氟啶胺防治柑橘黑点病效果评价

张 斌[1]， 李伟龙[2]， 吴 群[3]， 吕靖雯[1]， 李红叶[1*]

（1. 浙江大学生物技术研究所，杭州 310058；2. 浙江省临海市农业林业局，临海 317000；
3. 浙江省衢州市农业局经济特产站，衢州 324000）

摘要 氟啶胺是我国登记用于防治柑橘黑点病的药剂，但其对柑橘黑点病的防治效果还未见报道，评价氟啶胺的药效对生产上指导柑橘黑点病的防治有重要意义。本研究测定了氟啶胺对柑橘黑点病菌孢子萌发和菌丝生长的抑制效果及田间防效。结果显示氟啶胺对菌丝生长和孢子萌发的抑制效果均好于代森锰锌，但在大田试验中氟啶胺防治效果不稳定，受环境影响较大，添加矿物油能在一定程度上提高其防效。该结果表明氟啶胺对柑橘黑点病具有良好的防治潜力，可对其进行更细致的研究。

关键词 柑橘黑点病； 化学防治； 氟啶胺； 防治效果； 矿物油

中图分类号： S 482.26 **文献标识码：** B **DOI：** 10.16688/j.zwbh.2018523

Evaluation of the effectiveness of fluazinam against citrus black spot

ZHANG Bin[1]， LI Weilong[2]， WU Qun[3]， LÜ Jingwen[1]， LI Hongye[1*]

（1. *Institute of Biotechnology*, *Zhejiang University*, *Hangzhou* 310058, *China*；
2. *Linhai Bureau of Agriculture and Forestry of Zhejiang Province*, *Linhai* 317000, *China*；
3. *Technical Extension Station for Cash Crops of Quzhou Agricultural Bureau*, *Quzhou* 324000, *China*）

Abstract Fluazinam is a fungicide registered in China for the prevention and treatment of citrus black spot, but its effectiveness has not been reported. Evaluation of the effectiveness of fluazinam is important for production guidance. The inhibitory effect of fluazinam on spore germination and mycelial growth of *Diaporthe citri* was evaluated by laboratory experiments. The disease index was investigated in Field trials before harvest, and the relative effectiveness was calculated and statistical analysis was performed. The results showed that fluazinam showed a better inhibition against mycelial growth and spore germination than mancozeb in laboratory experiments. However, in the field experiment, the effect of fluazinam was unstable and affected by the environment. Adding mineral oil could partially improve its effectiveness. This result indicated that fluazinam had a good potential for controlling citrus black spot, but more detailed studies are needed.

Key words citrus black spot； chemical control； fluazinam； control effect； mineral oil

柑橘黑点病也称砂皮病，病原为柑橘间座壳菌 *Diaporthe citri*，其孢子萌发诱导寄主产生防卫反应，从而在柑橘果实上形成分散、细小的红褐色至黑褐色凸起的小粒点，至类似疮痂状、泪痕状或泥饼状病斑[1-2]。虽然发病果实的内在品质变化不大，但其外观品质和销售价格受到严重影响，已经成为影响我国柑橘产业效益最重要的真菌性病害[3-5]。

柑橘黑点病菌是一种弱寄生菌，病枯枝是病菌生长、繁殖、越冬的场所，其上产生的分生孢子和子囊孢子是病害侵染来源[2]。柑橘黑点病发病严重程度与果园中病菌基数直接相关，且与果实生长期的降雨量存在显著相关性，适温多雨有利于病害的发生[6]。因此，剪除枯枝并将其携出果园集中烧毁是病害综合防治中的重要一环，此外喷药保护仍然是该病害防治不可缺少的环节。国内近 20 年来研究结果均证明代森锰锌是防治该病害的最佳药剂[7-11]，且我国柑橘黑点病菌种群尚未对代森锰锌产生抗性[12]。一般建议从落花 2/3 时开始第一次喷药，以后根据天气情况每隔 20 d 左右喷施 1 次，常规年份至少需要 3～4 次，降雨多的年份还需增加

收稿日期： 2018－12－20 **修订日期：** 2019－01－09
基金项目： 国家重点研发计划(2017YFD0202000)；国家现代农业(柑橘)产业技术体系(CARS－26)
* 通信作者 E-mail：hyli@zju.edu.cn

喷药 1～2 次[13]。

目前柑橘黑点病防治药剂单一，代森锰锌长期大量使用的潜在风险也不容忽视，有研究指出长期接触代森锰锌有诱发癌症及慢性神经损伤（如帕金森症）的风险[14-15]。目前有一些新的农药在我国获得登记可用于防治柑橘黑点病，其中就包括氟啶胺，但是目前还未见氟啶胺防效试验的相关报告。因此，对氟啶胺进行药效评价具有重要的现实意义。本研究通过室内试验和 3 年 4 次田间试验来确定氟啶胺的防治效果，以期为柑橘果实黑点病高效防治提供指导。

1 材料与方法

1.1 材料

供试药剂：80%代森锰锌可湿性粉剂，陶氏益农农业科技（中国）有限公司；50%氟啶胺悬浮液，先正达（中国）投资有限公司；98%氟啶胺原药，日本石原产业株式会社；99%矿物油乳油，韩国 SK 化工集团。

室内试验供试菌株与材料：供试菌株为在广东省梅州市沙田柚上分离得到的黑点病菌菌株 M1、M2、M3 和 M10。PDA 培养基：马铃薯 200 g，葡萄糖 20 g，琼脂粉 20 g，加水定容至 1 L，高温灭菌待用。WA（water agar）培养基：琼脂粉 20 g，加水定容至 1 L，高温灭菌待用。

仪器：农用背负式喷雾器，浙江深邦园艺用品有限公司；SPX 恒温生化培养箱，宁波江南仪器厂；Leica DM5000 光学显微镜，德国徕卡显微镜公司。

1.2 方法

1.2.1 氟啶胺对黑点病病菌菌丝生长的抑制作用

以甲醇溶解氟啶胺原药并配成一定浓度的母液，取 50 μL 相应浓度的母液或稀释液加入到 50 mL温热的 PDA 培养基中，配成含药平板。在预试验的基础上，氟啶胺（98%原药）设置的系列浓度依次为 0、0.001 25、0.002 5、0.005、0.01、0.02、0.04 μg/mL，将黑点病病原菌在 PDA 培养基上预培养 7 d，获得生长活力较好的新鲜菌丝。将直径为 5 mm 的打孔器进行高温消毒，等充分冷却后在新鲜的菌落边缘打取菌饼，用消毒后的挑针接种到上述系列浓度的含药平板中央，放入 26℃恒温培养箱中，在黑暗条件下倒置培养 7 d 后，用十字交叉法测量菌落直径。每个浓度重复 3 次。

1.2.2 氟啶胺对黑点病病菌孢子萌发的最低完全抑制浓度测定

以甲醇溶解氟啶胺原药并配成一定浓度的母液，取 50 μL 相应浓度的母液或稀释液加入到 50 mL温热的 PDA 培养基中配成含药平板。用灭菌吸头吸取新鲜的分生孢子置于无菌水中配制成 10^5个/mL 的孢子悬浮液，吸取 50 μL 孢子悬浮液均匀涂布于含不同药剂浓度的 WA 平板上。26℃黑暗条件下倒置培养 14 h，在光学显微镜下观察并记录萌发及未萌发的孢子数。以芽管长度超过孢子宽度视为萌发，因 β 型分生孢子不会萌发，只记录 α 型分生孢子的萌发情况。

1.2.3 田间药剂防治效果对比试验

试验开展时间为 2016 至 2018 年，试验分别设在浙江省临海市涌泉镇胡加勇橘园和衢州市柯城区华墅乡园林村宇发家庭农场。胡加勇橘园柑橘品种为‘温州蜜柑’，树龄在 15 年左右，筑墩栽培，株行距 3 m×3 m，树势中庸，橘园土壤为江涂沉积土，露天栽培，管理精细，黑点病发生严重。宇发家庭农场柑橘树龄 10 年，品种为‘椪柑’，枳砧，树势直立，长势强健，株行距 4 m×3 m。露天栽培，管理精细，黑点病发生严重。采用随机区组设计，设 3 个区组，每个区组小区数与药剂处理数相同，每个小区 3 株树，每个区组的各小区随机排列，且试验地周围设保护行。采用喷雾法施药，临海胡加勇橘园 2016 年试验药剂喷施时间为 4 月 29 日、5 月 14 日、6 月 5 日、6 月 23 日和 8 月 16 日，共 5 次；2017 年的施药时间为 4 月 29 日、5 月 17 日、6 月 3 日、6 月 21 日和 8 月 16 日，共 5 次；2018 年的施药时间为 4 月 26 日、5 月 15 日、6 月 2 日、6 月 22 日、7 月 9 日和 8 月 22 日，共 6 次。宇发家庭农场 2018 年试验药剂喷施时间为 5 月 4 日、5 月 24 日、6 月 13 日、7 月 7 日，共 4 次。喷药液量以喷湿整个树冠，直至滴水为准，药液量 200 kg/667 m^2。

药剂防治效果调查在果实转色后接近采收时进行，每树分东南西北 4 个方位，每个方位分别从内堂和外围随机共调查 10 个果实，果实病害分级标准如下：0 级，果上无病斑；1 级，病斑占果面面积的 5%以下；3 级，病斑占果面面积的 5%～10%；

5 级:病斑占果面面积的 11%～25%;7 级,病斑占果面面积的 26%～50%;9 级:病斑占果面面积的 50%以上。

病情指数=100×∑(各级病果数×各级代表值)/(调查总果实数×最高级代表值);相对防治效果=(对照病情指数-处理病情指数)/对照病情指数×100%。

1.3　数据分析

根据下列公式计算各浓度下的菌丝生长抑制率和孢子萌发抑制率,将数据输入 SPSS 19.0 统计软件,运用 probit 模块得到一条以药剂浓度 10 为底的对数为横坐标,抑制率为纵坐标的拟合直线,并得到其回归方程、EC_{50}、EC_{95}。

菌丝生长抑制率=[1-(药剂处理菌落直径-5 mm)/(对照菌落直径-5 mm)]×100%;

孢子萌发率=孢子萌发数/观察的孢子总数×100%;

孢子萌发抑制率=(1-该浓度下的孢子萌发率/空白对照的孢子萌发率)×100%。

田间相对防效数据输入 SPSS 19.0 统计软件,用 Duncan 氏新复极差法进行差异显著性检验。

2　结果与分析

2.1　药剂对柑橘黑点病菌的室内毒力

氟啶胺对柑橘黑点病菌菌丝生长抑制测定见表 1,氟啶胺对来自广东省梅州市的黑点病菌 M1、M2、M3 和 M10 的 EC_{50} 分别为 0.003 5、0.002 5、0.003 8 μg/mL 和 0.002 9 μg/mL,均值为 0.003 2 μg/mL,EC_{95} 分别为 0.023、0.021、0.027 μg/mL 和 0.016 μg/mL,均值为 0.022 μg/mL。

表 1　氟啶胺对柑橘黑点病菌菌丝生长抑制作用

Table 1　Inhibition of hyphal growth of citrus black spot by fluazinam

菌株 Strain	EC_{50}/μg·mL^{-1}	EC_{95}/μg·mL^{-1}	回归方程 Regression equation	相关系数(r) Correlation coefficient	自由度(df) Degree of freedom	卡方值 Chi-square value
M1	0.003 5	0.023	$y=2.022x+4.976$	0.994	16	0.208
M2	0.002 5	0.021	$y=1.789x+4.651$	0.992	16	0.387
M3	0.003 8	0.027	$y=1.939x+4.684$	0.993	16	0.259
M10	0.002 9	0.016	$y=2.236x+5.681$	0.966	16	0.600

此外,试验结果显示在氟啶胺药剂浓度达到 0.08 μg/mL 的时候,即可完全抑制黑点病菌的孢子萌发(图 1)。

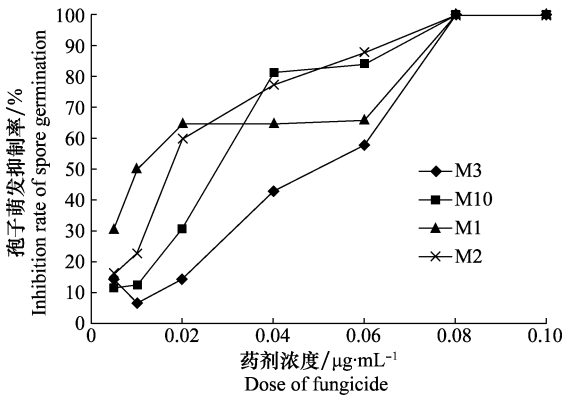


图 1　氟啶胺对柑橘黑点病菌孢子萌发抑制率

Fig. 1　Inhibition rate of spore germination by fluazinam

2.2　药剂田间防治效果对比试验结果

2016 年临海田间试验结果表明,50%氟啶胺 SC 1 250 倍液的相对防治效果仅有 30.25%,与 80%代森锰锌 WP 600 倍液的 89.38%的相对防效存在极显著差异。而在同一地点 2017 年的田间试验结果显示,50%氟啶胺 SC 1 000 倍液与 80%代森锰锌 WP 500 倍液+99%矿物油 200 倍液的混剂防治效果分别为 90.24%和 91.21%,不存在显著差异。由于两年的防治效果存在很大的差异,我们于 2018 年又在临海和衢州再次开展氟啶胺对黑点病的防治效果评价。在临海选择了不同浓度的 50%氟啶胺 SC 进行测试,结果显示 50%氟啶胺 SC 1 000 倍液防治效果显著高于 50%氟啶胺 SC 1 500 倍液,其相对防治效果分别为 67.46%和 43.94%,两者均显著低于 80%代森锰锌 WP 600 倍液的防治效果(90.47%)。在衢州的试验结果显示 80%代森锰锌 WP 600 倍液+99%矿物油 200 倍液混剂相对防治效果为 95.84%,而 50%氟啶胺 SC 1 500 倍液的相对防治效果仅 69.81%,在 50%氟啶胺 SC 1 500 倍液中加入 200 倍液的 99%矿物油,其防治效果显著提高,达到 81.55%(表 2)。

表 2 药剂防治柑橘黑点病田间试验结果[1)]

Table 2 Field trial results of chemical control of citrus black spot

年份 Year	地点 Location	药剂及稀释倍数 Fungicide and dilution fold	病情指数 Disease index	相对防效/% Relative control effect
2016	临海 Linhai	80%代森锰锌 WP 600× mancozeb 80% WP 600×	(8.06±3.03)cB	(89.38±3.99)aA
		50%氟啶胺 SC 1 250× fluazinam 50% SC 1 250×	(52.96±9.68)bA	(30.25±12.75)bB
		清水对照 Water control	(75.93±11.56)aA	
2017	临海 Linhai	80%代森锰锌 WP 500×+99%矿物油 200× mancozeb 80% WP 500×+mineral oil 99% 200×	(8.06±3.12)bB	(91.21±3.34)aA
		50%氟啶胺 SC 1 000× fluazinam 50% SC 1 000×	(8.94±4.33)bB	(90.24±4.78)aA
		清水对照 Water control	(91.69±1.15)aA	
2018	临海 Linhai	80%代森锰锌 WP 600× mancozeb 80% WP 600×	(6.21±0.58)dD	(90.47±0.77)aA
		50%氟啶胺 SC 1 000× fluazinam 50% SC 1 000×	(21.20±1.70)cC	(67.46±1.77)bB
		50%氟啶胺 SC 1 500× fluazinam 50% SC 1 500×	(36.58±3.52)bB	(43.94±2.06)cC
		清水对照 Water control	(65.47±8.83)aA	
2018	衢州 Quzhou	80%代森锰锌 WP 600×+99%矿物油 200× mancozeb 80% WP 600×+mineral oil 99% 200×	(1.26±0.22)cC	(95.84±0.74)aA
		50%氟啶胺 SC 1 500× fluazinam 50% SC 1 500×	(9.13±0.77)bB	(69.81±2.53)cC
		50%氟啶胺 SC 1 500×+99%矿物油 200× fluazinam 50% SC 1 500×+mineral oil 99% 200×	(5.58±0.66)bBC	(81.55±2.20)bB
		清水对照 Water control	(30.24±2.75)aA	

1) 表中数据为均值±标准误，不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著，大写字母表示在 0.01 水平差异显著。
The values in the table are the means±standard errors. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. Different uppercase letters in the same column indicate significant difference at 0.01 level.

3 讨论

柑橘黑点病菌的生长和繁殖都在果园内的枯枝及腐烂枝干组织中完成，使后者成为滋生病菌的场所[2]。病菌在这些坏死组织中越冬、待气候适宜时进行生长和繁殖，无性繁殖产生分生孢子器和分生孢子，有性繁殖产生子囊壳和子囊孢子。分生孢子在病害循环中起主要作用，其主要通过雨水飞溅和气流传播到幼嫩的枝梢、叶片和果实上，当温湿度适宜时即萌发侵入植物表皮细胞。病菌侵入后很快诱发寄主细胞产生防御反应，分泌植保素，如 6,7-二氧甲基香豆素(6,7-dimethoxy coumarin)，这些植保素与柑橘类植物中天然化合物橘霉素(citrinin)、柚皮苷(naringin)和橙皮苷(hesperidin)等抗菌物质结合，抑制或杀死入侵的病菌。同时病菌还诱导被侵入的细胞及其周围约 3～5 层细胞褐化坏死，周围细胞非正常分裂增生、伸长、膨大，形成约 10～12 层细胞组成的半球状愈伤组织，即肉眼所见的黑点。最后坏死细胞与愈伤组织间形成周皮，使坏死细胞与健康组织在结构上分开，以保护寄主健康组织的正常生理活动[16]。由此可见叶片、新梢和果面凸起的黑色或褐色小粒点即为坏死细胞所构成，是植物自我防御反应的产物。

从柑橘黑点病的发生过程可以推断，药剂防治的立足点应该是保护果皮免受病菌的侵入。Bushong 等的接种试验表明嘧菌酯在病菌侵染前使用有效，在侵染后使用效果不佳[1]。国内近 20 年研究显示，保护性杀菌剂代森锰锌是防治柑橘黑点病效果最佳的药剂，其田间防治效果显著优于苯醚甲环唑、咪鲜胺、多菌灵、氟硅唑等内吸性杀菌剂[17-20]，且往代森

锰锌中添加矿物油可提升其防效[21]。另外已有的报告显示保护性杀菌剂百菌清和克菌丹,对黑点病具有较好的防效[12, 22-24],苯甲·吡唑酯在研究中也表现出良好的防治效果[25],但仍都需要更多的试验进行佐证。

氟啶胺也是一种保护性杀菌剂,目前在国内已经在柑橘黑点病上登记使用。氟啶胺与现有药剂无交互抗性,它通过作用于线粒体内呼吸链尾端的ATP 合成酶的多个特异性位点解除氧化与磷酸化的关联,最大程度消耗电子传递积累的电化学势能。氟啶胺治疗性和内吸性差,但触杀效果突出[26-28]。

本研究显示氟啶胺抑制菌丝生长的 EC_{50} 为 0.003 2 μg/mL,完全抑制孢子萌发的最低浓度为 0.08 μg/mL,这些数据都远低于此前试验测得的代森锰锌抑制菌丝生长的 EC_{50}(15.35 μg/mL)和抑制孢子萌发的 EC_{50}(0.82 μg/mL)[12]。但是我们 2016 年和 2017 年在临海所做的两次大田试验却得到了截然相反的结果,2016 年显示防治效果不佳,相对防效仅有 30.25%,而 2017 年防治效果优秀,达 90.24%,与代森锰锌的防效没有显著差异。2018 年两地试验又证明其防治效果不及代森锰锌。为寻找氟啶胺在大田试验中防治黑点病效果不稳定的原因,我们查询了 2016 年和 2017 年临海地区在施药后的天气情况,发现在第二次施药与第三次施药之间,即 5 月中旬施药过后的 22 d 中的降雨天数高达 15 d,而在 2017 年 19 d 中降雨天数仅仅只有3 d。2018 年临海第二次施药与第三次施药之间共 18 d,降雨天数共 11 d,氟啶胺 SC 1 500 倍液的防效仅有 43.94%,将浓度提高到 1 000 倍,其防效显著上升,达到 67.46%,但还是不及 80%代森锰锌 WP 600 倍液的防治效果。而在 2018 年的衢州第二次施药后的 20 d,降雨天数达 14 d,50%氟啶胺 SC 1 500倍液的防治效果也不佳,只有 69.81%,显著低于 80%代森锰锌 WP 600X。已有资料均显示,幼果期是防治黑点病的关键期,而降雨、果面潮湿有水膜是病菌孢子释放传播和侵染的必要条件[29]。因此我们推测氟啶胺在 2016－2018 年防效表现不一与这几年 5 月中－6 月上的降雨天数多少有关,并由此推测现有的 50%氟啶胺 SC 制剂在耐雨水冲刷性方面有些不足。2018 在衢州的试验还表明在氟啶胺药剂中添加矿物油能提高防治效果,已知矿物油自身的抑菌作用并不明显[12],推测矿物油可能是通过提高氟啶胺的耐冲刷性而提高持效性。而代森锰锌在这 3 年的试验中始终有着极佳的防治效果,可能是由于它比 50%氟啶胺 SC 更耐雨水冲刷。

研究表明柑橘果实坐果后到 7 月中旬是喷药防治黑点病的关键时期[30],而这一段时间恰好是多雨的时节。目前国内的研究结果均表明代森锰锌是最佳的防治药剂,但存在药剂单一的问题。氟啶胺体外抑菌效果显著高于代森锰锌,具有开发用于黑点病防治的潜力,但需要在耐雨水冲刷性方面进行改造,或在雨水较多的年份注意适当提高使用浓度,或使用频率,并加入矿物油来提高它的防治效果。当然,这仅是我们 4 个试验的结果,还需要更多的研究进行佐证。

参考文献

[1] BUSHONG P M, TIMMER L W. Evaluation of postinfection control of citrus scab and melanose with benomyl, fenbuconazole, and azoxystrobin[J]. Plant Disease, 2007, 84(11): 1246－1249.

[2] MONDAL S N, AGOSTINI J P, ZHANG L, et al. Factors affecting pycnidium production of *Diaporthe citri* on detached citrus twigs [J]. Plant Disease, 2004, 88(4): 379－382.

[3] 姜丽英,徐法三,黄振东,等. 柑橘黑点病的发病规律和防治[J]. 浙江农业学报, 2012(4): 647－653.

[4] 曾炳隆,曾知富,朱晓云,等. 南丰蜜橘果实黑点病发生规律与综合防治措施[J]. 浙江柑橘, 2010(2): 24－26.

[5] 黄振东,黄茜斌,王海琴,等. 设施栽培下影响柑桔果实外观质量的病虫害发生情况调查与分析[J]. 中国南方果树, 2008(5): 23－25.

[6] AGOSTINI J P, BUSHONG P M, BHATIA A, et al. Influence of environmental factors on severity of citrus scab and melanose [J]. Plant Disease, 2003, 87(9): 1102－1106.

[7] 李建国,黄振东,蒲占滘,等. 代森锰锌防治柑橘黑点病试验初报[J]. 浙江农业科学, 2012(11): 1549－1550.

[8] 张志恒,赵学平,吴电. 80%大生 M-45 可湿性粉剂防治柑橘黑点病的田间药效试验[J]. 广西园艺, 2004(4): 30－32.

[9] 黄茜斌,梁克宏,黄振东. 柑橘果实黑点病防治适期及用药方法研究[J]. 浙江柑橘, 2010(2): 26－29.

[10] 黄振东,黄茜斌,蒲占滘,等. 柑橘黑点病药剂防治试验[J]. 中国果树, 2009(6): 34－37.

[11] 李梦媛,李红叶,严翔,等. 不同药剂组合对柑桔黑点病的防治效果[J]. 现代园艺, 2016(23): 20－21.

[12] 刘欣,王明爽,梅秀凤,等. 柑橘黑点病菌种群对代森锰锌的敏感性评价及其替代药剂的筛选[J]. 植物保护学报, 2018, 45(2): 373－381.

[13] 黄振东,蒲占滘,胡秀荣,等. 不同药剂组合对柑橘黑点病的防治效果[J]. 浙江柑橘, 2011(2): 23－24.

[14] BELPOGGI F, SOFFRITTI M, GUARINO M, et al. Results

of long-term experimental studies on the carcinogenicity of ethylene-bis-dithiocarbamate (Mancozeb) in rats [J]. Annals of the New York Academy of Sciences, 2010, 982(1): 123-136.

[15] ZHOU Y, SHIE F S, PICCARDO P, et al. Proteasomal inhibition induced by manganese ethylene-bis-dithiocarbamate: Relevance to parkinson's disease [J]. Neuroscience, 2004, 128(2): 281-291.

[16] ARIMOTO Y, HOMMA Y, MISATO T. Studies on citrus melanose and citrus stem-end rot by *Diaporthe citri* (Faw.) Wolf Part 2. Infection mode of *D. citri* to citrus leaf [J]. Japanese Journal of Phytopathology, 2009, 52(1): 39-46.

[17] 胡丹,蒲占湑,黄振东. 10%氟硅唑可湿性粉剂防治柑橘黑点病田间药效试验[J]. 浙江柑橘, 2016(3): 15-16.

[18] 张小亚,文中华,闵泽萍,等. 几种杀菌剂对伦晚脐橙柑橘黑点病的药效试验[J]. 浙江柑橘, 2017(1): 34-36.

[19] 陈国庆,姜丽英,徐法三,等. 防治柑橘黑点病药剂的离体和田间筛选[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2010,36(4): 440-444.

[20] 侯欣,陈国庆,王兴红,等. 3种柑橘病原真菌对苯醚菌酯和苯醚甲环唑敏感基线研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2013,39(1): 62-68.

[21] 王振东,占红木. 农用矿物油的应用之七:精致矿物油提升柑橘黑点病、黑斑病防治效果[J]. 江西农业, 2015(4): 60.

[22] 胡秀荣,黄振东,蒲占湑,等. 30%复方百菌清浓悬浮剂对柑橘黑点病菌的室内毒力测定[J]. 浙江柑橘,2017(1): 22-25.

[23] 胡秀荣,黄振东,蒲占湑,等. 30%复方百菌清浓悬浮剂对柑橘黑点病的田间药效试验[J]. 浙江柑橘,2018(1): 25-26.

[24] 谢秀挺. 美得乐-80%克菌丹WDG防治柑桔砂皮病田间药效试验[J]. 四川农业科技, 2015(4): 44-45.

[25] 刘蕊,李红叶,李国华,等. 梅州沙田柚黑点病药剂防治试验[J]. 东南园艺, 2017(6): 26-28.

[26] 石妞妞,杜宜新,阮宏椿,等. 福建省番茄灰霉病菌对氟啶胺敏感基线建立及与不同杀菌剂的交互抗性[J]. 农药学学报,2016(4):535-539.

[27] 晓岚. 新杀菌剂氟啶胺的生物活性[J]. 农药译丛,1996(1):43-48.

[28] 徐永生,李泉木. 植物疫病克星福帅得[J]. 新农业,2010(7):46.

[29] 巫国军,刘蕊,温清英,等. 柑橘黑点病防控探讨[J]. 现代农业科技,2017(5):117-122.

[30] 蒋飞,吴丹丹,张喜喜,等. 上海柑橘黑点病田间发生规律研究[J]. 浙江柑橘,2018(2):16-19.

(责任编辑:杨明丽)

(上接238页)

[15] 吴孔明, 徐广, 郭予元. 棉铃虫一代成虫在渤海海面迁飞的考察[J]. 植物保护学报, 1998, 25(4): 335-340.

[16] STEIN A F, DRAXLER R R, ROLPH G D, et al. NOAA's Hysplit atmospheric transport and dispersion modeling system [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2015, 96(12): 2059-2077.

[17] KALNAY E, KANAMITSU M, KISTLER R, et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1996, 77(3): 437-470.

[18] 袁锋. 农业昆虫学[M]. 北京:中国农业出版社,2001.

[19] 刘瑞红,喻峰华,张建萍. 石河子地区棉铃虫发生规律及药剂防治技术[J]. 中国农学通报,2014,30(7):292-296.

[20] 郑祖强,张孝羲,谢俊英,等. 棉铃虫飞行能力和兼性迁飞的初步研究[J]. 应用生态学报,2000,11(4):603-608.

[21] 吴孔明,郭予元,吴燕. 环渤海湾地区棉铃虫成虫的卵巢发育特点及与迁飞行为的关系[J]. 生态学报,2001,22(7):1075-1078.

[22] 吴孔明,翟保平,封洪强,等. 华北北部地区二代棉铃虫成虫迁飞行为的雷达观测[J]. 植物保护学报,2006,33(2):163-167.

[23] 张娟,马吉宏,徐养诚,等. 从卵巢发育特点揭示新疆地区棉铃虫迁飞习性[J]. 生态学杂志,2013,32(6):1428-1432.

[24] 翟保平. 国外对棉铃虫迁飞的研究[J]. 应用昆虫学报,1990,27(3):185-188.

[25] 吴孔明,郭予元. 棉铃虫种群的地理型分化和区域性迁飞规律[J]. 植物保护,2007,33(5):6-11.

[26] 贾涛,李葆来,张俊杰,等. 我国棉铃虫研究现状与进展[J]. 西北农业学报,2000,9(3):122-125.

[27] DRAKE V A, GATEHOUSE A G. Insect migration: Tracking resources though space and time [M]. New York: Press Syndicate of the University of Cambrige, 2005: 84-85.

[28] 孙嵬, 程志加, 高月波, 等. 三代粘虫成虫迁飞的雷达观测与分析[J]. 应用昆虫学报, 2018, 55(2): 160-167.

[29] 潘蕾, 吴秋琳, 陈晓, 等. 华北三代粘虫大发生虫源的形成[J]. 应用昆虫学报, 2014, 51(4): 958-973.

[30] FENG Hongqiang, ZHAO Xincheng, WU Xianfu, et al. Autumn migration of *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae) over the Bohai Sea in Northern China [J]. Environmental Entomology, 2008, 37(3):774-781.

(责任编辑:杨明丽)