

田志慧,袁国徽,沈国辉.双唑草腈防除直播稻田杂草效果及其对水稻安全性研究[J].上海农业学报,2021,37(1):76-81.

# 双唑草腈防除直播稻田杂草效果及其对水稻安全性研究

田志慧,袁国徽,沈国辉\*

(上海市农业科学院生态环境保护研究所,上海 201403)

**摘要:**采用田间试验方法开展双唑草腈防除直播稻田杂草效果及其对水稻安全性研究。结果表明:直播水稻2—3叶期使用2%双唑草腈GR 150—210 g a. i./hm<sup>2</sup>直接撒施,对直播稻田杂草稗、千金子、异型莎草、鸭舌草、多花水苋均有优异防除效果,株数防效和鲜重防效分别为87.70%—92.94%和89.27%—96.36%、90.71%—98.23%和92.80%—96.38%、92.05%—100%和92.96%—100%、90.77%—100%和90.00%—100%、81.45%—93.01%和83.50%—93.90%;但对丁香蓼防效一般,株数防效和鲜重防效为69.30%—81.14%和66.52%—81.10%。各供试剂量对直播水稻的茎蘖数、株高、植株鲜重和根系鲜重等生育指标均无不良影响。推荐剂量为180—210 g a. i./hm<sup>2</sup>,施药时田间保持2—3 cm浅水层并保水4 d以上。

**关键词:**双唑草腈;直播水稻;防除效果;安全性

中图分类号:S451.21 文献标志码:A 文章编号:1000-3924(2021)01-076-06

## Control effects and safety of pyraclonil on weeds in direct seeding rice fields

TIAN Zhihui, YUAN Guohui, SHEN Guohui\*

(Eco-environmental Protection Research Institute, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201403, China)

**Abstract:** Field experiment was conducted to detect the weed control effect and rice safety evaluation of pyraclonil in direct seeding rice fields. The results showed that 2% pyraclonil GR 150—210 g a. i./hm<sup>2</sup> were used at the 2—3 leaf stage of seedling, the control effect on weeds such as *Echinochloa crusgalli*, *Leptochloa chinensis*, *Cyperus difformis*, *Monochoria vaginalis* and *Ammannia multiflorain* was excellent. The plants number and fresh weight control effects of these weeds were 87.70%—92.94% and 89.27%—96.36%, 90.71%—98.23% and 92.80%—96.38%, 92.05%—100% and 92.96%—100%, 90.77%—100% and 90.00%—100%, 81.45%—93.01% and 83.50%—93.90% respectively. However, the control effect on *Ludwigia prostrata* of this method was not effective, the plants number and fresh weight control effect was 69.30%—81.14% and 66.52%—81.10% respectively. The 2% pyraclonil GR 150—210 g a. i./hm<sup>2</sup> had no adverse effect on tiller number, plant height, plant and root fresh weight of seedling. It is recommended to use pyraclonil at a dose of 180—210 g a. i./hm<sup>2</sup>, maintaining a shallow layer of 2—3 cm in the field and retaining water for more than 4 days.

**Key words:** Pyraclonil; Direct seeding rice; Control effect; Safety

近年来,随着机械化水平的提高和劳动力成本的增加,水稻水直播栽培越来越受到稻农的青睐<sup>[1]</sup>。然而,水直播稻田前期采用干湿交替的水浆管理模式,杂草危害程度远重于人工移栽稻田和机插秧稻田,如防除不及时则极易造成水稻减产甚至绝收<sup>[2]</sup>,因此,有效控制杂草已成为水直播水稻高产稳产的关键

收稿日期:2020-03-02

基金项目:上海市科技兴农推广项目[沪农科推字(2018)第1-1号];上海市科技创新行动计划(16391901800);上海市农业科学院卓越团队项目[农科创2018(B-01)]

作者简介:田志慧(1981—),女,博士,副研究员,从事杂草管理学研究。E-mail:tianzhihui@saas.sh.cn

\*通信作者,E-mail:zb5@saas.sh.cn

之一<sup>[3]</sup>。当前,我国稻田杂草防除仍以化学手段为主,辅以人工除草或生物治理等措施<sup>[4]</sup>,而化学除草剂的长期大量使用导致杂草产生了严重的抗药性<sup>[5-12]</sup>,如稗草对生产上广泛使用的主流除草剂乙酰乳酸合成酶(ALS)抑制剂类的五氟磺草胺(penoxsulam)和乙酰辅酶A羧化酶(ACCCase)抑制剂类的氰氟草酯(cyhalofop-butyl)等均产生了抗药性<sup>[13-14]</sup>。做好杂草的早期防除能在提高抗药性杂草防除成功率以及最大限度保护作物产量潜能方面发挥作用,是目前生产实践中解决杂草抗药性发展的有效措施<sup>[15]</sup>。因此,筛选具有新作用机理且在杂草芽前使用的高效广谱除草剂,对防除直播稻田杂草及延缓杂草抗药性产生具有重要的现实意义。

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农业开发的具有吡啶并吡啶环的新颖结构化合物的水稻田除草剂<sup>[16]</sup>,该药剂于2007年在日本进行登记,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<sup>2</sup>,占水稻总耕种面积的38.4%,位居除稗剂之首<sup>[17]</sup>。2018年,湖北相和精密化学有限公司在我国取得双唑草腈原药和2%颗粒剂的登记,该制剂登记用于防除水稻移栽田一年生杂草。室内盆栽试验证明,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除草活性,同时在3种水稻品种与稗草之间的选择性指数均高于丙草胺<sup>[18]</sup>;在杂草出苗前、1叶期和2叶期以有效成分145.8g/hm<sup>2</sup>的剂量撒施1.8%双唑草腈颗粒剂对水稻田常见杂草的鲜重抑制率均在92%以上,且见效速度明显快于25g/L五氟磺草胺油悬浮剂,并对供试粳稻和杂交稻品种安全<sup>[19]</sup>。机插秧稻田田间小区试验同样证明双唑草腈对稻田主要杂草有优异的防效及很高的水稻安全性<sup>[20]</sup>。本研究通过在田间开展2%双唑草腈颗粒剂防除水直播稻田杂草效果及对水稻的安全性试验,探索其在直播稻田的应用前景。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

#### 1.1.1 供试作物

单季晚稻,水稻品种为粳稻‘青香软粳’,种植方式为人工水直播,水稻催芽至半粒谷长后人工撒施播种,播种量75.00kg/hm<sup>2</sup>,播种时间2018年5月28日。为防止麻雀叼食,影响试验的准确评价,于水稻播种后随即覆盖防雀网,至水稻2叶1心期时揭网。

#### 1.1.2 供试杂草

为保证试验田有一定的杂草基数,在水稻播种的同时人工接种一年生杂草种子,其中禾本科杂草稗草*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. 和千金子*Leptochloa chinensis* (L.) Nees的接种量分别为3.00kg/hm<sup>2</sup>和2.50kg/hm<sup>2</sup>;阔叶杂草多花水苋*Ammannia multiflora* Roxb.、鸭舌草*Monochoria vaginalis* (Burm. f.) C. Presl 和丁香蓼*Ludwigia prostrata* Roxb.的接种量分别为1.50kg/hm<sup>2</sup>、1.20kg/hm<sup>2</sup>和11.25kg/hm<sup>2</sup>、莎草科杂草异型莎草*Cyperus difformis* L.的接种量为9.75kg/hm<sup>2</sup>。

#### 1.1.3 供试药剂

(1)2%双唑草腈颗粒剂(GR),湖北相和精密化学有限公司产品,市售;(2)40%丙·苄(pretilachlor·bensulfuron-methyl)可湿性粉剂(WP),浙江乐吉化工股份有限公司产品,市售;(3)3%氯氟吡啶酯(florypyrauxifen-benzyl)乳油(EC),美国陶氏益农公司提供;(4)10%氰氟草酯(cyhalofop-butyl)乳油(EC),美国陶氏益农公司产品,市售。

### 1.2 试验方法

采用田间小区试验,2%双唑草腈GR设150g a. i./hm<sup>2</sup>、180g a. i./hm<sup>2</sup>和210g a. i./hm<sup>2</sup>3个剂量,均采用直接撒施法施药,施药时间为2018年6月14日,施药时水稻2—3叶期,稗和千金子1—2叶期,阔叶杂草0—1对真叶期。施药时田间保持2—3cm水层并保水4—5d。其他药剂处理采用喷雾法施药,施药工具为新加坡利农私人有限公司生产的HD400背负式喷雾器,扇形喷头,压力45Pa,喷射速率1250mL/min,喷液量450L/hm<sup>2</sup>,其中40%丙·苄WP480g a. i./hm<sup>2</sup>的施药时间为水稻播种后1d(2018年5月29日),杂草萌芽期施药时畦面保持湿润不积水;3%氯氟吡啶酯EC27g a. i./hm<sup>2</sup>和10%氰氟草酯EC90g a. i./hm<sup>2</sup>混合使用的施药时间为水稻4—5叶期,施药时稗和千金子3—5叶期,阔叶杂草1—2对真叶期(2018年6月21日),施药前1d排干小区水层,施药后1d覆水,并保持2—3cm水层4—

5 d。试验田小区面积 20 m<sup>2</sup>,小区随机区组排列,小区之间筑田埂隔开,单排单灌。各处理均 4 次重复。

### 1.3 调查方法

#### 1.3.1 药效调查

施药后 14 d 调查各处理残存杂草株数,计算株数防效;施药后 28 d 取样调查各处理残存杂草株数的同时称量杂草鲜重,计算株数防效和鲜重防效。调查时随机取样,每小区取 4 点,每点 0.25 m<sup>2</sup>,并按杂草种类分别计数。

$$\text{株数(鲜重)防除效果} = (\text{CK} - \text{PT}) / \text{CK} \times 100\%$$

式中,CK 为空白对照区杂草株数或鲜重,PT 为施药处理区残存杂草株数或鲜重。

#### 1.3.2 水稻安全性调查

施药后不定期目测各处理区水稻生长情况,如有药害则应详细记录药害的症状及恢复正常生长所需要的时间;施药后 14 d 每小区随机取水稻 20 株,测定水稻的苗数、株高、分蘖数、植株鲜重、根长和根系鲜重。

#### 1.3.3 水稻产量测定

水稻成熟时,每小区随机取样 1 m<sup>2</sup>,测定水稻的穗数、每穗粒数和千粒重,计算理论产量。理论产量 (kg/hm<sup>2</sup>) = 1 m<sup>2</sup> 穗数 × 10 000 × 每穗粒数 × (千粒重/1 000) / 1 000。

## 2 结果与分析

### 2.1 双唑草腈对直播稻田杂草的防除效果

#### 2.1.1 对禾本科杂草的防除效果

双唑草腈对水直播稻田禾本科杂草稗和千金子均有优异的防除效果。施药后 14 d,2% 双唑草腈 GR 除低剂量 150 g a. i. /hm<sup>2</sup> 外,中、高剂量 180—210 g a. i. /hm<sup>2</sup> 对稗、千金子的株数防效分别为 91.30%、96.46%—98.23%,与当前稻田主流茎叶处理除草剂组合 3% 氯氟吡啶酯 EC + 10% 氰氟草酯 EC (27 + 90) g a. i. /hm<sup>2</sup> 的株数防效 92.39%、97.79% 无显著差异,与经典芽前处理除草剂组合 40% 丙·苄 WP 480 g ai/hm<sup>2</sup> 的株数防效 93.48%、100% 也无显著差异(表 1)。施药后 28 d,2% 双唑草腈 GR 150—210 g a. i. /hm<sup>2</sup> 对稗和千金子仍保持优异的防效,株数防效分别为 87.70%—92.94% 和 90.71%—98.23%,鲜重防效分别为 89.27%—96.36% 和 92.80%—96.38%,与上述两个对照药剂的防效均无显著差异(表 2、表 3)。

#### 2.1.2 对莎草科杂草的防效

除低剂量外,2% 双唑草腈 GR 180—210 g a. i. /hm<sup>2</sup> 对莎草科杂草异型莎草防除效果优异,施药后 14 d,株数防效 98.86%—100%,与对照药剂 3% 氯氟吡啶酯 EC + 10% 氰氟草酯 EC (27 + 90) g a. i. /hm<sup>2</sup> 和 40% 丙·苄 WP 480 g ai/hm<sup>2</sup> 的防效均无显著差异(表 1)。施药后 28 d,2% 双唑草腈 GR 150—210 g a. i. /hm<sup>2</sup> 对异型莎草的株数防效和鲜重防效分别为 92.05%—100% 和 92.96%—100%,除低剂量 150 g a. i. /hm<sup>2</sup> 外,其他两个供试剂量与两个对照药剂均没有显著差异(表 2、表 3)。

#### 2.1.3 对阔叶杂草的防效

双唑草腈对不同阔叶杂草的防除效果不一,施药后 14 d,2% 双唑草腈 GR 150—210 g a. i. /hm<sup>2</sup> 对多花水苋、鸭舌草、丁香蓼的株数防效分别为 88.24%—98.53%、89.36%—100%、62.24%—84.69%。对多花水苋和鸭舌草的防效,除低剂量 150 g a. i. /hm<sup>2</sup> 外,中、高剂量与对照药剂 3% 氯氟吡啶酯 EC + 10% 氰氟草酯 EC (27 + 90) g a. i. /hm<sup>2</sup> 和 40% 丙·苄 WP 480 g a. i. /hm<sup>2</sup> 的防效均无显著差异;3 个供试剂量对丁香蓼的防效均显著高于 3% 氯氟吡啶酯 EC + 10% 氰氟草酯 EC (27 + 90) g a. i. /hm<sup>2</sup> 31.63% 的防效,但均不及 40% 丙·苄 WP 480 g a. i. /hm<sup>2</sup> 100% 的防效(表 1)。

施药后 28 d,2% 双唑草腈 GR 150—210 g a. i. /hm<sup>2</sup> 对多花水苋的株数防效和鲜重防效分别为 81.45%—93.01% 和 83.50%—93.90%,中、低剂量的防效与对照药剂 3% 氯氟吡啶酯 EC + 10% 氰氟草酯 EC (27 + 90) g a. i. /hm<sup>2</sup> 的防效无显著差异,中、高剂量与对照药剂 40% 丙·苄 WP 480 g a. i. /hm<sup>2</sup> 的防效无显著差异;对鸭舌草的株数防效和鲜重防效分别为 90.77%—100% 和 90.00%—100%,除低剂量处理外,中、高剂量的防效与上述两个对照药剂均无显著差异;对丁香蓼的株数防效和鲜重防效分别为

69.30%—81.14%和66.52%—81.10%,3个供试剂量的防效均显著优于对照药剂3%氯氟吡啶酯EC+10%氰氟草酯EC(27+90)g a. i./hm<sup>2</sup>的防效,高剂量处理与对照药剂40%丙·苄WP 480 g a. i./hm<sup>2</sup>的防效无显著差异,但中、低剂量差于对照(表2、表3)。

表1 双唑草腈防除直播稻田杂草效果(药后14 d,株数防效)

Table 1 Plant control efficacy of pyraclonil on weeds 14 days after treatment in direct seeding rice field

药剂	用量/ (g a.i.·hm <sup>-2</sup> )	稗/ (株·m <sup>-2</sup> )	防效/ %	千金子/ (株·m <sup>-2</sup> )	防效/ %	异型莎草/ (株·m <sup>-2</sup> )	防效/ %	多花水苋/ (株·m <sup>-2</sup> )	防效/ %	鸭舌草/ (株·m <sup>-2</sup> )	防效/ %	丁香蓼/ (株·m <sup>-2</sup> )	防效/ %
2%双唑草腈GR	150	12.50	86.41 b	10.50	90.71 b	18.50	78.86 b	8.00	88.24 b	5.00	89.36 b	18.50	62.24 d
	180	8.00	91.30 ab	4.00	96.46 a	1.00	98.86 a	2.50	96.32 a	2.00	95.75 a	14.00	71.43 c
	210	8.00	91.30 ab	2.00	98.23 a	0.00	100.00 a	1.00	98.53 a	0.00	100.00 a	7.50	84.69 b
3%氯氟吡啶酯EC+ 10%氰氟草酯EC	27+90	7.00	92.39 a	2.50	97.79 a	2.25	97.43 a	3.50	94.85 a	0.00	100.00 a	33.50	31.63 e
40%丙·苄WP	480	6.00	93.48 a	0.00	100.00 a	1.00	98.86 a	3.00	95.59 a	0.00	100.00 a	0.00	100.00 a
CK	-	92.00	-	113.00	-	87.50	-	68.00	-	47.00	-	49.00	-

注:表中数据采用 Duncan 方差分析,同列数据后不同字母表示有显著差异( $P \leq 0.05$ )。下同。

表2 双唑草腈防除直播稻田杂草效果(药后28 d,株数防效)

Table 2 Plant control efficacy of pyraclonil on weeds 28 days after treatment in direct seeding rice field

药剂	用量/ (g a.i.·hm <sup>-2</sup> )	稗/ (株·m <sup>-2</sup> )	防效/ %	千金子/ (株·m <sup>-2</sup> )	防效/ %	异型莎草/ (株·m <sup>-2</sup> )	防效/ %	多花水苋/ (株·m <sup>-2</sup> )	防效/ %	鸭舌草/ (株·m <sup>-2</sup> )	防效/ %	丁香蓼/ (株·m <sup>-2</sup> )	防效/ %
2%双唑草腈GR	150	15.25	87.70 b	7.50	95.90 a	10.25	92.05 b	17.25	81.45 b	6.00	90.77 b	17.50	69.30 c
	180	9.50	92.34 ab	5.75	96.86 a	8.50	93.41 b	11.50	87.63 ab	1.25	98.08 a	11.50	79.82 b
	210	8.75	92.94 ab	2.25	98.77 a	0.00	100.00 a	6.50	93.01 a	0.00	100.00 a	10.75	81.14 ab
3%氯氟吡啶酯EC+ 10%氰氟草酯EC	27+90	1.00	91.13 ab	4.25	97.68 a	0.00	100.00 a	15.25	83.60 b	0.00	100.00 a	37.75	33.77 d
40%丙·苄WP	480	6.75	94.56 a	3.25	98.22 a	1.00	99.22 a	7.25	92.20 a	1.50	97.69 a	8.00	85.96 a
CK	-	124.00	-	183.00	-	129.00	-	93.00	-	65.00	-	57.00	-

表3 双唑草腈防除直播稻田杂草效果(药后28 d,鲜重防效)

Table 3 Fresh weight control efficacy of pyraclonil on weeds 28 days after treatment in direct seeding rice field

药剂	用量/ (g a.i.·hm <sup>-2</sup> )	稗/ (株·m <sup>-2</sup> )	防效/ %	千金子/ (株·m <sup>-2</sup> )	防效/ %	异型莎草/ (株·m <sup>-2</sup> )	防效/ %	多花水苋/ (株·m <sup>-2</sup> )	防效/ %	鸭舌草/ (株·m <sup>-2</sup> )	防效/ %	丁香蓼/ (株·m <sup>-2</sup> )	防效/ %
2%双唑草腈GR	150	38.28	89.27 b	17.34	92.80 a	19.25	92.96 b	13.52	83.50 b	12.34	90.00 b	38.40	66.52 b
	180	26.75	92.50 ab	12.50	94.81 a	11.00	95.98 ab	10.21	87.54 ab	7.50	93.92 b	32.50	71.67 b
	210	12.99	96.36 a	8.72	96.38 a	0.00	100.00 a	5.00	93.90 a	0.00	100.00 a	21.68	81.10 a
3%氯氟吡啶酯EC+ 10%氰氟草酯EC	27+90	20.15	94.35 ab	9.47	96.07 a	0.00	100.00 a	15.32	81.31 b	0.00	100.00 a	70.25	38.75 c
40%丙·苄WP	480	10.52	97.05 a	8.50	96.47 a	3.50	98.72 a	6.12	92.53 a	5.25	95.75 ab	14.25	87.76 a
CK	-	356.84	-	240.75	-	273.50	-	81.96	-	123.42	-	114.70	-

## 2.2 双唑草腈对直播水稻的安全性

施药后不定期观察,2%双唑草腈GR 150—210 g a. i./hm<sup>2</sup> 3个剂量在直播水稻2—3叶期撒施处理后,水稻生长期间没有出现不良药害症状。药后14 d取样测定表明,与对照药剂3%氯氟吡啶酯EC+10%氰氟草酯EC(27+90)g a. i./hm<sup>2</sup>和40%丙·苄WP 480 g a. i./hm<sup>2</sup>以及空白对照相比,2%双唑草腈GR各供试剂量对水稻的茎蘖数、株高、植株鲜重和根系鲜重等生育指标均无不良影响(表4)。

表4 双唑草腈对水稻生长指标的影响(药后14 d)

Table 4 Effects of pyraclonil on rice growth 14 days after treatment

除草剂	使用量/ (g a. i.·hm <sup>-2</sup> )	每株 茎蘖数	株高/ cm	每株植株鲜重/ g	每株根系鲜重/ g
2%双唑草腈GR	150	2.42 a	24.25 a	1.08 a	1.06 a
	180	2.35 a	25.02 a	1.10 a	1.03 a
	210	2.36 a	24.85 a	1.07 a	1.05 a
3%氯氟吡啶酯EC+10%氰氟草酯EC	27+90	2.38 a	24.91 a	1.08 a	1.04 a
40%丙·苄WP	480	2.44 a	25.02 a	1.10 a	1.06 a
CK	-	2.01 b	24.68 a	1.05 a	1.02 a

水稻成熟时测产结果同样表明,2%双唑草腈 GR 150—210 g a. i. /hm<sup>2</sup> 各剂量处理的水稻穗数、每穗粒数、千粒重和理论产量等指标与对照药剂3%氯氟吡啶酯 EC + 10%氰氟草酯 EC(27 + 90) g a. i. /hm<sup>2</sup> 和40%丙·苄 WP 480 g a. i. /hm<sup>2</sup> 均无显著差异,但产量显著高于空白对照,增产幅度 147.43%—153.41% (表5)。

表5 双唑草腈对水稻产量的影响  
Table 5 Effects of pyraclonil on rice yield

除草剂	使用量/ (g a. i. · hm <sup>-2</sup> )	穗数/ (穗·m <sup>-2</sup> )	每穗粒数	千粒重/ g	理论产量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	增产率/ %
2% 双唑草腈 GR	150	361.50 a	76.00 a	28.40 a	7 802.62 a	147.43 a
	180	359.00 a	78.05 a	28.52 a	7 991.29 a	153.41 a
	210	365.80 a	76.23 a	28.34 a	7 902.59 a	150.60 a
3% 氯氟吡啶酯 EC + 10% 氰氟草酯 EC	27 + 90	353.30 a	78.50 a	28.01 a	7 768.31 a	146.34 a
40% 丙·苄 WP	480	370.20 a	75.50 a	27.96 a	7 814.85 a	147.81 a
CK	-	214.52 b	56.28 b	26.12 b	3 153.52 b	-

### 3 结论与讨论

本研究表明,在稻田浅水层条件下,水直播水稻2—3叶期使用2%双唑草腈 GR 180—210 g a. i. /hm<sup>2</sup> 直接撒施并保水4 d以上,可有效防除水直播稻田稗、千金子、异型莎草、鸭舌草、多花水苋等杂草且对直播水稻的茎蘖数、株高、植株鲜重和根系鲜重等生育指标均无不良影响,证明双唑草腈能安全应用于直播稻田。同时,2%双唑草腈 GR 180—210 g a. i. /hm<sup>2</sup> 对三大类杂草的防除效果与对照药剂40%丙·苄 WP 480 g a. i. /hm<sup>2</sup> 的防效无显著差异,证明双唑草腈可以取代丙草胺与苄嘧磺隆组合或与其交替使用。

我国自20世纪90年代起应用丙草胺与苄嘧磺隆组合防除直播稻田杂草,至今已有20多年的历史。在稻田杂草抗药性越来越明显的情况下,除了通过改进水稻栽培管理方式和耕作制度等进行应对之外,最主要的解决手段仍在于开发、筛选不同作用机理的除草剂。在除草剂的选择上,应注重采用不同作用机理的除草剂,并交替使用<sup>[21]</sup>;在用药时间上,应尽可能选择杂草早期<sup>[15]</sup>。双唑草腈兼具上述特点,其为原卟啉原氧化酶(PPO)抑制剂,是一种触杀型广谱性除草剂,根部和叶基部为该剂的主要吸收部位<sup>[17]</sup>,药剂处理后3—7 d杂草即可表现出死亡症状。一方面,由于原卟啉原氧化酶(PPO)抑制剂类除草剂抗药性发展缓慢,且与磺酰脲类、激素类除草剂不存在交互抗性,对磺酰脲类抗性的杂草显示卓效;另一方面,双唑草腈一般在稻田稗发生初期进行防除,符合杂草早期防除的要求,所以双唑草腈将成为解决稻田对磺酰脲类产生抗性的杂草非常有潜力的品种<sup>[22]</sup>。

双唑草腈原药和2%颗粒剂在我国已取得移栽稻田登记,本研究结果将拓宽双唑草腈的应用范围,并为将来双唑草腈在直播稻田开展登记提供技术支撑和依据。

### 参 考 文 献

- [1] 卢百关,秦德荣,樊继伟,等.江苏省直播稻生产现状、趋势及存在问题探讨[J].中国稻米,2009(2):45-47.
- [2] 马国兰,刘都才,刘雪源,等.不同除草剂对直播稻田杂草的防效及安全性评价[J].杂草科学,2014,32(1):91-95.
- [3] 强胜.我国杂草学研究现状及其发展策略[J].植物保护,2010,36(4):1-5.
- [4] 徐源辉,唐涛,刘都才,等.丙嘧磺隆等药剂对直播稻田杂草的防除效果[J].湖南农业科学,2015,28(2):23-25.
- [5] 董立尧,高原,房加鹏,等.我国水稻田杂草抗药性研究进展[J].植物保护,2018,44(5):69-76.
- [6] 刘兴林,孙涛,付声姣,等.水稻田除草剂的应用及杂草抗药性现状[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2015,43(7):115-124.
- [7] 李岗,吴声敢,吴长兴,等.稗草对二氯喹啉酸抗性研究进展[J].杂草科学,2012,30(2):1-5.
- [8] 李拥兵,王小玲,夏阳,等.湖南稻区稗草对二氯喹啉酸的抗药性研究[J].植物保护,2004,30(3):48-52.
- [9] 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.
- [10] 黄炳球,林韶湘.我国稻田稗草对丁草胺的抗药性研究[J].华南农业大学学报,1993,14(1):103-108.
- [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] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.

- [15] 姜晓龙,梁帝允,刘都才. 杂草早期防治:抗药性治理的有效措施[C]//中国化工学会. 中国化工学会农药专业委员会第十八届年会论文集. 北京:中国化工学会专业委员会,2018.
- [16] 葛发祥. 双唑草腈的合成[J]. 安徽化工,2012,38(6):17-18.
- [17] 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.
- [18] 马国兰,刘都才,刘雪源,等. 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[J]. 植物保护,2017,43(4):218-223.
- [19] 徐蓬,吴佳文,王红春,等. 双唑草腈的除草活性及对水稻的安全性[J]. 植物保护,2017,43(5):198-200.
- [20] 徐蓬,王红春,吴佳文,等. 2%双唑草腈颗粒剂对机插秧稻田杂草的防效及水稻的安全性[J]. 杂草学报,2016,34(3):45-49.
- [21] 沈国辉,梁帝允. 中国稻田杂草识别与防除[M]. 上海:上海科学技术出版社,2018.
- [22] 刘洋. 未来水稻田除草剂登记的热点产品系列之双唑草腈[J]. 农药市场信息,2017,30(18):24-28.

(责任编辑:郭娇)