

斑叶露兜树茎腐病病原鉴定及植株体内菌量测定

肖荣凤, 刘波*, 林抗美, 郑雪芳, 蓝江林

(福建省农业科学院农业生物资源研究所, 福州 350003)

摘要: 从福建建新花卉基地采集表现茎腐症状的斑叶露兜树病株, 采用常规方法分离获得 10 个镰刀菌菌株; 经 Booth 镰刀菌鉴定方法及菌株的 *rdDNA*-ITS 序列分析, 确定为串珠镰刀菌 (*Fusarium verticillioides*)。将所鉴定的菌株回接健康斑叶露兜树, 植株表现茎腐病症状。将斑叶露兜树无症状株 (AS) 与病株 (S) 分段取样, 研究该菌在植株体内的数量分布。结果表明, 含菌量因植株部位和发病状态不同而有显著差异。经不同部位取样分析, 无症状株和病株均表现为茎部含菌量最高, 根部次之, 叶部最低; 在不同发病状态的植株中, 病株的含菌量显著高于无症状株。

关键词: 斑叶露兜树; 串珠镰刀菌; 鉴定; 体内菌量

中图分类号: S 687 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2009) 02-0251-06

Identification and Distribution Inside Plant of Pathogen Causing Stem Rot of *Pandanus veitchii*

XIAO Rong-feng, LU Bo*, LIN Kang-mei, ZHENG Xue-fang, and LAN Jiang-lin

(Agricultural Bioresource Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350003, China)

Abstract: The objectives of this study were to isolate and identify the pathogen which caused stem rot of *Pandanus veitchii*, and to determine the amount of this pathogen inside the plant. The diseased plants showing symptoms of stem rot were collected from Jianxin, Fujian Province. Ten isolates of microorganism were obtained and identified as *Fusarium verticillioides* by Booth's method and sequence of *rdDNA*-ITS. And, the results of pathogenicity testing confirmed that these isolates were pathogen of *P. veitchii*. Meanwhile, comparative investigation was conducted on the amount of *F. verticillioides* inside the symptomatic and asymptomatic plants of *P. veitchii*. It was found that the amounts of the pathogen in the stem were higher than those of in roots and leaves. The pathogens in the symptomatic plants were significantly more than those in the asymptomatic plants.

Key words: *Pandanus veitchii*; *Fusarium verticillioides*; identification; distribution inside plant

斑叶露兜树 (*Pandanus veitchii* Dall) 为常绿观叶植物, 叶形、叶色具有较高观赏价值, 叶基生, 条形至长披针形, 全缘或稍波状, 适宜于室内装饰, 近年来我国也有广泛的引种栽培。因其为喜阴植物, 易受病原菌的侵染, 有报道其在高温高湿, 通风透气不良的情况下易发生叶斑病 (胡一民, 2003)。近年来, 在福州建新花卉基地发现部分斑叶露兜树观赏盆景出现茎腐病, 表现为茎部受害严重, 初步诊断为镰刀菌所致。镰刀菌属中的尖孢镰刀菌、串珠镰刀菌及茄病镰刀菌等可侵染不同的寄主植物, 如樟子松、香石竹、玉米、非洲菊、木薯、康乃馨等, 并引起根茎腐症状 (M sikita et al, 1996; 张历燕等, 1999; Wolcan et al, 2000; 邹庆道, 2003; 阿芳等, 2006; 李越等, 2008)。目前还未见斑叶露兜树茎腐病相关病原菌的研究报道。弄清该病原菌具有重要的理论意义, 并可为该病

收稿日期: 2008 - 11 - 03; 修回日期: 2009 - 01 - 20

基金项目: 国家 '863' 计划项目 (2006AA10A211); 福建省自然科学基金项目 (2008J0055)

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: fzliubo@163.com)

害的有效防治提供理论依据。为此,作者从花卉基地采集了无症状株和病株进行病原菌分离鉴定,同时进行了植株体内病原菌含量分析测定。

1 材料与方 法

1.1 植株症状观察

2003年在福州建新花卉基地观察到部分斑叶露兜树盆景植株的茎基部出现茎腐状,采集未见发病症状的植株(AS)与病株(S)各3株带回实验室进一步观察病害症状与病原鉴定。

1.2 病原菌的分离与形态特征

采用常规的组织分离法进行病菌的分离(方中达,1998)。切取病株根茎处变色木质部,将新鲜病组织切成0.5 cm × 0.3 cm大小的薄片,75%酒精处理2 s,再用0.1%升汞处理2~3 min后,用无菌水洗3遍,置于马铃薯蔗糖琼脂培养基(PSA)上培养,每皿放5片病组织,共分离15个样本,(25 ± 1.5) 培养。随机挑选10个有代表性组织块上的分离物进行单孢分离,分离纯化培养后采用-80 甘油冷冻保存。病原鉴定依据Booth(1971)的鉴定方法,单孢分离纯培养物,接在PSA培养基上,25 培养4 d,测定单孢菌落的生长速度,取培养15 d的培养物进行孢子形态及产孢细胞观察,测量各类型分生孢子长度与宽度。

1.3 病原菌的分子鉴定

1.3.1 DNA-ITS区扩增

采用CTAB法提取菌株DNA,引物设计合成参考杨红等(2002)的方法,正向引物(P1):5'-CTTGCGTTGATTACGTCCC-3',反向引物(ITS4):5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'。PCR反应的总体积为25 μL,含有1个单位的Taq酶、10 × buffer 2.5 μL、dNTP 0.2 μL、10 μmol · L⁻¹的正向引物和反向引物各1 μL、DNA模板25 ng,PCR扩增程序:94 预变性10 min,94 变性1 min,55 退火1 min,72 延伸2 min,共25个循环,最后72 延伸10 min。PCR产物经琼脂糖凝胶电泳,切胶回收。

1.3.2 PCR产物的直接比对分析测序

将回收的目的片段送交上海生工生物工程技术服务有限公司。序列结果采用Blast通过国际互联网(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>)进行核酸同源性检索,通过Clustal W方法及DNAMAN version 5.2.2.0软件进行序列分析。

1.4 病原菌的致病性检测

根据Koch氏法则进行分离物的回接测定。将上述1.2节中的单孢纯化保存的分离物扩大培养后,混合并配成浓度为1.0 × 10⁶ cfu · mL⁻¹孢子悬浮液,采用浸根接种叶长约为15 cm的盆栽苗,由于该植株根茎部组织较硬,采用的浸根时间为5 h,以清水作对照,各处理10株,观察发病情况,重新分离发病株的病原物。病株统计以植株茎部褐变组织大于一半以上的记为发病株。

1.5 病原菌在斑叶露兜树植株体内的分布

根据症状观察与分离物形态鉴定结果,取上述1.1节中采集的斑叶露兜树无症状株(AS)与病株(S)各3株分段取样。样品I~VI依次为正常根、褐变根、茎基部、茎上部(图2、3)、心叶(3片)、老叶(1片)。根部与茎部依次截取5 cm,各样品分别称量质量。用清水冲洗、升汞消毒、无菌水漂洗后,加入无菌水100 mL,制成匀浆。梯度稀释后各吸取0.2 mL至含终浓度为200 U · mL⁻¹硫酸链霉素的PSA平板上,均匀涂布,每个稀释度3次重复。25 培养3 d。采用平板菌落计数法统计病原菌的单菌落数,计算各样品组织每克鲜样质量的含菌量。分析无症状株(AS)与病株(S)植株体内不同部位的病原菌的含量。

2 结果与分析

2.1 病原菌的症状观察

斑叶露兜树植株 (图 1) 的根茎叶均可受到不同程度的感染, 根部主要表现为变色腐烂; 茎基部则变色凹陷, 严重时病斑上出现白色的菌丝体 (图 2, 箭头所示); 病茎纵切面组织呈褐色, 而无症株的茎部颜色正常 (图 3); 发病初期叶片出现零星褐色病斑, 后期叶片枯萎。



图 1 斑叶露兜树植株
Fig. 1 Veitch screwpine



图 2 病株茎(SS)与无症状株茎(ASS)
Fig. 2 Symptomatic stem (SS) and asymptomatic stem (ASS)



图 3 病株茎(SS)与无症状株茎(ASS)纵切面
Fig. 3 Vertical section for symptomatic stem (SS) and asymptomatic stem (ASS)

2.2 病原菌的形态特征

供试验的 15 个组织样本中, 有 13 个样本中出现白色的分离物。经单孢分离保存菌株 10 株, 编号为 Fm-B. 1. 1-030221-01 ~ Fm-B. 1. 1-030221-10。通过平板培养与显微观察结果表明, 10 个分离物具有相同的特征。在 PSA 培养基上生长 4 d 的菌落平均直径为 (45 ± 3) mm, 菌丝白色至淡紫色, 稀疏棉絮状 (图 4)。小型分生孢子数量多, 呈椭圆形或卵圆形, 大小 $17.9 (12.5 \sim 23.6) \mu\text{m} \times 2.6 (2.2 \sim 3.0) \mu\text{m}$, 在产孢细胞中串生; 大型分生孢子镰刀型, 细长, 顶端逐尖, 3 个隔膜的居多, 大小为 $26.6 (20.5 \sim 33.5) \mu\text{m} \times 2.8 (2.5 \sim 3.8) \mu\text{m}$ (图 4, B)。产孢细胞单瓶梗, 分枝或不分枝 (图 4, C)。依据 Booth (1971) 的鉴定方法, 串珠镰刀菌在 PSA 培养基上生长 4 d 的菌落直径大于 25 mm, 小型分生孢子多且串状着生, 大型分生孢子镰刀状、较细、具 3~5 个隔膜, 产孢细胞单瓶梗状。因此, 确定侵害该植株的病原菌为串珠镰刀菌 *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg (*Fusarium moniliforme* J. Sheld.)。

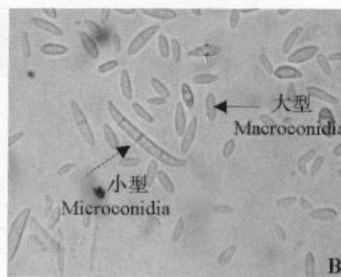
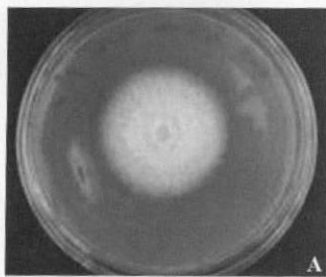


图 4 菌株 Fm-B. 1. 1-030221-01 在 PSA 培养基上菌落形态 (A)、分生孢子形态 (B) 及产孢细胞 (C)

Fig. 4 The colony morphology (A), conidia morphology (B) and conidiogenous cells (C) of the strain Fm-B. 1. 1-030221-01 on PSA medium

2.3 病原菌的分子鉴定

利用引物 P1 / ITS4对供试菌株 Fm-B. 1. 1-030221-01的 rDNA-ITS区进行扩增, 扩增图谱见图 5, 可见单一条带, 大小为 700 bp左右。经测序, 菌株的 ITS长度为 716 bp, 序列已登录 GenBank, 序列号为 EU717682。序列结果通过国际互联网 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) 用 Blast进行同源性搜索, 得到的同源序列全部是镰刀菌属不同的物种。

选择作物上主要镰刀菌属各两个菌株进行 rDNA-ITS序列共同比对, 利用 ClustalW 软件将序列匹配排列, 用 DNAMAN version 5.2.2.0软件进行同源性比较, 构建分子系统树。从系统树 (图 6) 可以看出, 供试菌株与 GenBank中的 2株串珠镰刀菌 (*F. verticillioides*) AB237662及 AF455422的同源性为 99%, 与两株尖孢镰刀菌 (*F. oxysporum*) AY18989及 DQ452450的同源性为 92%, 而与两株茄病镰刀菌 (*F. solani*) AM412635及 DQ094733的同源性仅为 83%。根据 Taylor等 (2000) 概述的 PSR (phylogenetic species recognition) 作为鉴定真菌种的标准和 Renske等 (2003) 的丝状真菌分子分类原则: 即对菌株的 ITS区域比对, 丝状真菌在种间、种内遗传距离上有差异, 序列相似性 99%, 鉴别为相同种。因此, 供试菌株的鉴定结果应为串珠镰刀菌 (*F. verticillioides*), 该结果与传统形态鉴定结果相一致。

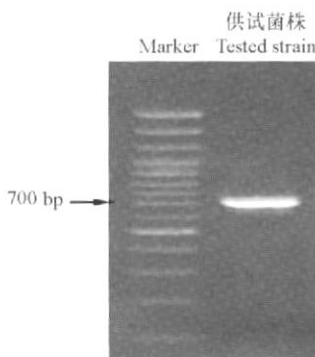


图 5 菌株 Fm-B. 1. 1-030221-01 的 rDNA ITS 区段 PCR 扩增凝胶电泳图

Fig. 5 The electrophoresis of ITS PCR for the strain Fm-B. 1. 1-030221-01

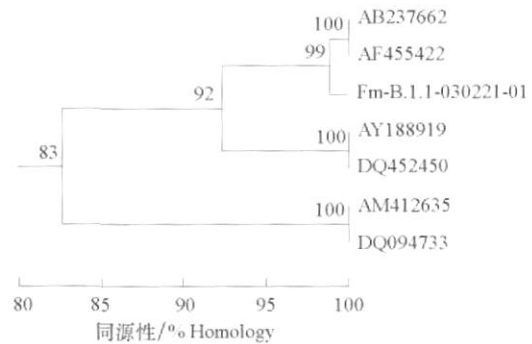


图 6 菌株 Fm-B. 1. 1-030221-01 与来自 GenBank 的镰刀菌属不同种的菌株 rDNA-ITS 序列构建的系统树

Fig. 6 The phylogenetic tree based on ITS sequences of *Fusarium* strains download from GenBank and the strain Fm-B. 1. 1-030221-01

2.4 病原菌的致病性检测

接种病原分离物的植株从 25 d开始均出现不同程度的症状, 表现为边缘叶片出现轻微的黄化萎蔫, 根部褐变, 茎部纵切可见维管束组织变褐色, 与田间自然发病植株的症状相同, 从开始发病起约 1周时间植株发病率可达 100%, 而清水处理植株生长正常。对发病株的根茎部病组织进行重新分离鉴定, 获得了与接种前相同的微生物, 证实了该病原菌串珠镰刀菌对斑叶露兜树植株的致病性。

2.5 病原菌在斑叶露兜树植株体内的分布

串珠镰刀菌在斑叶露兜树植株体内的数量分布因植株部位和发病状态不同而有显著差异 (表 1)。无症株和病株均表现为茎部含菌量最高, 根部次之, 叶部最低。无症株的茎部含菌量最高可达 3.19×10^3 cfu \cdot g⁻¹ FW, 其褐变根的含菌量为 0.06×10^3 cfu \cdot g⁻¹ FW, 比正常根高出近 18倍。病株的茎上部含菌量大约是其茎基部的 12倍, 分别为 147×10^3 cfu \cdot g⁻¹ FW 和 12.3×10^3 cfu \cdot g⁻¹ FW, 其褐变根的含菌量为 3.28×10^3 cfu \cdot g⁻¹ FW, 比正常根的高出近 6倍; 在不同发病状态的植株中, 病株的总体含菌量明显高于无症株, 但两者的叶片含菌量均无明显差异, 在 $(0.0033 \sim 0.0047) \times 10^3$ cfu \cdot g⁻¹ FW 之间。

表 1 斑叶露兜树植株体内串珠镰刀菌的菌量测定

Table 1 The result for the amount of *Fusarium verticillioides* inside *Pandanus veitchii* plants

编号 No.	取样部位 Site of sample	平均含菌量 / ($\times 10^3$ cfu \cdot g $^{-1}$ FW) The average amount of <i>F. verticillioides</i>	
		无症状株 A symptomatic plant	病株 Symptomatic plant
	正常根 Asymptomatic root	0.0035 \pm 0.0003 d	0.0547 \pm 0.0033 d
	褐变根 Symptomatic root	0.0629 \pm 0.0019 c	3.2840 \pm 0.0985 c
	茎基部 Basal stem	3.1530 \pm 0.0946 b	12.3070 \pm 1.1076 b
	茎上部 Top stem	3.1940 \pm 0.1916 a	146.6666 \pm 4.3998 a
	心叶 Tender leaf	0.0044 \pm 0.0004 d	0.0033 \pm 0.0002 f
	老叶 Old leaf	0.0042 \pm 0.0001 d	0.0047 \pm 0.0001 e

注: 数据为 3 次重复测定的平均值, 同一列内相同字母表示经新复极差检验差异不显著 ($P < 0.05$)。

Note: The data are means of three replicates. The different letters in the same column are significantly at $P < 0.05$ by DMRT.

3 讨论

串珠镰刀菌能侵染十几个科的植物, 是世界范围内危害较严重的动植物病原真菌之一 (李明等, 2000), 可造成玉米苗枯病、穗腐病 (邹庆道, 2003), 玉米茎腐病 (贺冰等, 2006), 棉花红腐病 (魏宏根等, 2005), 水稻恶苗病 (王克荣等, 2000), 香蕉果实冠腐病 (Hirata et al., 2004), 并可产生伏马菌素 (fumonisin) 污染禾谷类产品, 引起牲畜和人类中毒。但串珠镰刀菌在斑叶露兜树上的为害以前尚未见报道。本文首次报道该菌在斑叶露兜树引起的茎腐病, 为防治提供依据。

据报道, 病原菌的侵染过程 (占领空间、吸收营养、生长发育、产生繁殖体扩张发展的功能过程) 不但体现了病原菌与寄主、环境条件的相互作用, 而且与病害流行过程紧密关联 (王子迎等, 2000)。因此, 研究病原菌侵染寄主及在寄主上的发生特性具有重要的理论意义, 类似的研究在瓜类与茄科作物上的尖孢镰刀菌方面有过报道 (Beckman, 1987; 王建明等, 1993; 黄素芳等, 2004; 林抗美等, 2004), 而在串珠镰刀菌方面未见报道。本研究结果表明, 串珠镰刀菌在该植株体内的数量分布因植株部位和发病状态的不同有显著差异。不同部位的取样分析表明串珠镰刀菌侵染斑叶露兜树很可能是从植株根部侵入, 并导致根和茎基部维管束变褐色, 最终引起近土面部位腐烂。通过对正常根与褐变根、茎上部 (有症状) 和茎基部 (无症状) 的分析发现, 有明显症状的部位含菌量显著高于无症状部位, 说明串珠镰刀菌侵染植株造成的主要症状为根、茎褐变腐烂。在不同发病状态的植株中, 病株的总体含菌量明显高于无症状株, 说明引起植株表现病症需要累积一定的含菌量。斑叶露兜树一般以盆景或在观赏场所种植, 喜阴, 适宜生长温度为 18 ~ 32 $^{\circ}$ C, 增加了串珠镰刀病原菌的侵害机会。因此, 需对育苗或移植的土壤进行适当的消毒处理, 并保证其生境通风良好。

References

- A Fang, Zhang Jia-chun, Lin Wei-dong. 2006. The research of camation stem rot mycosis in shoot tip culture. *Journal of Yunnan Normal University*, 26 (3): 50 - 53. (in Chinese)
- 阿芳, 张加春, 林卫东. 2006. 香石竹扦插苗茎腐真菌病研究. *云南师范大学学报*, 26 (3): 50 - 53.
- Beckman C H. 1987. *The nature of wilt disease of plant*. St. Paul MN: American Phytopathological Society.
- Booth C. 1971. *The genus Fusarium*. Kew, England: Commonwealth Mycological Institute.
- Fang Zhong-da. 1998. *Methodology for plant pathology*. Beijing: China Agricultural Press. (in Chinese)
- 方中达. 1998. *植病研究方法*. 北京: 中国农业出版社.
- He Bing, Yang Li-chun, He Yun-chun, Wang Jian-ming. 2006. Preliminary identification on pathogenic fungi of *Fusarium* wilt from some principal crops in Shanxi Province. *Journal of Shanxi Agricultural University: Natural Science*, 26 (2): 168 - 170. (in Chinese)
- 贺冰, 杨莉椿, 贺迎春, 王建明. 2006. 山西省重要作物萎蔫病原镰刀菌 (*Fusarium*) 种类的鉴定 (I). *山西农业大学学报: 自然科学版*, 26 (2): 168 - 170.
- Hirata T, Kimishina E, Aoki T, Nirenberg H, O'Donnell K. 2001. Morphological and molecular characterization of *Fusarium verticillioides* from

- rotten banana imported into Japan. *Mycoscience*, 42 (2): 155 - 166.
- 胡一民. 2003. 斑叶露兜树. 花木盆景: 花卉园艺, (1): 20 - 21.
- Huang Su-fang, Zhu Yu-jing, Xiao Rong-feng, Liu Bo, Su Ming-xing, Zhou Han-tao. 2004. Identification of capsicum wilt pathogen and its distribution inside the plants. *Journal of Xiamen University: Natural Science*, 43 (Supplement): 71 - 73. (in Chinese)
- 黄素芳, 朱育菁, 肖荣凤, 刘波, 苏明星, 周涵韬. 2004. 辣椒枯萎病原菌分离鉴定及其在植株体内的分布. 厦门大学学报: 自然科学版, 43 (增刊): 71 - 73.
- Li Ming, Qian Yue-zhen, Yang Xue-jing, Wang Ke-rong. 2000. Vegetative compatibility of *Fusarium moniliforme*. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 23 (2): 31 - 34, 49. (in Chinese)
- 李明, 钱月珍, 杨雪静, 王克荣. 2000. 串珠镰刀菌的营养体亲和性研究. 南京农业大学学报, 23 (2): 31 - 34, 49.
- Li Yue, Li Fan, Liu Yun-long, Li Ling, Chen Jing-lan, Tang Xiao-yan, Chen Hai-ru. 2008. Identification of the pathogens causing root rot of *Gerbera jamesonii* in Yunnan. *Journal of South China Agricultural University*, 29 (3): 21 - 24, 28. (in Chinese)
- 李越, 李凡, 刘云龙, 李玲, 陈精兰, 唐小艳, 陈海如. 2008. 云南非洲菊根腐病原菌鉴定. 华南农业大学学报, 29 (3): 21 - 24, 28.
- Lin Kang-mei, Xiao Rong-feng, Liu Bo, Shi Huai, Xie Guan-lin. 2004. Distribution of *Fusarium pathogen* inside the tissue of the melon and its microbiological characteristics. *Journal of Xiamen University: Natural Science*, 43 (Supplement): 63 - 66. (in Chinese)
- 林抗美, 肖荣凤, 刘波, 史怀, 谢关林. 2004. 甜瓜枯萎病原菌的微生物学特性及其在植株体内分布. 厦门大学学报: 自然科学版, 43 (增刊): 63 - 66.
- Msikita W, Yaninek J S, Ahounou M, Fagbemissi R. 1996. First report of *Fusarium moniliforme* causing cassava root, stem, and storage rot. *Plant Disease*, 80 (7): 823.
- Renske L, Paula L, Thomw K. 2003. Molecular identification of ectomycorrhizal mycelium in soil horizons. *Applied and Environmental Microbiology*, 69 (1): 327 - 333.
- Taylor J W, Jacobson D J, Kröken S, Kasuga T, Geiser D M, Hibbett D S, Fisher M C. 2000. Phylogenetic species recognition and species concepts in fungi. *Fungal Genetics and Biology*, 31: 21 - 32.
- Wang Ke-rong, Yang Xue-jing, Qian Yue-zhen, Li Ming. 2000. Comparison of biological characteristics of *Fusarium moniliforme* Sheld. from different hosts. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 16 (3): 170 - 173. (in Chinese)
- 王克荣, 杨雪静, 钱月珍, 李明. 2000. 不同寄主上串珠镰刀菌的生物学性状比较. 江苏农业学报, 16 (3): 170 - 173.
- Wang Jian-ming, Zheng Jing-wu, He Yun-chun, Li Zhi-gang. 1993. A study on the existing form, number of distribution and fluctuation laws of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* watermelon plant. *Scientia Agricultura Sinica*, 26 (3): 69 - 74. (in Chinese)
- 王建明, 郑经武, 贺运春, 李志岗. 1993. 西瓜枯萎病菌在植株体内的存在状态、数量分布及扩展规律的研究. 中国农业科学, 26 (3): 69 - 74.
- Wang Zi-ying, Wu Fang-fang, Tan Gen-jia. 2000. Niche theory and the prospect of its application in the research of plant diseases. *Journal of Anhui Agricultural University*, 27 (3): 250 - 253. (in Chinese)
- 王子迎, 吴芳芳, 檀根甲. 2000. 生态位理论及其在植物病害研究中的应用前景. 安徽农业大学学报, 27 (3): 250 - 253.
- Wei Hong-gen, Zhou Xiao-yun, Wang Ke-rong. 2005. Vegetative compatibility of cotton boll rot disease pathogen. *Jiangsu Agricultural Sciences*, (6): 65 - 67. (in Chinese)
- 魏宏根, 周晓云, 王克荣. 2005. 棉花红腐病菌营养体亲和性研究. 江苏农业科学, (6): 65 - 67.
- Wolcan S M, Lori G A, Ronco B L, Perelb A E, Alippi H E. 2000. Population density of *Fusarium* spp. in soils from commercial carnation crops in Argentina. *Fitopatologia Brasileira Sociedade Brasileira de Fitopatologia, Brasilia, Brazil*, 25 (2): 161 - 167.
- Yang Hong, Li Ying, Guan Guo-hua, Li Xiu-yu. 2002. Sequencing of ITS region in rDNA gene of a heterokaryon and its segregants of *Fusarium oxysporum* sp. *vasinfectum*. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 10 (4): 381 - 384. (in Chinese)
- 杨红, 李颖, 关国华, 李秀玉. 2002. 尖孢镰刀菌异核体及不同核型分离子 rDNA ITS 区序列分析. 农业生物技术学报, 10 (4): 381 - 384.
- Zhang Li-yan, Zhang Jing-tao, Wang Shu-hong. 1999. Study on the seedling stem rot of *Pinus sylvestris*. *Journal of Shanxi Agricultural University*, 19 (4): 310 - 311. (in Chinese)
- 张历燕, 张京陶, 王书宏. 1999. 樟子松幼苗茎腐病的研究. 山西农业大学学报, 19 (4): 310 - 311.
- Zou Qing-dao. 2003. Studies on mutual relationship in etiology and genetic polymorphism of *Fusarium* from stalk rot and ear rot in maize. *Acta Phytopathologica Sinica*, 33 (1): 93 - 94. (in Chinese)
- 邹庆道. 2003. 玉米穗腐病和茎腐病镰孢菌病原学相互关系及遗传多态性研究. 植物病理学报, 33 (1): 93 - 94.