

寸海春,何鹏搏,何鹏飞,等. 啞菌酯、苯醚甲环唑防治玉米灰斑病效果[J]. 江苏农业科学,2025,53(10):139-144.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2025.10.018

啞菌酯、苯醚甲环唑防治玉米灰斑病效果

寸海春¹,何鹏搏¹,何鹏飞¹,吴毅歆²,赵正龙¹,亢波¹,Shahzad Munir¹,何月秋¹

(1. 云南农业大学植物保护学院,云南昆明 650201; 2. 云南农业大学农学与生物技术学院,云南昆明 650201)

摘要:为有效防控冷凉山区玉米灰斑病,选取 5 种杀菌剂进行玉米灰斑病室内毒力测定,并在 2 个不同高海拔地区试验种植 2 个抗病性不同的玉米品种,于大喇叭口期采用药土法施用 675 g a. i./hm² 的 30% 啞菌酯悬浮剂和 30% 苯醚甲环唑悬浮剂,在灌浆期及蜡熟期统计玉米灰斑病发病情况,成熟期检测 2 种杀菌剂对玉米吊苞情况、玉米性状及产量的影响,测定玉米茎秆及籽粒的农药残留量。结果表明,啞菌酯及苯醚甲环唑能很好地抑制灰斑病菌孢子的萌发,有效抑制中浓度(EC₅₀值)小于 3 mg/L。施用杀菌剂的玉米叶片青绿,保叶效果明显,可有效延长叶片功能期。30% 啞菌酯悬浮剂对灰斑病的防效在 93% ~ 100% 之间,对果穗下垂的防效在 83% 以上,挽回产量 25.39% ~ 44.01%;30% 苯醚甲环唑悬浮剂效果次之,灰斑病防效在 29% ~ 75% 之间,对果穗下垂的防效在 79% 以上,挽回产量在 14.12% ~ 30.94% 之间,玉米籽粒及茎秆中啞菌酯及苯醚甲环唑残留量均低于 0.5 μg/kg。在大喇叭口期采用药土法施用 675 g a. i./hm² 啞菌酯和苯醚甲环唑能安全有效地防控玉米灰斑病,挽回产量损失。

关键词:啞菌酯;苯醚甲环唑;防效;毒力测定;灰斑病;产量

中图分类号:S435.131.4⁺9 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2025)10-0139-06

病虫害可严重影响作物产量及质量,造成巨大的经济损失,对全球粮食安全构成严重威胁。玉米是世界上重要的粮食、饲料和工业原料等,为多用途重要战略物资^[1],是我国种植面积和产量最大的粮食作物^[2]。随着种植结构的调整和耕作栽培方式的转变,玉米叶部病害呈逐年加重趋势。其中,灰斑病已成为世界上主要的叶部病害之一,是玉米生产和制种业的限制因素^[3]。1925 年玉米灰斑病在美国伊利诺伊州亚历山大县首次被发现,1991 年在我国辽宁丹东被首次报道,至今该病在我国各大玉米种植区普遍发生。云南省、贵州省及四川省地处冷凉高湿地区,极易暴发灰斑病,危害重、损失大,且在季风作用下可向北方玉米种植区扩散^[4],对玉米生产造成很大威胁。

培育抗病品种是控制玉米灰斑病的主要策略之一^[5],由于培育抗病品种需要很长时间,目前确定对玉米灰斑病有抗病效果的基因仅有 2 个^[6],且存在抗病持效期不长等问题,还没有找到能有效防

控灰斑病的生防菌株,化学杀菌剂仍然是防治玉米病害的有效方法^[7-8],如吡唑醚菌酯、代森铵、丙森锌、肟菌·戊唑醇等在生产上被广泛应用^[9-10]。啞菌酯及苯醚甲环唑具有杀菌谱广的特点,且兼具保护和治疗等作用,但尚未登记防控灰斑病等玉米病害。本研究以会单 4 号、海禾 2 号为试验材料,分析不同啞菌酯及苯醚甲环唑施用时间对玉米灰斑病的防治效果及对产量的影响,旨在为高寒山区化学防控玉米灰斑病及吊苞提供借鉴。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验玉米品种:会单 4 号,由云南省会丰种业有限责任公司提供;海禾 2 号,由云南省禾朴农业科技有限公司提供;海禾 2 号对灰斑病的抗性强于会单 4 号。

试验地点:云南省禄劝县撒营盘镇卡柱村委会黄家村,海拔为 2 250 m;云南省禄劝县撒营盘镇撒老乌村委会硝井村,海拔为 2 654 m。

试验药剂:5 种化学杀菌剂原药分别为 96% 啞菌酯、95.4% 噻呋酰胺、95% 苯醚甲环唑(浙江威尔达化工有限公司),97.9% 甲基硫菌灵(江苏龙灯化学有限公司),97% 咪鲜胺(乐斯化学有限公司)。2 种杀菌剂制剂分别为 30% 啞菌酯悬浮剂(A,由江苏

收稿日期:2024-04-11

基金项目:国家重点研发计划(编号:2023YFD1401500)。

作者简介:寸海春(1994—),女,云南腾冲人,博士研究生,研究方向为植物病理学。E-mail:550043063@qq.com。

通信作者:何月秋,博士,教授,博士生导师,研究方向为植物病理学。E-mail:ynfh2007@163.com。

剑牌农化股份有限公司生产)、30% 苯醚甲环唑悬浮剂(D,由陕西上格之路生物科学有限公司生产)。

2023 年 5 月播种玉米种子,大喇叭口期采用药土法施药,灌浆期及蜡熟期调查玉米灰斑病,成熟期调查玉米吊苞情况、测定产量及农药残留情况。

1.2 试验方法

1.2.1 不同杀菌剂对玉米灰斑病菌孢子萌发的影响

杀菌剂对玉米灰斑病菌的毒力测定参照文献[9]进行。采用含药马铃薯蔗糖琼脂(PSA)培养基平板表面萌发法测定杀菌剂对孢子萌发的抑制作用,带药平板浓度梯度为 0.05、0.1、0.5、5、10、100 mg/L,以不加农药的普通 PSA 平板为对照在田间采集典型玉米灰斑病病叶,用自来水冲洗后,用无菌水洗 3 遍,置于无菌培养皿内在室温条件下保湿产孢,12 h 后用无菌水洗脱病组织上的孢子,制成孢子悬液,孢子悬液浓度以 10×10 倍显微镜下每个视野中有 20 ~ 80 个孢子为宜。用无菌毛细管棒将孢子悬液均匀涂布于 1.4% 水琼脂培养基上,置于 22 ℃ 恒温箱中培养 12 h 后,在 10×10 倍显微镜下观察孢子萌发情况,随机检查孢子 100 个/皿,以孢子芽管长度大于孢子长度的 1/2 视为萌发;以不加药剂的处理为对照,每个处理设置 3 次重复。计算各处理的孢子萌发率和孢子萌发抑制率。通过对孢子萌发抑制率和药剂浓度进行线性回归分析,求出各药剂对菌株的有效抑制中浓度(EC_{50} 值)。

$$\text{孢子萌发率} = \frac{\text{萌发的孢子数}}{\text{孢子总数}} \times 100\% ;$$

$$\text{孢子萌发抑制率} = \frac{\text{对照孢子萌发率} - \text{处理孢子萌发率}}{\text{对照孢子萌发率}} \times 100\% .$$

1.2.2 小区设计与施药方法

在云南省禄劝县撒营盘镇黄家村及硝井村种植会单 4 号和海禾 2 号,行距为 62.5 cm,塘距为 50 cm,小区面积为 7.5 m²,每个小区 24 塘,2 株/塘。将带药细沙土均匀施于玉米大喇叭口内,2 个药剂用量均为 675 g a. i. /hm²,细沙土用量均为 150 kg/hm²,以施用无药细沙土为对照,每个处理重复 10 次。待玉米生长至蜡熟期时,观测玉米植株叶片发病情况及枯萎程度,并拍照记录。

1.2.3 玉米灰斑病的调查

待玉米生长至灌浆期及蜡熟期时,每个小区去掉首尾 2 塘植株,以叶片为单位分级调查剩余植株穗 3 叶即穗叶、穗上叶及穗下叶的灰斑病病情,病情分级参照 NY/T 1248. 11—2016《玉米抗病虫性鉴定技术规范 第 11 部分:灰

斑病》的分级标准,计算病情指数及防治效果。

$$\text{病情指数} = \frac{\sum(\text{各级病叶数} \times \text{相对级数值})}{\text{调查总叶数} \times 9} \times 100\% ;$$

$$\text{防治效果} = \frac{\text{对照病情指数} - \text{处理病情指数}}{\text{对照病情指数}} \times 100\% .$$

1.2.4 玉米果穗下垂率调查

待玉米生长至成熟期,每个小区调查除首尾 2 塘植株外剩余植株玉米果穗下垂情况,计算果穗下垂率,计算公式如下:

$$\text{吊苞率} = \frac{\text{处理吊苞数} - \text{对照吊苞数}}{\text{对照吊苞数}} \times 100\% .$$

1.2.5 玉米产量的调查

待玉米生长至成熟期,每个小区除首尾 2 塘外,收回剩余全部果穗,测定穗长、穗粗、行粒数及穗行数,脱粒后自然风干,用水分测定仪(香港宏泰电子工业股份有限公司,PM-8188 New)测定玉米籽粒含水量,小区产量按 14% 的标准扣除水分,换算籽粒干重(kg),计算单位面积产量,公式如下:

$$\text{实收干籽重} = \frac{\text{籽粒实际干重} \times (100\% - \text{实际含水量})}{100\% - 14\%} ;$$

$$\text{单产}(\text{kg}/666.7 \text{ m}^2) = \frac{\text{实收籽粒干重} \times 666.67}{\text{小区面积}} ;$$

$$\text{增产}(\text{kg}/6667 \text{ m}^2) = \text{处理单产} - \text{对照单产} ;$$

$$\text{产量挽回率} = \frac{\text{处理单产} - \text{对照单产}}{\text{对照单产}} \times 100\% .$$

1.2.6 农药残留测定

待试验区玉米生长至成熟期,收回玉米种子及茎秆,在 37 ℃ 下烘干,参照农业行业标准 NY/T 1453—2007《蔬菜及水果中多菌灵等 16 种农药残留测定 液相色谱—质谱—质谱联用法》和 GB 23200. 49—2016《食品安全国家标准食品中苯醚甲环唑残留量的测定 气相色谱—质谱法》分别测定玉米籽粒及茎秆中嘧菌酯残留量和苯醚甲环唑残留量,2 个药剂检出限均为 0.5 μg/kg。

1.2.7 统计方法

采用 Microsoft Excel 2010 和 SPSS 19.0 软件处理数据并进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 杀菌剂对玉米灰斑病菌孢子萌发的影响

从表 1 可以看出,5 种药剂的浓度(x)均与其对灰斑病菌的孢子萌发抑制率(y)呈正相关,相关系数均在 0.90 以上,说明二者具有较强的相关性,且随着药剂浓度的增大,抑制作用增强。其中,嘧菌酯的抑菌效果最好,有效中浓度(EC_{50} 值)为 0.022 5 mg/L;其次是苯醚甲环唑;咪鲜胺的效果最差, EC_{50} 值为 48.418 5 mg/L。

表 1 5 种杀菌剂对玉米灰斑病菌孢子萌发的室内毒力测定

| 杀菌剂 | 代号 | 毒力回归方程 | 有效中浓度 (mg/L) | 相关系数 |
|-------|----|------------------------|-----------------|--------|
| 嘧菌酯 | A | $y = 8.7358 + 2.2672x$ | 0.0225 | 0.9637 |
| 噻呋酰胺 | B | $y = 4.2764 + 0.5929x$ | 16.6091 | 0.9930 |
| 甲基硫菌灵 | C | $y = 4.3616 + 0.6807x$ | 8.6623 | 0.9527 |
| 苯醚甲环唑 | D | $y = 4.6015 + 0.8544x$ | 2.9269 | 0.9770 |
| 咪鲜胺 | E | $y = 4.2559 + 0.4416x$ | 48.4185 | 0.9024 |

2.2 嘧菌酯和苯醚甲环唑对玉米灰斑病防控效果

嘧菌酯和苯醚甲环唑对玉米灰斑病都有很好的抑制效果(表 2)。2 种杀菌剂在不同海拔、不同品种、不同生育期条件下对玉米灰斑病表现出相似的防控规律,玉米叶片较空白对照青秀,其中 30% 嘧菌酯悬浮剂的防控效果好于 30% 苯醚甲环唑悬

浮剂,30% 嘧菌酯悬浮剂处理的玉米叶片上仅出现零星病斑,蜡熟期时整株叶片仍保持青绿色(图 1-a、图 1-d),防效在 93% ~ 100% 之间;30% 苯醚甲环唑悬浮剂处理的叶片上仍有部分枯斑(图 1-b、图 1-e),防效在 13% ~ 75% 之间;而对照组的灰斑病病斑连成片,全株干枯(图 1-c、图 1-f)。施用 2 种杀菌剂的玉米果穗挺立在茎秆上,而对照的玉米果穗大部分果穗下垂,籽粒干瘪(图 1)。海拔更高的硝井村玉米灰斑病病情指数大多低于黄家村,2 种药剂对黄家村玉米灰斑病的防效大多高于硝井村,海禾 2 号的灰斑病病情指数总体低于会单 4 号,总体来看,药剂处理后感病品种会单 4 号的玉米叶片可以和抗病品种媲美,药剂处理能保持叶片绿色,延长玉米叶片功能期。

表 2 嘧菌酯和苯醚甲环唑防治玉米灰斑病的效果

| 品种 | 生育期 | 处理 | 黄家村 | | 硝井村 | |
|--------|-----|----|----------------|--------|---------------|-------|
| | | | 病情指数 | 防效(%) | 病情指数 | 防效(%) |
| 会单 4 号 | 灌浆期 | A | 1.13 ± 2.52c | 98.04 | 2.08 ± 1.43c | 93.83 |
| | | D | 17.75 ± 19.99b | 69.25 | 13.55 ± 4.33b | 59.80 |
| | | CK | 57.72 ± 14.78a | | 33.71 ± 7.37a | |
| | 蜡熟期 | A | 4.49 ± 5.17c | 95.17 | 3.67 ± 1.42c | 93.31 |
| | | D | 53.74 ± 8.75b | 42.17 | 14.04 ± 6.45b | 74.42 |
| | | CK | 92.93 ± 9.08a | | 54.89 ± 7.42a | |
| 海禾 2 号 | 灌浆期 | A | 0.00 ± 0.00c | 100.00 | 0.26 ± 0.45b | 98.26 |
| | | D | 18.25 ± 5.29b | 62.59 | 12.91 ± 5.01a | 13.47 |
| | | CK | 48.79 ± 11.28a | | 14.92 ± 5.25a | |
| | 蜡熟期 | A | 0.21 ± 0.38c | 99.65 | 0.75 ± 0.50c | 97.38 |
| | | D | 39.29 ± 7.57b | 34.66 | 20.29 ± 4.62b | 29.16 |
| | | CK | 60.13 ± 8.97a | | 28.64 ± 6.51a | |

注:同列数字后不同的小写英语字母表示同一个品种在同一个生育期(或海拔)调查时病情指数在 0.05 水平上差异显著。字母相同的表示差异不显著。下同。

2.3 嘧菌酯、苯醚甲环唑对玉米吊苞率的影响

嘧菌酯、苯醚甲环唑处理的玉米果穗下垂率均低于对照(表 3)。2 种药剂对不同海拔下不同品种玉米果穗下垂的防控效果相似,其中 30% 嘧菌酯悬浮剂的防控效果好于 30% 苯醚甲环唑悬浮剂,它的防效在 83% ~ 100% 之间,30% 苯醚甲环唑悬浮剂的防效在 79% ~ 100% 之间。空白对照玉米果穗吊苞率表现为海拔更高的硝井村低于黄家村,但黄家村药剂处理会单 4 号的果穗下垂率低于硝井村,防效高于硝井村。药剂处理抗病品种海禾 2 号的果穗没有吊苞,可有效防控感病品种会单 4 号果穗吊苞,防效达到 79% 以上,且随着海拔的升高,防效降低。

2.4 嘧菌酯和苯醚甲环唑对玉米果穗性状的影响

嘧菌酯和苯醚甲环唑可以有效防控玉米灰斑病,从而影响玉米果穗性状。由表 4 可知,药剂处理的穗长、穗粗、行粒数及千粒重均高于对照,穗行数与对照没有显著差异。黄家村的玉米各性状指标优于海拔更高的硝井村,会单 4 号的各性状指标低于海禾 2 号。

2.5 嘧菌酯和苯醚甲环唑挽回玉米产量效果

在大喇叭口期施用 1 次化学农药可以很好地挽回玉米产量(表 5)。施用 2 种杀菌剂的玉米产量均高于对照,30% 嘧菌酯悬浮剂挽回产量 25.39% ~ 44.01%,30% 苯醚甲环唑挽回产量 14.12% ~ 30.94%。

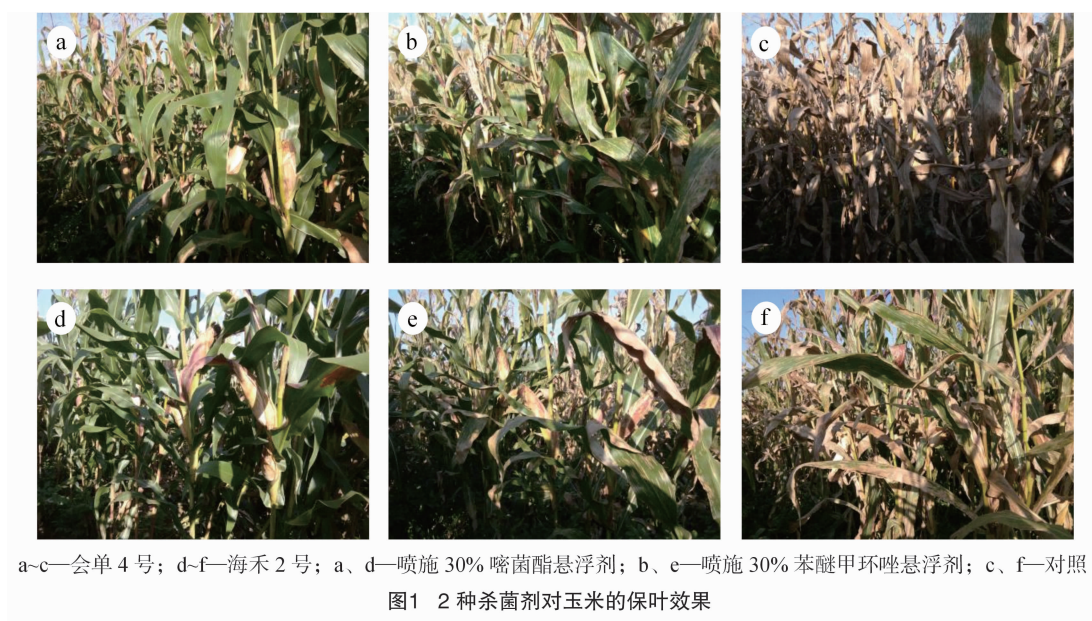


表 3 嘧菌酯、苯醚甲环唑防治玉米吊苞效果

| 品种 | 处理 | 黄家村 | | 硝井村 | |
|--------|----|----------------|--------|---------------|--------|
| | | 果穗下垂率(%) | 防效(%) | 果穗下垂率(%) | 防效(%) |
| 会单 4 号 | A | 0.00 ± 0.00c | 100.00 | 4.76 ± 7.34b | 83.84 |
| | D | 2.33 ± 4.22b | 92.79 | 5.97 ± 3.39b | 79.74 |
| | CK | 32.33 ± 19.47a | | 29.46 ± 9.90a | |
| 海禾 2 号 | A | 0.00 ± 0.00b | 100.00 | 0.00 ± 0.00b | 100.00 |
| | D | 0.00 ± 0.00b | 100.00 | 0.00 ± 0.00b | 100.00 |
| | CK | 19.73 ± 15.04a | | 1.43 ± 3.194a | |

表 4 嘧菌酯和苯醚甲环唑防治灰斑病后的玉米性状

| 地点 | 品种 | 处理 | 穗长 (cm) | 穗粗 (cm) | 穗行数 (行/穗) | 行粒数 (粒/行) | 千粒重 (g) |
|-----|--------|----|----------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|
| 黄家村 | 会单 4 号 | A | 19.00 ± 0.62a | 5.62 ± 0.11a | 15.16 ± 0.52a | 16.88 ± 4.34a | 344.74 ± 8.55a |
| | | D | 18.03 ± 0.68b | 5.14 ± 0.90b | 15.10 ± 0.29a | 15.10 ± 0.29a | 324.36 ± 13.55b |
| | | CK | 16.46 ± 0.74c | 5.12 ± 0.16b | 15.07 ± 0.43a | 15.07 ± 0.43a | 302.20 ± 9.91c |
| | 海禾 2 号 | A | 20.88 ± 1.91a | 5.70 ± 0.21a | 15.90 ± 0.61a | 18.88 ± 7.40a | 372.21 ± 27.64a |
| | | D | 21.40 ± 1.14a | 5.64 ± 0.25a | 15.93 ± 0.60a | 22.33 ± 9.25a | 378.58 ± 16.77a |
| | | CK | 19.72 ± 1.35b | 5.56 ± 0.24a | 15.96 ± 0.56a | 18.78 ± 6.08a | 353.06 ± 20.57b |
| 硝井村 | 会单 4 号 | A | 17.60 ± 0.41a | 5.00 ± 0.08a | 14.20 ± 0.19a | 30.27 ± 1.09a | 274.86 ± 7.70a |
| | | D | 17.02 ± 0.93a | 5.06 ± 0.21a | 14.55 ± 0.67a | 27.96 ± 2.14b | 260.36 ± 13.63b |
| | | CK | 15.46 ± 0.70b | 4.72 ± 0.06b | 14.24 ± 0.19a | 27.91 ± 1.48b | 216.80 ± 7.77c |
| | 海禾 2 号 | A | 20.63 ± 0.66a | 5.25 ± 0.08a | 15.84 ± 0.34a | 27.30 ± 1.03a | 259.90 ± 10.44a |
| | | D | 19.82 ± 0.83ab | 5.11 ± 0.12ab | 15.49 ± 0.49a | 26.36 ± 1.42ab | 262.60 ± 19.63a |
| | | CK | 19.17 ± 1.36b | 5.00 ± 0.13b | 15.39 ± 0.25a | 24.64 ± 2.38b | 246.58 ± 14.81a |

黄家村产量高于硝井村,用药后产量挽回率也高于硝井村,杀菌剂对感病品种会单 4 号的产量影响更为明显。

2.6 嘧菌酯、苯醚甲环唑在玉米籽粒及茎秆中的残留量

通过液相色谱 - 质谱 - 质谱联用法测定玉米

表 5 嘧菌酯和苯醚甲环唑防治玉米灰斑病挽回产量效果

| 地点 | 品种 | 处理 | 产量 (kg/666.7 m ²) | 增产 (kg/666.7 m ²) | 产量挽回率 (%) |
|-----|--------|----|----------------------------------|----------------------------------|--------------|
| 黄家村 | 会单 4 号 | A | 625.83 ± 133.71a | 191.25 | 44.01 |
| | | D | 569.04 ± 130.13a | 134.46 | 30.94 |
| | | CK | 434.58 ± 135.75b | | |
| | 海禾 2 号 | A | 706.58 ± 254.85a | 174.89 | 32.89 |
| | | D | 676.38 ± 253.59a | 144.69 | 27.21 |
| | | CK | 531.69 ± 142.10b | | |
| 硝井村 | 会单 4 号 | A | 456.43 ± 53.80b | 121.19 | 36.15 |
| | | D | 382.57 ± 67.33b | 47.33 | 14.12 |
| | | CK | 335.24 ± 25.89b | | |
| | 海禾 2 号 | A | 441.20 ± 62.54a | 89.34 | 25.39 |
| | | D | 405.94 ± 55.77ab | 54.08 | 15.37 |
| | | CK | 351.86 ± 65.77b | | |

茎秆及籽粒中的嘧菌酯、苯醚甲环唑残留量。结果表明,玉米籽粒及茎秆中的嘧菌酯、苯醚甲环唑残留量均低于 0.5 μg/kg,远低于 GB 2763—2021《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》中规定在玉米中嘧菌酯的最大残留量为 0.02 mg/kg,苯醚甲环唑的最大残留量为 0.05 mg/kg。可见,本研究施用 2 种药剂后,玉米籽粒及茎秆中的农药残留量均低于我国规定的最大残留量标准。

3 讨论

玉米叶斑病严重影响玉米产量,特别是玉米灰斑病在云南冷凉高湿地区极易暴发,严重时可能造成绝产。禄劝县撒营盘镇是云南省典型的高寒山区,常年遭受玉米灰斑病的危害^[12],目前对灰斑病最经济有效的防治措施是使用抗病品种,但在生产上全部采用抗病品种仍比较困难^[13];通过耕作栽培管理等措施可防控玉米病害^[14-15],但受气候影响,玉米在不同地区的种植时间存在差异,灰斑病菌可以在不同茬口之间循环侵染,在大流行年份还会造成严重损失。喷施杀菌剂可以快速、高效防治灰斑病,在北美洲的美国和南非已有利用杀菌剂防治灰斑病的报道^[7]。Munkvold 等的研究表明,喷施丙环唑、代森锰锌可以有效防治玉米灰斑病^[11]。Ward 等发现,1 种或多种杀菌剂可有效防治灰斑病^[16-17]。

是否喷施玉米杀菌剂取决于作物的生长阶段、环境、品种的抗病性以及病害发生的严重程度^[18],而喷施效果很大程度上取决于杀菌剂的喷施时间。

有研究表明,在抽雄期(VT)至吐丝期(R1)喷施杀菌剂可有效防控叶斑病,Blandino 等选择在玉米生长 14、19、35、65、75 d 等 5 个时间点喷施嘧菌酯和丙环唑的混合杀菌剂,处理的玉米大斑病发生的严重程度显著降低,千粒重和产量明显提高,最佳防治时间点是玉米株龄 35 ~ 65 d^[19]。6 月上旬至 7 月下旬是云南省玉米灰斑病的始发期^[20],此时玉米正处于大喇叭口期,7—8 月随着雨季的到来灰斑病自下而上发展,逐渐加重。因此在大喇叭口期喷施杀菌剂是一个很好的选择^[21-22]。本研究于发病前及发病初期施用嘧菌酯及苯醚甲环唑,能显著控制灰斑病和果穗下垂,挽回产量 14.12% ~ 44.01% (47.33 ~ 191.25 kg/667 m²),说明在发病初期采用这 2 种药剂进行防控是可行的。如果嘧菌酯及苯醚甲环唑的成本为 20 元/667 m²,玉米价格为 2.5 元/kg,则可得净增收益为 118.33 ~ 478.13 元/667 m²。

甲氧基丙烯酸酯类农药嘧菌酯及三唑类农药苯醚甲环唑均具有内吸性、高效广谱的特点,被广泛应用于果蔬和农作物的病害防治中,用药不当将会产生农残问题,对人体健康造成巨大威胁。在大豆上每隔 7 d 喷施 900 mL/hm² (制剂量) 18.7% 丙环·嘧菌酯悬乳剂 1 次,共施药 3 次,不同部位的残留浓度表现为叶 > 茎 > 果实,说明丙环·嘧菌酯复配剂按推荐方式施用,不会带来潜在的残留风险^[23]。在秋葵上每隔 7 d 喷施 25% 苯醚甲环唑悬浮剂 250 g a. i. /hm² 1 次,连续喷施 2 次,在预收前间隔 19.5 d 采收的秋葵对人体是无害的^[24]。本研究在大喇叭口期施用 1 次嘧菌酯及苯醚甲环唑各

675 g a. i./hm², 50 d 后玉米生长至成熟期,在玉米茎秆及籽粒中均未检测到残留,因此在大喇叭口期,啮菌酯及苯醚甲环唑按 675 g a. i./hm² 的用量与细沙土混合施入喇叭口中,不仅可以挽回产量损失,对玉米籽粒也较安全。

玉米果穗下垂是一种常见现象,与品种遗传有关,也与病害有关,主要由茎基腐病、灰斑病、大斑病和小斑病引起,这是因为茎基部和叶片受害后,地上部蒸腾作用减小,水分供应不足,植株干枯,穗柄失水,导致果穗下垂,进而影响产量。此外,也有部分品种在成熟后,穗柄失水而下垂。本试验所用会单 4 号和海禾 2 号本身无果穗下垂特性,它的果穗下垂现象主要是灰斑病导致叶片失绿,蒸腾拉力不足,进而使穗柄失水所致。无论是小区试验还是大田试验,灰斑病越重,果穗下垂现象越严重。大田中果穗下垂率高达 1.43% ~ 32.33%,而这种果穗下垂率与产量损失关系密切,即果穗下垂越多,产量损失越大。杀菌剂的施用降低了叶片灰斑病病情,较好地保持了叶片蒸腾作用,减少了果穗下垂率,因此啮菌酯和苯醚甲环唑的施用,可以挽回玉米产量损失。尽管黄家村灰斑病比硝井村严重,但黄家村产量高于硝井村,这应该与硝井村海拔(2 654 m)高于黄家村(2 250 m)404 m、日温度约低 2.5 °C 有关。

参考文献:

- [1] Ranum P, Peña - Rosas J P, Garcia - Casal M N. Global maize production, utilization, and consumption [J]. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2014, 1312(1): 105 - 112.
- [2] 仇焕广, 李新海, 余嘉玲. 中国玉米产业: 发展趋势与政策建议 [J]. *农业经济问题*, 2021, 42(7): 4 - 16.
- [3] Savary S, Willocquet L, Pethybridge S J, et al. The global burden of pathogens and pests on major food crops [J]. *Nature Ecology & Evolution*, 2019, 3(3): 430 - 439.
- [4] 赵立萍, 王晓鸣, 段灿星, 等. 中国玉米灰斑病发生现状与未来扩散趋势分析 [J]. *中国农业科学*, 2015, 48(18): 3612 - 3626.
- [5] Qiu H B, Li C H, Yang W Z, et al. Fine mapping of a new major QTL - qGLS8 for gray leaf spot resistance in maize [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2021, 12: 743869.
- [6] Zhong T, Zhu M, Zhang Q Q, et al. The ZmWAKL - ZmWIK - ZmBLK1 - ZmRBOH4 module provides quantitative resistance to gray leaf spot in maize [J]. *Nature Genetics*, 2024, 56(2): 315 - 326.
- [7] Mallowa S O, Esker P D, Paul P A, et al. Effect of maize hybrid and foliar fungicides on yield under low foliar disease severity conditions [J]. *Phytopathology*, 2015, 105(8): 1080 - 1089.
- [8] Esker P D, Shah D A, Bradley C A, et al. Perceptions of Midwestern crop advisors and growers on foliar fungicide adoption and use in maize [J]. *Phytopathology*, 2018, 108(9): 1078 - 1088.
- [9] You X W, Liu C Y, Liu F M, et al. Dissipation of pyraclostrobin and its metabolite BF - 500 - 3 in maize under field conditions [J]. *Ecotoxicology & Environmental Safety*, 2012, 80: 252 - 257.
- [10] 李智强, 张祥辉, 刘文德. 玉米小斑病研究进展 [J]. *植物保护*, 2023, 49(5): 80 - 88.
- [11] Munkvold G P, Martinson C A, Shriver J M, et al. Probabilities for profitable fungicide use against gray leaf spot in hybrid maize [J]. *Phytopathology*, 2001, 91(5): 477 - 484.
- [12] 贾建云, 张俊祥, 吴毅歆, 等. 云南省玉米灰斑病菌差异性分析 [J]. *西南农业学报*, 2013, 26(3): 1014 - 1018.
- [13] 谭静, 罗吉, 孙彩梅, 等. 玉米灰斑病抗性种质与基因位点的研究进展 [J]. *种子*, 2019, 38(8): 57 - 60, 64.
- [14] Nsibo D L, Barnes I, Kunene N T, et al. Influence of farming practices on the population genetics of the maize pathogen *Cercospora zeina* in South Africa [J]. *Fungal Genetics and Biology*, 2019, 125: 36 - 44.
- [15] Xi H, Zhang X K, Qu Z, et al. Effects of cotton - maize rotation on soil microbiome structure [J]. *Molecular Plant Pathology*, 2021, 22(6): 673 - 682.
- [16] Ward J M J, Laing M D, Nowell D C. Chemical control of maize grey leaf spot [J]. *Crop Protection*, 1997, 16(3): 265 - 271.
- [17] Ward J M J, Laing M D, Rijkenberg F H J. Frequency and timing of fungicide applications for the control of gray leaf spot in maize [J]. *Plant Disease*, 1997, 81(1): 41 - 48.
- [18] Nelson K A, Meinhardt C G. Foliar boron and pyraclostrobin effects on corn yield [J]. *Agronomy Journal*, 2011, 103(5): 1352 - 1358.
- [19] Blandino M, Galeazzi M, Savoia W, et al. Timing of azoxystrobin + propiconazole application on maize to control northern corn leaf blight and maximize grain yield [J]. *Field Crops Research*, 2012, 139: 20 - 29.
- [20] 周惠萍, 吴景芝, 李月秋, 等. 云南省玉米灰斑病发生规律研究 [J]. *西南农业学报*, 2011, 24(6): 2207 - 2212.
- [21] Ross T J, Allen T W, Shim S, et al. Investigations into economic returns resulting from foliar fungicides and application timing on management of tar spot in Indiana hybrid corn [J]. *Plant Disease*, 2024, 108(2): 461 - 472.
- [22] 李琪彬, 阎发祥, 陈映岚, 等. 玉米灰斑病两种施药防治方法的研究 [J]. *云南农业大学学报(自然科学版)*, 2011(6): 735 - 739, 748.
- [23] 周启圳, 何翎, 刘丰茂, 等. 啮菌酯和丙环唑在大豆上残留分布及降解动态研究 [J]. *农业资源与环境学报*, 2022, 39(6): 1263 - 1270.
- [24] Hingmire S, Oulkar D P, Utture S C, et al. Residue analysis of fipronil and difenoconazole in okra by liquid chromatography tandem mass spectrometry and their food safety evaluation [J]. *Food Chemistry*, 2015, 176: 145 - 151.