

文章编号:1674-7054(2014)02-0136-06

粉蕉枯萎病病原菌 1 号小种致病力的分化

张贺¹, 漆艳香¹, 刘晓妹², 张欣¹, 蒲金基^{1,2}, 张辉强, 谢艺贤^{1,2}

(1. 中国热带农业科学院 环境与植物保护研究所 海南 海口 571101; 2. 海南大学 环境与植物保护学院 海南 海口 570228)

摘 要: 通过采集或交流的方式共得到海南、广东、福建、云南和广西等省区的 29 个市县的 57 个粉蕉枯萎病病原菌 1 号小种(*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Race 1) 菌株, 并利用盆栽伤根淋灌法接种粉蕉苗, 系统评价了 57 个 Race 1 菌株的致病力。结果表明: 供试的 57 个 Race 1 菌株表现出很明显的致病力分化, 其中, 强致病力的菌株有 32 个、中致病力的有 23 个、弱致病力的有 2 个, 分别占供试菌株的 56.14%、40.35%、3.51%。供试的粉蕉枯萎病病原菌 1 号小种存在着明显的致病力分化现象, 已分化为强、中和弱 3 种致病型, 强致病力菌株为优势菌株。

关键词: 粉蕉枯萎病; *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Race 1; 致病力分化

中图分类号: S 432.4⁺4

文献标志码: A

粉蕉(*Musa spp.* ABB)是我国传统的三大香蕉类品种之一, 又称糯米蕉、蛋蕉、西贡蕉、鸡蕉、米蕉等, 在蕉类生产中占有重要位置, 经济价值高^[1]。由尖孢镰刀菌古巴转化型 1 号小种(*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Race 1)引起的粉蕉枯萎病是制约粉蕉生产的主要因素。20 世纪 60 年代, 该病就已广泛分布于我国香蕉种植区, 主要为害粉蕉类(*Musa spp.* ABB), 不为害 Cavendish 类香蕉, 如巴西蕉、威廉斯和宝岛蕉等, 部分地区的发病率在 8.5%~73.5% 范围^[2], 严重制约着粉蕉产业的大面积推广种植, 给该产业造成了巨大的损失。抗病选育种被认为是抑制粉蕉枯萎病病原菌危害蔓延的最有效的方法, 现已选育出一些抗病、耐病品种, 如广东省农业科学院选育的粉杂 1 号^[1]和中粉 1 号^[3]等。粉蕉枯萎病病原菌 1 号小种在我国分布广泛、历史悠久, 病原菌的致病力存在着不同程度的分化^[4], 产生了致病力很强的菌株, 而在抗病选育种的过程中, 盆栽抗病性评价是不可或缺的重要环节, 所选用菌株的致病力强弱直接影响着实验结果。为了更好地开展粉蕉的抗枯萎病选育种工作, 有必要开展粉蕉枯萎病病原菌群体的致病力分化研究, 选出致病力强的菌株用于盆栽抗病性评价工作。笔者采集或交流得到了福建、广东、广西、海南和云南等省区的 29 个市县的 57 个粉蕉枯萎病病原菌 1 号小种菌株, 并通过盆栽伤根淋灌法接种粉蕉苗, 系统测定了不同的菌株对粉蕉苗的致病性, 揭示了病原菌的致病性分化情况, 现报道如下。

1 材料与方法

1.1 供试菌株 供试的 57 个粉蕉枯萎病病原菌 1 号小种(*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Race 1) 菌株, 采集于海南、广东、福建、云南和广西等省区的 29 个市县, 其中部分菌株为广东省华南农业大学姜子德教授(菌株编号为: FOC-018)、福建省农业科学院刘波研究员(菌株编号为: FOC-119, FOC-126)和广西区农业科学院微生物所付岗博士(菌株编号为: FOC-131~FOC-134)交流所得, 其余菌株均为本实验室 2001 年 12 月至 2010 年 1 月采集而得(见表 1)。

收稿日期: 2014-01-02

项目资助: 国家香蕉技术产业体系综合防控岗位(nycytx-33-05); 海南省重点科技计划项目(ZDXM20130044)

作者简介: 张贺(1983-) 男, 助理研究员, 硕士, E-mail: atzzhef@163.com

通信作者: 谢艺贤(1962-) 男, 研究员, 主要从事果树病实防控技术研究, E-mail: yixian81@126.com

表 1 用于粉蕉枯萎病病原菌致病力分化的菌株信息表

Tab. 1 Isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Race 1

菌株编号 Isolates	采集地点 Location	采集时间 Collecting time	寄主 Host	病害严重度 Disease severity index		致病力 Pathogenicity
				外部 Leaf symptom	球茎 Rhizome discoloration	
FOC - 126	南靖县 Nanjing County	2004 - 07	粉蕉 Fenjiao	1.5	4.2	+ +
FOC - 119	福建省 Fujian Province	漳浦县 Zhangpu County	粉蕉 Fenjiao	1.0	1.2	+
FOC - 021		漳州市 Zhangzhou City	粉蕉 Fenjiao	2.7	5.4	+ + +
FOC - 020		三明市岩前镇 Yanqian Town , Sanming City	粉蕉 Fenjiao	2.8	6.6	+ + +
FOC - 018	广东省 Guangdong Province	华南农业大学 South China Agricultural University	粉蕉 Fenjiao	4.2	7.1	+ + +
FOC - 108		中山市 Zhongshan City	粉蕉 Fenjiao	1.0	5.2	+ +
FOC - 133	广西区 Guangxi Province	南宁市红光农场 Hongguang Farm ,Nanning City	西贡蕉 Xigongjiao	1.9	6.5	+ +
FOC - 134		南宁市金陵镇 Jinling Town ,Nanning City	西贡蕉 Xigongjiao	3.2	6.5	+ + +
FOC - 132		浦北县龙门镇 Longmen Town ,Pubei County	西贡蕉 Xigongjiao	4.2	7.2	+ + +
FOC - 131		武鸣县罗圩镇 Luowei Town ,Wuming County	西贡蕉 Xigongjiao	1.6	5.9	+ +
FOC - 239	海南省 Hainan Province	临高县新盈镇 Xinying Town ,Lingao County	粉蕉 Fenjiao	2.3	4.4	+ + +
FOC - 240		临高县新盈镇 Xinying Town ,Lingao County	粉蕉 Fenjiao	3.1	6.4	+ + +
FOC - 013		白沙县邦溪镇 Bangxi Town ,Baishan County	粉蕉 Fenjiao	1.3	5.2	+ +
FOC - 190		白沙县牙叉镇 Yacha Town ,Baishan County	粉蕉 Fenjiao	1.9	6.1	+ +
FOC - 175		保亭县响水镇 Xiangshui Town ,Baishan County	粉蕉 Fenjiao	1.0	5.3	+ +
FOC - 189		澄迈县福山镇 Fushan Town ,Baishan County	粉蕉 Fenjiao	2.1	5.7	+ + +
FOC - 046		儋州市八一农场 Bayi Fram ,Danzhou City	粉蕉 Fenjiao	2.1	4.0	+ + +
FOC - 011		儋州市八一农场 Bayi Fram ,Danzhou City	粉蕉 Fenjiao	1.2	2.0	+
FOC - 012		儋州市八一农场 Bayi Fram ,Danzhou City	粉蕉 Fenjiao	1.4	5.9	+ +
FOC - 008		儋州市宝岛新村 Baodaoxincun ,Danzhou City	粉蕉 Fenjiao	2.4	5.6	+ + +
FOC - 009		儋州市宝岛新村 Baodaoxincun ,Danzhou City	粉蕉 Fenjiao	1.5	5.5	+ +

续表 1 Continued to Tab. 1

菌株编号 Isolates	采集地点 Location	采集时间 Collecting time	寄主 Host	病害严重度 Disease severity index		致病力 Pathogenicity
				外部 Leaf symptom	球茎 Rhizome discoloration	
FOC-248	儋州市那大镇 Nada Town ,Danzhou City	2010-01	粉蕉 Fenjiao	2.4	5.6	+++
FOC-212	定安县新竹镇 Xinzhu Town ,Dingan County	2010-01	粉蕉 Fenjiao	2.4	6.0	+++
FOC-001	东方市抱板镇 Baoban Town ,Dongfang City	2002-03	粉蕉 Fenjiao	1.7	5.3	++
FOC-002	东方市抱板镇 Baoban Town ,Dongfang City	2002-03	粉蕉 Fenjiao	1.7	5.7	++
FOC-003	东方市抱板镇 Baoban Town ,Dongfang City	2002-03	粉蕉 Fenjiao	2.1	6.1	+++
FOC-006	东方市大田镇 Batian Town ,Dongfang City	2002-03	粉蕉 Fenjiao	1.7	5.2	++
FOC-014	东方市大田镇 Batian Town ,Dongfang City	2002-03	粉蕉 Fenjiao	1.9	6.4	++
FOC-015	东方市大田镇 Batian Town ,Dongfang City	2002-03	粉蕉 Fenjiao	2.7	6.1	+++
FOC-019	海口市美兰镇 Meilan Town ,Haikou City	2004-04	粉蕉 Fenjiao	1.9	5.9	+++
FOC-016	海口市甲子镇 Jiazi Town ,Haikou City	2004-03	粉蕉 Fenjiao	1.3	3.8	++
FOC-017	海口市三门坡镇 Sanmeipo Town ,Haikou City	2004-03	粉蕉 Fenjiao	1.4	4.7	++
FOC-174	乐东县志志镇 Zhizhong Town ,Ledong County	2009-11	粉蕉 Fenjiao	2.6	6.4	+++
FOC-144	陵水县椰林镇 Yeling Town ,Lingshui County	2009-04	粉蕉 Fenjiao	4.2	7.3	+++
FOC-216	琼海市嘉积镇 Jiaji Town ,Qionghai City	2010-01	粉蕉 Fenjiao	3.5	6.7	+++
FOC-217	琼海市嘉积镇 Jiaji Town ,Qionghai City	2010-01	粉蕉 Fenjiao	1.6	5.5	++
FOC-066	琼海市塔阳镇 Tayang Town ,Qionghai City	2005-01	粉蕉 Fenjiao	1.7	4.8	++
FOC-191	琼中县加钗农场 Jiacha Fram ,Qiongzhong County	2009-11	粉蕉 Fenjiao	2.3	5.9	+++
FOC-198	琼中县加钗农场 Jiacha Fram ,Qiongzhong County	2009-11	粉蕉 Fenjiao	3.1	6.6	+++
FOC-162	琼中县阳江农场 Yangjiang Fram ,Qiongzhong County	2001-12	粉蕉 Fenjiao	4.2	7.3	+++
FOC-004	三亚市 Sanya City	2001-12	粉蕉 Fenjiao	1.3	5.7	++
FOC-005	三亚市 Sanya City	2001-12	粉蕉 Fenjiao	2.2	5.4	+++
FOC-163	屯昌县屯城镇 Tuncheng Town ,Tunchang County	2001-12	粉蕉 Fenjiao	1.6	2.9	++
FOC-208	屯昌县屯城镇 Tuncheng Town ,Tunchang County	2010-01	粉蕉 Fenjiao	2.1	4.9	+++

续表 1 Continue to Tab. 1

菌株编号 Isolates		采集地点 Location	采集时间 Collecting time	寄主 Host	病害严重度 Disease severity index		致病力 Pathogenicity
					外部	球茎	
					Leaf symptom	Rhizome discoloration	
FOC - 142		万宁市兴隆镇 Xinglong Town ,Wanning City	2009 - 04	粉蕉 Fenjiao	2.9	6.5	+ + +
FOC - 235		文昌市抱罗镇 Baoluo Town ,Wenchang City	2010 - 01	粉蕉 Fenjiao	1.7	5.0	+ +
FOC - 232		文昌市昌洒镇 Changsa Town ,Wenchang City	2010 - 01	粉蕉 Fenjiao	2.7	5.1	+ + +
FOC - 233		文昌市公坡镇 Gongpo Town ,Wenchang City	2010 - 01	粉蕉 Fenjiao	2.0	5.8	+ + +
FOC - 234		文昌市公坡镇 Gongpo Town ,Wenchang City	2010 - 01	粉蕉 Fenjiao	2.6	5.6	+ + +
FOC - 222	海南省 Hainan Province	文昌市会文镇 HuiwenTown ,Wenchang City	2010 - 01	粉蕉 Fenjiao	2.4	6.2	+ + +
FOC - 224		文昌市会文镇 HuiwenTown ,Wenchang City	2010 - 01	粉蕉 Fenjiao	2.3	4.5	+ + +
FOC - 225		文昌市文城镇 Wencheng Town ,Wenchang City	2010 - 01	粉蕉 Fenjiao	1.4	4.8	+ +
FOC - 228		文昌市文城镇 Wencheng Town ,Wenchang City	2010 - 01	粉蕉 Fenjiao	3.0	6.6	+ + +
FOC - 230		文昌市文城镇 Wencheng Town ,Wenchang City	2010 - 01	粉蕉 Fenjiao	2.8	5.8	+ + +
FOC - 151		五指山市冲山镇 Chongshan Town ,Wuzhishan City	2009 - 04	粉蕉 Fenjiao	1.8	6.2	+ +
FOC - 051	云南省 Yunnan Province	河口县 Hekou County	2004 - 09	粉蕉 Fenjiao	3.7	6.9	+ + +
FOC - 095		景洪市 Jinghong City	2003 - 07	粉蕉 Fenjiao	1.7	6.4	+ +

注 “+ + +”表示强致病力; “+ +”表示中致病力; “+”表示弱致病力
Note: “+ + +” means high pathogenicity, “+ +” indicates moderate pathogenicity, “+” indicates weak pathogenicity

1.2 供试粉蕉 供试的粉蕉(ABB Group ,Fenjiao) 组培苗由中国热带农业科学院环境与植物保护研究所提供 ,为单个植株繁育而来。

1.3 病原菌致病性测定方法

1.3.1 育苗 将通过粉蕉吸芽苗顶端生长点培育得到的粉蕉组培苗进行沙床假植种 ,当粉蕉组培苗长出 3 ~4 片叶 (约 1 个月时间) 时 移植于育苗盆 (口径 × 高 :260 cm × 180 cm) 中 ,每盆种植 1 株 ,每份菌株种植组培苗 10 株 ,育苗盆置于温室大棚中 ,待粉蕉苗长至 5 叶 1 心 ~6 叶 1 心时 (粉蕉株高为 10 ~ 15 cm) ,接种供试菌株的分生孢子悬浮液。

1.3.2 接种方法及病情调查 将低温下保存的供试病原菌 ,在 PDA 培养基上活化 ,7 d 后用灭菌水制成密度为 2×10^6 cuf · mL⁻¹ 的分生孢子悬浮液。采用盆栽伤根淋灌法^[5-6] ,每个菌株接种粉蕉苗 10 株 ,接种量为 5 mL ,以清水为对照。接种 7 d 后 ,开始记录各菌株对粉蕉苗的致病情况 ,40 d 时记录粉蕉苗的外部症状和球茎症状 ,部分可疑病株 (如可能由虫害或其他病害引起的病株) 不记入调查结果 ,并对数据进行统计分析。

1.3.3 病情调查分级标准 参考 Mohamed 等人的病情调查分级标准^[5] ,对接种不同菌株的粉蕉苗外部症状和球茎症状 ,进行病级统计 ,分级标准如下。

外部症状分为 1~5 级,1 级:叶片尚未变黄,健康有光泽;2 级:下部叶片轻微褪绿、变黄;3 级:下部叶片大部分褪绿、变黄,上部嫩叶开始褪绿、变黄;4 级:大部分或全部叶片褪绿、变黄;5 级:植株死亡。

球茎症状分为 1~8 级,1 级:球茎不变色;2 级:球茎不变色,但根与球茎交接处变色;3 级:球茎变色面积占球茎的 0~5%;4 级:球茎变色面积占球茎的 6%~20%;5 级:球茎变色面积占球茎的 21%~50%;6 级:球茎变色面积占球茎的 50% 以上;7 级:全部球茎变色、坏死;8 级:植株死亡。

1.3.4 病害严重度计算公式 发病级别换算成病害严重度(Disease Severity Index, DSI),外部症状病害严重度记为 DSI_L ,球茎症状病害严重度记为 DSI_R 。病害严重度计算式(保留 1 位小数)为:

$$\text{病害严重度} = \frac{\sum (\text{各级级别数} \times \text{该级别株数})}{\text{调查株数}}$$

1.4 粉蕉枯萎病菌致病力分级标准 由外部症状病害严重度(DSI_L)和球茎症状病害严重度(DSI_R)综合评价菌株的致病力,确认标准为某菌株的致病力级别为内外部症状致病力级别中倾向于强致病力的那一种(见表 2)。例如:若球茎症状表现为强致病力,而外部症状表现为中/弱致病力,则记为强/中致病力;若球茎症状表现为中致病力,而外部症状表现为弱致病力,则记为中致病力。

表 2 粉蕉枯萎病原菌致病力分级标准

Tab. 2 *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Race 1 pathogenicity of classification standard

致病力级别 Pathogenicity level	外部症状病害严重度 Disease severity index for leaf symptom(DSI_L)	球茎症状病害严重度 Disease severity index for rhizome discoloration(DSI_R)
弱 Weak	$2.0 > DSI_L > 1.0$	$3.0 > DSI_R > 1.0$
中 Moderate	$3.0 > DSI_L \geq 2.0$	$4.0 > DSI_R \geq 3.0$
强 High	$5.0 \geq DSI_L \geq 3.0$	$8.0 \geq DSI_R \geq 4.0$

2 结果与分析

2.1 供试菌株的致病性测定结果 供试菌株接种于粉蕉苗 7 d 后,少部分粉蕉苗下部叶片褪绿、变黄;而多数蕉苗在接种后 15 d 表现出较轻微的枯萎症状;接种 25~30 d 后,大多数粉蕉苗表现出枯萎病典型症状,但仍有个别接种后的蕉苗未表现枯萎症状,7~15 d 表现枯萎症状的蕉苗,枯萎速度较快,自表现枯萎症状后 10~15 d 便枯萎死亡;而部分供试菌株接种的蕉苗外部虽未表现症状,但球茎已经表现出了典型的变褐、坏死,对照未表现症状。结果表明,供试菌株的致病力存在很大差异(见表 1)。

2.2 供试菌株的致病力评价结果 综合外部症状和球茎症状的病害严重度,依据致病力分级标准,对供试菌株进行评价。从表 3 可知,来自 5 省区 29 个市县的 57 个菌株,致病力有明显的不同、差异很明显,强致病力菌株 32 个、中致病力菌株 23 个、弱致病力菌株 2 个,分别占供试菌株的 56.14%、40.35%、3.51%。从各省菌株强致病力级别百分比来看,海南省的强致病力菌株所占比例最高(57.8%)。

表 3 不同致病力的菌株在 5 省区的分布情况

Tab. 3 Different pathogenicity of isolates distributed in 5 provinces

致病力级别 Pathogenicity level	菌株数 Isolates					菌株总数 The total number of isolates	占供试菌株比率/% Percentage over the total isolates
	福建省 Fujian Province	广东省 Guangdong Province	广西 Guangxi Province	海南省 Hainan Province	云南省 Yunnan Province		
弱 Weak	1	0	0	1	0	2	3.51
中 Moderate	1	1	2	18	1	23	40.35
强 High	2	1	2	26	1	32	56.14
总计 Total	4	2	4	45	2	57	—

3 讨 论

尖孢镰刀菌古巴转化型 1 号小种 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Race 1) 是最早报道的引起香蕉类枯萎病的病原菌,自 1874 年首次在澳大利亚报道此病以来^[7],寄主和环境因子与病原菌之间的协同进化导致病原菌产生变异^[8],从而演化出 4 个不同的小种,且小种群体内也存在丰富的遗传多样性^[9-10]和致病力分化现象^[11-12]。

本研究结果表明,我国粉蕉枯萎病病原菌 1 号小种存在着明显的致病力分化现象,与谢艺贤等^[4]、Groenewald 等^[13]和 Mohamed 等^[5]研究结果相似。供试的 5 省区 57 个粉蕉枯萎病菌株致病力存在明显分化,已经分化出弱、中和强致病力 3 种致病型,菌株数分别为 2、23、32 个,占总供试菌株的比例为 3.51%、40.35%、56.14%。我国粉蕉枯萎病病原菌 1 号小种可以分为强、中、弱 3 种致病型,与张欣等^[11]研究香蕉枯萎病病原菌 4 号小种 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Race 4) 致病力分化的结果相似。海南省的供试菌株以强致病力菌株为主,说明海南省粉蕉枯萎病菌 1 号小种以强致病力菌株为优势菌株,这或许是致使粉蕉枯萎病发生日益严重的因素之一。

笔者认为,在进行粉蕉枯萎病抗病选育种时,应在不同区域内选取多个强致病力菌株进行盆栽抗病性评价工作,而不能从单一区域内随机选取单个菌株进行抗性评价。可选用采自福建省的 FOC-020 和 FOC-021、广东省的 FOC-018、广西区的 FOC-132 和 FOC-134、云南省的 FOC-051 以及海南省具有代表性菌株 FOC-003、FOC-008、FOC-142、FOC-144、FOC-151、FOC-174、FOC-198、FOC-212、FOC-228、FOC-234、FOC-240 和 FOC-248 等多个强致病力菌株。试种时,应将选育的新种质材料在多个遗传多样性中心试种,评价其抗病性,进而综合评价品种的田间抗病性,选取适宜推广的抗枯萎病品种,扩大粉蕉的种植面积,促进产业发展壮大。

参考文献:

- [1] 韦华芳,李朝生,韦绍龙,等. “粉杂 1 号”粉蕉广西引种试验初报[J]. 南方农业学报, 2012, 43(9): 1353-1356.
- [2] 莫贱友,郭堂勋,李华. 西贡蕉枯萎病的发生、接种鉴定与防治策略[J]. 广西农业科学, 2006, 37(5): 542-544.
- [3] 陈石,周红玲,易干军,等. “中粉 1 号”粉蕉在福建漳州的适应性研究[J]. 中国南方果树, 2012, 41(2): 102-103.
- [4] 谢艺贤,张欣,漆艳香,等. 香蕉枯萎病菌的致病性测定及其 RAPD 分析[J]. 热带作物学报, 2005, 26(2): 68-71.
- [5] MOHAMED A A, MAK C, LIEW K W, et al. Early evaluation of banana plants at nursery stage for *Fusarium* wilt tolerance [C]// MOLINA A B, MASDEK N H, LIEW K W. Banana *Fusarium* wilt management: towards sustainable cultivation. Rome: INIBAP Press, 2001: 174-185.
- [6] 谢艺贤,漆艳香,张欣,等. 香蕉枯萎病菌的培养性状和致病性研究[J]. 植物保护, 2005, 31(4): 71-73.
- [7] STOVER R H, BUDDENHAGEN I W. Banana breeding: polyploidy, disease resistance and productivity [J]. Fruits, 1986, 41(3): 175-191.
- [8] BENTLEY S, PEGG K G, DALE J L. Genetic Variation among a world-wide collection of isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* analysed by RAPD-PCR fingerprinting [J]. Mycological Research, 1995, 99(11): 1378-1384.
- [9] LEONG S K, LATIFFAH Z, BAHARUDDIN. Molecular characterization of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* of banana [J]. American Journal of Applied Sciences, 2009, 6(7): 1301-1307.
- [10] 张欣,张贺,蒲金基,等. 香蕉枯萎病菌 4 号小种致病力分化的初步研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(4): 172-178.
- [11] 曹永军,程萍,喻国辉,等. 香蕉枯萎病菌菌株致病力分化及其原因研究[J]. 热带作物学报, 2011, 32(8): 1532-1536.
- [12] O'DONNELL K, KISTLER H C, CIGELNIK E, et al. Multiple evolutionary origins of the fungus causing Panama disease of banana: Concordant evidence from nuclear and mitochondrial gene genealogies [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 1998, 95: 2044-2049.
- [13] GROENEWALD S. Biology, pathogenicity and diversity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* [M]. The Republic of South Africa, Pretoria: University of Pretoria, 2005.

(下转第 146 页)

Effect of Silane Coupling Agent KH-570 on The Properties of the Porous Starch Xanthate / Natural Rubber Latex Composite Film

PAN Xuemei , LIAO Shuangquan , DAI Tao , GAOYANG Jianshu , WANG Zhifen

(College of Materials and Chemical Engineering , Hainan University , Haikou 570228 , China)

Abstract: Porous starch xanthate was modified with silane coupling agent KH-570 , and then blended with natural rubber latex to prepare the porous starch xanthate / natural rubber latex film. The structure and properties of the resulted composite film , porous starch xanthate / natural rubber latex composite film , were investigated. The results showed that the composite film improved its thermal stability and solvent resistance , reduced its water resistance , and slightly changed its glass transition temperature. Loaded with KH-570 the blended film enhanced its stress , tear strength and tensile strength and exhibited optimum mechanical properties when the loading rate of KH-570 was 3% of the porous starch xanthate.

Key words: silane coupling agent KH-570 ; porous starch xanthate ; natural rubber

(上接第 141 页)

Pathogenicity Differentiation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Race 1

ZHANG He¹ , QI Yanxiang¹ , LIU Xiaomei² , ZHANG Xin¹ , PU Jinji^{1 2} , ZHANG Huiqiang¹ , XIE Yixian^{1 2}

(1. Environment and Plant Protection Institute , CATAS , Haikou 571101 , China ;

2. College of Environment and Plant Protection , Hainan University , Haikou 570228 , China)

Abstract: 57 isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Race 1 (FOC Race 1) were collected from the 29 cities of Hainan , Guangdong , Fujian , Yunnan and Guangxi provinces and then inoculated onto tissue cultured plants of banana Fenjiao (*Musa spp.* ABB) by using root scratching inoculation method for assessment of their pathogenicity. The results showed that these isolates gave obviously differentiated pathogenicity , of which 32 isolates were highly pathogenic , 23 isolates moderately pathogenic and 2 isolates weakly pathogenic , making up 56.14% , 40.35% and 3.51% of the total isolates , respectively. The highly pathogenic isolates can be used as dominant ones for breeding of banana varieties tolerant to FOC Race 1.

Key words: banana Fenjiao (*Musa spp.* ABB) ; *Fusarium* wilt ; *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Race 1 ; pathogenicity differentiation