

技术与应用

Technology & Application

双环磺草酮·双唑草腈对杂草稻的生物活性及对水稻的安全性

田志慧¹, 袁得军^{1,2}, 袁国徽¹, 沈国辉^{1*}

(1. 上海市农业科学院生态环境保护研究所, 上海 201403; 2. 哈尔滨师范大学生命科学与技术学院, 哈尔滨 150025)

摘要 为了明确 10% 双环磺草酮·双唑草腈 GG 对杂草稻的生物活性及对水稻的安全性, 采用盆栽法测定了 10% 双环磺草酮·双唑草腈 GG 不同剂量对不同叶龄杂草稻的生物活性和对不同秧龄移栽水稻的安全性。结果表明, 10% 双环磺草酮·双唑草腈 GG 1 500~4 500 g/hm² 对萌芽期至 3 叶期的杂草稻有很高的活性, 且在 4 500 g/hm² 剂量下对 15~25 d 秧龄的移栽水稻生长无不良影响。但该药药效显现速度较慢, 一般在施药后 3~4 周达到最佳防效。杂草稻萌芽期对该药剂最敏感, 随着杂草稻叶龄的增加使用剂量需相应提高。本着高效、经济、安全的原则, 防除杂草稻的最佳时期应在其萌芽期至 2 叶期, 推荐使用剂量杂草稻萌芽期为 1 500~2 250 g/hm²、杂草稻立针期至 2 叶期为 2 250~3 000 g/hm²。

关键词 双环磺草酮·双唑草腈; 杂草稻; 生物活性; 水稻安全性

中图分类号: S 482.4 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2020075

Biological activity of benzobicyclon · pyraclonil against weedy rice and its safety to rice

TIAN Zhihui¹, YUAN Dejun^{1,2}, YUAN Guohui¹, SHEN Guohui^{1*}

(1. Eco-Environmental Protection Research Institute, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201403, China; 2. College of Life Science and Technology, Harbin Normal University, Harbin 150025, China)

Abstract The purpose of this study is to determine the biological activity of benzobicyclon · pyraclonil 10% GG against weedy rice and of its safety to rice. By pot experiments, the biological activities of different dosages of benzobicyclon · pyraclonil 10% GG against weedy rice of different leaf stages and the safety for transplanted rice at different seedling stages were measured. At the dosages of 1 500–4 500 g/hm², the benzobicyclon · pyraclonil 10% GG had an excellent biological activity against weedy rice from germination to three-leaf stage, and had no adverse effect on the growth of 15-day-old to 25-day-old transplanted rice at the 4 500 g/hm². However, the efficacy of benzobicyclon · pyraclonil appeared slowly, and the best control effect was generally achieved 3–4 weeks after herbicide application. Weedy rice was the most sensitive to benzobicyclon · pyraclonil in the germination period, and the dosage should be increased with increasing leaf age of weedy rice. According to the principle of high efficiency, economy and safety, the optimal control period for weedy rice should be from its germination stage to two-leaf stage. The recommended dosage should be 1 500–2 250 g/hm² at the germination stage of weedy rice and 2 250–3 000 g/hm² from the needle leaf stage to the two-leaf stage of weedy rice.

Key words benzobicyclon · pyraclonil; weedy rice; biological activity; safety to rice

杂草稻 *Oryza sativa* f. *spontanea* 是一种世界 范围内危害水稻生产的具有杂草特征的水稻, 也是

收稿日期: 2020-02-14 修订日期: 2020-03-29

基金项目: 上海市现代农业水稻产业技术体系(202003); 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)); 上海市农业科学院学科创新专项[生科创-ZC2020(03)]

* 通信作者 E-mail: zb5@saas.sh.cn

一种与栽培稻十分相似的杂草,包括中国在内的世界大多数水稻产区均有发生^[1],已成为仅次于稗 *Echinochloa crus-galli* 和千金子 *Leptochloa chinensis* 的第三大杂草^[2-3],杂草稻相对栽培稻具有很强的竞争能力^[4],当杂草稻密度 1 株/m² 时可导致水稻产量损失 9.15%,12 株/m² 时水稻产量损失可高达 72.29%^[5]。据调查,我国 25 个省(区、市)杂草稻年发生面积 600 万 hm²,造成水稻产量损失 27 亿 kg,已严重威胁到粮食安全^[6]。然而,由于杂草稻与水稻为近缘种,其防除成为世界性难题,至今还缺少安全有效的除草剂防除稻田杂草稻^[7-8],仅见文献报道水直播稻整地后趁泥水状态施用芽前处理剂噁草酮(oxadiazon)300 g/hm²,对杂草稻的鲜重防效为 30.86%^[9];使用丙草胺(pretilachlor)可对水直播稻田的杂草稻进行封杀^[10],但达不到控制杂草稻的目的。近年来国际上采用与育种相关的技术来控制杂草稻^[11],如将具有咪唑啉酮类除草剂抗性的栽培稻与咪唑啉酮一起应用于对杂草稻选择性控制的“cleanfield rice”,或“耐除草剂水稻系统 provisia”即由具备耐除草剂性状的 provisia 种子构成非转基因耐除草剂水稻,并让种植户使用 provisia 系统中的广谱除草剂控制杂草稻等,都因为水稻种子必须与专用除草剂配套使用、容易产生基因漂流等问题而难以在不同水稻生产区域大面积推广应用;国内报道咪唑啉酮类除草剂在特定的水稻品种如‘金粳 818’等与杂草稻之间有一定的选择性^[12],但因对水稻生长和养殖业存在安全隐患,近年逐渐被禁止使用。当前生产上控制杂草稻一般通过阻断其传播途径、深耕、轮作换茬、调整播栽方式、养草灭草、及时人工拔除等措施^[13-16],不仅效率低、用工量大,而且往往效果不彻底,难以满足水稻生产的需求。

双环磺草酮(benzobicyclon)是以对-羟苯基丙酮酸双氧化酶(HPPD)为作用靶标的双环辛烷类选择性内吸传导型茎叶处理除草剂^[17],对抗磺酰脲除草剂的杂草具有极强活性并且药效持久。该药由日本史迪士生物科学株式会社开发,其 25%含量的悬浮剂已在中国取得农药登记。在有效成分 168~360 g/hm² 剂量下对千金子、稗、异型莎草 *Cyperus difformis*、萤蔺 *Schoenoplectus juncooides*、野慈姑 *Sagittaria trifolia*、泽泻 *Alisma plantago-aquatica*、雨

久花 *Monochoria korsakowii*、鸭舌草 *Monochoria vaginalis* 等杂草具有很高的除草活性^[18-21],但至今未见中文文献涉及其对杂草稻活性的评价。Young 等评价了双环磺草酮对杂草稻的活性,发现在有效成分 371 g/hm² 剂量下,在温室和田间试验中可以使 80%以上的供试杂草稻材料死亡^[22],但其未对双环磺草酮的应用技术进行研究。

双唑草腈(pyraclonil)属腈类选择性触杀型茎叶处理除草剂,为原卟啉原氧化酶(PPO)抑制剂,具有除草活性高、速效性好、杀草谱广等特点,可有效防除一年生禾本科杂草稗、阔叶杂草和莎草科杂草,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 hm²,占水稻总耕种面积的 38.4%,位居除稗剂之首^[23-24],2018 年 2%双唑草腈颗粒剂由湖北相和精密化学有限公司获得登记,用于防除水稻移栽田一年生杂草,使用方式为撒施,有效成分用药量 162~216 g/hm²。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 *Rotala indica* 及异型莎草的株防效均在 98%以上^[25];双唑草腈对水稻安全,在水稻播后苗前或 1 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,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^[26]。

双唑草腈在日本开发登记火热,除了以单剂形式开发外,还会与其他除草剂如双环磺草酮、苄嘧磺隆(bensulfuron-methyl)、丁草胺(butachlor)、吡嘧磺隆(pyrazosulfuron-ethyl)、噻吡嘧磺隆(metazosulfuron)、呋喃磺草酮(tefuryltrione)等进行复配,用于水稻田一次性除草,其中双环磺草酮和双唑草腈复配是水稻田除草剂开发的一个重点,可以提高除草活性、扩大杀草谱、拓宽使用时间、延缓杂草群落演替的速度,降低除草剂单一使用所带来的抗性风险^[18,27],未来这一复配剂也将成为我国稻田除草剂的主流产品。日前,南京高正农用化工有限公司捷足先登,与日本史迪士生物科学株式会社合作,研发了 10%双环磺草酮·双唑草腈大粒剂(GG),用来防除稻田杂草尤其是千金子等抗性杂草,目前田间

登记试验正在进行中。为了明确 10% 双环磺草酮·双唑草腈 GG 对杂草稻的生物活性及对移栽水稻的安全性,2019 年开展了本研究,以期一次性使用该除草剂防除包括杂草稻在内的稻田主要优势杂草提供技术依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

10% 双环磺草酮·双唑草腈大粒剂(GG),由南京高正农用化工有限公司提供。

杂草稻种子,2018 年采自上海市浦东新区宣桥镇(31°00'N, 121°68'E),晾干后常温下保存备用。

1.2 试验方法

1.2.1 双环磺草酮·双唑草腈不同施药剂量对杂草稻活性评价

试验采用盆栽法,在长宽高分别为 25 cm×20 cm×15 cm 的长方形盆钵中加入 1/2 高度的过筛土,过筛土由土、有机质按 5:1 的比例混匀,然后加水至饱和状态备用。供试杂草稻种子经 25℃ 浸种催芽。萌芽后选择籽粒饱满的种子均匀地播在盆钵中,每盆钵播种 25 粒,随后覆盖细土,土层以刚好覆盖种子不露籽为准。播种后保持土壤湿润,待杂草稻出苗后保持浅水层,但不淹没心叶。

10% 双环磺草酮·双唑草腈 GG 推荐剂量为 2 250~3 000 g/hm²,本试验设 1 500、2 250、3 000、4 500 g/hm² 4 个剂量和杂草稻萌芽期、立针期、1~2 叶期、2~3 叶期 4 个施药时期,并分别设 4 个不同施药期空白对照。试验 4 次重复。各处理施药前均加水至 1~2 cm 浅水层,施药后保持浅水层 5 d 以上,保水期间如遇水分蒸发则给予适量补水,随后进行正常水浆管理。施药方法采用抛施法,即把供试药剂按设计剂量直接撒于盆钵中。

施药后不定期观察杂草稻中毒症状,药后 14 d 调查残存的杂草稻株数,计算株数防效;药后 28 d 取出所有残存的杂草稻植株,计数并称地上部鲜重,计算株数防效和鲜重防效,并进行方差分析。

1.2.2 双环磺草酮·双唑草腈对移栽水稻安全性评价

在 25 cm×20 cm×15 cm 的长方形盆钵中装入 1/2 高度的过筛土,过筛土由土、有机质按 5:1 的比例混匀,然后加水至饱和状态备用。分别移栽 15、

20、25 d 秧龄的稻苗 6 穴,每穴 4 株,共 24 株。于移栽后 0、3、5、7 d 分别抛施 10% 双环磺草酮·双唑草腈 GG 4 500 g/hm²,并分别设不同秧龄不用药对照。施药时保持 2~3 cm 浅水层,施药后保水 5 d 以上,保水期间如遇水分蒸发则给予适量补水,随后进行正常水浆管理。试验重复 4 次。

施药后不定期观察水稻秧苗有无药害症状,如有则详细记录症状。施药后 14 d 取出所有秧苗,测定水稻的分蘖、株高、根长、植株鲜重和根部鲜重等各项生长指标,评价安全性。

1.3 数据处理

采用 SPSS 25.0 软件对试验数据进行统计分析,应用 Duncan 氏新复极差法进行处理间的差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 双环磺草酮·双唑草腈对杂草稻的生物活性

2.1.1 不同施药剂量对杂草稻的活性

试验结果表明,10% 双环磺草酮·双唑草腈 GG 对杂草稻的活性随着施药剂量的增加而提高。如在杂草稻萌芽期用药,药后 14 d,1 500、2 250、3 000 g/hm² 处理的株数防效分别为 76.00%、62.00%、67.00%,而 4 500 g/hm² 处理的株数防效达到了 100.00%,显著高于其他 3 个剂量处理。杂草稻立针期、1~2 叶期、2~3 叶期用药均有类似趋势(表 1)。药后 28 d,药剂对杂草稻的活性进一步提高,杂草稻萌芽期用药,1 500~4 500 g/hm² 4 个供试剂量处理的株数防效均高达 98% 以上;杂草稻立针期和 1~2 叶期用药,除低剂量外,2 250~4 500 g/hm² 3 个供试剂量处理的株数防效为 96.00%~100.00%;杂草稻 2~3 叶期用药,低剂量和中剂量活性较低,而 3 000、4 500 g/hm² 2 个供试剂量处理的株数防效分别达到了 82.00% 和 100.00%(表 2),鲜重防效趋势与株数防效基本一致(表 3)。可见,在杂草稻不同生育期,10% 双环磺草酮·双唑草腈 GG 1 500~4 500 g/hm² 对其均有很高的活性,防除萌芽期杂草稻的最佳使用剂量为 1 500~2 250 g/hm²;防除立针期至 2 叶期杂草稻的最佳使用剂量为 2 250~3 000 g/hm²,如推迟到杂草稻 2~3 叶期用药,则使用剂量需提高到 3 000~4 500 g/hm²。

表 1 10%双环磺草酮·双唑草腈 GG 不同用药剂量和时期对杂草稻的活性(药后 14 d)¹⁾

Table 1 Biological activities of benzobicyclon · pyraclonil 10% GG against weedy rice at different dosages and application time points (14 DAA)

剂量/ g·(hm ²) ⁻¹ Dosage	萌芽期 Germination stage		立针期 Needle leaf stage		1~2 叶期 1—2 leaf stage		2~3 叶期 2—3 leaf stage	
	株数/株 No. of plants	防效/% Control efficacy	株数/株 No. of plants	防效/% Control efficacy	株数/株 No. of plants	防效/% Control efficacy	株数/株 No. of plants	防效/% Control efficacy
1 500	6.00	(76.00±4.62)bA	22.50	(10.00±6.93)cB	22.75	(9.00±10.52)bB	24.50	(2.00±2.31)bB
2 250	9.50	(62.00±16.17)bA	12.50	(50.00±25.82)bA	23.50	(6.00±9.52)bB	23.00	(8.00±11.31)abB
3 000	8.25	(67.00±25.79)bA	8.00	(68.00±5.66)abA	21.75	(13.00±3.83)bB	24.00	(4.00±3.27)abB
4 500	0.00	(100.00±0.00)aA	3.75	(85.00±7.57)aB	4.75	(81.00±3.83)aB	21.00	(16.00±10.33)aC
CK	25.00	—	25.00	—	25.00	—	25.00	—

1) 同列数据后不同小写字母表示不同剂量的防效有显著差异,同行数据后不同大写字母表示不同用药时间的防效有显著差异($P<0.05$),DAA 为用药后的天数,下同。
Different lowercase letters in the same column indicate significant difference between different dosages, and different uppercase letters in the same row indicate significant difference between different application time points ($P<0.05$). DAA=Day after application; the same applies below.

表 2 10%双环磺草酮·双唑草腈 GG 不同用药剂量和时期对杂草稻的活性(药后 28 d)

Table 2 Biological activities of benzobicyclon · pyraclonil 10% GG against weedy rice at different dosages and application time points (28 DAA)

剂量/ g·(hm ²) ⁻¹ Dosage	萌芽期 Germination stage		立针期 Needle leaf stage		1~2 叶期 1—2 leaf stage		2~3 叶期 2—3 leaf stage	
	株数/株 No. of plants	防效/% Control efficacy	株数/株 No. of plants	防效/% Control efficacy	株数/株 No. of plants	防效/% Control efficacy	株数/株 No. of plants	防效/% Control efficacy
1 500	0.50	(98.00±4.00)aA	6.00	(76.00±12.65)bB	5.25	(79.00±9.45)bB	14.00	(44.00±8.64)cC
2 250	0.25	(99.00±2.00)aA	1.00	(96.00±5.66)aA	0.75	(97.00±2.00)aA	8.00	(68.00±19.04)bB
3 000	0	(100.00±0.00)aA	0.50	(98.00±4.00)aA	0	(100.00±0.00)aA	4.50	(82.00±11.55)abB
4 500	0	(100.00±0.00)aA	0	(100.00±0.00)aA	0	(100.00±0.00)aA	0	(100.00±0.00)aA
CK	25.00	—	25.00	—	25.00	—	25.00	—

表 3 10%双环磺草酮·双唑草腈 GG 不同用药剂量和时期对杂草稻的鲜重防效(药后 28 d)

Table 3 Effect of benzobicyclon · pyraclonil 10% GG at condition of different dosages and application time points for fresh weight of weedy rice (28 DAA)

剂量/ g·(hm ²) ⁻¹ Dosage	萌芽期 Germination stage		立针期 Needle leaf stage		1~2 叶期 1—2 leaf stage		2~3 叶期 2—3 leaf stage	
	鲜重/g Fresh weight	防效/% Control efficacy	鲜重/g Fresh weight	防效/% Control efficacy	鲜重/g Fresh weight	防效/% Control efficacy	鲜重/g Fresh weight	防效/% Control efficacy
1 500	0.02	(93.87±12.25)aA	0.35	(-0.60±24.62)bB	0.35	(5.88±32.46)cB	0.32	(-2.51±26.18)cB
2 250	0.02	(94.44±11.11)aA	0.12	(65.52±54.60)aAB	0.17	(55.18±30.09)bAB	0.21	(32.43±16.46)bB
3 000	0	(100.00±0.00)aA	0.02	(95.02±9.95)aA	0	(100.00±0.00)aA	0.20	(35.97±22.79)bB
4 500	0	(100.00±0.00)aA	0	(100.00±0.00)aA	0	(100.00±0.00)aA	0	(100.00±0.00)aA
CK	0.30	—	0.35	—	0.38	—	0.32	—

2.1.2 不同施药时期对杂草稻的活性

试验结果表明,10%双环磺草酮·双唑草腈 GG 对杂草稻的活性除了与施药剂量有关外,还与施药时期密切相关。药后 14 d,1 500~4 500 g/hm² 各处理对杂草稻的活性,萌芽期施药为 62.00%~100.00%,立针期为 10.00%~85.00%,1~2 叶期

为 6.00%~81.00%,2~3 叶期为 2.00%~16.00%(表 1)。药后 28 d,各处理对杂草稻活性均有进一步提升,但无论是株防效还是鲜重防效,仍然呈现出活性随着施药时期的推迟而降低的趋势,1 500~3 000 g/hm² 各剂量处理,萌芽期、立针期、1~2 叶期、2~3 叶期施药,对杂草稻的株数防效依次

为 98.00%~100.00%、76.00%~98.00%、79.00%~100.00%、44.00%~82.00%，鲜重防效依次为 93.87%~100.00%、-0.60%~95.02%、5.88%~100.00%、-2.51%~35.97% (表 2~3)。因此，防除杂草稻的最佳施药时期应掌握在杂草稻萌芽期至 2 叶期之间，此时 2 250~3 000 g/hm² 就可有效抑制杂草稻生长，且越早施药需要的用药量越低；如果推迟到杂草稻 2~3 叶期防除，则施药剂量必须提高到 3 000~4 500 g/hm²。

2.1.3 双环磺草酮·双唑草腈的速效性

目测和前后 2 次调查结果均表明，10%双环磺草酮·双唑草腈 GG 对杂草稻活性的显效速度较慢。药后 14 d 调查，杂草稻萌芽期至 1~2 叶期施药处理，除了 4 500 g/hm² 处理的株数防效达到 81.00%~100.00%以外，其他 3 个剂量处理的防效在 6.00%~76.00%之间，而 2~3 叶期处理基本没有表现出效果 (表 1)；药后 21 d 起，杂草稻中毒症状开始明显显现，至药后 28 d 调查时，各处理的活性均有了明显提升，其中 2 250~4 500 g/hm² 剂量下，萌芽期、立针期、1~2 叶期、2~3 叶期各处理的株数防效分别达到了 99.00%~100.00%、96.00%~100.00%、97.00%~100.00%、68.00%

~100.00% (表 2)，部分剂量下的鲜重防效效果虽低于相应的株数防效，但也有相同的趋势 (表 3)。显见，10%双环磺草酮·双唑草腈 GG 属于速效性较慢的除草剂品种，其活性充分显现的时间在施药后 3~4 周。

2.2 双环磺草酮·双唑草腈对移栽水稻的安全性

施药后 14 d 水稻苗情考查结果表明，10%双环磺草酮·双唑草腈 GG 在推荐剂量 2 倍量 4 500 g/hm² 剂量下对移栽水稻生长仍然是安全的。以水稻 15 d 秧龄栽后 0 d 施药为例，药剂处理区水稻茎蘖数、株高、根长、植株鲜重和根部鲜重等 5 项生长指标值分别为 3.88、23.19、8.68、0.60、0.32，对应空白对照值依次分别为 3.92、23.32、8.35、0.55、0.29，经方差分析，处理区与空白对照对应指标均无显著差异；对水稻 20、25 d 秧龄栽后 0、3、5、7 d 调查数据进行方差分析，结果同样证明药剂处理对上述 5 项评价指标均无不良影响 (表 4)。本地区移栽水稻以机插秧为主，其适宜的秧龄一般在 15~20 d，生产上用药的时间通常为插秧后 0 d 或插秧后 5~7 d。机插秧稻田受杂草稻为害较为严重，本研究结果表明，10%双环磺草酮·双唑草腈 GG 可安全使用于机插秧稻田防除杂草稻。

表 4 10%双环磺草酮·双唑草腈 GG 对移栽水稻的安全性 (4 500 g/hm²，药后 14 d)
Table 4 Safety of benzobicyclon·pyraclonil 10% GG for transplanted rice (4 500 g/hm², 14 DAA)

用药时间 Application time	15 d 秧龄 Seedling age 15 d				
	茎蘖数/个 Number of steam and tillering	株高/cm Plant height	根长/cm Root length	植株鲜重/g Plant fresh weight	根部鲜重/g Root fresh weight
栽后 0 d 0 DAA	(3.88±0.16)a	(23.19±0.96)bc	(8.68±0.61)a	(0.60±0.02)ab	(0.32±0.02)a
CK	(3.92±0.17)a	(23.32±1.42)bc	(8.35±0.89)a	(0.55±0.06)b	(0.29±0.02)a
栽后 3 d 3 DAA	(3.63±0.44)a	(23.25±1.30)bc	(8.24±0.62)a	(0.61±0.13)ab	(0.31±0.10)a
CK	(3.50±0.24)a	(23.05±0.87)c	(8.15±1.03)a	(0.58±0.11)ab	(0.30±0.04)a
栽后 5 d 5 DAA	(3.83±0.29)a	(25.75±1.65)ab	(8.40±1.04)a	(0.76±0.09)a	(0.36±0.07)a
CK	(3.67±0.24)a	(25.45±2.36)abc	(7.65±0.37)ab	(0.69±0.16)ab	(0.29±0.08)a
栽后 7 d 7 DAA	(3.88±0.32)a	(26.63±1.64)a	(7.73±0.63)ab	(0.74±0.10)a	(0.37±0.08)a
CK	(3.71±0.57)a	(26.05±2.14)a	(6.95±0.48)b	(0.66±0.14)ab	(0.34±0.04)a
用药时间 Application time	20 d 秧龄 Seedling age 20 d				
	茎蘖数/个 Number of steam and tillering	株高/cm Plant height	根长/cm Root length	植株鲜重/g Plant fresh weight	根部鲜重/g Root fresh weight
栽后 0 d 0 DAA	(4.04±0.08)a	(28.08±0.73)d	(9.09±0.50)a	(1.19±0.08)c	(0.54±0.03)a
CK	(4.00±0.14)a	(28.01±0.83)d	(9.26±1.49)a	(1.15±0.17)c	(0.56±0.13)a
栽后 3 d 3 DAA	(4.00±0.00)a	(30.83±0.60)bcd	(9.47±0.54)a	(1.38±0.06)bc	(0.54±0.09)a
CK	(4.04±0.08)a	(30.03±0.65)cd	(9.50±0.59)a	(1.32±0.10)c	(0.52±0.03)a
栽后 5 d 5 DAA	(3.88±0.25)a	(31.05±5.35)bcd	(10.13±2.40)a	(1.25±0.42)c	(0.58±0.22)a
CK	(4.04±0.08)a	(33.14±2.53)abc	(11.01±0.80)a	(1.45±0.19)abc	(0.70±0.14)a
栽后 7 d 7 DAA	(4.04±0.08)a	(36.24±1.44)a	(11.03±2.36)a	(1.73±0.09)a	(0.63±0.03)a
CK	(4.00±0.00)a	(33.87±1.94)ab	(10.56±0.90)a	(1.63±0.13)ab	(0.63±0.09)a

续表 4 Table 4(Continued)

用药时间 Application time	25 d 秧龄 Seedling age 25 d				
	茎蘖数/个 Number of steam and tillering	株高/cm Plant height	根长/cm Root length	植株鲜重/g Plant fresh weight	根部鲜重/g Root fresh weight
栽后 0 d 0 DAA	(4.00±0.00)a	(34.12±3.61)d	(11.33±1.23)a	(1.65±0.31)c	(0.68±0.08)b
CK	(4.00±0.00)a	(35.76±0.99)cd	(11.65±0.20)a	(1.80±0.20)abc	(0.74±0.13)ab
栽后 3 d 3 DAA	(4.00±0.00)a	(36.41±4.33)bcd	(10.15±1.70)ab	(1.76±0.30)bc	(0.66±0.25)b
CK	(4.00±0.00)a	(37.21±1.57)abcd	(11.13±0.74)a	(1.81±0.17)abc	(0.60±0.08)b
栽后 5 d 5 DAA	(4.04±0.16)a	(37.28±4.15)abcd	(10.26±2.32)ab	(1.76±0.40)bc	(0.73±0.25)ab
CK	(4.00±0.00)a	(40.73±1.10)ab	(10.71±0.33)a	(2.15±0.07)abc	(0.71±0.12)ab
栽后 7 d 7 DAA	(3.96±0.08)a	(41.83±3.03)a	(8.69±0.74)b	(2.21±0.48)ab	(0.73±0.16)ab
CK	(4.00±0.00)a	(39.19±2.92)abc	(8.50±1.03)b	(2.29±0.37)a	(0.96±0.19)a

3 结论与讨论

杂草稻与水稻争光、争水、争肥及竞争生存空间^[28],严重影响了水稻的产量和质量,但由于杂草稻与水稻高度相似,在利用化学除草剂对其进行防除时受到很大限制^[29]。本研究评价了 10%双环磺草酮·双唑草腓 GG 对杂草稻的生物活性及对水稻生长的安全性,结果表明,在杂草稻萌芽期至 3 叶期,使用 10%双环磺草酮·双唑草腓 GG 1 500~4 500 g/hm²对杂草稻有很高的活性,且 4 500 g/hm² 剂量下栽后 0~7 d 用药,对 15、20、25 d 秧龄移栽水稻的茎蘖数、株高、根长、植株鲜重和根部鲜重等生长指标均无不良影响。研究结果还表明,10%双环磺草酮·双唑草腓 GG 对杂草稻活性的显效速度较慢,一般在施药后 3~4 周完全显现。其使用剂量与用药时杂草稻所处的叶龄具有密切相关性,以杂草稻萌芽期对药剂最敏感,随着杂草稻叶龄的增加用药量需增大。从高效、经济、安全的角度,推荐移栽稻田防除杂草稻的时期应掌握在杂草稻 2 叶期之前,在杂草稻萌芽期使用推荐剂量为 1 500~2 250 g/hm²,杂草稻立针期至 2 叶期推荐使用剂量为 2 250~3 000 g/hm²。一旦超过最佳用药时期,杂草稻处于 3 叶期前后,则使用剂量必须提高到 3 000~4 500 g/hm²,方能取得理想的防除效果。

双环磺草酮与双唑草腓复配是两种不同作用机制的除草剂复配,因而使用中其本身不易产生抗性杂草,同时在防除抗性千金子及抗磺酰脲类除草剂杂草菵蒿、鸭舌草上表现出明显优势^[18],因此,双环磺草酮和双唑草腓复配剂必将成为未来稻田防除抗性杂草的主流除草剂产品。10%双环磺草酮·双唑草腓 GG 对直播和机插秧稻田主要优势杂草稗、千金子等禾本科杂草以及莎草科杂草、阔叶杂草都具有优异的防除效果,尤其对已产生抗性的千金子、菵

蒿、鸭舌草等杂草效果优异。本研究证明,该药剂对稻田难治的恶性杂草稻同样具有很高的活性,且对水稻生长安全。因此,在机插秧等移栽稻田一次性使用 10%双环磺草酮·双唑草腓 GG 可控制极大部分稻田优势杂草的危害,能大大降低稻田除草剂的用量和使用成本,加上 10%双环磺草酮·双唑草腓 GG 剂型独特,使用方便,将具有广阔的应用前景。

本试验中出现部分处理杂草稻的鲜重防效差于其对应株数防效的情况,这是因为一些低剂量处理残存的少量杂草稻植株因种群个体间竞争削弱或消失而使其获得了更好的生长空间,表现在比空白对照的杂草稻植株更加粗壮,因而植株鲜重增加,此乃正常现象。另外,本试验仅评价了 10%双环磺草酮·双唑草腓 GG 对育苗的不同秧龄粳稻品种的安全性,由于直播稻田受杂草稻为害比机插秧等移栽稻田更重,因此对直播稻不同叶龄秧苗的安全性进一步开展研究并通过大田试验评价验证将是后续更重要的工作。

参考文献

[1] DELOUCHE J C, BURGOS N R, GEALY D R, et al. Weedy rice: origin, biology, ecology and control [M]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2007.

[2] 王哲,戎俊,卢宝荣. 杂草稻的发生、危害与我国水稻生产面临的挑战[J]. 杂草科学, 2015, 33(1): 1-9.

[3] 孙兴强,周勇军,陆永良,等. 两种生物型江都杂草稻不同栽培密度对水稻生长的影响及其与栽培稻的亲缘关系[J]. 中国水稻科学, 2012, 26(1): 118-122.

[4] 马殿荣,孔德秀,高齐,等. 杂草稻对东北移栽稻群体生长环境及产量的影响[J]. 中国水稻科学, 2014, 28(2): 211-216.

[5] 温广月,沈国辉,钱振官,等. 杂草稻对水稻生长及产量的影响[J]. 杂草科学, 2011, 29(2): 51-53.

[6] 梁帝允,强胜. 我国杂草稻危害现状及其防控对策[J]. 中国植保导刊, 2011, 31(3): 21-24.

但只做了红花的安全性未涉及杂草防效,本试验一方面探讨红花安全性另一方面调查杂草防效,并逐步筛选、验证、优化,从而得出红花田苗后合适的除草剂及其使用剂量,不足之处是未做后期产量调查,还需进一步进行田间药效试验来验证。

参考文献

- [1] 郭丽芬,张跃,胡尊红,等. 地方红花种质资源的形态标记聚类分析[J]. 河南农业科学, 2013, 42(2): 41-45.
- [2] 林强,葛喜珍. 中药材概论[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 164-165.
- [3] 王兆木. 世界红花种质资源评价与利用[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993.
- [4] 孙立晨,肖凤艳,李烨,等. 几种除草剂在红花直播田的除草效果[J]. 安徽农业科学, 2008, 22(4): 10538.
- [5] 加苏尔·阿合旦木,佐尔古力·托合塔洪,鄂恒彪,等. 几种除草剂红花田使用效果[J]. 农村科技, 2014(4): 30-31.
- [6] 吴仁海,职倩倩,魏子云,等. 红花苗后除草剂筛选及安全性

评价[J]. 植物保护, 2019, 45(2): 204-210.

- [7] 刘学,顾宝根. 农药生物活性测定标准操作规范—除草剂卷[M]. 北京: 化学工业出版社, 2016: 199-200.
- [8] 魏福香,贾富勤,叶贵标,等. GB/T 17980. 41—2000, 农药田间药效试验准则(一)除草剂防治麦类作物地杂草[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000: 514-518.
- [9] 高忠芬. 15%噻吩磺隆可湿性粉剂防除玉米田杂草药效研究[J]. 现代农业科技, 2013(10): 101.
- [10] 丁成芳. 75%噻吩磺隆 WG 防除春玉米田杂草药效试验[J]. 农药, 2007, 46(2): 140-141.
- [11] 李金栋. 75%噻吩磺隆水分散粒剂防除大豆田阔叶杂草效果研究[J]. 现代农业科技, 2016(21): 89.
- [12] 董爱书,胡新,邵晓梅,等. 大豆田苗后施用噻吩磺隆安全性研究[J]. 黑龙江农业科学, 2013(1): 56-59.
- [13] 王宇,黄春艳,黄元炬,等. 除草剂在向日葵田除草效果及安全性试验[J]. 农学学报, 2014, 4(6): 20-23.
- [14] 邵明霞,刘廷辉,陈洁,等. 12 种除草剂对红花的安全性试验[J]. 农药, 2015, 54(11): 828-831.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 234 页)

- [7] SHEN Xuefeng, GAO Xuhua, ENEJI A E, et al. Chemical control of weedy rice in precise hill-direct-seeded rice in South China [J]. Weed Biology and Management, 2013, 13(1): 39-43.
- [8] CHAUHAN B S. Effect of weedy rice variants and weedy rice density on the growth and yield of two rice cultivars in the Philippines [J]. Canadian Journal of Plant Protection, 2013, 1(1): 28-34.
- [9] 杨林,沈浩宇,强胜. 噁草酮防除直播稻田杂草稻的施用技术[J]. 植物保护学报, 2016, 43(6): 1033-1040.
- [10] 张彬,张自常,金燕,等. 丙草胺防治直播稻田杂草稻的技术研究[J]. 植物保护, 2015, 41(2): 205-209.
- [11] 中国农药网. 双环磺草酮和双唑草腈的市场最近进展[EB/OL] (2017-07-13). <http://www.nongyao168.com/Article/1038799.html>.
- [12] 王芳权,杨杰,范方军,等. 水稻抗咪唑啉酮类除草剂基因 ALS 功能标记的开发与应用[J]. 作物学报, 2018, 44(3): 324-331.
- [13] NOLDIN J A, CHANDLER J M, MCCAULEY G N, et al. Red rice (*Oryza sativa*) and *Echinochloa* spp. control in Texas Gulf Coast soybean (*Glycine max*) [J]. Weed Technology, 1998, 12(4): 677-683.
- [14] VIDOTTO F, FERRERO A. Germination behavior of red rice (*Oryza sativa* L.) seeds in field and laboratory conditions [J]. Agronomie, 2000, 20(4): 375-382.
- [15] FOGLIATTO S, VIDOTTO F, FERRERO A. Effects of winter flooding on weedy rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Crop Protection, 2010, 29(11): 1232-1240.
- [16] 倪桃香,黄巍巍. 养草灭草法防除杂草稻试验[J]. 上海农业科技, 2011(4): 136.

- [17] 张一宾. 除草剂双环磺草酮的研究开发[J]. 世界农药, 2006, 28(2): 9-14.
- [18] 刘洋. 未来水稻田除草剂登记的热点产品之双环磺草酮[J]. 农药市场信息, 2017, 30(17): 37-39.
- [19] 黄薇. 25%双环磺草酮 SC 防除水稻田一年生阔叶杂草效果示范试验分析[J]. 农业与技术, 2017, 37(5): 29-31.
- [20] 齐萌,王亚楠,康占海,等. 25%双环磺草酮悬浮剂防除水稻移栽田杂草的效果与安全性[J]. 杂草科学, 2014, 32(1): 120-123.
- [21] 张永凯. 25%双环磺草酮悬浮剂防除水稻移栽田一年生杂草药效试验[J]. 北方水稻, 2013, 43(5): 60-62.
- [22] YOUNG M L, NORSWORTHY J K, SCOTT R C, et al. Benzbicyclon as a post-flood option for weedy rice control [J]. Weed Technology, 2018, 32(4): 371-378.
- [23] 葛发祥. 双唑草腈的合成[J]. 安徽化工, 2012, 38(6): 17-18.
- [24] 张一宾. 水稻田用除草剂双唑草腈(pyralonil)的研发及其应用普及[J]. 世界农药, 2014, 36(6): 1-3.
- [25] 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.
- [26] 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): 198-204.
- [27] 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): 24-29.
- [28] 袁晓丹,王亮,王丽丽,等. 东北地区杂草稻的抗逆性及遗传特性[J]. 延边大学农学报, 2006, 28(4): 12-15.
- [29] 梁帝允,强胜,张绍明,等. 稻田杂草稻发生趋重,水稻生产受到威胁[J]. 中国植保导刊, 2009, 29(2): 38-39.

(责任编辑: 杨明丽)