



新型生物助剂对不同剂型除草剂的增效作用

王欢¹, 张忠亮², 陶波²

(1. 黑龙江八一农垦大学 农学院, 黑龙江 大庆 163319; 2. 东北农业大学 农学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要:为研究新型生物助剂对我国大豆、玉米田除草剂常用剂型(水剂、乳油、悬浮剂)的作用效果,以非离子表面活性剂、甲酯化植物油、有机硅助剂为对照,通过田间试验的方法,调查评价不同剂型除草剂添加新型生物助剂对大豆、玉米田禾本科杂草和阔叶杂草防除效果的影响。结果表明:新型生物助剂能够使除草剂水剂对杂草的株防效提高 22.82% ~ 31.62%, 鲜质量防效提高 21.97% ~ 32.30%; 除草剂乳油株防效提高 19.31% ~ 31.27%, 鲜质量防效提高 20.71% ~ 32.13%; 除草剂悬浮剂株防效提高 21.14% ~ 36.11%, 鲜质量防效提高 21.58% ~ 38.17%。新型生物助剂对悬浮剂的增效作用最明显,其次是水剂和乳油。新型生物助剂能够显著提高除草剂水剂、乳油、悬浮剂的生物活性,增效作用优于甲酯化植物油、有机硅助剂和非离子表面活性剂,并对作物安全。

关键词:大豆;玉米;生物助剂;除草剂;剂型;增效作用

Synergistic Effect of New Biological Additives on Different Herbicide Formulations

WANG Huan¹, ZHANG Zhong-liang², TAO Bo²

(1. College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China; 2. College of Agronomy, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: In order to study the effects of new biological adjuvants on water aqua, emulsifiable concentrate and suspending agent of herbicides commonly used in soybean and maize fields in China, field experiments were conducted with nonionic surfactants, methyl esterified vegetable oils and organosilicon adjuvants as controls. The effects of different herbicides with new biological adjuvants on the control of grassy weeds and broad-leaved weeds were investigated and evaluated. The results showed that the new biological adjuvants could improve the control effect of herbicide water aqua on weeds by 22.82% - 31.62%, fresh quality by 21.97% - 32.30%, control effect of herbicide emulsifiable concentrate by 19.31% - 31.27%, fresh quality by 20.71% - 32.13%, control effect of herbicide suspending agent by 21.14% - 36.11%, and fresh quality by 21.58% - 38.17%. The synergistic effect of new biological adjuvants on suspending agent was the most obvious, followed by water aqua and emulsifiable concentrate. New biological adjuvants could significantly improve the biological activity of herbicide water aqua, emulsifiable concentrate and suspending agent. Its synergistic effect is better than methyl esterified vegetable oils, organosilicon adjuvants and nonionic surfactants, and it is safe for crops.

Keywords: Soybean; Maize; Biological adjuvants; Herbicide; Herbicide formulation; Synergism

除草剂助剂是在除草剂的加工和施用中,使用的各种辅助物料的总称。绝大多数除草剂都需要表面活性剂或其它助剂,通过改善剂型理化性能和药效,来优化其防治效果^[1-3]。油类助剂有良好的渗透力,有助于水溶性差的除草剂的吸收,在除草剂助剂中占有非常重要的地位。但部分油类助剂成本高,性能不够稳定,易对作物产生药害^[4]。表面活性剂是很多除草剂制剂的重要组成部分,具有很强的表面活性、能使液体表面张力显著下降,其中非离子表面活性剂通用性较强,在除草剂中的应用也最多^[5]。有机硅是一种具有特殊分子结构和显著生物活性的化合物,可促进药剂在靶标上附着,促使药液由气孔渗透到植物内部,其研究和应用越来越受到人们的重视^[6]。近年来除草剂助剂

发展迅速,从传统的非离子表面活性剂向不同类型多功能助剂发展,传统助剂的主要功能是湿润、分散与粘着等,而新助剂的开发将使其具有更多功能^[7]。在剂型开发设计中,如何研制更加安全、选择更加合理的助剂已成为主要研究方向。新型生物助剂是在已经开发的高效、低毒助剂中添加有益于作物生长发育,同时也能够增进药效的生物活性物质,制备成的更高效、更环保、更安全的助剂类型。目前,生物助剂作用效果的研究还鲜有报道,但是很多具有生物活性的物质已经广泛应用在农业生产中^[8-10]。陶波等^[11]通过筛选研制出由有机硅、生物多糖、青霉发酵液和硫酸根组成的生物助剂3号,对25%氟磺胺草醚水剂增效作用突出。

1985 - 2012 年登记的4 895个除草剂制剂产品

收稿日期:2019-03-29

基金项目:国家重点研发计划(2016YFD0200500);黑龙江省科学基金项目(QC2017023)。

第一作者简介:王欢(1991-),女,硕士,助理实验师,主要从事除草剂增效剂研究。E-mail:317312794@qq.com。

通讯作者:陶波(1963-),男,博士,教授,主要从事除草剂生物化学及应用技术研究。E-mail:botaol@163.com。

中,乳油产品最多,占总数的 34.4%,水剂产品占 19.8%,近年来,除草剂悬浮剂登记数量也在急剧上升^[12],这 3 种剂型已成为当前除草剂应用广泛且具有代表性的剂型。目前,不同种类助剂对不同剂型除草剂的增效作用研究还未见报道,本试验通过田间试验,研究了新型生物助剂对我国大豆、玉米田常用除草剂剂型,水剂、乳油、悬浮剂的增效作用,并以非离子表面活性剂、甲酯化植物油、市售有机硅助剂菲蓝为对照,明确了新型生物助剂对不同除草剂剂型的增效作用。以期通过更加环保安全的手段提高除草剂药效,降低除草剂用量,减少环境污染,同时确保农作物的产量、品质和安全。

1 材料与方法

1.1 材料

供试新型生物助剂为东北农业大学农药研究室筛选出的生物助剂 3 号,由有机硅、生物多糖、青霉发酵液和硫酸根组成^[11]。

供试药剂为 25% 氟磺胺草醚水剂(大连松辽化工有限公司)、48% 灭草松水剂(江苏绿来股份有限公司)、24% 烯草酮乳油(衡水北方农药化工有限公司)、5% 精喹禾灵乳油(安徽华星化工股份有限公司)、38% 阿特拉津悬浮剂(济南市章丘化工工业园)、10% 硝磺草酮悬浮剂(济南市章丘化工工业园)、非离子表面活性剂(东北农业大学)、甲酯化植物油(哈尔滨博农农业科技公司)、菲蓝有机硅助剂(九江菲蓝高新材料有限公司)。

供试大豆品种为东农 252,供试作物玉米品种为先达 203。

1.2 试验地概况

试验于 2017 年在黑龙江省哈尔滨市香坊区向阳农场进行,试验地地势平整,地力均匀,供试土壤为黑土(有机质含量 4%,pH6.75)。田间主要杂草包括阔叶杂草:苘麻(*Abutilon theophrasti Medicus*)、苍耳(*Xanthium sibiricum Patrín ex Widder*)、龙葵(*Solanum nigrum*);禾本科杂草:野黍[*Eriochloa villosa* (Thunb.) Kunth]、稗草[*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv]。杂草种群稳定、分布较匀。

1.3 试验设计

大豆、玉米分别于 5 月 3 日和 5 月 16 日进行机械旋耕播种,播种时土壤墒情较好,能够保证出苗,试验期间未施肥,田间常规管理。大豆、玉米施药时间均为 6 月 20 日,施药时阔叶杂草 2~4 叶期,禾本科杂草 3~4 叶期。利用 KNAPSACK Hydraulic Sprayer 背负式四喷头喷雾器进行茎叶喷施处理,喷液量为 300 L·hm⁻²。施药当天多云,无降水,平均气温为 25.2℃,相对湿度 70%,试验期间无恶劣气候因素影响。

1.3.1 助剂对除草剂水剂的作用 选用氟磺胺草醚和灭草松 2 种大豆田水剂除草剂,分别设置 2 种有效用量与 4 种不同助剂混配,设置 11 个处理,1 个空白清水对照。每个处理重复 3 次,每个小区 20 m²,随机区组排列。试验药剂处理如表 1 所示。

表 1 试验药剂处理
Table 1 Test treatment

氟磺胺草醚有效用量 Fomesafen effective dosage/(g·hm ⁻²)	助剂种类及用量 Adjuvants types and rate/(V/V)	灭草松有效用量 Bentazone effective dosage/(g·hm ⁻²)	助剂种类及用量 Adjuvants types and rate/(V/V)
300	—	720	—
300	非离子表面活性剂 0.25%	720	非离子表面活性剂 0.25%
300	甲酯化植物油 1.0%	720	甲酯化植物油 1.0%
300	菲蓝 0.03%	720	菲蓝 0.03%
300	新型生物助剂 0.03%	720	新型生物助剂 0.03%
375	—	1080	—
375	非离子表面活性剂 0.25%	1080	非离子表面活性剂 0.25%
375	甲酯化植物油 1.0%	1080	甲酯化植物油 1.0%
375	菲蓝 0.03%	1080	菲蓝 0.03%
375	新型生物助剂 0.03%	1080	新型生物助剂 0.03%
563	—	1440	—
CK	—	CK	—

1.3.2 助剂对除草剂乳油的作用 选用烯草酮和精喹禾灵 2 种大豆田乳油除草剂,试验处理同

1.3.1,供试除草剂及有效用量:烯草酮 54,72,108 g·hm⁻²;精喹禾灵 25,40,60 g·hm⁻²。

1.3.3 助剂对除草剂悬浮剂的作用 选用莠去津和硝磺草酮2种玉米田悬浮剂除草剂,试验处理同1.3.1,供试除草剂及有效用量:莠去津 900,1 200,1 800 g·hm⁻²;硝磺草酮 120,180,240 g·hm⁻²。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 防治效果的调查 施药后 15 d 调查杂草的株防效,30 d 后加测鲜质量防效。调查时每小区4点随机取样,样方面积为 0.25 m²。采用 DMRT 法分析差异显著性^[13]。

株防效(%)=(处理前杂草株数-处理后杂草株数)/处理前杂草株数×100

鲜质量防效(%)=(对照区杂草鲜重-处理区杂草鲜重)/对照区杂草鲜重×100

1.4.2 安全性调查 施药后 3,5,7 d 以及防效调查的同时,目测调查药剂对作物的安全性。

2 结果与分析

2.1 对作物的安全性

药后观察各处理小区大豆、玉米生长均正常,无枯斑、黄化、矮化、叶片发白、皱缩等药害症状。

2.2 新型生物助剂对除草剂水剂的增效作用

2.2.1 新型生物助剂对氟磺胺草醚水剂的增效作用 由表 2 可知,添加 4 种助剂均可以增加大豆田氟磺胺草醚对阔叶杂草的防效,但增效作用存在差异。其中新型生物助剂增效作用最显著,其它 3 种助剂中甲酯化植物油增效作用最大,其次是菲蓝,二者之间增效作用总体无显著差异,非离子表面活性剂增效作用相对最小。氟磺胺草醚用量 375 g·hm⁻²,添加新型生物助剂,株防效增加 31.62%,鲜质量防效增加 32.30%。氟磺胺草醚用量 300 g·hm⁻²,添加 4 种助剂,株防效和鲜质量防效均高于氟磺胺草醚用量 375 g·hm⁻²。氟磺胺草醚用量 375 g·hm⁻²,添加新型生物助剂,株防效和鲜质量防效均高于氟磺胺草醚用量 563 g·hm⁻²,而添加其它 3 种助剂未达到氟磺胺草醚用量 563 g·hm⁻²时的防除效果,说明新型生物助剂可将氟磺胺草醚用量降低 33% 以上。试验结果表明,新型生物助剂对氟磺胺草醚水剂的增效作用显著,效果优于甲酯化植物油、菲蓝和和非离子表面活性剂,差异显著。

表 2 新型生物助剂对氟磺胺草醚水剂的增效作用

Table 2 Synergistic effect of new biological additives on fomesafen

有效用量 Effective dosage/ (g·hm ⁻²)	助剂 Additive	阔叶杂草株防效		阔叶杂草鲜质量防效	
		Control efficiency of broad leaf weeds		Fresh quality control of broad leaf weeds	
		防效 Control effect/%	增加率 Increase rate/%	防效 Control effect/%	增加率 Increase rate/%
300	-	45.64±2.76 i	-	48.79±1.82 h	-
300	非离子表面活性剂	69.52±3.75 gh	23.88	72.58f±1.73 g	23.79
300	甲酯化植物油	72.70±2.41 f	27.06	75.68±1.42 ef	26.89
300	菲蓝	70.69±2.35 g	25.05	73.88±1.44 f	25.09
300	新型生物助剂	75.13±2.76 e	29.49	77.09±1.37 e	28.30
375	-	65.46±2.15 h	-	67.26±0.72 g	-
375	非离子表面活性剂	85.42±2.70 d	19.96	90.71±1.53 d	23.45
375	甲酯化植物油	92.34±1.65 c	26.88	93.57±0.76 c	26.31
375	菲蓝	90.93±1.32 cd	25.47	92.85±0.87 c	25.59
375	新型生物助剂	97.08±1.36 a	31.62	99.56±0.61 a	32.30
563	-	94.99±0.70 b	-	97.39±0.59 b	-

不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。下同。
Different lowercase indicate significant difference (P<0.05) among treatments. The same below.

2.2.2 新型生物助剂对灭草松水剂的增效作用 由表 3 可知,添加 4 种助剂均可增加大豆田灭草松对阔叶杂草的防效,但增效作用存在差异。灭草松用量 720 g·hm⁻²时添加 4 种助剂,株防效和鲜质量防效均高于灭草松用量 1 080 g·hm⁻²,说明添加新型生物助剂增效作用最显著,株防效增加 24.66%,鲜质量防效增加 26.00%。其它 3 种助剂中菲蓝增效作用最大,甲酯化植物油次之,二者之间增效作用

无显著差异,增效作用最小的是非离子表面活性剂。灭草松用量1 080 g·hm⁻²添加新型生物助剂,株防效和鲜质量防效均高于灭草松用量1 440 g·hm⁻²,而添加其它 3 种助剂未达到灭草松用量1 440 g·hm⁻²时的防除效果,说明新型生物助剂可将灭草松用量降低 25% 以上。试验结果表明,新型生物助剂对灭草松水剂的增效作用显著,效果优于甲酯化植物油、菲蓝和和非离子表面活性剂,差异显著。

表 3 新型生物助剂对灭草松水剂的增效作用

Table 3 Synergistic effect of new biological additives on bentazone

有效用量 Effective dosage/ (g·hm ⁻²)	助剂 Additive	阔叶杂草株防效		阔叶杂草鲜质量防效	
		Control efficiency of broad leaf weeds		Fresh quality control of broad leaf weeds	
		防效 Control effect/%	增加率 Increase rate/%	防效 Control effect/%	增加率 Increase rate/%
720	—	56.23 ± 2.36 f	—	57.06 ± 1.41 g	—
720	非离子表面活性剂	73.47 ± 1.86 e	17.24	75.14 ± 1.06 f	18.08
720	甲酯化植物油	76.72 ± 1.38 d	20.49	77.91 ± 1.44 ef	20.85
720	菲蓝	77.65 ± 0.66 d	21.42	79.18 ± 2.00 e	22.12
720	新型生物助剂	80.89 ± 1.51 c	24.66	83.06 ± 0.58 d	26.00
1080	—	71.46 ± 1.43 ef	—	75.11 ± 0.84 f	—
1080	非离子表面活性剂	88.36 ± 1.01 b	16.90	90.49 ± 0.98 b	15.38
1080	甲酯化植物油	84.79 ± 0.98 bc	13.33	86.62 ± 1.94 c	11.51
1080	菲蓝	88.13 ± 0.98 b	16.67	90.21 ± 1.21 b	15.10
1080	新型生物助剂	94.28 ± 1.37 a	22.82	97.08 ± 0.76 a	21.97
1440	—	93.95 ± 1.16 a	—	95.17 ± 0.44 ab	—

2.3 新型生物助剂对除草剂乳油的增效作用

2.3.1 新型生物助剂对烯草酮乳油的增效作用

由表 4 可知,添加 4 种助剂均可以增加大豆田烯草酮对禾本科杂草的防效,但增效作用存在差异。其中新型生物助剂增效作用最显著,其它 3 种助剂中菲蓝增效作用最大,其次是甲酯化植物油,二者之间增效作用无显著差异,非离子表面活性剂增效作用相对最小。烯草酮用量 54 g·hm⁻² 添加 4 种助

剂,除非离子表面活性剂外,其它助剂株防效和鲜质量防效均高于烯草酮用量 72 g·hm⁻²。烯草酮用量 72 g·hm⁻² 添加甲酯化植物油、新型生物助剂和菲蓝,株防效和鲜质量防效均高于烯草酮用量 108 g·hm⁻²,但只有添加新型生物助剂差异达显著水平。试验结果表明,新型生物助剂对烯草酮乳油的增效作用显著,效果优于甲酯化植物油、菲蓝和和非离子表面活性剂,差异显著。

表 4 新型生物助剂对烯草酮乳油的增效作用

Table 4 Synergistic effect of new biological additives on clethodim

有效用量 Effective dosage/ (g·hm ⁻²)	助剂 Additive	禾本科杂草株防效		禾本科杂草鲜质量防效	
		Control efficiency of gramineae weeds		Fresh quality control of gramineae weeds	
		防效 Control effect/%	增加率 Increase rate/%	防效 Control effect/%	增加率 Increase rate/%
54	—	58.82 ± 0.80 g	—	59.93 ± 0.88 g	—
54	非离子表面活性剂	75.34 ± 2.21 f	16.52	77.68 ± 1.78 f	17.75
54	甲酯化植物油	80.72 ± 1.51 e	21.90	83.36 ± 1.79 e	23.43
54	菲蓝	81.66 ± 0.88 e	22.84	83.83 ± 1.50 e	23.90
54	新型生物助剂	84.43 ± 1.08 d	25.61	86.39 ± 2.36 d	26.46
72	—	76.06 ± 0.25 f	—	77.35 ± 0.77 f	—
72	非离子表面活性剂	87.52 ± 0.82 c	11.46	89.94 ± 1.35 c	12.59
72	甲酯化植物油	90.23 ± 1.19 b	14.17	92.87 ± 1.00 b	15.52
72	菲蓝	90.93 ± 1.17 b	14.87	92.85 ± 0.89 b	15.50
72	新型生物助剂	95.37 ± 0.73 a	19.31	98.06 ± 0.11 a	20.71
108	—	90.06 ± 0.38 b	—	92.29 ± 0.53 b	—

2.3.2 新型生物助剂对精喹禾灵乳油的增效作用

由表5可知,添加4种助剂均可以增加大豆田精喹禾灵对禾本科杂草的防效,但增效作用存在差异。其中新型生物助剂增效作用最显著,其它3种助剂中甲酯化植物油增效作用最大,其次是菲蓝,二者之间增效作用无显著差异,非离子表面活性剂增效作用相对最小。精喹禾灵用量 $25\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ 添加新型生物助剂,株防效增加31.27%,鲜质量防效增加32.13%。精喹禾灵用量 $25\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ 添加4种助

剂,除非离子表面活性剂外,其它助剂株防效和鲜质量防效均高于精喹禾灵用量 $40\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。精喹禾灵用量 $40\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ 添加新型生物助剂,株防效和鲜质量防效均高于精喹禾灵用量 $60\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$,而添加其它3种助剂未达到精喹禾灵用量 $60\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时的防除效果,说明新型生物助剂可将精喹禾灵用量降低33%以上。试验结果表明,新型生物助剂对精喹禾灵乳油的增效作用显著,效果优于甲酯化植物油、菲蓝和和非离子表面活性剂。

表5 新型生物助剂对精喹禾灵乳油的增效作用
Table 5 Synergistic effect of new biological additives on quizalofop

有效用量 Effective dosage/ ($\text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$)	助剂 Additive	禾本科杂草株防效 Control efficiency of gramineae weeds		禾本科杂草鲜质量防效 Fresh quality control of gramineae weeds	
		防效 Control effect/%	增加率 Increase rate/%	防效 Control effect/%	增加率 Increase rate/%
25	—	54.38 ± 0.65 f	—	55.84 ± 0.88 f	—
25	非离子表面活性剂	72.36 ± 1.82 ef	17.98	74.75 ± 1.62 ef	18.91
25	甲酯化植物油	78.26 ± 1.88 d	23.88	80.78 ± 2.35 d	24.94
25	菲蓝	77.93 ± 1.95 d	23.55	80.15 ± 2.08 d	24.31
25	新型生物助剂	85.65 ± 1.49 cd	31.27	87.97 ± 1.53 c	32.13
40	—	73.61 ± 1.02 e	—	75.98 ± 0.31 e	—
40	非离子表面活性剂	86.77 ± 1.15 c	13.16	88.83 ± 0.80 c	12.85
40	甲酯化植物油	91.49 ± 1.50 bc	17.88	93.87 ± 0.63 b	17.89
40	菲蓝	90.76 ± 0.80 bc	17.15	93.65 ± 0.75 b	17.67
40	新型生物助剂	96.58 ± 0.55 a	22.97	98.14 ± 0.29 a	22.16
60	—	92.79 ± 1.08 b	—	94.06 ± 0.72 b	—

2.4 新型生物助剂对除草剂悬浮剂的增效作用

2.4.1 新型生物助剂对莠去津悬浮剂的增效作用

由表6可知,添加4种助剂均可以增加玉米田莠去津对阔叶杂草的防效,但增效作用存在差异。其中新型生物助剂增效作用最显著,其它3种助剂中菲蓝增效作用最大,其次是非离子表面活性剂,甲酯化植物油增效作用相对最小,菲蓝增效作用显著高于其它2种助剂,非离子表面活性剂和甲酯化植物油之间无显著差异。莠去津用量 $900\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ 添加新型生物助剂,株防效增加31.49%,鲜质量防效增加33.70%。莠去津用量 $900\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ 添加4种助剂,除甲酯化植物油外,其它助剂株防效和鲜质量防效均高于莠去津用量 $1\,200\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。莠去津用量 $1\,200\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ 添加新型生物助剂,株防效和鲜质量防效均高于莠去津用量 $1\,800\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$,而添加其它3种助剂未达到莠去津用量 $1\,800\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时的防除效果,说明新型生物助剂可将莠去津用量降低33%以上。试验结果表明,新型生物助剂对莠去津悬浮

剂的增效作用显著,效果优于甲酯化植物油、菲蓝和和非离子表面活性剂,差异显著。

2.4.2 新型生物助剂对硝磺草酮悬浮剂的增效作用

由表7可知,添加4种助剂均可以增加玉米田硝磺草酮对阔叶杂草的防效,其中新型生物助剂增效作用最显著,其它3种助剂中菲蓝增效作用最大,其次是非离子表面活性剂,甲酯化植物油增效作用相对最小,非离子表面活性剂和甲酯化植物油之间差异不显著。硝磺草酮用量 $120\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ 添加4种助剂,株防效和鲜质量防效均高于硝磺草酮用量 $180\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。硝磺草酮用量 $180\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ 添加新型生物助剂,株防效仅较硝磺草酮用量 $240\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ 低0.22%,鲜质量防效则高于磺草酮用量 $240\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$,而添加其它3种助剂未达到磺草酮用量 $240\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时的防除效果。试验结果表明,新型生物助剂对硝磺草酮悬浮剂的增效作用显著,效果优于甲酯化植物油、菲蓝和和非离子表面活性剂。

表 6 新型生物助剂对莠去津悬浮剂的增效作用
Table 6 Synergistic effect of new biological additives on atrazine

有效用量 Effective dosage/ (g·hm ⁻²)	助剂 Additive	阔叶杂草株防效		阔叶杂草鲜质量防效	
		Control efficiency of broad leaf weeds		Fresh quality control of broad leaf weeds	
		防效 Control effect/%	增加率 Increase rate/%	防效 Control effect/%	增加率 Increase rate/%
900	—	56.78 ± 1.46 f	—	58.05 ± 1.84 f	—
900	非离子表面活性剂	72.96 ± 1.14 e	16.18	75.07 ± 1.75 e	17.02
900	甲酯化植物油	71.45 ± 1.01 ef	14.67	73.86 ± 1.53 ef	15.81
900	菲蓝	84.08 ± 1.24 d	27.30	86.67 ± 0.70 d	28.62
900	新型生物助剂	88.27 ± 0.34 c	31.49	91.75 ± 1.19 c	33.70
1200	—	72.45 ± 0.70 e	—	73.42 ± 1.41 ef	—
1200	非离子表面活性剂	82.86 ± 1.78 de	10.41	85.33 ± 1.02 de	11.31
1200	甲酯化植物油	81.37 ± 1.94 de	8.92	84.23 ± 1.22 de	10.21
1200	菲蓝	93.56 ± 1.11 bc	21.11	95.19 ± 1.07 b	21.17
1200	新型生物助剂	97.74 ± 0.73 a	25.29	98.28 ± 1.04 a	24.26
1800	—	94.67 ± 0.55 b	—	96.03 ± 0.79 ab	—

表 7 新型生物助剂对硝磺草酮悬浮剂的增效作用
Table 7 Synergistic effect of new biological additives on mesotrione

有效用量 Effective dosage/ (g·hm ⁻²)	助剂 Additive	阔叶杂草株防效		阔叶杂草鲜质量防效	
		Control efficiency of broad leaf weeds		Fresh quality control of broad leaf weeds	
		防效 Control effect/%	增加率 Increase rate/%	防效 Control effect/%	增加率 Increase rate/%
120	—	52.38 ± 1.16 g	—	53.46 ± 0.78 f	—
120	非离子表面活性剂	82.51 ± 1.72 de	30.13	84.76 ± 1.29 cd	31.30
120	甲酯化植物油	79.04 ± 0.28 e	26.66	82.78 ± 0.85 d	29.32
120	菲蓝	85.27 ± 0.75 d	32.89	87.34 ± 1.21 c	33.88
120	新型生物助剂	88.49 ± 0.71 cd	36.11	91.63 ± 0.93 bc	38.17
180	—	75.65 ± 1.12 f	—	76.84 ± 1.53 e	—
180	非离子表面活性剂	92.34 ± 0.68 bc	16.69	94.23 ± 1.15 b	17.39
180	甲酯化植物油	90.16 ± 1.05 c	14.51	92.49 ± 0.70 bc	15.65
180	菲蓝	93.96 ± 1.04 b	18.31	96.11 ± 0.86 ab	19.27
180	新型生物助剂	96.79 ± 0.42 a	21.14	98.42 ± 1.24 a	21.58
240	—	97.01 ± 0.78 a	—	97.87 ± 0.65 a	—

3 讨 论

除草剂助剂能够促使大多数除草剂品种从高用量降至低用量并在不同环境条件下充分发挥活性与效果,从而达到降低除草剂使用成本、提高经济效益并有利于生态环境的目的^[14]。助剂对除草剂的增效作用前人已有一定的研究基础^[15-19],本研究结果表明,在一定用量范围内,新型生物助剂能够显著提高除草剂水剂、乳油、悬浮剂的生物活性。

新型生物助剂对悬浮剂的增效作用尤为明显,其次是水剂和乳油。试验所用 4 种助剂对氟磺胺草醚水剂的增效作用表现为新型生物助剂 > 甲酯化植物油 > 菲蓝 > 非离子表面活性剂,韩玉军等^[20]研究了氟磺胺草醚添加 3 种助剂对反枝苋和龙葵的增效作用,增效顺序为菲蓝 > 植物油 > 非离子表面活性剂,本研究的甲酯化植物油和菲蓝的增效作用顺序与前人存在差异,原因可能是两个研究中甲酯化植物油与菲蓝间增效作用差异均不显著,韩玉军等^[20]

的研究中防除对象为反枝苋和龙葵,本研究的防除对象为大豆田阔叶杂草,这也说明了甲酯化植物油和菲蓝更适用于除草剂水剂的增效。4 种助剂对精喹禾灵乳油的增效作用表现为新型生物助剂 > 甲酯化植物油 > 菲蓝 > 非离子表面活性剂,与付久才等^[21]的研究结果一致,即甲酯化植物油 > 有机硅 > 硫酸铵,说明了甲酯化植物油更适用于除草剂乳油的增效。4 种助剂对莠去津悬浮剂的增效作用表现为新型生物助剂 > 菲蓝 > 非离子表面活性剂 > 甲酯化植物油,与李晶晶等^[22]研究结果即不同助剂对莠去津增效顺序为复合型助剂 > 有机硅助剂 > 非离子表面活性剂 > 肥类助剂 > 油类助剂 > 糖类助剂一致,说明了菲蓝有机硅助剂更适用于除草剂悬浮剂的增效。

新型生物助剂对 3 种供试剂型除草剂增效作用均较高,可能是因为新型生物助剂是由有机硅、生物多糖、青霉发酵液和硫酸根等根据最优比例筛选复配而成,功能更加全面。陶波等^[11]在对其机理进行探究时发现,新型生物助剂能够降低药液的干燥时间和表面张力,增加药液的扩展直径和最大持留量,同时还能够促进除草剂的吸收。新型生物助剂对不同剂型除草剂的增效作用存在差异,可能是由于不同剂型间的组成成分、物理化学性质的差异造成的,具体增效机理有待进一步探究。

本试验初步研究了新型生物助剂对不同除草剂剂型单独施用的增效作用,但田间杂草的化学防除,通常需要多种除草剂混配来达到理想的除草效果。同时,试验所选取的不同剂型除草剂虽为我国大豆、玉米田常用有代表性的除草剂,但广度不够。下一步应进行新型生物助剂对混配除草剂的增效作用及增效机理的研究,并扩充各剂型除草剂覆盖面,进一步研究新型生物助剂的经济效益和对作物产量指标的影响,对田间除草剂的增效减量应用具有指导意义。

4 结 论

新型生物助剂能够显著提高除草剂水剂(氟磺胺草醚、灭草松)、乳油(烯草酮、精喹禾灵)和悬浮剂(莠去津、硝磺草酮)的生物活性。新型生物助剂对不同剂型除草剂增效程度不同,能够使除草剂水剂对杂草的株防效提高 22.82% ~ 31.62%,鲜质量防效提高 21.97% ~ 32.30%;使除草剂乳油株防效提高 19.31% ~ 31.27%,鲜质量防效提高 20.71% ~ 32.13%;使除草剂悬浮剂株防效提高 21.14% ~ 36.11%,鲜质量防效提高 21.58% ~ 38.17%。新型生物助剂对悬浮剂增效作用最明显,其次是水剂和乳油。甲酯化植物油和菲蓝更适用于除草剂水

剂和乳油的减量增效,菲蓝和非离子表面活性剂更适用于除草剂悬浮剂的减量增效。

参考文献

[1] 吴志凤,刘贤进.我国农药助剂工业发展与管理概况[J]. 农药科学与管理,2014,35(12):23-26. (Wu Z F, Liu X J. Status on development and management of pesticide adjuvants in China[J]. Pesticide Science and Administration, 2014, 35(12): 23-26.)

[2] Singh D, Singh M. Absorption and translocation of glyphosate with conventional and organosilicone adjuvants[J]. Weed Biology and Management, 2008, 8(2):104-111.

[3] 孙浩,姚中统,刘洋,等.黑龙江省大豆田农药用量及未来变化趋势研究与分析[J]. 大豆科学,2018,37(6):932-942. (Sun H, Yao Z T, Liu Y, et al. Research and analysis on pesticide amount and future trend of soybean field in Heilongjiang province [J]. Soybean Science, 2018, 37(6): 932-942.)

[4] 安国栋,耿鹏,胡美英,等.植物油助剂在农药领域中的研究进展[J]. 农药,2012,51(8):558-561,586. (An G D, Geng P, Hu M Y, et al. Research advance in plant oil as pesticide adjuvant [J]. Agrochemicals, 2012, 51(8): 558-561, 586.)

[5] 王金信,鲁梅.除草剂助剂的研究进展[J]. 世界农药,2008(1):34-39. (Wang J X, Lu M. Advance in researches of herbicide adjuvant[J]. World Pesticides, 2008(1): 34-39.)

[6] 鲁洪斌.有机硅表面活性剂作为农药助剂的原理及应用[J]. 河北农业,2019(4):40-41. (Lu H B. Principle and application of organosilicon surfactant as pesticide adjuvant [J]. Hebei Agriculture, 2019(4): 40-41.)

[7] 苏少泉.除草剂助剂及其应用[J]. 农药研究与应用,2007(5):3-7. (Su S Q. Herbicide adjuvants and their use[J]. Agrochemicals research & application, 2007(5): 3-7.)

[8] 祖永平,徐玲莉,焦梓洲,等.生健剂对玉米幼苗生长及生理特性的影响[J]. 作物杂志,2014(1):85-89. (Zu Y P, Xu L L, Jiao Z Z, et al. Effect of plant robust agent on growth and physiological properties of maize seedling [J]. Crops, 2014(1): 85-89.)

[9] 潘丽芹,韦海忠,张浩,等.壳聚糖对盐胁迫下白三叶种子萌发及幼苗生长的缓解作用[J]. 分子植物育种,2018,16(11):3740-3744. (Pan L Q, Wei H Z, Zhang H, et al. Effects of chitosan on seed germination and seedling growth of *Trifolium repens* under salt stress [J]. Molecular Plant Breeding, 2018, 16(11): 3740-3744.)

[10] Mudarisova R K, Koptyaeva E I, Badykova L A. Solid-phase modification of chitosan, pectin, and arabinogalactan with poorly soluble herbicide chlorsulfuron[J]. Polymer Science, Series B, 2017, 59(5):570-576.

[11] 陶波,王立超,张忠亮.新型生物助剂活性物质筛选及对除草剂的增效作用[J]. 江苏农业科学,2016,44(10):174-177. (Tao B, Wang L C, Zhang Z L. Screening of active substances of new biological auxiliaries and their synergistic effect on herbicides [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2016, 44(10): 174-177.)

[12] 吴晓峰,刘秀,金晨钟,等.我国化学除草剂剂型研究进展[J]. 现代农药,2015,14(5):10-13. (Wu X F, Liu X, Jin C Z, et al. Research advance of chemical herbicide formulation in China [J]. Modern Agrochemicals, 2015, 14(5): 10-13.)