

滴灌施药对覆膜玉米茎腐病防效及产量影响

李颖^{1,2}, 王耀生^{1,3}, 杨宁^{1,2*}, 冯良山², 邹晓锦⁴,
龚道枝^{1,3}, 张哲², 赵凤艳²

(1. 农业农村部旱作节水农业重点实验室, 北京 100081; 2. 辽宁省农业科学院耕作栽培研究所, 辽宁省旱作节水专业技术创新中心, 沈阳 110161; 3. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081; 4. 辽宁省农业科学院环境资源与农村能源研究所, 沈阳 110161)

摘要 在辽西风沙半干旱地区, 开展了人工接种茎腐病原菌条件下覆膜滴灌施用多菌灵和戊唑醇防治玉米茎腐病效果研究。结果表明: 滴灌施用 50% 多菌灵 WP 和 25% 戊唑醇 WP 对玉米茎腐病防治效果均在 54% 以上, 两年平均防效最高的是 25% 戊唑醇可湿性粉剂 140 g/667 m² 滴灌处理, 达到 72.60%, 平均产量为 948.94 kg/667 m², 与接种不施药处理相比显著增产 59.92%, 50% 多菌灵可湿性粉剂 60、120 g/667 m² 滴灌处理防效分别为 54.79% 和 67.99%, 平均产量分别为 755.24、810.43 kg/667 m²; 不同药剂处理间玉米穗长、百粒重差异显著; 每 667 m² 滴灌施用多菌灵可增加收入 218.68 元/年。滴灌施用戊唑醇和多菌灵可有效防治玉米茎腐病, 显著提高产量和效益。

关键词 水药一体化; 玉米茎腐病; 杀菌剂; 防效; 产量要素

中图分类号: S 435.131 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019554

Effect on stalk rot control and yield of mulching film maize by drip irrigation system with fungicides

LI Ying^{1,2}, WANG Yaosheng^{1,3}, YANG Ning^{1,2*}, FENG Liangshan², ZOU Xiaojin⁴,
GONG Daozhi^{1,3}, ZHANG Zhe², ZHAO Fengyan²

(1. Key Laboratory of Dryland Farming and Water-Saving Agriculture, MOA, Beijing 100081, China; 2. Tillage and Cultivation Research Institute, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Professional Technology Innovation Center for Dryland Farming and Water-efficient Farming of Liaoning Province, Shenyang 110161, China; 3. Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 4. Environmental Resources and Rural Energy Research Institute, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, China)

Abstract Effects of fungicides carbendazol and tebuconazole on the control efficiency of maize stalk rot and maize yield were investigated by field experiment of chemigation under plastic film in the sandstorm semi-arid area of western Liaoning province. The results showed that the control efficacy of stem base rot was above 54%. The control efficacy of tebuconazole 25% WP at 140 g/667 m² of chemigation was up to 72.60%, and the average yield reached to 948.94 kg/667 m², with the yield increase rate of 59.92% significantly higher than that of inoculation without treatment. The control efficacies and the average yields of carbendazim 50% WP at 60 g/667 m² and 120 g/667 m² of chemigation were 54.79% and 67.99%, 755.24 kg/667 m² and 810.43 kg/667 m², respectively. The ear length, ear diameter and 100-kernel weight of maize were significantly different among the different fungicides treatments. Chemigation with carbendazim can increase the income and benefit by ¥218.68 per 667 m² each year. Chemigation with tebuconazole and carbendazim can effectively control maize stalk rot and significantly increase the maize yield and production efficiency.

Key words chemigation; maize stalk rot; fungicide; control efficacy; production element

收稿日期: 2019-10-27 修订日期: 2019-12-09

基金项目: 农业农村部旱作节水农业重点实验室基金(2017KLDA01); 国家科技支撑计划(2014BAD12B04); 公益性行业(农业)科研专项(201503105, 201903119); 辽宁省中央引导地方科技发展专项(2019JH6/10100004); “兴辽英才计划”(XLYC1807056, XLYC1907089, XLYC1908013); 辽宁“百千万人才工程”(2018921005)

* 通信作者 E-mail: laasyng@126.com

长期以来,我国农业用水粗放、农药过量施用、施药方式落后等引起的农业生态环境污染和水药利用率过低是农业生产面临的突出问题。在我国新时代农业供给侧改革倡导的“一控两减三基本”和“节肥节药”政策实施后,节水省药、节本增效的施药灌溉方式成为现代农业绿色发展的必然趋势。“水药一体施药”,也称作“化学灌溉”(chemigation)^[1-2],是借助压力灌溉系统使得药剂随灌溉水一起按时、均匀、准确地输送到作物根际^[3]。按照作物生长需求把水分和适合的药剂定量、定时地直接提供给作物。与传统的灌溉和喷雾施药方式相比,“水药一体化”提高了灌溉水利用率,减少了药剂施用量,减少农业面源污染,增加了药剂利用率和时效性,减轻了传统灌溉与施药劳动强度,降低了有毒物质的吸入风险^[4],可实现高效控制病虫草害^[5-6],促进农业可持续发展。随着节水灌溉材料薄壁滴灌带的发展,滴灌在干旱半干旱地区得到广泛推广^[7],极大地促进了滴灌施药的融合与应用。我国滴灌面积逐年增长。新疆地区在玉米田应用随水施药较早也更广泛,但主要集中在防治虫害方面。戴爱梅等^[8-9]通过滴灌施用吡虫啉、噻虫嗪及啉啉氧磷防治玉米三点斑叶蝉,防治效果达到 85.86%~95.84%,且对玉米安全。随头水滴施噻虫嗪+丁硫克百威+农药增效剂,可有效防治玉米螟、三点斑叶蝉、叶螨等害虫。罗燕娜等^[10]随水滴施枯草芽孢杆菌防治棉花土传病害黄萎病,防效达到 55.1%,增产 17.62%。滴灌施药显著提升药效,增加作物产量,改善品质,增加效益。

近年来,辽宁省实施了“千万亩”滴灌节水工程和“节水增粮”行动。辽西地区(朝阳市、阜新市)为辽宁省新增灌溉面积核心地区。该区域玉米常年连作,土传病害镰孢茎腐病(由禾谷镰孢 *Fusarium graminearum*,串珠镰孢 *F. moniliforme* 引起)发展迅速,且有从次要病害发展为主要病害的趋势,采用传统防治措施效果有限,严重影响玉米产量与品质,且玉米大田中后期喷药作业难以实施,防治成本较高。因此,本研究通过覆膜玉米滴灌施用多菌灵和戊唑醇的大田试验,比较分析接种条件下不同剂量药剂处理对茎腐病防效以及对产量和产量相关要素的影响,以期以滴灌方式下水药一体施药技术在北方干旱地区的应用提供实践指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验玉米品种:‘辽单 565’,辽宁省农业科学院

玉米研究所提供;

试验药剂:50%多菌灵可湿性粉剂(WP),江苏省江阴市农药二厂有限公司生产;25%戊唑醇可湿性粉剂(WP),江苏省盐城双宁农化有限公司。

接种病菌:辽宁省境内采集、纯化、扩繁的玉米茎腐病最主要病原菌禾谷镰孢 *Fusarium graminearum* Schw.。

滤纸:孔径为 80~120 μm (滴灌带滴水孔孔径为 700 μm);

试验地点:辽宁省朝阳市建平县灌溉试验站,该地区属于半干旱季风型大陆性气候,多年平均气温 7.1℃,平均降水量 410 mm,生育期潜在蒸散量达 600 mm,有效积温 3 200℃,土壤质地砂壤土,容重 1.4 g/cm³,有机质含量为 1.66%,速效氮 40 g/kg,速效磷 12.5 g/kg,速效钾 80 g/kg,田间最大持水量 20.0%,pH 为 7.0。地下水埋深 3.0 m 左右。无霜期 125~133 d。

各处理采用双垄沟全覆膜种植模式(宽行距 65 cm,窄行距 45 cm,地膜为黑色地膜,材质为聚乙烯,厚度 0.008 mm),种植密度 4 500 株/667 m²。试验地块常年种植玉米,小斑病、穗腐病兼有发生。

1.2 试验方法

接种:分别于 2017 年 6 月 20 日和 2018 年 6 月 27 日进行接种。采用埋菌法^[11]完成接菌。在玉米垄一侧距茎基 10 cm 处开约 10 cm 深小沟,取玉米粒培养基扩繁的菌种 50 g 埋在沟内,所有植株全部完成接种后,进行田间浇灌,以保证病原菌侵染需要的土壤湿度条件。

施药:分别于 2017 年 7 月 15 日和 2018 年 7 月 10 日发病初期采用滴灌的方法施用 50%多菌灵 WP 60、120 g/667 m²,25%戊唑醇 WP 70、140 g/667 m²,并设发病初期喷施 50%多菌灵 WP 120 g/667 m²至玉米根部的对照(CK1),接种不施药对照(CK2)和清水灌溉不接菌不施药对照(CK3)。每处理各 4 次重复。各小区取同一大垄共 100 株(包括两小垄,每垄 50 株)。通过文丘里施肥器施药,将药剂溶解成母液,灌溉水量由前端灌溉系统控制,逐个打开每个小区支管进行施药,保证每小区总灌水量一致。

病害调查:8 月下旬进行病害调查。玉米茎腐病发病程度需调查整个小区的病株数,统计病株率并计算防治效果;产量及产量性状调查采用五点取样法,每小区随机取 5 点采样,每点调查 2 株,调查穗长、穗粗、穗行数、行粒数、百粒重。

病株率=发病株数/总株数×100%;

防治效果= (接种不施药对照区病株率－处理区病株率)/接种不施药对照区病株率×100%。

利用 SPSS,通过 Duncan 氏新复极差法对试验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 接种试验未施药处理不同年度发病效果比较

接种茎腐病病原菌 14 d 后未施药处理 CK2 2017 年和 2018 年平均发病率分别为 98.25% 和 87.25%(表 1),各年度发病程度均匀,适宜作为测试对象,两年发病率差异显著,2018 年较 2017 年茎腐病发病率减少 11 百分点,可能与 2017 年玉米生长中后期降雨偏多有关。

2.2 不同施药方式对玉米茎腐病防效和产量影响

试验各处理防效和产量如表 1 所示。接种 14 d 后对照小区作物均匀发病,各施药处理对茎腐病防治效果均在 54%以上。50%多菌灵 WP 60 g/667 m² 滴灌处理 2 年的防效均显著低于其他处理;25%戊唑醇 WP 140 g/667 m² 滴灌处理 2 年的防效均最高,其中 2017 年的防效为 69.88%,显著高于其他滴灌处理和 50%多菌灵 WP 120 g/667 m² 喷雾对照;2018 年的防效为 75.31%,与 50%多菌灵 WP 120 g/667 m² 滴灌处理无显著差异,但显著高于其他处理和 50%多菌灵 WP 120 g/667 m² 喷雾对照。年度和处理间交互作用差异不显著($P=0.183$),2 年的试验结果基本一致,防效受年度间影响较小,药效稳定。

表 1 不同滴灌施药处理对茎腐病的防治效果¹⁾

Table 1 Control effect of different fungicides by drip irrigation on stalk rot					
年份 Year	处理 Treatment	剂量/g·(667 m ²) ⁻¹ Dosage	发病率/% Incidence	防效/% Control efficacy	产量/kg·(667 m ²) ⁻¹ Yield
2017	50%多菌灵 WP	60	(43.75±1.11)b	(55.23±0.87)d	(730.43±7.06)cd
	carbendazim 50% WP	120	(32.75±2.32)de	(66.33±0.43)b	(801.85±9.25)b
	25%戊唑醇 WP	70	(38.75±1.31)c	(60.45±1.27)c	(741.75±5.20)c
	tebuconazole 25%WP	140	(29.50±0.87)e	(69.88±0.91)a	(904.96±8.31)a
	50%多菌灵 WP (CK1)	120	(34.00±0.75)d	(61.43±0.98)c	(657.12±9.51)e
	carbendazim 50% WP				
	清水接种对照(CK2)	—	(98.25±0.48)a	—	(548.63±11.94)f
	Water with inoculation				
2018	清水不接种对照(CK3)	—	0 f	—	(713.30±7.51)d
	Water without inoculation				
	50%多菌灵 WP	60	(38.00±0.58)b	(54.36±2.27)c	(780.05±7.31)c
	carbendazim 50% WP	120	(24.00±1.08)d	(69.64±2.17)ab	(819.02±5.89)b
	25%戊唑醇 WP	70	(33.50±1.04)c	(67.67±2.30)b	(771.23±5.18)c
	tebuconazole 25%WP	140	(21.25±1.25)d	(75.31±0.78)a	(992.93±9.58)a
	50%多菌灵 WP (CK1)	120	(32.50±1.04)c	(64.91±1.48)b	(720.77±15.86)d
	carbendazim 50% WP				
平均值 Average	清水接种对照(CK2)	—	(87.25±1.18)a	—	(638.22±6.96)e
	Water with inoculation				
	清水不接种对照(CK3)	—	0 e	—	(797.94±6.33)bc
	Water without inoculation				
	50%多菌灵 WP	60	(40.88±1.23)b	(54.79±1.14)d	(755.24±10.49)c
	carbendazim 50% WP	120	(28.38±2.03)d	(67.99±1.20)b	(810.43±6.02)b
	25%戊唑醇 WP	70	(36.13±1.26)c	(64.06±1.83)c	(756.49±6.53)c
	tebuconazole 25%WP	140	(25.38±1.71)d	(72.60±1.17)a	(948.94±17.63)a
处理 Treatment	50%多菌灵 WP (CK1)	120	(33.13±0.64)c	(63.17±2.68)c	(688.94±14.76)d
	carbendazim 50% WP				
	清水接种对照(CK2)	—	(92.75±2.16)a	—	(593.42±18.10)e
	Water with inoculation				
	清水不接种对照(CK3)	—	0 e	—	(755.62±16.63)c
	Water without inoculation				
	年度 Year			$P=0.007$	$P=0$
	处理*年度			$P=0.051$	$P=0.002$
	Treatment*Year			$P=0.183$	$P=0$

1) 表中数据为平均值±标准误。50%多菌灵 WP 对照处理(CK1)采用喷雾的方式。同一年度内,同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。
Data in the table are mean±SE. The treatment mode of carbendazim 50% WP(CK1) was spray. Different letters in the same column in same year indicate significant difference ($P<0.05$).

滴灌施药 2 年玉米平均产量测算结果显示,滴灌施药处理比手动喷雾对照处理(CK1)增产 7.00%~37.76%,比接种不施药对照(CK2)显著增产 27.27%~59.91%。年度和处理间交互作用差异不显著($P=0$)。

2.3 不同施药方式对玉米产量相关性状的影响

如表 2 所示,不同药剂滴灌处理间及与对照 50%多菌灵 WP 手动喷雾对照(CK1)、清水接种对照(CK2)、清水不接种对照(CK3)之间穗行数、行粒数无显著差异。药剂滴灌处理的穗长在 155.90~172.70 cm 之间,25%戊唑醇 WP 140 g/667 m² 滴灌处理的穗长显著高于其他处理,与清水不接种对照(CK3)差异不显著。25%戊唑醇 WP 70 g/667 m² 滴灌处理穗长次之;50%多菌灵 WP 60、120 g/667 m²

滴灌处理的穗长与 50%多菌灵 WP 手动喷雾(CK1)、清水接种对照(CK2)之间差异不显著。25%戊唑醇 WP 70 g/667 m² 和 140 g/667 m² 滴灌处理平均穗粗显著高于清水接种对照(CK2),但与 50%多菌灵 WP 手动喷雾(CK1)、清水不接种对照(CK3)差异不显著,而 50%多菌灵 WP 60 g/667 m² 和 120 g/667 m² 滴灌处理与 50%多菌灵 WP 手动喷雾(CK1)、清水不接种对照(CK3)均无显著差异。50%多菌灵 WP 120 g/667 m² 滴灌处理百粒重最高,与 50%多菌灵 WP 60 g/667 m² 滴灌处理、清水不接种对照(CK3)差异不显著,清水接种对照(CK2)的百粒重最低,显著低于各滴灌施药处理和清水不接种对照(CK3),但与 50%多菌灵 WP 手动喷雾(CK1)无显著差异。

表 2 滴灌施药与喷雾施药对产量指标的影响(2018 年)

Table 2 Influence of chemigation and spraying fungicide on the yield indexes (2018)

处理 Treatment	剂量/g•(667 m ²) ⁻¹ Dosage	穗长/mm Ear length	穗粗/mm Ear width	穗行数/粒 Rows per ear	行粒数/粒 Kernels per row	百粒重/g 100 grain weight
50%多菌灵 WP carbendazim 50% WP	60	(155.90±1.35)d	(45.89±0.43)abc	(13.25±0.28)a	(31.85±0.88)a	(45.11±0.71)ab
	120	(160.25±0.76)cd	(45.24±0.17)bc	(13.70±0.38)a	(31.95±0.25)a	(46.35±0.48)a
25%戊唑醇 WP tebuconazole 25%WP	70	(163.95±1.60)bc	(47.47±0.48)a	(13.80±0.26)a	(30.70±0.91)a	(43.20±0.47)c
	140	(172.70±3.54)a	(46.88±0.99)ab	(13.75±0.33)a	(35.65±1.14)a	(43.85±0.65)bc
50%多菌灵 WP (CK1) carbendazim 50% WP (CK1)	120	(161.85±0.62)cd	(45.54±0.43)abc	(13.35±0.31)a	(31.25±0.59)a	(42.68±0.50)cd
清水接种对照(CK2) Water with inoculation (CK2)	—	(156.55±1.57)d	(44.00±0.24)c	(13.40±0.12)a	(30.20±1.06)a	(41.02±0.68)d
清水不接种对照(CK3) Water without inoculation (CK3)	—	(169.25±3.69)ab	(46.17±0.94)ab	(13.60±0.37)a	(33.00±0.94)a	(46.18±0.61)a

2.4 经济效益分析

以药剂多菌灵为例从药剂投入、人工投入和产量等方面进行效益比较。结果(表 3)显示,滴灌施药每年使用农药 120 g/667 m²,计 12 元/667 m²,手动喷雾施药每年使用农药 240 g/667 m²,计 24 元/667 m²。传统的喷雾处理每年杀菌剂至少施用

2 次,滴灌施药与之相比减少了用药次数,减少了用药量;传统手动喷雾每年需人工费用约为 20 元/667 m²,滴灌施药的人工费用仅为 4 元/667 m²,比传统手动喷雾费用减少 80%。与传统喷雾施药相比,滴灌施药可增加产量收入 218.68 元/667 m²·年。

表 3 传统施药与滴灌施药效益比较¹⁾

Table 3 Benefits of chemigation and spraying fungicide

施药方法 Application method	每年药剂投入/元•(667 m ²) ⁻¹ Fungicide input	每年人工投入/元•(667 m ²) ⁻¹ Labor cost	年产量/kg•(667 m ²) ⁻¹ Yield
传统手动喷雾施药 Spraying fungicide	24	20	688.94
滴灌施药 Chemigation	12	4	810.43
变幅 Change	-12	-16	121.49

1) 玉米收购价 1.8 元/kg(2018 年均价)计算。
Corn price was 1.8 yuan/kg in 2018.

3 结论与讨论

本研究表明滴灌施药在茎腐病防效(54.36%~

75.31%)、产量(比人工喷雾施药增产 9.62%~37.74%)、经济效益(增加产量收入 218.68 元/667 m²·年)等方面明显优于传统施药,在经济投入

(减少人工费 16 元/667 m²·年)上远低于喷雾施药。滴灌施药更适宜集约化大规模生产,并可以减少农业面源污染,实现节水节药增产增效。

戊唑醇属于三唑类杀菌剂。程亮等^[12]利用滴灌施用三唑类杀菌剂苯醚甲环唑防治花生黑斑病,取得了较好的防治效果,与本文试验结果相一致,并均有促进产量增加提高作物质量的作用。多菌灵为苯并咪唑类杀菌剂,本试验结果与王铁生等^[13]使用该药剂防治人参根部病害效果相似。本试验所用药剂均为可湿性粉剂,虽然在水中可以溶解的剂型更适合用于滴灌系统,更利于植物吸收,但本试验中药剂在施用前先溶解为母液再使用文丘里施肥器施药,较好地解决了药剂溶解的问题。文丘里施肥器是一种较为精确的施肥装置,本试验中文丘里施肥器安装于滴灌系统的支管与施药试验区连接处,各小区前端安装有手动开关。施药时先关闭不施药小区,施药小区在完成施药后需灌少量清水清洗管道,保证不同小区施药间无影响。灌水量由辽宁省农业科学院自行研制的水肥药一体机^[14]进行精准控制。

本研究中 2018 年度穗腐病自然发病较重,对产量有一定影响。施用的滴灌药剂均为广谱性内吸性药剂,通过根部吸收,对穗腐病有较好的防治效果,减少了产量损失,提高了产品质量。滴灌施药处理对穗长、穗粗影响较大,尤其 25%戊唑醇 WP 140 g/667 m²处理下的穗长、穗粗显著高于接种不施药对照,因此,穗长、穗粗的增加对增产贡献是最高的。但是,滴灌施药处理与接种不施药对照的百粒重与产量并不呈正相关,这可能是由于穗腐病自然发病,导致缺粒现象明显,使得同穗上未发病籽粒获得营养更多,百粒重更高。25%戊唑醇 WP 140 g/667 m²处理产量高于清水不接种对照(CK3),这可能与高浓度戊唑醇除有杀菌功能,还有调节、刺激植物生长发育,增强植物逆境生长的作用有关^[15-16]。

玉米茎腐病致病菌多为镰孢菌(以禾谷镰孢为主)和腐霉菌(以肿囊腐霉 *Pythium inflatum* 为主)两大类同时侵染^[17-18]。本试验是在接种条件下防治,接种菌为禾谷镰孢 *Fusarium graminearum* Schw.,为本地区分离纯化,实验室扩繁菌源,是本地区最主要致病菌。选用单一菌源可使试验结果更易于分析。本研究只针对试验条件下防效、产量、经

济效益进行比较分析,并未对安全性进行试验,滴灌施药对环境安全性、作物农药残留等有待进一步测定分析。

参考文献

- [1] WEI Xing, ROBERTS P M, PORTER W M, et al. A laboratory evaluation of chemigation to manage stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) [J]. Journal of Economic Entomology, 2017, 110(2): 471–478.
- [2] SAYED M A, BEDAIWY M N A. Effect of controlled sprinkler chemigation on wheat crop in a sandy soil [J]. Czech Academy of Agricultural Sciences, 2011(2): 61–72.
- [3] GHIDIU G M, MARCON P G, CAMERON R A, et al. A manifold for injecting insecticides into a drip irrigation system for small plot research trials with row crops [J]. Florida Entomologist, 2012, 95(1): 21–24.
- [4] 兰戎祥. 化学灌溉的发展现状[J]. 世界科学, 1986, 34(11): 35–36.
- [5] 王云爱,于海欧,徐菊敏. 现代农业“水肥药一体化”技术[J]. 中国农业信息, 2013(1): 89.
- [6] 程海富. 化学灌溉——灌溉系统的新用途[J]. 山西农机, 2000(1): 18.
- [7] 李久生,栗岩峰,王军,等. 滴灌在中国:历史、现状和未来[J]. 水利学报, 2016(3): 372–381.
- [8] 戴爱梅,常巧真,吐鲁达洪,等. 3 种杀虫剂滴灌施药防治玉米三点斑叶蝉试验[J]. 植物医生, 2014(5): 31–32.
- [9] 戴爱梅,李广华,孔德芳,等. 博州膜下滴灌玉米水肥药一体化高产栽培技术[J]. 新疆农业科技, 2016(1): 36–37.
- [10] 罗燕娜,杜娟,李俊华,等. 滴灌条件下枯草芽孢杆菌 S37 和 S44 对棉花黄萎病的防治效果[J]. 植物保护, 2011, 37(2): 174–176.
- [11] 宋佐衡,陈捷,刘伟成,等. 玉米茎腐病接种方法比较[J]. 植物保护, 1993, 19(1): 37–38.
- [12] 程亮,高建强,曲杰. 夏花生滴灌施药对蚜虫及叶斑病防治效果的研究[J]. 农业科技通讯, 2017(5): 146–148.
- [13] 王铁生,孟繁莹,王化民,等. 渗灌施药对人参生育和根部病害的影响[J]. 中药材, 1987(6): 7–8.
- [14] 孙占祥. 一种新型灌溉施肥施药机: 中国, ZL201720531309. 2 [P]. 2018–02–27.
- [15] 周子燕,李昌春,高同春,等. 三唑类杀菌剂的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(27): 11842–11844.
- [16] 毕彦博,潘红艳,张晓庆,等. 三唑类杀菌剂调节植物逆境生长研究进展[J]. 中国农学通报, 2012, 28(30): 213–217.
- [17] 王晓鸣,吴全安,刘晓娟,等. 寄生玉米的 6 种腐霉及其致病性研究[J]. 植物病理学报, 1994, 24(4): 343–346.
- [18] 陈捷. 我国玉米穗、茎腐病病害研究现状与展望[J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(5): 393–401.

(责任编辑: 杨明丽)