



21 种化学药剂对猕猴桃黑点病菌(*Diaporthe phaseolorum*) 的室内毒力及田间防效

王 丽¹, 田玉洁¹, 刘 巍¹, 黄丽丽^{1,2}, 秦虎强¹

(1. 西北农林科技大学 植物保护学院, 陕西杨凌 712100, 2. 旱区作物逆境生物学国家重点实验室, 陕西杨凌 712100)

摘要 旨在筛选猕猴桃黑点病防治药剂并明确其防治效果。采用菌丝生长速率法, 测定 21 种不同化学药剂对猕猴桃黑点病菌的毒力, 并选择其中 16 种药剂进行田间药效试验。结果显示, 烯肟·戊唑醇 $w=20\%$ 悬浮剂(SC)等 9 种药剂对黑点病菌具有极强的抑菌效果, 其 EC_{50} 值均达 0.05~1.12 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 表现为极度敏感; 其次为抑霉唑 $w=20\%$ 水乳剂 EW、辛菌胺醋酸盐 $w=1.8\%$ 水剂(AS)及腐霉利 $w=50\%$ 可湿性粉剂(WP), 其 EC_{50} 值为 14.02~37.37 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 表现为高度敏感; 氨基寡糖素 $w=5\%$ (AS)、啉环·咯菌腈 $w=62\%$ 水分散粒剂(WG)和吡唑醚菌酯 $w=25\%$ 乳油(EC)的 EC_{50} 值分别为 118.49 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、195.32 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 和 255.18 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 表现为中度敏感或低度敏感; 而苯醚甲环唑 $w=10\%$ (WG)等 6 种药剂其 EC_{50} 值分别远大于 350 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 为不敏感; 供试的 16 种药剂在田间均表现出极显著防治效果, 其中: 苯甲·丙环唑 $w=30\%$ (EC) 450 g/hm^2 、氟唑菌酰胺·苯醚甲环唑 $w=20\%$ (SC) 600 g/hm^2 、啉环·咯菌腈 $w=62\%$ (WG) 600 g/hm^2 、腈苯唑 $w=24\%$ (SC) 900 g/hm^2 、丙环唑·啉菌脂 $w=18.7\%$ (SC) 600 g/hm^2 、啉酰·咯菌腈 $w=30\%$ (SC) 900 g/hm^2 及戊唑醇 $w=43\%$ (SC) 450 g/hm^2 7 种药剂处理平均防效达到 84.32%~90.36%; 其次为烯肟·戊唑醇 $w=20\%$ (SC) 900 g/hm^2 、抑霉唑 $w=20\%$ (EW) 900 g/hm^2 、吡唑醚菌酯 $w=25\%$ (EC) 720 g/hm^2 、腐霉利 $w=50\%$ (WP) 750 g/hm^2 、寡糖·吡唑酯 $w=27\%$ (EW) 900 g/hm^2 及硝酸氨钙可溶性粒剂(SG) 1 500 kg/hm^2 6 种药剂处理, 平均防效达到 64.92%~81.78%; 而其他 3 种药剂处理防效略差。结果表明, 30% 苯甲·丙环唑 EC、20% 氟唑菌酰胺·苯醚甲环唑 SC、62% 啉环·咯菌腈 WG、24% 腈苯唑 SC、18.7% 丙环唑·啉菌脂 SC、30% 啉酰·咯菌腈 SC、43% 戊唑醇 SC、20% 烯肟·戊唑醇 SC、20% 抑霉唑 EW、25% 吡唑醚菌酯 EC、50% 腐霉利 WP、27% 寡糖·吡唑啉菌酯 EW 12 种药剂及土施农用硝酸氨钙 SG 对猕猴桃黑点病均具有良好的防治效果, 可作为今后防治猕猴桃黑点病的优选药剂。

关键词 猕猴桃黑点病; 间座壳属真菌; 杀菌剂; 室内毒力; 田间防效

猕猴桃黑点病(Kiwifruit black spot disease)^[1] 俗称猕猴桃果实黑头病, 也称黑点病, 是近年在陕西猕猴桃生产中新出现的一种重大果实病害, 该病害在陕西各猕猴桃主产区均有发生, 尤以‘翠香’、‘徐香’品种上发生较为普遍, 危害连年加重。2020 年, 付博等^[2] 首次报道认为陕西省周至等地发生的猕猴桃黑点病病原菌为间座壳属真菌(有性态)(*Diaporthe eres*), 无性态为拟茎点霉属(*Phomopsis*); 该病菌主要危害猕猴桃果实, 也可侵染叶片和嫩枝(室内人工接种), 但田间较少

见到叶片和嫩枝病症。侵染果实表皮发病后在果实表皮上产生大量黑斑, 可导致果实及早成熟、变软、早落, 后期果皮变黑、果实变软、果肉腐烂、贮藏期极易腐烂变质等^[2], 严重影响产量、果肉品质和商品性, 当地果农深受其害、损失严重。据 2018—2020 年夏秋季西北农林科技大学果树病害病原生物学及综合防治研究实验室猕猴桃重点病害防探课题对眉县、周至县两大猕猴桃产区 10 个乡镇主要栽培品种田间果实黑点病调查结果, 发病品种主要为‘翠香’和‘徐香’; 一般田块病果

收稿日期: 2022-02-28 修回日期: 2022-04-10

基金项目: 陕西省重点研发计划(2018TSCXL-NY-01-04)

第一作者: 王 丽, 女, 硕士研究生, 从事植物病理学及作物病害综合治理研究。E-mail: 1183554831@qq.com
田玉洁, 女, 硕士研究生, 从事植物病理学及作物病害综合治理研究。E-mail: 2735177163@qq.com
田玉洁为共同第一作者。

通信作者: 秦虎强, 男, 硕士, 副研究员, 主要从事植物病害综合治理研究。E-mail: qinhuqiang@nwsuaf.edu.cn
黄丽丽, 女, 教授, 博士生导师, 主要从事植物病理学及作物病害综合治理研究。E-mail: huanglili@nwsuaf.edu.cn

率在 10%~50%，平均病果率达到 30%以上，严重田块病果率达到 90%以上，对猕猴桃生产造成巨大损失，加上缺乏防控技术，严重影响和阻碍了猕猴桃产业的持续稳定发展，已成为生产中亟待解决的突出问题。目前尚未见到有关猕猴桃黑点病发生规律及化学防治方面的研究报道。为明确其化学防治技术，采用菌丝生长速率法，测定了 21 种不同化学药剂对猕猴桃黑点病菌的毒力，并选择其中 16 种药剂进行田间药效试验，以便筛选出对猕猴桃黑点病有效防治药剂，明确其田间防治效果。

1 材料与方 法

1.1 室内药剂毒力测定

1.1.1 供试菌株 猕猴桃黑点病原菌间座壳属真菌(*Diaporthe phaseolorum*)由西北农林科技大学果树病害病原生物学及综合防治研究团队实验室分离并保存。对病原菌进行活化培养后，将菌饼保存在甘油中，并置于-80℃恒温培养箱中培养保存，备用。

1.1.2 供试培养基 PDA 培养基制备过程：取新鲜马铃薯 200 g，去皮，切成大小均匀的小块，锅内加入≤1 L 的水，放入马铃薯块煮沸至适宜程度(用玻璃棒可以轻松戳穿)，用纱布将培养基过滤至烧杯中，并称量 20 g 葡萄糖放入烧杯中，搅拌至完全溶化，加水补足 1 L。称取 15~20 g 琼脂粉备用，分别放入 3 个 500 mL 三角瓶中，并将 1 L 培养基分装于其中，每个三角瓶中加入约 400 mL，包扎严密，121℃湿热灭菌 45 min，备用。

1.1.3 供试仪器及材料 仪器：RQX-380D 智能人工气候箱、101A-2ET 电热鼓风干燥箱、VS-840K-U 超净工作台、BCD-216FTB 海尔家用冰箱、ZPS-160 恒温生化培养箱、SX-500 高压蒸汽灭菌器等。

材料：培养皿($d=8$ cm)、2 mL、10 mL 和 50 mL 离心管、100 mL 和 400 mL 的三角瓶、玻璃棒、量杯、药勺、试管、刻度直尺等常规试验材料。

1.1.4 供试药剂 18.7%丙环·嘧菌酯(丙环唑 11.7%+嘧菌酯 7%)悬浮剂(SC)，先正达(中国)投资有限公司生产；30%氟唑羟·苯甲唑(氟唑菌酰胺 7.5%+苯醚甲环唑 12.5%)悬浮剂(SC)，先正达(中国)投资有限公司生产；25%吡唑醚菌酯乳油(EC)，巴斯夫植物保护(江苏)有限公司生产；43%戊唑醇悬浮剂(SC)，拜耳作物科

学(中国)有限公司生产；30%苯甲·丙环唑(苯醚甲环唑 15%+丙环唑 15%)乳油(EC)，先正达(中国)投资有限公司生产；50%腐霉利可湿性粉剂(WP)，日本住友化学株式会社生产；30%啶酰·咯菌腈(啶酰菌胺 24%+咯菌腈 6%)悬浮剂(SC)^[3]，陕西格之路生物科学有限公司生产；1.8%辛菌胺醋酸盐水剂(AS)^[4]，陕西省西安嘉科农化有限公司生产；20%烯肟·戊唑醇(戊唑醇 10%+烯肟菌胺 10%)悬浮剂^[5]，沈阳科创化学品有限公司生产；10%苯醚甲环唑水分散粒剂(WG)，深圳诺普信农化股份有限公司生产；27%寡糖·吡唑酯(氨基寡糖素 2%+吡唑醚菌酯 25%)水乳剂(EW)，海南正业中农高科股份有限公司生产；20%抑霉唑水乳剂(EW)，一帆生物科技有限公司生产；24%腈苯唑悬浮剂(SC)，美国陶氏益农有限公司生产；25%抑霉·咯菌腈(抑霉唑 20%+咯菌腈 5%)悬乳剂(SE)，一帆生物科技集团有限公司生产；62%嘧啶·咯菌腈(咯菌腈 25%+嘧啶环胺 37%)水分散粒剂(WG)，先正达(中国)投资有限公司生产；40%百菌清可湿性粉剂(WP)^[6]，四川稼得利科技开发有限公司生产；50%多菌灵可湿性粉剂(WP)，山东华阳科技股份有限公司生产；80%甲基托布津可湿性粉剂(WP)，西安 204 所农用化学品有限公司；5%氨基寡糖素水剂(AS)，海南正业中农高科股份有限公司；糖醇钙($\text{Ca} \geq 180$ g/L)水剂(AS)，河南萃可多生物科技有限公司；硝酸铵钙($\text{Ca} \geq 18\%$ ， $\text{N} \geq 15\%$)可溶性粒剂(SG)，天津市天力化学试剂有限公司。

1.1.5 菌株的活化与材料准备 将保存于-80℃的供试菌饼转接到 PDA 培养平板上，于 28℃无光照条件进行扩繁；准备培养皿、试管、离心管、量杯、烧杯、蒸馏水等仪器与材料，为接下来的试验做准备。

1.1.6 药剂浓度梯度设置及含药培养基制备 药剂浓度梯度设置见表 1。根据表 2 预试验设置浓度梯度稀释药液，各药剂的每个质量浓度梯度取 450 μL 加入装有 45 mL PDA 培养基的三角瓶中，摇匀，平均倒入 3~4 个培养皿中(即 3~4 个重复)，待接菌。

1.1.7 药剂室内毒力测定 采用杀菌剂的菌丝生长速率法^[7-8]。首先取出在 PDA 培养基上转接活化 5 d 后的猕猴桃黑点病菌，在无菌操作台中用内径为 6.0 mm 的灭菌打孔器沿菌落边缘切取

菌饼,并按菌丝面朝下的方式接种于含药平板中央,密封后放入 28 ℃ 恒温培养箱内,连续培养 5 d 后测量各处理菌落直径。以不含药剂的 0.1% 的吐温 80 水溶液处理作空白对照,每处理做 4 个重复。采用十字交叉法垂直测量,求其平均值。根据 4 次重复的试验结果,求出各处理浓度梯度的

平均菌落生长直径,并计算不同处理浓度对猕猴桃黑点病的菌丝生长抑制率^[9]。

菌落生长直径 = 各处理菌落直径 - 菌饼直径 (6.0 mm)

菌丝生长抑制率 = [(对照菌落直径 - 处理菌落直径) / 对照菌落生长直径] × 100%

表 1 供试药剂及质量浓度设置

Table 1 Tested reagent and mass concentration setting

供试药剂 Tested reagent	质量浓度/(μg/mL) Mass concentration
20% 烯肟 · 戊唑醇 SC 20% Enoximab-Tebuconazole SC	1.00, 0.100, 0.01, 0.001, 0.000 1
18.7% 丙环 · 嘧菌酯 SC 18.7% Propiconazole-Azoxystrobin SC	5.00, 2.00, 1.00, 0.20, 0.10
30% 苯甲 · 丙环唑 EC 30% Difenconazole-Propiconazole EC	10.00, 1.00, 0.50, 0.20, 0.10
20% 氟酰胺 · 苯甲唑 SC 20% Fluconazole hydroxylamine- Difenconazole SC	1.00, 0.50, 0.20, 0.125, 0.10
25% 吡唑醚菌酯 EC 25% Pyraclostrobin EC	268.75, 33.59, 16.80, 8.40, 2.10
10% 苯醚甲环唑 WG 10% Difenconazole WG	2 000.0, 1 000.0, 100.0, 50.0, 20.0
20% 抑霉唑 EW 20% Imazalil EW	10.00, 1.00, 0.50, 0.20, 0.10
43% 戊唑醇 SC 43% Tebuconazole SC	10.00, 5.00, 1.00, 0.10, 0.01
27% 寡糖 · 吡唑酯 EW 27% Amino oligosaccharide-Pyraclostrobin EW	50.00, 10.00, 5.00, 1.00, 0.10
30% 啶酰 · 咯菌腈 SC 30% Boscalid-Fludioxonil SC	0.50, 0.20, 0.125, 0.1, 0.01
25% 抑霉 · 咯菌腈 SE 25% Imazalil+Fludioxonil SE	5.00, 1.00, 0.50, 0.20, 0.10
62% 嘧环 · 咯菌腈 WG 62% Pyrimethanil-Fludioxonil WG	500.0, 250.0, 200.0, 166.7, 100.0
50% 腐霉利 WP 50% Procymidone WP	100.00, 10.00, 5.00, 0.50, 0.10
24% 腈苯唑 SC 24% Propanenitrile SC	10.00, 1.00, 0.50, 0.20, 0.10
1.8% 辛菌胺醋酸盐 AS 1.8% Octylamide acetate AS	50.0, 25.0, 16.7, 12.50, 10.0
40% 百菌清 WP 40% Chlorothalonil WP	2 000.0, 1 000.0, 100.0, 50.0, 20.0
50% 多菌灵 WP 50% Carbendazim WP	10 000, 5 000, 2 500, 1 250, 625
80% 甲基托布津 WP 80% Thiophanate methyl WP	10 000, 5 000, 2 500, 1 250, 625
5% 氨基寡糖素 SL 5% Amino-oligosaccharide SL	500.0, 250.0, 125.0, 62.5, 31.25
糖醇钙(Ca≥180 g/L AS) Sugar alcohol calcium AS	10 000, 5 000, 2 500, 1 250, 625
硝酸氨钙(Ca≥18%, N≥15%) SG Ammoniacal calcium nitrate SG	10 000, 5 000, 2 500, 1 250, 625

1.2 田间药效试验药剂

1.2.1 试验地情况 试验地点:试验田设置在陕西省周至县广济镇上二屯村,土壤肥力、土质状况中等,近几年‘翠香’品种黑点病发生较重,试验园栽培管理、土壤及水肥条件均中等一致。供试猕猴桃品种为‘翠香’,植株行距约 4 m,株距约 2 m,树龄约 8~10 a,长势一般。

1.2.2 试验处理 试验设:①18.7% 丙环 · 嘧菌酯 SC 600 g/hm² (1 500 倍);②62% 嘧环 · 咯菌腈 WG 600 g/hm² (1 500 倍);③20% 氟酰胺 · 苯甲唑 SC 600 g/hm² (1 500 倍);④43% 戊唑醇 SC 225 g/hm² (4 000 倍);⑤20% 抑霉唑水乳剂

(EW)900 g/hm² (1 000 倍);⑥25% 吡唑醚菌酯 EC 720 g/hm² (1 250 倍);⑦50% 腐霉利 WP 600 g/hm² (1 500 倍);⑧10% 苯醚甲环唑 WG 600 g/hm² (1 500 倍);⑨硝酸氨钙 (SG) 1 500 kg/hm² (土施);⑩戊唑醇(430 g/L)悬浮剂(SC) 450 g/hm² (2 000 倍);⑪24% 腈苯唑悬浮剂(SC)900 g/hm² (1 000 倍);⑫27% 寡糖 · 吡唑酯水乳剂(EW)900 g/hm² (1 000 倍);⑬30% 啶酰 · 咯菌腈悬浮剂(SC)900 g/hm² (1 000 倍);⑭1.8% 辛菌胺醋酸盐(AS)900 g/hm² (1 000 倍);⑮20% 烯肟 · 戊唑醇悬浮剂(SC) 900 g/hm² (1 000 倍);⑯5% 氨基寡糖素 SL(1 800 g/hm²)

+糖醇钙 SL(1 800 g/hm²)(500 倍);⑰不施药空白对照。

1.2.3 试验方法 试验 1 于 2020 年 6 月 24 日、7 月 8 日共施药两次,8 月 15—17 日药效调查;试验 2 于 2021 年 7 月 7 日、7 月 31 日,共施药两次,8 月 15 日药效调查;每试验处理 10~15 株,试验重复 3 次。均使用 HY-16L-B2 背负式手动喷雾器,按照施药剂量兑水喷雾,尽量使药剂均匀全面地覆盖在叶片正背面,药液量为 60 kg/666.7 m²。

1.2.4 试验调查 分别于施药前及最后一次施药后 10~15 d 调查田间发病情况,每个处理小区调查 5 株,每株随机调查 100 个果实,记录调查病果率及病级,计算各供试药剂处理病情指数及防效;同时,施药后 3、7 d 观察果树对不同药剂处理的反应及安全性。

病害病情调查分级标准:以病斑面积占整个果实表面积百分率来分级,共分 6 级。

0 级:果实表面无病斑;1 级:果实表面病斑面积≤5%;3 级:果实表面病斑面积>5%,≤15%;5 级:果实表面病斑面积>15%,≤30%;7 级:果实表面病斑面积>30%,≤45%;9 级:果实表面病斑面积>45%。病果率(%)=(病果数/调查果实数)×100

病情指数=[\sum (各级病果数×级值)/(最高级值 9×调查总果实数)]×100

防治效果=[1-(CK₀×PT₁)/(CK₁×PT₀)]×100%

式中:CK₀ 空白对照区药前病指;PT₁ 处理区药后病指;CK₁ 空白对照区药后病指;PT₀ 处理区药前病指。

1.3 数据统计与分析

采用 DPS 数据处理系统分析软件^[10],对室内毒力测定结果各药剂浓度梯度值及其相应的菌丝生长抑制率进行回归分析,分别计算 21 种杀菌剂对猕猴桃黑点病菌菌株的 EC₅₀、相关系数、回归方程;对田间药效试验结果进行方差分析,采用 Duncan 氏新复极差法进行多重比较和差异显著性比较。

2 结果与分析

2.1 21 种杀菌剂对猕猴桃黑点病菌室内毒力测定结果

表 2 结果显示,①供测试的 21 种杀菌剂中有 20%烯肟·戊唑醇 SC、30%啶酰·咯菌腈、43%

戊唑醇 SC、18.7%丙环·嘧菌酯 SC、20%氟唑酮·苯甲唑 SC、27%寡糖·吡唑酯 EW、30%苯甲·丙环唑 EC、25%抑霉·咯菌腈 SE 和 24%腈苯唑 SC 9 种药剂对黑点病菌具有极强的抑菌效果,其 EC₅₀ 值均达 0.05~1.12 μg/mL,表现为极度敏感;②20%抑霉唑 EW、1.8%辛菌胺醋酸盐 AS 及 50%腐霉利 WP 对黑点病菌也具有较好的抑菌效果,其 EC₅₀ 值为 14.02~37.37 μg/mL,表现为高度敏感;③5%氨基寡糖素 SL 其 EC₅₀ 值为 118.49 μg/mL,为中度敏感;62%啶环·咯菌腈 WG 和 25%吡唑醚菌酯 EC 的 EC₅₀ 值分别为 195.32 μg/mL 和 189.02 μg/mL,均表现为低度敏感;④10%苯醚甲环唑 WG 及 40%百菌清 WP 对黑点病菌的抑菌效果差,EC₅₀ 值分别为 1 736.87 μg/mL 和 2 904.23 μg/mL,远大于 350 μg/mL,为不敏感;⑤而 50%多菌灵 WP 和 80%甲基托布津 WP 及糖醇钙(Ca≥180 g/L)AS、硝酸氨钙(Ca≥18%,N≥15%)SG 对猕猴桃黑点病菌毒力最差,基本无抑菌效果。

2.2 不同药剂对猕猴桃黑点病田间防治效果

供试 16 种药剂对猕猴桃黑点病在田间(表 3)均表现出极显著防治效果。其中:苯甲·丙环唑 30% EC 450 g/hm²(2 000 倍)防效最好,达到 90.36%,显著优于其他药剂处理;其次为氟唑酮·苯醚甲环唑 20% SC 600 g/hm²(1 500 倍)、啶环·咯菌腈 62% WG 600 g/hm²(1 500 倍)、腈苯唑 24% SC 900 g/hm²(1 000 倍)、丙环唑·嘧菌酯 18.7% SC 600 g/hm²(1 500 倍)、啶酰·咯菌腈 30% SC 900 g/hm²(1 000 倍)及戊唑醇 43% SC 450 g/hm²(2 000 倍)6 种药剂处理,平均防效达到 84.32%~86.9%;第 3 为烯肟·戊唑醇 20% SC 900 g/hm²(1 000 倍)、抑霉唑 20% EW 900 g/hm²(1 000 倍)、寡糖·吡唑酯 27% EW 900 g/hm²(1 000 倍)、腐霉利 50% WP 750 g/hm²(1 500 倍)、氨基寡糖素 5% SL 1 800 g/hm²+糖醇钙 SL 1 800 g/hm²(500 倍)、吡唑醚菌酯 25% EC 720 g/hm²(1 250 倍)及硝酸氨钙(SG) 1 500 kg/hm²(土施)7 种药剂处理,平均防效达到 64.94%~81.78%;而以苯醚甲环唑 10% WG 600 g/hm²(1 500 倍)及辛菌胺醋酸盐 1.8% AS 900 g/hm²(1 000 倍)2 种药剂处理防效略差,平均防效均低于 60%,均低于硝酸氨钙 SG 1 500 kg/hm² 土壤施用处理。

表 2 21 种药剂对猕猴桃黑点病菌毒力测定结果

Table 2 Toxicity test of 21 fungicides against *Diaporthe phaseolorum*

杀菌剂 Fungicide	毒力方程 Toxicity regression equation	相关系数(R) Correlation coefficient	F 值 F value	P 值 P value	EC ₅₀ / (μg/mL)	EC ₅₀ 95% 置信区间 95% onfidence interval
20% 烯肟·戊唑醇 SC 20% Enoximab-Tebuconazole SC	$y=0.463 1x+5.598 4$	0.970 5	48.67	0.006 0	0.05	0.02~0.14
30% 啶酰·咯菌腈 SC 30% Boscalid-Fludioxonil SC	$y=0.649 8x+5.621 8$	0.912 2	14.86	0.030 8	0.11	0.03~0.39
43% 戊唑醇 SC 43% Tebuconazole SC	$y=0.724 9x+5.488 3$	0.974 2	55.93	0.005 0	0.21	0.10~0.43
18.7% 丙环唑·嘧菌酯 SC 18.7% Propiconazole-azoxy- strobin SC	$y=0.732 3x+5.394 5$	0.982 4	83.16	0.002 8	0.29	0.20~0.42
20% 氟酰胺·苯甲唑 SC 30% Fluconazole hydroxylamine- Difenoconazole SC	$y=1.673 8x+5.666 3$	0.983 3	87.57	0.002 6	0.40	0.33~0.49
27% 寡糖·吡唑酯 EW 27% Amino oligosaccharide+ Pyraclostrobin EW	$y=0.537 0x+5.106 9$	0.989 2	136.46	0.001 3	0.63	0.41~0.98
30% 苯甲·丙环唑 EC 30% Difenoconazole-Propiconazole EC	$y=0.891 8x+5.111 4$	0.974 5	56.66	0.004 9	0.75	0.49~1.14
25% 抑霉·咯菌腈 SE 25% Imazalil+Fludioxonil SE	$y=1.020 7x+4.975 8$	0.973 2	53.74	0.005 2	1.05	0.70~1.57
24% 腈苯唑 SC 24% Propanenitrile SC	$y=0.952 8x+4.953 7$	0.985 8	103.32	0.002 0	1.12	0.81~1.55
20% 抑霉唑 EW 20% Imazalil EW	$y=0.512 6x+4.412 3$	0.981 9	80.78	0.002 9	14.02	7.66~25.64
1.8% 辛菌胺醋酸盐 AS 1.8% Octylamide acetate AS	$y=3.468 6x+0.758 5$	0.976 2	1 271.6	0.000 1	16.70	16.17~17.26
50% 腐霉利 WP 50% Procymidone WP	$y=0.873 4x+3.626 6$	0.966 8	100.10	0.000 1	37.37	20.41~68.43
5% 氨基寡糖素 SL 5% Amino oligosaccharide SL	$y=1.261 4x+2.384 2$	0.994 7	279.12	0.000 5	118.49	105.60~132.96
62% 嘧环·咯菌腈 WG 62% Pyrimethanil-Fludioxonil WG	$y=2.429 0x-0.564 1$	0.960 2	35.45	0.009 5	195.32	163.91~232.74
25% 吡唑醚菌酯 EC 25% Pyraclostrobin EC	$y=0.289 8x+4.340 4$	0.951 5	199.81	0.000 1	189.02	118.35~550.21
10% 苯醚甲环唑 WG 10% Difenoconazole WG	$y=0.340 3x+3.897 6$	0.984 9	97.23	0.002 2	1 736.87	744.84~4 050.14
40% 百菌清 WP 40% Chlorothalonil WP	$y=0.437 2x+3.486 1$	0.998 0	748.49	0.000 1	2 904.23	2 295.40~3 674.41
50% 多菌灵 WP 50% Carbendazim WP	—	—	—	—	>10 000	—
80% 甲基托布津 WP 80% Thiophanatemethyl WP	—	—	—	—	>10 000	—
糖醇钙(Ca≥180 g/L) AS Sugar alcohol calcium AS	—	—	—	—	>10 000	—
硝酸氨钙(Ca≥18%, N≥15%) SG Ammoniacal calcium nitrate SG	—	—	—	—	>10 000	—

注:毒力回归方程中,y 表示百分率(抑菌率)转化后的机率值,x 表示自变量(药剂浓度)以 10 为对数的转换值;敏感性高低的判定依据秦虎强等^[11]的标准:EC₅₀≤5 μg/mL 为极度敏感;5~50 μg/mL 为高度敏感;50~150 μg/mL 为中度敏感;150~350 μg/mL 为低度敏感;>350 μg/mL 为不敏感。

Note:In the virulence regression equation, y represents the probability of conversion of percentage (bacteriostatic rate) and x represents the logarithmic conversion of independent variable (concentration) to 10; Criteria for determining sensitivity (Qin Huqiang *et al*^[11]): EC₅₀≤5 μg/mL was extremely sensitive, 5-50 μg/mL was highly sensitive, 50-150 μg/mL was medium sensitive, 150-350 μg/mL was low sensitive, > 350 μg/mL was insensitive.

表 3 不同化学药剂处理对猕猴桃黑点病田间药效试验结果

Table 3 Results of field efficacy test for 16 chemicals against kiwifruit black scab

试验处理 Treatment	病果率/% Disease rate	防效/% Control effect	病指/% Disease index	防效/% Control effect
30% 苯甲·丙环唑 Difenoconazole-Propiconazole EC 450 g/hm ²	10.21	80.74±2.06 abc	2.08	90.36±0.63 a
20% 氟唑菌酰胺·苯醚甲环唑 Fluconazole hydroxylamine-Difenoconazole SC 600 g/hm ²	13.75	74.06±1.69 ef	2.83	86.90±1.25 b
62% 啉环·咯菌腈 Pyrimethanil-Fludioxonil WG 600 g/hm ²	10.97	79.31±0.85 bcd	3.04	85.93±0.06 bc
24% 腈苯唑 Propanenitrile SC 900 g/hm ²	9.00	83.02±0.33 a	3.10	85.61±0.57 bc
18.7% 丙环唑·啉菌脂 Propiconazole-Azoxystrob in SC 600 g/hm ²	11.67	77.99±1.74 cd	3.30	84.71±3.09 bc
30% 啉酰·咯菌腈 Boscalid-Fludioxonil SC 900 g/hm ²	9.73	81.64±0.73 ab	3.39	84.27±1.48 c
43% 戊唑醇 Tebuconazole SC 450 g/hm ²	12.81	75.84±1.03 de	3.38	84.32±1.32 c
20% 烯肟·戊唑醇 Enoximab-Tebuconazole SC 900 g/hm ²	11.67	77.99±0.82 cd	3.93	81.78±0.19 d
20% 抑霉唑 Imazalil EW 900 g/hm ²	18.33	65.43±1.31 g	3.99	81.53±0.90 d
27% 寡糖·吡唑酯 Amino oligosaccharide-Pyralo strob in EW 900 g/hm ²	15.40	70.95±1.64 f	4.47	79.29±1.06 d
50% 腐霉利 Procymidone WP 750 g/hm ²	28.26	46.68±3.78 l	5.75	73.36±2.55 ef
5% 氨基寡糖素 Amin-ooligosaccharide SL(1 800 g/hm ²) + 糖醇钙 Sugar alcohol calcium SL(1 800 g/hm ²)	19.13	63.91±0.60 g	6.28	70.91±1.85 fg
25% 吡唑醚菌酯 Pyraclostrobin EC 720 g/hm ²	25.14	52.55±2.23 h	6.97	67.71±0.52 g
硝酸铵钙 Ammoniacal calcium nitrate SG 1 500 kg/hm ² (土施, Soil treatment)	35.99	32.11±2.83 k	7.57	64.94±1.49 h
10% 苯醚甲环唑 Difenoconazole WG 600 g/hm ²	29.56	44.22±3.68 ij	8.69	59.73±0.98 i
1.8% 辛菌胺醋酸盐 Octylamide acetate AS 900 g/hm ²	30.93	41.65±2.51 j	9.05	58.08±0.84 i
空白对照 Blank control group	53.01	0±0.00 l	21.59	0±0.00 j

注:施药时期:7月7日、7月31日。每处理5株,3次重复共计15株。病指防效: F 值=783.74, P 值=0.0001; 病果率防效: F 值=459.80, P 值=0.0001; 表中各列病果率(%) 和病指(%) 为平均值, 防效(%) 为平均值+标准差, 最后一列中不同小写字母代表不同药剂处理间差异显著($P<0.05$)。

Note: Application dates: July 7, July 31. Five plants in each treatment, total 15 plants in 3 replications. F value=783.74, P value=0.0001; F value=459.80, P value=0.0001. The rate of disease and fruit (%) and disease index (%) are mean values, the control effect (%) was mean value + standard deviation, and the lowercase letters within the last column indicate significant differences among different treatments ($P<0.05$).

3 讨论

明确杀菌剂对靶标菌的毒力,对于选择靶标作物的防治药剂具有重要的参考价值^[12-13]。研究结果显示,供试的21种药剂除50%多菌灵WP、80%甲基托布津WP两种杀菌剂及糖醇钙、硝酸铵钙两种钙肥外,均对猕猴桃黑点病菌(*Diaporthe phaseolorum*)有显著抑制作用并对病害有良好防治效果,其中烯肟·戊唑醇 $\omega=20\%$ 悬浮剂(SC)、啉酰·咯菌腈 $\omega=30\%$ SC、戊唑醇 $\omega=43\%$ SC、丙环·啉菌脂 $\omega=18.7\%$ SC、氟唑羟·苯甲唑 $\omega=20\%$ SC、寡糖·吡唑酯 $\omega=27\%$ EW、苯甲·丙环唑 $\omega=30\%$ EC、抑霉·咯菌腈 $\omega=25\%$ SE、腈苯唑 $\omega=24\%$ SC、抑霉唑 $\omega=$

20%EW、辛菌胺醋酸盐 $\omega=1.8\%$ AS及 $\omega=50\%$ 腐霉利WP 12种药剂对黑点病菌具有强的抑菌效果,其 EC_{50} 值均达0.05~37.37 $\mu\text{g}/\text{mL}$,黑点病菌对其表现为极度敏感或高度敏感;氨基寡糖素 $\omega=5\%$ AS、啉环·咯菌腈 $\omega=62\%$ WG和吡唑醚菌酯 $\omega=25\%$ EC的 EC_{50} 值分别为118.49 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、195.3164 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 和255.18 $\mu\text{g}/\text{mL}$,表现为中度敏感、或低度敏感;而苯醚甲环唑 $\omega=10\%$ WG、百菌清 $\omega=40\%$ WP、多菌灵 $\omega=50\%$ WP、甲基托布津 $\omega=80\%$ WP及糖醇钙($\text{Ca}\geq 180\text{ g}/\text{L}$)AS、硝酸铵钙($\text{Ca}\geq 18\%$, $\text{N}\geq 15\%$)SG分别对猕猴桃黑点病菌的抑菌效果差或无抑菌效果,其 EC_{50} 值远大于350 $\mu\text{g}/\text{mL}$,为不敏感。供试16种药剂对猕猴桃黑点病田间防

治效果极显著,其中:苯甲·丙环唑 $\omega=30\%$ EC 450 g/hm²、氟唑菌酰胺·苯醚甲环唑 $\omega=20\%$ SC 600 g/hm²、啞环·咯菌腈 $\omega=62\%$ WG 600 g/hm²、腈苯唑 $\omega=24\%$ SC 900 g/hm²、丙环唑·啞菌脂 $\omega=18.7\%$ SC 600 g/hm²、啞酰·咯菌腈 $\omega=30\%$ SC 900 g/hm² 及戊唑醇 $\omega=43\%$ SC 450 g/hm² 7 种药剂处理平均防效达到 84.32%~90.36%;烯肟·戊唑醇 $\omega=20\%$ SC 900 g/hm²、抑霉唑 $\omega=20\%$ EW 900 g/hm²、吡啶醚菌酯 $\omega=25\%$ EC 720 g/hm²、腐霉利 $\omega=50\%$ WP 750 g/hm²、寡糖·吡啶酯 $\omega=27\%$ EW 900 g/hm² 及硝酸氨钙(SP)1 500 kg/hm² 6 种药剂处理,平均防效达到 64.92%~81.78%;而以苯醚甲环唑 $\omega=10\%$ WG 600 g/hm²、辛菌胺醋酸盐 $\omega=1.8\%$ AS 900 g/hm² 及氨基寡糖素 $\omega=5\%$ SL 1 800 g/hm² + 糖醇钙 SL 1 800 g/hm² 3 种药剂处理防效略差,平均防效为 47.77%~59.73%,均低于硝酸氨钙 SP 1 500 kg/hm² 土壤施用处理。

室内毒力测定和田间试验结果显示,寡糖·吡啶酯 $\omega=27\%$ EW 900 g/hm²、辛菌胺醋酸盐 1.8% AS 900 g/hm² (1 000 倍)虽对黑点病菌 (*Diaporthe phaseolorum*) 具有极强的毒力或抑菌效果,病菌对其表现为极度敏感,但田间防治效果仅为 60% 上下,不甚理想;相反,62% 啞环·咯菌腈 WG 和 25% 吡啶醚菌酯 EC 的室内毒力测定结果为低度敏感,其田间防效较为理想,达到 80% 左右,这可能与设置的药剂剂量或浓度高低有关。因此,为进一步明确各药剂在田间施用的最佳剂量或浓度,尚需对同一种药剂设置不同剂量或浓度梯度进行田间药效试验。

室内毒力测定结果还显示,硝酸氨钙 SG 对黑点病菌 (*Diaporthe phaseolorum*) 无抑菌效果,但田间药效试验结果表明,土施农用硝酸氨钙 SG 1 500 kg/hm² 对猕猴桃黑点病具有良好的防治效果,平均防效达到 64.92%,与笔者从 2018—2020 年连续 3 a 使用钙肥的田间试验结果一致,推测 Ca²⁺ 的使用能提高果实果皮的抗病性以及生理生化作用;袁嘉玮等^[14] 研究表明,钙作为生物体生长发育过程中的必需元素,参与果树体内组织结构的形成、营养与生殖器官的发育、光合作用等植物生理过程以及保护酶系统和免疫系统的调控等植物生理生化发育进程,也参与果树的生物与非生物胁迫。刘巍等^[1] 对翠香猕猴桃黑点病

与果实矿质元素失调相关性研究结果显示,猕猴桃黑点病的发生与果实中 Ca 元素不足相关。植物侵染性病害发生是病原菌致病能力与寄主植物综合作用的结果,钙通过直接或间接抑制病原菌的生长发育及繁殖,从而提高植物的抗病性^[15]。Babak 等^[16] 及 Buczkowska 等^[17] 研究发现,叶面喷施钙可使病害如炭疽病的发病率降低,且对植物产量(如甜椒)和果品质量有影响,因此含钙药剂对猕猴桃黑点病的影响及作用机理还有待深入探讨。

氨基寡糖素 $\omega=5\%$ SL 对猕猴桃黑点病菌 (*Diaporthe phaseolorum*) 的室内毒力和田间防治效果显示,其对该病原菌表现为中度敏感,且有一定防治效果。氨基寡糖素属于寡糖类抗病诱导剂,其在多类作物上的应用及作用机制在国内已有较多报道,寡糖类药剂对烟草蚀纹病、西瓜花叶病、黄瓜白粉病等的抗病机制表明寡糖类具有体外抑菌活性,可以诱导植物的抗病性^[18],所以氨基寡糖素与其他药剂综合应用可以作为未来病害绿色防治研究的途径之一。

参考文献 Reference:

- [1] 刘巍,吴治然,王丽,等. ‘翠香’猕猴桃黑点病与果实矿质元素失调相关性研究[J]. 植物病理学报,2022,52(3): 459-464.
LIU W, WU ZH R, WANG L, et al. Correlation between the occurrence of ‘Cuixiang’ kiwifruit black spot and imbalance of mineral elements of fruits [J]. *Acta Phytopathologica Sinica*, 2022, 52(3): 459-464.
- [2] 付博,王家哲,任平,等. 陕西省猕猴桃黑点病原菌鉴定[J]. 植物病理学报,2020,50(1): 115-119.
FU B, WANG J ZH, REN P, et al. Identification of the pathogen of kiwifruit black spot in Shaanxi province [J]. *Acta Phytopathologica Sinica*, 2020, 50(1): 115-119.
- [3] 孙斌,李忆雪. 啞酰菌胺的合成研究[J]. 化学研究与应用,2014,26(10): 1645-1650.
SUN B, LI Y X. Study on synthesis of pyridamide [J]. *Chemical Research and Application*, 2014, 26(10): 1645-1650.
- [4] 周艳丽,雷文军,李薇,等. 2014. 辛菌胺醋酸盐 1.8% 水剂防治柑桔溃疡病药效试验[J]. 农药科学与管理,2014, 35(7): 63-65.
ZHOU Y L, LEI W J, LI W, et al. Control effect of 1.8% water solution of octylamine acetate on citrus canker [J]. *Pesticide Science and Management*, 2014, 35(7): 63-65.
- [5] 尧振. 广谱杀菌剂—20% 烯肟·戊唑醇悬浮剂[J]. 农贸市场信息,2011(16): 39.
YAO ZH. A broad-spectrum bactericide—20% fenbucon-

- azole suspension concentrate [J]. *Pesticide Market Information*, 2011(16):39.
- [6] 郝乙杰, 向月琴, 方 华, 等. 百菌清在土壤中的降解及对土壤微生物多样性的影响[J]. *农业环境科学学报*, 2007, 153(5):1672-1676.
- HAO Y J, XIANG Y Q, FANG H, *et al.* Degradation of chlorothalonil in soil and its effect on soil microbial diversity [J]. *Journal of the Environmental Science*, 2007, 153(5): 1672-1676.
- [7] 慕立义. 植物化学保护研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1994.
- MU L Y. *Research Methods of Plant Protection* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1994.
- [8] 李晓军, 范 昆, 曲健禄, 等. 苹果轮纹病菌对异菌脉的敏感性测定[J]. *农药*, 2009, 48(10):774-776.
- LI X J, FAN K, QU J L, *et al.* Sensitivity of apple ring rot pathogen to iprodione [J]. *Chemical*, 2009, 48(10): 774-776.
- [9] 王西锐, 赵 磊, 王 宝, 等. ‘翠香’猕猴桃黑点病防治技术[J]. *陕西农业科学*, 2016, 62(2):125-126.
- WANG X R, ZHAO L, WANG B, *et al.* Occurrence and control of black spot of ‘Cuixiang’ kiwifruit [J]. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 2016, 62(2): 125-126.
- [10] 徐 伟, 季索菲. DPS 数据处理系统在生物统计分析中的应用[J]. *榆林学院学报*, 2014, 24(4):24-27.
- XU W, JI S F. Application of DPS data processing system in biological statistical analysis [J]. *Journal of Yulin College*, 2014, 24(4): 24-27.
- [11] 秦虎强, 赵志博, 高小宁, 等. 猕猴桃细菌性溃疡病菌对 17 种杀菌剂的敏感性及其不同药剂田间防效[J]. *西北农业学报*, 2015, 24(9):145-151.
- QIN H Q, ZHAO ZH B, GAO X N, *et al.* Sensitivity of bacterial canker of kiwifruit to 17 fungicides and field control effect of different fungicides [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2015, 24(9):145-151.
- [12] 符雨诗, 王明爽, 阮若昕, 等. 柑橘绿霉病菌对咯菌腈的敏感性基线的建立[J]. *浙江农业学报*, 2015, 27(1):68-74.
- FU Y SH, WANG M SH, RUAN R X, *et al.* Establishment of sensitive baseline for chloromycete of citrus to pyronitrile [J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2015, 27(1):68-74.
- [13] 李恒奎, 陈长军, 王建新, 等. 禾谷镰孢菌对氰烯菌酯的敏感性基线及室内抗药性风险初步评估[J]. *植物病理学报*, 2006, 36(3):273-278.
- LI H K, CHEN CH J, WANG J X, *et al.* Baseline susceptibility of *Fusarium graminearum* to cyanoacrylate and preliminary risk assessment of resistance in laboratory [J]. *Acta Phytopathologica Sinica*, 2006, 36(3):273-278.
- [14] 袁嘉玮, 田时敏, 张鹏飞, 等. 钙对果树生理特征影响的研究进展[J]. *烟台果树*, 2021(4):1-5.
- YUAN J W, TIAN SH M, ZHANG P F, *et al.* Research progress on the effect of calcium on physiological characteristics of fruit trees [J]. *Yantai Fruits*, 2021(4):1-5.
- [15] 王 芳, 李振轮, 陈艳丽, 等. 钙抑制植物病害作用及机制的研究进展[J]. *生物技术通报*, 2017, 33(2):1-7.
- WANG F, LI ZH L, CHEN Y L, *et al.* Advances in research on the effect and mechanism of calcium on plant diseases [J]. *Biotechnology Bulletin*, 2017, 33(2):1-7.
- [16] MADANI B, MAHMUD T M M, BIGGS A R, *et al.* Effect of pre-harvest calcium chloride applications on fruit calcium level and post-harvest anthracnose disease of papaya [J]. *Crop Protection*, 2014, 55(5):55-60.
- [17] HALINA B, ZENIA M, RENATA N W, *et al.* Yield and fruit quality of sweet pepper depending on foliar application of calcium [J]. *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*, 2016, 40(2):222-228.
- [18] 孙 辉. 两种寡糖类药剂对植物病原物的抑菌和诱导抗病性作用[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2003.
- SUN H. Bacteriostasis and induced resistance of two oligosaccharides to plant pathogens [D]. Yangling Shaanxi: Northwest A&F University, 2003.

Toxicity of 21 Chemical Fungicides against *Diaporthe phaseolorum* of Kiwifruit and Field Control Effectiveness

WANG Li¹, TIAN Yujie¹, LIU Wei¹, HUANG Lili^{1,2} and QIN Huqiang¹

(1. College of Plant Protection, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China;

2. State Key Laboratory of Crop Stress Biology for Arid Areas, Yangling Shaanxi 712100, China)

Abstract In order to screen fungicide to control the kiwifruit black spot disease and to clarify its control effect. The mycelial growth rate method was used to determine the laboratory toxicity of 21 fungicide, and 16 fungicides were chosen to test its field efficacy. The results of laboratory toxicity test showed that 9 kinds of fungicides (Fenaminstrobin • tebuconazole, $w = 20\%$ SC and other 8 kinds of agents) had strong bacteriostatic effect on the pathogen of black spot, their EC_{50} values were 0.05—1.12 $\mu\text{g}/\text{mL}$, and were extremely sensitive. Imazolium ($w = 20\%$ EW), Octyminamide acetate ($w =$

1.8% AS) and Humicolide ($w = 50\%$ WP) were highly sensitive, its EC_{50} value was 14.02–37.37 $\mu\text{g}/\text{mL}$. The EC_{50} values of Aminooligosaccharide ($w = 5\%$ AS), Cyprodinil · fludioxonil ($w = 62\%$ WG) and Pyrazoloxonil ($w = 25\%$ EC) were 118.49 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 195.32 $\mu\text{g}/\text{mL}$ and 255.18 $\mu\text{g}/\text{mL}$, respectively, however, the EC_{50} values of 6 medicaments such as Difenoconazole ($w = 10\%$ WG) were much larger than 350 $\mu\text{g}/\text{mL}$, which was not sensitive, all of them had significant control effect. The results of field efficacy test of 16 kinds of pesticides had very significant control effect, the average control effect of 7 chemicals, including Propiconazol · difenoconazole ($w = 30\%$ EC, 450 g/hm^2), Fluconazole acyl-hydroxylamine difenoconazole ($w = 20\%$ SC, 600 g/hm^2), Cyprodinil · fludioxonil ($w = 62\%$ WG, 600 g/hm^2), Fenbuconazole ($w = 24\%$ SC, 900 g/hm^2), Propiconazol · azoxystrobin ($w = 18.7\%$ SC, 600 g/hm^2), Fenaminstrobin · tebuconazole ($w = 30\%$ SC, 900 g/hm^2) and Tebuconazole ($w = 43\%$ SC, 450 g/hm^2), reached 84.32%–90.36% the average control effect of 6 medicament treatments, including Fenaminstrobin · tebuconazole ($w = 20\%$ SC 900 g/hm^2), Imazolium ($w = 20\%$ EW, 900 g/hm^2), Pyrazoloxonil ($w = 25\%$ EC, 720 g/hm^2), Procymidone ($w = 50\%$ WP, 750 g/hm^2), Oligosaccharins-pyraclostrobin ($w = 27\%$ EW, 900 g/hm^2) and Oligosaccharide (SG, 1 500 kg/hm^2), reached 64.92%–81.78%, and the control effect of the other three medicament treatments was slightly worse. The results showed that 12 fungicides (30% Propiconazol · difenoconazole EC, 20% Adepidyn · difenoconazole SC, 62% Cyprodinil · fludioxonil WG, 24% Fenbuconazole SC, 18.7% Propiconazol · azoxystrobin SC, 30% Boscalid · fludioxonil SC, 43% Tebuconazole SC, 20% Imazolium EW, 25% Pyrazoloxonil EC, 50% Humicolide WP, 27% Oligosaccharins · pyraclostrobin EW) and agricultural application of calcium nitrate SG had good control effects on the disease, which can be used for chemical control of kiwifruit black spot disease in the future.

Key words Kiwifruit black spot disease; *Diaporthe phaseolorum*; Fungicide; Indoor toxicity; Field control efficacy

Received 2022-02-28

Returned 2022-04-10

Foundation item Key Research and Development Project of Shaanxi Province (No. 2018TSCXL-NY-01-04).

First author WANG Li, female, master student. Research area: plant diseases and integrated control. E-mail: 1183554831@qq.com

TIAN Yujie, female, master student. Research area: plant diseases and integrated control. E-mail: 2735177163@qq.com

Corresponding author QIN Huqiang, male, associate research fellow. Research area: comprehensive treatment of plant diseases. E-mail: qinhuqiang@nwsuaf.edu.cn

HUANG Lili, female, professor, doctoral supervisor. Research area: plant pathology and comprehensive treatment of plant diseases. E-mail: huanglili@nwsuaf.edu.cn

(责任编辑: 郭柏寿 Responsible editor: GUO Baishou)