

网络出版时间:2016-10-09 10:08

DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2016.11.025

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20161009.1008.050.html>

蜡蚧轮枝菌生物学特性及其与 榕母管蓟马毒力的相关性

黄 鹏,余德亿,姚锦爱,黄梦雪

(福建省农业科学院 植物保护研究所,福建 福州 350013)

[摘要] 【目的】探讨蜡蚧轮枝菌生物学特性与菌株对榕母管蓟马毒力的相关性,为榕母管蓟马优质高效生防菌株的初步筛选提供参考。【方法】室内观察蜡蚧轮枝菌 V07、V16063、V3450 和 Vp28 4 株菌株的生物学特性,测定其对榕母管蓟马成虫的毒力,通过逐步回归分析探讨两者间的相关性。【结果】4 株蜡蚧轮枝菌菌株的生物学特性存在异同,产孢量和孢子萌发率均很高,但 V3450 菌株生长速度最快,孢子 GT_{50} 最短;V16063 和 Vp28 菌株生长速度较快,孢子 GT_{50} 较短;V07 菌株生长速度最慢,孢子 GT_{50} 最长。榕母管蓟马成虫受供试菌株侵染后的死亡趋势均随菌剂浓度升高和侵染时间延长而上升,但不同菌剂中的变幅则明显不同,侵染致死效果依次为 $V3450 > V16063 > Vp28 > V07$, LT_{50} 依次为 $V3450 < V16063 < Vp28 < V07$ 。逐步回归分析表明,菌株生长速度和孢子 GT_{50} 对累计校正死亡率和 LT_{50} 的作用均达显著水平。【结论】在供试菌株产孢量和孢子萌发率均很高时,菌株生长速度和孢子 GT_{50} 可作为评判蜡蚧轮枝菌对榕母管蓟马毒力大小的初筛指标。

[关键词] 蜡蚧轮枝菌;生物学特性;榕母管蓟马;成虫毒力

[中图分类号] S476.12;S436.8⁺5

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2016)11-0172-06

Correlation between biological characteristics of *Lecanicillium lecanii* and the virulence against *Gynaikothrips ficorum*

HUANG Peng, YU Deyi, YAO Jin'ai, HUANG Mengxue

(Institute of Plant Protection, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350013, China)

Abstract: 【Objective】This study explored the correlation between biological characteristics of *Lecanicillium lecanii* and the virulence against *Gynaikothrips ficorum* to provide reference for preliminary screening of high quality and efficient entomogenous fungi against *G. ficorum*. 【Method】The biological characteristics of four *L. lecanii* strains (V07, V16063, V3450 and Vp28) were observed and the virulence against *Gynaikothrips ficorum* was determined. Then, the correlation was analyzed by stepwise regression analysis. 【Result】There were similarities and differences among biological characteristics of four *L. lecanii* strains. They all had high sporulation quantity and conidia germination rate. Strain V3450 had the fastest growth rate and the shortest conidia GT_{50} . Strains V07 had the slowest growth rate and the longest conidia GT_{50} . Growth speed and conidia GT_{50} of strains V16063 and Vp28 were in middle. The death trend of *G. ficorum* adults increased with the increase of concentration and infection time. The sequence of infection lethal effect was $V3450 > V16063 > Vp28 > V07$ while the sequence of LT_{50} was $V3450 < V16063 < Vp28 <$

[收稿日期] 2015-04-27

[基金项目] 福建省科技重大专项(2013NZ0002-4);福建省属公益优势领域重点项目(2014R1024-1);福建省自然科学基金项目(2014J01110);福建省科技型中小企业技术创新资金项目(2015C0027)

[作者简介] 黄 鹏(1984—),男,福建莆田人,助理研究员,主要从事农业昆虫与害虫防治研究。E-mail:roc_huang@yeah.net

[通信作者] 余德亿(1972—),男,福建浦城人,研究员,主要从事农业昆虫与害虫防治研究。E-mail:yudy_2004@126.com

V07. Stepwise regression analysis showed that growth speed and conidia GT_{50} significantly affected corrected accumulative mortality and LT_{50} . 【Conclusion】 Strain growth rate and conidia GT_{50} could be used as preliminary screening indices for evaluating the virulence of *L. lecanii* against *G. ficorum* when strain sporulation quantity and conidia germination rate were high.

Key words: *Lecanicillium lecanii*; biological characteristics; *Gynaikothrips ficorum*; adult virulence

榕母管蓟马 (*Gynaikothrips ficorum* (Marchal)) 隶属于缨翅目 (Thysanoptera) 蓟马科 (Thripidae), 是出口盆栽榕树上的主要害虫^[1-4]。目前, 该虫的防控偏重于使用化学农药^[5-7], 易造成“3R”和药害问题。生物防治是一种安全、有效、持久的控害方法, 且虫生真菌挖掘利用已是害虫生防的重要发展方向之一^[8]。蜡蚧轮枝菌 (*Lecanicillium lecanii* (Zimmermann) Zare & Gams) 是一种地理分布和寄主范围均比较广泛的昆虫病原真菌, 在国内外已有一些高效菌株被筛选用于西花蓟马 (*Frankliniella occidentalis* (Pergande))^[9-10]、棕榈蓟马 (*Thrips palmi* Karny)^[11] 和烟蓟马 (*T. tabaci* Lindeman)^[12] 等的生物防治, 但有关榕母管蓟马高效防控菌株的筛选尚未见报道。鉴于蜡蚧轮枝菌的来源多样性及其对目标害虫的毒力大小不同, 若将每种不同来源的菌株依次对榕母管蓟马进行毒力测定, 不仅筛选工作量大, 而且受供试虫源饲养时间的制约, 因此, 有必要寻找一种相对简便且有效的初筛方法, 先淘汰部分低效或无效的菌株, 再通过毒力测定最终筛选出对榕母管蓟马具有控制和应用潜能的优质高效菌株, 以提高筛选效率。目前, 有研究人员通过建立菌株生物学特性与毒力的回归方程, 分析他们之间的相关性, 分别证实球孢白僵菌 (*Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin) 对马尾松毛虫 (*Dendrolimus punctatus* Walker) 和小菜蛾 (*Plutella xylostella* (L.)) 的毒力与产孢量呈极显著相关^[13-14], 玫烟色棒束孢 (*Isaria fumosorosea* (Wize) Brown et Smith) 对小菜蛾的致病力与菌株生长速率、产孢量和孢子萌发率呈极显著相关^[15], 这表明虫生真菌的某些生物学特性可作为评判菌株对目标害虫毒力大小的初筛指标。但目前有关通过建立回归方程, 分析蜡蚧轮枝菌生物学特性与菌株对榕母管蓟马毒力的相关性研究尚未见报道。本研究以蜡蚧轮枝菌 V07、V16063、V3450 和 Vp28 为供试菌株, 室内观察这些菌株的生物学特性, 并测定其对榕母管蓟马成虫的毒力, 再通过逐步回归分析探讨两者间的相关性, 为榕母管蓟马优质高效生防菌株的初步筛选提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试蜡蚧轮枝菌 V07、V16063、V3450 和 Vp28 菌株由福建农林大学植物保护学院提供, 菌种保存与活化均采用察氏培养基; 供试榕母管蓟马成虫采集于福建省漳州市漳浦县的盆栽榕树种植基地, 在温度 (26 ± 2) °C、相对湿度 (60 ± 5) %、光周期 L : D = 8 : 16、光照强度 ($10\ 000 \pm 50$) lx 条件下, 用特制养虫瓶 (专利号: ZL 2012 1 0018430.7) 和当年新抽垂叶榕嫩枝条 (枝条上有 3 张以上嫩叶) 饲养 13~15 代, 建立稳定种群后备用。

1.2 试验方法

1.2.1 供试菌株活化 取保存的 4 株蜡蚧轮枝菌菌株接种到 9 cm 的察氏培养基平板上, 置于温度 (25 ± 1) °C、相对湿度 (90 ± 5) %、光周期 L : D = 14 : 10、光照强度 ($2\ 000 \pm 50$) lx 的光照培养箱 (HGZ-150 型, 上海慧泰仪器制造有限公司) 内活化培养 10 d, 备用。

1.2.2 供试菌株生物学特性观察 用无菌打孔器分别在 4 株活化菌株的培养皿内打取直径 5 mm 的菌苔, 菌丝面朝下接种于直径 9 cm 的察氏培养基平板上, 每株菌株各接 5 个培养皿, 置于与 1.2.1 节相同光照培养箱内培养, 每天下午 15:00 采用交叉法测量每株菌株菌落直径的增长量, 连续测量 10 d, 计算每株供试菌株的生长速度。然后往每个培养皿中加入 10 mL 的 0.05% 吐温-80 无菌水作为润湿剂洗脱并收集分生孢子, 经 3 层脱脂纱布过滤除去菌丝和杂质得孢子原液, 在 400 倍的倒置生物显微镜 (BDS300 型, 重庆奥特光学仪器有限公司) 下, 用纽鲍尔血细胞计数统计每个培养基的产孢量。再将每株菌株的 5 份孢子原液均稀释 300 倍, 各取 1 mL 孢子悬浮液均匀涂布于 5 份 2% 水琼脂平板培养基上, 置于相同条件的光照培养箱内培养, 每 3 h 用 400 倍的倒置生物显微镜随机观察每个培养基 3 个视野, 每个视野至少 20 个孢子, 以孢子的芽管长度大于或等于孢子短轴直径为标准, 统计孢子萌发数, 15 h 后计算 4 株菌株的孢子萌发率并估测孢

子萌发中时(GT₅₀)。

1.2.3 供试菌株对榕母管蓟马成虫的毒力测定
取活化后的 4 株供试菌株,参照 1.2.2 节洗脱并收集分生孢子,计算孢子原液的浓度,再用无菌水将每份孢子原液分别稀释成 1.00×10^4 , 1.00×10^5 , 1.00×10^6 , 1.00×10^7 和 1.00×10^8 mL⁻¹ 5 个处理浓度,以 0.05%吐温-80 无菌水为对照,共 6 个处理,每个处理 3 次重复。取直径 9 cm 的培养皿,依次铺入 1 片相同直径的花泥和滤纸,花泥厚 0.5 cm、吸水 8 mL,在滤纸上再放 1 片带叶柄的垂叶榕嫩叶,叶柄用湿棉花包裹并与滤纸紧贴,共 72 个培养皿,每株菌株分得 18 个培养皿,均匀分成 6 组。用软毛笔刷挑取同一日龄的榕母管蓟马成虫,每株菌株每个处理 90 头,在各自处理液中浸泡 10 s,待虫体略干时再挑到叶片上,每皿挑 30 头后用保鲜膜封口,并用 0.27 mm 的昆虫针在保鲜膜上密扎细孔通气;将培养皿置于与 1.2.1 节相同的光照培养箱内培养,每天下午 15:00 观察、记录死亡数,连续观察 10 d,并将死亡虫体挑入察氏培养基平板上,再置于相同条件的光照培养箱中培养、观察,以死亡虫体长出菌丝计为有效感染,统计榕母管蓟马成虫的死亡数,计算累计校正死亡率,估测每株菌株的致死中时(LT₅₀)。

表 1 4 株蜡蚧轮枝菌菌株的生物学特性

Table 1 Biological characteristics of four *Lecanicillium lecanii* strains

菌株 Strains	生长速度/(mm·d ⁻¹) Growth rate	产孢量/($\times10^9\cdot$ 皿 ⁻¹) Sporulation quantity	分生孢子 Conidia	
			萌发率/% Germination rate	GT ₅₀ (95% CI)/h
V07	4.38±0.14 b	4.25±1.02 a	96.53±0.93 a	7.06(6.07~8.05) a
V16063	4.72±0.16 a	5.26±1.09 a	95.91±0.48 a	6.40(5.48~7.25) b
V3450	4.94±0.20 a	6.04±1.14 a	96.94±0.74 a	5.86(4.90~6.70) c
Vp28	4.68±0.16 a	5.10±0.65 a	97.07±0.91 a	6.43(5.28~7.52) b

注:同列数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。
Note: Different lowercase letters in each column mean significant difference ($P<0.05$).

2.2 4 株蜡蚧轮枝菌对榕母管蓟马成虫的毒力

2.2.1 榕母管蓟马成虫受供试菌株侵染后的死亡趋势
由图 1 可知,榕母管蓟马成虫受 4 株蜡蚧轮枝菌菌株侵染后的死亡趋势均随菌剂浓度升高和侵染时间延长而上升,但不同菌剂中榕母管蓟马成虫累计校正死亡率大小及死亡趋势的变幅则明显不同。对 Vp28、V3450 和 V16063 菌株,榕母管蓟马成虫的累计校正死亡率均在接菌 3~4 d 后呈现快速递增,7~8 d 后趋于平缓,10 d 后 1.00×10^7 和 1.00×10^8 mL⁻¹ 处理的累计校正死亡率,以 V3450 菌株最高(77.11%~85.54%),V16063 菌株位居其次(75.90%~78.31%),Vp28 菌株位居第 3(66.26%~74.70%)。而对 V07 菌株,榕母管蓟马

1.3 数据统计与分析

利用 DPS 7.05 数据处理软件,采用 Tukey 检验法对 4 株蜡蚧轮枝菌菌株生长速度、产孢量和孢子萌发率进行多重比较;采用机率值分析法,估测比较 4 株供试菌株孢子的 GT₅₀ 及菌株对榕母管蓟马成虫的 LT₅₀;采用逐步回归分析法,分析供试菌株生物学特性与其对榕母管蓟马毒力(1.00×10^8 mL⁻¹处理)的相关性,构建最优回归方程。

2 结果与分析

2.1 4 株蜡蚧轮枝菌菌株的生物学特性

由表 1 可知,V16063、V3450 和 Vp28 菌株生长较快,菌株生长速度在 4.68~4.94 mm/d,相互间差异不显著;V07 菌株生长最慢,与其他 3 株菌株的差异显著。4 株菌株产孢量均很多,每皿达 $4.25\times10^9\sim6.04\times10^9$,其中 V3450 菌株最多,其他依次为 V16063、Vp28 和 V07 菌株,菌株间略存差异,但差异不显著。4 株菌株孢子萌发率均很高,达 95.91%~97.07%,其中 Vp28 菌株最高,其他依次为 V3450、V07 和 V16063 菌株,菌株间略存差异,但差异不显著。V3450 菌株孢子 GT₅₀ 最短,为 5.86 h,显著低于其他 3 株菌株;V07 菌株孢子 GT₅₀ 最长,与其他 3 株菌株差异显著。

成虫的累计校正死亡率虽在接菌 3~4 d 后也开始递增,但递增速度较缓,6~7 d 后就趋于平缓,10 d 后 1.00×10^7 和 1.00×10^8 mL⁻¹ 处理的累计校正死亡率分别为 43.37%和 54.22%,仅是其他 3 株菌株的 56.24%~65.45%和 63.39%~72.58%。

2.2.2 供试菌株对榕母管蓟马成虫的 LT₅₀
由表 2 可知, 1.00×10^4 mL⁻¹ 处理浓度,4 株供试菌株的 LT₅₀ 均较长(9.38~13.30 d),其中以 V3450 菌株最短,其他依次为 Vp28、V07 和 V16063 菌株,且相互间差异不显著。 1.00×10^5 和 1.00×10^6 mL⁻¹ 处理浓度,4 株供试菌株的 LT₅₀ 略有变短(8.50~11.69 d 和 7.23~10.09 d),仍以 V3450 菌株最短,其他则依次为 Vp28、V16063 和 V07 菌株,且相互

间存在差异但不显著。 1.00×10^7 和 1.00×10^8 mL^{-1} 处理,4 株供试菌株的 LT_{50} 均明显变短,但还是以 V3450 菌株最短(5.72 d 和 5.17 d),V16063

菌株位居其次(5.77 d 和 5.54 d),Vp28 菌株位居第 3(6.38 d 和 5.86 d);V07 菌株最长,且与其他 3 株菌株差异显著。

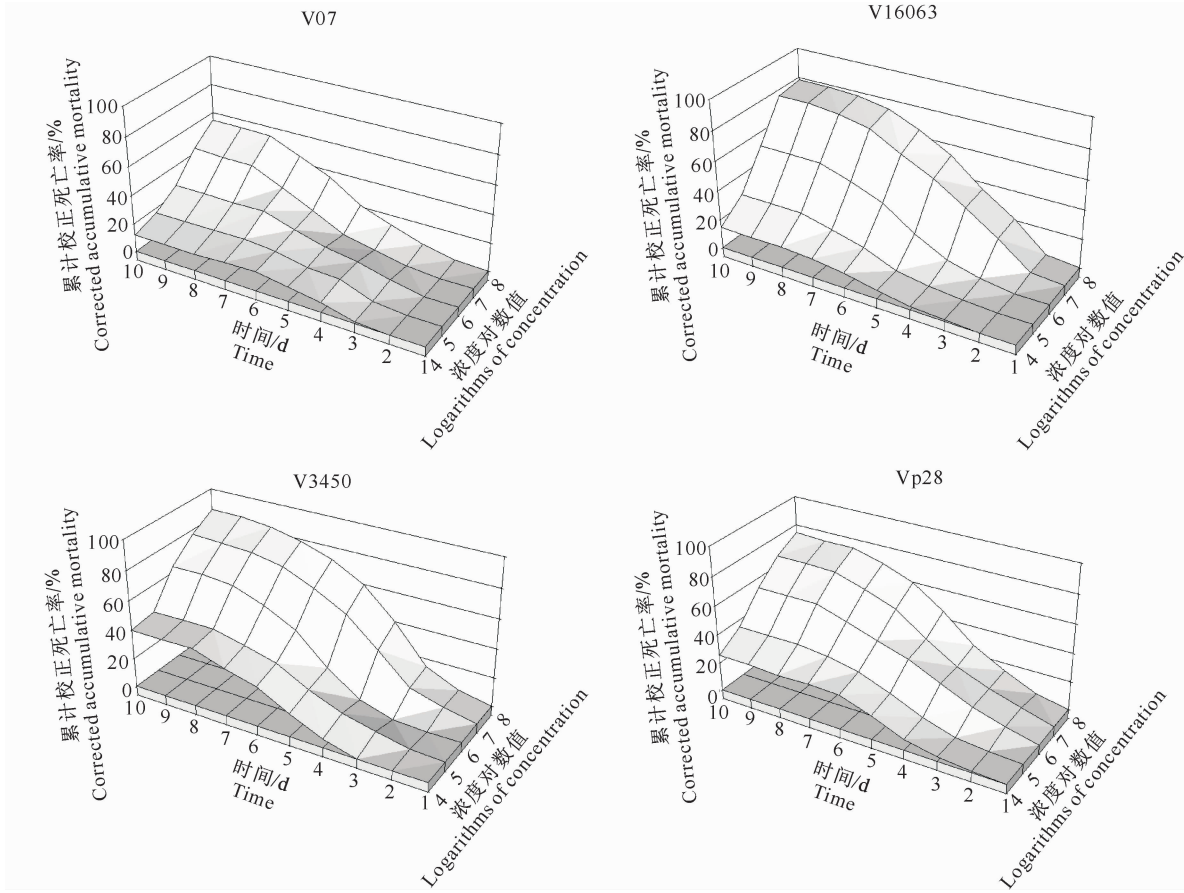


图 1 榕母管蓟马成虫受 4 株蜡蚧轮枝菌菌株侵染后的死亡趋势

Fig. 1 Mortality of *Gynaikothrips ficorum* adults infected by four *Lecanicillium lecanii* strains

表 2 4 株供试菌株对榕母管蓟马成虫的 LT_{50}

Table 2 LT_{50} of four *Lecanicillium lecanii* strains against *Gynaikothrips ficorum* adults

供试菌株浓度/ mL^{-1} Concentration	LT_{50} (95% CI)/d			
	V07	V16063	V3450	Vp28
1.00×10^4	13.17(8.72~19.89) a	13.30(9.52~18.57) a	9.38(6.82~12.89) a	10.70(8.00~14.32) a
1.00×10^5	11.69(7.98~17.13) a	10.80(8.40~13.89) a	8.50(6.99~10.33) a	9.24(7.40~11.53) a
1.00×10^6	10.09(7.31~13.92) a	8.01(6.50~9.87) a	7.23(5.69~9.19) a	7.37(6.24~8.71) a
1.00×10^7	8.95(7.21~11.11) a	5.77(4.98~6.69) b	5.72(4.94~6.64) b	6.38(5.26~7.73) b
1.00×10^8	7.64(6.58~8.86) a	5.54(4.79~6.40) b	5.17(4.54~5.89) b	5.86(5.02~6.85) b

注:同行数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。
Note: Different lowercase letters in each row mean significant difference ($P<0.05$).

2.3 蜡蚧轮枝菌生物学特性与其对榕母管蓟马毒力的相关性

由表 3 可知,在逐步回归分析过程中,蜡蚧轮枝菌 4 个生物学指标对菌株毒力的作用水平不同。其中产孢量(x_2)和孢子萌发率(x_3)对累计校正死亡率(y_1)和 LT_{50} (y_2)的作用不显著($F=0.00$),而被剔除;菌株生长速度(x_1)和孢子 GT_{50} (x_4)对累计校正死亡率(y_1)和 LT_{50} (y_2)的作用则达显著水平($F\geq$

28.34),被引入后得 2 个最优回归方程 $y_1 = -1\,434.001\,7+217.937\,5x_1+75.604\,1x_4$ 和 $y_2 = 175.829\,8-23.811\,1x_1-9.053\,5x_4$,相关系数分别高达 0.999 3 和 0.996 2,且显著性检验均达显著水平($P<0.05$)。同时,由方程变量的偏相关分析可知,累计校正死亡率与菌株生长速度呈极显著正相关($P<0.01$),与孢子 GT_{50} 呈显著正相关($P<0.05$); LT_{50} 与菌株生长速度和孢子 GT_{50} 均呈显著

负相关($P<0.05$)。

表 3 蜡蚧轮枝菌生物学特性与其对榕母管蓟马毒力的相关性
Table 3 Stepwise regression analysis of correlation between biological characteristics and virulence of *Lecanicillium lecanii* strains

引入变量 Introduced variavies	剔除变量 Eliminated variavies	最优回归方程 Optimum regression equation	相关系数 r	显著性 P	偏相关 Partial correlation			
					$r(y,x_1)$	P	$r(y,x_4)$	P
x_1 ($F=125.18$)		$y_1=-1\ 434.001\ 7+217.937\ 5x_1+75.604\ 1x_4$	0.999 3	0.022 2	0.996 0	0.007 9	0.992 8	0.014 2
x_4 ($F=68.33$)	x_2,x_3							
x_1 ($F=43.22$)	($F=0.00$)	$y_2=175.829\ 8-23.811\ 1\ x_1-9.053\ 5x_4$	0.996 2	0.040 6	-0.988 6	0.022 4	-0.982 8	0.033 5
x_4 ($F=28.34$)								

注: x_1 、 x_2 、 x_3 和 x_4 分别表示菌株生长速度、产孢量、孢子萌发率和 GT_{50} , y_1 和 y_2 分别表示累计校正死亡率 and LT_{50} 。

Note: x_1 , x_2 , x_3 , x_4 , y_1 and y_2 are mean strains growth rate, sporulation quantity, conidia germination rate, conidia GT_{50} , corrected accumulative mortality and LT_{50} , respectively.

3 结论与讨论

菌株生物学特性是影响虫生真菌毒力的主要因素之一。雷妍圆等^[14-15]研究发现,球孢白僵菌对小菜蛾的致病力与菌株产孢量呈极显著相关,玫烟色棒束孢对小菜蛾的致病力与菌株生长速率、产孢量和孢子萌发率呈极显著相关;黄大庆等^[13]和王成树等^[16]研究发现,球孢白僵菌菌株对马尾松毛虫的 LT_{50} 与菌株产孢量和孢子萌发中时呈极显著相关;Altre 等^[17]发现,玫烟色拟青霉(*Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown et Smith) 对小菜蛾的致病力与菌株孢子的萌发中时呈显著正相关。这些研究均表明,虫生真菌生长速度快慢、产孢量大小、孢子萌发率高低和萌发速度快慢与菌株毒力存在一定的相关性,可作为评判菌株对目标害虫毒力大小的初筛指标。本研究以 4 株蜡蚧轮枝菌为供试菌株,室内观察其生物学特性,发现供试菌株的产孢量和孢子萌发率均很高,但 V3450 菌株生长速度最快、孢子 GT_{50} 最短, V16063 和 Vp28 菌株生长速度较快、孢子 GT_{50} 较短, V07 菌株生长速度最慢、孢子 GT_{50} 最长;同时测定这些菌株对榕母管蓟马成虫的毒力,发现 V3450 菌株侵染致死效果最好、 LT_{50} 最短, V16063 和 Vp28 菌株侵染致死效果较好、 LT_{50} 较短, V07 菌株侵染致死效果最差、 LT_{50} 最长。通过逐步回归分析探讨菌株生物学特性与毒力的相关性发现,菌株毒力与其生长速度和孢子 GT_{50} 显著相关,菌株生长越快、孢子萌发越快,毒力越高,这与黄大庆等^[13]、雷妍圆等^[14-15]、王成树等^[16]和 Altre 等^[17]的部分研究结果一致;而菌株毒力与产孢量和孢子萌发率未呈显著相关,这可能是由于供试菌株的产孢量和孢子萌发率均很高且差异不显著的缘故。因此,在供试菌株产孢量和孢子萌发率均很高

时,菌株生长速度和孢子 GT_{50} 可作为评判蜡蚧轮枝菌对榕母管蓟马毒力大小的初筛指标。

虫生真菌对寄主的致病和致死是一个复杂的生理生化过程,受菌株生物学特性和生化特性的共同影响,是多方因子联合作用的结果^[13,18-19],因此今后有必要进一步探讨蜡蚧轮枝菌胞外蛋白酶、几丁质酶和脂肪酶活性水平等生化特性与菌株对榕母管蓟马毒力的相关性,从中筛选出若干生化指标,丰富、完善该菌的初筛指标,实现优质高效菌株的快速初筛,为利用虫生真菌防控榕母管蓟马等害虫提供更多的支持。

[参考文献]

[1] Mito T, Uesugi T. Invasive alien species in Japan: the status quo and the new regulation for prevention of their adverse effects [J]. Global Environmental Research, 2004, 8(2): 171-191.

[2] Fedor P J, Varaga L. The first record of *Gynaikothrips ficorum* Marchal, 1908 (Thysanoptera) in Slovakia [J]. Thysanopterica Pismo Entomologiczne, 2007, 3(1): 1-2.

[3] 赵永霜. 榕母管蓟马发生及防治试验研究 [D]. 昆明: 西南林业大学, 2008.

Zhao Y S. Study on the occurrence and control experiment of *Gynaikothrips ficorum* (Marchal) [D]. Kunming: Southwest Forestry University, 2008.

[4] 余德亿, 黄鹏, 姚锦爱, 等. 盆栽榕树蓟马种类及优势种榕母管蓟马对寄主植物的致害性 [J]. 昆虫学报, 2012, 55(7): 832-840.

Yu D Y, Huang P, Yao J A, et al. Species of thrips on potted ficus and the degree of damage to different host plants by the dominant species *Gynaikothrips uzeli* (Thysanoptera: Thripidae) [J]. Acta Entomologica Sinica, 2012, 55(7): 832-840.

[5] Held D W, Boyd D, Lockley T, et al. *Gynaikothrips uzeli* (Thysanoptera: Phlaeothripidae) in the southeastern United States: distribution and review of biology [J]. Florida Entomologist, 2005, 88(4): 538-540.

- [6] 杨静美,刘光华,陈海英,等. 榕母管蓟马冷季种群动态及田间药效试验 [J]. 仲恺农业工程学院学报,2011,24(3):5-8.
Yang J M,Liu G H,Chen H Y,et al. The population dynamic in cold season and field efficacy experiment of *Gynaikothrips uzeli* Zimmermann [J]. Journal of Zhongkai University of Agriculture and Engineering,2011,24(3):5-8.
- [7] 余德亿,胡进锋,姚锦爱,等. 盆栽榕树蓟马的发生与防控药剂配方筛选 [J]. 热带作物学报,2011,32(3):480-484.
Yu D Y,Hu J F,Yao J A,et al. The development and damage of ficus thrips on potted ficus and its formula pesticide screening or prevention and control [J]. Chinese Journal of Tropical Crops,2011,32(3):480-484.
- [8] 王联德,尤民生,黄 建,等. 虫生真菌多样性及其在害虫生物防治中的作用 [J]. 江西农业大学学报,2010,32(5):920-927.
Wang L D,You M S,Huang J,et al. Diversity of entomopathogenic fungi and their application in biological control [J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis,2010,32(5):920-927.
- [9] Sermann H. Importance of coincidence for the efficiency of the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii* against *Frankliniella occidentalis* [J]. Bulletin OILB/SROP,2000,23(2):223-226.
- [10] 袁盛勇,孔 琼,张宏瑞,等. 蜡蚧轮枝菌对西花蓟马成虫和若虫的毒力测定 [J]. 北方园艺,2011(10):131-133.
Yuan S Y,Kong Q,Zhang H R,et al. Detection on the virulence of *Verticillium lecanii* against adult and nymph of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) [J]. Northern Horticulture,2011(10):131-133.
- [11] 袁盛勇,孔 琼,薛春丽,等. 蜡蚧轮枝菌 MZ041024 菌株对棕榈蓟马的毒力测定 [J]. 华中农业大学学报,2010,29(5):560-563.
Yuan S Y,Kong Q,Xue C L,et al. Measure of virulence of *Verticillium lecanii* MZ041024 to *Thrips palmi* Karny [J]. Journal of Huazhong Agricultural University,2010,29(5):560-563.
- [12] Flores-Moctezuma H E,Luna-Gutiérrez C,Castrejón-Ayala F. Effectiveness of *Lecanicillium lecanii* for control of *Thrips tabaci* Lindeman on onion crop [J]. Journal of Chemical,Biological and Physical Sciences,2014,4(5):95.
- [13] 黄大庆,姚 剑. 球孢白僵菌菌株产孢量及其与毒力关系的研究 [J]. 宿州师专学报,2004,19(2):106-108.
Huang D Q,Yao J. Research of relationship between conidiation and virulence of the *Beauveria bassiana* to the caterpillars [J]. Journal of Suzhou Teachers College,2004,19(2):106-108.
- [14] 雷妍圆,吕利华,何余容,等. 球孢白僵菌生物学特性与其对小菜蛾致病力相关性分析 [J]. 中国生物防治,2010,26(2):143-148.
Lei Y Y,Lü L H,He Y R,et al. Correlation between biological characteristics of *Beauveria bassiana* and its virulence to *Plutella xylostella* [J]. Chinese Journal of Biological Control,2010,26(2):143-148.
- [15] 雷妍圆,吕利华,何余容,等. 玫瑰色棒束孢的生物学特性与其对小菜蛾致病力的相关性 [J]. 植物保护学报,2010,37(3):217-221.
Lei Y Y,Lü L H,He Y R,et al. Correlation between biological characteristics of *Isaria fumosorosea* and its pathogenicity against *Plutella xylostella* [J]. Acta Phytophylacica Sinica,2010,37(3):217-221.
- [16] 王成树,黄 勃,樊美珍,等. 球孢白僵菌对马尾松毛虫的毒力与孢子萌发行为的关系 [J]. 森林病虫通讯,1998(3):12-14.
Wang C S,Huang B,Fan M Z,et al. Relationship between conidia germination behaviors and its virulence of *Beauveria bassiana* against *Dendrolimus punctatus* [J]. Forest Pest and Disease,1998(3):12-14.
- [17] Altre J A,Vandenberg J D,Cantone F A. Pathogenicity of *Paecilomyces fumosoroseus* isolates to diamondback moth, *Plutella xylostella*: correlation with spore size, germination speed, and attachment to cuticle [J]. J Invertebr Pathol,1999,73(3):332-338.
- [18] 刘智辉,陈守文,郭志红,等. 球孢白僵菌胞外蛋白酶和几丁质酶活性与对亚洲玉米螟毒力的相关性分析 [J]. 华中农业大学学报,2005,24(4):364-368.
Liu Z H,Chen S W,Guo Z H,et al. Correlation of extracellular protease, chitinase activities and virulence to *Ostrinia furnacalis* [J]. Journal of Huazhong Agricultural University,2005,24(4):364-368.
- [19] 林海萍,魏锦瑜,毛胜凤,等. 球孢白僵菌蛋白酶、几丁质酶、脂肪酶活性与其毒力相关性 [J]. 中国生物防治,2008,24(3):290-292.
Lin H P,Wei J Y,Mao S F,et al. Correlation between protease, chitinase and lipase activities and virulence of *Beauveria bassiana* against *Monochamus alternatus* [J]. Chinese Journal of Biological Control,2008,24(3):290-292.