

网络出版时间:2020-11-25 16:59 DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2021.05.018
网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20201125.1136.015.html

助剂对 40%丁香·戊唑醇悬浮剂在玉米叶片上 润湿性能及药效的影响

潘文轩,王 索,高 宁,张思胜,张 浩

(吉林农业大学 植物保护学院,吉林 长春 130118)

【摘 要】【目的】探明激健、GY-T1602、GY-Tmax、AS-100、青皮桔油和高捷仕 6 种农药助剂对 40%丁香·戊唑醇悬浮剂在玉米叶片上湿润性能及药效的影响,筛选防治玉米大斑病的高效助剂。【方法】采用表面张力仪,测定加入激健、GY-T1602、GY-Tmax、AS-100、青皮桔油和高捷仕 6 种助剂后,被稀释为体积分数 0.2%、0.1%和 0.05%的 40%丁香·戊唑醇药液的表面张力值;再使用接触角测量仪测定加入各助剂的体积分数 0.2%的 40%丁香·戊唑醇药液在玉米叶片上 0~60 s 的动态接触角和 30 s 静态接触角,筛选出适宜玉米田杀菌剂使用的喷雾助剂;通过盆栽试验,进一步探究各助剂对丁香·戊唑醇药液防治玉米大斑病效果的影响。【结果】体积分数为 0.2%、0.1%和 0.05%的 40%丁香·戊唑醇未加入助剂时表面张力为 34.61~40.13 mN/m,分别加入体积分数为 0.2%激健、0.1% GY-T1602、0.3% GY-Tmax、0.2 AS-100、0.06%青皮桔油和 0.5%高捷仕后,药液表面张力分别降低为 24.48~26.85、24.91~27.13、27.37~30.33、29.62~31.37、29.15~32.33 和 29.41~33.18 mN/m,各处理药液表面张力均随着 40%丁香·戊唑醇体积分数的降低而增大,其中加入 0.2%激健和 0.1% GY-T1602 后药液的表面张力小于玉米叶片的临界表面张力,说明二者对提高 40%丁香·戊唑醇悬浮剂在玉米叶片上湿润性能的效果最好。与未加入助剂相比,加入 6 种助剂后 40%丁香·戊唑醇溶液接触到玉米叶片 30 s 时的静态接触角均减小,其中加入 0.2%激健和 0.1% GY-T1602 后药液在接触到玉米叶片 30 s 时的静态接触角分别为 25.82°和 30.85°,下降幅度最明显,效果最佳;各处理药液的动态接触角均随着与玉米叶片接触时间的延长呈下降趋势,0~30 s 时降幅较大,30~60 s 时降幅趋缓,加入各助剂后药液的初始接触角即较未加入助剂药液明显下降。盆栽试验结果表明,6 种助剂的加入均对 40%丁香·戊唑醇悬浮剂防治玉米大斑病起到了增效作用,其中 40%丁香·戊唑醇悬浮剂用量为 300 g/hm² 时,加入 0.2%激健和 0.1% GY-T1602 对玉米大斑病的防效分别提升了 17.72%和 14.86%,增效作用明显。【结论】6 种助剂中激健和 GY-T1602 对增强 40%丁香·戊唑醇悬浮剂在玉米叶片的湿润展布效果最好,对防治玉米大斑病的增效作用最大。

【关键词】40%丁香·戊唑醇悬浮剂;喷雾助剂;表面张力;临界张力值

【中图分类号】S482.2⁺99;S482.92

【文献标志码】A

【文章编号】1671-9387(2021)05-0138-08

Effect of adjuvants on wetting performance and efficacy of coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC on corn leaves

PAN Wenxuan, WANG Suo, GAO Ning, ZHANG Sisheng, ZHANG Hao

(College of Plant Protections, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118, China)

Abstract: 【Objective】This study investigated effects of pesticide additives including Jijian, GY-T1602, GY-Tmax, AS-100, Green peel orange oil and Gao Jieshi on wetting performance on corn leaves and medicinal effects of coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC to help choose high-efficiency additives. 【Method】

【收稿日期】2020-05-08

【基金项目】吉林省科技厅科技攻关项目(20190301063NY);国家重点研发计划支持项目(2016YFD0200203)

【作者简介】潘文轩(1996—),男,吉林敦化人,在读硕士,主要从事农药残留降解研究。E-mail: pwx825@163.com

【通信作者】张 浩(1964—),女,吉林白城人,教授,博士,博士生导师,主要从事农药毒理学研究。E-mail: haozhang100@163.com

Using a surface tensiometer, the surface tension values of coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC solution diluted to 0.2%, 0.1% and 0.05% after adding 6 additives were measured. Then, a contact angle measuring instrument was used to measure dynamic contact of coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC liquid with 0.2% volume fraction of each additive on corn leaves for 0–60 s angle and 30 s static contact angle. The suitable spray additives for corn field fungicides were selected and effects of additives on pesticide control were further explored through pot experiment. 【Result】 The surface tension of coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC with volume fractions of 0.2%, 0.1% and 0.05% without additives was 34.61–40.13 mN/m. The surface tension decreased to 24.48–26.85, 24.91–27.13, 27.37–30.33, 29.62–31.37, 29.15–32.33 and 29.41–33.18 mN/m after adding 0.2% Jijian, 0.1% GY-T1602, 0.3% GY-Tmax, 0.2% AS-100, 0.06% Green peel orange oil and 0.5% Gao Jieshi. The surface tension of each treatment increased with the decrease of volume fraction of coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC. The surface tension after adding 0.2% Jijian and 0.1% GY-T1602 was less than the corn critical surface tension, indicating that the two had the best effect on improving wetting performance. Compared with no additives, adding 6 additives reduced the static contact angle of coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC solution contacted with corn leaves for 30 s. Among them, adding 0.2% Jijian and 0.1% GY-T1602 changed static contact angles touching corn leaves for 30 s to 25.82° and 30.85°, showing the best effect. The dynamic contact angle of each liquid decreased with the prolongation of contact time with larger decrease at 0–30 s and slower decrease at 30–60 s. The initial contact angle after adding additives was significantly lower than that without additives. The pot experiment results showed that addition of all 6 additives played a synergistic effect on coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC in preventing and curing corn leaf spot disease. When coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC was 300 g/hm², adding 0.2% Jijian and 0.1% GY-T1602 increased the prevention of corn leaf spot disease by 17.72% and 14.86% with significant synergistic effects. 【Conclusion】 Among the six adjuvants, Jijian and GY-T1602 had the best effect on enhancing wet spread of coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC on corn leaves and the greatest synergistic effect on prevention and control of corn leaf spot.

Key words: coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC; spray additives; surface tension; critical surface tension

我国对玉米需求巨大,许多地区都以玉米作为主要食物,同时,玉米也是重要的饲料来源和工业原料^[1-2]。但玉米在生长过程中会受到许多病菌的侵染,其中玉米大斑病是其主要病害之一,对玉米安全生产造成了极大的威胁,在发病严重年份,可使感病品种减产近半。为有效控制病原菌的传播和发展,可在玉米大斑病发病前或发病初期喷施杀菌剂来预防病害大面积发生^[3-4]。40%丁香·戊唑醇悬浮剂是由吉林省八达农药有限公司推出的一款广谱型杀菌剂,其由丁香菌酯和戊唑醇混配而成,具有渗透性强、广谱等特性,对真菌病害具有预防和治疗作用,可使作物快速吸收^[5]。农药在喷施过程中药液滴会发生反弹、漂移和蒸发等现象,导致农药利用率下降;同时,作用于叶片上的药液又因较差的湿润性和展布性,进一步降低了农药的利用率^[6-8]。有研究表明,农药从喷雾器中喷出后,70%左右的药液由于不

理想的润湿性能聚集流失到生态中,只有约30%的药液会附着在靶标作物上,农药利用率低的现象非常严重,在发达国家,农药利用率能达到50%左右,我国与之相比还有较大的差距^[9-11]。使用性能较好的喷雾助剂可以有效改善药液在靶标作物上的湿润性能,增加药液与靶标作物的接触面积,提升农药的使用效果,减少其在使用过程中的流失和使用后的残留^[12-13]。本研究针对当前农药利用率低下、流失过于严重的现状,从提高农药药液在玉米叶上润湿展布能力的角度出发,通过测定各药液的表面张力,评估各助剂的润湿展布性能,通过测定添加不同助剂后丁香·戊唑醇药液在玉米叶片上的动态接触角和静态接触角观察药液的润湿过程,并通过温室盆栽试验进一步验证各助剂对40%丁香·戊唑醇悬浮剂的增效作用,以期筛选出高效助剂,为玉米大斑病的有效防治和农药的高效利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 药品与试剂 40%丁香·戊唑醇悬浮剂(吉林八达农药有限公司),青皮桔油(主要成分为 D-柠檬烯,山东瑞普生物科技有限公司),AS-100(高沉积量型增效剂,合肥爱尚农业技术有限公司),高捷仕(植物精油型助剂,浙江威尔达化工有限公司),GY-T1602(植物油型增效剂,中国化工有限公司),GY-Tmax(植物油型增效剂,中国化工有限公司),激健农药助剂(简称激健,主要成分为多元醇型非离子活性剂,四川蜀峰作物科学有限公司)。

1.1.2 仪器设备 SL200KB 型接触角测量仪(美国科诺有限公司),ZL-3 型全自动界面张力仪(博山同业仪器分析厂),3WBD-16 型喷雾器(临沂市益晨机械有限公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 玉米叶片临界表面张力值的测算 取新鲜玉米叶片平整部分,剪取长、宽均为 1 cm 的正方形,并将其固定在擦拭干净的玻璃片上,置于接触角测量仪上。参照 Zisman 图法^[14]测定玉米叶片临界表面张力,即分别吸取 2 μL 已知表面张力且不含表面活性剂的乙二醇、甲酰胺、N,N-二甲基甲酰胺和去离子水 4 种液体,分别滴在玉米叶片近轴面和远轴面上,在计算机中采用圆拟合处理方法,用接触角测量仪测得各试剂液滴与叶片表面的接触角 θ ,以 $\cos \theta$ 值对 4 种试剂的表面张力作图,得到回归直线与方程,然后将直线外延至 $\cos \theta = 1$ (即接触角为 0) 处所得到的液体表面张力值,即为玉米叶片表面的临界张力值。

1.2.2 药液表面张力的测定 将 40%丁香·戊唑醇悬浮剂用去离子水分别稀释成体积分数 0.2%, 0.1% 和 0.05% 的溶液,然后分别加入 0.2% (体积分数,下同) 激健、0.1% GY-T1602、0.3% GY-Tmax、0.2% AS-100、0.06% 青皮桔油和 0.5% 高捷仕,用 ZL-3 型全自动界面张力仪测定每种药液的表面张力,重复测定 3 次取平均值,每次测得的表面张力相差不超过 0.2 mN/m,测定时保持室温。

1.2.3 药液在玉米叶片上动态接触角和静态接触角的测定 选取新鲜玉米叶片,在平整部位剪取长、宽各 1 cm 的正方形,并自然平整地固定在擦拭干净的玻璃片上,将其置于 SL200KB 型接触角测量仪上。将 40%丁香·戊唑醇悬浮剂用去离子水稀释成体积分数 0.2% 的溶液,然后分别加入 0.2% 激

健、0.1% GY-T1602、0.3% GY-Tmax、0.2% AS-100、0.06% 青皮桔油和 0.5% 高捷仕,用微量注射器分别吸取 2 μL 不同处理药液,滴在剪好的正方形玉米叶片近轴面上,保持室温,在计算机上采用圆拟合法计算出药液液滴在玉米叶片上的接触角,记录各处理药液在玉米叶片上 0~60 s 接触角的变化情况,选取 30 s 时药液在玉米叶片上的接触角为静态接触角。测定重复 3 次,计算平均值。

1.2.4 助剂对 40%丁香·戊唑醇悬浮剂的增效作用 试验在吉林农业大学温室中进行。在直径 40 cm 的桶中播种‘先玉 335’玉米种子,每桶 2 粒,水肥管理措施一致。当玉米生长至 5~6 叶期时,喷洒玉米大斑病孢子悬浮液,并保持温度较高、湿度较大的环境条件,以利于玉米大斑病的发生。在玉米生长至 7~8 叶时,依据农药田间药效试验准则(二)第 107 部分“杀菌剂防治大小斑病(GB/T 17980.107—2004)”中的方法,将用量为 300 和 450 g/hm² 的丁香·戊唑醇进行均匀喷雾,空白对照喷清水,每个处理重复 3 次。施药 14 d 后,调查发病叶片数量和叶片发病级数,并计算病情指数和防治效果。

病情指数 = $[\sum(\text{各级病叶数} \times \text{相对级数值})] \div (\text{调查总叶数} \times \text{最高级数值}) \times 100$;

防治效果(%) = $(\text{空白对照病情指数} - \text{处理区病情指数}) \div \text{空白对照病情指数} \times 100\%$ 。

1.3 数据处理

选用 DPS 数据处理系统对试验数据进行差异显著性分析,采用最小显著分析法比较试验中不同处理之间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 玉米叶片的临界表面张力

由图 1 和图 2 可知,玉米叶片近轴面和远轴面的临界表面张力值分别为 27.29 和 27.37 mN/m。

2.2 添加不同助剂后 40%丁香·戊唑醇悬浮剂的表面张力

农药经稀释后,药液的表面张力越接近玉米叶片临界表面张力值或小于叶片临界表面张力值时,就越能在叶片上体现出良好的湿润性能^[15]。已测得玉米叶片近轴面的临界表面张力值为 27.29 mN/m,由表 1 可知,体积分数为 0.2%, 0.1% 和 0.05% 的 40%丁香·戊唑醇溶液的表面张力值分别为 34.61, 37.91 和 40.13 mN/m,均大于玉米叶片近轴面的临界表面张力值,所以其在叶片上不易表现出理想的湿润展布效果。当在各体积分数的

40%丁香·戊唑醇药液中分别加入 0.2% 激健、0.1% GY-T1602、0.3% GY-Tmax、0.2% AS-100、0.06% 青皮桔油和 0.5% 高捷仕等 6 种助剂后,各药液的表面张力较未加入助剂时均有所减小,更加

接近玉米叶片近轴面的临界表面张力值,其中激健和 GY-T1602 两种助剂的效果最好,加入这两种助剂的药液表面张力降低至 24.84~27.13 mN/m,均小于玉米叶片的临界表面张力值。

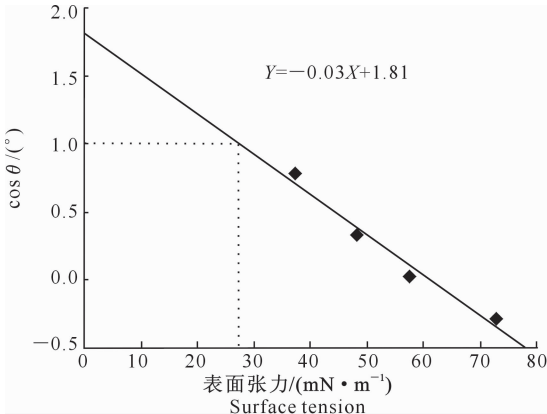


图 1 玉米叶片近轴面的临界表面张力
Fig. 1 Critical surface tension of maize leaf paraxial surface

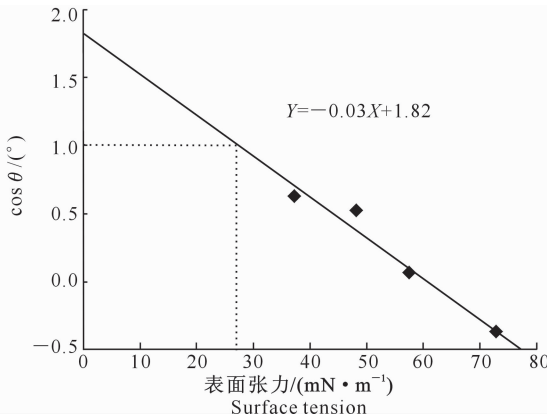


图 2 玉米叶片远轴面的临界表面张力
Fig. 2 Critical surface tension of maize leaf far axis surface

表 1 添加不同助剂后 40%丁香·戊唑醇悬浮剂的表面张力

Table 1 Surface tension of coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC after adding different additives

处理 Experimental treatment	体积分数/% Volume fraction	表面张力/(mN·m ⁻¹) Surface tension
40%丁香·戊唑醇悬浮剂 Coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC	0.2	34.61 cB
	0.1	37.91 bA
	0.05	40.13 aA
40%丁香·戊唑醇悬浮剂+0.2%激健 Coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC+0.2% Jijian	0.2	24.84 iI
	0.1	25.62 iHI
	0.05	26.85 iHI
40%丁香·戊唑醇悬浮剂+0.1% GY-T1602 Coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC+0.1% GY-T1602	0.2	24.91 iI
	0.1	26.06 iHI
	0.05	27.13 iGH
40%丁香·戊唑醇悬浮剂+0.3% GY-Tmax Coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC+0.3% GY-Tmax	0.2	27.37 iHI
	0.1	28.82 hiFG
	0.05	30.33 fgDE
40%丁香·戊唑醇悬浮剂+0.2% AS-100 Coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC+0.2% AS-100	0.2	29.62 ghF
	0.1	30.26 ghEF
	0.05	31.37 efCD
40%丁香·戊唑醇悬浮剂+0.06%青皮桔油 Coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC+0.06% Green peel orange oil	0.2	29.15 hiFG
	0.1	30.52 fgDE
	0.05	32.33 deC
40%丁香·戊唑醇悬浮剂+0.5%高捷仕 Coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC+0.5% Gao Jieshi	0.2	29.41 ghFG
	0.1	31.35 efCD
	0.05	33.18 dBC

注:同列数据后标不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$),标不同大写字母表示处理间差异极显著($P<0.01$)。下表同。
Note: Different lowercase letters mean significant difference at $P<0.05$ level, and different capital letters mean significant difference at $P<0.01$ level in variance analysis. The same below.

由表 1 还可知,在各处理组中,均以体积分数 0.2% 的 40%丁香·戊唑醇溶液的表面张力值最小。由于药液中的助剂含量随着 40%丁香·戊唑醇体积分数的减小而升高,所以 40%丁香·戊唑醇

溶液体积分数越小,其表面张力就越大。因此,为了使 40%丁香·戊唑醇悬浮剂能够达到理想的展布和湿润效果,建议配制成体积分数 0.2% 的 40%丁香·戊唑醇溶液,再加入各推荐使用剂量的助剂。

2.3 助剂对体积分数 0.2%的 40%丁香·戊唑醇溶液在玉米叶片上静态和动态接触角的影响

由表 2 可以看出,体积分数 0.2%的 40%丁香·戊唑醇溶液未添加助剂时,其在玉米叶片上的静态接触角为 58.03°,添加 6 种助剂后的静态接触角为 25.82°~43.33°,即加入助剂后药液在玉米叶片上的静态接触角降幅很大,说明加入助剂后药液的展布湿润性能得到有效提升,6 种助剂对提升药

液的展布性和湿润性效果理想。与对照相比,加入 0.2%激健后,体积分数 0.2%的 40%丁香·戊唑醇溶液在玉米叶片上的静态接触角降幅最大,药剂展布性和湿润性提升效果最为明显;加入其他 5 种助剂同样可以提升药液在玉米叶片上的湿润展布性能,其降低静态接触角的能力由大到小依次为 GY-T1602、GY-Tmax、AS-100、青皮桔油和高捷仕。

表 2 不同助剂对体积分数 0.2%的 40%丁香·戊唑醇溶液在玉米叶片上静态接触角的影响

处理 Experimental treatment	静态接触角/(°) Static contact angle
0.2%的 40%丁香·戊唑醇 0.2% coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC	58.03 aA
0.2%的 40%丁香·戊唑醇+0.2%激健 0.2% coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC+0.2% Jijian	25.82 fF
0.2%的 40%丁香·戊唑醇+0.1% GY-T1602 0.2% coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC+0.1% GY-T1602	30.85 eE
0.2%的 40%丁香·戊唑醇+0.3% GY-Tmax 0.2% coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC+0.3% GY-Tmax	33.52 dD
0.2%的 40%丁香·戊唑醇+0.2% AS-100 0.2% coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC+0.2% AS-100	33.10 dD
0.2%的 40%丁香·戊唑醇+0.06%青皮桔油 0.2% coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC+0.06% Green peel orange oil	39.91 cC
0.2%的 40%丁香·戊唑醇+0.5%高捷仕 0.2% coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC+0.5% Gao Jieshi	43.33 bB

研究表明,药液液滴的润湿性与落在叶片上的初始接触角有关,药液接触叶片的瞬间接触角越小,叶片越易被药液润湿;当接触角小于 60°时说明药液湿润性好,接触角为 60°~80°说明药液湿润性一

般^[16]。图 3 为加入不同助剂后体积分数 0.2%的 40%丁香·戊唑醇悬浮剂在玉米叶片上 0~60 s 的动态接触角的测定结果。

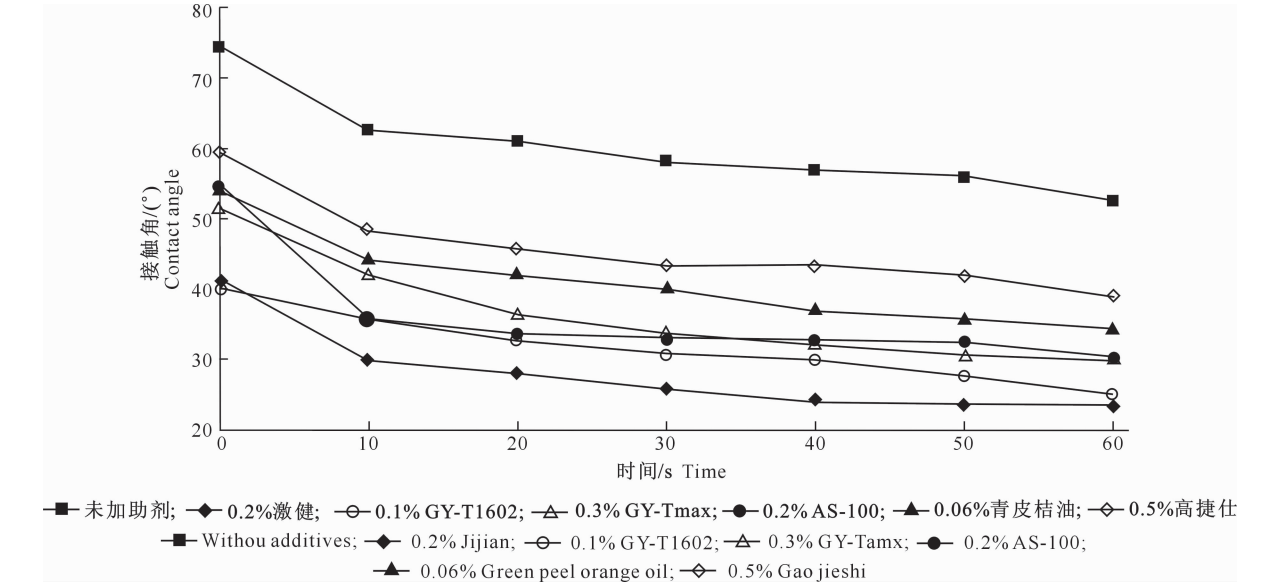


图 3 加入不同助剂后体积分数 0.2%的 40%丁香·戊唑醇溶液在玉米叶片上 0~60 s 的动态接触角
Fig. 3 Dynamic contact angle of 0.2% coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC on corn leaves after adding different additives

由图 3 可以看出,未加入助剂的药液初始接触角大于 60°,而加入各助剂后的药液在刚接触到玉米

叶片时的接触角均小于 60°,这表明 6 种助剂的加入使药液在接触到玉米叶片的瞬间就可以显示出更好的湿润性能,增加了药液与叶片的接触面积,从而提升了防治效果。其中,加入 0.2% 激健和 0.1% GY-T1602 后的药液在接触到玉米叶片 0 s 时接触角的下降幅度尤为明显,效果最佳。当药液接触叶片之后,接触角下降趋势越快,说明药液在叶片上的展布性就越好,铺展得越快。从图 3 还可以直观地看出,加入助剂的各药液在 0~30 s 内接触角的下降趋势比较明显,30~60 s 内药液与叶片的接触角下降趋势趋缓,说明加入 6 种助剂后的药液在接触到叶片表面的前 30 s 内可以充分铺展在玉米叶片上,达到充分润湿玉米叶片的效果。

2.4 助剂对 40%丁香·戊唑醇悬浮剂防治玉米大斑病的增效作用

由表 3 可知,40%丁香·戊唑醇悬浮剂用量为

表 3 加入不同助剂对 40%丁香·戊唑醇防治玉米大斑病效果的影响

处理 Experimental treatment	病情指数 Disease index	防治效果/% Control efficiency
300 g/hm ² 40%丁香·戊唑醇	0.21	66.85 cC
300 g/hm ² Coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC		
450 g/hm ² 40%丁香·戊唑醇	0.12	81.14 abAB
450 g/hm ² Coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC		
300 g/hm ² 40%丁香·戊唑醇+0.2%激健	0.10	84.57 aA
300 g/hm ² Coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC+0.2% Jijian		
300 g/hm ² 40%丁香·戊唑醇+0.1% GY-T1602	0.12	81.71 abAB
300 g/hm ² Coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC+0.1% GY-T1602		
300 g./hm ² 40%丁香·戊唑醇+0.3% GY-Tmax	0.14	77.71 bABC
300 g/hm ² Coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC+0.3% GY-Tmax		
300 g./hm ² 40%丁香·戊唑醇+0.2% AS-100	0.15	76.57 bBC
300 g/hm ² Coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC+0.2% AS-100		
300 g/hm ² 40%丁香·戊唑醇+0.06%青皮桔油	0.16	75.99 bBC
300 g/hm ² Coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC+0.06% Green peel orange oil		
300 g/hm ² 40%丁香·戊唑醇+0.5%高捷仕	0.16	75.42 bBC
300 g/hm ² Coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC+0.5% Gao Jieshi		

3 结论与讨论

临界表面张力是表示液体在固体表面润湿性的一个参数,其意义在于接近甚至小于此表面张力的液体,才可以更好地在固体表面湿润和展布^[17]。不同植物叶片的临界表面张力值不同,了解植物叶片的临界表面张力值,对农药使用中有关助剂添加及药剂稀释等具有积极的指导作用^[18]。本研究运用 Zisman 图法测得玉米叶片近轴面和远轴面的临界表面张力值分别为 27.29 和 27.37 mN/m。通过叶片临界表面张力值与药液表面张力值的比较,可以更好地分析药液在叶片上的湿润展布性能。

药液表面张力是影响农药液滴在靶标表面湿润性能的一个重要因素^[19-21],本试验应用全自动表面

300 g/hm² 时,对玉米大斑病的防效达到了 66.85%;当加入 0.2% 激健、0.1% GY-T1602、0.3% GY-Tmax、0.2% AS-100、0.06%青皮桔油和 0.5% 高捷仕后,其对玉米大斑病的防效分别为 84.57%,81.71%,77.71%,76.57%,75.99% 和 75.42%,较未加入助剂时的防效分别提升了 17.72%,14.86%,10.86%,9.72%,9.14% 和 8.57%,表明这 6 种助剂的加入均有助于药液防治效果的提升。值得注意的是,在 40%丁香·戊唑醇悬浮剂用量为 450 g/hm² 时,其对玉米大斑病的防效达到了 81.14%,当在用量为 300 g/hm² 的药液中加入激健和 GY-T1602 后,可使药剂防效超过 81.14%,由此看出 6 种助剂中激健和 GY-T1602 对用量为 300 g/hm² 的 40%丁香·戊唑醇悬浮剂的增效作用最大,是增加农药药效的高效助剂,其使用可以很好地达到农药减量增效的目的。

张力仪测定了加入 6 种助剂后不同体积分数的 40%丁香·戊唑醇药液的表面张力,发现随药液体积分数减小,其表面张力呈增大趋势。药液中助剂浓度会随着药液稀释倍数的增加而减小,导致药液表面张力增大。徐广春等^[22]研究发现,农药药液不易润湿水稻叶片是因推荐剂量的农药表面张力较水稻叶片临界表面张力值大所致,药液表面张力与植物叶片临界表面张力值越接近,药液就越能表现出良好的湿润性能。本研究结果显示,未加入助剂的 40%丁香·戊唑醇悬浮剂表面张力远大于玉米叶片近轴面的临界表面张力,所以润湿效果不够理想,分别加入 6 种助剂后可以有效降低不同体积分数的 40%丁香·戊唑醇溶液的表面张力。当 40%丁香·戊唑醇悬浮剂中分别加入体积分数 0.2% 的激

健和 0.1% 的 GY-T1602 后,不同体积分数下药液的表面张力均小于玉米叶片近轴面的临界表面张力,其中以体积分数 0.2% 的 40% 丁香·戊唑醇溶液的 表面张力值最低,分别为 24.84 和 24.91 mN/m。表明在药液中加入体积分数为 0.2% 的激健和 0.1% 的 GY-T1602 后,药液更易润湿玉米叶片近轴面,防治效果最佳。

研究表明,减小药液与叶片表面的接触角,会提升药液在叶片表面的附着性、湿润性和展布性^[23-25]。本试验通过测定未加入助剂及加入助剂的药液在玉米叶片上的动态接触角和静态接触角,直观地分析了助剂对 40% 丁香·戊唑醇药液在玉米叶片上润湿展布性能的影响。通过静态接触角和动态接触角的变化可以看出,在药液中分别加入激健、GY-T1602、GY-Tmax、AS-100、青皮桔油和高捷仕后,0 s 时药液与玉米叶片的接触角分别为 41°,40°,51°,54°,54°和 59°,而未加入助剂药液 0 s 时的接触角为 74°,可见助剂的加入很明显地降低了药液在玉米叶片上的初始接触角,表明在药液接触到叶片的瞬间便发挥出很好的润湿作用,使药液的润湿性能得到提升。

助剂的合理使用不仅会让农药的用量减少,还可以提升农药防治病害的效果,从而达到减少污染、保证药效的目的^[26-28]。本研究通过温室盆栽试验结果可以看出,40% 丁香·戊唑醇悬浮剂对玉米大斑病有良好的防治效果。当在用量为 300 g/hm² 的 40% 丁香·戊唑醇悬浮剂中加入 0.2% 激健和 0.1% GY-T1602 后,可使其防效超过用量为 450 g/hm² 时的防效,可见 0.2% 激健和 0.1% GY-T1602 对 40% 丁香·戊唑醇悬浮剂防效有显著的提升作用,故推荐使用这两种高效助剂与 40% 丁香·戊唑醇混用,以提升 40% 丁香·戊唑醇对玉米大斑病的防治效果。

[参考文献]

[1] 中国农业年鉴编辑委员会. 中国农业年鉴 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2015.
Editorial Committee of China. Agricultural yearbook [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2015.

[2] 周媛媛. 玉米常见病虫害的发生与防治技术 [J]. 农业工程技术, 2020, 40(2): 36-37.
Zhou Y Y. Occurrence and control technology of common corn diseases and insect pests [J]. Agricultural Engineering Technology, 2020, 40(2): 36-37.

[3] 杨正宇. 防控玉米大斑病新药剂的筛选及应用技术研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2014.

Yang Z Y. Research of screening and application of new fungicides for preventing and controlling corn leaf blight [D]. Changchun: Jilin University, 2014.

[4] 刘勇, 周俗, 张玉, 等. 5 种杀菌剂对青贮玉米 3 种病害的田间防治效果 [J]. 植物保护, 2019, 45(5): 280-284.
Liu Y, Zhou S, Zhang Y, et al. Field control effects of 5 fungicides on 3 diseases of silage maize [J]. Plant Protection, 2019, 45(5): 280-284.

[5] 吴景龙, 袁媛, 刘哲, 等. 40% 丁香菌酯·戊唑醇悬浮剂高效液相色谱分析 [J]. 农药科学与管理, 2019, 40(1): 46-49.
Wu J L, Yuan Y, Liu Z, et al. Analytical method of coumoxystrobin and tebuconazol 40% SC by HPLC [J]. Pesticide Science and Administration, 2019, 40(1): 46-49.

[6] 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.
Zhang C H, Zhang Z J, Liu N, et al. The function of pesticide spraying aids and the research progress of vegetable oil spraying aids [J]. Pesticide Science and Administration, 2012, 33(11): 16-18.

[7] 袁会珠, 杨代斌, 闫晓静, 等. 农药有效利用率与喷雾技术优化 [J]. 植物保护, 2011, 37(5): 14-20.
Yuan H Z, Yang D B, Yan X J, et al. Pesticide efficiency and the way to optimize the spray application [J]. Plant Protection, 2011, 37(5): 14-20.

[8] 许小龙, 徐广春, 徐德进, 等. 植物表面特性与农药雾滴行为关系的研究进展 [J]. 江苏农业学报, 2011, 27(1): 214-218.
Xu X L, Xu G C, Xu D J, et al. Research progress on the relationship between characteristics of plant surface and behavior patterns of pesticide droplet [J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2011, 27(1): 214-218.

[9] 张萍. 四种喷雾助剂提高啞菌酯在玉米叶表耐雨水冲刷能力的研究 [D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2018.
Zhang P. Study on four spray adjuvants improving the rainfastness of azoxystrobin on maize leaf surfaces [D]. Tai'an, Shandong: Shandong Agricultural University, 2018.

[10] 陈晓明, 王程龙, 薄瑞. 中国农药使用现状及对策建议 [J]. 农药科学与管理, 2016, 37(2): 4-8.
Chen X M, Wang C L, Bo R. Current situation of Chinese pesticide application and policy suggestions [J]. Pesticide Science and Administration, 2016, 37(2): 4-8.

[11] 邵振润, 张帅. 提高我国农药利用率的主要措施与对策 [J]. 农药, 2014, 53(5): 382-385.
Shao Z R, Zhang S. Main measures of improving pesticide using efficiency [J]. Agrochemical, 2014, 53(5): 382-385.

[12] 冯建国, 吴学民. 国内农药剂型加工行业的现状及展望 [J]. 农药科学与管理, 2016, 37(1): 26-31.
Feng J G, Wu X M. Status and prospects of pesticide formulation processing industry in China [J]. Pesticide Science and Administration, 2016, 37(1): 26-31.

[13] Roch K, Bhushan B, Barthlott W. Multifunctional surface structures of plants: an inspiration for biomimetics [J]. Prog Ma-

- ter Sci, 2009, 54(2): 137-178.
- [14] 屠豫钦, 李秉礼. 农药应用工艺学导论 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 33-36.
- Tu Y Q, Li B L. Introduction to pesticide application technology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006: 33-36.
- [15] 蒋庆哲, 宋昭峥, 赵密福, 等. 表面活性剂科学与应用 [M]. 北京: 中国石化出版社, 2006: 193-221.
- Jiang Q Z, Song Z Z, Zhao M F, et al. Surfactant science and application [M]. Beijing: China Petrochemical Press, 2006: 193-221.
- [16] Gaskin R E, Steele K D, Forster W A. Characterising plant surfaces for spray adhesion and retention [J]. New Zealand Plant Protection, 2005, 58: 179-183.
- [17] 庞红宇, 黄 琴, 马 琛, 等. 接触角在农药喷雾中应用的试验研究 [C]//北京农药学会. 农药与环境安全国际会议论文集. 北京: 中国农业大学出版社, 2005: 429-434.
- Pang H Y, Huang Q, Ma C, et al. Experimental research on application of contact angle in pesticide spray [C]//Beijing Pesticide Society. Proceedings of the international conference on pesticides and environmental safety. Beijing: China Agricultural University Press, 2005: 429-434.
- [18] 顾中言, 许小龙, 韩丽娟. 几种植物临界表面张力值的估测 [J]. 现代农药, 2002(2): 18-20.
- Gu Z Y, Xu X L, Han L J. Study on the method of measure of the critical surface tension of plants [J]. Modern Pesticides, 2002(2): 18-20.
- [19] Zhang J W, Zheng L, Ortrud J, et al. Efficacy of four post-emergence herbicides applied at reduced doses on weeds in summer maize (*Zea mays* L.) fields in North China plain [J]. Crop Protection, 2013, 52(52): 26-32.
- [20] 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.
- [21] Sanyal D, Bhowmik P C, Reddy K N. Leaf characteristics and surfactants affect primisulfuron droplet spread in three broad-leaf weeds [J]. Weed Science, 2006, 54: 16-22.
- [22] 徐广春, 顾中言, 徐德进, 等. 常用农药在水稻叶片上的润湿能力分析 [J]. 中国农业科学, 2012, 45(9): 1731-1740.
- Xu G C, Gu Z Y, Xu D J, et al. Wettability analysis of pesticides on rice leaf [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2012, 45(9): 1731-1740.
- [23] 黄敢良, 李风敏, 袁会珠, 等. 悬浮剂润湿分散剂选择方法研究 [J]. 农药学学报, 2001, 3(3): 66-70.
- Huang Q L, Li F M, Yuan H Z, et al. Studies on surfactant selection of suspension concentrate [J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2001, 3(3): 66-70.
- [24] Huan L, Hong P, Zhou L Y, et al. Effect of surfactant concentration on the spreading properties of pesticide droplets on *Eucalyptus* leaves [J]. Biosystems Engineering, 2016, 143: 42-49.
- [25] Singh M, Orsenigo J R, Shah D O. Surface tension and contact angle of herbicide solutions affected by surfactants [J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 1984(3): 596-600.
- [26] Philip T. The wetting of leaf surfaces [J]. Current Opinion in Colloid & Interface Science, 2011, 16: 326-334.
- [27] 张 萍, 姜兴印, 谭海丽, 等. 四种喷雾助剂对啮菌酯在玉米叶片上耐雨水冲刷能力及其对玉米安全性的影响 [J]. 农药学报, 2018, 20(2): 239-248.
- Zhang P, Jiang X Y, Tan H L, et al. Effects of four spray adjuvants on the rainfastness of azoxystrobin on maize leaf surfaces and their effect on maize safety [J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2018, 20(2): 239-248.
- [28] 郭桂文, 杜辉光, 李志行, 等. 农药助剂筛选在农药加工中的应用与体会 [J]. 农化新世纪, 2008(8): 22-29.
- Guo G W, Du H G, Li Z X, et al. Application and experience of pesticide auxiliary screening in pesticide processing [J]. New Century of Agrochemicals, 2008(8): 22-29.