

邵培琚, 卞康亚, 张 玉, 等. 盐城地区氰烯菌酯防治小麦赤霉病、水稻恶苗病效果评价[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(22): 121-125.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.22.017

盐城地区氰烯菌酯防治小麦赤霉病、 水稻恶苗病效果评价

邵培琚¹, 卞康亚², 张 玉², 金 玲², 周国妹², 沈田辉², 朱展飞², 丁世峰³, 王凤良²

(1. 江苏省种子南繁南鉴站, 江苏南京 210036; 2. 江苏省盐城市大丰区植物保护站, 江苏盐城 224100;

3. 江苏金色农业股份有限公司, 江苏盐城 224100)

摘要:盐城市地处亚热带季风气候区, 一旦气候适宜, 小麦赤霉病和水稻恶苗病在当地易暴发流行。氰烯菌酯是目前生产上控制这 2 个病害的主要药剂, 但是近年来全国各地小麦赤霉病和水稻恶苗病对氰烯菌酯的抗性屡见报道。为了明确盐城地区小麦赤霉病和水稻恶苗病对氰烯菌酯的抗性现状, 以期指导该地区氰烯菌酯的科学用药, 本研究以西农 979 和南粳 9108 为试验材料, 通过田间药效试验分别评价了氰烯菌酯对小麦赤霉病和水稻恶苗病的防治效果。结果表明, 25% 氰烯菌酯悬浮剂在小麦抽穗期防治 2 次(间隔 8 d)对小麦赤霉病的病穗率防效和病指防效分别为 85.01% 和 87.08%, 并可有效控制赤霉病毒素脱氧雪腐镰刀菌烯醇(DON)、玉米赤霉烯酮(ZEN)的含量; 25% 氰烯菌酯悬浮剂 2 000 倍液浸种处理水稻种子对水稻恶苗病秧苗期和分蘖期的防效分别为 83.71% 和 87.86%。研究表明, 氰烯菌酯仍可作为主要药剂在盐城地区用于防治小麦赤霉病和水稻恶苗病, 推荐使用复配药剂或与其他种类药剂轮换使用, 可有效延缓抗药性产生。

关键词: 氰烯菌酯; 小麦赤霉病; 水稻恶苗病; 防效; 抗药性

中图分类号: S435.111.4⁺4; S435.121.4⁺5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2023)22-0121-04

小麦赤霉病是小麦上最重要的病害之一, 由禾谷镰孢菌复合种(*Fusarium graminearum* complex) 侵染引起, 在全国各地小麦种植区均有发生^[1]。赤霉病是一种典型的气候型病害, 穗期遇多雨、潮湿天气易流行, 因此在气候湿润多雨的温热带地区如长江中下游地区为害尤为严重^[2]。由于赤霉病可以造成小麦严重减产, 并且赤霉病菌产生的毒素对人畜健康造成威胁, 赤霉病被列为小麦一级病害^[3-4]。

水稻恶苗病是常见的水稻种传病害, 由藤仓镰刀菌复合菌群引起, 在世界各个水稻产区均有发生^[5-7], 一般造成减产 10%~20%, 发病严重的田块减产可达 40%~50%^[8]。水稻播种后 15 d、分蘖期和孕穗期均为恶苗病的高发期^[9]。近年来, 随着机插秧和抛秧等水稻栽培技术的推广, 恶苗病发生越来越普遍^[10]。

盐城地区位于江苏省东部, 属于亚热带季风气

候区, “十三五”期间水稻、小麦种植面积稳定在 40 万 hm² 以上。20 世纪 50 年代到 20 世纪末, 小麦赤霉病在江苏省盐城市为偶发性病害, 进入 21 世纪后已上升为常发性病害。尤其是 2012 年和 2015 年, 赤霉病在盐城地区大流行, 发病面积占种植面积的 70% 以上, 平均病穗率达 75% 以上, 损失惨重^[11]。近年来, 随着水稻大面积的推广种植、集中育秧、秸秆还田等生产手段的改变, 盐城地区恶苗病发病率与发病程度日益加重, 造成严重的产量损失。由于缺乏抗病品种, 目前主要依靠化学药剂来防治小麦赤霉病和水稻恶苗病。氰烯菌酯是国家南方农药创制中心江苏基地创制合成的 2-氰基丙烯酸酯类化合物^[12], 对小麦赤霉病和水稻恶苗病均有很好的防治效果, 且浸种处理后对水稻整个生长期无不良影响, 生产上用于这 2 种病害的防治, 已有 10 余年^[13-15]。但是, 随着氰烯菌酯用药时间的延长, 小麦赤霉病菌和水稻恶苗病菌对氰烯菌酯的抗药性问题日益加剧^[16-17]。为了明确盐城地区小麦赤霉病和水稻恶苗病对氰烯菌酯的抗性现状, 本研究评价了盐城地区氰烯菌酯对小麦赤霉病和水稻恶苗病的防效, 以期科学地指导农业生产。

收稿日期: 2023-01-28

作者简介: 邵培琚(1987—), 女, 江苏盐城人, 农艺师、经济师, 研究方向为种植业、农业农村经济。E-mail: 178580981@qq.com。

通信作者: 王凤良, 研究员, 研究方向为农作物重大病虫害监控。

E-mail: dfzbz@126.com。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

小麦试验在江苏省盐城市大丰区西团镇众心村一农户小麦田进行。试验田块地势平整,土壤肥力中等,排水设施齐全,供试小麦品种为西农 979,前茬为水稻。

水稻试验在江苏省盐城市大丰区刘庄镇民主村一土地流转田内进行,该田地地势平整,土壤肥力中等。前茬为小麦,供试水稻品种为南粳 9108。

1.2 供试药剂

25% 氰烯菌酯悬浮剂(江苏省农药研究所股份有限公司)、30% 丙硫菌唑可分散油悬浮剂(安徽久易农业股份有限公司)、430 g/L 戊唑醇悬浮剂(江苏省盐城利民农化有限公司)、45% 咪鲜胺微乳剂(山东华阳农药化工集团有限公司)、25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂(先正达南通作物保护有限公司)。

1.3 试验设计

小麦试验共设 5 个处理,每处理重复 4 次,共 20 个小区,每小区面积 250 m²。处理 1 为 30% 丙硫菌唑可分散油悬浮剂,用量 45 mL/667 m²,处理 2 为 430 g/L 戊唑醇悬浮剂,用量 20 mL/667 m²,处理 3 为 25% 氰烯菌酯悬浮剂,用量 200 mL/667 m²,处理 4 为 45% 咪鲜胺微乳剂,用量 35 mL/667 m²,处理 5 为空白对照。试验于 2020 年 11 月 15 日机条播,于 2021 年 4 月 28 日小麦抽穗见花喷施第 1 遍药,5 月 6 日喷施第 2 遍,共施用 2 遍。使用台州市路桥禾丰喷雾器厂生产的 3WBD-16 型背负式电动喷雾器,工作压力为 0.15~0.40 MPa,锥形喷头,兑水量为 15 L/667 m²,结合小麦虫害防治一起进行喷雾。空白对照使用等量的清水进行喷雾。

水稻试验共设 4 个处理,每个处理重复 4 次,共 16 个小区,每小区面积 333 m²。处理 1 为 45% 咪鲜胺微乳剂 2 000 倍液,处理 2 为 25% 氰烯菌酯悬浮剂 2 000 倍液,处理 3 为 25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂 400 倍液,处理 4 为清水对照。试验于 2022 年 5 月 20 日开始浸种,按照各处理要求配制浸种用药液,种子量与浸种药液量的比例为 1.0:1.5,空白对照采用清水进行浸种,3 d 后(5 月 23 日)捞出进行正常堆闷发芽,3 d 后(5 月 26 日)按机插塑盘育秧要求落谷,6 月 15 日人工移栽,播种及移栽后正常田间管理。

1.4 调查和计算方法

1.4.1 赤霉病调查方法

定期(5 月 20 日)调查记载各小区发病情况。每小区对角线 5 点取样,每点调查 100 穗,记载病穗数和相应的病级,0 级:全穗无病;1 级:枯穗面积占全穗面积的 1/4 以下;2 级:枯穗面积占全穗面积的 1/4~<1/2;3 级:枯穗面积占全穗面积的 1/2~<3/4;4 级:枯穗面积占全穗面积的 3/4 及以上。计算病穗率、病情指数和防效。

病穗率 = (病穗数/调查总穗数) × 100%;

病情指数 = [Σ(各级严重度对应病穗数 × 对应各级值)/调查总穗数 × 4] × 100;

病穗率防效 = [(空白对照区病穗率 - 处理区病穗率)/空白对照区病穗率] × 100%;

病指防效 = [(空白对照区病情指数 - 药剂处理区病情指数)/空白对照区病情指数] × 100%。

1.4.2 赤霉病毒素测定 小麦成熟期每个小区随机收集 100 穗,小型脱粒机脱粒,风扬后标记送检脱氧雪腐镰刀菌烯醇(DON)、玉米赤霉烯酮(ZEN)毒素的污染水平。

1.4.3 恶苗病调查方法 播种前考查稻种发芽率,每个小区随机选取 100 粒稻种,检查发芽情况,计算发芽率;秧田病株率调查:各小区随机选取 3 个育秧盘,于移栽前 1 d(6 月 14 日)调查,以病株徒长或上叶拉长、发黄为标准,调查每个育秧盘中的总苗数和恶苗病病株数,计算病株率。分蘖期病株率调查:每小区对角线 5 点取样,每点 40 穴,共查 200 穴,计算病株率和防治效果。

病株率 = (空白对照区病株数 - 处理区病株数)/空白对照区株数 × 100%;

病株率防效 = [(空白对照区病株率 - 处理区病株率)/空白对照区病株率] × 100%。

1.4.4 产量调查方法 分别于小麦和水稻收获前在各小区对角线 5 点取样,每点调查 1 m²,记录每点穗数和千粒质量,每点调查 20 株,测定每穗粒数,计算理论产量和增产率。

单位面积穗数 = 667 × Σ每点穗数/5;

理论产量(kg/667 m²) = 单位面积穗数 × 穗粒数 × 千粒质量 × 10⁻⁶;

增产率 = (处理区产量 - 对照区产量)/对照区产量 × 100%。

2 结果与分析

2.1 药剂安全性

经对施药后小麦、水稻的系统观察发现,各小

区小麦、水稻生长正常,未见明显异常,无不良影响和药害症状。小麦试验过程中各处理对小麦白粉病也有兼治作用。

2.2 不同处理对小麦赤霉病的田间防效

由表 1 可知,药后 14 d 病情稳定后调查,各种药剂处理对小麦赤霉病均有一定防效,其中氰烯菌酯处理和丙硫菌唑处理病穗防效均在 85% 以上,病指防效在 87% 以上,无显著差异,但与咪鲜胺处理的防效呈极显著差异。戊唑醇处理病穗防效为 74.50%,病指防效为 75.25%,与咪鲜胺处理的防效有显著差异。

表 1 不同处理对小麦赤霉病的田间防效

处理	药剂名称	病穗率 (%)	病穗防效 (%)	病指	病指防效 (%)
1	丙硫菌唑	2.10	85.73	0.64	88.29aA
2	戊唑醇	3.80	74.50	1.38	75.25aAB
3	氰烯菌酯	2.10	85.01	0.68	87.08aA
4	咪鲜胺	5.95	58.73	2.23	57.92bB
5	清水对照	14.75	—	5.44	—

注:不同大写字母、小写字母分别表示在 0.01、0.05 水平上差异显著。表 2、表 3 同。

2.3 不同处理对小麦赤霉病毒素的控制

由表 2 可知,小麦在不同药剂处理防治赤霉病后,毒素污染水平发生显著变化。处理区小麦成熟后麦粒中 DON 含量为 396.1~903.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$,均符合国家规定的小麦消费品中 DON 含量必须低于 1 000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 的标准^[18],也低于清水对照的 DON 含量(1 143.6 $\mu\text{g}/\text{kg}$),呈极显著差异;氰烯菌酯处理与丙硫菌唑处理的 DON 含量无显著差异,但与处理

2、处理 4 呈极显著差异。

各药剂处理成熟麦粒中 ZEN 含量在 3.3~7.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$,远低于我国规定的小麦消费品中 ZEN 毒素限值(60 $\mu\text{g}/\text{kg}$),与清水对照(12.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$)呈极显著差异,但各药剂处理间无极显著差异。

表 2 不同处理控制小麦赤霉病毒素水平结果

编号	处理	DON 含量 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	ZEN 含量 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
1	丙硫菌唑	396.1dD	3.3cB
2	戊唑醇	686.1cC	6.1bcB
3	氰烯菌酯	416.3dD	6.3bcB
4	咪鲜胺	903.7bB	7.1bB
5	清水对照	1 143.6aA	12.4aA

2.4 不同处理对水稻发芽率的影响

由表 3 可知,不同处理的水稻种子发芽率均在 90% 以上,其中清水对照为 93.92%,其他处理均在 92.50~93.00% 之间,各处理与对照无明显差异,说明各种药剂处理对种子发芽率均无明显影响。

2.5 不同处理对水稻恶苗病的田间防效

由表 3 可知,水稻在秧盘苗期各个处理恶苗病均有不同程度发病,清水对照病株率为 2.92%。不同药剂处理的病株率防效在 45.96%~83.71%,其中氰烯菌酯处理和咯菌腈处理的防效较高,无显著差异,与咪鲜胺药剂处理呈极显著差异。

大田分蘖期调查,病株率防效最高的是氰烯菌酯处理,为 87.86%,与咪鲜胺药剂处理呈极显著差异;其次为咯菌腈药剂处理,病株率为 79.15%,与咪鲜胺药剂处理呈显著差异,咪鲜胺处理防效最低,仅有 50.73%。

表 3 不同处理对水稻发芽率的影响和防治恶苗病的效果

处理	药剂名称	发芽率 (%)	秧苗期		分蘖期	
			病株率 (%)	病株率防效 (%)	病株率 (%)	病株率防效 (%)
1	咪鲜胺	93.00	1.56	45.96% cB	0.47	50.73bB
2	氰烯菌酯	92.92	0.49	83.71% aA	0.16	87.86aA
3	咯菌腈	92.50	0.75	74.31% bA	0.21	79.15aAB
4	清水对照	93.92	2.92	—	1.04	—

2.6 各处理对小麦、水稻的产量影响

由表 4 可知,各处理药剂防治小麦赤霉病后产量均高于清水对照的小麦产量,增产率在 9.14%~12.34% 之间,其中氰烯菌酯、戊唑醇、丙硫菌唑的 3 个处理小麦增产率均超过 10%,得益于对小麦赤霉病的防控。

由表 5 可知,药剂处理防治水稻恶苗病后对水稻的产量均高于清水对照的水稻产量,增产率在 8.05~13.63%,其中氰烯菌酯、咯菌腈的药剂处理增产率较高,分别为 13.63%、12.68%,通过预防恶苗病降低水稻产量损失效果明显。

表 4 不同药剂处理对小麦产量的影响

编号	处理	穗数 (万穗/667 m ²)	穗粒数 (粒)	千粒质量 (g)	理论产量 (kg/667 m ²)	增产率 (%)
1	丙硫菌唑	44.10	31.88	48.52	627.49	12.34
2	戊唑醇	43.98	31.92	48.22	622.65	11.48
3	氰烯菌酯	44.05	31.87	47.96	619.42	10.92
4	咪鲜胺	44.10	31.46	47.78	609.83	9.14
5	清水对照	43.58	30.60	45.54	558.77	—

注:理论产量数值为平均值,根据当地栽培部门多年经验按系数 0.92 进行折算,表 5 同。

表 5 不同药剂处理对水稻产量的影响

编号	处理	穗数 (万穗/667 m ²)	穗粒数 (粒)	千粒质量 (g)	理论产量 (kg/667 m ²)	增产率 (%)
1	咪鲜胺	21.09	115.25	23.8	532.10	8.05
2	氰烯菌酯	21.31	117.43	24.3	559.49	13.63
3	咯菌腈	21.19	117.10	24.3	554.81	12.68
4	清水对照	20.81	109.48	23.5	492.50	—

3 小结与讨论

小麦赤霉病和水稻恶苗病分别是小麦和水稻生产中的重要病害之一。这 2 种病害均是可防不可控的病害,一旦发生,将造成不可挽回的损失。水稻和小麦是盐城地区主要的粮食作物,对小麦赤霉病和水稻恶苗病的防控是确保该地区粮食安全生产的关键。氰烯菌酯和多菌灵、咪鲜胺等传统的防治药剂无交互抗性,因此氰烯菌酯自 2007 年进入市场以来,主要登记用作喷雾制剂防治小麦赤霉病和水稻种子处理剂防治恶苗病。

随着氰烯菌酯使用时间的延长,全国多地陆续报道了小麦赤霉病菌和水稻恶苗病菌对氰烯菌酯田间抗药性菌株。车晋英等于 2018 年对盐城市大丰区的赤霉病稻桩子囊壳进行了抗性检测,暂未发现对氰烯菌酯产生抗性的菌株^[16]。徐超等自 2017 起连续多年开展了江苏省小麦赤霉病菌对氰烯菌酯的抗药性监测工作,于 2021 年首次在常州监测到了 5 株对氰烯菌酯产生抗药性的小麦赤霉病菌,抗性频率为 0.45%^[17]。Hou 等首次在浙江省绍兴地区监测到了 9 株对氰烯菌酯高抗的水稻恶苗病菌^[19]。陈宏州等研究发现,江苏地区水稻恶苗病菌对氰烯菌酯的抗性频率抗性由 2019 年的 9.76% 提高到 2020 年的 29.12%^[20]。综上所述,随着氰烯菌酯使用年限的延长、使用剂量和频率的增加,抗药性问题日益严峻。此外,为提高赤霉病防效和统防

统治覆盖面,每年盐城市财政花费 1 亿多资金用于赤霉病防治药剂采购补助,确保一遍药剂补助全覆盖,采购的药剂以氰烯菌酯、戊唑醇及相关复配剂为主。因此,明确氰烯菌酯对小麦赤霉病和水稻恶苗病的防控效果对盐城地区的农药采购和病害防控具有重要的理论指导依据。

现阶段生产上对小麦赤霉病的防控以“见花就打”和 5~7 d 后 2 次用药为主;水稻恶苗病以药剂浸种或浸种后药剂拌种预防为主。本研究采用生产上主要的用药措施,对氰烯菌酯防控小麦赤霉病和水稻恶苗病的效果进行了综合评价。结果表明,氰烯菌酯对小麦赤霉病防效达 87.08%,显著高于传统药剂咪鲜胺的防治效果;而且与咪鲜胺相比,小麦粒中 DON 毒素下降了 54%。氰烯菌酯对水稻恶苗病的秧苗期防效达 83.71%,且浸种对水稻发芽率无影响。上述结果表明,氰烯菌酯仍可在盐城地区作为有效药剂用于生产上小麦赤霉病和水稻恶苗病的防控。值得注意的是,氰烯菌酯对小麦赤霉病的防治效果和降低 DON 毒素的效果均与丙硫菌唑相当。因此,为延缓盐城地区小麦赤霉病对氰烯菌酯的抗性,可选用丙硫菌唑为轮换药剂进行交替使用或开发复配剂。对于水稻恶苗病,咯菌腈秧苗期防效为 74.31%,后续可关注水稻恶苗病对咯菌腈的抗性,防止选用咯菌腈作为轮换药剂或复配剂导致防控失败。

参考文献:

- [1] 马忠华,陈云,尹燕妮. 小麦赤霉病流行成灾原因分析及防控对策探讨[J]. 中国科学基金,2020,34(4):464-469.
- [2] 张洁,伊艳杰,王金水,等. 小麦赤霉病的防治技术研究进展[J]. 中国植保导刊,2014,34(1):24-28,53.
- [3] 程顺和,张勇,别同德,等. 中国小麦赤霉病的危害及抗性遗传改良[J]. 江苏农业学报,2012,28(5):938-942.
- [4] McMullen M, Jones R, Gallenberg D. Scab of wheat and barley: a re-emerging disease of devastating impact [J]. Plant Disease, 1997,81(12):1340-1348.
- [5] Jack W. Field crops report Rice Notes [J]. University of California Cooperative Extension,2002(8):1-4.
- [6] Jeff O. New fungal threat: foolish seedling disease pops up in California [J]. Rice Journal,2001,10(4):20-21.
- [7] 李风顺,乔俊卿,张荣胜,等. 防治水稻恶苗病拮抗细菌的筛选、鉴定和评价[J]. 江苏农业学报,2022,38(4):907-914.
- [8] 王拱辰,陈鸿逵,徐沛生,等. 水稻恶苗病病原菌的研究[J]. 植物病理学报,1990,20(2):93-97.
- [9] 周娟. 水稻恶苗病研究进展[J]. 河南农业,2019(26):22.
- [10] 季芝娟,曾宇翔,梁燕,等. 水稻恶苗病抗性研究进展[J]. 中

汤鸣强,叶雯,何爱明,等.烟草青枯病拮抗菌 *Streptomyces* FQ-8 分离筛选与抑菌活性物质研究[J].江苏农业科学,2023,51(22):125-131.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.22.018

烟草青枯病拮抗菌 *Streptomyces* FQ-8 分离筛选 与抑菌活性物质研究

汤鸣强^{1,2}, 叶雯¹, 何爱明^{1,2}, 吴承燕^{1,2}, 李小芳¹

(1. 福建技术师范学院食品与生物工程学院, 福建福清 350300; 2. 现代设施农业福建省高校工程研究中心, 福建福清 350300)

摘要:利用生防菌株及其代谢产物防治烟草青枯病是近年来的研究热点。从福建省龙岩市发病烟草根际土壤分离到一株烟草青枯病菌 XQ23 及其拮抗菌株链霉菌 FQ-8。分离提取该菌株所产抑菌活性物质,采用琼脂扩散法研究抑菌活性物质与 72% 农用硫酸链霉素、25% 多菌灵可湿性粉剂、80% 乙蒜素乳油、3% 中生菌素可湿性粉剂、75% 百菌清可湿性粉剂及 1.8% 辛菌胺醋酸盐水剂 6 种常见杀菌剂的抑菌特性,采用紫外及红外扫描技术研究抑菌活性物质的结构特征。结果表明,拮抗菌抑菌活性物质室内毒力与 3% 中生菌素可湿性粉剂相近,低于 72% 农用硫酸链霉素和 1.8% 辛菌胺醋酸盐水剂,高于 80% 乙蒜素乳油。烟草青枯病菌对拮抗菌株链霉菌 FQ-8 抑菌活性物质的敏感性高于 6 种常见杀菌剂。紫外及红外扫描结果显示,链霉菌 FQ-8 所产抑菌活性物质可能是一种含有酰胺键(—CO—NH₂)的糖肽类化合物。研究表明,拮抗菌 FQ-8 可能是一株新发现的烟草青枯病生防菌,所产生的活性物质有望用于烟草青枯病的防治。

关键词:烟草青枯病;拮抗菌活性物质;抑菌特性;分离筛选;室内毒力

中图分类号:S482.2;S435.72 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)22-0125-07

由茄科劳尔氏菌(*Ralstonia solanacearum*)引起的烟草青枯病是一种毁灭性土传性病害^[1]。该病菌喜高温,寄主范围广泛,近年来呈增长趋势,防治非常困难^[2]。2015 年青枯病发病面积为 8.7 万 hm² 左右,约造成 5.5 亿元的经济损失^[3]。当前,化学药剂防治依然是最有效、最简单、最容易被烟农接受的

防治措施之一^[4]。但长期高频、单一使用化学药剂,容易导致病原菌产生抗药性、农药残留及土壤微生物生态平衡失调,致使土壤抵抗病原菌的能力降低^[5-6]。生物防治因其环境友好、不易形成抗性等优点为人们所重视^[7],特别是利用高效生防菌株及其代谢产物防治烟草青枯病成为研究的热点^[8-9]。目前,国内相关研究主要集中于对拮抗菌的分离筛选鉴定及其室内外抑菌效果,有关抑菌活性物质组分、性质及其作用机理的研究比较欠缺。赵倩等从烟草根际土壤中筛选枯草芽孢杆菌 CLB-17,该菌所产生的代谢物对烟草青枯病菌抑

收稿日期:2023-03-22

基金项目:中国烟草总公司福建省公司科技项目(编号:20173500024112)。

作者简介:汤鸣强(1966—),男,福建霞浦人,博士,教授,从事微生物技术研究。E-mail:mq1-1022@163.com。

国水稻科学,2021,35(1):1-10。

[11] 林付根,黄婷婷,陈永明,等. 2015 年盐城市小麦赤霉病的发生特点与防治对策探讨[J]. 安徽农业科学,2016,44(5):47-48,51。

[12] 王凤云,栗寒,倪珏萍,等. 2-氧基-3-取代苯基丙烯酸酯类化合物、组合物及其制备方法以及在农作物杀菌剂上的应用:CN1160318C[P]. 2004-08-04。

[13] 王龙根,倪珏萍,王凤云,等. 新杀菌剂 JS399-19 的生物活性研究[J]. 农药,2004,43(8):380-383。

[14] 刁亚梅,倪珏萍,马亚芳,等. 创制杀菌剂氧烯菌酯的应用研究[J]. 植物保护,2007,33(4):121-123。

[15] 刁亚梅,朱桂梅,潘以楼,等. 氧烯菌酯(JS399-19)防治水稻恶苗病的研究[J]. 现代农药,2006,5(1):14-16,19。

[16] 车晋英,朱展飞,卞康亚,等. 大丰区小麦赤霉病农药减量增效技术研究[J]. 安徽农学通报,2018,24(19):57-58,131。

[17] 徐超,陈宏州,吴雨琦,等. 2017—2021 年江苏省小麦赤霉病菌群体对 4 种杀菌剂的抗药性监测[J]. 植物保护,2022,48(6):341-345,367。

[18] 史建荣,刘馨,仇剑波,等. 小麦中镰刀菌毒素脱氧雪腐镰刀菌烯醇污染现状与防控研究进展[J]. 中国农业科学,2014,47(18):3641-3654。

[19] Hou Y P, Qu X P, Mao X W, et al. Resistance mechanism of *Fusarium fujikuroi* to phenamacril in the field[J]. Pest Management Science,2018,74(3):607-616。

[20] 陈宏州,周晨,庄义庆,等. 江苏省水稻恶苗病菌种群鉴定及抗药性检测[J]. 植物保护,2022,48(2):48-62。