

4 种生物制剂对玉米 2 种病害的田间防治效果

陈亚丽^{1,2}, 唐艺婷^{1,2}, 张学峰^{1,2}, 王笑阳³, 付佑胜^{1,2}, 李美霞^{1,2}, 周长勇^{1,2*} (1. 江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所, 江苏淮安 223001; 2. 国家农业科学淮安观测测试验站, 江苏淮安 223001; 3. 河北威远生物化工有限公司, 河北石家庄 050000)

摘要 为有效防治玉米小斑病和玉米锈病, 筛选有效防控的生物制剂, 选用复合微生物菌剂(3 种有效菌种: 枯草芽孢杆菌+解淀粉芽孢杆菌+胶冻样类芽孢杆菌)20 亿 CFU/mL、微生物菌剂哈茨木霉粉剂 5 亿 CFU/g、20% 春雷霉素水分散粒剂和 4% 井冈霉素 A 水剂 4 种杀菌剂进行田间药效试验。结果表明, 复合微生物菌剂(3 种有效菌种: 枯草芽孢杆菌+解淀粉芽孢杆菌+胶冻样类芽孢杆菌)对玉米田 2 种病害的田间防治最优, 哈茨木霉粉剂 5 亿 CFU/g 对玉米小斑病的防治较好, 20% 春雷霉素水分散粒剂对玉米锈病的防治较理想。该研究结果可为玉米绿色生产提供参考。

关键词 生物制剂; 玉米; 小斑病; 锈病

中图分类号 S435.131 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2024)20-0115-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2024.20.029



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Field Efficacy of 4 Biological Fungicides on 2 Diseases of Maize

CHEN Ya-li^{1,2}, TANG Yi-ting^{1,2}, ZHANG Xue-feng^{1,2} et al (1. Huaiyin Institute of Agricultural Sciences of Xuhuai Region in Jiangsu, Huaian, Jiangsu 223001; 2. National Agricultural Experimental Station for Agritural Science Observation, Huaian, Jiangsu 223001)

Abstract To effectively control the southern corn leaf blight and southern corn rust, the field control effect of four fungicides including compound microbial bacterial 2×10^9 CFU/mL, *Trichoderma harzianum* 5×10^8 CFU/g, kasugamycin 20% WG 191 g/hm² and Jingangmycin A 6% AS were evaluated. The results showed that compound microbial bacterial 2×10^9 CFU/mL was the most effective fungicide against the control the southern corn leaf blight and southern corn rust, *Trichoderma harzianum* 5×10^8 CFU/g and kasugamycin 20% WG was good effective to the southern corn leaf blight, southern corn rust, respectively. The results of this study can provide reference for the green production of maize.

Key words Biological fungicide; Maize; Southern corn leaf blight; Southern corn rust

玉米不仅是我国重要的粮食作物,也是重要的饲料作物和工业原料^[1-4]。根据 2022 年中国统计年鉴^[5],玉米的种植面积超过稻谷和小麦。虽然玉米的播种面积在稳步增长,但病害的频频发生仍是造成产量和品质下降的重要原因^[6-8]。我国报道的玉米病害超过 30 多种,其中叶部病害超过 10 种^[9]。近年来,随着气候条件的变化、耕作制度的改变、品种的更新换代,玉米病害也发生了明显的变化,一些次要病害或极少发生的病害逐渐上升为玉米田的主要病害,近几年发生严重,对玉米产量构成很大威胁,如玉米小斑病、玉米锈病等^[10-13]。

玉米小斑病(corn southern leaf blight)是由玉蜀黍平脐蠕孢属 *Bipolaris maydis* 引起的,是世界玉米产区重要的叶部病害^[13-14],在玉米整个生育期均可发生,以抽雄和灌浆期最为严重,从下部叶片开始发生,逐渐向上部叶片蔓延,严重时导致整株叶片枯死^[15]。1970 年该病在美国玉米生产区大流行,造成数十亿的经济损失^[16-17]。在我国,黄淮海流域是主要的流行发生区,适宜的温度和充足的降水会导致小斑病的大流行,夏玉米产区发病更为严重,可造成玉米减产 10%~80%,甚至绝收^[16-18]。

玉米锈病(southern corn rust),在玉米叶片、茎秆、叶鞘、苞叶均可发生,形成黄褐色孢子堆^[11-12]。已报道的玉米锈病有 3 种类型,分别为热带玉米锈病(*physopella zae* (mains) cummins et ramachar)、普通锈病(*Puccinia sorghi*)和南方锈病

(*Puccinia polysora*)^[11-12,19-20]。热带锈病尚未在我国发现,普通锈病分布广,但危害较轻,南方锈病发病范围较广,且发病频率较高,在短时间内能迅速蔓延,气温在 20℃ 左右,相对湿度达 90% 以上,发病较为严重的地块发病率能达 100%^[11]。近几年玉米小斑病和玉米锈病在我国华中、华北、东北、西北及黄淮平原玉米区的危害逐渐加重,已成为玉米产区重要的制约因素^[12,20-21]。

目前种植抗性品种和施用化学药剂是防治玉米病害的主要方式^[21-22]。抗性品种的选育周期长,且长期种植单一品种,易使生理小种多变,产生抗药性,因此化学防治在玉米病害防控中占有重要地位^[16,23]。但目前存在的主要问题是登记药剂少、用药量大且抗药性问题突出^[16],因此筛选有效防治玉米病害的绿色产品,符合当下绿色防控的要求,是玉米绿色生产的需要也是保护生态环境的重要措施。笔者通过田间药效试验明确复合微生物菌剂(3 种有效菌种: 枯草芽孢杆菌+解淀粉芽孢杆菌+胶冻样类芽孢杆菌)20 亿 CUF/mL、微生物菌剂哈茨木霉粉剂 5 亿 CUF/g、20% 春雷霉素水分散粒剂和 4% 井冈霉素 A 水剂 4 种生物制剂对玉米小斑病和锈病的田间防治效果,以期对玉米病害防治有效药剂的选择和合理使用提供技术依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试作物为玉米,品种为“苏玉 42”。防治对象为玉米小斑病、玉米锈病。

1.2 试验地概况 试验地位于江苏省淮安市淮阴区孟庄(118°52'E,33°36'N),地处北亚热带和暖温带交接区,属暖温带半湿润季风气候,季风显著。土壤肥力中等,年平均气温 14.8℃,年均降水量 945.5 mm。

基金项目 江苏农业自主创新资金项目(CX(23)3008);淮安市农科院科研基金项目(HNY202205)。

作者简介 陈亚丽(1993—),女,河北邢台人,研究实习员,硕士,从事农作物病害绿色化学防控研究。*通信作者,副研究员,硕士,从事农作物病虫害防治及经济作物病害研究。

收稿日期 2023-11-09

1.3 供试药剂 复合微生物菌剂(3种有效菌种:枯草芽孢杆菌+解淀粉芽孢杆菌+胶冻样类芽孢杆菌,以下均称复合微生物菌剂)20亿 CFU/mL,河北威远生物化工有限公司;微生物菌剂哈茨木霉粉剂(DF)5亿 CFU/g,慕恩(广州)生物科技有限公司;20%春雷霉素水分散粒剂(WG),山东省乳山韩威生物科技有限公司;4%井冈霉素A水剂(AS),浙江省桐庐汇丰生物科技有限公司。

1.4 试验设计 共设5个处理,分别为20%春雷霉素WG 191 g/hm²、6%井冈霉素A AS 2 135 g/hm²、微生物菌剂哈茨木霉 900 g/hm²、复合微生物菌剂 2 250 g/hm²、清水对照。小区采取随机排列,小区面积 50 m²,3次重复,共设置试验小区 15个。采用市下 SX-MD16E-2 16L 电动喷雾器,于 2023年 8月 17日(玉米大喇叭口期)进行茎叶喷雾处理,用水量为 450 kg/hm²。

1.5 调查方法 采取5点取样法,每点选取2株,每株上、中、下各选2片叶调查发病情况。按照 GB/T 17980.107—2004《农药田间药效试验准则(二)杀菌剂防治玉米大小斑病》和 GB/T 17980.23—2000《农药田间药效试验准则(一)杀菌剂防治禾谷类锈病(叶锈、条锈、秆锈)》^[24-25],在喷药后 10 d 进行病情调查,计算病情指数和防治效果^[24-25]。

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

表 1 4种杀菌剂对玉米小斑病的田间防效

Table 1 Field control efficacy of four fungicides on the southern corn leaf blight

处理 Treatment	病情指数 Disease index	防效 Control efficacy//%
20亿 CFU/mL 复合微生物菌剂 2 250 g/hm ² Compound microbial bacterial 2×10 ⁹ CFU/mL 2 250 g/hm ²	3.02±0.32 b	66.67±3.60 a
5亿 CFU/g 哈茨木霉粉剂 900 g/hm ² Trichoderma harzianum 5×10 ⁸ CFU/g DF 900 g/hm ²	3.58±0.16 b	60.54±1.80 ab
20%春雷霉素水分散粒剂 191 g/hm ² Kasugamycin 20% WG 191 g/hm ²	3.95±0.22 b	56.46±2.45 b
6%井冈霉素A水剂 2 135 g/hm ² Jingtangmycin A 6% AS 2 135 g/hm ²	4.26±0.18 b	53.06±2.04 b
清水对照 Water	9.07±0.77 a	—

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$)。

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level.

玉米锈病的防效显著优于其他处理,防效分别为 63.60% 和 61.20%,5 亿 CFU/g 哈茨木霉粉剂 900 g/hm²对玉米锈病的

防治效果(施药前无基数)=

$$\frac{\text{空白对照区病情指数} - \text{处理区病情指数}}{\text{空白对照区病情指数}} \times 100\%$$

玉米小斑病分级方法:0级,无病;1级,病斑面积占叶片面积的 5%以下;3级,病斑面积占叶片面积的 6%~10%;5级,病斑面积占叶片面积的 11%~25%;7级,病斑面积占叶片面积的 26%~50%;9级,病斑面积占叶片面积的 51%以上。

玉米锈病分级方法:0级,无病;1级,病斑面积占叶片面积的 5%以下;3级,病斑面积占叶片面积的 6%~25%;5级,病斑面积占叶片面积的 26%~50%;7级,病斑面积占叶片面积的 51%~75%;9级,病斑面积占叶片面积的 76%以上。

2 结果与分析

2.1 3种生物制剂对玉米小斑病的田间防效 3种杀菌剂对玉米小斑病的田间防治效果见表 1。由表 1 可知,20 亿 CFU/mL 复合微生物菌剂 2 250 g/hm² 和 5 亿 CFU/g 哈茨木霉粉剂 900 g/hm² 对玉米小斑病的防效优于其他处理,防效分别为 66.67% 和 60.54%,20% 春雷霉素 WG 191 g/hm² 和 6% 井冈霉素 A AS 2 135 g/hm² 对玉米小斑病的防效分别为 56.46% 和 53.06%,差异不显著。

2.2 3种生物制剂对玉米锈病的田间防效 3种杀菌剂对玉米锈病的田间防治效果见表 2。由表 2 可知,20 亿 CFU/mL 复合微生物菌剂 2 250 g/hm² 和 20% 春雷霉素 WG 191 g/hm² 对

防效为 54.80%,6% 井冈霉素 A AS 2 135 g/hm² 对玉米锈病的防效最差为 32.80%。

表 2 4种杀菌剂对玉米锈病的田间防效

Table 2 Field control efficacy of four fungicides on the southern corn rust

处理 Treatment	病情指数 Disease index	防效 Control efficacy//%
20亿 CFU/mL 复合微生物菌剂 2 250 g/hm ² Compound microbial bacterial 2×10 ⁹ CFU/mL 2 250 g/hm ²	5.62±0.33 d	63.60±2.12 a
5亿 CFU/g 哈茨木霉粉剂 900 g/hm ² Trichoderma harzianum 5×10 ⁸ CFU/g DF 900 g/hm ²	6.98±0.22 b	54.80±1.44 b
20%春雷霉素水分散粒剂 191 g/hm ² Kasugamycin 20% WG 191 g/hm ²	5.99±0.27 bc	61.20±1.74 ab
6%井冈霉素A水剂 2 135 g/hm ² Jingtangmycin A 6% AS 2 135 g/hm ²	10.37±0.49 b	32.80±3.17 c
清水对照 Water	15.43±0.34 a	—

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$)。

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level.

3 讨论

该试验结果表明,对玉米小斑病和锈病 2 种主要病害防效最优的是 20 亿 CUF/mL 复合微生物菌剂 2 250 g/hm²,其次 5 亿 CUF/g 哈茨木霉粉剂 900 g/hm² 对玉米小斑病的防效较好,20% 春雷霉素水分散粒剂 191 g/hm² 对锈病的防效

较为理想。

玉米小斑病是制约玉米产量重要的病害之一,生产上主要使用杀菌剂进行防治,但由于长期单一使用药剂,使得防治效果不理想,研究表明玉米小斑病对甲基硫菌灵^[25]、多菌灵^[26]产生了较强的抗药性,对戊唑醇^[27-28]、啞菌酯^[27]、烯唑

醇^[29]、百菌清^[30]敏感性降低。用于防治小斑病的生防菌剂主要有芽孢杆菌^[31]、哈茨木霉^[32]、青霉菌^[33]、伯克霍尔菌^[34]等,均有较好的防治效果。该研究结果表明,4 种生物制剂对玉米小斑病均有一定的防效,20 亿 CUF/mL 复合微生物菌剂(3 种有效菌种:枯草芽孢杆菌+解淀粉芽孢杆菌+胶冻样类芽孢杆菌)2 250 g/hm² 对玉米小斑病的防效最优,5 亿 CUF/g 哈茨木霉粉剂 900 g/hm² 的防效较好,与前人研究结果一致,马佳等^[31]、李金龙等^[35] 和刘勇等^[36] 研究表明,哈茨木霉对玉米小斑病的防治效果普遍较高,但对不同品种和不用区域防效有所不同。

玉米锈病作为一种气传病害,是我国玉米上重要病害之一,发生区域已经非常广泛,对玉米产量的影响是毁灭性的^[37]。近年来研究表明,玉米锈病在我国多省暴发流行,在黄淮平原玉米种植区发生面积和危害程度更为逐年加重,这是由于黄淮海地区冬小麦-夏玉米周年轮作,这为玉米锈病的发生提供了交叉感染的机会^[11-12]。抗性品种的种植是防治玉米锈病的重要手段,但由于品种抗病力较差、田间病菌积累、种植条件等原因,效果不甚理想,在生产上以化学防治为主,但存在诸多问题,如缺乏高效低毒的防治药剂及防治技术、常规化学防治难以控制、食品安全与化学药剂的矛盾日益突出等^[21],所以在此背景下,绿色有效药剂的筛选尤为重要。该试验结果表明,20 亿 CUF/mL 复合微生物菌剂(3 种有效菌种:枯草芽孢杆菌+解淀粉芽孢杆菌+胶冻样类芽孢杆菌)2 250 g/hm² 对玉米锈病的防效最好,20% 春雷霉素水分散粒剂 191 g/hm² 的防效较好,5 亿 CUF/g 哈茨木霉粉剂 900 g/hm² 对玉米锈病的防效次之。李丹等^[38] 研究表明解淀粉芽孢杆菌 SY-FX-69 对玉米锈病有较高的防治效果,刘勇等^[36] 研究表明在生产上可以选择用哈茨木霉等对玉米锈病进行防治,但要注意药剂的时效性等。

该试验用的 4 种生物制剂,无污染、无残留,对环境安全,在防治病害的同时也可以促进植物的生长,增强植物的抵抗力。该试验验证了复合微生物菌剂(3 种有效菌种:枯草芽孢杆菌+解淀粉芽孢杆菌+胶冻样类芽孢杆菌)20 亿 CUF/mL、微生物菌剂哈茨木霉粉剂 5 亿 CUF/g、20% 春雷霉素水分散粒剂和 4% 井冈霉素 A 水剂对玉米小斑病和玉米锈病的田间防效,为玉米绿色防控提供了技术依据。

参考文献

- [1] SHIFERAW B, PRASANNA B M, HELLIN J, et al. Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security[J]. *Food Secur*, 2011, 3(3): 307-327.
- [2] CHULZE S N. Strategies to reduce mycotoxin levels in maize during storage: A review[J]. *Food Addit Contam part A*, 2010, 27(5): 651-657.
- [3] GODFRAY H C J, BEDDINGTON J R, CRUTE I R, et al. Food security: The challenge of feeding 9 billion people[J]. *Science*, 2010, 327(5967): 812-818.
- [4] BOTHAST R J, SCHLICHER M A. Biotechnological processes for conversion of corn into ethanol[J]. *Appl Microbiol Biotechnol*, 2005, 67(1): 19-25.
- [5] 国家统计局. 中国统计年鉴 2022[M]. 北京: 中国统计出版社, 2022.
- [6] CARDWELL K F, SCHULTHEISS F, NDEMAH R, et al. A systems approach to assess crop health and maize yield losses due to pests and diseases in

- Cameroon[J]. *Agric Ecosyst Environ*, 1997, 65(1): 33-47.
- [7] TIMITI I N. A survey of maize (*Zea mays* L.) diseases in maize-growing areas in Cameroon[J]. *Revue science et technique*, 1980, 1(2): 83-89.
- [8] YANG Q, BALINT-KURTI P, XU M L. Quantitative disease resistance: Dissection and adoption in maize[J]. *Mol Plant*, 2017, 10(3): 402-413.
- [9] 戴法超, 高卫东, 王晓鸣, 等. 玉米弯孢菌叶斑病的初步研究简报[J]. *植物保护*, 1996, 22(4): 36-37.
- [10] 邱小燕. 四川省玉米小斑病菌群体多样性及对烯唑醇的敏感性研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2012.
- [11] 黄飞燕. 玉米对南方锈病抗性资源筛选及抗病特征[D]. 雅安: 四川农业大学, 2011.
- [12] 路璐. 玉米抗南方锈病基因挖掘和精细定位[D]. 北京: 中国农业科学院, 2020.
- [13] SMITH D, COOPER M, GOGERTY J, et al. Changes in performance, parentage, and genetic diversity of successful corn hybrids, 1930-2000[M]// SMITH C W, BETRAN J, RUNGE E C A, et al. *Corn: Origin, history, technology, and production*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley and Sons, 2004.
- [14] PRATT R C, GORDON S G. Breeding for resistance to maize foliar pathogens[J]. *Plant Breed Rev*, 2010, 27: 119-173.
- [15] 李聪聪, 王亚娇, 栗秋生, 等. 防治玉米叶斑病高效药剂筛选及药剂减施增效技术[J]. *植物保护*, 2022, 48(3): 342-348.
- [16] CHEN Y L, MAO X W, WANG J X, et al. Activity of the dinitroaniline fungicide fluzinam against *Bipolaris maydis*[J]. *Pestic Biochem Physiol*, 2018, 148: 8-15.
- [17] HAN X, ZHAO H, REN W C, et al. Resistance risk assessment for fludioxonil in *Bipolaris maydis*[J]. *Pestic Biochem Physiol*, 2017, 139: 32-39.
- [18] 孙常刚. 玉米小斑病的发生与防治[J]. *安徽农学通报*, 2012, 18(1): 108-109.
- [19] CASELA C, RENFRO B, KRATTIGER A F. Maize rusts: Diagnosing maize diseases in Latin America[R]. ISAAA, 1998: 8-14.
- [20] DOLEZAL W, TIWARI K, KEMERAIT R, et al. An unusual occurrence of southern rust, caused by *Rpp9-virulent Puccinia polysora*, on corn in Southwestern Georgia[J]. *Plant disease*, 2009, 93(6): 676-676.
- [21] 田耀加, 赵守光, 张晶, 等. 中国玉米锈病研究进展[J]. *中国农学通报*, 2014, 30(4): 226-231.
- [22] 王世麟. 山东省不同地区玉米小斑病病原鉴定及与矮花叶病复合侵染对玉米抗性的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2021.
- [23] 甘林, 王志纯, 代玉立, 等. 不同杀菌剂对玉米小斑病菌的抑制作用及其防治效果[J]. *福建农业学报*, 2015, 30(12): 1160-1165.
- [24] 农业部农药检定所. 农药田间药效试验准则(二) 第 107 部分: 杀菌剂防治玉米大小斑病: GB/T 17980.107—2004[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [25] 农业部农药检定所. 农药田间药效试验准则(一) 杀菌剂防治禾谷类锈病(叶锈、条锈、秆锈): GB/T 17980.23—2000[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [26] 谢伟烈, 郑卓辉, 谢艳华, 等. 5 种杀菌剂防治甜玉米小斑病田间药效试验[J]. *广东农业科学*, 2013, 40(9): 77-79.
- [27] 严婉荣, 陈圆, 肖敏, 等. 海南玉米小斑病菌室内药剂筛选及对戊唑醇、啉菌酯的敏感性[J]. *植物保护*, 2018, 44(4): 183-187.
- [28] 杜宜新, 阮宏椿, 石妞妞, 等. 福建玉米小斑病菌对戊唑醇、吡唑醚菌酯和啉菌酯的敏感性[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2017, 45(8): 69-75.
- [29] 张立新, 张军, 王建华, 等. 安徽省玉米小斑病菌对 5 种杀菌剂的敏感性[J]. *植物保护*, 2011, 37(4): 163-166.
- [30] 李彩云. 啉菌酯对玉米小斑病菌的生物活性研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2016.
- [31] 马佳, 范莉莉, 傅科鹤, 等. 哈茨木霉 SH2303 防治玉米小斑病的初步研究[J]. *中国生物防治学报*, 2014, 30(1): 79-85.
- [32] 彭兵. 生防菌株 A 抗真菌谱、抗菌蛋白的分离纯化及抗菌机理研究[D]. 石家庄: 河北师范大学, 2009.
- [33] 王霞, 王素英, 高朋辉. 青霉 TS67 菌株对大豆根腐病和玉米小斑病的防治效果评价[J]. *微生物学通报*, 2008, 35(8): 1246-1250.
- [34] 刘群. 玉米小斑病菌和弯孢霉叶斑病菌生物学特性及有效药剂和生防菌株的筛选[D]. 泰安: 山东农业大学, 2015.
- [35] 李金龙, 郭海霞, 申雪梅, 等. 4 种生物制剂对青贮玉米小斑病的防治效果[J]. *浙江农业科学*, 2023, 64(1): 209-213.
- [36] 刘勇, 周裕, 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.
- [37] 刘章雄, 王守才. 玉米锈病研究进展[J]. *玉米科学*, 2003, 11(4): 76-79.
- [38] 李丹, 孙慧, 李秀颖, 等. 解淀粉芽孢杆菌 SY-FX-69 的生物活性[J]. *农药*, 2015, 54(2): 136-138.