

抗枯萎病香蕉种质筛选

陈厚彬¹, 冯奇瑞¹, 徐春香¹, 霍日祥², 李建国¹, 王泽槐¹

(¹华南农业大学热带亚热带果树研究室, 广东 广州 510642;

²广州市番禺区种子分公司, 广东 广州 511400)

摘要: 枯萎病 *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (FOC) 近年成为华南地区香蕉产业的最大威胁。为了筛选抗病种质, 于 2002~2004 年期间分别在广州番禺区对 15 个引进品系和 1 个主栽品种进行了抗性评估和筛选。根据评估结果, 供试品系可归为 3 类: 抗病——FmA-02, FHIA-03, cv. Rose, FHIA-23, GCTCV-119, FHIA-21; 中抗——CRBP39, TMBx5295-1, FHIA-18, SH-3640, SH3436-9; 感病——Williams, FHIA-17, Gros Michel 和巴西蕉。Williams 和 GCTCV-119 均为高型香蕉 (Giant Cavendish) 的选系, 前者被作为 FOC 感病的参考品种, 但在第二茬 18 株中发现 2 株变矮 (1.8 m 对 2.5 m) 未发病。

关键词: 枯萎病; 抗性筛选; 香蕉

中图分类号: S668.1; S436.67 文献标识码: A 文章编号: 1001-411X(2006)01-0009-04

Screening of Banana Clones for Resistance to *Fusarium* Wilt

(*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*)

CHEN Hou-bin¹, FENG Qi-rui¹, XU Chun-xiang²,

HE Ri-xiang², LI Jian-guo¹, WANG Ze-huai¹

(¹ Tropical and Subtropical Fruit Research Laboratory, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China;

² Panyu Seed Company of Guangzhou City, Guangzhou 511400, China)

Abstract: *Fusarium wilt* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*) has become the biggest injury to banana in South China. In order to screen resistant sources to banana *fusarium wilt*, fifteen introduced clones and one local cultivar were studied in Panyu, Guangdong Province, in 2002-2004. The results showed that FHIA-02, FHIA-03, cv. Rose, FHIA-23, GCTCV-119, FHIA-21 had resistance to *fusarium wilt*, CRBP39, TMBx5295-1, FHIA-18, SH-3640, SH3436-9 had intermediate resistance, and Williams, FHIA-17, Gros Michel, Baxijiao had no resistance. In the second crop, two of eighteen Williams trees were shorter than normal (1.8 m vs 2.5 m) and had no *fusarium wilt* symptoms.

Key words: *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*; screening for resistance; *Musa*

香蕉枯萎病 *Fusarium oxysporum* Schlecht. f. sp. *cubense* (E. F. Smith) Snyder & Hans. (FOC, 又称香蕉巴拿马病、香蕉黄叶病) 是世界香蕉产区的重要病害, 1996 年之后成为华南地区香蕉的最大威胁和挑战^[1], 估计受影响的面积已超过 6 000 hm²。我国很早就认定生理小种 1 的存在^[2], 而生理小种 4

(VCG01213 和 01216) 则在几年前被鉴定出来 (Natalie Moore, 2000, 个人通讯)。由于枯萎病菌为土壤携带, 可随种苗、土壤、流水、人员和交通工具等传播, 故对枯萎病的预防和控制是一个世界性难题。虽然植株年龄、天气、根系状况、土壤的物理状态、灌溉排水系统、土壤营养水平以及病原基数等都极大地

收稿日期: 2005-05-18

作者简介: 陈厚彬 (1963-), 男, 副研究员, 博士, E-mail: hbchen@scau.edu.cn

基金项目: 广东省科技计划项目 (2002A208010102)

影响到枯萎病的发病率、发病进程和发病程度^[3],但公认的是,品种品系才是影响感染进程的最重要因子.为此,测试了引进的和国内的香蕉种质在华南地区环境条件下对枯萎病的抗性和农艺表现,以期筛选出抗病或耐病的种质,并探讨与这些种质相适应的栽培特性,为进一步的品种改良和生产利用奠定基础.

1 材料与方法

1.1 试验地

试验在广州番禺和广东东莞进行.试验地块先后于1997和1999年首先发现枯萎病病状,之后几年病害发展迅速.前作巴西蕉发病株比率已经达到50%以上,表明该地块是枯萎病严重感染区.2000年10月,由华南农业大学园艺学院刘爱媛老师采集枯萎病株假茎基部维管束样品,分离培养了香蕉枯萎病菌.后送至澳大利亚昆士兰州初级农产部(DPI),2000年12月14日,Natalie Moore和Desley Tree博士协助鉴定了2个组群:VCG01213和VCG01216,它们均属热带型第4生理小种.该组群与马来西亚和台湾的枯萎病菌属同类群^[4-5].

1.2 供试材料

2001年9月4日起,先后从国际香蕉组织交换中心(ITC)引入23个编号的香蕉种质,经过增殖和规定的检疫程序证实无病虫后,在广州番禺区进行田间抗病性和农艺性状测试和筛选.参加测试共16个株系,包括一个本地主栽品种‘巴西蕉’(Musa spp. AAA Group Cavendish).ITC的株系包括0505(FHIA-02, AAAB),0506(FHIA-03, AAB),0570(Williams, AAA),0712(AA cv. Rose),1122(Gros Michel, AAA),1123(Yangambi KM₅, AAA, Ibota),1264(FHIA-17, AAAA),1265(FHIA-23, AAAA),1282(GCTCV-119, AAA),1283(SH 3436-9, AAAA),1297(TMBx5295-1, AAAB),1307(SH-3640),1319(FHIA-18),1332(FHIA-21, AAAB)和1344(CRBP39, AAAB).

1.3 试验设计与田间管理

试验采用随机完全区组设计,每个处理重复6株,各设3个小区.株距2.0 m,窄行间距1.5 m,宽行间距2.0 m.组织培养苗在2002年8月17日定植,定植时苗高50 cm.2002年8月30日,根据INI-BAP的指引^[6],确保试验地土壤病原菌大致分布均匀.所有植株采取一致的肥水管理,土壤或叶面不

使用任何杀菌剂,采用渠水灌溉.

1.4 数据调查

1.4.1 枯萎病病状调查 从定植之后第3个月起,一般每个月调查1次枯萎病发病情况.在生长期,记载枯萎病的3种外部病状:叶柄下垂(叶片仍为绿色)、叶片黄化(叶片尚直立)、假茎开裂.在生长期或采收前即将死亡的植株,用锋利的铁锹把假茎或球茎大约平均切分成5个断面,记载每个断面的变色等级,以5个横截面的平均变色指数作为该植株的变色指数^[6].根据原始记录统计各株系表现枯萎病外部症状的植株数、死亡植株数、死亡率和死亡时间、从种植到死亡的天数等.

1.4.2 农艺性状调查 在抽蕾时调查健康叶片数、假茎高度、1 m高处粗度,在采收时调查健康叶片数、果穗质量、果梳数和果指数等,统计生育期.由于2003年8月下旬和9月中旬2次强台风影响,大部分植株在当年未能达到成熟采收阶段即被吹倒伏,使得种植第一茬收集的资料不很齐全,故第二茬重点考察了农艺性状.

2 结果与分析

2.1 外部与内部病状

香蕉枯萎病外部症状表现为:下部叶片先在叶边缘出现黄色,逐渐向中脉扩展,病叶迅速变黄,通常粉蕉类品系的叶柄会在叶鞘处下折,叶片倒挂在假茎旁.香蕉则叶片自下而上相继发黄,变褐色,干枯,最后病株全株枯死.部分植株出现假茎开裂.内部症状为假茎和球茎内部维管束组织变褐色或黑色,严重时球茎组织坏死.有的枯死母株仍可抽出外表健康的吸芽.

2002年8月17日定植的试管苗,在定植后210~350 d之间见到叶片黄化或假茎开裂等外部病状,Gros Michel和TMBx5295-1最早在定植后210 d即见到枯萎病状.‘巴西蕉’和‘Williams’最为感病,具外部病状的植株分别达44.4%和72.2%,其球茎维管束变色指数分别为2.8和2.5(表1).在FHIA-03, Yangambi KM₅, GCTCV-119和FHIA-18观察到较高的黄叶比例,但未见到维管束变褐或变黑的现象.巴西蕉、Williams、SH3436-9、FHIA-18、CRBP39等5个种质的死亡率均大于20.0%,其中Williams的死亡率高达72.2%,18株中仅存活5株.其余品种的死亡率都较低,在20.0%以下(数据未列出).

表 1 广州番禺测试区定植当茬枯萎病的发病情况
Tab. 1 Occurrence of fusarium wilt in the first crop in the trial site, Panyu, Guangzhou

品系 clone	测试植株数 number of plants evaluated	具外部病状植株率 plants with external symptoms /%	内部变色指数 internal discoloration index
FHIA-02	18	22.2	2.8±1.7
FHIA-03	18	38.9	1.0±0.0
Williams	18	72.2	2.5±2.1
cv. Rose	18	0	1.8±1.1
Gros Michel	18	0	3.7±0.2
Yangambi KM ₅	12	33.4	1.0±0.0
FHIA-17	18	25.0	4.8±0.6
FHIA-23	18	38.9	1.5±0.2
GCTCV-119	18	27.8	1.1±0.2
SH3436-9	18	5.6	1.6±1.0
TMBx5295-1	18	38.9	2.0±1.4
SH-3640	18	11.1	2.7±2.1
FHIA-18	18	38.9	1.0±0.0
FHIA-21	18	27.8	2.6±1.4
CRBP39	24	16.7	2.8±1.1
巴西蕉 Baxijiao	18	44.4	2.8±1.1

2.2 农艺性状

在第 1 年测试期内, Gros Michel 和 Yangambi KM₅ 未出现开花植株, 一些品系分别只有 1 个单株开花结果如 FHIA-23.

香蕉从定植到抽蕾的时间一般需 310 ~ 400 d

(表 2), FHIA-03、CRBP39、cv. Rose 等的生长期较短, 定植后约经过 300 d 便抽蕾(范围 290 ~ 330 d); GCTCV-119 定植后 397 d 开始抽蕾(范围 389 ~ 406 d), SH3436-9 从定植到抽蕾的时间也较长, 达 395.3 d.

植株全生育期一般在 400 ~ 500 d, FHIA-03 的生长期最短, 仅 388.7 d, 而 FHIA-02、cv. Rose、TM-Bx5295-1 等则长达 516 d, GCTCV-119、SH 3436-9 这 2 个品种全生育期也超过 500 d (表 2).

测试的香蕉品种抽蕾时的假茎高度约在 200 ~ 300 cm 之间, TMBx 5295-1 抽蕾时假茎最高达 3.09 m, cv. Rose 抽蕾时假茎最矮为 1.86 m. Williams 宿根蕉存活 3 株, 植株比正常要矮(1.86 m 对 2.0 ~ 4.0 m, Daniells, 1995). 这种矮化情形在以前也有报道^[7]. 虽然该品种是枯萎病生理小种 4 的感病标准品种, 但在本次评估中能抽蕾和成熟. 不排除由于组培和长期保存之后出现抗病变异的可能. 已经采取吸芽进行快繁和进一步观察.

各品系果梳数多在 6 ~ 8 梳之间, 总的果指数在 70 ~ 155 只之间, 果指数最多的是 SH 3436-9 有 155.5 只, 而 TMBx 5295-1 平均仅 73 只. SH 3436-9 的果梳数和果指数都较多, 但其果指瘦小, 果穗轻.

香蕉抽蕾时健康叶片数一般有 10 ~ 14 片. 采收时健康叶片数一般有 4 ~ 9 片, 但 SH 3436-9 平均仅有 2.3 片.

表 2 广州番禺测试区供试香蕉品系的农艺性状
Tab. 2 Agronomic characteristics of banana clones in the trials site, Panyu, Guangzhou

品系 clone	定植到抽蕾时间 ¹⁾ times from planting to shooting/d	全生育期 ¹⁾ plant crop cycle/d	抽蕾时株高 ²⁾ plant height at shooting/cm	果穗质量 ²⁾ bunch mass /kg	果梳数 ²⁾ no. of hand	果指数 fruit number at harvest	抽蕾时叶片数 ²⁾ no. of functional leaves at shooting	采收时叶片数 ²⁾ no. of functional leaves at harvest
FHIA-02	363.7 ± 21.0	516.0 ± 25.3	2.69 ± 0.25		7.3 ± 1.1	101.0 ± 24.2	13.1 ± 1.9	8.5 ± 1.9
FHIA-03	314.7 ± 21.5	388.7 ± 82.5	2.85 ± 0.37	11.7 ± 8.7	6.0 ³⁾	88.0 ± 5.6	12.0 ± 1.6	9.4 ± 1.6
Williams	323.1 ± 8.1		1.86 ± 0.33	13.4 ± 0.7	8.5 ± 0.7	128.0 ± 7.1	13.7 ± 0.9	10.0 ³⁾
cv. Rose	314.1 ± 29.3	516.0 ± 32.2	1.86 ± 0.28	6.3 ³⁾	7.4 ± 1.5	93.3 ± 32.6	9.6 ± 2.9	5.3 ± 1.2
GCTCV-119	397.8 ± 12.4	510.0 ± 15.4	2.33 ± 0.18	8.5 ± 1.0	6.6 ± 0.5	107.4 ± 12.4	11.6 ± 2.5	6.1 ± 1.2
SH3436-9	395.3 ± 12.1	501.5 ± 20.5	2.72 ± 0.10	6.1 ± 2.3	8.6 ± 0.9	155.5 ± 3.5	12.0 ± 0.8	2.3 ± 2.1
TMBx5295-1	382.5 ± 16.3	516.0 ± 18.0	3.09 ± 0.17		6.1 ± 0.3	73.7 ± 7.8	11.8 ± 1.3	5.7 ± 1.0
SH-3640	338.9 ± 11.4	428.7 ± 51.3	250.0 ³⁾	12.3 ± 8.1	8.0 ± 1.4	112.0 ± 26.9	14.9 ± 1.9	7.0 ± 4.2
FHIA-18	342.0 ± 13.9		2.58 ± 0.37	10.6 ³⁾	7.8 ± 0.5	155.5 ± 24.8	13.3 ± 0.6	6.0 ± 2.0
FHIA-21	355.4 ± 19.6	451.5 ± 91.2	3.04 ± 0.23	9.5 ± 2.4	6.5 ± 0.7	71.0 ± 14.1	12.3 ± 1.0	7.0 ± 0.9
CRBP 39	306.6 ± 11.9	501.5 ± 20.5	2.37 ± 0.57	10.7 ± 7.6	10.3 ± 2.3	143.5 ± 36.1	11.0 ± 1.7	5.3 ± 1.2
巴西蕉 Baxijiao	333.5 ± 3.0		2.80 ± 0.23	11.2 ± 1.5	7.3 ± 0.5	115.5 ± 12.1	13.3 ± 1.3	2.0 ± 3.5

1) 为种植当茬(2002/2003 年)的数据; 2) 为种植当茬(2002/2003 年)和第一茬宿根蕉(2003/2004 年)的数据; 3) 为来自一株的数据

巴西蕉在第一茬有12株生长到抽蕾阶段,但所有植株均在成熟采收之前感病死亡;其母株感病死亡后,吸芽通常可存活1~2年。第二茬有3株抽蕾,但因高度感病,叶片几乎全部黄化死亡,故果指不能充分发育,果穗质量仅11.2 kg(通常株产在20 kg以上)。

GCTCV-119 第一茬共存活15株,第二茬第1、2小区共5株抽蕾,平均株高2.33 m,果梳数6.6,果指数107,果穗质量8.5 kg。其叶柄排列紧密,有时花蕾不能顺利抽出;果梳紧密,果指较短。为了改善这些性状,2003年10月,在第一茬测试区采取吸芽于相邻地块种植44株,进一步观察其表现。到2004年11月有15株抽蕾,其中12株表现叶片黄化,但切开检查假茎和球茎,并未见到典型的维管束变褐现象,表明其叶片变黄是由其他因素引起的。在测试过程中,按测试单株编号,采取吸芽进行生长点培养,以脱毒和提纯复壮,组培苗分别于2004年4、6、7和8月在4个地点种植,共1000多株。目的是提供更大量的种质筛选基础,同时探讨相应的生产策略。初步结果看,组培苗植株高度提高,叶柄排列改善,生长势增强,未见到任何枯萎病病状。进一步的观察和筛选正在进行中。在台湾另2个试点的测试中GCTCV-119属高抗枯萎病品种,株产达到15~22 kg^[7]。

3 结论

根据12个月后成活植株数量,结合外部病状和维管束褐变程度判断,属于感病的品系(存活8株以下,外部病状发生率40%以上或维管束褐变指数3.0以上)有Williams, FHIA-17, Gros Michel和巴西蕉;属于抗病性中等的品系(成活8~12株,外部病状发生率25%~40%或维管束褐变指数1.5~3.0)有CRBP39, TMBx5295-1, FHIA-18, SH-3640和SH3436-9;属于抗病的品系(成活12株以上,外部发病率25%以下或变色指数1.5以下)有FHIA-02, FHIA-03, cv. Rose, FHIA-23, GCTCV-119和FHIA-21。

在其他测试区, GCTCV-119的穗质量3.3~22.2 kg, 平均收获期533 d, 平均果梳数6.67, 株高2.51 m^[7]。综合来看, GCTCV-119在番禺的表现与其他地区类似, 惟果穗质量有待提高。其在抽蕾期和

采收期的叶片数(11.6和6.1)、单叶面积(1.4 m²)与主栽品种相差并不大^[8], 因此, 改进其产量和商品性状是有潜力的。针对其对低温较敏感的弱点, 考虑调整种植期, 使主要生长发育期处在最适宜的温暖条件下。一些性状正在尝试通过组培苗脱毒、提纯以及筛选新的变异株或通过诱变来改良。Williams是容易产生变异的品种类型, 尤其经过长期保存的材料^[7], 因此, 显然不能排除产生抗生理小种4的变异单株的可能性。其他抗性品种虽然鲜食风味不一定可接受, 但加工适用性值得作重点探讨。

参考文献:

- [1] QI Pei-kun. Status report of banana fusarium wilt disease in China [C]//MOLINA A B, MASDEK N H, LIEW K W. Banana fusarium wilt management: Towards sustainable cultivation. Laguna: INIBAP-ASPNET, 2001: 119-120.
- [2] 曾惜冰, 王碧青, 韩路, 等. 香蕉品种资源抗黄叶病的鉴定[J]. 中国果树, 1996(2): 28-29.
- [3] STOVER R H, SIMMONDS N W. Bananas [M]. 3rd ed. New York: Longman Scientific & Technical, 1987: 310-314.
- [4] TANG Ching-yan, HWANG Shin-chuan. Performance of banana clones under the challenge of fusarium wilt in Taiwan [J]. INFOMUSA, 1999, 8(1): 10-12.
- [5] LEE Y M, LENG T, ONG K P. Fusarium wilt Cavendish banana and its control in Malaysia [C]//MOLINA A B, MASDEK N H, LIEW K W. Banana fusarium wilt management: Towards sustainable cultivation. Laguna: INIBP-ASPNET, 2001: 252-259.
- [6] CARLIER J, de WAELE D, ESCALANT J V. Global evaluation of *Musa* germplasm for resistance to fusarium wilt, *Mycosphaerella* leaf spot diseases and nematodes, performance evaluation [M]. Montpellier: INIBAP, 2003: 59.
- [7] ORJEDA G, ESCALANT J V, MOORE N. The international musa testing programme (IMTP) phase II overview of final report and summary of results [J]. INFOMUSA, 1999, 8(1): 3-10.
- [8] 陈厚彬, 李建国, 吕顺, 等. 香蕉不同品种群叶片性状评估分析[J]. 广东农业科学, 2004(6): 55-58.

【责任编辑 柴 焰】