DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2016.03.012

18 份广东香蕉种质对枯萎病的抗性评价

宋晓兵, 彭埃天*, 凌金锋, 陈 霞, 周 娟
广东省农业科学院植物保护研究所/广东省植物保护新技术重点实验室,广东 广州 510640

摘要:【背景】香蕉枯萎病是世界性的香蕉毁灭性病害,尚无有效药剂防控,筛选抗病品种是目前理想的防治方法。【方法】采用组培苗伤根接种法,研究了 18 份香蕉种质对香蕉枯萎病菌 4 号生理小种的抗性水平,并根据病情指数进行抗性分级。【结果】在供试的 18 份香蕉种质中,2 份(东莞大蕉、抗枯 5 号)高抗,2 份(碧盛、大丰)抗病,3 份(抗枯 1 号、粉杂、农科 1 号)中抗,7 份(粤优抗 1 号、广东-741、泰国 B9、大蕉、台湾 8 号、海贡蕉、威廉斯 8818)感病,4 份(巴西、广东 2 号、广粉 1 号、粉蕉)高感。【结论与意义】不同香蕉种质对香蕉枯萎病菌 4 号生理小种的抗病性存在较大差异,本研究初步筛选出 7 份抗枯萎病的香蕉种质,为香蕉枯萎病抗病育种提供了依据,为病区种植香蕉品种提供了有效参考。

关键词: 香蕉种质; 枯萎病菌 4 号生理小种; 抗病评价

Assessment of 18 banana germplasms for resistance to *Fusarium* wilt race 4

Xiao-bing SONG, Ai-tian PENG*, Jin-feng LING, Xia CHEN, Juan ZHOU
Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou, Guangdong 510640, *China*

Abstract:【Background】Fusarium is a worldwide banana devastating pathogenic fungus. Since there is no effective drug to control it, screening of resistant banana varieties is the best prevention method.【Method】Using eighteen banana germplasms were tested for resistance to *Fusarium oxysporum* f.sp. cubense race 4 by root injury inoculation of seedlings grown as tissue culture.【Result】The results showed that 2 of the 18 germplasms were highly resistant, 2 were resistant, 3 moderately resistant, 7 susceptible, and 4 highly susceptible.【Conclusion and significence】Resistance levels to *F. oxysporum* cubense race 4 greatly varied among these banana germplasms. The seven resistant germplasms can potentially be used for cultivation of banana resistant varieties.

Key words: banana germplasm; *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* race 4; resistance evaluation

香蕉枯萎病又称巴拿马病、黄叶病,属检疫性病害,是由尖孢镰刀菌古巴专化型 *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* 侵染引发的香蕉毁灭性病害(Stover,1972)。香蕉枯萎病最早于 1896 年在巴拿马发生,1935—1939 年在南美洲的几个国家大面积暴发,导致 90% 以上的优质大蜜哈香蕉发病,约 43 万 hm^2 香蕉毁灭,并通过出口传播到全世界(Hwang & Ko,2004)。1995 年在中国大陆首次发现枯萎病危害广东香蕉栽培种,该病在珠江三角洲香蕉产区多个县市均有分布,病园病株率为 10%~40%,严重的达 90% 以上,导致蕉园丢荒(刘景梅等,2004)。

依据香蕉枯萎病菌在不同香蕉品系或不同属种的致病程度可将其划分为 4 个生理小种,其中 4 号生理小种危害最大,严重影响我国香蕉产业的健康发展(麦明晓等,2009; 彭埃天等,2009)。迄今为止,尚未有一种理想的药剂能有效防治香蕉枯萎病,选育抗病品种是目前最理想的防控方法(韦绍龙等,2015)。目前国内外已经培育出一些抗病品系,但各个地区的香蕉枯萎病菌遗传背景不同,可能会造成香蕉种质抗病性的地区性差异(Ploetz,1994)。本研究针对当前广东省香蕉产区种植面积较广的 18 份香蕉种质的抗病性进行了评价,以期为广东香蕉产业提供抗病品种及抗病育种资源。

收稿日期(Received): 2016-05-21 **接受日期(Accepted)**: 2016-06-28
基金项目: 广东省现代农业产业技术体系建设专项(粤财教[2014]371 号); 广东省科技计划项目
作者简介: 宋晓兵, 男, 助理研究员。研究方向: 南方果树病害综合防治。E-mail: xbsong@126.com
* 通讯作者(Author for correspondence), E-mail: pengait@163.com

1　材料与方法

1.1　供试香蕉种质

18 份香蕉种质分别为东莞大蕉、抗枯 5 号、碧盛、大丰、抗枯 1 号、粉杂、农科 1 号、粤优抗 1 号、广东-741、泰国 B9、大蕉、台湾 8 号、海贡蕉、威廉斯 8818、巴西、广东 2 号、广粉 1 号和粉蕉。试验香蕉组培苗种植在覆盖黑网纱的玻璃温室内，待香蕉组培苗统一长到 4~6 片叶时进行接种试验。

1.2　供试菌株

香蕉枯萎病菌 4 号生理小种，经测定为强致病力菌株，编号 ZS991，由广东省农业科学院植物保护研究所分离并保存。

1.3　接种方法

在 PDA 培养基上培养 7 d 后的供试病原菌，无菌水洗脱病原菌孢子后，用 4 层纱布过滤，配制成 2×10^6 个 · mL^{-1} 的分生孢子悬浮液。采用盆栽苗伤根淋灌法（谢子四等，2009）接种，每盆接种量为 10 mL，每份香蕉种质接种 10 株，重复 3 次，以清水接种为对照，接种后的组培苗置于玻璃温室中。

1.4　调查方法

病原菌接种香蕉种质后分别于 15、30 d 时调查香蕉外部发病症状（叶片黄化程度），30 d 时调查内部发病症状（球茎褐变程度）。

1.5　病情调查分级标准

1.5.1　*香蕉苗外部症状病情分级标准*　0 级：叶片无症状，正常；1 级：外围下部 1~2 片叶黄化，出现小面积黄色斑块，占叶面积的 25% 以下，其余叶片正常；3 级：外围下部 3~4 片叶黄化，出现较大面积黄色斑块，占叶面积的 25%~50%，其余叶片正常；5 级：外围叶片黄化，出现大面积黄色斑块，占叶面积的 50% 以上，叶片出现萎蔫；7 级：大部分叶片黄化、萎蔫，仅心叶正常；9 级：植株萎蔫，枯萎死亡。

1.5.2　*香蕉苗内部症状病情分级标准*　0 级：球茎、假茎组织白色，未见变褐；1 级：球茎组织变褐面积占球茎面积的 5% 以下，假茎组织未见变褐；3 级：球茎组织变褐面积占球茎面积的 5%~15%，假茎组织未见变褐；5 级：球茎组织变褐面积占球茎面积的 16%~25%，假茎组织上部未见变褐，而下部出现浅褐色斑点状或褐色线条状病变；7 级：球茎组织变褐面积占球茎面积的 26%~50%，假茎上、下部出现褐色线条状病变；9 级：球茎组织变褐面积占球茎面积的 50% 以上或全部腐烂，或植株枯萎死亡。

1.5.3　*抗病性评价标准*

$$\text{病情指数(DI)}=\frac{\sum(\text{各级病株数}\times\text{相对级数值})}{\text{调查总株数}\times\text{最高级数值}}\times100$$

香蕉种质群体对枯萎病的抗性依苗期病情指数分为 5 级（黄秉智，2006）：1 级，高抗（$0<DI<10$）；2 级，抗（$10\leqslant DI<20$）；3 级，中抗（$20\leqslant DI<30$）；4 级，感（$30\leqslant DI<40$）；5 级，高感（$40\leqslant DI$）。

2　结果与分析

香蕉枯萎病菌 4 号生理小种接种不同种质的香蕉苗后，感病香蕉种质的发病症状如下：10~15 d 香蕉下部叶片开始表现症状，发病初期出现黄叶、球茎组织变褐等症状；发病中期出现叶片萎蔫、球茎组织变褐、假茎可见斑点状或线条状褐色病变、根变黑褐症状（图 1）；发病后期出现植株萎蔫、枯死等症状。

图 1　不同香蕉种质接种枯萎病菌 30 d 后的球茎症状

Fig.1　Corm symptoms of different banana germplasms after inoculated 30 d

A：抗枯 5 号；B：农科 1 号；C：海贡蕉；D：粉蕉。

A：Kangku No.5；B：Nongke No.1；C：Haigong Jiao；D：Fen Jiao.

由外部症状和内部症状分别确定各品系的抗性级别,确认标准:某种质的抗性级别为内外部症状抗性级别中倾向于感病的级别,如若外部症状表现为高抗,而内部症状表现为中抗,则该品系为中抗品系(刘以道等,2008),综合内外部症状抗性级别,可获得该种质的抗性级别,抗性评价结果见表 1。

根据香蕉种质群体对枯萎病的抗性依苗期病情指数进行分级,综合叶部症状和球茎症状的级别进行抗性评价,供试 18 份种质中,东莞大蕉、抗枯 5 号共 2 份种质为高抗;碧盛、大丰共 2 份种质为抗病;抗枯 1 号、粉杂、农科 1 号共 3 份种质为中抗;粤优抗 1 号、广东-741、泰国 B9、大蕉、台湾 8 号、海贡蕉、威廉斯 8818 共 7 份种质为感病;巴西、广东 2 号、广粉 1 号、粉蕉共 4 份种质为高感。同一香蕉种质感染枯萎病后,其外部症状和内部症状的表现存在较大差异性,如抗枯 1 号、粉杂、农科 1 号等,其球茎症状的抗病级达到 3 级,而外部症状的抗病级为 2 级,表明某些香蕉种质在受到侵染后,在染病早期仍表现较强的抗病性,其抗病机理有待进一步研究。

表 1 供试香蕉种质接种 30 d 对枯萎病的抗性评价结果

Table 1 Resistance levels of banana germplasms to *Fusarium* Wilt after bring inoculated for 30 days

编号 No	香蕉名称 Banana name	叶部症状 Leaf symptoms		球茎症状 Corm symptoms		抗性级别 Resistance level	抗性评价 Resistance evaluation
		平均病指 Average disease index	抗病级别 Resistance disease level	平均病指 Average disease index	抗病级别 Resistance disease level		
1	东莞大蕉 Dongguan Plantain	8.9	1	5.6	1	1	高抗 High resistance
2	抗枯 5 号 Kangku No.5	6.7	1	9.7	1	1	高抗 High resistance
3	碧盛 Bisheng	13.3	2	12.5	2	2	抗 Resistance
4	大丰 Dafeng	13.3	2	15.3	2	2	抗 Resistance
5	抗枯 1 号 Kangku No.1	11.1	2	20.8	3	3	中抗 Secondary resistance
6	粉杂 Fenza	11.1	2	22.2	3	3	中抗 Secondary resistance
7	农科 1 号 Nongke No.1	13.3	2	26.4	3	3	中抗 Secondary resistance
8	粤优抗 1 号 Yueyoukang No.1	20.0	3	31.9	4	4	感 Susceptible
9	广东-741 Guangdong 741	32.2	4	36.1	4	4	感 Susceptible
10	泰国 B9 Thailand B9	24.4	3	30.6	4	4	感 Susceptible
11	大蕉 Plantain	27.8	3	33.3	4	4	感 Susceptible
12	台湾 8 号 Taiwan No.8	33.3	4	36.1	4	4	感 Susceptible
13	海贡蕉 Haigong Jiao	27.8	3	34.7	4	4	感 Susceptible
14	威廉斯 8818 Williams 8818	24.4	3	30.6	4	4	感 Susceptible
15	巴西 Brazil Banana	51.1	5	58.3	5	5	高感 High susceptible
16	广东 2 号 Guangdong No.2	55.6	5	69.4	5	5	高感 High susceptible
17	广粉 1 号 Guangfen No.1	57.8	5	61.1	5	5	高感 High susceptible
18	粉蕉 Fen Jiao	60.0	5	58.3	5	5	高感 High susceptible

3　讨论

香蕉枯萎病已成为香蕉产业的最大威胁之一，几乎危害所有的香蕉栽培品种，且有进一步蔓延的趋势，应用抗病品种是防治香蕉枯萎病最经济有效的方法。培育抗病品种可通过芽变选择、组培突变体筛选、杂交育种、毒素筛选、体细胞杂交、生物技术育种等多种途径实现（孙嘉曼等，2014）。

抗性评估是香蕉抗病种苗筛选最可靠的方法，伤根灌注法接种能引起严重的侵染，接种效果相对稳定，与病区自然发病鉴定结果之间的相关性高，但是伤根灌注法接种受季节及环境条件影响大，土壤温度和接种菌浓度也显著影响蕉苗的发病程度（Bentley *et al.*，1998；Groenewald *et al.*，2006）。因此抗病性评价需要严格控制试验条件，保证统一的土壤条件、室内环境温度、接菌浓度等。

香蕉枯萎病菌 4 号生理小种在自然条件和人工条件下均可侵染香蕉，本研究表明了 18 份香蕉种质对香蕉枯萎病菌的抗病性不同。东莞大蕉、抗枯 5 号为高抗，碧盛、大丰为抗病，抗枯 1 号、粉杂、农科 1 号为中抗，这 7 个品种对香蕉枯萎病的抗性潜力较大。常规品种如巴西、粉蕉等，被列为高感品种，在香蕉枯萎病疫区需谨慎种植。本试验为香蕉种质对枯萎病的苗期抗性评价结果，尚需对此次评价为高抗、抗、中抗的 7 份种质进行大田试验评价，以待筛选出田间抗病性优良的香蕉种质，进而推广应用。

参考文献

黄秉智，2006. 香蕉种质资源描述规范和数据标准. 北京：中国农业出版社.

刘景梅，王璧生，陈霞，蔡曼珊，2004. 广东香蕉枯萎病菌生理小种 RAPD 技术的建立. 广东农业科学（4）：43-45，55.

刘以道，张欣，谢艺贤，漆艳香，蒲金基，张贺，2008. 36 份香蕉种质对枯萎病的抗病性鉴定. 热带农业科学，28（5）：25-27.

麦明晓，黄惠琴，鲍时翔，2009. 香蕉镰刀菌枯萎病 4 号生理小种研究进展. 中国生物防治，25（S）：71-75.

彭埃天，宋晓兵，凌金锋，刘景梅，2009. 香蕉枯萎病菌 4 号生理小种分子检测与枯萎病生物防治研究进展. 果树学报，26（1）：77-81.

孙嘉曼，韦弟，覃柳燕，魏源文，郭文峰，吕维莉，张进忠，卢江，2014. 高通量测序技术在香蕉抗枯萎病研究中的应用. 南方农业学报，45（11）：1921-1925.

韦绍龙，孙嘉曼，卢江，李朝生，蓝霞，张进忠，2015. 二倍体野生蕉种质对枯萎病的抗性评价. 西南农业学报，28（6）：2532-2536.

谢子四，张欣，陈业渊，罗石荣，魏守兴，2009. 10 份香蕉种质对枯萎病的抗性评价（简报）. 热带作物学报，30（3）：362-364.

Bentley S，Pegg K G，Moore N Y，Davis R D and Buddenhagen L W，1998. Genetic variation among vegetative compatibility groups of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* analyzed by DNA fingerprinting. *Phytopathology*，88（12）：1283-1293.

Groenewald S，Van Den Berg N，Marasas W F O and Viljoen A，2006. The application of high-throughput AFLP′s in assessing genetic diversity in *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense*. *Mycological Research*，110（3）：297-305.

Hwang S C and Ko W H，2004. Cavendish banana cultivars resistant to fusarium wilt acquired through somaclonal variation in Taiwan. *Plant Disease*，88（6）：580-588.

Ploetz R C，1994. Panama disease：return of the first banana menace. *International Journal of Pest Management*，40（4）：326-336.

Stover R H，1972. *Banana*，*Plantain and Abaca Diseases*. Kew，Surrey，England：Commonwealth Mycological Institute.

（责任编辑：郭莹）