

桶混助剂在玉米田除草剂减施增效中的应用

张春华^{1,2}, 张宗俭^{1,2}, 姚登峰^{1,2}, 刘开宇²

(1. 中化化工科学技术研究总院有限公司, 北京 100083; 2. 北京广源益农化学有限责任公司, 北京 100083)

摘要: 桶混助剂是农药使用时与制剂产品搭配使用、现混现用的一种助剂。玉米田除草剂使用中合理添加桶混助剂能明显提高防治效果。介绍农药桶混助剂的定义、功能, 并介绍玉米田化学除草基本情况, 在此基础上分析桶混助剂对苗后茎叶处理除草剂、土壤处理除草剂的减施增效作用, 展望桶混助剂未来的发展方向及市场前景。

关键词: 玉米; 桶混助剂; 减施增效; 除草剂

中图分类号: S435.131

文献标识码: A

Application of Tank-mixing Adjuvant for Reducing Herbicide Application and Increasing Efficiency in Maize Field

ZHANG Chun-hua^{1,2}, ZHANG Zong-jian^{1,2}, YAO Deng-feng^{1,2}, LIU Kai-yu²

(1. Central Research Institute of China Chemical Science and Technology Co., Ltd., Beijing 100083;

2. Beijing Grand Agrochem Co., Ltd., Beijing 100083, China)

Abstract: Tank-mixing adjuvant is a kind of additives used in tank-mixing with the pesticide formulation products before sprayed. The effect of herbicide in maize field could be significantly improved by added tank-mixing adjuvant reasonably. In this paper, the definition, function of tank-mixing additives in China was introduced. And the basic situation of using chemical herbicides in maize field was introduced. Then, examples were given to analyze the effect of tank-mixing adjuvants on reducing the application and increasing efficiency of pre and post-emergence herbicides. Finally, the future development and market prospect of tank-mixing additives were prospected.

Key words: Maize; Tank-mixing adjuvant; Reduce application and increase efficiency; Herbicide

玉米是全球产量最大、用途最广、市场活跃度最高的作物品种, 也是我国最重要的饲料用粮和工业用粮。1960~2018年全球玉米种植面积累计增长了80%, 消费总量增加了9.29亿t, 贸易量从0.27亿t持续提升到3.4亿t^[1]。玉米也是我国第一大粮食作物, 2019年种植面积达到4 128万hm²。玉米生产栽培过程中除草剂的合理使用是重中之重。大量研究

指出, 玉米田施用除草剂时加入桶混助剂, 对提高除草效果、降低药剂用量、提高安全性以及延长持效期等方面有着极大的促进作用。众多的大型国际农化集团, 也在积极为自己的除草剂产品配备高品质的桶混助剂。植物源桶混助剂GY-Hmax被先正达公司作为“耕杰”产品的专用助剂, 在农业农村部农药检定所备案并大面积推广应用; 桶混助剂GY-Hbas被巴斯夫公司作为“苞卫”产品的专用助剂登记备案, 并在各种玉米田大面积推广应用。研究表明, 甲酯化植物油可显著提高磺草酮对玉米田杂草的防除效果, 且对玉米安全^[2]。另外, 40%异丙草·莠、30%烟·硝·莠去津、24%烟嘧·莠去津3种除草剂在药剂减量20%条件下, 加入桶混助剂“安融乐”均达到了减量增效的杂草防治效果^[3]。桶混助剂的使用在很大程度上提高了除草剂对玉米田杂草的防治效果。

录用日期: 2020-06-20

基金项目: 国家重点研发专项“北方玉米化肥农药减施技术集成研究与示范”(2017YFD0201800)

作者简介: 张春华(1979-), 女, 黑龙江人, 教授级高工, 主要研究方向为农药剂型及桶混助剂研究开发与应用。

E-mail: zch1119@163.com

张宗俭为本文通讯作者。

E-mail: zongjian_zhang@163.com

1 桶混助剂定义及其功能

农药助剂(pesticide adjuvant)是指除有效成分以外的,任何被添加在农药产品中,本身不具有农药活性和有效成分功能,但能够或者有助于提高或改善农药产品理化性能的单一组分或者多个组分的物质^[2]。农药助剂品种丰富,分类方法多样,可以按照其在农药中的使用方式、功能、表面活性、化学结构类型、分子量大小等进行分类,其中较为常用的是按照在农药中使用方式的不同进行分类,分为两大类即配方助剂与桶混助剂(也称喷雾助剂)。

桶混助剂(tank-mixing adjuvant),又称为喷雾助剂(spray adjuvant),是在农药喷洒前直接添加在药液桶中、混合均匀后可改善药液理化性质的一种农药助剂^[4],主要包括有机硅类、植物油类、矿物油类、非离子表面活性剂类以及无机盐类等。桶混助剂的种类、功能、用量、用法多样,具备很强的灵活性与适应性,可与化学农药和微生物农药桶混使用^[5]。桶混助剂还可以多方面改善药液喷雾性能,如改善表面张力、增加渗透力、提高耐雨水冲刷能力、防飘移促沉降、降低药害风险、抗光解等。桶混助剂近几年在我国发展迅速,现已大面积成功应用于多种农作物的植保喷雾作业中。

随着桶混助剂应用的不断普及、市场需求量的增加与使用场景的丰富,产品的开发与应用也随之发生巨大的变化,从传统的非离子表面活性剂向不同类型多功能的方向发展。早期传统助剂的功能集中于湿润、渗透与粘着等方面,新助剂的开发将融入更为具体和有针对性的功能,助剂中的成分可以整合喷洒液中非活性物质的钙、镁等金属离子,减少水质对药效的影响,防止光敏型农药活性成分的降解,益于作物的生长发育与药剂吸收等。

2 玉米田杂草及其除草剂应用

杂草干扰作物生长的方式分为两种,一种是竞争作用,作物所必需的水分、养分和光照被杂草消耗和阻碍,使作物生长发育受到抑制,对作物生产造成间接的影响;另一种是异株克生作用,通过释放出特定的化学物质,干扰周围作物的生长发育^[6]。玉米田杂草危害以第一种方式为主,优势杂草对玉米生长发育及产量的影响主要源于其对水肥的争夺^[7]。

玉米田化学除草根据应用时间和除草原理,分为玉米播后苗前土壤封闭处理和玉米苗后茎叶处理两种方法。播后苗前土壤封闭处理,应用的主要除草剂品种为乙草胺、异丙甲草胺、莠去津等,由于效

果显著,封闭除草剂推广使用面积逐年扩大^[8];苗后茎叶处理,施药时间一般集中在玉米3~5叶期,应用的主要除草剂品种为烟嘧磺隆、莠去津、硝磺草酮、苯唑草酮、砒嘧磺隆等,要严格把控用药时期和施药量^[9]。

近年来,由于除草剂用量与使用面积逐年扩大,除草剂应用过程中逐渐显露出诸如药效不稳定、抗性杂草发生、除草剂药害严重、农田土壤环境逐渐恶化及农药残留影响作物换茬等严峻问题^[10~13]。因此,农业生产迫切需要利用桶混助剂的技术优势,减少上述问题的发生,玉米田除草剂在应用中更加安全、高效。

3 桶混助剂助力除草剂的减量应用

国内外学者对桶混助剂在玉米田的应用研究已有很多报道,且涉及的助剂类型也很广泛。Kapusta等^[14]在1988~1989年研究了桶混助剂对烟嘧磺隆防除玉米田一年生杂草的影响,两年试验结果均显示,石油浓缩物、非离子表面活性剂、硝酸铵尿素单用或者石油浓缩物、非离子表面活性剂与硝酸铵尿素混用,可将烟嘧磺隆对法式狗尾草的防治效果提高到90%或更高。国内学者同样对不同类型植物油、甲基化植物油类、有机硅、非离子表面活性剂、尿素等进行了详细的研究^[15]。另有研究指出,桶混助剂添加辛癸基葡萄糖苷对玉米田除草剂减量增效效果明显^[16]。李贵等^[17]研究了大分子有机物HA对玉米田茎叶处理除草剂40 g/L烟嘧磺隆SC、100 g/L硝磺草酮SC、80%唑嘧磺草胺WDG、40%唑草酮WDG、75%噻吩磺隆WP除草活性的影响。于春欣等^[18]研究指出,有机硅助剂在提高药效的同时,能够减少用药量、用水量和喷雾量,降低劳动强度。

我国玉米田桶混助剂的开发及应用研究还主要集中在苗后茎叶喷雾上,可选择的助剂品种多,使用技术也较为成熟。土壤封闭除草中加入助剂的研究很少,商品化的助剂也很少。

3.1 桶混助剂对玉米田苗后茎叶处理除草剂的减量增效作用

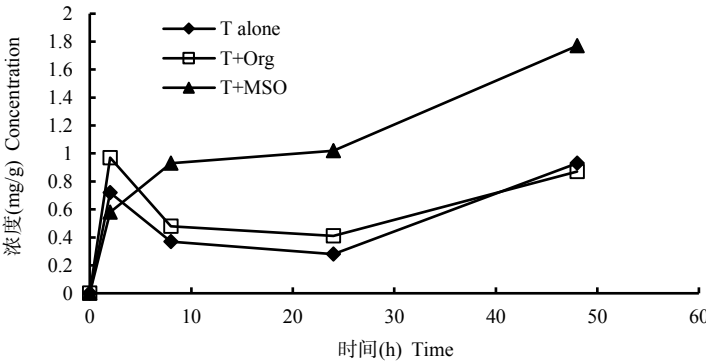
苗后茎叶处理主要在玉米苗期采用喷雾方式施药,一般在玉米3~5叶期进行茎叶喷雾,这时杂草基本出齐,耐药性差,对除草剂容易吸收,玉米对除草剂的耐药性较强,不易出现药害。防除禾本科杂草常用烟嘧磺隆,防除阔叶类杂草常用莠去津、2,4-D丁酯、硝磺草酮等,应用广泛的是“耕杰”,主要成分是硝磺草酮和莠去津,其作用速度快、杀草谱广、对玉米安全,对玉米田大部分1年生阔叶杂草和部

分禾本科杂草有极佳的防除效果^[19,20]。茎叶处理减量推广中,按照常规用量进行15%~20%减量应用,加入多功能桶混助剂能极大提升农药利用率,杂草受害症状较为明显,防除效果理想。

3.1.1 对苯唑草酮的增效作用研究

苯唑草酮(Topramezone)是巴斯夫公司研究开发的一种新型吡唑啉酮类内吸传导型苗后茎叶处理除草剂,对不同品种的玉米安全性好,能有效防除玉米

田1年生禾本科和阔叶杂草,苗后使用时期较长。该药剂内吸传导性强,在使用过程中加入甲基化植物油类助剂,能明显促进其在杂草体内的吸收,显著提高防治效果,降低用药量。对该产品加入不同类型桶混助剂进行研究,结果表明,加入甲基化植物油类助剂能明显提高苯唑草酮在叶片内部的持续吸收量(图1)。



注:T为苯唑草酮;MSO为甲基化植物油助剂;Org为有机硅。
Note: T, topramezone; MSO, methylated seed oil adjuvant; org, silicone.

图1 苯唑草酮加入不同助剂后在叶片中的吸收量
Fig.1 The absorption of topramezone in leaves after adding different adjuvants

3.1.2 对磺草酮的增效作用研究

磺草酮(Sulcotrione)是捷利康公司80年代开发的一款玉米田苗后除草剂产品,该产品具有被植物根和叶吸收的能力,对玉米田常发生的阔叶杂草与禾本科杂草都有着良好的防效,且对玉米及下茬作物都有很高的安全性。磺草酮上市后在欧洲应用较广,由于磺草酮使用量较高,部分市场被硝磺草酮所取代,近十几年全球销售额基本维持在0.5亿美元左右。

使用油类桶混助剂对提高磺草酮的药效、降低

用药量等方面有着显著的作用。龙建平等^[21]应用油类助剂Scoil与无机盐助剂硫酸铵,在温室内对磺草酮生物活性的影响作了一系列试验,结果表明,当磺草酮用量为100 g/hm²时,单用无机盐助剂对磺草酮增效作用不显著,使用油类助剂Scoil对磺草酮的增效作用要强于单用无机盐助剂硫酸铵,且不同助剂用量梯度之间的差异比较明显(表1),植物油型桶混助剂对磺草酮有明显的增效作用,且防效与助剂用量呈正相关。

表1 植物油型桶混助剂对磺草酮的增效作用
Table 1 The effect of sulcotrione added MSO on weed control %

处 理 Treatment	稗草防效		反枝苋防效		藜防效		总防效	
	Control efficacy of <i>Echinochloa crusgalli</i>		Control efficacy of <i>Amaranthus retroflexus</i>		Control efficacy of <i>Chenopodium album</i>		Control efficacy of all	
	4 d	9 d	4 d	9 d	4 d	9 d	4 d	9 d
磺草酮500 g/hm ²	45	50	20	25	40	50	43	57
磺草酮500 g/hm ² +植物油助剂0.3%	65	75	28	35	51	73	52	67
磺草酮500 g/hm ² +植物油助剂0.5%	85	100	40	75	65	90	62	81
磺草酮900 g/hm ²	67	85	30	40	55	70	54	68
磺草酮900 g/hm ² +植物油助剂0.3%	90	100	45	67	73	88	67	79
磺草酮900 g/hm ² +植物油助剂0.5%	96	100	50	95	83	100	72	86

3.1.3 对硝磺草酮的增效作用研究

硝磺草酮(Mesotrione),又名甲基磺草酮,其生物活性约为同类药剂磺草酮的2倍。该产品具有杀草谱广、活性高、环境相容性好、可混性强、对玉米安全和对后茬轮作作物无药害等优点,在我国得到广泛应用。

山东农业大学张猛等^[22]较为全面的研究了油酸甲酯助剂、885、X-100、OP-4、BY110、8220共6种助

剂对硝磺草酮的增效作用,结果表明,6种助剂均不同程度提高了硝磺草酮的药效,其中8220和OP-4增效较为显著。比较植物油型增效剂“迈丝”(GY-Tmax)和矿物油型助剂GY-200G对硝磺草酮的增效作用(表2),结果表明,硝磺草酮加入植物油型助剂后,对马唐和稗草增效明显,对反枝苋不增效;加入矿物油型助剂后,助剂用量达到0.5%时对反枝苋有增效作用。

表2 桶混助剂GY-Tmax与GY-200G对硝磺草酮的增效作用

Table 2 The effect of mesotrione added adjuvants on weed control

处 理 Treatment	反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i>		马 唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>		稗 草 <i>Echinochloa crusgalli</i>	
	ED ₅₀	毒力增强指数(%)	ED ₅₀	毒力增强指数(%)	ED ₅₀	毒力增强指数(%)
	(g a.i./hm ²)	Virulence	(g a.i./hm ²)	Virulence	(g a.i./hm ²)	Virulence
		enhancement index		enhancement index		enhancement index
硝磺草酮(原药)	7.81	—	36.37	—	47.99	—
硝磺草酮+GY-Tmax 0.25%	11.04	-41.4	10.24	71.8	16.98	64.6
硝磺草酮+GY-Tmax 0.5%	14.38	-84.1	12.76	64.9	14.44	69.9
硝磺草酮+GY-200G 0.25%	9.67	-23.8	19.76	45.7	14.58	69.6
硝磺草酮+GY-200G 0.5%	2.75	64.8	6.74	81.5	24.38	49.2
硝磺草酮(制剂)	2.54	67.5	9.7	73.3	15.42	67.9

3.1.4 对烟嘧磺隆的增效作用研究

烟嘧磺隆(Nicosulfuron)由日本石原产业株式会社发现,20世纪80年代末与美国杜邦公司联合开发的磺酰脲类内吸性除草剂,有着良好的速效性与持效性,可被杂草茎叶和根部吸收,随后在植物体内传导,造成敏感植物生长停滞、茎叶褪绿、逐渐枯死,一般情况下20~25 d死亡,在低温条件下对某些多年生杂草速效性差;对4叶期以前的低龄杂草防效好,对高龄杂草防效下降。该药具有芽前除草活性,但活性较芽后低。

刘小民等^[23]研究了植物油类喷雾助剂“迈丝”(GY-Tmax)、矿物油类助剂GY-T12及有机硅类助剂GY-S903不同添加量对40 g/L烟嘧磺隆可分散油悬

浮剂药液物理性状的影响。结果表明,3种助剂均能显著降低其药液的表面张力,增加扩展直径,其中GY-S903对其影响最大。3种助剂对药液的干燥时间和在叶片上的最大持液量的影响存在显著差异,添加喷雾助剂“迈丝”后烟嘧磺隆药液的干燥时间和最大持液量明显增加;添加GY-T12后干燥时间与对照相当,最大持液量较对照明显增加;添加GY-S903后,烟嘧磺隆药液的干燥时间显著缩短,且烟嘧磺隆药液在杂草叶片上的最大持液量显著降低。

采用室内盆栽法研究植物油型增效剂“迈丝”(GY-Tmax)对烟嘧磺隆增效作用(表3),鲜重防效调查结果显示,GY-Tmax用量0.25%和0.5%时对烟嘧磺隆防除马唐鲜重防效明显提高。

表3 烟嘧磺隆加入GY-Tmax防除马唐的鲜重防效

Table 3 The effect of Nicosulfuron added GY-Tmax on fresh weight control of *Digitaria sanguinalis*(Linn.) Scop.

处 理 Treatment	鲜重(g/10株) Fresh weight	鲜重防效(%) Fresh weight control
烟嘧磺隆 30 g a.i./hm ² + GY-Tmax 0.125%	1.57	47.67
烟嘧磺隆 30 g a.i./hm ² + GY-Tmax 0.25%	0.33	89.17
烟嘧磺隆 30 g a.i./hm ² + GY-Tmax 0.5%	0.30	90.08
烟嘧磺隆 30 g a.i./hm ²	0.97	67.75
烟嘧磺隆 60 g a.i./hm ²	0.33	89.17

3.1.5 对莠去津的增效作用研究

莠去津(Atrazine)是在玉米田除草中应用最为广泛的一种除草剂,既可用于苗前土壤处理,也可用于苗后茎叶处理,可防除多种阔叶杂草和部分禾本科杂草。由于莠去津的长期和过量应用,导致玉米田杂草抗性频发,土壤残留问题严重^[24]。降低莠去津单位面积用药量,降低其在土壤、地下水的残留量,减缓杂草抗药性的形成,提高莠去津对后茬作物及环境的安全性等问题亟待解决。添加桶混助剂可降低莠去津用药量,提高其防效,降低对后茬作物产生药害的风险。

东北农业大学李晶晶等^[25]采用盆栽法研究不同类型助剂对莠去津的增效作用(表4),试验采用茎叶

喷雾处理,结果表明,不同类型桶混助剂对35%莠去津悬浮剂均有不同程度的增效作用,以复合型助剂增效最为显著。

为了提高杀草谱和防治效果,实际应用中莠去津以复配制剂为主。侯国华等选取铁苋菜和香附子为代表,通过田间试验研究了桶混助剂“安融乐”对几种含莠去津复配制剂的减量增效作用,结果如表5所示,加入助剂“安融乐”后,40%异丙草·莠、30%烟·硝·莠、24%烟嘧·莠3种除草剂施用量减少20%,与“安融乐”混施均达到了减量增效的除草效果;40%异丙草·莠160 mL/hm²+安融乐3 mL/hm²对恶性杂草香附子的防治效果最好。

表4 不同类型助剂对莠去津的增效作用
Table 4 The effect of atrazine added different adjuvants on weed control %

处 理 Treatment	株防效 Preventing effect	鲜重防效 Fresh weight control
莠去津 900 mL/hm ²	49.29	49.68
莠去津 900 mL/hm ² +非离子表面活性剂 1%	61.97	61.24
莠去津 900 mL/hm ² +有机硅助剂 0.03%	66.64	70.05
莠去津 900 mL/hm ² +油类助剂 1%	54.21	58.18
莠去津 900 mL/hm ² +复合型助剂 0.02%	71.68	75.02
莠去津 900 mL/hm ² +糖类助剂 0.05%	51.47	51.68
莠去津 900 mL/hm ² +肥类助剂 1%	58.37	59.36
莠去津 1 200 mL/hm ²	55.98	55.98
莠去津 1 800 mL/hm ²	71.71	74.06

表5 生物型助剂对含莠去津配方除草剂的增效作用
Table 5 The effect of atrazine added bio-adjuvant on weed control %

处 理 Treatment	铁苋菜防效			香附子防效		
	Preventing effect of <i>Acalypha australis</i> Linn.			Preventing effect of <i>Cyperus rotundus</i> Linn.		
	15 d(株)	30 d(株)	30 d(鲜重)	15 d(株)	30 d(株)	30 d(鲜重)
40%异丙草·莠 200 mL/hm ²	100	100	100	29.7	75.8	93.3
30%烟·硝·莠去津 150 mL/hm ²	83.3	84.5	72.7	27	47.4	79.1
24%烟嘧·莠去津 100 mL/hm ²	100	100	100	16.2	38.9	83.7
40%异丙草·莠 160 mL/hm ² +安融乐 3 mL/hm ²	100	100	100	59.5	869.3	96.5
30%烟·硝·莠去津 120 mL/hm ² +安融乐 3 mL/hm ²	100	92.9	100	23	44.2	86
24%烟嘧·莠去津 80 mL/hm ² +安融乐 3 mL/hm ²	100	100	100	21.6	38.9	83.4
清水(CK)	—	—	—	—	—	—

3.2 桶混助剂对玉米田土壤处理除草剂的减量增效作用

玉米播后苗前施药是当前最为常用的方法,药效的发挥与土壤湿度、施药前后的温度,特别是施药后的降雨有极大的关系,如遇干旱年份,喷药后可及时进行浅混土以促进药效的发挥,应注意耙地深度

不能超过播种深度,严防伤芽或将种子耙出^[26, 27]。根据玉米田杂草种类的不同,土壤处理施药时采用的药剂应有所调整,防除禾本科杂草常用乙草胺、异丙甲草胺、异丙草胺、甲草胺;防阔叶杂草常用噻草酮、莠去津。

东北农业大学陶波团队开展玉米田一次土壤封

闭处理试验,结果表明,在大型喷雾机喷雾土壤处理时,减药10%~20%添加桶混助剂仍然可以保持较好的防效;采用植保无人机喷雾土壤处理时,减药30%添加桶混助剂对杂草的防除效果高于常规除草剂用量,说明采用飞防施药方式土壤处理通过添加桶混助剂可实现农药减量。

3.3 桶混助剂对玉米田除草剂航空喷雾中的减量增效作用

以美国、日本、新西兰等为代表的农业发达国家有着较早的航空施药探索与研究,涉及作物种类全面,技术法规体系相对完善^[28]。美国农田多为广阔平原,固定翼飞机为主,旋翼飞机为辅。日本是丘陵山地为主的地形较为复杂的国家,以微型植保无人机为主。自2010年我国第一架植保无人机的正式投用,国内航空喷雾与植保无人机产业飞速发展^[29]。同时关于植保无人机施药技术的研究也迅速增加,多方面促进航空植保技术的发展与完善。在玉米除草剂方面,岳德成等研究指出,应用植保无人机飞防减量20%~30%喷施时,减水、减药效果更为明显,保证良好的防效,同时作业效率有了极大的提高^[30]。除草剂茎叶处理方面,使用无人机喷雾,药液浓度高结合增效助剂使用,液滴雾化效果更好,杂草着药更均匀,有助于植物体内药剂传导,与常规用量的机器喷施相比,杂草中毒症状更为明显。桶混助剂的使用为航空喷雾和超低容量施药提供更为可靠的解决方案,可以更好地应对药液易漂移、高浓度药剂不稳定等弊端^[31]。我国玉米田除草剂航空喷雾技术还不成熟,还需进一步加强研究和完善,目前还不宜大面积使用植保无人机施用除草剂。

4 展 望

桶混助剂种类、功能多样,使用便捷灵活,可与化学农药和生物农药以及叶面肥等桶混使用。通过桶混助剂的使用,可以改善药液的表面张力和渗透能力,提高耐雨水冲刷的能力,防飘移、抗蒸发、抗光解,改善不同农药或叶面肥的兼容性等,大幅度提高农药利用率,并能弥补常规农药剂型产品对航空喷雾作业的适应性,从而提高防治效果,推动精准施药、减量施药等新技术的应用。

玉米作为我国种植面积最大的作物,对除草剂的需求量巨大,桶混助剂在玉米田土壤处理和茎叶处理方面有很大应用前景,在减量增效方面已经取得非常显著的效果,也将对除草剂使用技术带来一次变革。

参考文献:

- [1] 颜波. 全球玉米布局与中国企业“走出去”战略研究[J]. 中国粮食经济, 2020(4): 63-65.
Yan B. Global corn distribution and “going out” strategy of Chinese enterprises[J]. China Grain Economy, 2020(4): 63-65. (in Chinese)
- [2] 王秋霞, 白殿奎, 苏少泉. 磺草酮防除玉米田杂草效果及甲酯化植物油对磺草酮活性的影响[J]. 农药, 2003, 42(7): 25-29.
Wang Q X, Bai D K, Su S Q. Control efficacy of different formulation sulcotrione applied in corn field and influence of Methylated seed oil on the effectiveness of sulcotrione[J]. Pesticides, 2003, 42(7): 25-29. (in Chinese)
- [3] 猴国华, 赵冬霞, 焦国安, 等. 除草剂减量施用对玉米田杂草防效初探[J]. 农业科技通讯, 2020(6): 65-71.
Gou G H, Zhao D X, Jiao G A, et al. Effect of herbicide reduction application on weeds control in corn field[J]. Bulletin of Agricultural Science and Technology, 2020(6): 65-71. (in Chinese)
- [4] 张宗俭, 张春华, 倪汉文, 等. 农药喷雾助剂研究开发与应用[J]. 中国农药, 2012(9): 16-20.
Zhang Z J, Zhang C H, Ni H W, et al. Study on the development and application of pesticide spray adjuvants[J]. Journal of China Agrochemicals, 2012(9): 16-20. (in Chinese)
- [5] 刘怀高, 曾爱军, 何雄奎, 等. 喷雾助剂在微生物农药中的应用[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(13): 3898-3899.
Liu H G, Zeng A J, He X K, et al. Application of spraying adjuvant agent in micropesticide[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2007, 35(13): 3898-3899. (in Chinese)
- [6] 蒿万清. 浅谈玉米田杂草的危害[J]. 民营科技, 2014(7): 230.
Hao W Q. Analysis of the harmful effect of weeds in corn field[J]. Private Technology, 2014(7): 230. (in Chinese)
- [7] 廖华刚, 韩昌志. 玉米田杂草种类调查与防控措施[J]. 湖南农业科学, 2011(14): 55-56, 58.
Liao H G, Han C Z. Investigation and management of weeds varieties in corn fields[J]. Hunan Agricultural Sciences, 2011(14): 55-56, 58. (in Chinese)
- [8] 薛素萍. 玉米田封闭除草剂的种类及对葡萄的危害[J]. 果农之友, 2008(8): 37-37.
Xue S P. The varieties of sealed herbicide in the corn field and the detrimental effect on grapes[J]. Fruit Growers' Friend, 2008(8): 37-37. (in Chinese)
- [9] 岳维峰. 如何选择玉米田苗后除草剂[J]. 现代农村科技, 2015(10): 28-29.
Yue W F. How to choose the herbicide after seeding in corn field[J]. Modern Rural Science and Technology, 2015(10): 28-29. (in Chinese)
- [10] 崔秀云. 玉米田除草剂药害产生原因及预防补救措施[J]. 河南农业, 2010(22): 54.
Cui X Y. The reason for the phytotoxicity of herbicide and the control management in corn field[J]. Henan Agriculture, 2010(22): 54. (in Chinese)
- [11] 刘剑锋, 许百成, 于振民. 玉米田除草剂药害产生原因及预防补救措施[J]. 中国农技推广, 2008, 24(4): 39-40.
Liu J F, Xu B C, Yu Z M. The reason for the herbicide phytotoxicity and its control management in corn field[J]. China Agricultural Technology Extension, 2008, 24(4): 39-40. (in Chinese)

- [12] 王 锦,陈雅琳,刘丹竹,等.玉米田残留除草剂对后茬大豆苗期药害的研究[J].大豆科技,2016(5):23-26.
Wang J, Chen Y L, Liu D Z, et al. Phytotoxicity of herbicide residues in corn field on succeeding soybean seedlings[J]. Soybean Science and Technology, 2016(5): 23-26. (in Chinese)
- [13] 冯国明.玉米田苗后安全高效化学除草要点[J].北京农业,2010(19):43-44.
Feng G M. Key points of safe and efficient chemical weeding after seedling in maize field[J]. Beijing Agriculture, 2010(19): 43-44. (in Chinese)
- [14] Kapusta G, Krausz R, Khan M, et al. Effect of nicosulfuron rate, adjuvant, and weed size on annual weed control in corn(*Zea mays*)[J]. Weed Technology, 1994, 8(4): 696-702.
- [15] 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.
Lu M, Wang J X, Liu Y, et al. The research on the enhancement effect of methylated vegetable oil adjuvant on herbicides[J]. Acta Phytolalicica Sinica, 2005, 32(3): 295-299. (in Chinese)
- [16] 岳德成,柳建伟,李青梅,等.桶混添加辛癸基葡萄糖苷和甲基化植物油对2种玉米田除草剂的减量效应[J].西北农业学报,2019,28(4):664-673.
Yue D C, Liu J W, Li Q M, et al. Reduction effects of 2 herbicides by adding octyl glucoside and methylation plant oil in maize fields [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentali Sinica, 2019, 28(4): 664-673. (in Chinese)
- [17] 李 贵,王一专,旦增旺加,等.助剂HA对玉米田茎叶处理除草剂活性的影响[J].杂草科学,2011,29(2):47-50.
Li G, Wang Y Z, Dan Z W J, et al. Effects of adjuvant HA on activities of post-emergence herbicides in corn field[J]. Weed Science, 2011, 29(2): 47-50. (in Chinese)
- [18] 于春欣,郭 正,杜凤沛. Silwet408在水稻上的应用[C].植保机械与施药技术国际学术研讨会,2010.
- [19] 杨 军,薛元海,黄礼庆.夏玉米田阿特拉津茎叶处理除草技术[J].杂草科学,1993(1):15-17.
Yang J, Xue Y H, Huang L Q. The weeding technology for the stem and leaves by using atrazine in summer corn field[J]. Weed Science, 1993(1): 15-17. (in Chinese)
- [20] 姜志强,姜志超,姜志浩,等.55%耕杰水悬浮剂防除玉米田杂草试验研究[J].辽宁农业职业技术学院学报,2010,12(4):4-5.
Jiang Z Q, Jiang Z C, Jiang Z H, et al. Study on weeds controlling by using 55% Genjie water suspension in maize field[J]. Journal of Liaoning Agricultural College, 2010, 12(4): 4-5. (in Chinese)
- [21] 龙建平,李忠华,安伟良,等.助剂对磺草酮增效作用的研究[J].杂草科学,2005(1):30-31.
Long J P, Li Z H, An W L, et al. Study on the enhancement effect of adjuvants on sulcotrione[J]. Weed Science, 2005(1): 30-31. (in Chinese)
- [22] 张 猛,刘 迎,丁 君,等.六种助剂对甲基磺草酮增效作用及其对玉米安全性研究初报[J].农药研究与应用,2007,11(4):27-30.
Zhang M, Liu Y, Ding J, et al. Synergism of six adjuvants on mesotrione and their safety to corn[J]. Agrochemicals Research Application, 2007, 11(4): 27-30. (in Chinese)
- [23] 刘小民,许 贤,李秉华,等.喷雾助剂在烟嘧磺隆减量防治玉米田杂草中的应用研究[J].玉米科学,2018,26(4):156-161.
Liu X M, Xu X, Li B H, et al. Application of nicosulfuron with spray adjuvant in dose-reduced chemical control of weeds in maize field[J]. Journal of Maize Sciences, 2018, 26(4): 156-161. (in Chinese)
- [24] 苏少泉.莠去津特性与使用中的问题[J].农药研究与应用,2010,14(3):1-5.
Su S Q. Features of atrazine and problems in application[J]. Agrochemicals Research and Application, 2010, 14(3): 1-5. (in Chinese)
- [25] 李晶晶,张宇航,王保入,等.不同类型助剂对玉米田莠去津增效作用的研究[J].玉米科学,2019,27(6):167-174.
Li J J, Zhang Y H, Wang B R, et al. Synergistic effect of different adjuvants on atrazine in maize field[J]. Journal of Maize Sciences, 2019, 27(6): 167-174. (in Chinese)
- [26] 齐旭峰,魏广洪.除草剂的施用与天气[J].农业科技与信息,2007(9):34-34.
Qi X F, Wei G Y. Herbicide application and the weather[J]. Agricultural Science-Technology and Information, 2007(9): 34-34. (in Chinese)
- [27] 孙冠英.除草剂在不同的气象条件下药效之分析[J].内蒙古科技与经济,2006(4):69.
Sun G Y. Analysis of the efficacy of herbicides under different weather conditions[J]. Inner Mongolia Technology and Economy, 2006(4): 69. (in Chinese)
- [28] 赵冰梅,丁丽丽,张 强,等.电动多旋翼植保无人机低容量喷雾防治玉米三点斑叶蝉的应用研究[J].植物保护,2018,44(1):186-189.
Zhao B M, Ding L L, Zhang Q, et al. Control effects of low volume spraying using unmanned aerial vehicle(UAV) against *Zygina saliva* Mit[J]. Plant Protection, 2018, 44(1): 186-189. (in Chinese)
- [29] 张东彦,兰玉彬,陈立平,等.中国农业航空施药技术研究进展与展望[J].农业机械学报,2014,45(10):53-59.
Zhang D Y, Lan Y B, Chen L P, et al. Current status and future trends of agricultural aerial spraying technology in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2014, 45(10): 53-59. (in Chinese)
- [30] 岳德成,姜延军,李青梅,等.植保无人机喷施对玉米田土壤处理除草剂的减量效应[J].植物保护,2019,45(2):193-198.
Yue D C, Jiang Y J, Li Q M, et al. Decrement effect of plant-protection UAV spraying on soil-applied herbicides in maize field[J]. Plant Protection, 2019, 45(2): 193-198. (in Chinese)
- [31] 王迪轩,王佐林.警防无人机喷洒草甘膦等除草剂对农作物的飘移药害[J].农药市场信息,2016(18):56-58.
Wang D X, Wang Z L. The drift phytotoxicity of glyphosate when applied with UAV[J]. Pesticide Market News, 2016(18): 56-58. (in Chinese)

(责任编辑:栾天宇)