

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2021.04.010

7 个香蕉品种对枯萎病的抗性评价及 3 种评价方法的对比

杜浩¹⁺, 李宗锴²⁺, 只佳增¹, 周劲松¹, 张建春¹, 陈伟强¹, 岳建伟^{1*}

¹云南省红河热带农业科学研究所, 云南 河口 661300;

²开远市国家现代农业产业园管理委员会, 云南 开远 661600

摘要:【目的】评价香蕉自主选育品种对枯萎病病原菌尖孢镰刀菌古巴专化型(*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*)热带 4 号小种(tropical race 4, Foc TR4)的抗性。【方法】以浸根法和 2 种灌注法将 Foc TR4 接种于不同抗性的香蕉品种上,分析接种后香蕉的发病情况,比较筛选这 3 种评价方法,并评价 7 个香蕉品种的苗期和田间抗性水平。【结果】采用浓度为 2×10^5 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 的 PDB 培养基 Foc TR4 孢子悬浮液灌注法进行香蕉苗期抗性评价更为高效可行;综合苗期和田间抗性评价结果,7 个香蕉品种的抗性由高到低为:南天黄>红研 3 号>红研 5 号>红研 2 号>滇蕉 1 号>巴西蕉>红研 1 号。【结论】以南天黄作为高抗品种对照,以巴西蕉作为高感品种对照条件下,红研 3 号和红研 5 号抗性为中等抗性偏强,红研 2 号达到中抗水平,滇蕉 1 号为感病,红研 1 号为高度感病。

关键词: 香蕉枯萎病; 抗性评价; 评价方法



开放科学标识码
(OSID 码)

Evaluation of *Fusarium* wilt resistance in seven banana varieties and comparison of three evaluation methods

DU Hao¹⁺, LI Zongkai²⁺, ZHI Jiazeng¹, ZHOU Jinsong¹, ZHANG Jianchun¹, CHEN Weiqing¹, YUE Jianwei^{1*}

¹ Tropical Agriculture Research Institute of Honghe, Hekou, Yunnan 661300, China;

² National Modern Agricultural Industrial Park Management Committee, Kaiyuan, Yunnan 661600, China

Abstract: 【Aim】 To accurately evaluate the resistance of banana varieties to *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 (Foc TR4). 【Method】 Foc TR4 was inoculated into different resistant banana varieties using the dip-root method and two kinds of root filling methods. The severity of banana disease after inoculation was analyzed to compare the screening evaluation method. The resistance levels of the seven banana varieties at the seedling and field stages were assessed. 【Result】 It is more efficient and feasible to evaluate the resistance of banana seedling using the suspension perfusion method with PDB medium containing a Foc TR4 spore concentration of 2×10^5 spores $\cdot \text{mL}^{-1}$. Based on the results of resistance evaluation at the seedling and field stages, the resistance of seven banana varieties from high to low was as follows: Nantianhuang>Hongyan 3>Hongyan 5>Hongyan 2>Dianjiao 1>Baxijiao>Hongyan 1. 【Conclusion】 Under the control condition of Nantianhuang as high resistant variety and Baxijiao as high sensitive variety. The resistance evaluation of Hongyan 3 and Hongyan 5 was medium to strong, Hongyan 2 reached the level of medium resistance, Dianjiao 1 is a susceptible variety, Hongyan 1 were highly susceptible.

Key words: *Fusarium* wilt of banana; resistance evaluation; evaluation method

香蕉枯萎病,又称香蕉巴拿马病,是香蕉毁灭性、系统性维管束病害。病原菌为尖孢镰刀菌古巴专化型(*Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*),按寄主类型共分为 4 个生理小种,其中,4 号生理小种(Foc

TR4)在我国南方香蕉主产区为害最重(李朝生等, 2012)。目前,香蕉枯萎病还没有一种可完全根治的方法,选育抗(耐)枯萎病品种被认为是最有效的途径之一。对香蕉种质的抗枯萎病评价已有很多研究,但各种评价方法不统一,评价标准也不一致。如:陈厚彬等(2006)在 4 号生理小种枯萎病发生严重的田间测试了 15 份香蕉种质的抗性,结果表明,6 份为抗,5 份中抗,4 份感病,未发现有高抗种质;刘以道等(2008)采用苗期盆栽伤根灌菌液的方法测定了 36 份香蕉种质对枯萎病 4 号生理小种的抗性,结果表明,13 份为中抗,22 份为感病,1 份为高感,未发现有高抗种质;谢子四等(2009)通过苗期与田间相结合的评价方法,测定了 10 份香蕉种质对枯萎病 4 号生理小种的抗性,结果显示,3 份为高抗,4 份抗,3 份中抗,未发现感病种质。

云南省红河热带农业科学研究所香蕉研究团队先后选育了“红研 1 号”“红研 2 号”“红研 3 号”“红研 5 号”“滇蕉 1 号”等品质优、特异性强的新品种,其中一些品种在推广种植中表现出较好的枯萎病抗性能力,但还未经过抗性评价试验明确其抗性水平。本研究立足于云南省红河热带农业科学研究所目前已获得授权的自主品种,利用 PDB 培养基孢子悬浮液灌注法、PDB 培养基孢子悬浮液浸根法、无菌水孢子悬浮液灌注法 3 种接种方法,在 3 个孢子浓度下,进行香蕉枯萎病抗性评价方法的筛选,并评价 7 个香蕉品种的抗性水平,以期为主自主香蕉品种的应用推广提供试验数据支持,同时为香蕉枯萎病的抗性评估研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试香蕉品种 生长一致的 7 个品种(巴西蕉、南天黄、红研 1 号、红研 2 号、红研 3 号、红研 5 号、滇蕉 1 号)香蕉组培苗。其中,“南天黄”为市场购买,其他品种为云南省红河热带农业科学研究所组培中心提供。用营养袋装入约 0.8 kg 的无菌土,移栽组培苗,正常水肥管理,待香蕉苗长至 5~6 片叶时,选取长势良好、大小一致的无病苗用于试验,并分别在各幼苗的营养袋上喷涂油漆以标记品种。

1.1.2 病原菌的鉴定与保藏 尖孢镰刀菌古巴专化型 4 号生理小种(Foc TR4)病原菌,由云南省红河热带农业科学研究所香蕉团队在云南省河口瑶族自治县香蕉枯萎病发病植株上采集并分离,病原

菌的鉴定工作由中国热带农业科学院环境与植物保护研究所黄贵修研究员、杨洋博士协助完成。

1.2 试验方法

1.2.1 接种方法和接种浓度的筛选 选取已开展过相关抗性评价的高感品种巴西蕉(黄素梅等, 2019)、中抗品种红研 2 号(杨智梅等, 2019)、高抗品种南天黄(许林兵等, 2017)为材料,研究苗期抗性评价方法。

PDB 培养基孢子悬浮液灌注法:将 Foc TR4 菌株接种在 PDA 平板培养基上培养 7 d 后,取直径 0.6 cm 的菌饼接种于 PDB 培养基中,27 ℃、摇床暗培养 6~7 d 后,用 4 层纱布过滤掉菌丝,使用血球计数板计算出病菌孢子浓度,然后加无菌 PDB 培养基配制成 2×10^4 、 2×10^5 、 2×10^6 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 3 个浓度的病菌孢子悬浮液备用。接种时用小刀割伤香蕉少量根系,并接种相应浓度病原菌 5 mL,每个品种香蕉接种 15 株,重复 4 次。

无菌水孢子悬浮液灌注法(左存武等, 2010):将 Foc TR4 菌株接种在 PDA 平板培养基上大量培养,28 ℃、暗培养 10 d 至长满整个培养皿,用无菌水将孢子冲洗下来,并用 4 层纱布过滤掉菌丝,用血球计数法计算孢子浓度,加无菌水配制成 2×10^4 、 2×10^5 、 2×10^6 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 3 个浓度的病菌孢子悬浮液备用。接种时用小刀割伤香蕉少量根系,并接种相应浓度病原菌 5 mL,每个品种香蕉接种 15 株,重复 4 次。

PDB 培养基孢子悬浮液浸根法:取香蕉袋装苗,去除营养袋,轻轻剥除根际土壤,剪断少量根系,然后浸入孢子浓度为 2×10^4 、 2×10^5 、 2×10^6 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 的 PDB 培养基孢子悬浮液中,60 min 后取出,重新移栽到营养袋中。

1.2.2 7 个香蕉品种的苗期抗性评价 根据 1.2.1 结果,筛选最佳接种方法和接种浓度用于 7 个香蕉品种的苗期抗性评价试验。按筛选的最佳接种方法接种 40 d 后,调查香蕉苗发病情况,并分别根据表 1、2 进行苗期病害分级和抗性评价(李朝生等, 2012; 谢子四等, 2009)。抗性评价时,根据叶片症状和球茎症状得到的抗性级别不一致时,以“大”等级(抗性差者)作为该品种的抗性级别。

根据调查数据,计算发病率及病情指数(严重程度)。发病率/% = 发病株数/调查总株数 $\times 100$; 严重度 = Σ (各级级别数 $\times$ 该级别株数)/调查总株数。

表 1 香蕉苗期枯萎病分级标准
Table 1 Grades of *Fusarium* wilt disease at the seedling stage

病害分级 Disease grade	叶片症状 Symptoms of leaves	球茎症状 Symptoms of corms
1	叶片没有变化,健康 Leaves have not changed, healthy	球茎不变色 Corm did not change color
2	下部叶片轻微黄化 The lower leaves were slightly yellowing	球茎不变色,但根与球茎交接处变色 The corm did not change color, but the junction of root and corm changed color
3	下部叶片大部分黄化,上部嫩叶开始黄化 Most of the lower leaves were yellowing, and the upper leaves began to yellowing	0~20%球茎变色 0~20% corm discoloration
4	大部分或全部叶片黄化 Most or all of the leaves were yellowing	21%~50%球茎变色 21% -50% corm discoloration
5	地上部死亡 Dead blowground part	50%以上球茎变色 More than 50% of corms discolored
6		全部球茎变色 All corms are discolored
7		地下部死亡 Dead underground part

表 2 香蕉苗期抗性评价标准
Table 2 Integrated evaluation standards for *Fusarium* wilt at seedling stage

抗性级别 Resistance grade	病害严重度 Severity grade (SG)		抗性水平 Resistance level
	叶片 Leaves	球茎 Corms	
1	SG<1.0	SG<1.0	高抗 High resistance (HR)
2	1.0≤SG<2.0	1.0≤SG<3.0	中抗 Middle resistance (MR)
3	2.0≤SG<3.0	3.0≤SG<5.0	感病 Susceptible (S)
4	3.0≤SG<4.0	5.0≤SG<7.0	高感 Highly susceptible (HS)

1.3 田间抗性评价

1.3.1 试验地选取与试验方法 试验地位于云南省河口县南溪农场马肚白队 (103.544° E, 22.384° N, 海拔 290 m), 前作香蕉枯萎病发病率约 60%。选取南天黄、红研 1 号、红研 2 号、红研 3 号、红研 5 号、滇蕉 1 号共 6 个品种, 每个品种 80 株, 标记后随机混合并种植在试验地中。香蕉定植后每 4 个月调查一次, 分别记录发病率和死亡率, 香蕉死亡或发病不进行补苗(避免补苗对后期调查工作造成干扰), 持续调查 2 代蕉。

1.3.2 田间抗性评价标准 枯萎病的田间诊断标准为: 植株下部叶片黄化 2 片以上或假茎基部有 2 块以上叶鞘开裂且裂缝长度大于 10 cm 记为病株。根据收蕉前最后一次调查的香蕉死亡率作为田间抗性评价依据(黄素梅等, 2014), 抗性评价标准参考黄秉智等(2005)分为高抗 HR(死亡率<10%)、抗病 R(10%≤死亡率<20%)、中抗 MR(20%≤死亡率<40%)、感病 S(40%≤死亡率<60%)、高感 HS(死亡率≥60%) 5 个等级。

1.4 数据统计

使用 Excel 2003 和 SPSS 22.0 进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 接种方法和接种浓度的筛选

以球茎症状严重度作为发病严重度的标准, 测

定了 3 种接种方法在 3 个接种浓度下的抗性评价结果。结果表明(表 3): 随 Foc TR4 孢子浓度的升高, 各品种香蕉病害严重度均增加; 3 种接种方法中, 以无菌水孢子悬浮液灌注法病害严重度最低, PDB 培养基孢子悬浮液浸根法病害严重度最高, PDB 培养基孢子悬浮液灌注法结果居中。在香蕉品种的抗性评价工作中, 考虑到无菌水孢子悬浮液灌注法发病严重度较低, PDB 培养基孢子悬浮液浸根法病害严重度最高, 但接种时, 需要将香蕉根系全部拔出, 在 PDB 培养基孢子悬浮液中浸泡后再移栽, 程序相对繁琐, 所以在接种方法上, 建议选择发病严重度居中的 PDB 培养基孢子悬浮液灌注法; 而对于接种浓度的选择, 在本研究中, 使用 2×10^5 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 的 PDB 培养基孢子悬浮液灌注法, 2 个对照品种的抗性评价结果与已报道的南天黄为高抗(许林兵等, 2017)、巴西蕉为高感(黄素梅等, 2019)基本一致, 建议选用接种浓度为 2×10^5 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 。

2.2 7 个香蕉品种的苗期抗性评价

采用浓度 2×10^5 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 的 PDB 培养基孢子悬浮液灌注法对 7 个香蕉品种进行苗期抗性评价, 结果表明: 南天黄、红研 3 号为高抗, 红研 2 号、红研 5 号、滇蕉 1 号为中抗, 巴西蕉、红研 1 号为高感, 其中, 红研 2 号和红研 5 号球茎与叶片症状确定的抗性级别不一致, 选用抗性级别较“大”者(抗性较差者)作为最终评价结果(表 4)。

表 3 接种方法和接种浓度对苗期抗性评价的影响
Table 3 Effect of inoculation method and concentration on banana seedling resistance evaluation

香蕉品种 Banana variety	接种孢子浓度 Spore concentration /(个·mL ⁻¹)	PDB 培养基孢子悬浮液灌注法 Perfusion method of spore suspension in PDB medium		无菌水孢子悬浮液灌注法 Perfusion of sterile water spore suspension		PDB 培养基孢子悬浮液浸根法 Inoculation method of spore suspen- sion soaking root in PDB medium	
		严重度 Severity	抗性水平 Resistance level	严重度 Severity	抗性水平 Resistance level	严重度 Severity	抗性水平 Resistance level
巴西蕉 Baxijiao	2×10 ⁴	2.57±0.17	MR	2.32±0.20	MR	3.47±0.32	S
	2×10 ⁵	5.72±0.39	HS	5.15±0.31	HS	6.90±0.06	HS
	2×10 ⁶	6.80±0.09	HS	7.08±0.29	HS	6.85± 0.11	HS
红研 2 号 Hongyan 2	2×10 ⁴	0.92±0.06	HR	0.83±0.06	HR	1.17±0.12	MR
	2×10 ⁵	1.87±0.10	MR	2.05±0.25	MR	2.83±0.20	MR
	2×10 ⁶	3.17±0.24	S	3.20±0.15	S	4.50±0.43	S
南天黄 Nantian- huang	2×10 ⁴	0.30±0.04	HR	0.23±0.04	HR	0.48±0.03	HR
	2×10 ⁵	0.48±0.07	HR	0.58±0.06	HR	1.15±0.09	MR
	2×10 ⁶	0.77±0.04	HR	0.73±0.03	HR	1.57±0.13	MR

HR: 高抗; R: 抗病; MR: 中抗; S: 感病; HS: 高感。
HR: High resistance; MR: Middle resistance; R: Resistance; S: Susceptible; HS: Highly susceptible.

表 4 7 个香蕉品种苗期抗性评价
Table 4 Evaluation results of disease resistance of seven banana varieties at the seedling stage

香蕉品种 Banana variety	球茎症状 Symptoms of bulbous		叶片症状 Symptoms of leaves		评价结果 Evaluation	
	严重度 Severity	抗性级别 Resistance grade	严重度 Severity	抗性级别 Resistance grade	抗性级别 Resistance grade	抗性水平 Resistance level
巴西蕉 Baxijiao	6.13±0.65a	4	3.07±0.32a	4	4	HS
南天黄 Nantianhuang	0.45±0.06e	1	0.40±0.05c	1	1	HR
红研 1 号 Hongyan 1	6.90±0.63a	4	3.63±0.24a	4	4	HS
红研 2 号 Hongyan 2	1.98±0.23c	2	0.95±0.20bc	1	2	MR
红研 3 号 Hongyan 3	0.85±0.06de	1	0.43±0.04c	1	1	HR
红研 5 号 Hongyan 5	0.98±0.11d	1	1.03±0.09bc	2	2	MR
滇蕉 1 号 Dianjiao 1	2.95±0.29b	2	1.87±0.14b	2	2	MR

HR: 高抗; R: 抗病; MR: 中抗; S: 感病; HS: 高感。
HR: High resistance; MR: Middle resistance; R: Resistance; S: Susceptible; HS: High susceptible.

2.3 6 个香蕉品种田间抗性评价

测定 6 个香蕉品种的田间抗性(表 5),结果表明:第 1 造蕉,发病率从高到低依次为巴西蕉(65.0%)>滇蕉 1 号(61.1%)>红研 2 号(32.5%)>红研 5 号(22.5%)>红研 3 号(12.5%)>南天黄(5.8%);死亡率从高到低依次为巴西蕉(58.3%)>滇蕉 1 号(37.8%)>红研 2 号(25.0%)>红研 5 号(18.3%)>红研 3 号(12.5%)>南天黄(4.2%)。根据死亡率得到抗性水平为:南天黄为高抗,红研 3 号、红研 5 号为抗病,红研 2 号、滇蕉 1 号为中抗,巴西蕉为感病。

第 2 造蕉相比第 1 造蕉,所有香蕉品种的发病率和死亡率均升高;发病率从高到低依次为巴西蕉(91.7%)>滇蕉 1 号(87.5%)>红研 2 号(46.4%)>红研 5 号(32.5%)>红研 3 号(20.0%)>南天黄

(11.7%);死亡率从高到低依次为巴西蕉(85.0%)>滇蕉 1 号(51.3%)>红研 2 号(37.3%)>红研 5 号(29.2%)>红研 3 号(16.7%)>南天黄(9.2%);根据死亡率得到抗性水平为:南天黄为高抗,红研 3 号为抗病品种,红研 2 号和红研 5 号为中抗,滇蕉 1 号为感病,巴西蕉为高感。

3 讨论

本研究通过 PDB 培养基孢子悬浮液灌注法、PDB 培养基孢子悬浮液浸根法、无菌水孢子悬浮液灌注法 3 种接种方法,在 2×10⁴、2×10⁵、2×10⁶ 个·mL⁻¹ 3 个浓度下,筛选香蕉种质苗期抗性评价最简便可行的方案。通过比较接种后的病害严重度发现,随接种孢子浓度的升高香蕉病害严重度增加,3 种接种方法中,建议选择 2×10⁵ 个·mL⁻¹ 的 PDB 培养基孢子悬浮液灌注法更为高效可行。

表5 6个香蕉品种的田间抗性评价
Table 5 Evaluation results of field disease resistance of six banana varieties

香蕉品种 Banana variety	1 造蕉 One crop of banana			2 造蕉 Two crop of banana		
	发病率	死亡率	抗性水平	发病率	死亡率	抗性水平
	Incidence rate/%	Death rate/%	Resistance level	Incidence rate/%	Death rate/%	Resistance level
巴西蕉 Baxijiao	65.0	58.3	S	91.7	85.0	HS
南天黄 Nantianhuang	5.8	4.2	HR	11.7	9.2	HR
红研2号 Hongyan 2	32.5	25.0	MR	46.4	37.3	MR
红研3号 Hongyan 3	12.5	12.5	R	20.0	16.7	R
红研5号 Hongyan 5	22.5	18.3	R	32.5	29.2	MR
滇蕉1号 Dianjiao 1	61.1	37.8	MR	87.5	51.3	S

HR:高抗;R:抗病;MR:中抗;S:感病;HS:高感。
HR: High resistance; MR: Middle resistance; R: Resistance; S: Susceptible; HS: High susceptible.

苗期抗性评价试验结果显示,南天黄、红研3号为高抗,红研2号、红研5号、滇蕉1号为中抗,巴西蕉、红研1号为高感。而田间抗性评价结果表明:第1造蕉,南天黄为高抗,红研3号、红研5号为抗病,红研2号、滇蕉1号为中抗,巴西蕉为感病;第2造蕉,南天黄为高抗,红研3号为抗病,红研2号 and 红研5号为中抗,滇蕉1号为感病,巴西蕉为高感。苗期与田间抗性评价结果不尽一致,苗期抗性评价结果受到蕉苗大小、接种方法、接种浓度等因素的影响;而在田间抗性评价中,随着种植年限的增加,本研究中第2造蕉抗性评价结果明显低于第1造蕉,且田间抗性评价结果受土壤 Foc TR4 孢子浓度、田间水肥管理措施、当地气候条件等多种因素的影响。所以香蕉种质的抗性评价应对各种因素作综合考量,以确定抗性标准。

在本研究中,综合苗期和田间抗性评价结果,7个香蕉品种的抗性由高到低为:南天黄>红研3号>红研5号>红研2号>滇蕉1号>巴西蕉>红研1号(红研1号未开展田间抗性评估,仅以苗期抗性评价为依据),具体抗性评价为南天黄为高抗,红研3号和红研5号为中等抗性偏强,红研2号达到中抗水准,巴西蕉和红研1号为高度感病。需要加以说明的是,在苗期抗性评价中,根据球茎和叶片症状严重度,滇蕉1号均被评价为中抗水平,但球茎症状严重度(2.95)和叶片症状严重度(1.87)分别接近于中抗和感病的抗性评价临界值(3.0和2.0);同时在田间抗性评价中,根据死亡率得到的抗性水平滇蕉1号第1造蕉为中抗,第2造蕉为感病,但相对于本研究中的其他品种,滇蕉1号表现出发病率远高于死亡率,所以仅以死亡率作为田间抗性评价的依据是不够全面准确的,考虑以上因素,本研究

中滇蕉1号抗性评价为感病。

参考文献

陈厚彬, 冯奇瑞, 徐春香, 霍日祥, 李建国, 王泽槐, 2006. 抗枯萎病香蕉种质筛选. 华南农业大学学报, 27(1): 9-12.
黄秉智, 许林兵, 杨护, 唐小浪, 魏岳荣, 邱继水, 李贯球, 2005. 香蕉种质资源枯萎病抗性田间评价初报. 广东农业科学 (6): 9-10.
黄素梅, 韦绍龙, 龙盛风, 田丹丹, 覃柳燕, 韦弟, 李朝生, 韦华芳, 李小泉, 2014. 几个香蕉品种对枯萎病的抗性与主要性状比较. 中国南方果树, 43(5): 74-77, 80.
黄素梅, 韦绍龙, 韦莉萍, 李朝生, 覃柳燕, 韦弟, 田丹丹, 龙盛风, 何章飞, 周维, 2019. 8种香蕉种质对枯萎病的抗性比较与分析. 热带作物学报, 40(11): 2189-2196.
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.
李朝生, 霍秀娟, 韦绍龙, 韦弟, 韦华芳, 黄素梅, 2012. 5份香蕉种质对枯萎病的抗性评价. 南方农业学报, 43(4): 449-453.
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.
许林兵, 张锡炎, 李华平, 陈彪, 黄秉智, 陈维信, 冯岩, 肖维强, 周登博, 甘东泉, 2017. 抗枯萎病香蕉新品种“南天黄”选育. 热带作物学报, 38(6): 998-1004.
杨智梅, 冯博, 赵雪霏, 杨丹, 邢东辉, 秦世雯, 2019. 云南河口香蕉产业现状及可持续发展研究. 南方农业, 13(15): 115-116, 120.
左存武, 孙清明, 黄秉智, 李春雨, 易干军, 2010. 利用根系分泌物与绿色荧光蛋白标记的病原菌互作关系鉴定香蕉对枯萎病的抗性. 园艺学报, 37(5): 713-720.

(责任编辑:郭莹)