

技术与应用

Technology & Application

50%双环磺草酮悬浮剂及其混剂对移栽稻田
杂草的防效和安全性饶 镭¹, 邹子玉¹, 刘 浪², 罗 娟¹, 李保同^{1*}

(1. 江西农业大学农学院, 南昌 330045; 2. 江西农业大学国土资源与环境学院, 南昌 330045)

摘要 为明确 50%双环磺草酮 SC 及其混剂 35%双环磺草酮·五氟磺草胺·苄嘧磺隆 SC 对稻田主要杂草的防治效果及其安全性, 采用茎叶喷雾法试验了 50%双环磺草酮 SC 及其混剂对杂草的防效和对供试籼稻和粳稻生长的安全性。结果表明: 50%双环磺草酮 SC 施用剂量为 300 g/hm² 时, 药后 35 d 杂草株防效为 65.38%~90.79%, 对供试籼稻和粳稻安全, 当使用剂量增加到 487.5 g/hm² 时, 对供试籼稻‘泰丰优 736’产生明显药害, 水稻植株叶片白化枯死, 植株较矮, 分蘖数少; 当使用剂量增加到 600 g/hm² 时, 供试粳稻(‘甬优 1538’)发生轻微药害, 而当使用剂量增加到 975 g/hm² 时, 供试籼稻发生严重药害, 药害率和死亡率分别为 58.83%~68.59%和 44.17%~62.18%, 减产 75.48%~75.55%; 有 13.89%~19.08%的供试粳稻产生药害, 减产 19.35%~21.70%。双环磺草酮单独施用时对稻田杂草具有较好的防治效果, 但对水稻安全性较差, 不适合在籼稻田施用, 在粳稻田的推荐施用量为 300~487.5 g/hm²。35%双环磺草酮·五氟磺草胺·苄嘧磺隆 SC 在 210~315 g/hm² 施用量下对供试籼稻和粳稻安全, 药后 15 d 和 35 d 对稻田阔叶类杂草和其他杂草的株防效和鲜重防效均在 92%以上, 对禾本科杂草的株防效和鲜重防效分别在 77.86%~98.52%和 76.85%~94.98%, 对供试籼稻和粳稻品种均具有一定的增产效果, 与空白对照相比, 分别增产 5.31%~23.77%和 19.78%~26.88%。本着高效经济安全的原则, 35%双环磺草酮·五氟磺草胺·苄嘧磺隆 SC 在稻田推荐用量为 210~262.5 g/hm², 于水稻移栽后杂草萌发期施用。

关键词 双环磺草酮; 五氟磺草胺; 苄嘧磺隆; 防效; 安全性**中图分类号:** S451.21 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2021066The control effect and safety of benzobicyclon 50% SC and its mixture
on the weeds in transplanted rice fieldsRAO Lei¹, ZOU Ziyu¹, LIU Lang², LUO Juan¹, LI Baotong^{1*}

(1. College of Agricultural Sciences, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China;

2. College of Land Resources and Environment, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract In order to clarify the control effect and safety of benzobicyclon 50% SC and its mixture benzobicyclon · penoxsulam · bensulfuron-methyl 35% SC on the main weeds in paddy fields, a stem and leaf spray method was used to test the control effect of benzobicyclon 50% SC and its mixture on weeds and its safety on the growth of indica and japonica rices. The results showed that, when benzobicyclon 50% SC was applied at a dose of 300 g/hm², the control effect on weed plants was 65.38% to 90.79% 35 days after the treatment, which was safe for the tested indica and japonica rices. When the dose increased to 487.5 g/hm², the tested indica rice ‘Taifengyou 736’ showed obvious phytotoxic symptoms; the leaves of rice plants were bleached and died, and the plants were dwarf, and the number of tillers was small; when the dosage was increased to 600 g/hm², the tested japonica rice ‘Yongyou 1538’ exhibited slight phytotoxic symptoms; when the dosage was increased to 975 g/hm², the tested

收稿日期: 2021-01-30 **修订日期:** 2021-03-05**基金项目:** “十三五”国家重点研发计划(2017YFD0301604); 江西省科技支撑计划(20151BBF60070); 江西省农业(水稻)产业技术体系项目(JXARS-02)

* 通信作者 E-mail: libt66@163.com

indica rice suffered serious phytotoxicity, with an injury rate and mortality of 58.83%—68.59% and 44.17%—62.18%, respectively, and the yield was reduced by 75.48%—75.55%. In contrast, the tested japonica rice showed an injury rate of 13.89%—19.08%, and the yield was reduced by 19.35%—21.70%. Benzobicyclon alone had a good control effect on rice field weeds, but with a poor level of safety on rice. It is not suitable for application in indica rice fields. The recommended dose for benzobicyclon alone in japonica rice fields was 300—487.5 g/hm², but for benzobicyclon • penoxsulam • bensulfuron-methyl 35% SC, it was 210—315 g/hm², which was safe for the tested indica and japonica rice. The plant control effect and fresh weight control effect against broad-leaved weeds and other weeds in paddy fields 15 days and 35 days after application were both above 92%, while those against Gramineous weeds were 77.86%—98.52% and 76.85%—94.98%, respectively, but with a yield increase effect on the tested indica and japonica rice varieties to some extent: compared with the negative control, the yield was increased by 5.31%—23.77% and 19.78%—26.88%, respectively. Based on the principles of high efficiency, economy and safety, the recommended dosage for benzobicyclon • penoxsulam • bensulfuron-methyl 35% SC in paddy fields is 210—262.5 g/hm², and it should be applied during the weed germination period after rice transplantation.

Key words benzobicyclon; penoxsulam; bensulfuron methyl; control efficacy; safety

江西省地处我国华东地区,全省气候温暖,雨量充沛,为亚热带湿润气候,粮食主要以水稻为主,然而,杂草一直制约水稻的生产。杂草与水稻共生于稻田,与水稻争夺养分和生长空间,是导致水稻减产的主要因素之一,一般可使水稻减产 10%~20%,严重时可造成水稻减产 50%~90%^[1-2]。当前稻田杂草的防除方法主要有人工与机械除草、化学药剂防治、生物防治、耕种制度防控杂草、栽培措施防控杂草等^[3-4]。其中化学药剂由于高效、经济、省时省力等优点,已成为稻田杂草的主要防治手段^[5],目前已形成比较成熟的“一封、二杀、三补”的技术体系,其原则是根据不同杂草种类和生物特性选择高效对口药剂适时适量施药^[6]。目前登记的稻田除草剂中主要包含三酮类、磺酰脲类、酰胺类、苯氧羧酸类、杂环类、氨基甲酸酯类、嘧啶水杨酸类等,主要用于防除禾本科杂草、阔叶杂草和莎草科杂草^[7]。随着除草剂的多年连续使用和除草剂产品登记混乱导致除草剂药害、杂草抗药性、环境污染等问题不断凸显^[8-9]。因此,筛选和开发适宜稻田杂草防除的除草剂品种,进行合理交替使用、混配或混用,降低药剂用量,扩大杀草谱,延长使用时间具有重要意义^[10]。

双环磺草酮是由日本 SDS 生物公司研究、开发的新颖双环辛烷类内吸选择性除草剂,具有双环及苯硫醚的独特结构^[11];该药剂为对羟基苯基丙酮酸双氧化酶(HPPD)抑制剂,即通过抑制 HPPD 活性,影响质体醌的合成,从而影响类胡萝卜素的生物合成,使叶片白化^[12];该药剂对异型莎草 *Cyperus difformis* L.、雨久花 *Monochoria korsakowii*

Regel & Maack、幼龄的稗草 *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.、野慈姑 *Sagittaria trifolia* L.、泽泻 *Alisma plantago-aquatica* Linn.、千金子 *Euphorbia lathyris* L. 等杂草防效较好,对鸭舌草 *Monochoria vaginalis* (Burm. F.) Presl ex Kunth 效果最好^[13-14]。五氟磺草胺是由美国陶氏公司研发的三唑并嘧啶磺酰类稻田苗后光谱除草剂,该药剂主要通过抑制乙酰乳酸合酶(ALS)的合成而发挥作用^[15],可有效防除禾本科杂草和许多阔叶类杂草^[16-17];苄嘧磺隆是美国杜邦公司开发的一种安全、经济、高效、内吸传导型磺酰脲类除草剂,主要通过阻碍杂草体内氨基酸的生物合成而影响其生长^[18],主要用于防除稗草,也可用于一些莎草科杂草的防治^[19-20]。3 种药剂复配后可扩大杀草谱,降低药剂使用剂量和杂草的抗药性。本文研究了 50%双环磺草酮 SC 及其混剂 35%双环磺草酮 • 五氟磺草胺 • 苄嘧磺隆 SC 对稻田杂草的防除效果及对水稻生长的安全性,旨在为 50%双环磺草酮 SC 及其混剂 35%双环磺草酮 • 五氟磺草胺 • 苄嘧磺隆 SC 在水稻上的安全使用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地及杂草概况

试验地选在江西省宜春市上高县泗溪镇农业技术推广站试验基地,本地属于亚热带季风性湿润气候,试验地为多年水稻种植区。供试水稻品种为:‘甬优 1538’(粳稻)、“泰丰优 736”(籼稻),采用人工插秧,栽培管理方式与当地相同。土壤类型为壤土,pH 值 5.06,碱解氮 73.67 mg/kg,有机质 37.85 g/kg,

有效磷 99.88 mg/kg,速效钾 116.00 mg/kg,全氮 2.23 g/kg,土壤肥力均匀,满足试验要求。

江西是亚热带双季稻主产区之一,稻田主要有禾本科杂草稗草、千金子;异型莎草、丁香蓼 *Ludwigia prostrata* Roxb.、矮慈姑 *Sagittaria pygmaea* Miq.、水竹叶 *Murdannia triquetra* (Wall. ex C. B. Clarke) Bruckn.、鸭舌草,其中以稗草、千金子、鸭舌草、矮慈姑为主,占杂草总量的 80%左右。

1.2 供试除草剂及器材

试验药剂:50%双环磺草酮 SC(日本史迪士生物科学株式会社);35%双环磺草酮·五氟磺草胺·苄嘧磺隆 SC(河北中天邦正生物科技股份有限公司)。对照药剂:22%五氟磺草胺 SC(美国陶氏益农公司);10%苄嘧磺隆 WP(江苏省激素研究所股份有限公司)。

蓝艺 3WBD-20L 背负式电动喷雾器(徐州蓝天电动喷雾器厂),药箱容积 16 L,电动隔膜水泵,塑料单孔防风喷头,不锈钢伸缩喷杆,喷杆和胶管总长 2.6 m,工作压力 4~5 kg/cm²,喷幅 4~5 m,雾滴均匀且压力稳定。

1.3 双环磺草酮及其混剂对稻田杂草的防效

1.3.1 试验设计

试验共设 10 个除草剂处理和 1 个空白对照(表 1),小区面积为 60 m²(每个小区种植粳稻和籼稻各 30 m²),4 次重复,为防止小区间相互串水而影响防效,在各小区四周筑田埂隔开,且留有小沟单排单灌,小区随机区组排列。

表 1 药剂防治移栽稻田杂草试验处理设计
Table 1 Experimental design of pesticide treatment for weed control in transplanted rice fields

编号 Serial no.	处理 Treatment	有效剂量/ g · (hm ²) ⁻¹ Active ingredient dosage
1	50%双环磺草酮 SC	300
2	benzobicyclon 50% SC	487.5
3		600
4		975
5	35%双环磺草酮·五氟磺草胺·苄嘧磺隆 SC	210
6	benzobicyclon · penoxsulam · bensulfuron-methyl 35% SC	262.5
7		315
8		525
9	22%五氟磺草胺 SC penoxsulam 22% SC	30
10	10%苄嘧磺隆 WP bensulfuron-methyl 10% WP	67.5
11	空白对照 CK	—

1.3.2 施药时间及方法

在水稻移栽后 7 d 按试验设计进行喷雾施药(施药前排干稻田水),施药后 2 d 灌水,保持 3~5 cm 水深 5~7 d。

1.3.3 田间调查

施药后 1、3、5、7、14、21 d 观察水稻安全性和观察记录杂草的危害症状,15、35 d 参照《田间药效试验准则(一):除草剂防治水稻田杂草》在每个小区随机选取 3 点(每点 1 m²,1 m×1 m)调查点内杂草种类和存活株数,35 d 调查杂草鲜重,计算株防效和鲜重防效。

防治效果 = $\frac{CK - PT}{CK} \times 100\%$;

式中:PT 为处理区残存杂草株数(或鲜重);CK 为空白对照区存活杂草株数(或鲜重)。

有效穗数(穗/hm²) = 取样穗数之和/取样面积 × 10 000;

结实率 = 样品实粒数/样品总粒数 × 100%;

理论产量(kg/hm²) = [10 000 m² 有效穗数(万穗) × 平均实粒数(粒) × 千粒重(g)]/(1 000 × 1 000)。

1.4 数据处理

使用 Microsoft Excel 2013 软件对数据进行处理和分析,用 SPSS 17.0 软件进行显著性分析,用 Duncan 氏新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 除草剂对水稻的安全性

水稻安全性调查结果表明:当双环磺草酮单独施用时对水稻的生长具有较大的影响,50%双环磺草酮 SC 施用剂量在 487.5 g/hm² 和 600 g/hm² 处理区水稻植株发生轻微药害,其中籼稻药害情况比粳稻严重,与空白对照比较,水稻植株心叶和叶片边缘失绿白化,后叶片出现黄色斑点,边缘叶片下垂枯死,植株偏矮,后期大部分植株转绿恢复,生长正常,未见其他不良影响;在 975 g/hm² 处理区水稻植株发生严重药害,药后 3~14 d 后大部分籼稻植株白化、枯死后死亡,药后 35 d 存活稻株植株株高和分蘖数显著低于空白对照处理,严重影响水稻生长发育。35%双环磺草酮·五氟磺草胺·苄嘧磺隆 SC 在 210 g/hm² 的低施用剂量下对水稻

的生长发育具有一定的促进作用,药后 35 d 籼稻和粳稻的株高和分蘖数均显著高于空白对照,水稻株高和分蘖数基本上大于对照药剂 22%五氟磺草胺 SC 和 10%苄嘧磺隆 WP 处理区的水稻株高和分蘖数;当施药剂量在 262.5~525 g/hm² 时,籼稻和粳稻的株高和分蘖数与空白对照差异不明显。35%双环磺草酮·五氟磺草胺·苄嘧磺隆 SC 在 210、262.5 g/hm² 施药剂量下处理区籼稻和粳稻均未出现药害情况,在 525 g/hm² 施药剂量下处理区水稻植株发生轻微和中度药害,其中籼稻药害情况比粳稻严重,籼稻药害率分别为 14.40%~17.98%,粳稻药害率分别为 0~1.01%。对照药剂 22%五氟磺草胺 SC 和 10%苄嘧磺隆 WP 按推荐剂量施用,水稻生长发育正常,未见对水稻产生药害情况(表 2)。

2.2 除草剂对杂草的综合防治效果

2.2.1 施用除草剂后杂草的症状

施药后 2 d 禾本科杂草(稗草和千金子)和阔叶类杂草(鸭舌草)就表现出症状,稗草和千金子表现为心叶失绿略微发黄,后白化向茎基部、下层叶片扩展,随后杂草停止生长,叶片发黄枯死;鸭舌草表现为叶尖、叶缘发黑,后向内侧扩展,最后枯萎腐烂,后期存活鸭舌草表现为植株瘦小、叶片萎缩、中部白化带有黄色腐烂斑块或叶缘叶尖腐烂,叶片带有长条状黄色腐烂带。35%双环磺草酮·五氟磺草胺·苄嘧磺隆 SC 210、315、262.5、525 g/hm² 和 50%双环磺草酮 SC 600、975 g/hm² 处理区药剂作用发挥迅速,症状显著突出,其中混剂 35%双环·五氟·苄嘧 SC 各处理区杂草生长受抑制和死亡时间较单剂和对照药剂处理区快;50%双环磺草酮 SC 300、487.5 g/hm² 处理区 4 d 后出现症状,但 14 d 左右稗草恢复转绿,后生长旺盛。

2.2.2 除草剂对杂草的株防效

除草剂施药后 15 d 和 35 d 对稻田存活杂草进行调查,不同除草剂处理对稻田杂草的防治效果存在较大差异(表 3)。田间调查结果表明:各药剂对杂草均有较好的防治效果,50%双环磺草酮 SC 的防治效果随药剂使用剂量的增加而增加,施药后

35 d 对禾本科杂草的防效略低于药后 15 d 防效,说明 50%双环磺草酮 SC 对禾本科杂草的作用持久性较差,药后 15 d 和 35 d 对稗草的防效分别为 78.97%~98.69%和 65.38%~96.08%;对阔叶类杂草具有较好的防治效果,药后 15 d 和 35 d 对阔叶类杂草的防效分别为 81.82%~100%和 85.71%~100%。35%双环磺草酮·五氟磺草胺·苄嘧磺隆 SC 具有广谱性,对稻田主要杂草均具有良好的防除效果,尤其对阔叶类杂草的防除效果最佳,在低剂量(210 g/hm²)施用后 15 d 和 35 d 对阔叶类杂草的株防效均在 95%以上,显著高于 50%双环磺草酮 SC 单独在低剂量(300 g/hm²)施用下对阔叶类杂草的防效,且施药后 35 d 显著高于对照药剂 22%五氟磺草胺 SC 和 10%苄嘧磺隆 WP 在推荐剂量施用下对阔叶类杂草的防效,当 35%双环磺草酮·五氟磺草胺·苄嘧磺隆 SC 在 315 g/hm² 和 525 g/hm² 施药剂量下,2019 年和 2020 年药后 15 d 和 35 d 对阔叶类杂草的防治效果均达到 100%,且施药后 35 d 对阔叶杂草和稻田其他杂草的防治效果与药后 15 d 防效基本持平或略有上升,说明其对稻田杂草作用效果明显,具有良好的防控作用,且持效期长。对照药剂 22%五氟磺草胺 SC 和 10%苄嘧磺隆 WP 对杂草的总体防效较好,药后 15 d 对稻田杂草的防效分别在 78.43%~93.75%和 75.49%~92.14%,药后 35 d 对稻田杂草的防效分别在 73.57%~90.00%和 75.49%~93.33%。

2.2.3 除草剂对杂草的鲜重防效

施药后 35 d 对田间存活杂草进行鲜重调查结果表明,2019 年 35%双环磺草酮·五氟磺草胺·苄嘧磺隆 SC 在低剂量(210 g/hm²)施用下对稻田杂草的鲜重防效均在 92%以上,明显高于 50%双环磺草酮 SC 在 300~487.5 g/hm² 施药剂量和 22%五氟磺草胺 SC 和 10%苄嘧磺隆 WP 在推荐剂量施用下对杂草的鲜重防效,2020 年 35%双环磺草酮·五氟磺草胺·苄嘧磺隆 SC 对稻田阔叶类杂草和其他一年生杂草的鲜重防效与 2019 年趋势相同,而对稗草的鲜重防效相较于 2019 年有所下降,可能是禾本科杂草对药剂产生了耐药性。

表 2 50%双环磺草酮 SC 及其混剂药后 35 d 对水稻的安全性¹⁾

Table 2 The safety of benzobicyclon 50% SC and its mixture on rice 35 days after herbicide application

试验年份 Test year	编号 Serial no.	籼稻 Indica rice				粳稻 Japonica rice			
		株高/cm Plant height	茎蘖数/个·穴 ⁻¹ Number of tillers	药害率/% Injury rate	死亡率/% Mortality	株高/cm Plant height	茎蘖数/个·穴 ⁻¹ Number of tillers	药害率/% Injury rate	死亡率/% Mortality
2019	1	(67.83±0.71)bc	(23.00±0.13)cd	—	—	(80.42±1.39)a	(17.67±0.35)bc	—	—
	2	(62.25±0.49)cd	(21.00±0.35)de	(29.49±2.36)c	(8.33±0.23)c	(76.75±0.69)ab	(14.00±0.62)cde	—	—
	3	(58.50±0.62)de	(18.33±0.56)e	(51.28±4.82)b	(19.87±1.19)b	(70.58±0.77)c	(13.33±0.89)de	(3.41±0.54)b	—
	4	(54.58±0.47)e	(12.00±1.09)f	(68.59±1.91)a	(62.18±2.87)a	(63.92±0.51)d	(13.33±0.65)de	(13.89±0.98)a	(5.69±0.13)a
	5	(71.08±0.67)a	(28.67±0.26)a	—	—	(78.83±0.54)a	(22.67±0.54)a	—	—
	6	(70.42±0.55)ab	(26.00±0.48)b	—	—	(77.00±0.31)ab	(18.00±0.88)bc	—	—
	7	(68.67±0.82)bc	(22.67±0.33)cd	—	—	(76.92±0.69)ab	(20.67±0.40)b	—	—
	8	(62.58±0.33)cd	(21.00±0.62)de	(14.40±1.13)d	(0.96±0.05)d	(69.92±0.38)c	(15.67±0.63)bcd	(1.01±0.11)c	(0.06±0.01)b
	9	(66.50±0.22)bc	(24.67±0.71)bc	—	—	(72.00±0.64)bc	(13.00±0.27)de	—	—
	10	(68.50±0.79)bc	(28.33±0.40)a	—	—	(78.58±0.44)a	(15.67±0.20)bcd	—	—
	11	(67.08±0.65)bc	(23.67±0.34)cd	—	—	(72.00±0.35)bc	(16.67±0.78)bcd	—	—
2020	1	(67.30±0.37)bc	(24.00±0.27)b	—	—	(82.17±0.86)a	(17.00±0.71)c	—	—
	2	(66.42±0.39)bc	(19.67±0.37)de	(28.17±2.12)c	(6.47±0.29)c	(77.43±0.57)bc	(15.00±0.18)d	—	—
	3	(60.23±0.33)d	(18.67±0.40)e	(43.75±1.93)b	(15.25±0.35)b	(74.58±0.92)c	(13.33±0.37)f	(5.64±0.36)b	—
	4	(55.51±0.64)e	(15.67±0.23)f	(58.83±3.67)a	(44.17±0.79)a	(68.17±0.85)d	(12.00±0.25)g	(19.08±0.79)a	(7.16±0.26)a
	5	(72.81±0.27)a	(26.67±0.04)a	—	—	(79.93±0.53)ab	(19.67±0.31)a	—	—
	6	(67.43±0.81)bc	(23.67±0.27)bc	—	—	(78.53±0.73)ab	(18.33±0.21)b	—	—
	7	(65.78±0.41)bc	(22.33±0.63)c	(0.37±0.01)e	—	(75.63±1.10)bc	(16.00±0.49)d	—	—
	8	(63.51±0.27)cd	(20.67±0.30)d	(17.98±0.79)d	(1.53±0.09)d	(74.12±0.67)c	(14.67±0.32)e	—	—
	9	(64.96±0.85)c	(19.33±0.58)de	—	—	(78.04±0.27)ab	(14.67±0.70)e	—	—
	10	(68.86±0.18)b	(25.00±0.49)b	—	—	(84.23±0.34)a	(18.33±0.28)b	—	—
	11	(66.73±0.33)bc	(23.67±0.75)bc	—	—	(76.52±0.66)bc	(17.00±0.49)c	—	—

1) 处理编号 1~11 指代的药剂和剂量同表 1。表中数据为平均值±标准误。同列数据后不同小写字母表示药剂处理之间差异显著 ($P<0.05$)，下同。

Treatment No. 1—11 refer to the pesticides and dosages described in Table 1. The values in the table are mean ± standard error. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level after treatment with herbicides. The same below.

表 3 50%双环磺草酮 SC 及其混剂对移栽稻田杂草的防效

Table 3 Control effects of benzobicyclon 50% SC and its mixture on weeds in transplanted rice fields

试验 年份 Test year	编号 Serial no.	药后 15 d 杂草株防效/% 15-day control efficacy on weed plants			药后 35 d 杂草株防效/% 35-day control efficacy on weed plants		
		禾本科杂草	阔叶杂草	其他杂草	禾本科杂草	阔叶杂草	其他杂草
		Gramineae weeds	Broadleaf weeds	Other weeds	Gramineae weeds	Broadleaf weeds	Other weeds
2019	1	(79.63±1.55)e	(81.82±2.33)e	(78.37±4.59)f	(70.71±1.25)g	(85.71±2.52)c	(86.67±1.63)f
	2	(86.53±2.17)cd	(93.18±0.58)bcd	(92.11±2.10)bc	(78.67±2.34)ef	(91.67±3.08)b	(91.67±1.76)de
	3	(95.68±0.70)ab	(94.32±0.60)abcd	(95.68±0.81)ab	(89.29±3.08)bc	(97.63±1.10)a	(96.67±0.78)abc
	4	(98.40±0.61)a	(97.73±0.29)ab	(98.68±0.28)a	(95.00±0.71)ab	100 a	100 a
	5	(83.41±0.79)d	(95.45±0.36)abc	(97.37±0.27)ab	(77.86±2.13)ef	(97.26±0.72)a	(95.00±0.95)bcd
	6	(97.38±0.63)ab	(98.18±0.36)ab	(98.86±0.22)a	(85.00±1.16)cd	(98.81±0.59)a	(98.33±0.36)ab
	7	(98.52±0.39)a	100 a	100 a	(91.43±1.56)ab	100 a	100 a
	8	(99.74±0.26)a	100 a	100 a	(96.43±0.52)a	100 a	100 a
	9	(85.94±1.03)cd	(88.64±3.31)d	(86.84±2.67)cd	(73.57±2.07)fg	(83.33±1.84)cd	(90.00±0.32)ef
	10	(89.45±2.06)bc	(90.87±2.63)cd	(85.53±3.24)de	(80.23±0.96)de	(79.76±1.16)d	(93.33±0.38)cde
	11	—	—	—	—	—	—
2020	1	(78.97±1.75)e	(87.50±1.53)d	(79.63±1.55)e	(65.38±3.99)fg	(90.79±1.59)cd	(86.74±1.21)c
	2	(87.12±1.14)d	(91.07±1.11)c	(86.53±2.17)d	(72.55±2.99)ef	(94.74±0.72)bc	(94.67±0.73)b
	3	(93.44±1.42)c	(96.79±0.57)ab	(95.68±0.69)ab	(82.35±3.05)bcd	(98.68±0.68)ab	(97.99±0.27)ab
	4	(98.69±0.25)ab	100 a	(98.40±0.61)a	(96.08±1.01)a	100 a	100 a
	5	(92.45±1.66)c	(96.43±0.71)ab	(93.41±0.79)bc	(81.37±3.01)cd	(96.05±0.49)ab	(95.69±0.54)b
	6	(95.16±0.76)bc	(98.21±0.60)a	(97.38±0.63)ab	(86.27±1.71)bc	(97.37±0.70)ab	(96.55±0.75)ab
	7	(97.55±0.34)ab	100 a	(98.52±0.39)a	(90.20±1.64)ab	100 a	100 a
	8	(99.27±0.73)a	100 a	(99.74±0.26)a	(97.06±0.41)a	100 a	100 a
	9	(78.43±1.15)e	(93.75±0.64)bc	(85.94±1.03)d	(78.43±3.81)cde	(81.58±2.20)e	(87.57±1.22)c
	10	(75.49±1.73)e	(92.14±1.27)c	(89.45±2.06)cd	(75.49±3.31)de	(82.81±2.23)e	(82.89±1.83)d
	11	—	—	—	—	—	—

表 4 50%双环磺草酮 SC 及其混剂对移栽稻田杂草的鲜重防效

Table 4 The fresh-weight control effect of benzobicyclon 50% SC and its mixture on weeds in transplanted rice fields

编号 Serial no.	药后 35 d 杂草鲜重防效/%(2019 年) 35-day control efficacy on fresh weight (2019)			药后 35 d 杂草鲜重防效/%(2020 年) 35-day control efficacy on fresh weight (2020)		
	禾本科杂草	阔叶杂草	其他杂草	禾本科杂草	阔叶杂草	其他杂草
	Gramineae weeds	Broadleaf weeds	Other weeds	Gramineae weeds	Broadleaf weeds	Other weeds
1	(62.13±2.69)e	(83.12±1.36)ab	(86.51±2.06)d	(60.10±6.05)e	(89.01±1.24)c	(85.52±2.52)de
2	(70.40±2.59)d	(89.65±2.21)ab	(91.38±0.86)c	(60.22±1.71)e	(93.73±0.65)bc	(94.00±2.03)b
3	(89.45±0.89)abc	(98.25±0.90)a	(97.01±0.60)a	(73.13±3.94)d	(97.97±1.05)ab	(96.60±0.54)ab
4	(94.91±1.18)ab	100 a	100 a	(94.26±0.80)a	100 a	100 a
5	(92.64±0.41)abc	(98.28±1.40)a	(96.51±0.58)ab	(76.85±3.35)cd	(95.54±1.17)ab	(96.07±0.78)ab
6	(94.98±0.38)ab	(99.33±0.67)a	(98.65±0.77)a	(87.85±2.70)abc	(94.67±1.57)b	(95.37±0.90)ab
7	(94.08±1.40)abc	100 a	100 a	(88.94±1.76)ab	100 a	100 a
8	(95.95±0.34)a	100 a	100 a	(92.46±0.63)a	100 a	100 a
9	(86.65±2.21)bc	(97.54±1.12)a	(92.01±1.12)c	(79.92±1.68)bcd	(82.55±2.01)d	(92.22±1.16)bc
10	(85.91±1.35)c	(85.57±2.57)ab	(93.42±1.13)bc	(73.20±2.88)d	(73.81±3.03)e	(81.28±2.61)e
11	—	—	—	—	—	—

2.3 除草剂对产量及其构成因素的影响

在水稻成熟收割前对水稻产量及其构成因素进行采样调查,不同除草剂处理对产量存在较大的影响(表 5 和表 6)。结果表明:当 50%双环磺草酮 SC 单独施用,在有效剂量 300 g/hm² 和 487.5 g/hm² 下梗稻的有效穗数、结实率、理论产量和实测产量相对于空白对照区有所提升,2019 年和 2020 年的梗稻增产率分别为 19.22%、28.14%和 4.80%、17.39%,但在有效剂量为 600、975 g/hm² 处理下,增产率有所

下降甚至为负增长(减产),增产率分别为 4.65%、-19.35% 和 -10.79%、-21.70%;50%双环磺草酮 SC 在高剂量处理的小区籼稻的有效穗长、有效穗数、每穗粒数、结实率相对于空白区都有所降低,籼稻减产严重,最高减产达 75%以上。供试药剂 35%双环磺草酮·五氟磺草胺·苄嘧磺隆 SC 在 210~525 g/hm² 施用范围内,2019 年和 2020 年对梗稻的实测产量分别为 9.02~10.17 t/hm² 和 9.04~10.47 t/hm²,与不施用除草剂的空白对照相比,分别增产 13.32%

~26.88%和 8.39%~24.70%;35%双环磺草酮·五氟磺草胺·苄嘧磺隆 SC 在 210~315 g/hm² 施用范围内对水稻产量具有促进作用,但随着施用剂量的增加,水稻的增产率逐渐减小,在 210~315 g/hm² 施用范围内,2019 年和 2020 年对水稻的实测产量分别在 8.13~9.53 t/hm² 和 9.17~9.97 t/hm² 范围内,比空白对照增产 5.31%~23.77%和 9.69%~19.26%,但当 35%双环磺草酮·五氟磺草胺·苄嘧磺隆 SC 施用剂量为 525 g/hm² 时,会对水稻产量造成损失,分别减产 9.31%和 1.56%。

表 5 50%双环磺草酮 SC 及其混剂对梗稻产量及其构成因素的影响
Table 5 Effects of benzobicyclon 50% SC and its mixture on the yield and the components of japonica rice

试验年份 Test year	编号 Serial no.	有效穗长/cm Effective panicle length	有效穗数/ 万穗·(hm ²) ⁻¹ Effective panicles	每穗粒数/粒 Grains per panicle	结实率/% Rice seeding rate	千粒重/g Weight per 1 000 grains	实测产量/ t·(hm ²) ⁻¹ Measured output	增产率/% Increased production rate
2019	1	(20.80±0.32)bc	(200.00±23.09)abc	(243.33±12.03)cd	(83.78±0.98)abc	(23.95±0.19)ab	(9.49±0.09)ab	19.22
	2	(20.24±0.88)cd	(220.00±11.55)a	(234.67±4.84)d	(85.92±0.45)ab	(23.88±0.10)abc	(10.26±0.45)a	28.14
	3	(19.13±0.15)def	(206.67±17.64)ab	(204.33±6.44)e	(84.93±0.68)abc	(23.57±0.12)abcd	(8.33±0.27)cd	4.65
	4	(22.47±0.18)a	(140.00±11.55)c	(293.67±6.12)a	(71.70±1.92)d	(23.13±0.03)d	(6.42±0.23)e	-19.35
	5	(20.13±0.17)cde	(213.33±17.64)ab	(233.33±8.19)d	(84.39±0.99)abc	(24.03±0.21)a	(9.95±0.37)a	25.00
	6	(22.00±0.60)ab	(193.33±24.04)abc	(282.33±6.12)ab	(80.33±1.79)c	(23.37±0.27)bcd	(9.92±0.17)a	24.62
	7	(20.93±0.43)bc	(206.67±6.67)ab	(264.67±5.21)c	(82.16±1.91)bc	(23.40±0.14)bcd	(10.17±0.28)a	26.88
	8	(20.83±0.09)bc	(186.67±35.28)abc	(264.00±13.89)c	(79.82±2.36)c	(23.57±0.07)abcd	(9.02±0.12)bc	13.32
	9	(18.83±0.43)ef	(206.67±24.03)ab	(201.33±8.95)e	(87.86±0.32)a	(23.75±0.33)abc	(8.27±0.23)cd	3.89
	10	(20.63±0.38)bc	(200.00±11.55)abc	(246.67±8.51)cd	(82.89±2.08)abc	(23.56±0.14)abcd	(9.84±0.15)a	23.62
	11	(20.14±0.57)cde	(186.67±35.2)8abc	(225.00±9.61)de	(82.86±1.79)abc	(23.42±0.07)bcd	(7.96±0.28)d	—
2020	1	(19.23±0.50)c	(226.67±17.64)ab	(201.00±9.13)f	(84.67±1.13)ab	(23.44±0.05)def	(8.74±0.10)cd	4.80
	2	(20.10±0.12)bc	(213.33±6.67)abc	(233.67±7.56)cd	(86.60±0.65)a	(23.48±0.05)def	(9.79±0.31)ab	17.39
	3	(20.35±0.49)bc	(166.67±17.64)cde	(242.33±7.60)bc	(78.94±3.84)bc	(23.16±0.05)fg	(7.44±0.12)e	-10.79
	4	(22.85±1.35)a	(146.67±13.33)de	(263.67±4.33)a	(69.92±2.39)d	(23.10±0.03)g	(6.53±0.23)f	-21.70
	5	(19.78±0.66)bc	(253.33±54.04)a	(214.00±5.39)def	(83.73±1.95)abc	(23.69±0.31)bcd	(10.12±0.15)ab	21.10
	6	(21.92±0.56)ab	(213.33±6.67)abc	(256.67±4.96)b	(87.97±0.53)a	(23.85±0.05)bc	(10.47±0.28)a	24.70
	7	(19.66±0.63)c	(233.33±29.06)ab	(229.00±7.89)cde	(85.37±1.30)a	(23.69±0.06)bcd	(9.99±0.36)ab	19.78
	8	(20.30±0.54)bc	(200.00±23.09)abcd	(233.33±3.62)cd	(84.26±0.70)ab	(24.30±0.08)a	(9.04±0.08)c	8.39
	9	(19.73±0.60)bc	(213.33±13.33)abc	(213.00±5.02)def	(84.00±3.24)abc	(23.83±0.08)bc	(8.77±0.22)cd	5.16
	10	(20.60±0.27)bc	(200.00±11.55)abcd	(259.67±8.80)b	(86.07±0.84)a	(24.02±0.05)ab	(9.74±0.23)b	16.79
	11	(19.56±0.92)c	(193.33±17.64)bcd	(225.67±10.46)cde	(82.96±2.84)abc	(23.56±0.03)cde	(8.34±0.3)1 d	—

表 6 50%双环磺草酮 SC 及其混剂对籼稻产量及其构成因素的影响
Table 6 Effects of benzobicyclon 50% SC and its mixture on the yield and the components of indica rice

试验 年份 Test year	编号 Serial no.	有效穗长/cm Effective panicle length	有效穗数/ 万穗·(hm ²) ⁻¹ Effective panicles	每穗粒数/粒 Grains per panicle	结实率/% Rice seeding rate	千粒重/g Weight per 1 000 grains	实测产量/ t·(hm ²) ⁻¹ Measured output	增产率/% Increased production rate
2019	1	(22.48±0.36)abcd	(355.73±6.13)bc	(154.00±17.25)abc	(71.28±3.20)bcd	(23.53±0.04)cd	(8.98±0.12)ab	17.23
	2	(21.55±0.32)abcd	(386.40±28.11)abc	(122.33±9.25)bcde	(72.22±2.74)abcd	(24.10±0.03)a	(8.41±0.25)bc	9.65
	3	(20.68±0.61)de	(282.13±6.13)d	(116.00±8.66)cde	(63.81±3.51)d	(23.41±0.04)d	(4.84±0.11)f	-36.98
	4	(19.02±0.05)e	(153.33±22.11)e	(93.00±3.29)e	(50.10±3.72)e	(22.82±0.10)e	(1.88±0.11)g	-75.55
	5	(22.73±0.42)ab	(343.47±6.13)c	(162.67±11.21)ab	(72.55±4.17)abcd	(23.90±0.03)ab	(9.53±0.19)a	23.77
	6	(23.33±0.67)a	(294.40±18.40)d	(170.33±9.20)a	(79.01±2.13)a	(23.75±0.04)abcd	(9.09±0.24)ab	17.9
	7	(22.30±0.75)abcd	(361.87±6.13)abc	(147.67±16.71)abcd	(66.85±4.00)cd	(23.66±0.05)bcd	(8.13±0.27)cd	5.31
	8	(20.75±0.39)cde	(410.93±12.27)a	(106.67±8.57)de	(66.82±1.38)cd	(23.79±0.07)abc	(7.01±0.24)e	-9.31
	9	(22.63±0.86)abc	(349.60±21.25)c	(150.67±20.70)abc	(63.20±4.33)d	(23.94±0.04)ab	(8.07±0.16)cd	3.99
	10	(21.18±0.68)bcd	(404.80±21.25)ab	(115.33±14.46)cde	(75.52±1.48)abc	(24.11±0.14)a	(8.24±0.27)cd	6.05
	11	(22.08±0.28)abcd	(288.27±6.13)d	(140.67±16.53)abcd	(78.04±3.18)ab	(23.72±0.01)bcd	(7.66±0.25)d	—
2020	1	(23.30±0.10)ab	(325.07±22.11)d	(177.33±5.67)b	(69.19±6.51)bcde	(23.81±0.06)ab	(8.96±0.21)bcd	7.18
	2	(21.00±0.42)d	(355.73±16.23)bcd	(118.67±5.36)e	(75.38±2.21)ab	(23.68±0.07)abc	(7.68±0.14)e	-8.13
	3	(19.70±0.50)ef	(300.53±22.11)d	(112.67±3.84)ef	(60.71±3.80)ef	(23.38±0.05)c	(4.62±0.45)f	-44.74
	4	(18.43±0.57)g	(208.53±32.45)e	(85.67±5.21)g	(46.59±4.48)g	(22.83±0.02)d	(2.05±0.23)g	-75.48
	5	(24.27±0.38)a	(300.53±22.11)d	(193.00±3.51)a	(72.52±1.72)abcd	(24.18±0.16)a	(9.97±0.23)a	19.26
	6	(22.63±0.15)b	(392.53±22.11)abc	(167.33±1.45)bc	(62.54±2.83)def	(23.48±0.05)c	(9.25±0.33)ab	10.65
	7	(21.43±0.13)cd	(410.93±12.27)ab	(119.33±2.96)e	(80.53±1.99)a	(23.72±0.01)abc	(9.17±0.10)bc	9.69
	8	(20.77±0.50)de	(423.20±21.25)a	(106.67±6.33)ef	(74.74±2.17)abc	(23.96±0.04)ab	(8.23±0.12)de	-1.56
	9	(22.77±0.15)b	(331.20±10.62)d	(173.67±3.28)b	(64.68±2.95)cdef	(23.67±0.11)bc	(8.61±0.17)bcd	2.99
	10	(22.30±0.68)bc	(349.60±10.62)cd	(146.67±6.06)d	(81.49±1.46)a	(23.75±0.05)abc	(9.42±0.21)ab	12.68
	11	(21.43±0.18)cd	(325.07±16.23)d	(141.00±2.52)d	(79.21±2.93)ab	(22.84±0.14)d	(8.36±0.25)cde	—

3 讨论与结论

毕亚玲等^[13]研究了 98% 双环磺草酮原药在 720 g/hm² 剂量下进行茎叶喷雾处理 21 d 后对多种秋熟杂草防效较好,且对供试的 3 个粳稻品种安全,但在供试的 5 个籼稻品种中,仅对‘隆两优华占’安全,说明双环磺草酮对水稻的安全性较低。本文研究了 50% 双环磺草酮 SC 及其混剂 35% 双环磺草酮·五氟磺草胺·苄嘧磺隆 SC 在不同施药浓度处理下与对照药剂在推荐剂量下在水稻移栽后 7 d,即禾本科杂草稗草及阔叶类杂草鸭舌草出苗和 3 叶期左右时采用茎叶喷雾对稻田主要杂草的防除效果和对供试水稻的安全性对比。结果表明:50% 双环磺草酮 SC 施用剂量为 300 g/hm² 时,药后 35 d 杂草株防效为 65.38%~90.79%,对供试籼稻和粳稻安全,当使用剂量增加到 487.5 g/hm² 时,供试籼稻品种‘泰丰优 736’发现明显药害现象,水稻植株叶片白化枯死,植株生长较矮,分蘖数少;当使用剂量增加到 600 g/hm² 时,供试粳稻品种‘甬优 1538’发生轻微药害,而当使用剂量增加到 975 g/hm² 时,供试籼稻发生严重药害,籼稻药害率和死亡率分别为 58.83%~68.59% 和 44.17%~62.18%,减产 75.48%~75.55%,有 13.89%~19.08% 的供试粳稻产生药害,减产 19.35%~21.70%。50% 双环磺草酮 SC 单独施用时对稻田杂草具有较好的防治效果,但对水稻安全性较差,双环磺草酮不适合在籼稻田施用,在粳稻田的推荐施用量为 300~487.5 g/hm²,于水稻移栽后杂草萌发期采用茎叶喷雾法施用。35% 双环磺草酮·五氟磺草胺·苄嘧磺隆 SC 具有广谱性,药效发挥迅速,杂草受害症状明显,可有效控制稻田禾本科杂草和阔叶类杂草,在 210~315 g/hm² 施用剂量下对供试籼稻和粳稻安全,药后 15 d 和 35 d 对稻田杂草的株防效分别在 83.41%~100% 和 77.86%~100%,除草效果相比对照药剂有所提高,对供试籼稻和粳稻品种均具有一定的增产效果,与空白对照相比,籼稻增产了 5.31%~23.77%,粳稻增产了 19.78%~26.88%,当施用量为 525 g/hm² 时,供试籼稻和粳稻均观察到药害症状,但后期水稻基本上恢复正常生长状态。双环磺草酮与五氟磺草胺和苄嘧磺隆混配使用时,不仅可以扩大杀草谱,还可以提高药效、减少药剂使用量、并对水稻

安全,因此,35% 双环磺草酮·五氟磺草胺·苄嘧磺隆 SC 于水稻移栽后杂草萌发期采用茎叶喷雾法施用可以用于防除稻田主要杂草,值得推广使用。

参考文献

- [1] 庄家文,张峥,强胜. 浙江省水稻田杂草群落调查[J]. 植物保护学报,2019,46(2):479-488.
- [2] 魏才强. 黑龙江省稻田杂草群落组成及其对水稻产量的影响[J]. 中国林副特产,2016(3):29-30.
- [3] 柏连阳,罗宽. 稻田杂草及其防治研究进展[J]. 湖南农业科学,1999(5):46-47.
- [4] 周燕芝,王文霞,陈丽明,等. 直播稻田杂草发生与防除研究进展[J]. 作物杂志,2019(4):1-9.
- [5] 刘勇. 农业生产中化学除草技术的实践[J]. 农业与技术,2017,37(18):20.
- [6] 陈秋芳. 移栽水稻田的化学除草[J]. 湖南农业,2014(4):5.
- [7] 冯建国,沈亚明,袁小勇,等. 我国稻田除草剂使用中存在的问题及应对措施[J]. 农药,2017,56(1):6-10.
- [8] 张宏军,刘学,沙虎全,等. 我国除草剂登记使用现状及存在问题[J]. 杂草科学,2011,29(1):7-11.
- [9] 李杨,马智宏,李冰茹,等. 我国主要作物中除草剂登记情况及存在问题[J]. 食品安全质量检测学报,2018,9(17):4483-4488.
- [10] 胡尊纪,吴希宝,刘世超,等. 双环磺草酮与五氟磺草胺复配水稻直播田一年生杂草的防除效果[J]. 农药,2020,59(9):698-702.
- [11] 张一宾. 除草剂双环磺草酮的研究开发[J]. 世界农药,2006(2):9-14.
- [12] 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.
- [13] 毕亚玲,王曹阳,谷刚,等. 双环磺草酮除草活性及对水稻的安全性研究[J]. 农药学报,2018,20(1):18-24.
- [14] 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.
- [15] 顾林玲. 三唑并嘧啶磺酰胺类除草剂——五氟磺草胺[J]. 现代农药,2015,14(2):46-51.
- [16] 夏明聪,李丽霞,马晓静,等. 25 g/L 五氟磺草胺 OD 防除直播稻田杂草效果研究[J]. 现代农药,2015,14(5):47-49.
- [17] 彭昕华. 五氟磺草胺(25 g/L 可分散油悬浮剂)防除水稻移栽田一年生杂草的效果试验[J]. 河南农业,2017(7):45-46.
- [18] 李湄川,李智宁,张季,等. 苄嘧磺隆和苯噻草酰胺在稻田水和土壤中的动态消解研究[J]. 辽宁化工,2014,43(4):369-371.
- [19] 夏文才. 10% 苄嘧磺隆 WP 对水稻阔叶杂草及莎草的防效[J]. 华夏星火,2005(Z1):46-47.
- [20] 张景龙,乔金玲,孟昭和,等. 10% 苄嘧磺隆可湿性粉剂防除水稻移栽田杂草试验[J]. 黑龙江农业科学,2009(2):76.

(责任编辑:田 喆)