

双唑草腈的除草活性及对不同水稻品种和 后茬作物的安全性

马国兰, 刘都才*, 刘雪源, 彭亚军, 李巳夫

(湖南省农业科学院植物保护研究所, 长沙 410125)

摘要 双唑草腈(pyraclonil)为原卟啉原氧化酶(PPO)抑制剂,为明确其在水稻田的应用前景,采用室内生物测定法研究了双唑草腈的除草活性及对不同水稻品种的安全性,通过大田试验作了进一步验证,并评价了双唑草腈对水稻及后茬作物的安全性。结果表明,双唑草腈对水稻田禾本科杂草稗草、阔叶杂草鸭舌草均有很好的除草活性。在室内试验中,该药剂对稻田稗草和鸭舌草的 ED_{50} 分别为11.50 g/hm²和8.22 g/hm²,均高于对照药剂丙草胺对稗草和鸭舌草的活性;双唑草腈在3种水稻和稗草之间的选择性指数分别为4.15、3.44和3.73,高于对照药剂;田间试验结果显示,1.8%双唑草腈颗粒剂162、216、324 g/hm²处理在药后20、40 d对稗草、鸭舌草、节节菜及异型莎草的株防效均在98%以上,显著优于对照药剂80%丙炔噁草酮可湿性粉剂和50%丙草胺乳油;双唑草腈对水稻以及三种主要后茬作物小麦、油菜和小白菜安全。研究表明双唑草腈具有很好的应用前景。

关键词 双唑草腈; 水稻; 杀草谱; 生物活性; 安全性; 后茬作物

中图分类号: S 451.21 **文献标识码:** B **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2017.04.039

Evaluation of herbicidal activity of pyraclonil and its safety to rice and following crops

Ma Guolan, Liu Ducai, Liu Xueyuan, Peng Yajun, Li Sifu

(Institute of Plant Protection, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125, China)

Abstract Pyraclonil belonged to protoporphyrinogen oxidase inhibitor. In order to evaluate the application potential of pyraclonil in rice field in China, the herbicidal activity and safety to three rice varieties were investigated in the laboratory and the safety to rice and following crops were determined by field experiments. The results indicated that pyraclonil had high herbicidal activity to gramineous weeds *Echinochloa crusgalli* (barnyardgrass) and broadleaf weeds *Monochoria vaginalis*. In the bioassay test, pyraclonil had high herbicidal activity to *E. crusgalli* and *M. vaginalis* with the ED_{50} value of 11.50 g/hm² and 8.22 g/hm², respectively, significantly higher than that of the control herbicide pretilachlor. The selectivity coefficients of pyraclonil among three rice varieties and barnyardgrass were 4.15, 3.44 and 3.73 for barnyardgrass, respectively, significantly higher than those of pretilachlor. The field experiments showed that the control efficacies against *E. crusgalli*, *M. vaginalis*, *Rotala indica* and *Cyperus difformis* were all above 98% when using 1.8% pyraclonil granules at 162, 216 and 324 g/hm² after treatment for 20 and 40 days, significantly higher than those of 50% pretilachlor emulsifiable concentrates and 80% oxadiargyl wettable powder. Pyraclonil is safe to rice and three main following crops, including wheat, rape and *Brassica chinensis*, therefore, it has an excellent application prospect in rice fields.

Key words pyraclonil; rice; weed spectrum; herbicidal activity; safety; following crop

原卟啉原氧化酶抑制剂类除草剂是近年来发展最快的除草剂品种之一,其作用靶标为原卟啉原氧化酶(protoporphyrinogen oxidase, PPO),通过植物

中原卟啉原氧化酶积累而发挥药效^[1]。由于此类化合物以植物细胞的叶绿素为作用点,因此对动植物具有选择毒性。该类除草剂因具有超高效、低毒的

收稿日期: 2016-08-30

修订日期: 2016-09-25

基金项目: 国家自然科学基金(31201530);公益性行业(农业)科研专项(201303031);国家重点研发项目(2016YFD0200809)

* 通信作者 E-mail: ducailiu@163.com

特点,成为新型除草剂开发的一个重要领域^[2]。

双唑草腈(pyraclonil)是由德国拜耳公司研制、日本农用化学品公司 Kyoyu 农业开发的具有吡唑并吡啶环的新颖结构化合物的水稻田除草剂,化学名称为 1-(3-氯-4,5,6,7-四氢吡唑并[1,5-a]吡啶-2-基)-5-[甲基(丙-2-炔基)氨基]吡唑-4-腈^[3]。该药剂于 2007 年在日本取得登记,随后其单剂及混剂在日本逐渐商品化。至 2013 年,双唑草腈在日本水稻田应用面积达 61.3 万 hm^2 ,占水稻总耕种面积的 38.4%,位居除稗剂之首^[4]。

目前,双唑草腈在我国尚处于登记阶段,有关该药剂对我国水稻田常见杂草的杀草谱及对不同水稻品种的安全性也尚未见报道。鉴于此,本试验对双唑草腈的除草活性及对不同水稻品种的安全性以及双唑草腈在水稻和杂草之间的选择性进行了研究。以期为其在水稻上推广应用及其安全性评价提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试药剂:97.5%双唑草腈(pyraclonil)原药和 1.8%双唑草腈颗粒剂,由湖北相和精密化学有限公司提供;95%丙草胺(pretilachlor)原药,山东京博农化有限公司提供;80%丙炔噁草酮(oxadiargyl)可湿性粉剂,拜耳作物科学(中国)有限公司生产,市购;50%丙草胺(pretilachlor)乳油,江苏长隆化工有限公司生产。其中 97.5%双唑草腈(pyraclonil)原药和 95%丙草胺(pretilachlor)原药用于室内生测,其他药剂用于田间试验

供试杂草:稗草 *Echinochloa crusgalli*、鸭舌草 *Monochoria vaginalis*、节节菜 *Rotala indica*、异型莎草 *Cyperus difformis*。

供试水稻:室内生测的 3 个品种分别为‘两优 548’、‘株两优 819’和‘Y 两优 2 号’。田间试验品种为‘Ⅱ优 845’和‘湘早粳 32 号’。后茬作物品种:小麦为‘中麦 9 号’,油菜为‘丰油 730’,小白菜为‘和冬春 22 青梗菜’。均为市售。

仪器:精准 3WPSH-500D 型生测喷雾塔,农业部南京农业机械化研究所生产,喷雾压力 2 kg/m^2 ,锥形喷头流量 100 mL/min 。RP-250A 人工气候培养箱,中国南京恒裕仪器设备有限公司;FA1004B 电子天平,上海精密科学仪器有限公司。

1.2 室内生物测定

1.2.1 双唑草腈除草活性测定

试材培养:采用温室盆栽法^[5]。取未使用过除草剂的表层土壤过筛后风干,装入上口直径为 10 cm 的塑料盆钵中,土壤湿度 90%。挑选均匀一致已露白的杂草种子播入塑料盆钵中,覆盖稀泥以正好盖住种子为宜,每盆 20 粒,4 次重复,置于可控日光温室内培养,试验期间温室内白天温度 21~27℃,晚上 14~21℃,照度 3 000 lx, L//D=16 h//8 h,相对湿度 65%~85%。待杂草长至 2 叶期间苗,每钵保留 15 株长至 2 叶 1 心期待用。

药剂处理:准确称取一定量试验药剂,用少量丙酮溶解后,配制成高浓度母液,使用时用 0.1%吐温 80 水溶液稀释成试验所需剂量或系列浓度。以不含药剂的 0.1%吐温(聚山梨酯)80 水溶液作为空白对照。将杂草置于 3WPSH-500D 型生测喷雾塔中茎叶喷雾处理,喷雾压力为 0.275 MPa,喷液量 450 L/hm^2 ,每处理均设 4 次重复。待药液晾干后移入温室培养。药后详细记录杂草的受害症状,如生长受抑制、叶片黄化和畸形等。于处理后 15 d 杂草外部形态差异显著时分别称取各处理杂草地上部鲜重,计算鲜重抑制率。

1.2.2 双唑草腈对 3 种水稻的选择性指数测定

选择大田种植面积较大的水稻品种‘两优 548’、‘株两优 819’和‘Y 两优 2 号’,以及敏感杂草稗草进行选择性的测定。将双唑草腈和对照药剂丙草胺配制成系列浓度,分别于水稻 3 叶 1 心、稗草 1 叶 1 心期茎叶喷雾处理,后置于温室内培养,条件同 1.2.1。第 15 天在水稻外部形态差异显著时分别称取各处理水稻地上部鲜重,求出双唑草腈和丙草胺对不同水稻品种的 ED_{10} 和对稗草的 ED_{90} ,计算两药剂在水稻和稗草之间的选择性指数^[6]。

1.3 双唑草腈防除移栽稻田杂草田间药效试验

1.3.1 双唑草腈对移栽田杂草防除试验

分别于 2014 年和 2015 年在湖南省农业科学院植物保护研究所春华基地进行田间试验。试验设 7 个处理:1.8%双唑草腈颗粒剂 108、162、216 和 324 g/hm^2 ;50%丙草胺乳油 600 g/hm^2 ;80%丙炔噁草酮可湿性粉剂 84 g/hm^2 ;清水对照。小区面积 20 m^2 ,重复 4 次。水稻移栽后 6 d,双唑草腈直接撒施,丙炔噁草酮拌毒土撒施,施药时田间应保持 3~5 cm 水层 5~7 d,之后正常田间管理。于药后 20、40 d 分别进

行药效调查,每小区对角线取样调查 4 点,每点 0.5 m×0.5 m,记录各杂草的株数,药后 40 d 测鲜重。计算田间防除效果^[7]。

1.3.2 双唑草腈对后茬作物安全性试验

试验设 4 个处理:1.8%双唑草腈颗粒剂 162、324 和 486 g/hm² 及清水对照。每处理重复 4 次,随机区组排列,各小区面积 60 m²。于水稻移栽后处理,方法同 1.3.1。分别于处理后 3、7、15、30 d 目测水稻的生长情况,观察是否有药害现象。待水稻收获后用双唑草腈处理,然后在每小区内分别种植后茬作物小麦、油菜和小白菜。在上述 3 种作物出苗后调查其出苗率;在试验期间定时观察作物的受害程度和症状(跟踪调查直到完全恢复),详细记录受害的症状类型,如叶片失绿,变形等。在作物苗期、中期每小区随机取作物 10 株,测定其株高和鲜重;成熟后测产。

1.4 数据分析

采用 DPS(V 3.01 专业版)软件计算毒力回归方程、ED₁₀、ED₅₀ 和 ED₉₀ 及 95%置信限。并就各处理的 ED₅₀ 进行除草剂的生物活性比较;选择性指数为测定药剂抑制水稻生长 10%的剂量 ED₁₀ 与抑制杂草生长 90%的剂量 ED₉₀ 的比值;用 Duncan 氏新复极差法对温室盆栽和田间试验防效进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 双唑草腈除草活性

温室盆栽法测定结果(表 1)表明:双唑草腈对禾本科杂草稗草和阔叶杂草鸭舌草均具有很高的除草活性。在有效成分 10、125、20、25、40、5、81 和 162 g /hm² 处理剂量下,对稗草的鲜重抑制率分别为 48.61%、64.73%、76.46%、85.69%和 96.13%,ED₅₀和 ED₉₀ (有效成分,余同)分别为 11.50 g/hm² 和 91.17 g/hm²。对鸭舌草的鲜重抑制率分别为 57.83%、66.35%、75.31%、86.41%和 94.51%,ED₅₀和 ED₉₀ 分别为 8.22 g/hm² 和 105.61 g/hm²;对照药剂丙草胺在 22.5、45、90、180、360 g/hm² 剂量下对稗草的鲜重抑制率分别为 39.75%、55.25%、67.50%、87.25%和 98.50%,ED₅₀ 和 ED₉₀ 分别为 37.38 g/hm² 和 194.32 g/hm²。对鸭舌草的鲜重抑制率为 32.13%、40.61%、63.15%、70.31%和 78.17%,ED₅₀ 和 ED₉₀ 分别为 60.28 和 925.75 g/hm²。由上述结果可知,对于禾本科杂草稗草,在各自的供试剂量下双唑草腈颗粒剂与丙草胺的除草活性相当。对于阔叶杂草鸭舌草,双唑草腈的除草活性却明显要优于丙草胺。

表 1 双唑草腈和丙草胺对稗草和鸭舌草的除草活性

Table 1 Herbicidal activity of pyraclonil and pretilachlor to <i>Echinochloa crusgalli</i> and <i>Monochoria vaginalis</i>									
除草剂 Herbicide	处理浓度/g·(hm ²) ⁻¹ Dosage		鲜重抑制率/% Inhibition rate of fresh weight						
					稗草 <i>E. crusgalli</i>		鸭舌草 <i>M. vaginalis</i>		
双唑草腈 pyraclonil	162		96.13				94.51		
	81		85.69				86.41		
	40.5		76.46				75.31		
	20.25		64.73				66.35		
	10.125		48.61				57.83		
丙草胺 pretilachlor	360		98.50				78.17		
	180		87.25				70.31		
	90		67.50				63.15		
	45		55.25				40.61		
	22.5		39.75				32.13		
除草剂 Herbicide	毒力回归方程 Regression equation		ED ₅₀ /g·(hm ²) ⁻¹		ED ₉₀ /g·(hm ²) ⁻¹		相关系数(r) Correlation coefficient		
	稗草 <i>E. crusgalli</i>	鸭舌草 <i>M. vaginalis</i>	稗草 <i>E. crusgalli</i>	鸭舌草 <i>M. vaginalis</i>	稗草 <i>E. crusgalli</i>	鸭舌草 <i>M. vaginalis</i>	稗草 <i>E. crusgalli</i>	鸭舌草 <i>M. vaginalis</i>	
双唑草腈 pyraclonil	y=3.488 5+1.425 1x		y=3.942 1+1.156 0x		11.50	8.22	91.17	105.61	0.988 6 0.985 4
丙草胺 pretilachlor	y=2.184 4+1.790 3x		y=3.077 0+1.080 2x		37.38	60.28	194.32	925.75	0.984 0 0.983 4

2.2 双唑草腈对 3 种水稻的选择性指数测定

双唑草腈、丙草胺对稗草的 ED₉₀ 分别为 91.17、194.32 g /hm²。双唑草腈对‘两优 548’、‘株两优 819’和‘Y 两优 2 号’的 ED₁₀ 分别为 378.66、313.61

和 340.22 g/hm²,双唑草腈在三种水稻和稗草之间的选择性指数分别 4.15、3.44 和 3.73。丙草胺对‘两优 548’、‘株两优 819’和‘Y 两优 2 号’的 ED₁₀分

别为 514.52、482.77 和 451.08 g/hm²,选择性指数分别为 2.65、2.48 和 2.32。双唑草腈在三种水稻与稗草之间的选择性指数均高于丙草胺(表 2)。

表 2 双唑草腈和丙草胺对 3 种水稻的选择性指数					
Table 2 Tolerance bioassay of pyraclonil and pretilachlor to three varieties of rice					
水稻品种 Rice variety	除草剂 Herbicide	回归方程 Regression equation	ED ₁₀ / g · (hm ²) ⁻¹	ED ₉₀ / g · (hm ²) ⁻¹	选择性指数 Selectivity coefficients
两优 548	双唑草腈 pyraclonil	y=2.281 3+0.557 4x	378.66	—	4.15
Liangyou 548	丙草胺 pretilachlor	y=1.950 4+0.652 1x	514.52	—	2.65
株两优 819	双唑草腈 pyraclonil	y=2.430 3+0.516 0x	313.61	—	3.44
Zhuliangyou 819	丙草胺 pretilachlor	y=2.279 2+0.536 3x	482.77	—	2.48
Y 两优 2 号	双唑草腈 pyraclonil	y=2.342 6+0.543 4x	340.22	—	3.73
Yliangyou 2 号	丙草胺 pretilachlor	y=2.140 4+0.594 5x	451.08	—	2.32
稗草	双唑草腈 pyraclonil	y=3.488 5+1.425 1x	—	91.17	—
<i>E. crusgalli</i>	丙草胺 pretilachlor	y=2.184 4+1.790 3x	—	194.32	—

2.3 双唑草腈对移栽稻田杂草的防除效果

2014 年,1.8%双唑草腈 GR 表现出优异的防效(表 3)。药后 20 d,除 108 g/hm² 对鸭舌草的防效稍差(91.8%)外,162、216 和 324 g/hm² 对稗草、鸭舌草、节节菜及异型莎草的株防效均为 98%以上。该药剂 4 个处理对稗草和鸭舌草的防效均显著优于对照药剂 80%丙炔噁草酮 WP 84 g/hm² 处理,对鸭舌草和

异型莎草的防效要显著优于 50%丙草胺 EC 600 g/hm² 处理;药后 40 d,1.8%双唑草腈 GR 162、216 和 324 g/hm² 处理对稗草、鸭舌草、节节菜及异型莎草的防效均为 100%,表现出优异的持效性;与两对照药剂相比,1.8%双唑草腈 GR 对稗草和鸭舌草的防效均显著高于对照药剂 80%丙炔噁草酮 WP,而对鸭舌草的防效要显著优于 50%丙草胺 EC。

表 3 1.8%双唑草腈颗粒剂对水稻移栽田杂草的田间防效(2014 年) ¹⁾									
Table 3 Evaluation of herbicidal activity of 1.8% pyraclonil granules to weeds in rice fields in 2014									
药剂 Herbicide	有效剂量/ g · (hm ²) ⁻¹ Effective dosage	株防效/% Control efficacy of plant							
		稗草 <i>E. crusgalli</i>		鸭舌草 <i>M. vaginalis</i>		节节菜 <i>R. indica</i>		异型莎草 <i>C. difformis</i>	
		20 d	40 d	20 d	40 d	20 d	40 d	20 d	40 d
1.8%双唑草腈 GR	108	98.1 a	90.2 ab	91.8 a	98.4 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
1.8% pyraclonil GR	162	100.0 a	100.0 a	99.6 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
	216	100.0 a	100.0 a	98.7 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
	324	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
80%丙炔噁草酮 WP	84	62.3 c	75.5 c	55.4 b	78.4 b	95.9 ab	95.5 ab	100.0 a	100.0 a
80% oxadiargyl WP									
50%丙草胺 EC									
50% pretilachlor EC									
空白对照(株/m ²) Blank control	—	34.5	35.5	292.8	120.8	31.0	34.8	44.8	48.5

1) 同列数据后不同字母表示有显著差异($P<0.05$)。下同。
Different letters after the data in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's multiple range test. The same below.

2015 年,1.8%双唑草腈 GR 对稻田杂草的田间防效总体相对较高(表 4)。药后 20 d,其 162、216 和 324 g/hm² 对稗草、鸭舌草、节节菜和异型莎草的防效均为 100.0%。与对照药剂 80%丙炔噁草酮 WP 和 50%丙草胺 EC 的防效差异不显著;药后 40 d,1.8%双唑草腈 GR 仍表现出较好的持效性,其 162、216 和 324 g/hm² 对稗草、鸭舌草、节节菜和

异型莎草的防效仍然在 99.0%以上。
由于 2015 年进行田间试验期间降雨量多,对照药剂 80%丙炔噁草酮 WP 和 50%丙草胺 EC 对稻田杂草的防效要优于 2014 年的试验结果,与 1.8%双唑草腈 GR 的防效相当;这也说明双唑草腈对水层管理的要求较低。

表 4 1.8%双唑草腈颗粒剂对水稻移栽田杂草的田间防效(2015 年)

Table 4 Evaluation of herbicidal activity of 1.8% pyraclonil granules to weeds in rice fields in 2015

药剂 Herbicide	有效剂量/ g·(hm ²) ⁻¹ Effective dosage	株防效/% Control efficacy of plant							
		稗草 <i>E. crusgalli</i>		鸭舌草 <i>M. vaginalis</i>		节节菜 <i>R. indica</i>		异型莎草 <i>C. difformis</i>	
		20 d	40 d	20 d	40 d	20 d	40 d	20 d	40 d
1.8%双唑草腈 GR	108	90.8 b	94.6 a	96.4 a	98.1 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
1.8% pyraclonil GR	162	100.0 a	99.3 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
	216	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
	324	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
80%丙炔噁草酮 WP	84	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
80% oxadiargyl WP		100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
50%丙草胺 EC		100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
50% pretilachlor EC	600	98.8 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
空白对照(株/m ²) Blank control	—	59.8	71.3	94.5	95.0	45.5	46.3	34.3	35.3

2.4 1.8%双唑草腈颗粒剂对当茬水稻及后茬作物
安全性评价

采用 1.8%双唑草腈 GR 有效成分 162、324 和 486 g/hm² 对水稻进行撒施处理,试验过程中各处理水稻生长一致,未出现变色(包括褪绿、黄化、白化、锈斑等)、萎蔫(如植株失水萎蔫、青枯)及畸形(如叶片卷曲或扭曲变形、茎缢缩)症状。

各处理下 3 种不同的后茬作物,小麦、油菜、小白菜植株出苗整齐,出苗期一致,叶色、长势均正

常,未观察到药害症状。1.8%双唑草腈 GR 有效成分 162、324 和 486 g/hm² 和空白对照各处理种植的后茬作物小麦、油菜、萝卜在出苗率、株高和鲜重各处理之间均无显著性差异(表 5);收获后测产,未发现双唑草腈对三种后茬作物的产量有影响。

因此,双唑草腈对水稻以及三种主要后茬作物小麦、油菜和小白菜安全。在水稻油菜、水稻小麦轮作区有很好的推广应用前景。

表 5 1.8%双唑草腈对后茬小麦、油菜和小白菜的影响

Table 5 Effects of 1.8% pyraclonil granules on the following wheat, oilseed rape and *Brassica chinensis*

药剂名称 Herbicide	有效剂量/ g·(hm ²) ⁻¹ Effective dosage	出苗率(播种后 15 d)/% Emergence rate (after sowing for 15 days)			株高(播种后 25 d)/cm Plant height (after sowing for 25 days)			鲜重(播种后 25 d)/g·株 ⁻¹ Fresh weight per plant (after sowing for 25 days)		
		小麦 Wheat	油菜 Rape	小白菜 Pakchoi	小麦 Wheat	油菜 Rape	小白菜 Pakchoi	小麦 Wheat	油菜 Rape	小白菜 Pakchoi
		小麦 Wheat	油菜 Rape	小白菜 Pakchoi	小麦 Wheat	油菜 Rape	小白菜 Pakchoi	小麦 Wheat	油菜 Rape	小白菜 Pakchoi
1.8%双唑草腈 GR	162.0	50.2 a	53.9 a	53.9 a	12.9 a	8.5 a	5.9 a	0.97 a	2.11 a	1.71 a
1.8% pyraclonil GR	324.0	49.7 a	58.5 a	58.5 a	12.5 a	8.8 a	6.8 a	0.87 a	2.34 a	2.16 a
	486.0	48.7 a	56.9 a	56.9 a	13.1 a	8.9 a	6.3 a	0.97 a	2.30 a	1.89 a
空白对照 Blank control	—	50.9 a	59.9 a	59.9 a	12.3 a	8.4 a	6.0 a	0.87 a	2.12 a	1.86 a
药剂名称 Herbicide	有效剂量/ g·(hm ²) ⁻¹ Effective dosage	株高(播种后 60 d)/cm Plant height (after sowing for 60 days)			鲜重(播种后 60 d)/g·株 ⁻¹ Fresh weight per plant (after sowing for 60 days)			小区产量/kg·(hm ²) ⁻¹ Yield		
		小麦 Wheat	油菜 Rape	小白菜 Pakchoi	小麦 Wheat	油菜 Rape	小白菜 Pakchoi	小麦 Wheat	油菜 Rape	小白菜 Pakchoi
		小麦 Wheat	油菜 Rape	小白菜 Pakchoi	小麦 Wheat	油菜 Rape	小白菜 Pakchoi	小麦 Wheat	油菜 Rape	小白菜 Pakchoi
1.8%双唑草腈 GR	162.0	72.8 a	104.2 a	10.3 a	8.20 a	22.53 a	10.06 a	3 319.5 a	1 708.5 a	3 384.0 a
1.8% pyraclonil GR	324.0	66.9 b	102.9 a	10.2 a	6.93 b	20.05 a	10.29 a	3 301.5 a	1 08.6 a	3 288.0 a
	486.0	72.8 a	107.0 a	10.2 a	8.08 a	20.39 a	10.28 a	3 238.5 a	1 681.5 a	3 360.0 a
空白对照 Blank control	—	69.5 ab	103.9 a	10.2 a	7.27 ab	20.19 a	10.22 a	3 274.5 a	1 657.5 a	3 393.0 a

3 讨论

随着化学除草剂的大量、广泛使用,抗药性杂草已对杂草治理和农业生产构成严重威胁。目前,稻

田稗草对生产上广泛使用的除草剂如激素类的二氯喹啉酸、乙酰乳酸合成酶(ALS)抑制剂的五氟磺草胺以及乙酰辅酶 A 羧化酶(ACCase)抑制剂的氰氟草酯等相继产生了抗药性^[8-13]。ALS 抑制剂和 AC-

Case 抑制剂因其活性高、广谱、低毒,已成为稻田除草剂的主流品种,但杂草对这两大类药剂的抗药性也发展迅速^[15-16]。而原卟啉原氧化酶(PPO)抑制剂以其独特的作用方式,通过植物中原卟啉原氧化酶积累而发挥药效,作用靶标及作用机理与上述两类除草剂完全不同。本试验研究了 PPO 抑制剂双唑草腈对稗草和鸭舌草的除草活性、对不同水稻品种的安全性,通过大田试验作了进一步验证,并评价了双唑草腈对当茬水稻及后茬作物的安全性。研究表明:双唑草腈对禾本科杂草稗草以及阔叶杂草鸭舌草具有良好的生物活性,同时在三种水稻与稗草之间的选择性指数均高于对照药剂丙草胺;两年的田间试验也验证了双唑草腈对稻田稗草、鸭舌草、节节菜以及异型莎草具有优良的防效;双唑草腈对当茬水稻以及三种主要后茬作物小麦、油菜和小白菜安全。在水稻油菜、水稻小麦轮作区有很好的推广应用前景。

双唑草腈除草活性高,速效性好,杀草谱广,可有效防除水稻田稗草、鸭舌草、节节菜和莎草等杂草。尤其是对抗乙酰乳酸合成酶抑制剂类除草剂的杂草有特效。随着稻田稗草对五氟磺草胺和二氯喹啉酸抗药性的日趋严重,该类除草剂对于治理和缓解稻田稗草对二氯喹啉酸和五氟磺草胺的抗性具有重要作用,有可能成为稻田除草剂未来的发展方向。具有广阔的市场应用前景。

但由于双唑草腈对高龄稗草防效较差,还需进行与其他药剂的混配研究,提高其对稗草的活性。建议与其他不同作用类型的除草剂混用或轮换使用,以延缓其抗药性的产生。

参考文献

[1] 周宇涵,苗蔚荣,程侣柏,等. 原卟啉原氧化酶抑制剂类除草

剂研究进展[J]. 农药学报, 2002, 4(1): 1-8.

[2] 瞿晶菁,刘春霞,付少华,等. 双唑草腈原药大鼠亚慢性毒性试验[J]. 毒理学杂志, 2015, 29(2): 158-160.

[3] 葛发祥. 双唑草腈的合成[J]. 安徽化工, 2012, 38(6): 17-18.

[4] 张一宾. 水稻田除草剂双唑草腈(pyraclonil)的研发及其应用[J]. 世界农药, 2014, 36(6): 1-3.

[5] 中华人民共和国农业部. NY/T 1155. 4-2006, 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[S]. 北京: 中国农业出版社, 2006.

[6] 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的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.

[7] 中华人民共和国农业部农药检定所. GB/T 17980. 40-2000, 农药田间药效试验准则(一)第 48 部分: 除草剂防治水稻田杂草[S]. 北京: 中国农业出版社, 2000.

[8] 马国兰,柏连阳,刘都才,等. 我国长江中下游稻区稗草对二氯喹啉酸的抗药性研究[J]. 中国水稻科学, 2013, 27(2): 184-190.

[9] Lopez-Martinez N, Marshall G, DePrado R. Resistance of barnyardgrass(*Echinochloa crus-galli*) to atrazine and quinclorac [J]. Pesticide Science, 1997, 51(2): 171-175.

[10] Talbert R E, Burgos N R. History and management of herbicide-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in arkansas rice [J]. Weed Technology, 2007, 21(2): 324-331.

[11] 李拥兵,黄华枝,黄炳球,等. 我国中部和南方稻区稗草对二氯喹啉酸的抗药性研究[J]. 华南农业大学学报, 2002, 23(2): 33-36.

[12] 吴声敢,王强,赵学平,等. 浙江省稻田稗草对二氯喹啉酸的抗药性[J]. 农药, 2006, 45(12): 859-861.

[13] 陆保理,张建新,王玉香,等. 直播稻田稗草对二氯喹啉酸抗性研究[J]. 杂草科学, 2008(4): 31-32.

[14] 张朝贤,黄红娟,崔海兰,等. 抗性杂草与治理[J]. 植物保护, 2013, 39(5): 99-102.

[15] 夏向东,马洪菊,许孟涵,等. 杂草对芳氧苯氧丙酸类除草剂的抗性分子机理研究进展[J]. 农药学报, 2013, 15(6): 81-85.

[16] 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.

(责任编辑: 杨明丽)