonil 1.8% GR applying at different leaf time on the fresh weight of aerial part of *Echinochloa crusgalli* (18 d after treatment)

施药叶期 Leaf stage	回归方程 Equation	相关系数(R ²) Correlation coefficient	ED ₉₀ / g • (hm ²) ⁻¹	95%置信区间/g • (hm ²) ⁻¹ 95% Confidence interval
播后苗前 Pre-emergence after sowing	y=6.081 5x-4.153 5	0.919 5	51.98	34.13~79.16
1 叶期 One-leaf stage	y=4.370 2x-1.272 0	0.875 0	53.50	31.32~91.41
2 叶期 Two-leaf stage	y=4.270 4x-1.180 3	0.847 9	55.89	30.93~100.97

表 8 不同时间撒施 1.8%双唑草腈 GR 对水稻和稗草的选择性指数¹⁾

Table 8 Effect of applying time of herbicide on selective index of pyraclonil 1.8% GR between rice and *Echinochloa crusgalli* (18 d after treatment)

施药叶期 Leaf stage	水稻品种 Rice variety	毒力回归方程 Equation	相关系数(R ²) Correlation coefficient	ED ₁₀ / g • (hm ²) ⁻¹	95%置信区间/g • (hm ²) ⁻¹ 95% Confidence interval	选择性指数* Selectivity index
播后苗前 Pre-emergence after sowing	南粳 9108	y=4.702 0x-7.348 6	0.929 0	225.78	156.15~326.47	4.34
	Nanjing 9108					
	K 两优 10					
1 叶期 One-leaf stage	K Liangyou 10	y=5.710 1x-10.034 2	0.895 8	256.15	153.96~426.17	4.93
	南粳 9108	y=1.802 0x-0.502 2	0.959 2	219.87	168.34~287.17	4.11
	Nanjing 9108					
2 叶期 Two-leaf stage	K 两优 10			227.97	140.00~371.19	4.26
	K Liangyou 10	y=6.131 0x-10.737 7	0.886 4			
	南粳 9108	y=1.655 7x-0.092 3	0.941 1	200.28	147.97~271.09	3.58
	Nanjing 9108					
	K 两优 10			201.97	163.94~248.83	3.61
	K Liangyou 10	y=2.986 3x-3.165 8	0.971 0			

1) * 选择性指数以相同叶龄的水稻 ED₁₀/稗草 ED₉₀ 计算所得。
The selective index was rice ED₁₀ value/weed ED₉₀ value in the same leaf age.

3 讨论

1.8%双唑草腈 GR 处理后 3 d,稗草、鸭舌草、耳叶水苋和异型莎草表现枯斑、僵苗等症状,其见效速

度明显快于对照药剂 25 g/L 五氟磺草胺 OD。1.8%双唑草腈 GR 在杂草播后苗前、1 叶期或 2 叶期施用可有效防除稗草、鸭舌草、耳叶水苋和异型莎草,在 3 叶期施用对鸭舌草和耳叶水苋也具有较高的防

效,具有杀草谱广、对水稻安全等优点。

长江中下游地区稻田稗草、鸭舌草、耳叶水苋和异型莎草等多种杂草混生,危害重、杂草发生期长,对水稻生产造成了严重影响。然而,稻田杂草化学防除依然以五氟磺草胺和苄嘧磺隆等 ALS 抑制剂作为主导除草剂品种,单一类型除草剂品种的长期使用导致杂草抗药性蔓延迅速^[7-9]。截至目前,全球已有 159 种杂草对 ALS 抑制剂产生了抗药性,占 19 类化学除草剂总抗药性杂草生物型的近 1/3^[10]。为了减缓抗 ALS 抑制剂杂草的发展蔓延,稻田杂草化学防除急需引入具有不同作用机制的除草剂新品种。双唑草腈作为 PPO 抑制剂类除草剂,具有杀草谱广、低毒、高活性的特点,对水稻安全。目前,国内外尚未发现抗双唑草腈的杂草种群,作用机理独特的双唑草腈可有效防除稻田稗草、鸭舌草、耳叶水苋和异型莎草等多种杂草,并对抗 ALS 抑制剂类除草剂的多种杂草有效,在水稻田推广使用的前景广阔。

参考文献

- [1] Gabriele D, Helga F, Jens G, et al. New substituted pyrazole derivatives, processes for their preparation and their use as

herbicides: WO, 008999[P/OL]. 1994-04-28http://eu-ropepmc.org/patents/PAT/WO9408999.

- [2] 谭效松, 贺红武. 除草剂的作用靶标与作用模式[J]. 农药, 2005, 44(12): 533-537.
- [3] 谭成侠, 潘丽艳, 傅寅翼. 具有除草活性的吡唑类化合物的研究进展[J]. 现代农药, 2009, 8(2): 6-12.
- [4] Yamato S, Sada Y, Ikeda H. Characterization of acetolactate-synthase from sulfonylurea herbicide-resistant *Schoenoplectus juncooides* [J]. Weed Biology and Management, 2013, 13(3): 104-113.
- [5] 张一宾. 水稻田用除草剂双唑草腈(pyraclonil)的研发及其应用普及[J]. 世界农药, 2014, 36(6): 1-3.
- [6] McDougall-Agriservice P. Product section 2012 market[M]. Phillips McDougall-Agriservice, 2012.
- [7] 王红春, 李小艳, 孙宇, 等. 新型除草剂二氯喹啉草酮的除草活性及对水稻的安全性评价[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(1): 67-72.
- [8] 隋标峰, 张朝贤, 崔海兰, 等. 杂草对 AHAS 抑制剂的抗药性分子机理研究进展[J]. 农药学报, 2009, 11(4): 399-406.
- [9] Powles S B, Yu Q. Evolved in action: Plants resistance to herbicides [J]. Plant Biology, 2010, 61: 317-347.
- [10] 张朝贤, 倪汉文, 魏守辉, 等. 杂草抗药性研究进展[J]. 中国农业科学, 2009, 42(4): 1274-1289.
- [11] Heap I. International survey of herbicide resistant weeds [EB/OL]. [2016-08-20]. Http://www. weedsience. com.

(责任编辑: 杨明丽)

征订启事

欢迎订阅 2018 年《中国农业科学》

《中国农业科学》是由农业部主管、中国农业科学院与中国农学会共同主办的综合性学术期刊,是中文核心期刊、中国科技核心期刊、中国精品科技期刊、CSCD Q1 区期刊、中国权威学术期刊 A+期刊、中国最具国际影响力学术期刊,是了解中国农业相关领域科研进展的首选期刊。《中国农业科学》以研究论文、综述、简报等形式报道农牧业基础科学和应用基础科学最新成果。设有作物遗传育种·种质资源·分子遗传学;耕作栽培·生理生化·农业信息技术;植物保护;土壤肥料·节水灌溉·农业生态环境;园艺;食品科学与工程;畜牧·兽医·资源昆虫等栏目。读者对象为国内外农业科研院(所)、大专院校的科研、教学与管理人员。

《中国农业科学》大 16 开,每月 1、16 日出版,国内外公开发行。每期 208 页,定价 49.50 元,全年定价 1188.00 元。国内统一连续出版物号:CN11-1328/S,国际标准连续出版物号:ISSN 0578-1752,邮发代号:2-138,国外代号:BM43。

《中国农业科学》全国各地邮局均可订阅,也可直接向编辑部订购。

邮 编:100081

地 址:北京中关村南大街 12 号《中国农业科学》编辑部

电 话:010-82109808, 82106281

传 真:010-82106247

网 址:www. ChinaAgriSci. com

E-mail: zgnykx@caas. cn

联 系 人: 林鉴非