13 种杀菌剂对水稻胡麻叶斑病防效研究

冯爱卿， 朱小源， 汪聪颖， 陈凯玲， 封金奇，
杨健源， 林晓鹏， 陈 深*

（广东省农业科学院植物保护研究所，广东省植物保护新技术重点实验室，广州 510640）

摘要 为科学合理选用防治水稻胡麻叶斑病的杀菌剂，采用菌丝生长速率法，测定了 13 种杀菌剂对水稻胡麻叶斑病菌的毒力，对毒力较好的药剂开展盆栽防效试验。结果表明：测试的 13 种药剂中，70%丙森锌 WP、325 g/L 苯甲·嘧菌酯 SC、75%肟菌·戊唑醇 WG、23%醚菌·氟环唑 SC、50%福美双 WP、400 g/L 氯氟醚·吡唑酯 SC 对病原菌菌丝生长表现出明显的抑制作用，不同浓度处理的抑制率均达到 60%以上，最高可达 100%；各药剂对水稻胡麻叶斑病菌的毒力差异显著，325 g/L 苯甲·嘧菌酯 SC 对水稻胡麻叶斑病菌的毒力最高，EC_{50} 为 0.000 1 μg/mL；毒力较高的药剂有 23%醚菌·氟环唑 SC、75%肟菌·戊唑醇 WG、50%咪鲜胺锰盐 WP、70%丙森锌 WP、50%福美双 WP、9%吡唑醚菌酯 CS、30%苯甲·丙环唑 EC、400 g/L 氯氟醚·吡唑酯 SC、250 g/L 嘧菌酯 SC，EC_{50} 为 0.017 1～2.027 0 μg/mL；15%井冈霉素 SP、40%稻瘟灵 EC、75%三环唑 WP 的毒力较低，EC_{50} 为 11.265 4～88.283 5 μg/mL。人工接种盆栽防效试验结果显示，70%丙森锌 WP 对水稻胡麻叶斑病的预防效果最好，使用剂量 945～1 575 g/hm^2 的防效均在 72.00%以上；325 g/L 苯甲·嘧菌酯 SC 的治疗效果最好，使用剂量 195～292.5 g/hm^2 的防效均在 74.00%以上，这两种药剂可作为目前水稻胡麻叶斑病田间应急防控的首选药剂，二者作用机制不同，建议轮换使用。

关键词 水稻； 胡麻叶斑病； 杀菌剂； 毒力测定； 防效

中图分类号： S435.111 **文献标识码：** B **DOI：** 10.16688/j.zwbh.2021457

Efficacy of thirteen fungicides for controlling rice brown spot disease

FENG Aiqing， ZHU Xiaoyuan， WANG Congying， CHEN Kailing， FENG Jinqi，
YANG Jianyuan， LIN Xiaopeng， CHEN Shen*

（*Plant Protection Research Institute*，*Guangdong Academy of Agricultural Sciences*，*Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection*，*Guangzhou* 510640，*China*）

Abstract In order to scientifically and rationally select fungicides for control of rice brown spot disease caused by *Bipolaris oryzae*，toxicity evaluation of 13 fungicides on *B. oryzae* was conducted by mycelium growth rate method，and control effect of fungicides with better virulence on *B. oryzae* were determined by artificial inoculation pot experiment. The result showed that among 13 kinds of fungicides，propineb 70% WP，difenoconazole · azoxystrobin 325 g/L SC，trifloxystrobin · tebuconazole 75% WG，kresoxim-methyl · epoxiconazole 23% SC，prochloraz-manganese chloride complex 50% WP and chlorofluoroether · pyraclostrobin 400 g/L SC showed obvious inhibitory effect on the mycelium growth of *B. oryzae*，and the inhibition rates of different concentration treatments were more than 60%，up to 100%. The toxicity of these agents are significantly different. Among them，the toxicity of difenoconazole. azoxystrobin 325 g/L SC was the highest to *B. oryzae*，with the EC_{50} value of 0.000 1 μg/mL；kresoxim-methyl · epoxiconazole 23% SC，trifloxystrobin · tebuconazole 75% WG，prochloraz-manganese chloride complex 50% WP，propineb 70% WP，thiram 50% WP，pyraclostrobin 9% CS，difenoconazole · propiconazol 30% EC，chlorofluoroether · pyraclostrobin 400 g/L SC，and azoxystrobin 250 g/L SC with the EC_{50} values from 0.017 1 to 2.027 0 μg/mL. While the toxicity of jingangmycin A 15% SP，

收稿日期： 2021－08－20 **修订日期：** 2021－10－01
基金项目： 国家水稻产业技术体系(CARS-01-35)；广东省现代农业产业技术体系专项资金(2021KJ105)；广东省重点领域研发计划(2019B020217003)；广东省农业科学院“十四五”学科团队建设项目(202116TD)
* 通信作者 E-mail：ricedisease@gdppri.com

isoprothiolane 40% EC and tricyclazole 75% WP were lower, with the EC_{50} values from 11.265 4 to 88.283 5 μg/mL. Artificial inoculation pot experiment showed that propineb 70% WP had the best preventive effect on rice brown spot disease, and the preventive effect was more than 72.00% when the dosage was 945－1 575 g/hm². The therapeutic effect of difenoconazole · azoxystrobin 325 g/L SC on rice brown spot disease was the best, and the therapeutic effect was more than 74.00% when the dosage was 195－292.5 g/hm². The two kinds of fungicides can be used as the first choice for the field emergency prevention and control of rice brown spot disease at present, and the action mechanisms of the two fungicides are different, so the two fungicides are recommended to be used alternately.

Key words　rice;　rice brown spot;　fungicide;　toxicity evaluation;　disease control

由稻平脐蠕孢 *Bipolaris oryzae*（Breda de Haan）Shoem 侵染引起的水稻胡麻叶斑病（rice brown spot）[1]是世界性水稻病害，在各国稻区均有不同程度的发生。1945 年孟加拉国曾因该病流行造成水稻大面积失收而引起大饥荒[2]，我国 2004 年、2008 年、2009 年、2010 年在广西邕宁、江苏连云港市东海县、广西贺州昭平、河北唐海县均有大面积发生的报道[3-4]。该病可在水稻整个生育期侵染地上部各个器官，主要为害叶片和谷粒。胡麻叶斑病在叶片及叶鞘上的典型症状为：初期多呈褐色芝麻粒状，病斑边缘黄晕明显，后期病斑中央为灰褐色至灰白色，边缘褐色，严重时能相互连结形成不规则的大病斑，可致全叶枯死，植株早衰；谷粒早期受害，严重时全粒呈灰黑色造成秕谷，谷粒质脆易碎，严重影响水稻的产量和品质。感病田块一般减产 10%～30%，严重者减产 50%以上甚至绝收[5]。以前通常认为该病主要是由于土地贫瘠、长期高温干旱或缺钾等原因造成，通过施肥、补硅、钾等改善栽培条件即可达到防控效果[5-7]。Phelps 等[8]证明土壤营养元素的缺乏并不是导致胡麻叶斑病发病的全部因素，即使进行了充分合理的施肥，在菌源充足，适合的天气条件下仍能大发生。近年来，由于菌源累积、感病品种的普遍种植、稻种频繁调运、耕作方式和气候的改变，该病害有上升流行的趋势。笔者在协助 2018 年全国农业技术推广服务中心开展的水稻穗期病害调查中发现，在来自广东、湖南的 45 个水稻病害样本中，有 30 个样本检测到胡麻叶斑病菌，占检测样本的 66.67%。

稻平脐蠕孢与稻瘟病菌均属半知菌丝孢纲丝孢目暗色孢科，两者侵染水稻后发病症状虽有些相似，但早在 1964 年陈永萱等[9]已证明两者在碳、氮营养成分利用上有差异，发病规律、发病条件均不同。因此，在防治方法、管理措施上应有一定的区别。由于以往传统观念上多认为该病为次要病害，在药剂防治方面可参照稻瘟病，所以有关研究报道不多。瓮巧云等[10]室内试验证明 50%腐霉利可湿性粉剂、75%百菌清悬浮剂、15%三唑酮悬浮剂对胡麻叶斑病菌的抑制率分别为 100%、82.8%和 74.7%。秦忠等[11]用 30%苯甲·丙环唑乳油（爱苗）在抽穗前 7 d 左右和齐穗期各喷施 1 次，对该病有显著防效。韩民利等[12]研究表明，用 30%苯甲·丙环唑乳油（世苗）在水稻破口前 4～7 d 和齐穗期各喷施 1 次，可有效控制水稻生长后期胡麻叶斑病的发生。潘连富等[13]、赵朝明等[14]用 70%丙森锌可湿性粉剂防控胡麻叶斑病有较好的防效，且增产明显。以上国内有关水稻胡麻叶斑病防控药剂的研究一般只针对单一药剂或 2～3 种药剂，且大都是通过室内菌丝生长抑制数据或大田自然发病进行验证，缺乏化学单剂、复配剂、生物制剂对其防效、作用特性的综合性研究。目前对胡麻叶斑病的研究进程与该病害田间日渐发生严重的现实相比，在防控药剂、技术研究方面相对滞后，力度有待进一步加强。

植物病害防控历史中，在抗病品种缺乏、栽培防控措施效果有限的情况下，化学防治是控制病害最有效、快速的方法。然而，目前国内已登记防治水稻胡麻叶斑病的药剂非常有限，仅有丙森锌和福美双 2 个单剂和 12 个配方产品（信息来自中国农药信息网农药登记数据），远远不能满足生产实际需要。本研究采用菌丝生长速率法，测定了 13 种杀菌剂对水稻胡麻叶斑病菌菌丝生长的抑制作用；在此基础上，开展了人工接种盆栽试验，测定了室内对 *B. oryzae* 抑菌效果较好的药剂不同剂量对胡麻叶斑病的预防和治疗效果。旨在筛选出对水稻胡麻叶斑病防效好的药剂，为生产实际中胡麻叶斑病的防控提供更多选择。

1　材料与方法

1.1　试验材料

供试培养基：燕麦番茄汁培养基（番茄汁 150 mL，

燕麦片 40 g,碳酸钙 0.6 g,琼脂粉 18.75 g,蒸馏水定容至 1 000 mL),主要用于水稻胡麻叶斑病菌人工接种盆栽试验产孢和菌丝生长。酵母固体培养基(可溶性淀粉 10 g、酵母浸出膏 4 g、琼脂粉20 g、蒸馏水定容至 1 000 mL),主要用于药剂毒力测定试验菌丝生长。

供试水稻材料:感胡麻叶斑病水稻品种'新黄占'。

供试菌株:稻平脐蠕孢 *Bipolaris oryzae*(Breda de Haan)Shoem,分离自广西都安稻田病株上。经常规组织分离法获得并按柯赫氏法则进行验证。菌株在酵母固体培养上纯化、燕麦番茄汁培养基产孢后置 4℃冰箱备用。病原菌分离与鉴定参考相关文献报道[15-16]。

供试药剂:用于室内毒力筛选供试杀菌剂及处理剂量(有效成分量,下同)见表 1,用于盆栽试验筛选预防和治疗效果的药剂及处理剂量见表 2。

表 1 室内毒力测定药剂名称及处理剂量

Table 1 Designation and treated dose of fungicides for indoor toxicity test

供试药剂 Fungicide	生产厂家 Manufacture	有效成分用量/μg·mL^{-1} Active ingredient dose
70%丙森锌可湿性粉剂 propineb 70% WP	拜耳股份公司	30.80、15.40、7.70、3.85、1.93
50%咪鲜胺锰盐可湿性粉剂 prochloraz-manganese chloride complex 50% WP	苏州富美实植物保护有限公司	33.30、16.70、8.30、4.20、1.10
250 g/L 嘧菌酯悬浮剂 azoxystrobin 250 g/L SC	先正达南通作物保护有限公司	40.00、20.00、10.00、5.00、1.25
325 g/L 苯甲·嘧菌酯悬浮剂 difenoconazole·azoxystrobin 325 g/L SC	先正达南通作物保护有限公司	52.00、26.00、13.00、6.50、1.63
75%肟菌·戊唑醇水分散粒剂 trifloxystrobin·tebuconazole 75% WG	拜耳股份公司	5.25、2.63、1.32、0.66、0.33
23%醚菌·氟环唑悬浮剂 kresoxim-methyl·epoxiconazole 23% SC	巴斯夫植物保护(江苏)有限公司	31.30、15.60、7.80、3.90、1.0
9%吡唑醚菌酯微囊悬浮剂 pyraclostrobin 9% CS	巴斯夫欧洲公司	10.00、5.00、2.50、1.25、0.31
50%福美双可湿性粉剂 thiram 50% WP	河北冠龙农化有限公司	200.00、100.00、50.00、25.00、12.50
40%稻瘟灵乳油 isoprothiolane 40% EC	江苏龙灯化学有限公司	100.00、50.00、25.00、12.50、6.30
400 g/L 氯氟醚·吡唑酯悬浮剂 chlorofluoroether·pyraclostrobin 400 g/L SC	巴斯夫欧洲公司	40.00、20.00、10.00、5.00、1.25
30%苯甲·丙环唑乳油 difenoconazole·propiconazol 30% EC	先正达(中国)投资有限公司	20.00、10.00、5.00、2.50、0.63
15%井冈霉素可溶粉剂 jingangmycin A 15% SP	浙江省桐庐汇丰生物科技有限公司	30.00、15.00、7.50、3.75、0.94
75%三环唑可湿性粉剂 tricyclazole 75% WP	一帆生物科技集团有限公司	93.76、46.88、23.44、11.72、2.93

表 2 用于预防和治疗水稻胡麻叶斑病试验的药剂名称及处理剂量1)

Table 2 Fungicides and their dosage in potted plant screening test on the preventive and therapeutic control against rice brown spot disease

供试药剂 Fungicide	生产厂家 Manufacture	有效成分用量/g·(hm^2)$^{-1}$ Active ingredient dose
70%丙森锌 WP propineb 70% WP	拜耳股份公司	1575、1260、945
50%福美双 WP thiram 50% WP	河北冠龙农化有限公司	960、720、480
75%三环唑 WP tricyclazole 75% WP	一帆生物科技集团有限公司	675、450、225
325 g/L 苯甲·嘧菌酯 SC difenoconazole·azoxystrobin 325 g/L SC	先正达南通作物保护有限公司	292.5、195、97.5
75%肟菌·戊唑醇 WG trifloxystrobin·tebuconazole 75% WG	拜耳股份公司	450、281.25、112.5
23%醚菌·氟环唑 SC kresoxim-methyl·epoxiconazole 23% SC	巴斯夫植物保护(江苏)有限公司	276、207、138
400 g/L 氯氟醚·吡唑酯 SC chlorofluoroether·pyraclostrobin 400 g/L SC	巴斯夫欧洲公司	360、240、120
40%稻瘟灵 EC isoprothiolane 40% EC	江苏龙灯化学有限公司	840、660、480
CK1(接种后喷清水) CK1(spraying of water after inoculation)	—	—
CK2(不接种喷清水) CK2(spraying of water non-inoculation)	—	—

1) 表中前 3 个药剂进行了预防效果试验,所有药剂均进行了治疗效果试验。
The first three fungicides in the table were tested for preventive effect, while all fungicides were tested for therapeutic effect.

1.2 试验方法

1.2.1 杀菌剂对水稻胡麻叶斑病菌室内毒力测定

采用菌丝生长速率法。在无菌条件下,将各供试药剂按表 1 的处理剂量配制成不同浓度梯度的带药酵母固体培养基,以加无菌水的酵母固体培养基平板为对照。供试菌株接种在培养基平板上,置

25℃黑暗条件下培养 3 d，用打孔器从菌落边缘打取直径 0.5 cm 的菌饼，接种到含试验药剂系列浓度及无药的酵母固体培养基平板上，每个处理重复 3 次，培养 4 d 后采用十字交叉法测量各处理菌落直径，计算菌丝生长抑制率[17]。

菌丝生长抑制率＝(对照菌落生长直径－处理菌落生长直径)/(对照菌落生长直径－菌饼直径)×100%。

1.2.2 盆栽试验筛选预防、治疗胡麻叶斑病药剂

选择经室内毒力测定抑菌效果较好的 6 种药剂和 2 种常规药剂共 8 种进行盆栽试验。其中有 3 个药剂(70%丙森锌 WP、50%福美双 WP、75%三环唑 WP)既进行预防试验，又进行治疗试验，另外 5 种药剂只进行治疗试验。(预防试验：接菌前处理；治疗试验：接菌后处理)。每种药剂设 3 个浓度处理，设接种后喷清水(CK1)和不接种喷清水(CK2)对照处理，共 35 个处理，每处理 4 个重复(即 4 盆苗)，共 140 盆苗(育苗盆上下底直径分别为 14 cm 和 10 cm，盘高 13 cm)，每盆种植 20 株苗，各供试药剂及处理剂量见表 2。

当大部分秧苗长至 4～5 叶龄时，进行人工喷雾接种。每盆(重复)喷菌液量 30 mL(1×10^5 个/mL 孢子悬浮液)。接种后置于 28℃、RH 95%以上的保湿培养箱中培养 24 h，然后喷第 1 次药，第 1 次药后 7 d 喷第 2 次药作为治疗效果测试(表 2 中所有药剂)。除喷药当天外其余时间均在温室(28～32℃)中定时喷雾保湿。

对药剂 70%丙森锌 WP、50%福美双 WP、75%三环唑 WP 还进行了预防效果测试。在接种前先进行喷药剂处理(第 1 次施药)，喷药 24 h 后接菌；第 2 次施药在接菌后 24 h。其他管理措施与治疗效果测试一致。

防效调查：每株水稻调查上部第 2 或第 3 片叶，每盆调查 20 片叶，每处理共调查 80 片叶，记录每片叶的病级数，计算病情指数和防治效果。病害分级参照国际水稻研究所胡麻叶斑病品种抗性分级标准[19]。以病斑占叶面积百分比为指标：0 级，叶片无病斑；1 级，小于 1%；2 级，1%～3%；3 级，4%～5%；4 级，6%～10%；5 级，11%～15%；6 级，16%～25%；7 级，26%～50%；8 级，51%～75%；9 级，76%～100%。按下列公式计算病情指数和防治效果。

病情指数＝Σ(各级病叶数×相对级数值)/(调查总叶数×最高级数值)×100；

防治效果＝(对照区病情指数－处理区病情指数)/对照区病情指数×100%。

盆栽试验于 2021 年 4 月－5 月进行，2021 年 4 月 12 日播种。预防处理：4 月 28 日喷第 1 次药，4 月 29 日人工喷雾接种，4 月 30 日各处理喷第 2 次药，5 月 11 日各处理进行防效调查。治疗处理：4 月 29 日人工喷雾接种，4 月 30 日喷第 1 次药，5 月 7 日各处理喷第 2 次药，5 月 11 日各处理进行防效调查。

1.3 数据处理与分析

采用 SAS 9.0 软件中 Procprobit log10 进行室内毒力测试数据分析，计算各杀菌剂有效抑制中浓度(EC_{50})、95%置信区间、卡方值等相关参数，以衡量不同杀菌剂对病原菌的毒力效果；药剂对病害的预防和治疗效果试验数据采用 Duncan 氏新复极差法比较不同处理间的病情指数和防治效果，应用 DPS 9.50 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 供试杀菌剂对水稻胡麻叶斑病菌菌丝生长的影响

在 5 种不同处理剂量下，13 种供试杀菌剂对水稻胡麻叶斑病菌菌丝生长的抑制作用见表 3。由表 3 可知：13 种药剂中，70%丙森锌 WP、325 g/L 苯甲·嘧菌酯 SC、75%肟菌·戊唑醇 WG、23%醚菌·氟环唑 SC、50%福美双 WP、400 g/L 氯氟醚·吡唑酯 SC 对病原菌菌丝生长表现出明显的抑制作用，不同浓度处理的抑制率均达到 60%以上，最高可达 100%；其次是 30%苯甲·丙环唑 EC、50%咪鲜胺锰盐 WP、250 g/L 嘧菌酯 SC、9%吡唑醚菌酯 CS；其他 3 种药剂对病原菌也有一定的抑制作用，但效果不明显。其中，400 g/L 氯氟醚·吡唑酯 SC 在处理剂量为 40.00 μg/mL 时抑菌率达 100%；70%丙森锌 WP、325 g/L 苯甲·嘧菌酯 SC、75%肟菌·戊唑醇 WG、23%醚菌·氟环唑 SC、50%福美双 WP 在处理剂量分别为 30.80 μg/mL、52.00 μg/mL、5.25 μg/mL、31.30 μg/mL、200.00 μg/mL 时抑菌率可达 75.18%～87.59%。这 6 种药剂的抑菌率明显好于其他药剂处理和无菌水对照，说明以上 6 种药剂对水稻胡麻叶斑病菌具有一定的防治效果。

表 3　13 种杀菌剂对水稻胡麻叶斑病菌菌丝生长的抑制效果

Table 3　Inhibitory effects of 13 fungicides on mycelial growth of *Bipolaris oryzae*

供试药剂 Fungicide	有效成分用量/μg·mL^{-1} Active ingredient dose	菌落直径/cm Colony diameter	抑制率/% Inhibition rate	供试药剂 Fungicide	有效成分用量/μg·mL^{-1} Active ingredient dose	菌落直径/cm Colony diameter	抑制率/% Inhibition rate
70%丙森锌 WP propineb 70% WP	30.80	1.05	84.67	50%福美双 WP thiram 50% WP	200.00	0.85	87.59
	15.40	1.35	80.29		100.00	1.05	84.67
	7.70	1.67	75.67		50.00	1.22	82.24
	3.85	1.60	76.64		25.00	1.40	79.56
	1.93	2.20	67.88		12.50	1.72	74.94
50%咪鲜胺锰盐 WP prochloraz-manganese chloride complex 50% WP	33.30	2.38	65.21	40%稻瘟灵 EC isoprothiolane 40% EC	100.00	1.90	72.26
	16.70	2.42	64.72		50.00	3.42	50.12
	8.30	2.72	60.34		25.00	4.63	32.36
	4.20	2.75	59.85		12.50	5.73	16.30
	1.10	2.90	57.66		6.30	6.08	11.19
250 g/L 嘧菌酯 SC azoxystrobin 250g/L SC	40.00	2.13	68.86	400 g/L 氯氟醚·吡唑酯 SC chlorofluoroether·pyraclostrobin 400g/L SC	40.00	0.00	100.00
	20.00	2.77	59.61		20.00	0.90	86.86
	10.00	2.82	58.88		10.00	1.55	77.37
	5.00	2.95	56.93		5.00	1.70	75.18
	1.25	3.63	46.96		1.25	2.18	68.13
325 g/L 苯甲·嘧菌酯 SC difenoconazole·azoxystrobin 325g/L SC	52.00	1.70	75.18	30%苯甲·丙环唑 EC difenoconazole·propiconazole 30% EC	20.00	0.95	86.13
	26.00	2.00	70.80		10.00	2.52	63.26
	13.00	2.03	70.32		5.00	2.55	62.77
	6.50	2.13	68.86		2.50	2.98	56.45
	1.63	2.13	68.86		0.63	3.05	55.47
75%肟菌·戊唑醇 WG trifloxystrobin·tebuconazole 75% WG	5.25	1.57	77.13	15%井冈霉素 SP jingangmycin A 15% SP	30.00	2.38	65.21
	2.63	1.72	74.94		15.00	3.10	54.74
	1.31	1.82	73.48		7.50	3.48	49.15
	0.66	2.35	65.69		3.75	4.70	31.39
	0.33	2.40	64.96		0.94	6.53	4.62
23%醚菌·氟环唑 SC kresoxim-methyl·epoxiconazole 23% SC	31.30	0.87	87.35	75%三环唑 WP tricyclazole 75% WP	93.76	2.73	60.10
	15.60	0.92	86.62		46.88	4.73	30.90
	7.80	1.00	85.40		23.44	6.08	11.19
	3.90	1.32	80.78		11.72	6.42	6.33
	1.00	1.82	73.48		2.93	6.53	4.62
9%吡唑醚菌酯 CS Pyraclostrobin 9% CS	10.00	2.00	70.80	对照 CK	—	6.85	—
	5.00	2.50	63.50				
	2.50	2.55	62.77				
	1.25	3.08	54.99				
	0.31	3.45	49.64				

2.2　供试杀菌剂对水稻胡麻叶斑病菌室内毒力结果

各药剂对胡麻叶斑病菌的毒力差异显著。对该菌毒力最强的杀菌剂是 325 g/L 苯甲·嘧菌酯 SC，其 EC_{50} 值为 0.000 1 μg/mL；其次是 23%醚菌·氟环唑 SC、75%肟菌·戊唑醇 WG、50%咪鲜胺锰盐 WP，EC_{50} 在 0.0171～0.063 0 μg/mL；70%丙森锌 WP、50%福美双 WP、9%吡唑醚菌酯 CS、400 g/L 氯氟醚·吡唑酯 SC、30%苯甲·丙环唑 EC 毒力也较强，EC_{50} 在 0.116 8～0.660 0 μg/mL；250 g/L 嘧菌酯 SC 毒力中等，EC_{50} 为 2.027 0 μg/mL。15%井冈霉素 SP、40%稻瘟灵 EC、75%三环唑 WP 毒力较弱，EC_{50} 为 11.265 4～88.283 5 μg/mL（表 4）。药剂氯氟醚·吡唑酯、苯甲·丙环唑及三环唑，数据模型拟合效果差（$P<0.05$）；药剂苯甲·嘧菌酯根据拟合模型所计算得出的 EC_{50} 为 0.000 1，接近于 0，这四者其 EC_{50} 95%置信区间的参考意义不大所以没列出。出现以上情况可能与浓度梯度范围还不够或药剂本身的特性有关，有待进一步研究。

表 4　13 种杀菌剂对胡麻叶斑病菌菌丝生长的室内毒力

Table 4　Indoor toxicity of thirteen fungicides to *Bipolaris oryzae*

杀菌剂 Fungicide	斜率 Slope±SE	χ^2	df	抑制中浓度/μg·mL^{-1} EC_{50}	P	95%置信区间/μg·mL^{-1} 95% confidence interval
70%丙森锌 WP　propineb 70% WP	0.413 0±0.147 9	0.820 7	3	0.116 8	0.844 5	0～0.684 9
50%咪鲜胺锰盐 WP prochloraz-manganese chloride complex 50% WP	0.142 6±0.111 6	0.186 4	3	0.063 0	0.979 8	0.000 1～86.007 4
250 g/L 嘧菌酯 SC　azoxystrobin 250 g/L SC	0.333 5±0.109 8	0.823 6	3	2.027 0	0.843 8	0.112 0～4.761 9
325 g/L 苯甲·嘧菌酯 SC difenoconazole·azoxystrobin 325 g/L SC	0.108 1±0.114 3	0.433 4	3	0.000 1	0.933 3	—
75%肟菌·戊唑醇 WG trifloxystrobin·tebuconazole 75% WG	0.329 7±0.140 8	0.493 5	3	0.025 3	0.920 3	0～0.165 0
23%醚菌·氟环唑 SC kresoxim-methyl·epoxiconazole 23% SC	0.369 3±0.127 4	0.408 7	3	0.017 1	0.938 4	0～0.195 7
9%吡唑醚菌酯 CS　pyraclostrobin 9% CS	0.358 6±0.110 1	0.593 3	3	0.392 9	0.898 0	0.024 8～0.934 7
50%福美双 WP　thiram 50% WP	0.386 7±0.155 6	0.045 8	3	0.208 8	0.997 4	0～2.385 2
40%稻瘟灵 EC　isoprothiolane 40% EC	1.559 8±0.156 1	1.598 7	3	46.629 6	0.659 7	38.689 1～58.250 1
400g/L 氯氟醚·吡唑酯 SC chlorofluoroether·pyraclostrobin 400 g/L SC	0.782 2±0.288 7	14.093 1	3	0.499 1	0.002 8	—
30%苯甲·丙环唑 EC difenoconazole·propiconazol 30% EC	0.478 4±0.222 4	11.549 4	3	0.660 0	0.009 1	—
15%井冈霉素 SP　jingangmycin A 15% SP	1.249 2±0.202 5	6.858 1	3	11.265 4	0.076 6	6.488 8～24.625 7
75%三环唑 WP　tricyclazole 75% WP	1.539 9±0.430 6	18.538 3	3	88.283 5	0.000 3	—

2.3　药剂的预防和治疗效果

2.3.1　供试药剂对水稻的安全性及试验的有效性

根据盆栽试验目测调查，各供试杀菌剂在本试验使用剂量下对水稻安全，未发现有药害现象。接种 13 d 调查，接种后喷清水对照区发病充分，病叶病级最高达 9 级，平均病情指数为 81.67。说明菌株毒性和发病环境条件适宜，均达到试验要求，本试验结果有效。

2.3.2　药剂预防效果

由表 5 可知，3 种具有预防作用的药剂随用药量增加对水稻胡麻叶斑病的防效均逐渐提高，各药剂对胡麻叶斑病的防效治果差异显著。人工喷雾接种喷 2 次药后，70%丙森锌 WP 在使用剂量 945～1 575 g/hm^2 下防效均在 72.00%以上，最高达 78.74%；但 50%福美双 WP、75%三环唑 WP 无论在高剂量下还是低剂量下防效均较低，防效均在 25%以下。说明在本试验剂量下以上药剂中只有 70%丙森锌 WP 对水稻胡麻叶斑病有较好的预防效果，建议推荐使用剂量为 945～1 575 g/hm^2。

表 5　3 种药剂对水稻胡麻叶斑病的预防效果[1)]

Table 5　Preventive effect of three fungicides on rice brown spot disease

处理 Treatment	有效成分用量/g·(hm^2)$^{-1}$ Active ingredient dose	二次药后平均病指 Mean disease index after second application	二次药后平均防效/% Mean control effect after second application
70%丙森锌 WP propineb 70% WP	1 575	(17.36±0.80)gE	(78.74±0.80)aA
	1 260	(18.61±1.25)gE	(77.21±1.34)aAB
	945	(22.50±0.73)fE	(72.45±0.67)bB
50%福美双 WP thiram 50% WP	960	(61.39±0.98)eD	(24.83±0.60)cC
	720	(64.17±1.59)deCD	(21.43±1.32)cdCD
	480	(73.47±1.66)cB	(10.03±1.54)eE
75%三环唑 WP tricyclazole 75% WP	675	(67.08±2.21)dC	(17.86±2.04)dD
	450	(76.39±1.41)bcAB	(6.46±0.94)eEF
	225	(80.14±1.75)abA	(1.87±1.46)fF
CK1	—	(81.67±0.72)aA	—
CK2	—	(0.00±0.00)hF	—

1) 表中同列数据后的小写字母表示处理间差异达显著水平($P<0.05$)，大写字母表示处理间差异达极显著水平($P<0.01$)。CK1：接种后喷清水；CK2：不接种喷清水。下同。

Different lowercase or capital letters in the same column mean significant difference at $P<0.05$ or at $P<0.01$ level by Duncan's new multiple range test. CK1：Spraying of water after inoculation；CK2：Spraying of water without inoculation. The same bellow.

2.3.3 药剂治疗效果

8 种药剂对胡麻叶斑病的治疗效果差异显著。以 325 g/L 苯甲·嘧菌酯 SC 效果最好，在 195～292.5 g/hm² 浓度下防效均在 74.00%以上；其次是 400 g/L 氯氟醚·吡唑酯 SC，在 360 g/hm² 浓度下治疗防效为 45.27%，但其他剂量下防效较低；23%醚菌·氟环唑 SC 在高剂量 276 g/hm² 时治疗效果仅为 31.15%；其余 5 种药剂防治效果均不理想，防效均在 14%以下。说明在本试验剂量下，上述药剂中只有 325 g/L 苯甲·嘧菌酯 SC、400 g/L 氯氟醚·吡唑酯 SC 对水稻胡麻叶斑病有较好的治疗效果，325 g/L 苯甲·嘧菌酯 SC 推荐使用剂量为 195～292.5 g/hm²，400 g/L 氯氟醚·吡唑酯 SC 建议使用剂量为 360 g/hm² 以上(表 6)。

表 6 不同药剂对水稻胡麻叶斑病的治疗效果

Table 6 Therapeutic effect of different fungicides on rice brown spot disease

处理 Treatment	有效成分用量/ g·(hm²)⁻¹ Active ingredient dosage	二次药后平均病指 Mean disease index after second application	二次药后平均防效/% Mean control effect after second application
70%丙森锌 WP propineb 70% WP	1 575	(76.81±1.58)abcABC	(5.98±1.19)ijGHI
	1 260	(77.36±1.44)abcABC	(5.30±0.98)ijGHIJ
	945	(78.61±1.88)abABC	(3.78±1.46)jklHIJ
50%福美双 WP thiram 50% WP	960	(77.50±2.16)abcABC	(5.15±1.81)ijGHIJ
	720	(77.64±2.02)abcABC	(4.97±1.70)ijkHIJ
	480	(80.69±0.69)aABC	(1.19±0.17)klIJ
75%三环唑 WP tricyclazole 75% WP	675	(70.42±1.53)dDE	(13.8±1.23)gF
	450	(78.47±2.19)abABC	(3.96±1.93)jklHIJ
	225	(81.11±0.72)aA	(0.68±0.004)lJ
325 g/L 苯甲·嘧菌酯 SC difenoconazole·azoxystrobin 325 g/L SC	292.5	(18.06±0.73)iI	(77.91±0.72)aA
	195	(21.11±1.01)iI	(74.18±1.02)bA
	97.5	(36.25±1.67)hH	(55.65±1.67)cB
75%肟菌·戊唑醇 WG trifloxystrobin·tebuconazole 75% WG	450	(73.47±1.85)cdCD	(10.07±1.55)hFG
	281.25	(77.22±1.42)abcABC	(5.46±0.95)ijGHIJ
	112.5	(79.31±1.42)abABC	(2.91±0.93)jklIJ
23%醚菌·氟环唑 SC kresoxim-methyl·epoxiconazole 23% SC	276	(56.25±1.35)fF	(31.15±1.07)eD
	207	(58.06±1.73)fF	(28.95±1.51)eD
	138	(74.72±2.11)bcBCD	(8.55±1.85)hiGH
400 g/L 氯氟醚·吡唑酯 SC chlorofluoroether·pyraclostrobin 400 g/L SC	360	(44.72±1.33)gG	(45.27±1.16)dC
	240	(66.25±1.35)eE	(18.90±0.97)fE
	120	(78.19±1.19)abABC	(4.27±0.62)jklHIJ
40%稻瘟灵 EC isoprothiolane 40% EC	840	(79.17±0.73)abABC	(3.06±0.20)jklIJ
	660	(80.83±0.73)aAB	(1.02±0.20)lIJ
	480	(80.97±0.47)aAB	(0.84±0.32)lIJ
CK1	—	(81.67±0.72)aA	—
CK2	—	(0.00±0.00)jJ	—

3 结论与讨论

当前，对于水稻胡麻叶斑病抗病品种缺乏、其他防控措施效果有限，而田间却日渐发生严重的情况下，药物防治是防控该病的首选应急措施，所选药物是否有效显得尤为重要。本研究通过室内毒力测定，结合药剂的预防和治疗效果试验，首次系统评价了 13 个新、旧药剂对水稻胡麻叶斑病的防效，本研究结果与国内部分研究者的结果相似或相符。秦忠等[11]、韩民利等[12]均进行了田间自然发病防效试验，证明 30%苯甲·丙环唑 EC 可有效控制水稻胡麻叶斑病的发生，与本试验证明其对胡麻叶斑病菌的毒力较强(EC_{50} 为 0.66 μg/mL)相符合。潘连富等[13]通过田间自然发病防效试验，也证明在水稻分

蘖封行后以 70%丙森锌可湿性粉剂 75～100 g 兑水 60 kg 喷雾，药后 20 d 对水稻纹枯病、胡麻叶斑病的防治效果均达 100%，30 d 后的防治效果也达 90%以上。赵朝明等[14]研究表明，在水稻含胎期和齐穗期各喷施 1 次 70%丙森锌 WP，对胡麻叶斑病叶片病斑和谷穗防效分别达 94.6%和 92.8%，在含胎期喷施 1 次对叶片病斑和谷穗防效分别达 89.1%和 79.1%，且对提高稻谷产量和质量的作用明显。潘连富等[13]、赵朝明等[14]的研究结果与本研究均证明 70%丙森锌 WP 对水稻胡麻叶斑病有较好的预防效果，而本试验的防效在 72%～78%，比两位研究者的稍低些，这可能与试验方式（自然发病还是人工接种）、菌株差异、使用剂量等因素相关。70%丙森锌 WP 是一种保护性杀菌剂，主要作用于真菌细胞壁和蛋白质的合成，能抑制孢子的侵染和萌发，同时能抑制菌丝体的生长，导致其变形、死亡，在穗期使用还能对水稻具有补锌作用。325 g/L 苯甲·嘧菌酯 SC 为复配内吸性杀菌剂，其中苯醚甲环唑属三唑类杀菌剂，具有保护、治疗和内吸作用，是甾醇脱甲基化抑制剂，抑制细胞壁甾醇的生物合成，阻止真菌的生长，嘧菌酯为线粒体呼吸抑制剂，即通过在细胞色素 Bcl 向细胞素 C 的电子转移，从而抑制线粒体的呼吸，具有保护、铲除、渗透、内吸作用，抑制孢子萌发和菌丝生长并抑制产孢。400 g/L 氯氟醚·吡唑酯 SC 是 2021 年新上市的药剂。其中氯氟醚菌唑是异丙醇三唑类杀菌剂，为甾醇类生物合成抑制剂的脱甲基抑制剂 G1(DMI)亚组，具有较好的内吸传导性，兼具保护和治疗作用；吡唑醚菌酯是甲氧基丙烯酸酯类广谱杀菌剂，为 C3(QoI)亚组，具有作用速度快，施药后在叶片上形成沉降药膜，与蜡质层紧密粘连，迅速穿透到叶片中并在叶肉组织内扩散的特点，但该药剂未在水稻上登记，不能在水稻上使用。本试验结果证明，70%丙森锌 WP 对水稻胡麻叶斑病有较好的预防效果；325 g/L 苯甲·嘧菌酯 SC 对胡麻叶斑病有较好的治疗作用。二者作用机制不同，可作为目前水稻胡麻叶斑病田间应急防控的首选药剂，建议轮换使用两种药剂。

丙森锌和福美双是目前仅有的登记防治水稻胡麻叶斑病的药剂，两者均是保护性为主的杀菌剂。在本研究中已证明 70%丙森锌 WP 对水稻胡麻叶斑病有较好的预防效果，防效可达 78.74%，但治疗效果却较差，所以该药剂应在发病前或发病初期使用。而福美双是有机硫类保护性杀菌剂，具有抑菌和杀菌双重作用，是以预防作用为主兼有治疗作用的药剂，在本研究中，虽然室内毒力测定证明其有较强的毒力，但无论是预防作用试验还治疗作用试验防效均较低，这可能与设置的使用浓度、使用方法、环境等因素有关，有待进一步研究。23%醚菌·氟环唑 SC 为氟环唑和醚菌酯的混配杀菌剂，兼具三唑类及甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂的特性，早期使用可阻止病菌侵入，并延缓抗性的产生。在本研究中其室内毒力也较强，治疗作用防效为 31.15%，属于防效中等类型，该药剂可兼防水稻稻瘟病和纹枯病，可作为水稻胡麻叶斑病发病初期备用药剂轮换使用。75%三环唑 WP、40%稻瘟灵 EC、15%井冈霉素 SP 在生产上经常被用作兼防或单独防治水稻胡麻叶斑病，但在本研究中三者对水稻胡麻叶斑病的室内毒力均较低，预防作用、治疗作用防治效果亦十分差，建议生产上引导种植者不要盲目施用。

目前对水稻胡麻斑病防效较好的药剂十分有限，对于水稻胡麻斑病的防控，一方面需加快抗病基因资源和品种的发掘利用、现有已知成分杀菌剂的田间防效评价和登记；另一方面应加大生物源、植物源、化学制剂等不同成分、不同机制防治药剂的研发力度，同时探讨不同配方施肥技术、营造有利小气候环境等栽培防控措施与不同防治方法间的组合使用技术，凝练精准、高效的水稻胡麻斑病的绿色防控技术，以延长现有有限高效药剂的使用年限。

参考文献

[1] 中国农业科学院植物保护研究所. 中国农作物病虫害（上册）[M]. 3 版. 北京：中国农业出版社，2015.

[2] 陈洪亮，彭陈，王俊伟，等. 水稻胡麻叶斑病病原菌的分离及鉴定[J]. 西北农林科技大学学报（自然科学版），2012，40(8)：83－88.

[3] 杨廷策，张国仕. 2004 年晚稻胡麻叶斑病大发生特点及原因分析[J]. 广西植保，2005(3)：34－35.

[4] 冯思琪，张亚玲. 水稻胡麻叶斑病的研究现状综述[J]. 安徽农学通报，2018，24(20)：66－67.

[5] 张玉江，张汉友，李彩云，等. 水稻胡麻斑病发生原因、特点及防治措施[J]. 北方水稻，2009，39(5)：38－40.

[6] 吴彩谦，李建清，进标，等. 昭平县晚稻胡麻叶斑病偏重发生特

点及原因分析[J]. 广西植保,2009,22(1):34-35.
[7] 陈洪存,张淑贤,张汉友,等. 唐海县水稻胡麻斑病的发生与防治措施[J]. 植物医生,2010,23(1):4-6.
[8] PHELPS R H,SHAND C R. Brown leaf spot disease and fertilizer interaction in irrigated rice growing on different soil types [J]. Fertilizer Research,1995,42(1-3):117-121.
[9] 陈永萱,任欣正,方中达. 稻瘟病菌和胡麻斑病菌碳氮营养的比较研究[J]. 植物病理学报,1964(2):165-174.
[10] 瓮巧云,张红杰,张爱香,等. 谷子胡麻斑病菌分离及室内药剂筛选试验[J]. 广东农业科学,2012,39(2):74-75.
[11] 秦忠,肖耀忠. 不同药剂防治水稻胡麻斑病试验简报[J]. 上海农业科技,2012,4(1):109.
[12] 韩民利,何永祥,祁开利. 30%世苗乳油对稻胡麻斑病的防治效果[J]. 河北农业科学,2007,4(1):55-56.
[13] 潘连富,赖大欣. 70%安泰生可湿性粉剂对水稻纹枯病、胡麻叶斑病田间防治效果试验[J]. 广西农业科学,2009,40(9):1160-1162.
[14] 赵朝明,李品清. 晚稻穗期喷施70%丙森锌可湿性粉剂防治水稻胡麻叶斑病和增产效应试验[J]. 广西农学报,2011,26(1):14-16.
[15] 冯思琪,张亚玲. 黑龙江水稻胡麻叶斑病病原菌的分离鉴定及生物学特性[J]. 中国植保导刊,2019,39(2):17-23.
[16] 方中达. 植病研究方法[M]. 北京:中国农业出版社,1998.
[17] 冯爱卿,陈深,朱小源,等. 10种杀菌剂对水稻稻叶褐条斑病菌的室内毒力[J]. 植物保护,2014,40(4):193-197.
[18] International Rice Research Institute. Standard evalution system for rice [M]. 5th ed. Manila:IRRI,2014:21.

(责任编辑:田 喆)

(上接347页)

[10] TANG Wei, CHEN Jie, YU Xiaoyue, et al. Growth, fecundity, and competition between aryloxyphenoxy-propionate-resistant and-susceptible Asia minor bluegrass (*Polypogon fugax*) [J]. Weed Science, 2019, 67(5): 546-551.
[11] 中华人民共和国农业部. 农药室内生物测定试验准则 除草剂 第6部分:对作物的安全性试验 土壤喷雾法:NY/T 1155.6-2006 [S]. 北京:中国农业出版社,2006.
[12] YANG Yongjie, CHEN Jiangmin, HUANG Qina, et al. Can liming reduce cadmium (Cd) accumulation in rice (*Oryza sativa*) in slightly acidic soils? A contradictory dynamic equilibrium between Cd uptake capacity of roots and Cd immobilization in soils [J]. Chemosphere, 2018, 193: 547-556.
[13] 中华人民共和国农业部. 农药田间药效试验准则(一)除草剂防治水稻田杂草:GB/T 17980.40-2000 [S]. 北京:中国标准出版社,2000.
[14] 罗锡文,廖娟,胡炼,等. 提高农业机械化水平促进农业可持续发展[J]. 农业工程学报,2016,32(1):1-11.
[15] FAROOQ M, SIDDIQUE K H M, REHMAN H, et al. Rice direct seeding: experiences, challenges and opportunities [J]. Soil & Tillage Research, 2011, 111(2): 87-98.
[16] 江荣昌. 稗草主要生物学特性及其防除[J]. 植物生态学与地植物学学报,1991,15(4):366-373.
[17] 张建萍,唐伟,于晓玥,等. 机直播稻"播喷同步"机械化除草技术中的种子处理方法[J]. 黑龙江农业科学,2020(1):74-77.
[18] 张建萍,马国兰,周治中,等. 机直播水稻"播喷同步"机械除草技术在湖南早稻生产中的应用[J]. 湖南农业科学,2018(4):56-59.

(责任编辑:田 喆)

(上接351页)

[2] 姜玉英,刘杰,谢茂昌,等. 2019年我国草地贪夜蛾扩散为害规律观测[J]. 植物保护,2019,45(6):10-19.
[3] PITRE H N, MULROONEY J E, HOGG D B. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) oviposition: crop preferences and egg distribution on plants [J]. Journal of Economic Entomology, 1983, 76(3): 463-466.
[4] 杨现明,孙小旭,赵胜园,等. 小麦田草地贪夜蛾的发生为害、空间分布与抽样技术[J]. 植物保护,2020,46(1):10-16.
[5] 徐丽娜,胡本进,苏卫华,等. 安徽发现草地贪夜蛾为害早播小麦[J]. 植物保护,2019,45(6):87-89.
[6] 李艳朋,李猛,刘鸿恒,等. 草地贪夜蛾在江苏北部早播麦田的发生与防治[J]. 植物保护,2020,46(2):212-215.
[7] 张智,林培炯,陈智勇,等. 小麦中后期草地贪夜蛾为害特征观察[J]. 植物保护,2021,47(5):297-301.
[8] 詹振亮. 关于小麦种子包衣防治病虫害技术的研究[J]. 种子科技,2020,38(19):99-100.
[9] GREENE G L, LEPPLA N C, DICKERSON W A. Velvetbean caterpillar: A rearing procedure and artificial medium [J]. Journal of Economic Entomology, 1976, 69(4): 487-488.
[10] 王芹芹,崔丽,王立,等. 草地贪夜蛾对小麦的为害风险:取食为害性及解毒酶活性变化初探[J]. 植物保护,2020,46(1):63-68.
[11] 李广兴,袁会珠. 吡虫啉微囊种衣剂在小麦田中的剂量动态及对蚜虫防效研究[J]. 中国植保导刊,2015,35(10):13-17.
[12] 赵飞,张苗,李霞,等. 不同浓度噻虫嗪种子处理悬浮剂防治小麦蚜虫效果研究[J]. 种子科技,2016,34(11):116-117.

(责任编辑:田 喆)