

不同喷雾助剂对稻田除草剂减量作用的研究

田志慧, 袁国徽, 高萍, 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了 β 助剂、迈丝、益泽、激健4个喷雾助剂对氰氟草酯和灭草松的减量使用技术研究。结果表明,使用100 g/L 氰氟草酯乳油防除稻田杂草稗 *Echinochloa crusgalli*、千金子 *Leptochloa chinensis* 时,分别添加 β 助剂、益泽、激健3个喷雾助剂均可降低其使用量30%,添加迈丝可降低其使用量20%;使用480 g/L 灭草松水剂防除多花水苋 *Ammannia multiflora*、丁香蓼 *Ludwigia prostrata* 和异型莎草 *Cyperus difformis* 等杂草时,添加 β 助剂可降低其使用量30%,分别添加迈丝、益泽、激健3个喷雾助剂均可降低其使用量至少20%。两种稻田常用除草剂减量20%~30%后添加喷雾助剂施用对水稻生长和产量均无不良影响。

关键词 喷雾助剂; 稻田; 除草剂; 减量作用; 安全性

中图分类号: S 482 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019112

Effects of different spray adjuvants on the reduction of herbicide application in rice fields

TIAN Zhihui, YUAN Guohui, GAO Ping, SHEN Guohui*

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

Abstract Field experiment was conducted to detect the reduction of cyhalofop-butyl and bentazone by mixing with 4 spray adjuvants of beta, Maisi, Yize and Jijian. The results showed that for control of *Echinochloa crusgalli* and *Leptochloa chinensis* in rice fields, the dosage of cyhalofop-butyl 100 g/L EC could be reduced by 30% when mixed with spray adjuvants either beta, Yize or Jijian, 20% while mixed with Maisi. For control of weeds such as *Ammannia multiflora*, *Ludwigia prostrate* and *Cyperus difformis*, the dosage of bentazone 480 g/L AS could be reduced by 30% when mixed with beta adjuvant, 20% while mixed with either Maisi, Yize or Jijian. The 20%—30% reduction of two herbicides and the addition of spray adjuvants had no adverse effect on the growth and yield of rice.

Key words spray adjuvant; rice field; herbicide; reduction; safety

喷雾助剂(spray adjuvant)是在喷洒农药前直接添加到喷药桶或药箱中,混合均匀后能改善药液理化性质的一种农药助剂,通常也被称为桶混助剂^[1]。国内外学者研究发现,添加适宜的助剂可降低除草剂药液表面张力和接触角,促进药液在靶标表面的润湿展布,改善除草剂的湿润性能,增加沉积量,从而在不增加除草剂用量的情况下提高药效^[2-8]。喷雾助剂应用于杀虫剂、杀菌剂的研究起步早,已有文献报道,迈丝应用于稻田杀菌剂防治水稻

纹枯病^[9],激健应用于稻田杀虫剂防治稻飞虱、稻纵卷叶螟、二化螟,应用于杀菌剂防治水稻纹枯病和曲霉病^[10-12]均有增效作用。在除草剂方面,喷雾助剂激健应用于旱田除草剂增效作用的研究较多,相关研究表明小麦田除草剂与激健混用,可有效提高对小麦田杂草的防除效果^[13-15];玉米田除草剂减量30%~40%后加激健对杂草的防除效果没有显著不良影响^[16];大豆田除草剂添加激健后除草剂减量40%仍具有良好的防除效果^[17]。已商品化的迈丝、

收稿日期: 2019-03-08 修订日期: 2019-04-28

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);国家科技重大专项(2017ZX07202004-004);上海市农业科学院卓越团队项目(农科创2018(B-01))

* 通信作者 E-mail: zb5@saas.sh.cn

β 助剂和益泽对稻田除草剂的增效研究还未见报道。肖慰祖等^[18]通过室内整株生测法研究助剂 GY-Tmax 对 10% 双草醚悬浮剂、10% 氰氟草酯乳油防效及对水稻安全性的影响,结果表明该助剂能显著增加 10% 双草醚悬浮剂对稗 *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. 和 10% 氰氟草酯乳油对稗、千金子 *Leptochloa chinensis* (L.) Nees 的防效^[18];纪明山等通过室内生物活性测定方法,初步确定 480 g/L 灭草松水剂与硫酸铵和英伏腾混用对野慈姑 *Sagittaria trifolia* L. 的防除有明显的增效作用^[19]。本研究选择 4 种商品化的喷雾助剂,通过田间小区试验评价其对稻田常用茎叶处理除草剂 100 g/L 氰氟草酯乳油和 480 g/L 灭草松水剂的增效作用以及对水稻生长的影响,以期对除草剂的减量使用提供技术依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试药剂

供试除草剂:100 g/L 氰氟草酯(cyhalofop-butyl)乳油(以下简称:氰氟草酯)由美国陶氏益农公司生产,市售;480 g/L 灭草松(bentazone)水剂(以下简称:灭草松)由世科姆化学贸易(上海)有限公司生产,市售。

供试喷雾助剂: β 助剂由山东科赛基农控股有限公司提供;植物油增效剂“迈丝”由北京广源益农化学有限责任公司生产并提供;植物油增效剂“益泽”由上海生农生化制品股份有限公司提供;植物油

增效剂“激健”由四川蜀峰作物科学有限公司生产并提供。

1.1.2 供试作物

供试作物为单季晚稻,水稻品种为‘青香软粳’,播种方式为催芽至半粒谷长时人工水直播,播种量为 75.00 kg/hm²,播种时间为 2018 年 5 月 23 日。

1.1.3 供试杂草

为了确保田间杂草基数,水稻播种的同时采用拌细土人工撒播的方式接种靶标杂草种子,其中氰氟草酯处理区只接种稗和千金子,接种量均为 3.00 kg/hm²;灭草松处理区只接种阔叶杂草多花水苋 *Ammannia multiflora* Roxb.、丁香蓼 *Ludwigia prostrata* Roxb. 以及莎草科杂草异型莎草 *Cyperus difformis* L.,接种量分别为 1.50、11.25 kg/hm² 和 9.75 kg/hm²。为了排除其他非靶标杂草的干扰,试验期间采用人工拔草的方式除去非靶标杂草。

1.2 试验方法

两个供试除草剂均设:1)空白对照;2)推荐剂量单用对照;3)推荐剂量减量 20%+不同喷雾助剂;4)推荐剂量减量 30%+不同喷雾助剂,共 10 个处理(表 1)。氰氟草酯和灭草松处理分别在水稻 2~3 叶期和分蘖末期进行茎叶喷雾。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 45 Pa,喷射速率 1 250 mL/min,喷液量 450 L/hm²。施药前 1 d 排干小区水层,施药后 1 d 覆水并保持 3~5 cm 水层 5 d。

表 1 供试药剂及试验处理¹⁾
Table 1 Tested herbicides and treatment

供试药剂 Tested herbicide	用量/mL·(hm ²) ⁻¹ Dose	供试药剂 Tested herbicide	用量/mL·(hm ²) ⁻¹ Dose
100 g/L 氰氟草酯 EC	75+0	480 g/L 灭草松 AS	1 080+0
cyhalofop-butyl 100 g/L EC		bentazone 480 g/L AS	
100 g/L 氰氟草酯 EC+ β 助剂	60+300	480 g/L 灭草松 AS+ β 助剂	864+300
cyhalofop-butyl 100 g/L EC+ β	52.5+300	bentazone 480 g/L AS+ β	756+300
100 g/L 氰氟草酯 EC+迈丝	60+1 500	480 g/L 灭草松 AS+迈丝	864+1 500
cyhalofop-butyl 100 g/L EC+Maisi	52.5+1 500	bentazone 480 g/L AS+Maisi	756+1 500
100 g/L 氰氟草酯 EC+益泽	60+300	480 g/L 灭草松 AS+益泽	864+300
cyhalofop-butyl 100 g/L EC+Yize	52.5+300	bentazone 480 g/L AS+Yize	756+300
100 g/L 氰氟草酯 EC+激健	60+150	480 g/L 灭草松 AS+激健	864+150
cyhalofop-butyl 100 g/L EC+Jijian	52.5+150	bentazone 480 g/L AS+Jijian	756+150
空白对照 CK	0	空白对照 CK	0

1) 除草剂用量为有效成分用量,助剂用量为商品量,下同。
The dosage of herbicide is the active ingredient dosage, and the dosage of spray adjuvant is the commodity dosage, the same below.

试验田四周设保护行,试验田内小区随机区组排列,每小区筑埂隔离,保证单排单灌。试验小区面积 15 m^2 ,每处理 4 次重复。

1.3 数据调查

1.3.1 除草效果调查

分别于施药后 14 d 和 28 d 进行除草效果调查,其中 14 d 调查各种杂草的残存株数,计算株防效。调查时每小区随机取 4 样点,每样点 0.25 m^2 ,按种类分别计数各样方内残存杂草株数。28 d 调查时同时对残存杂草地上部分分种类称重,计算鲜重防效。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

施药后不定期观察各处理下水稻的生长状况,如有药害则详细记录药害症状。施药后 14 d 调查水稻茎蘖数,并每小区随机取水稻 25 株,测定水稻的株高、根长和植株鲜重。

1.3.3 水稻产量测定

水稻成熟时,每小区随机取样 1 m^2 ,测定穗数、穗粒数和千粒重,计算理论产量。理论产量 = 1 m^2 穗数 $\times 10\ 000 \times$ 每穗粒数 $\times$ (千粒重 / $1\ 000$) / $1\ 000$ 。

1.4 数据处理

试验数据经 Excel 软件分类汇总,然后应用单因素方差分析(One-way ANOVA)中 Duncan 氏新复极差测验法进行差异性分析。单因素方差分析在 SPSS (Statistics Package for Social Science) for Windows 19.0 软件上完成。

2 结果与分析

2.1 喷雾助剂对除草剂药效的影响

2.1.1 喷雾助剂对氟氟草酯药效的影响

氟氟草酯是当前水稻生产上防除千金子和稗的常用茎叶处理除草剂之一,不仅除草效果优异,而且对水稻生长高度安全。试验结果表明,添加供试的各喷雾助剂对氟氟草酯均有不同程度的增效作用。施药后 14 d 调查,当氟氟草酯较常规用量减量 20% 和 30%,即氟氟草酯用量 60 mL/hm^2 和 52.5 mL/hm^2 时,除了氟氟草酯减量 20% 加 β 助剂或激健处理对稗和千金子的总防效显著高于常规用量氟氟草酯

75 mL/hm^2 外,其他处理均无显著差异;施药后 28 d 调查,氟氟草酯减量 30% 加“迈丝”喷雾助剂处理对稗和千金子的总防效显著低于常规推荐用量,这可能与稗对氟氟草酯不如千金子敏感有关;此外,其他各减量加喷雾助剂处理与常规用量氟氟草酯 75 mL/hm^2 均无显著差异,鲜重总防效与株数总防效趋势完全一致(表 2)。

2.1.2 喷雾助剂对灭草松药效的影响

灭草松是当前水稻生产上防除阔叶杂草和莎草科杂草的常用茎叶处理除草剂之一,不仅除草效果好,且对水稻生长较安全。试验结果表明,添加的各喷雾助剂对灭草松均有增效作用。施药后 14 d 调查,当灭草松较常规用量减量 20% 和 30%,即灭草松用量 864 mL/hm^2 和 756 mL/hm^2 时,对阔叶杂草多花水苋、丁香蓼和莎草科杂草异型莎草的总防效与常规用量灭草松 $1\ 080\text{ mL/hm}^2$ 均无显著差异;施药后 28 d 调查,除了灭草松减量 30% 加 β 助剂处理对上述杂草的总株数防效与常规推荐用量没有显著差异外,其他灭草松减量 30% 加 3 个喷雾助剂处理的总株数防效均显著低于常规用量 $1\ 080\text{ mL/hm}^2$ 的防效,但所有灭草松减量 20% 加 4 个喷雾助剂处理的总防效与常规用量 $1\ 080\text{ mL/hm}^2$ 的株防效无显著差异,从鲜重防效看,药后 28 d 调查,灭草松减量 20%、30% 加 4 个喷雾助剂处理,均与灭草松常规用量 $1\ 080\text{ mL/hm}^2$ 的总鲜重防效无显著差异(表 3)。

2.2 除草剂添加喷雾助剂对水稻的安全性评价

2.2.1 除草剂添加不同喷雾助剂对水稻生长的影响

药后 14 d 取样测定结果表明,水稻生长期茎叶喷雾氟氟草酯、灭草松添加不同喷雾助剂处理下,水稻茎蘖数、株高、植株鲜重等各生长指标均与空白对照无显著差异(表 4、表 5),表明了各处理对水稻生长均无不良影响。

2.2.2 除草剂添加不同喷雾助剂对水稻产量的影响

水稻成熟时测产结果表明,与氟氟草酯、灭草松单用相比,减量 20%、30% 后添加不同喷雾助剂,无论是水稻的穗数、穗粒数、千粒重,还是理论产量,各

表 2 不同喷雾助剂对氟氯草酯防效的影响
Table 2 Effects of different spray adjuvants on control efficacy of cyhalofop-butyl

供试药剂 Tested herbicide	用量/ mL· (hm ²) ⁻¹ Dose	药后 14 d 株防效/% Plant control efficacy 14 days after application (14DAA)				药后 28 d 28 days after application			
		株防效/% Plant control efficacy		鲜重防效/% Fresh weight control efficacy		株防效/% Plant control efficacy		鲜重防效/% Fresh weight control efficacy	
		千金子 <i>Echinochloa crus-galli</i>	总草 Total	千金子 <i>L. chinensis</i>	总草 Total	千金子 <i>L. chinensis</i>	总草 Total	千金子 <i>L. chinensis</i>	总草 Total
100 g/L 氟氯草酯 EC cyhalofop-butyl 100 g/L EC	75	75.10 b	92.22 b	99.22 b	92.91 b	90.45 a	98.17 a	96.72 a	99.25 a
100 g/L 氟氯草酯 EC+β 助剂 cyhalofop-butyl 100 g/L EC+β	60+300	88.92 a	100.00 a	100.00 a	97.80 a	93.08 a	97.94 a	96.84 a	98.70 a
	52.5+300	81.35 ab	100.00 a	100.00 a	96.27 ab	84.81 a	92.78 a	93.85 a	96.31 a
100 g/L 氟氯草酯 EC+迈丝 cyhalofop-butyl 100 g/L EC+Maisi	60+1 500	81.13 ab	100.00 a	100.00 a	96.32 ab	98.61 a	97.01 a	98.90 a	98.23 a
	52.5+1 500	81.70 ab	99.85 a	96.52 ab	95.61 b	100.00 a	86.32 b	100.00 a	78.55 b
100 g/L 氟氯草酯 EC+益泽 cyhalofop-butyl 100 g/L EC+Yize	60+300	78.11 ab	99.67 ab	95.84 ab	80.27 a	100.00 a	96.60 a	100.00 a	98.58 a
	52.5+300	75.12 ab	100.00 a	95.34 ab	89.12 a	99.29 a	96.56 a	95.87 a	98.46 a
100 g/L 氟氯草酯 EC+激健 cyhalofop-butyl 100 g/L EC+Jijian	60+150	83.83 ab	100.00 a	97.01 ab	99.32 a	100.00 a	99.74 a	99.95 a	99.98 a
	52.5+150	84.22 a	100.00 a	98.92 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
空白对照 CK	0	—	—	—	—	—	—	—	—

表 3 不同喷雾助剂对灭草松防效的影响
Table 3 Effects of different spray adjuvants on control efficacy of bentazone

供试药剂 Tested herbicide	用量/ mL·(hm ²) ⁻¹ Dose	药后 14 d 株防效/% Plant control efficacy 14 days after application (14DAA)				药后 28 d 28 days after application			
		株防效/% Plant control efficacy		鲜重防效/% Fresh weight control efficacy		株防效/% Plant control efficacy		鲜重防效/% Fresh weight control efficacy	
		多花水苋 <i>Ammannia multi flora</i>	异型莎草 <i>Cyperus dif formis</i>	总草 Total	多花水苋 <i>A. multi flora</i>	异型莎草 <i>C. dif formis</i>	总草 Total	多花水苋 <i>A. multi flora</i>	异型莎草 <i>C. dif formis</i>
480 g/L 灭草松 AS bentazone 480 g/L AS	1 080	98.74 a	98.07 a	85.98 a	100.00 a	95.96 a	97.67 a	100.00 a	94.79 a
480 g/L 灭草松 AS+β 助剂 bentazone 480 g/L AS+β	864+300	97.16 a	100.00 a	88.44 a	100.00 a	84.50 a	90.91 ab	100.00 a	87.80 a
480 g/L 灭草松 AS+迈丝 bentazone 480 g/L AS+β	756+300	89.29 bc	100.00 a	85.40 a	92.46 b	84.79 a	90.08 ab	99.70 a	90.29 a
480 g/L 灭草松 AS+益泽 bentazone 480 g/L AS+Maisi	864+1 500	95.22 ab	99.01 a	93.85 a	92.39 ab	89.68 a	92.19 ab	98.01 a	86.42 a
480 g/L 灭草松 AS+激健 bentazone 480 g/L AS+Jijian	756+1 500	81.16 d	100.00 a	83.45 a	76.90 c	83.44 a	84.43 b	82.00 bc	86.17 a
	864+300	87.04 cd	100.00 a	90.40 a	81.95 bc	86.06 a	86.77 ab	90.35 ab	91.27 a
	756+300	83.40 cd	96.34 a	81.64 a	80.80 bc	83.28 a	85.35 b	95.90 a	79.01 a
	864+150	88.24 bcd	100.00 a	90.70 a	79.06 c	90.55 a	89.95 ab	93.19 a	95.23 a
	756+150	83.75 cd	95.83 a	85.72 a	76.22 c	81.20 a	83.09 b	75.93 c	91.83 a
空白对照 CK	0	—	—	—	—	—	—	—	—

表 4 氟氯草酯添加不同喷雾助剂对水稻的影响

Table 4 Effects of cyhalofop-butyl adding different spray adjuvants on rice

供试药剂 Tested herbicide	用量/ ml·(hm ²) ⁻¹ Dose	水稻生长 Rice growth				水稻产量 Rice yield			
		茎蘖数/个 Tiller number	株高/cm Plant height	根长/cm Root length	鲜重/g·m ⁻² Plant fresh weight	穗数/ 穗·m ⁻² Spikes	粒数/粒 Filled grains per panicle	千粒重/g 1 000-grain weight	产量/ kg·(hm ²) ⁻¹ Yield
100 g/L 氟氯草酯 EC	75	(1.95±0.05)ab	(24.96±1.14)a	(12.06±2.20)a	(1.94±0.72)a	(362.00±19.08)a	(77.02±1.44)a	(28.24±0.59)a	(7 873.44±440.94)a
cyhalofop-butyl 100 g/L EC									
100 g/L 氟氯草酯 EC+β 助剂	60+300	(2.60±0.35)ab	(24.06±0.47)a	(11.21±1.86)a	(1.81±0.37)a	(373.33±14.05)a	(75.51±2.55)a	(28.22±1.02)a	(7 951.21±353.87)a
cyhalofop-butyl 100 g/L EC+β	52.5+300	(2.33±0.25)ab	(23.37±0.32)a	(11.66±0.79)a	(1.82±0.16)a	(367.33±13.32)a	(76.69±0.68)a	(27.96±0.86)a	(7 879.95±483.34)a
100 g/L 氟氯草酯 EC+迈丝	60+1 500	(1.73±0.65)b	(24.44±0.35)a	(10.85±0.89)a	(1.77±0.54)a	(364.00±17.44)a	(77.65±2.22)a	(28.08±0.31)a	(7 936.21±461.43)a
cyhalofop-butyl 100 g/L EC+Maissi	52.5+1 500	(2.83±0.49)a	(24.11±0.73)a	(11.85±1.71)a	(1.97±0.56)a	(375.67±14.01)a	(73.61±1.43)a	(28.39±0.26)a	(7 852.44±402.46)a
100 g/L 氟氯草酯 EC+益泽	60+300	(2.38±0.64)ab	(24.42±1.09)a	(11.05±1.73)a	(2.22±0.66)a	(372.00±16.00)a	(74.75±3.44)a	(28.60±0.31)a	(7 947.26±388.28)a
cyhalofop-butyl 100 g/L EC+Yize	52.5+300	(2.37±0.68)ab	(23.53±1.30)a	(12.53±0.99)a	(1.78±0.66)a	(358.67±7.02)a	(76.40±0.65)a	(28.55±0.23)a	(7 823.78±229.83)a
100 g/L 氟氯草酯 EC+激健	60+150	(2.18±0.12)ab	(24.34±1.23)a	(12.46±2.13)a	(2.20±0.62)a	(354.67±17.00)a	(78.11±2.31)a	(29.03±0.11)a	(8 036.47±183.63)a
cyhalofop-butyl 100 g/L EC+Jijian	52.5+150	(1.88±0.55)b	(24.20±1.47)a	(10.53±1.63)a	(1.34±0.69)a	(363.33±8.02)a	(75.65±1.20)a	(28.95±0.26)a	(7 958.40±227.27)a
空白对照 CK	—	(1.99±0.26)ab	(24.60±0.64)a	(12.28±1.35)a	(2.27±0.64)a	(206.67±25.40)b	(58.39±11.37)b	(25.33±0.89)b	(3 018.78±415.17)b

表 5 灭草松添加不同喷雾助剂对水稻的影响

Table 5 Effects of bentazone adding different spray adjuvants on rice

供试药剂 Tested herbicide	用量/ ml·(hm ²) ⁻¹ Dose	水稻生长 Rice growth				水稻产量 Rice yield			
		茎蘖数/个 Tiller number	株高/cm Plant height	根长/cm Root length	鲜重/g·m ⁻² Plant fresh weight	穗数/ 穗·m ⁻² Spikes	粒数/粒 Filled grains per panicle	千粒重/g 1 000-grain weight	产量/ kg·(hm ²) ⁻¹ Yield
480 g/L 灭草松 AS	1 080	(1.98±0.14)a	(24.76±0.13)a	(15.01±1.20)b	(1.76±0.08)a	(364.67±11.15)a	(76.94±3.37)a	(28.55±0.67)a	(8 010.93±482.32)a
bentazone 480 g/L AS									
480 g/L 灭草松 AS+β 助剂	864+300	(2.62±1.06)a	(25.50±1.00)a	(15.70±0.70)ab	(2.66±1.32)a	(376.33±20.31)a	(73.84±0.76)a	(28.52±0.65)a	(7 919.55±254.90)a
bentazone 480 g/L AS+β	756+300	(2.88±0.86)a	(26.18±0.38)a	(16.44±0.63)ab	(2.48±0.39)a	(370.67±8.33)a	(74.48±1.69)a	(28.67±0.49)a	(7 915.18±305.45)a
480 g/L 灭草松 AS+迈丝	864+1 500	(2.05±0.40)a	(25.43±0.53)a	(15.42±0.73)ab	(1.85±0.24)a	(368.67±5.77)a	(75.48±0.93)a	(28.36±0.53)ab	(7 889.85±78.60)a
bentazone 480 g/L AS+Maissi	756+1 500	(2.37±0.43)a	(24.49±0.34)a	(15.49±0.55)ab	(2.07±0.03)a	(372.00±18.33)a	(73.31±1.78)a	(28.67±0.99)a	(7 814.76±385.57)a
480 g/L 灭草松 AS+益泽	864+300	(2.28±0.73)a	(24.47±0.34)a	(16.82±0.68)ab	(2.36±0.59)a	(362.67±5.03)a	(76.01±1.16)a	(29.02±0.21)a	(7 999.69±184.95)a
bentazone 480 g/L AS+Yize	756+300	(2.25±0.46)a	(25.34±1.17)a	(15.73±0.93)ab	(2.13±0.13)a	(376.67±1.15)a	(73.53±0.70)a	(28.79±0.28)a	(7 972.79±149.92)a
480 g/L 灭草松 AS+激健	864+150	(2.42±0.16)a	(24.96±1.36)a	(17.20±0.86)a	(2.60±0.71)a	(364.33±5.51)a	(75.94±0.91)a	(28.96±0.34)a	(8 014.39±215.70)a
bentazone 480 g/L AS+Jijian	756+150	(2.55±0.30)a	(25.03±1.71)a	(16.51±0.38)ab	(2.10±0.23)a	(370.00±15.10)a	(75.60±2.16)a	(28.43±0.20)ab	(7 950.54±287.52)a
空白对照 CK	—	(2.22±0.81)a	(25.29±0.51)a	(16.85±0.58)ab	(2.08±0.53)a	(113.33±4.62)b	(47.36±5.59)b	(27.53±0.40)b	(1 480.34±216.08)b

处理之间均无显著差异。与空白对照相比, 氰氟草酯、灭草松添加不同喷雾助剂防除杂草对水稻产量均无不良影响(表 4、表 5)。

3 结论与讨论

已有室内研究结果表明, 添加助剂可以在保证杂草防效的同时, 显著降低除草剂的用量, 且对作物安全^[20-21]。本研究从田间试验的角度证明添加 β 助剂、迈丝、益泽、激健 4 个喷雾助剂对除草剂氰氟草酯和灭草松均有较好的增效作用。其中氰氟草酯添加迈丝, 灭草松添加迈丝、益泽和激健可有效降低除草剂的使用量 20%; 氰氟草酯添加 β 助剂、益泽和激健, 灭草松添加 β 助剂均可有效降低除草剂的使用量 30%, 且对水稻生长安全, 减量增效作用明显。鉴于除草剂减量 30% 条件下添加助剂与空白对照无显著差异, 可推测这几种助剂或仍有继续降低除草剂使用量的潜力, 可进一步开展研究工作。

农药减量的研究工作是综合技术研发工作, 涉及种子、栽培技术、土壤处理技术、化学农药协同增效技术、农药施药技术、农药产品和助剂等多学科的研究^[1]。喷雾助剂具有极大的灵活性, 可以使农药在使用时有的放矢, 并且因地制宜地克服特定条件对药效的影响, 使其尽可能发挥出农药有效成分的生物活性^[22], 本研究也证明, 在茎叶处理除草剂中添加喷雾助剂可以达到减量增效的目的, 这对推行绿色生产方式, 促进农业可持续发展, 实现“农药零增长”具有重要意义, 值得进一步推广应用。

参考文献

- [1] 张宗俭, 张春华. 农药助剂研发进展及在农药减量增效行动中的作用[C]//中国植物保护学会 2018 年学术年会论文集. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2018: 333-337.
- [2] 王红春, 石旭旭, 娄远来, 等. 助剂对 20% 氟氯吡氧乙酸乳油润湿性能及对空心莲子草防效的影响[J]. 农药学报, 2015, 17(3): 334-340.
- [3] 卢向阳. 茎叶处理型除草剂使用中应注意的问题[J]. 农药科学与管理, 2003, 24(8): 25-27.
- [4] 张春华, 张宗俭, 刘宁, 等. 农药喷雾助剂的作用及植物油类喷雾助剂的研究进展[J]. 农药科学与管理, 2012, 33(11): 16-18.

- [5] KIRKWOOD P C. Recent developments in our understanding of the plant cuticle as a barrier to the foliar uptake of pesticides [J]. Pesticide Science, 1999, 55(1): 69-77.
- [6] WILLS G D, HANKS J E, JONES E J, et al. Effect of oil adjuvants and nitrogen fertilizer on the efficacy of imazethapyr applied at conventional and ultralow spray volumes [J]. Weed Technology, 1998, 12(3): 441-445.
- [7] 鲁梅, 王金信, 王云鹏, 等. 除草剂助剂对药液物理性状及对磺草酮药效的影响[J]. 农药学报, 2004, 6(4): 78-82.
- [8] WU Jingrui, HATZIOS K K. Absorption, translocation, and metabolism of glufosinate in five weed species as influenced by ammonium sulfate and pelargonic acid [J]. Weed Science, 1999, 47(6): 636-643.
- [9] 张占英, 张莉, 刘卫国, 等. 两种喷雾助剂对防治水稻纹枯病药剂减量增效评价[J]. 湖北植保, 2017(5): 20-21.
- [10] 孙华明, 吴波, 李生智, 等. “激健”在水稻稻飞虱防治中的减量控害效果研究[J]. 农业科技通讯, 2018(6): 77-79.
- [11] 詹少奇, 郑传高, 叶生海. 激健助剂对水稻病虫防治的农药减量试验示范[J]. 湖北植保, 2018(4): 21-22.
- [12] 黄耀亮, 高吉良, 汤明强. 水稻病虫草害防治应用激健助剂与农药混配减量试验[J]. 浙江农业科学, 2017, 58(10): 1727-1728.
- [13] 魏艳玲, 谢中卫. 3% 双氟·唑草酮悬乳剂减量与激健混用防治麦田杂草效果研究[J]. 现代农业科技, 2016(14): 113-119.
- [14] 王天存. 激健助剂对除草剂防除小麦田阔叶杂草增效作用[J]. 农业与科技, 2016, 36(24): 27-28.
- [15] 邓庭和, 张士勤, 王文和, 等. 增效剂激健对小麦除草剂的减量增效作用[J]. 中国植保导刊, 2017, 37(11): 58-60.
- [16] 刘一, 张国彦, 王新媛, 等. 农药减量增效助剂激健试验示范初报[C]//河南省植物保护学会第十一次代表大会学术讨论会论文集. 2017: 238-241.
- [17] 秦丽芳. 大豆田苗后茎叶除草剂减量试验报告[J]. 河南农业, 2018(6): 26-27.
- [18] 肖慰祖, 王红春, 沈文飏, 等. 植物油助剂 GY-Tmax 对双草醚和氟氯草酯的增效作用和安全性的影响[J]. 杂草学报, 2018, 36(2): 41-47.
- [19] 纪明山, 尚涛. 不同助剂与 480 g/L 灭草松水剂混用对野慈姑的防除效果[J]. 农药, 2017, 56(11): 847-849.
- [20] STOCK D, BRIGGS G. Physicochemical properties of adjuvants: values and applications [J]. Weed Technology, 2000, 14(4): 798-806.
- [21] 鲁梅, 王金信, 刘钰, 等. 甲酯化植物油助剂对除草剂的药效增强作用[J]. 植物保护学报, 2005, 32(3): 295-299.
- [22] 田琳. 添加喷雾助剂是一种行之有效的农药施用方式[J]. 农家之友, 2013(5): 61.

(责任编辑: 杨明丽)