杀菌剂和杀虫剂使用对玉米病虫害防治及效益分析

刘佳中[1#]， 李永强[1#]， 谢淑娜[1]， 李保叶[1]， 孙 静[1]，
房新强[2]， 朱伟岭[3*]， 郝俊杰[1*]

(1. 河南省农业科学院植物保护研究所，农业农村部华北南部作物有害生物综合治理重点实验室，河南省农作物病虫害防治重点实验室，郑州 450002；2. 河南省宁陵县植保站，商丘 476700；3. 河南鼎优农业科技有限公司，郑州 450046)

摘要 玉米病虫害是影响玉米产量和品质的重要因素。本研究选择2种杀虫剂(40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪WG和100 g/L顺式氯氰菊酯EC)和4种杀菌剂(18.7%丙环唑·嘧菌酯SE、250 g/L吡唑醚菌酯EC、125 g/L氟环唑SE和17%吡唑醚菌酯·氟环唑SE)，通过单独或组合在玉米心叶期(V12)一次性施药，并在药后7 d接种玉米弯孢菌，随后对各处理的防治效果和经济效益进行比较分析。基于施药成本、施药后的增产效益和玉米价格，采用贝叶斯推断统计方法计算净利润的概率。在盈利平衡点(纯利润为0)，通过施药获得净利润的概率变幅在0.328～0.998之间；如果要获得1 500元/hm^{2}的净利润，各施药处理概率的变幅为0.024～0.993，其中40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪WG+18.7%丙环唑·嘧菌酯SE处理的盈利概率最高(0.986～0.993)，其次18.7%丙环唑·嘧菌酯SE和40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪WG+17%吡唑醚菌酯·氟环唑SE处理的盈利概率也超过0.947。本研究表明40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪WG+18.7%丙环唑·嘧菌酯SE是防治当地玉米病虫害理想的杀虫剂杀菌剂施药组合。

关键词 玉米病虫害； 杀菌剂； 杀虫剂； 防治； 经济效益

中图分类号： S 435.13 **文献标识码：** B **DOI：** 10.16688/j.zwbh.2019180

Effects and profitability of insecticide and fungicide applications for pest management in maize

LIU Jiazhong[1#]， LI Yongqiang[1#]， XIE Shuna[1]， LI Baoye[1]， SUN Jing[1]，
FANG Xinqiang[2]， ZHU Weiling[3*]， HAO Junjie[1*]

(1. *Plant Protection Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Southern Region of North China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Henan Key Laboratory of Crop Pest Control, Zhengzhou* 450002, *China*; 2. *Ningling Plant Protection Station, Henan Province, Shangqiu* 476700, *China*; 3. *Henan Dingyou Agricultural Science and Technology Co., Ltd., Zhengzhou* 450046, *China*)

Abstract Maize disease and insect pests have a negative impact on yield and quality of maize. In this study, two insecticides (chlorantraniliprole · thiamethoxam 40% WG and alpha-cypermethrin 100 g/L EC) and four fungicides (propiconazole · azoxystrobin 18.7% SE, pyraclostrobin 250 g/L EC, epoxiconazole 125 g/L SE, and pyraclostrobin · epoxiconazole 17% SE) were applied alone or in insecticide-fungicide combinations to maize plants at growth stage V12, and then inoculated the pathogen *Curvularia lunata* seven days after spray. Their control effects and influence on yields and economic benefits were evaluated. Based on the mean yields and standard deviations for treated and untreated plots, the price of grain, and the costs of the pesticide applications, the probability of achieving a positive net return after pesticide application was calculated using Bayesian inference methods. Probabilities for achieving a net return of 0 (break-even point) ranged from 0.328 to 0.988 for ten pesticide applications. Under a net return of 1 500.0 yuan/hm^2, probability of profit ranged from 0.024 to 0.993. The probabilities of profit by propiconazole · azoxystrobin 18.7% SE, chlorantraniliprole · thiamethoxam 40% WG+propiconazole · azoxystrobin 18.7% SE, and chlorantraniliprole · thiamethoxam 40% WG+pyraclostrobin · epoxicon-

收稿日期： 2019-04-10 **修订日期：** 2019-08-14
基金项目： “十三五”国家重点研发计划(2018YFD0300708, 2017YFD0301104, 2018YFD0200605)
* 通信作者 E-mail：朱伟岭 282817567@qq.com；郝俊杰 haojjds@163.com
# 为并列第一作者

azole 17% SE were all more than 0.947. Among them, the highest probabilities of profit occurred in application ofchlorantraniliprole · thiamethoxam 40% WG+propiconazole · azoxystrobin 18.7% SE, which was the effective insecticide-fungicide combination for maize disease and insect pests control.

Key words maize disease and insect pest; fungicide; insecticide; control; economic benefit

玉米作为我国第一大种植作物,可为畜牧养殖、化工、医药等行业提供重要的原料[1]。玉米种植过程中通常会受到杂草、病、虫等有害生物的侵害,导致减产和品质下降。目前,我国玉米种植户使用化学除草剂防治杂草已经非常普遍,特别是对施药时期、药剂选择及安全性等均具有比较全面的认识[2-3]。近些年,随着耕作方式的改变及气候的变化,如连续多年的禁烧及秸秆还田、黄淮海夏玉米的贴茬播种、玉米种植密度的增加、机械跨区作业等均影响着田间病虫害的发生[4-6]。亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenée)、桃蛀螟 *Conogethes punctiferalis* (Guenée)、棉铃虫 *Helicoverpa armigera* Hübner 以及劳氏黏虫 *Mythimna loreyi* (Duponchel)等的为害可能加重并将持续发生,玉米茎腐病、穗腐病、部分区域的叶斑病和南方锈病等玉米病害仍在流行及传播,近些年呈加重趋势[7-8]。

尽管全国每年玉米病虫害发生面积在 7 000 万 hm^2 以上,且有可能持续增加[7,9],但我国玉米种植户对玉米生长后期病虫害多不进行防治,主要原因可能是玉米为高大密植作物,后期防治存在诸多困难,另一方面种植户对施药时期、药剂选择、防治效果及经济效益可能存在诸多疑虑等。和美国玉米种植户相比,我国农户种植规模较小,对玉米病虫害的管理存在观念落后和成本较高等问题[10]。

基于上述问题,我国专家提出通过玉米心叶期施药来防治后期主要病虫害[1,11-13],这样既适合人工施药,也便于机械施药。但这就要求所选择的药剂具有内吸性强、防效广谱、预防保护、药效期长等特性,最好还要具有植物健康调节、持绿增产等多重作用和功能。本研究选择国外公司研发的几种杀菌剂和杀虫剂,通过单独施药或组合使用在心叶期一次性施药,7 d 后人工接种玉米弯孢菌的条件下比较其对病虫害的防治效果和经济效益,为玉米种植户实施病虫害防治提供参考。

1　材料与方法

1.1　田间试验

田间试验在河南省长葛市石象镇长葛鼎研泽田农业科技开发有限公司试验地(34°10′22.51″N,113°52′6.73″E)开展,试验地土壤肥力中等,前茬作物为小麦,施肥、灌溉、除草等田间常规管理。玉米品种为'鼎优 919',该品种感弯孢叶斑病,中抗小斑病。2018 年 6 月 4 日播种,6 月 12 日出苗,10 月 2 日收获。小区面积 30 m^2,行长 10 m,行距 0.6 m,每小区 5 行。

1.2　药剂及处理

本研究选用 4 种杀菌剂和 2 种杀虫剂,设置 6 种药剂单独使用及 4 个杀菌剂与 2 个杀虫剂组合使用的施药处理(T1～T10),加上空白对照(T0),共计 11 个处理(表 1)。每个处理 3 次重复,完全随机区组设计。

1.3　施药及接种

2018 年 7 月 19 日,玉米心叶期(12～13 片叶)进行田间喷雾施药。兑清水 600 L/hm^2,选用新加坡利农 HD400 背负式手动喷雾器施药,最大工作压力 5 kg/cm^2,喷药口直径 105 mm,喷幅 80 cm。施药时喷头距离作物约 25 cm。

施药后 7 d(15～16 片叶),7 月 27 日接种玉米弯孢菌。选用本实验室保存的弯孢叶斑病病原菌 *Curvularia lunata* (Wakker)Boedijn 菌株,经高粱粒扩繁后进行清水洗脱,配制成浓度约为 1×10^5 个/mL 的孢子悬浮液,采用叶片喷雾方式进行接种,接种量为 10 mL/株。

1.4　数据收集

参考王晓鸣等[14]关于弯孢菌叶斑病病害严重度分级方法,根据穗位叶及以上叶片上病斑所占比例按照 1、3、5、7、9 进行分级调查。在 9 月 20 日玉米蜡熟期调查叶部病害发生情况,每小区选取中间 3 行,每行连续选择 10 株进行发病级别调查,计算每个小区的病情指数及防治效果[14]。

另外,每个小区在中间行随机选取代表性玉米 3 株,分别选择其穗位叶和倒三叶进行剥离,放在标注有比例尺背景的平板上,用 Canon EOS60D 相机进行图像采集,室内用公共软件 NIH Image(https://imagej.nih.gov/ij/download.html)进行图像分析,每个叶片随机选定叶脉两侧各两个位置的一定面积,分别用肉眼查出所划定区域内病斑数,最后换算为病斑数/cm^2,用平均数进行统计分析。

表 1 本研究供试药剂、处理、药剂成本及用量

Table 1 Treatments, dosage and cost of pesticides used in this study

处理 Treatment	药剂 Active ingredient	制造商 Manufacturer	每公顷用量 Dosage	药剂成本/元·(hm²)⁻¹ Cost of pesticide
T1	18.7%丙环唑·嘧菌酯 SE propiconazol·azoxystrobin 18.7% SE	先正达(南通)作物保护有限公司	1 050 mL	270
T2	250 g/L 吡唑醚菌酯 EC pyraclostrobin 250 g/L EC	巴斯夫植物保护(江苏)公司	450 mL	600
T3	100 g/L 顺式氯氰菊酯 EC+250 g/L 吡唑醚菌酯 EC alpha-cypermethrin 100 g/L EC+pyraclostrobin 250 g/L EC		150 mL+450 mL	630
T4	40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG+18.7%丙环唑·嘧菌酯 SE chlorantraniliprole·thiamethoxam 40% WG+propiconazol·azoxystrobin 18.7% SE		120 g+1 050 mL	450
T5	125 g/L 氟环唑 SE epoxiconazole 125 g/L SE	巴斯夫植物保护(江苏)公司	450 mL	225
T6	17%吡唑醚菌酯·氟环唑 SE pyraclostrobin·epoxiconazole 17% SE	巴斯夫植物保护(江苏)公司	750 mL	525
T7	100 g/L 顺式氯氰菊酯 EC+125 g/L 氟环唑 SE alpha-cypermethrin 100g/L EC+epoxiconazole 125 g/L SE		150 mL+450 mL	255
T8	40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG+17%吡唑醚菌酯·氟环唑 SE chlorantraniliprole·thiamethoxam 40% WG+pyraclostrobin·epoxiconazole 17% SE		120 g+750 mL	930
T9	100 g/L 顺式氯氰菊酯 EC alpha-cypermethrin 100 g/L EC	巴斯夫欧洲公司	150 mL	30
T10	40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG chlorantraniliprole·thiamethoxam 40% WG	先正达(苏州)作物保护有限公司	120 g	180
T0	对照 CK		—	—

9 月 15－17 日进行害虫发生调查，每个小区按对角线取样，每行随机选择 2 株，剖秆调查植株害虫发生情况。逐株记录单株虫孔数，目测单孔隧道长度并合计为单株隧道总长度，目测鉴定害虫的种类、数量及虫龄，重点调查玉米主要害虫亚洲玉米螟、桃蛀螟、棉铃虫和劳氏黏虫[15]。数据换算为单株平均虫口数进行统计分析，并与对照相比计算虫孔减退率、隧道长度减退率和总虫口密度减退率。虫孔相比对照的减退率＝(对照小区单株虫孔数－防治小区单株虫孔数)/对照小区单株虫孔数×100%；隧道长度相比对照的减退率＝(对照小区单株隧道长度－防治小区单株隧道长度)/对照小区单株隧道长度×100%；总虫口密度相比对照的减退率＝(对照小区单株总虫口密度－防治小区单株总虫口密度)/对照小区单株总虫口密度×100%。根据相比对照的减退率计算防治效果，防治效果＝(虫孔相比对照的减退率＋隧道长度相比对照的减退率＋总虫口密度相比对照的减退率)/3[16-17]。

10 月 2 日，每个小区选取中间 3 行收获(收获面积 18 m²)，收获后直接脱粒，测量各小区实收籽粒重量和水分，并按 14%的含水量折算公顷产量。

1.5 数据分析

病害、虫害和产量性状数据均采用 SAS 9.2 统计软件(SAS Institute, Cary, NC)中的 GLM 程序进行方差分析，采用 Duncan 氏新复极差法进行显著性检验($P<0.05$)。

不同施药处理经济效益的估算参考 Munkvold 等[18]的算法。因为在中国黄淮海夏玉米区，种植户主要依靠自然晾晒，因此在本研究中不考虑施药处理与对照收获时籽粒水分含量差所需的烘干成本，这一点与 Munkvold 等[18]的算法不同。本研究中每公顷的净利润(D)根据施药处理与对照小区的产量差($\Delta_y=\bar{y}_f-\bar{y}_c$)、玉米籽粒价格($R$)和施药成本 C_f(包括药剂成本和施药方式成本)计算，$D=\Delta_y R-C_f$。目标利润的产量差 Δ_{yD} 可以根据 D 进行计算：$\Delta_{yD}=(D+C_f)/R$。本研究中所选药剂价格为零售商提供的参考价格；目前黄淮海玉米区施药方式主要采用人工背负式电动喷雾器施药和租用悬挂式喷药机或无人机施药，其中，人工施药劳力成本约为 225 元/hm²，租用成本约为 150 元/hm²。近几年黄淮海区域玉米价格通常在 1.6～2.0 元/kg 波动，本文按 1.6、1.8 和 2.0 元/kg 分别估算增产所带来的

净利润。

施药处理增产获得的净利润大于假设的目标净利润(D)的概率(P_D)用贝叶斯统计方法(Bayesian statistical methods)进行分析[18],由下列公式计算 T 值。

$$T_{(\Delta_{yD})}=\frac{\Delta_{yD}-(\bar{y}_f-\bar{y}_c)}{S\sqrt{\frac{1}{n_f}+\frac{1}{n_c}}}$$

公式中 S 是根据施药处理和对照小区的产量差($\bar{y}_f-\bar{y}_c$)的标准差,n_c 和 n_f 分别为施药处理和对照的重复次数,本研究中均为 3 次重复。然后在 Excel 中由公式 $P_D=1-\text{tdist}(\Delta_{yD},df_e)/2$ 计算 P_D。

参考 Munkvold 等[18]设置 2 个目标净利润(D)水平,一是根据盈利平衡点(break-even point,D=0.0 元/hm^2),即施药的净增产收益等于施药成本(药剂成本+人工或机械施药成本),即净利润为 0;二是设置每 hm^2 的净利润为 1 500 元(D=1 500.0 元/hm^2),相当于每 666.7 m^2 的净利润 100 元,即当地一个工人 1 d 的工资,这对玉米种植户来说可能进行施药防治。按 1.6、1.8 和 2.0 元/kg 3 个玉米价格水平分别计算 D=0.0 元/hm^2 和 D=1 500 元/hm^2 水平下的概率(P_D)。

2　结果与分析

2.1　施药对害虫发生的影响

玉米收获前田间害虫调查的结果表明试验田块自然发生的害虫主要有亚洲玉米螟和劳氏黏虫,其次为桃蛀螟和棉铃虫。方差分析的结果表明处理间单株虫孔数差异不显著($P>0.05$),对照(T0)小区的单株虫口数为 6.0 头,施药处理的单株虫口数变幅为 2.5～6.5 头,只有 40%氯虫苯甲酰胺・噻虫嗪 WG 单独处理(T10)及与 18.7%丙环唑・嘧菌酯 SE 混用处理(T4)的单株虫口数与对照相比差异显著($P<0.05$),虫孔相比对照的减退率分别为 58.50%和 55.11%(表 2)。

田间调查结果表明,对照(T0)的单株隧道总长度最长(18.47 cm),单独喷施杀菌剂 18.7%丙环唑・嘧菌酯 SE(T1)、250 g/L 吡唑醚菌酯 EC(T2)、125 g/L 氟环唑 SE(T5)、17%吡唑醚菌酯・氟环唑 SE(T6),杀虫剂 100 g/L 顺式氯氰菊酯 EC(T9),及 100 g/L 顺式氯氰菊酯 EC 与 250 g/L 吡唑醚菌酯 EC 混用(T3)、与 125 g/L 氟环唑 SE 混用(T7)的单株隧道总长度尽管低于对照,但相比对照的减退率均低于 50%。而 40%氯虫苯甲酰胺・噻虫嗪 WG 单独处理(T10),或与 18.7%丙环唑・嘧菌酯 SE 混用(T4)、与 17%吡唑醚菌酯・氟环唑 SE 混用(T8)的单株隧道总长度均显著低于对照(T0),且3 个处理间差异不显著(表 2),相比对照的减退率均大于 40%,初步表明 40%氯虫苯甲酰胺・噻虫嗪 WG 具有较好的防虫效果。

田间亚洲玉米螟多数为 3 龄和 5 龄,其次为 2 龄和 4 龄,1 龄的极少;对照(T0)的单株虫口数为 7.48 头,施药处理中除了 100 g/L 顺式氯氰菊酯 EC 单独施用(T9),或与 250 g/L 吡唑醚菌酯 EC 混用(T3)、与 125 g/L 氟环唑 SE 混用(T7)的单株虫口数和对照差异不显著以外,其余处理均显著低于对照,其中 40%氯虫苯甲酰胺・噻虫嗪 WG 单独处理(T10),或与 18.7%丙环唑・嘧菌酯 SE 混用(T4)、与 17%吡唑醚菌酯・氟环唑 SE 混用(T8)的单株虫口数相比对照的减退率相对较高,在 43.9%～64.4%之间,表明 40%氯虫苯甲酰胺・噻虫嗪 WG 对亚洲玉米螟具有较好的防虫效果。

田间劳氏黏虫多为 5 龄,其次为 2～4 龄;对照(T0)的单株虫口数最高(4.05 头),施药处理中除了 18.7%丙环唑・嘧菌酯 SE(T1)、125 g/L 氟环唑 SE(T5)、17%吡唑醚菌酯・氟环唑 SE(T6)、100 g/L顺式氯氰菊酯 EC+125 g/L 氟环唑 SE(T7)和 100 g/L 顺式氯氰菊酯 EC(T9)与对照差异不显著以外,其余处理单株虫口数均显著低于对照(表 2),其中 40%氯虫苯甲酰胺・噻虫嗪 WG(T10)及其与 18.7%丙环唑・嘧菌酯 SE 混用(T4)处理相比对照的减退率最高,分别为 78.6%和 77.0%。

田间桃蛀螟多为 3 龄,棉铃虫多为 5 龄,对照(T0)的单株虫口数分别为 1.14 头和 0.27 头,两种害虫的数量远少于亚洲玉米螟和劳氏黏虫,10 个施药处理的单株桃蛀螟和棉铃虫虫口数均显著低于对照(T0),但施药处理间差异均不显著(表 2)。

如果不考虑害虫的种类,将调查发现的所有害虫合计进行统计分析,结果表明所有施药处理的单株总虫口密度和对照均有显著差异($P<0.05$),总虫口密度相比对照的减退率在 27.48%～69.39%之间。其中以单独施用 40%氯虫苯甲酰胺・噻虫嗪 WG 处理(T10)相比对照的总虫口密度减退率最高(69.39%),防治效果为 67.89%;其与 18.7%丙环

表 2　不同处理对害虫的防治效果[1)]

Table 2　Control efficacy of different treatments on maize insects

处理 Treatment	单株虫孔 Holes per plant		单株隧道 Cumulative feeding tunnel		单株虫口密度(*N*)/头·株$^{-1}$ 相比对照的减退率(*D*)/% No. of larvae per plant and decrease rate								单株总虫口密度(*N*)/头·株$^{-1}$ 相比对照的减退率(*D*)/% Total number of larvae per plant and decrease rate		防治效果/% Control efficacy
					亚洲玉米螟 *O. furnacalis*		劳氏黏虫 *M. loreyi*		桃蛀螟 *C. punctiferalis*		棉铃虫 *H. armigera*				
	虫孔数/个·株$^{-1}$ Number of holes	相比对照的减退率(*D*)/% Decrease rate	隧道长度/cm Tunnel length	相比对照的减退率(*D*)/% Decrease rate	*N*	*D*	*N*	*D*	*N*	*D*	*N*	*D*	*N*	*D*	
T1	4.6 ab	24.42	15.71 ab	9.32	4.61 bcd	38.4	2.36 abc	41.8	0.38 b	66.4	0.00 b	100.0	7.35 b	37.80	(23.85±8.22) cde
T2	4.6 ab	23.34	13.09 abc	23.63	4.53 bcd	39.4	1.43 bc	64.8	0.45 b	60.6	0.04 b	84.4	6.45 bc	45.31	(30.76±7.28) cd
T3	6.5 a	−10.43	15.85 ab	6.88	6.48 ab	13.5	1.53 bc	62.3	0.51 b	55.5	0.00 b	100.0	8.51 b	32.76	(9.74±12.55) de
T4	2.7 b	55.11	6.84 de	59.23	3.83 cd	48.8	0.93 bc	77.0	0.15 b	86.9	0.04 b	84.4	4.96 bc	60.18	(58.17±1.56) ab
T5	3.5 ab	39.34	11.73 bcd	31.44	4.74 bcd	36.6	2.33 abc	42.4	0.20 b	82.5	0.00 b	100.0	7.28 b	41.20	(37.33±2.99) bc
T6	3.9 a	35.27	9.50 cd	44.01	5.02 bc	33.0	2.40 abc	40.7	0.27 b	76.6	0.07 b	75.0	7.75 bc	38.32	(39.20±2.56) bc
T7	3.6 ab	40.47	12.13 bcd	26.84	5.33 abc	28.7	3.20 ab	21.0	0.00 b	100.0	0.00 b	100.0	8.53 b	27.48	(31.60±4.44) bcd
T8	3.9 ab	33.82	9.27 cde	41.26	4.20 bcd	43.9	1.47 bc	63.8	0.20 b	82.5	0.00 b	100.0	5.87 bc	52.10	(42.39±5.31) bc
T9	5.5 ab	7.31	12.67 abcd	26.60	5.60 abc	25.2	2.27 abc	44.0	0.53 b	53.3	0.07 b	75.0	8.47 b	31.41	(21.77±7.36) cde
T10	2.5 b	58.50	4.67 e	75.79	2.67 d	64.4	0.87 c	78.6	0.00 b	100.0	0.07 b	75.0	3.61 c	69.39	(67.89±5.05) a
T0	6.0 a	0.00	18.47 a	0.00	7.48 a	0.0	4.05 a	0.0	1.14 a	0.0	0.27 a	0.0	12.94 a	0.00	(0.0±0.0) e

1) 表中处理编号对应的药剂同表 1。同列数据后面标有相同小写字母表示差异不显著($P > 0.05$)。下表同。

The code of treatment is as same as in table 1. Means followed by the same letter in same column are not significantly different at 0.05 level. The same as in the following tables.

唑·嘧菌酯 SE 混用（T4）相比对照的总虫口密度减退率为 60.18%，防治效果为 58.17%；与 17%吡唑醚菌酯·氟环唑 SE 混用（T8）相比对照的总虫口密度减退率为 52.10%，防治效果为 42.39%，其他施药处理的防治效果均低于 40.0%。

以上结果表明 100 g/L 顺式氯氰菊酯 EC 对本研究调查的 4 种害虫的防治效果较差，而 40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG 具有较好的防治效果。

2.2　施药对病害发生程度的影响

田间病害调查结果表明接种弯孢菌的对照（T0）的发病级别多为 7 级和 9 级，而邻近田块未接种的'鼎优 919'发病严重度多为 3 级，少数为 5 级，说明接种弯孢菌后叶斑病发病充分。

方差分析结果表明，不同处理间穗位叶和倒三叶病斑数及病情指数均存在显著性差异（$P<0.05$）。对照（T0）倒三叶和穗位叶病斑数分别为 2.84、3.37 个/cm^2，病情指数为 91.8；100 g/L 顺式氯氰菊酯 EC（T9）和 40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG 处理（T10）倒三叶病斑数与对照差异不显著，但穗位叶病斑数和病情指数与对照差异显著。8 个含杀菌剂处理的倒三叶和穗位叶病斑数及病情指数与对照相比均差异显著（$P<0.05$）（表 3）。其中 18.7%丙环唑·嘧菌酯 SE（T1）、40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG＋18.7%丙环唑·嘧菌酯 SE（T4）、125 g/L 氟环唑 SE（T5）、100 g/L 顺式氯氰菊酯 EC＋125 g/L 氟环唑 SE（T7）和 40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG＋17%吡唑醚菌酯·氟环唑 SE（T8）的穗位叶和倒三叶病斑数和对照相比均减少 50%以上。18.7%丙环唑·嘧菌酯 SE（T1），及其与 40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG 混用（T4）的病情指数低于 50.0，而其他含有杀菌剂的药剂及组合处理后病情指数在 59.0～71.9 之间，其中 18.7%丙环唑·嘧菌酯 SE（T1）和 40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG＋18.7%丙环唑·嘧菌酯 SE 处理（T4）的防效较高（分别为 46.4%和 48.5%），表明 18.7%丙环唑·嘧菌酯 SE 对弯孢菌叶斑病具有较好的防效。

2.3　施药对产量的影响

产量性状的方差分析结果表明，11 个处理间存在极显著差异（$P<0.01$）。各施药处理产量均高于对照，增产幅度在 4.8%～49.0%之间，说明本研究所选的药剂均有增产作用。其中除了 125 g/L 氟环唑 SE（T5）、17%吡唑醚菌酯·氟环唑 SE（T6）和 100 g/L 顺式氯氰菊酯 EC 处理（T9）与对照（T0）相比产量差异不显著外（$P>0.05$），其他施药处理产量均显著高于对照（$P<0.05$）（表 3），其中 18.7%丙环唑·嘧菌酯 SE（T1）、40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG＋18.7%丙环唑·嘧菌酯 SE（T4）和 40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG＋17%吡唑醚菌酯·氟环唑 SE 处理（T8）比对照（T0）的增产均在 40.0%以上。以上结果表明若单独使用本研究所选用的两种杀虫剂，推荐 40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG，若单独使用杀菌剂防治玉米叶斑病，推荐使用 18.7%丙环唑·嘧菌酯 SE，杀虫剂和杀菌剂组合使用推荐 40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG＋18.7%丙环唑·嘧菌酯 SE 或 40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG＋17%吡唑醚菌酯·氟环唑 SE。

表 3　不同处理对叶片上病斑数、病情指数及产量的影响

Table 3　Effects of different treatments on number of leaf spots, disease index and yield

处理 Treatment	病斑数/个·cm^{-2} Number of spots		病情指数 Disease index	防治效果/% Control efficacy	产量/kg·$(hm^2)^{-1}$ Yield
	倒三叶 The third leaf from the top	穗位叶 Ear-leaf			
T1	1.15 c	1.51 d	49.3 e	(46.4±0.8)a	(7 494.7±142.6)ab
T2	1.78 b	2.06 c	71.9 bc	(21.6±5.7)cd	(6 616.2±268.3)cd
T3	1.47 bc	1.66 cd	63.1 cd	(31.1±8.2)bc	(6 872.1±259.6)bcd
T4	1.09 c	1.34 d	47.3 e	(48.5±1.4)a	(7 960.3±235.3)a
T5	1.17 c	1.52 d	64.4 cd	(29.9±2.8)bc	(6 090.4±223.1)de
T6	1.45 bc	1.68 cd	66.8 cd	(27.2±2.2)bc	(5 619.7±278.5)e
T7	1.07 c	1.27 d	60.7 d	(33.7±5.5)b	(7 241.8±216.7)abc
T8	1.09 c	1.32 d	59.0 d	(35.6±4.9)b	(7 717.0±185.4)a
T9	2.67 a	2.91 b	80.8 b	(12.0±3.8)d	(5 597.9±390.1)e
T10	2.62 a	2.79 b	81.1 b	(11.6±3.1)d	(6 465.8±180.5)cd
T0	2.84 a	3.37 a	91.8 a	(0.0±0.0)e	(5 343.8±288.9)e

2.4 施药的经济效益

由于机械施药成本(150 元/hm²)低于人工施药成本(225 元/hm²),因此各处理按机械施药成本计算得到的净利润的概率几乎均高于对应的人工施药(表 4)。通过施药获得净利润的概率变幅(盈利平衡点)在 0.328～0.998 之间(D=0 元/hm²)。如果要获得 1 500 元/hm² 的净利润,各施药处理概率的变幅为 0.024～0.993,其中 18.7%丙环唑・嘧菌酯 SE(T1)、40%氯虫苯甲酰胺・噻虫嗪 WG+18.7%丙环唑・嘧菌酯 SE(T4)、100 g/L 顺式氯氰菊酯 EC+125 g/L 氟环唑 SE(T7)和 40%氯虫苯甲酰胺・噻虫嗪 WG+17%吡唑醚菌酯・氟环唑 SE(T8)施药处理的概率均超过 0.900,相比较而言,T4 处理的概率最高(0.986～0.993),进一步表明 40%氯虫苯甲酰胺・噻虫嗪 WG+18.7%丙环唑・嘧菌酯 SE 是理想的杀虫剂和杀菌剂施药组合。

表 4 不同施药处理人工或机械施药盈利概率[1)]

Table 4 Probability of profitability for pesticide applications by artificial or mechanical spray

处理 Treatment	纯利润(D)=0 元・(hm²)⁻¹"盈利平衡点"时的概率 Probability for net return (D)=¥ 0・(hm²)⁻¹ "break-even point"						纯利润(D)=¥1 500・(hm²)⁻¹时的概率 Probability for net return (D)=¥1 500・(hm²)⁻¹					
	1.6 元/kg		1.8 元/kg		2.0 元/kg		1.6 元/kg		1.8 元/kg		2.0 元/kg	
	AS	MS	AS	MS	AS	MS	AS	MS	AS	MS	AS	MS
T1	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.976	0.979	0.984	0.986	0.988	0.990
T2	0.936	0.944	0.946	0.952	0.953	0.957	0.335	0.376	0.482	0.521	0.603	0.636
T3	0.969	0.972	0.973	0.976	0.976	0.979	0.554	0.598	0.699	0.731	0.791	0.813
T4	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.986	0.988	0.990	0.991	0.993	0.993
T5	0.864	0.883	0.877	0.893	0.887	0.900	0.133	0.154	0.204	0.232	0.283	0.314
T6	0.328	0.367	0.372	0.409	0.409	0.443	0.024	0.027	0.036	0.040	0.051	0.057
T7	0.994	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.929	0.939	0.954	0.960	0.967	0.971
T8	0.996	0.996	0.996	0.997	0.997	0.997	0.947	0.954	0.970	0.974	0.981	0.983
T9	0.573	0.608	0.586	0.617	0.596	0.624	0.079	0.088	0.106	0.117	0.134	0.147
T10	0.968	0.973	0.971	0.974	0.973	0.976	0.425	0.476	0.570	0.614	0.678	0.712

1) AS:人工施药; MS: 机械施药。AS: Artificial spray; MS: Mechanical spray.

3 讨论

施药的主要目的是防治病虫害达到增产增收的效果,但目前我国多数玉米种植户对玉米后期病虫害基本不防治。美国等国家主要通过种植转基因玉米防治玉米螟等鳞翅目害虫[19];对于玉米叶部病害,美国玉米种植户在 1998 年之前很少使用杀菌剂来防治,但在 2000 年之后,由于玉米灰斑病的发生和流行[18,20]以及较短的轮作间隔期造成病残体积累引起有关病害频发[21],在 2005 年－2009 年有 73%的作物种植顾问(certified crop advisor)开始推荐种植户使用杀菌剂防治玉米叶斑病,但只有 35%的玉米种植户喷药防治,其中杂交种的抗性是影响是否使用杀菌剂的主要因素[10]。的确,对于玉米叶斑病的防控,最经济有效的手段是培育抗病品种,但目前在中国黄淮海区域种植面积最大的两个品种'郑单 958'和'先玉 335',以及近几年审定的品种多数对弯孢菌叶斑病表现感或高感[22],此外,目前审定推广的玉米品种几乎都对亚洲玉米螟等鳞翅目害虫表现高感,这些品种在一些病虫害重发区或重发年份推广将可能导致减产。

考虑到黄淮海区域玉米种植户较小的种植面积及部分采用人工施药的现状,本研究选择在玉米心叶期(V12 生长阶段)一次性施药来比较几种杀菌剂和杀虫剂单独或组合使用的防治效果和经济效益,结果表明,18.7%丙环唑・嘧菌酯 SE 对玉米叶斑病防效较好,这一点与 Blandino 等[23]关于防治玉米大斑病研究结果一致,推荐在玉米拔节期至开花期施用,这样不仅能有效防治大斑病且使产量最大化;国内研究也表明在自然环境条件下施用 18.7%丙环唑・嘧菌酯 SE 对玉米大斑病和小斑病均具有较好的防治效果[12-13,24-25]。说明 18.7%丙环唑・嘧菌酯 SE 是一种广谱的防控玉米叶斑病杀菌剂,且具有较好的预防保护作用,适宜通过早期施药来防控灌浆期发生的叶斑病。

2018 年 7 月－9 月,河南豫南地区高温、干旱,降雨量明显低于常年,这可能是导致试验田块虫害严重发生的原因。对照(T0)小区鳞翅目害虫单株虫口

密度为 12.94 头,其中亚洲玉米螟最多(57.8%),劳氏黏虫次之(31.3%),桃蛀螟(8.8%)和棉铃虫(2.1%)较少,该结果与已有的报道基本一致,其中亚洲玉米螟仍然是优势群体[5,7];而桃蛀螟的数量较少[26]。棉铃虫较少主要与本研究调查时期较晚有关,因为在玉米收获前,4 代棉铃虫多数已入土化蛹[7]。通过比较发现 40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG 对本研究调查的 4 种鳞翅目害虫均具有较好的防效,进一步明确了该药剂在夏玉米上使用具有较好的内吸性和较长的药效期。当然,该药剂的主要成分噻虫嗪对刺吸式害虫(蚜虫、飞虱等)也具有较好的效果,但由于本试验中玉米田块几乎没有蚜虫发生,因此没有调查其对玉米生长后期蚜虫的影响。

黄淮海区域多数农户种植规模较小,习惯人工施药,少数土地流转经营者多采用机械施药,因此在成本核算和效益分析方面,设置人工和机械两种施药方式进行计算,其成本分别按 225 和 150 元/hm^2 计算,加上药剂成本,两项之和远高于美国施药成本 39 美元/hm^2[18];同样,美国中西部多数玉米种植户可接受的施药成本为 37.06 美元/hm^2[10],相比之下中国的施药成本远高于美国(按目前的汇率 1 美元=6.675 人民币)。考虑到近几年玉米籽粒价格的变化,本研究中玉米籽粒的价格设置为 1 600、1 800 和 2 000 元/t(相当于 1.6、1.8 和 2.0 元/kg),而美国为 100 美元/t 左右,同样高于美国[10,20]。本研究设置 D=1 500 元/hm^2 的纯利润水平来计算每种药剂使用后相应的概率,远高于美国 D=25 美元/hm^2 净利润水平[18]。通过净利润概率分析发现杀虫剂和杀菌剂组合使用,如 40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG+18.7%丙环唑·嘧菌酯 SE(T4)和 40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG+17%吡唑醚菌酯·氟环唑 SE(T8)2 个施药处理的概率均超过 0.947,但由于 18.7%丙环唑·嘧菌酯 SE 的药剂成本(270 元/hm^2)远低于 17%吡唑醚菌酯·氟环唑 SE(525 元/hm^2)。结合防效、成本和施药后的增产效益,本研究推荐杀虫剂和杀菌剂组合 40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG+18.7%丙环唑·嘧菌酯 SE 在玉米心叶期喷施来防治后期主要病虫害。

本研究选用的是中抗玉米小斑病的玉米品种,且仅对接种玉米弯孢菌后引起的叶斑病的防效进行了调查。近年来黄淮海部分区域玉米南方锈病和部分品种的穗腐病发生也较普遍和严重,但 2018 年本研究试验田块南方锈病轻微发生,试验品种'鼎优 919'几乎没有穗腐病发生,因此,未调查所选药剂对南方锈病和穗腐病的防效。

2019 年,我们在河南省西华县黄泛区农场针对农户种植的玉米品种'鼎优 919',在 V15 时期(2019 年 7 月 26 日),用本研究推荐的杀虫剂、杀菌剂组合 40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG+18.7%丙环唑·嘧菌酯 SE,租用河南众人联合农化有限公司的植保无人机 E-A10M 进行飞防施药。主要参数为:飞行高度 1.2 m,速度 3 m/s,施药量 30 L/hm^2,雾滴直径 130 μm,喷幅宽度 3 m。其中施药面积约 4.0 hm^2,约 0.67 hm^2 作为对照。在收获期(9 月 28 日)随机选取 5 点,每点收获 12 m^2(5 m 行长,4 行区,0.6 m 行距)进行测产。结果表明无人机施药区平均产量为 9 780.6 kg/hm^2,比对照(7 701.1 kg/hm^2)增产 27.0%,玉米价格按 1.6 元/kg 计算,净利润 2 727.1 元/hm^2;与对照相比,施药区穗部鳞翅目害虫虫口密度相比对照的减退率为 32.3%,虫孔相比对照的减退率为 16.3%,防治效果为 24.3%。由于对照区和施药区的弯孢菌叶斑病、南方锈病等叶部病害均发病较轻,没有调查病害相关数据。通过更大面积的无人机施药,进一步验证了本研究所推荐的杀虫剂杀菌剂组合在当地夏玉米生产上能够获得较好的防治效果和经济效益。

参考文献

[1] 国家玉米产业技术体系. 我国玉米增长潜力、方向与保障措施[J]. 作物杂志, 2013(4): 1-3.

[2] 鲁传涛, 张玉聚, 王恒亮, 等. 除草剂原理与应用原色图鉴[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2014.

[3] 张朝贤,胡祥恩,钱益新. 国外除草剂应用趋势及我国杂草科学研究现状和发展方向[J]. 植物保护学报,1997,24(3):278-282.

[4] 王振营,王晓鸣. 加强玉米有害生物发生规律与防控技术研究,保障玉米安全生产[J]. 植物保护学报,2015,42(6):865-868.

[5] 刘杰,姜玉英,曾娟,等. 2015 年玉米重大病虫害发生特点和趋势分析[J]. 中国植保导刊,2016,36(10):53-58.

[6] 孙静,刘佳中,谢淑娜,等. 小麦-玉米轮作田中镰孢菌的种群结构及其致病性研究[J]. 河南农业科学,2015,44(5):91-96.

[7] 王振营,王晓鸣. 我国玉米病虫害发生现状、趋势与防控对策[J]. 植物保护,2019,45(1):1-11.

[8] 刘杰,曾娟,姜玉英,等. 2018 年我国玉米重大病虫害发生特点和原因分析[J]. 中国植保导刊,2019,39(2):43 - 49.
[9] 刘万才,刘振东,黄冲,等. 近 10 年农作物主要病虫害发生危害情况的统计和分析[J]. 植物保护,2016,42(5):1 - 9.
[10] 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.
[11] 王晓鸣. 玉米生长中后期病虫害鉴别与防治[J]. 作物杂志,2005(3):38 - 40.
[12] 马佳,张婷,王猛,等. 玉米小斑病发生前期化学防治初步研究[J]. 上海交通大学学报(农业科学版),2013,31(4):45 - 50.
[13] 王晓鸣,巩双印,柳家友,等. 玉米叶斑病药剂防控技术探索[J]. 作物杂志,2015(3):150 - 154.
[14] 王晓鸣,石洁,晋齐鸣,等. 玉米病虫害田间手册——病虫害鉴别与抗性鉴定[M]. 北京:中国农业科学出版社,2010.
[15] 马丽,高丽娜,黄建荣,等. 黏虫和劳氏黏虫形态特征比较[J]. 植物保护,2016,42(4):142 - 146.
[16] 赵秀梅,王振营,张树权,等. 亚洲玉米螟绿色防控技术组装集成田间防效测定与评价[J]. 应用昆虫学报,2014,51(3):680 - 688.
[17] 袁曦,张宝鑫,李敦松,等. 室内外评价在黄淮海夏玉米区释放玉米螟赤眼蜂防治亚洲玉米螟的可行性[J]. 环境昆虫学报,2016,38(3):482 - 487.
[18] 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.
[19] 黎裕, 王天宇. 玉米转基因技术研发与应用现状及展望[J]. 玉米科学, 2018, 26(2): 1 - 15.
[20] 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.
[21] JIRAK-PETERSON J C, ESKER P D. Tillage, crop rotation, and hybrid effects on residue and corn anthracnose occurrence in Wisconsin [J]. Plant Disease, 2011, 95(5): 601 - 610.
[22] 王晓鸣,晋齐鸣,石洁,等. 玉米病害发生现状与推广品种抗性对未来病害发展的影响[J]. 植物病理学报,2006,36(1):1 - 11.
[23] 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.
[24] 王广祥,王义生,王喜军,等. 18.7%嘧菌酯·丙环唑悬乳剂对春玉米大斑病防治[J]. 农药,2013,52(10):759 - 760.
[25] 张崎峰,王晓鸣,蔡鑫鑫,等. 玉米大斑病防控技术研究[J]. 黑龙江农业科学,2015(8):55 - 57.
[26] 黄建荣,李国平,黄博,等. 田间玉米植株上桃蛀螟卵的空间分布[J]. 植物保护,2018,44(3):177 - 181.

(责任编辑:田 喆)

(上接 228 页)

率为 2.78%,有少量幼虫钻入果实内,大部分幼虫在处理果实表面爬行之后中毒死亡;5%杀铃脲悬浮剂防治效果差,幼虫在处理果实表面爬行之后几乎无中毒现象,大部分幼虫钻入果实内继续为害。清水处理接虫后 1 h 内幼虫即钻入果实内为害。因此在李小食心虫发生严重杏园可在越冬代成虫发生高峰期(杏幼果期)使用菊酯类杀虫剂如 5%顺式氯氰菊酯乳油 2 000 倍液防治 1~2 次,第 1 代成虫发生高峰期(杏黄熟期)使用植物源农药 1.2%的烟碱·苦参碱乳油 1 500 倍液防治 1~2 次,不宜使用蜕皮激素类农药如 5%杀铃脲悬浮剂。

参考文献

[1] 胡柏文,车凤斌,片建明,等. 南疆杏树栽培和产业发展研究[J]. 新疆农业科学,2006,43(5):432 - 435.
[2] 刘娟,廖康,曼苏尔·那斯尔,等. 新疆杏品种(系)遗传多样性分析及 DNA 指纹图谱库构建[J]. 中国农业科学,2015,48(4):748 - 758.
[3] 岳朝阳,张新平,杨森,等. 喀什地区杏园内食心虫消长动态及赤眼蜂防治初探[J]. 新疆农业科学,2010,47(12):2376 - 2380.
[4] 张仁福,于江南,方斌,等. 性诱剂在杏园梨小食心虫防治中的应用[J]. 新疆农业科学,2010,47(8):1517 - 1521.
[5] 杨森,吐逊娜依·吐拉克,李剑. 新疆杏树害虫的发生与危害[J]. 新疆农业科学,2005,42(5):363 - 365.
[6] 刘军和. 美国杏李园害虫和天敌群落相互作用关系研究[J]. 湖南农业科学,2009(12):79 - 82.
[7] 张学祖. 新疆几种蛀果害虫的鉴别[J]. 新疆农业科学,1980,17(1):25.
[8] 张学祖. 苹果蠹蛾(*Carpocapsa pomonella* L.)在我国的新发现[J]. 昆虫学报, 1957, 7(4): 467 - 472.
[9] 吴维钧. 两种果树害虫——旋纹潜叶蛾及李小食心虫[J]. 昆虫学报,1961,10(4/6):395 - 400.
[10] 杨晓华. 黑龙江省李小食心虫生物学特性及防治研究[J]. 中国林副特产,2010(3):27 - 28.
[11] 王景顺,王相宏,张坤朋. 李小食心虫性诱剂监测及药剂防治试验[J]. 黑龙江农业科学,2016(8):58 - 61.
[12] 黄红宙,刘丽,赵飞,等. 应用性信息素监测杏园食心虫研究[J]. 中国植保导刊,2011(5):33 - 35.
[13] 仝莉. 李小食心虫在新疆发生及为害初报[J]. 新疆农业科技,1999(2):21.

(责任编辑:杨明丽)