

文章编号: 1674-7054(2023)01-0111-09



海南3种相思树红根病病原菌的鉴定

朱清亮, 李增平, 丁婧钰, 张 宇, 程乐乐

(海南大学植物保护学院, 海口 570228)

摘要: 为进一步明确引起海南相思树根腐病的病原灵芝菌种类, 利用形态学与分子生物学鉴定手段对发生于海南的台湾相思(*Acacia. confuse* Merr.)、马占相思(*A. mangium* Willd.)和耳叶相思(*A. auriculiformis* A. Cunn. ex Benth.)等3种相思树上的红根病的病原灵芝菌进行了种类鉴定。从海南省海口、儋州、昌江等市县采集3种相思树红根病病原菌的担子果, 对其进行形态学鉴定。采用组织分离法分离菌株, 完成了3种病原菌的致病性测定, 构建了基于 *ITS*、*SSU* 与 *LSU* 基因的多基因系统发育树, 结合形态学与分子生物学鉴定结果, 确定这3种相思树红根病病原灵芝菌均为热带灵芝 [*Ganoderma tropicum* (Jungh.) Bres.]。

关键词: 相思树; 红根病; 热带灵芝; 海南

中图分类号: S 763.7 **文献标志码:** A

引用格式: 朱清亮, 李增平, 丁婧钰, 等. 海南3种相思树红根病病原菌的鉴定 [J]. 热带生物学报, 2023, 14(1): 111-119. DOI: [10.15886/j.cnki.rds wxb.2023.01.013](https://doi.org/10.15886/j.cnki.rds wxb.2023.01.013)

相思树(*Acacia* spp.)是豆科相思子属的一种常绿乔木, 常见的有台湾相思(*A. confuse* Merr.)、马占相思(*A. mangium* Willd.)、耳叶相思(*A. auriculiformis* A. Cunn. ex Benth.)等。相思树具根瘤固氮, 速生丰产, 改土性能好的特点^[1]。相思树的木材纤维含量高, 是造纸的优良材料, 也可制成枕木以及各类家具与农具, 还可以用作饲料与薪炭材, 马占相思树皮可以制作品质优良的栲胶^[2-4]。此外, 相思树还是优良的速生行道树与绿化植物, 也是我国南方沿海防风林主要的造林树种之一, 其在我国的工业发展与生态建设上发挥着重要的作用^[2]。海南地处中国的热带地区, 在多种生态环境下, 特别是在热带雨林中, 生长着各种大型真菌, 在众多的大型真菌类群中, 以灵芝科(*Ganodermataceae*)最为常见, 其物种数目多达72种, 占中国已知灵芝科真菌总数的70%左右, 其中的15种在海南被作为药用真菌^[5]。近年来, 笔者在田间调查中发现, 在海南不同市县种植的台湾相思、马占相思和耳叶相思均有受灵芝菌侵染后引

发的根腐病, 导致相思树整株枯死, 并在林间形成中心病区。目前, 国内外对灵芝(*Ganoderma*)侵染引起的相思树红根病有一定的报道。1988年, 弓明钦^[6]在对海南进行调查时发现, 多种树木包括青皮象耳豆(*Enterolobium contortisiliquum*)、红皮象耳豆(*E. contortisiliquum*)、台湾相思(*A. confuse*)、凤凰木(*Delonix regia*)、铁刀木(*Cassia siamea*)等受到热带灵芝(*Ganoderma tropicum*)与拟热带灵芝(*G. ahmadii*)侵染引起根腐病且发病较重, 但未对2种病原进行致病性测定与进一步的鉴定。1993年, MAHMUD等^[7]报道了马来西亚与巴布亚新几内亚的马占相思上发生根腐病。1996年, Mehrotra等^[8]鉴定了印度马占相思根腐病的病原菌为灵芝(*G. lucidum*)。1998—2001年, 岑炳沾等^[9]对广东相思树主要栽培区进行调查, 根据子实体形态将广东马占相思与耳叶相思根腐病病原菌鉴定为灵芝(*G. lucidum* (Leyss.ex Fr.) Karst.), 并鉴定台湾相思根腐病病原菌为假芝菌(*Amauroderma omphalodes*(Berk.)

收稿日期: 2022-09-16

修回日期: 2022-12-09

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-33-BC1); 海南大学名师工作室(hdms202014)

第一作者: 朱清亮(1996-), 男, 海南大学植物保护学院2019级硕士研究生. Email: 940519270@qq.com

通信作者: 李增平(1967-), 男, 教授. 研究方向: 热带林木真菌病害. E-mail: lzp301155@126.com

Torr.)。刘运华等^[10]对广西的相思树进行调查时发现马占相思心腐均是从间伐的伤口开始,再扩展到心材并向上下蔓延。2002年,戴玉成等^[11]在海南考察时发现了台湾相思树干基腐朽病,并通过形态观察将病原鉴定为热带灵芝(*G. tropicum*)与粗柄假芝(*A. elmerianum*)。秦凡文^[12]在对海南省橡胶园灵芝属真菌进行调查时发现热带灵芝(*G. tropicum*)是危害相思树并造成死亡的重要病原物。但已有的相关报道主要以传统形态学鉴定方法为主,由于灵芝在不同生境下的形态可塑性较强,其鉴定结果往往容易受到环境与研究者主观因素的干扰。同时,目前尚未见有热带灵芝(*G. tropicum*)引起相思树种红根病的系统性报道。为进一步明确引起海南相思树根腐病的病原灵芝菌种类,本研究结合形态学与分子生物学手段对海南相思树灵芝菌根腐病病原菌进行了系统性鉴定,以期生产上防治海南相思树灵芝菌根腐病提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试样本 台湾相思根腐病样本采自海南省海口市金牛岭公园(20°0'40"N, 110°19'8"E)、马占相思根腐病样本采自儋州西庆农场(19°32'11"N, 109°26'50"E)、耳叶相思根腐病样本采自昌江红林农场(19°17'37"N, 108°57'55"E)等地。从发病相思上采集灵芝菌担子果,对病株进行拍照、定位并记录。担子果用塑料保鲜袋装好带回并设计编号,拍照,测量大小。

1.2 供试苗木 选择种植于海南大学植物保护学院教学实践基地内 2~3 a 生的台湾相思、马占相思、耳叶相思等作为供试苗木。

1.3 培养基 PDA 与木屑培养基分别参照文献[13-14]提供的配制方法。

1.4 引物与试剂 PCR 引物由生工生物技术有限公司合成,序列见表 1。OMEGA Fungal DNA Kit, DNA Marker DL2000, 2×Taq MasterMix(Dye)。

表 1 用于扩增病原菌 ITS、SSU 与 LSU 基因的引物序列

基因	引物名称	序列 5'-3'	退火温度/℃	参考文献
ITS	ITS1	TCCGTAGGTGAACCTGCGG	54	[15]
	ITS4	TCCTCCGCTTATTGATATGC		
SSU	NS1	GTAGTCATATGCTTGCTCTC	55	[16]
	NS4	CTTCCGTC AATTCCTTTAAG		
LSU	LROR	ACCCGCTGAACCTTAAGC	50	[17]
	LR7	TACTACCACCAAGATCT		

1.5 菌株分离 采用担子果组织分离法分离菌株。具体方法参考方中达《植病研究方法》^[13],纯化出菌株后备用,从台湾相思、马占相思与耳叶相思上采集到的灵芝属担子果上分离的菌株中各选择 1 株分别命名为 TWXSGF001、MZXSGF001 和 EYXSGF001。

1.6 致病性测定 接种方法参照文献[14]的方法,略加改动,先配制木屑培养基,121℃ 湿热灭菌 3 h 后备用。从长有目标菌株菌落的培养基上划取菌丝块,放置在袋装木屑培养基中,用报纸包裹室温黑暗放置 30 d,当木屑培养基表面长满菌丝后用作接种体,进行致病性测定。以相同方法制作接入空白琼脂块的木屑棒作为对照。选择 5 株健康的台湾相思、马占相思与耳叶相思幼树,

在茎干基部制造伤口,将布满菌丝的接种体贴于伤口,下方用湿棉花保湿,再用保鲜膜缠绕固定接种体,对照组采用相同方法,2 个月后检查苗木接种部位的发病情况并拍照。

1.7 病原菌鉴定

1.7.1 形态学鉴定 以赵继鼎《中国真菌志》第十八卷灵芝科^[18]、卯晓岚《中国大型真菌》^[19]、吴兴亮《中国灵芝图鉴》^[20]等书籍为依据对病原菌进行形态学鉴定。观察病原菌担子果的形状、大小、颜色、有无菌柄、有无光泽、菌肉质度、担孢子直径颜色等形态特征并进行拍照记录。

1.7.2 分子鉴定 用真菌 DNA 提取试剂盒提取供试担子果的 DNA,使用引物 ITS1/ITS4, NS1/NS4 和 LROR/LR7 对所提取的 DNA 进行 PCR 扩

增, PCR 扩增体系见表 1。PCR 扩增产物送至海口楠山生物技术有限公司测序, 将获得的测序结果在 NCBI 上进行比对并上传 NCBI 获得 GenBank 登录号。在 GenBank 上搜寻灵芝与其他属中同时含有 *ITS*, *SSU*, *LSU* 基因的菌株, 下载相关序列, 使用 Sequences Matrix 进行拼接, 使用 MEGA7.0 对拼接好的序列通过 NJ 法构建进化树, 对所采集的病原菌进行分子鉴定。

1.8 数据分析处理 所测数据用 Excel 软件进行数据整理^[21]。

2 结果与分析

2.1 田间症状

2.1.1 台湾相思红根病症状 台湾相思在发病初期出现叶片褪绿、发黄、下垂, 树势差, 新生叶子变小等症状, 随着病程进展, 树叶逐渐枯萎, 枯枝变多, 树冠变小, 最后整株枯死(图 1-A、图 1-B)。在台湾相思的树干和茎基部, 可以产生大量的担子果, 其形态随不同地区生长环境变化而产生差异(图 1-C)。发病茎干和树根会产生海绵状湿腐(图 1-D), 病根表面黏泥沙(图 1-E), 用水洗净后可见黑红色革质菌膜(图 1-F)。海南各地台湾相思红根病的症状基本相似, 总体田间发病率约为 3%~4%。

担子果编号: HNHKJNL201909281003; HNDZ-

202010221023; HNHK202108111034; HNHK2021-08111035; HNHK202108119036; HNHK2021081-11037。

2.1.2 马占相思红根病症状 马占相思在发病初期无明显症状, 后出现叶片发黄, 萎垂, 脱落(图 2-A), 树冠稀疏, 部分枝条在叶片脱落后枯死。病株生长不良, 长势衰弱, 最终整株叶片脱落并枯死(图 2-B)。在环境条件适合时, 茎干和茎干基部能产生黄褐色到红褐色的担子果(图 2-C), 即使枯树被砍倒, 树桩上多处雨季过后依然会长出担子果(图 2-D)。该病发生较多, 在儋州、定安、陵水等地均有发现, 田间发病率为 4%~5%。

担子果编号: HNDZDC201910161005; HNXQ-202001061011; HNBS202008291013; HNDA2020-09031016; HNDA202009031017; HNDA20201021-1021; HNLS 202011201025; HNDA202108141043; HNHQ20 2109051057。

2.1.3 耳叶相思红根病症状 耳叶相思受到侵染后随着病情发展出现树冠稀疏, 叶片短小, 发黄、下垂, 枯枝多等症状, 发病后期整株枯死(图 3-A、图 3-B)。病株死后变成枯树, 病原菌依然能够在其病残体特别是根茎部存活数年。在环境湿度大的时候, 病树的茎干和茎基部长出红褐色担子果(图 3-C~图 3-E)。耳叶相思根腐发病较少, 田间发病率约为 1%~2%。



图1 台湾相思树红根病症状



图2 马占相思红根病症状



图3 耳叶相思红根病症状

担子果编号: HNCJ202108261036; HNDZXL-202109271068。

2.2 致病性测定 人工接种 2~3 个月后, 被接种不同待测菌株 TWXSGF001、MZXSFG001、EYXSGF001 的各 5 株相思树苗树冠叶片失绿、发黄或枯死, 接种部位组织白腐, 有的长有黄白色腐竹状菌膜、黑红色革质菌膜, 对照创伤部位已长出愈伤组织, 顶端叶片无异常变化(图 4)。从发病植株的接种部位采取样本, 再分离得到相同的菌株, 结果表明分离菌 TWXSGF001、MZXSFG001、EYXSGF001 均为 3 种相思树的致病菌。

TWXSGF001、MZXSFG001、EYXSGF001

3 株菌株分别在木屑培养基生长 120 d 后长出与田间发病植株上生长相似的担子果(图 5)。

2.3 形态鉴定

2.3.1 台湾相思红根病原菌的形态特征 在 PDA 培养基上生长的 TWXSGF001 病原菌菌丝绒毛状, 平伏生长, 乳白色圆形, 边缘整齐, 无气味(图 6-A)。担子果一年生, 生长初期的担子果为球状, 以纯白色为主。有短柄, 有漆样光泽。菌柄细长, 侧生, 红褐色至紫黑色。生长后期的担子果有柄或无柄, 木栓质到木质。菌盖近半圆形、近肾形或近扇形, 单生或叠生, 大小为 (2.5~8.5) cm×(4.5~15) cm, 厚 0.5~2 cm, 表面红褐色、紫褐色



图 4 3 种相思树红根病病原菌的致病性测定

A、B、C: 台湾相思红根病病原菌的致病性测定; D、E、F: 马占相思红根病病原菌的致病性测定; G、H: 耳叶相思红根病病原菌的致病性测定。

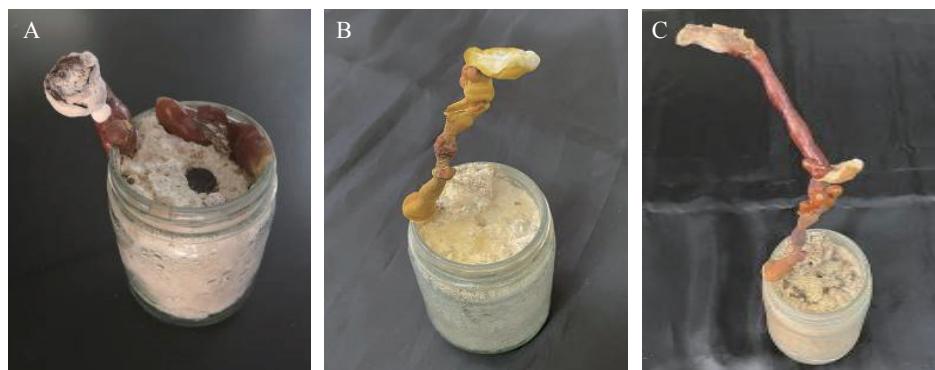


图 5 相思红根病原菌诱导产生的担子果

A: TWXSGF001 菌株诱导的担子果; B: MZXSGF001 菌株诱导的担子果; B: EYXSGF001 菌株诱导的担子果。

或紫红色,有漆样光泽,靠边缘为黄褐色至白色,中心厚边缘薄;厚 0.5 ~ 1.9 cm,菌肉为褐色,无黑色壳质层;菌管长 0.1 ~ 0.2 cm,褐色;孔面污白色或淡褐色。不同地区的台湾相思树病株上长出的担子果形态略有差异(图 6-B ~ 图 6-D)。担孢子卵圆形,双层壁,顶端平截,外壁光滑透明;内壁淡褐色有小刺,部分中央有 1 个油滴。大小为(6.2 ~ 8.9) $\mu\text{m} \times$ (3.6 ~ 6.4) μm ,平均长 7.540 μm ,平均宽 5.01 μm ,长宽比 Q 为 1.394 ~ 1.729(图 6E)。

2.3.2 马占相思红根病原菌的形态特征 MZX-SGF001 菌株在 PDA 培养基上生长的病原菌菌丝绒毛状,菌落为白色圆形,边缘圆钝,平伏生长,(图 7-A)。担子果一年生,单生,有柄或无柄,木栓质或木质。菌盖半圆形,肾形或扇形,长 4 ~ 12 cm,宽 3.5 ~ 8.0 cm,边缘厚 0.2 ~ 0.7 cm,柄长 4 ~ 8 cm。菌盖中心为红褐色,边缘为黄褐色或白色,表面有漆样光泽,有同心环纹。菌肉深褐色,无壳质层。背面白色或淡褐色,无光泽,边缘圆

钝。菌柄长,侧生,红褐色至紫褐色(图 7-B ~ 图 7-D)。担孢子南瓜子形或顶端平截,有内外两层壁,外壁透明,内壁褐色,(5.3 ~ 7.2) $\mu\text{m} \times$ (6.8 ~ 11.2) μm ,平均长 9.13 μm ,平均宽 6.16 μm ,长宽比 Q 为 1.133 ~ 1.833(图 7-E)。

2.3.3 耳叶相思红根病原菌的形态特征 菌落特征:在 PDA 上,菌丝平伏生长,绒毛状,边缘平滑,菌落为白色圆形,无气味(图 8-A)。担子果一年生。菌肉褐色,无黑色壳质层,单层或多层。有细柄或无柄,木栓质或木质,菌盖单生,长 4.0 ~ 7.4 cm,宽 4.0 ~ 6.8 cm,边缘厚 0.6 ~ 0.8 cm,柄长 5.8 ~ 7.2 cm,半圆形,扇形或肾形,有同心环纹。正面靠边缘一圈为白色,朝内均为深红褐色。有光泽;背面通常白色至淡褐色,没有光泽,边缘圆钝。菌柄细长,侧生,深红褐色(图 8-B ~ 图 8-E)。担孢子南瓜子形,中间有一个较大的油滴,双层壁,淡褐色,大小为(4.5 ~ 6.4) $\mu\text{m} \times$ (6.6 ~ 10.0) μm ,平均长 8.09 μm ,平均宽 5.71 μm 。长宽比 Q 为 1.25 ~ 1.56



图6 台湾相思红根病病原菌的形态结构

A: PDA 培养基上的病菌菌落; B: 台湾相思病树上生长的担子果; C: 幼嫩具柄的担子果; D: 老熟的无柄的担子果; E: 担孢子。

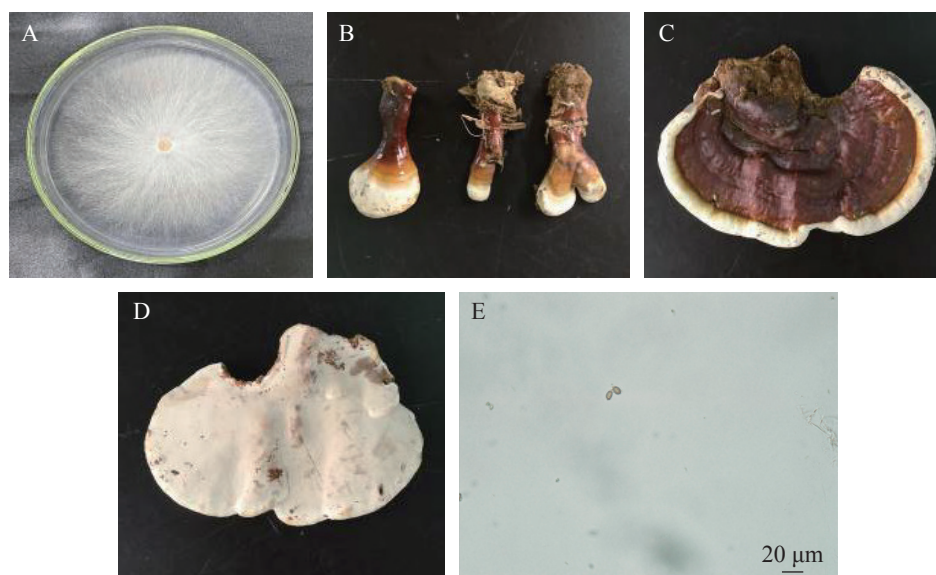


图7 马占相思红根病病原菌的形态结构

A: PDA 培养基上的病菌菌落; B: 马占相思病树上生长的担子果; C、D: 老熟无柄的担子果; E: 担孢子。

(图 8-F)。根据其形态特征参考《中国灵芝图鉴》《中国大型真菌》《中国真菌志》等文献,将上述 3 种病原菌初步鉴定为热带灵芝 [*Ganoderma trypae* (Jungh.) Bres.]^[19]。

2.4 分子生物学鉴定 测序结果显示,rDNA-ITS 序列为 610~619 bp,SSU 序列为 1048~1084 bp,LSU 序列为 960~1104 bp (表 2)。在 NCBI 上进行 Blastn 比对,结果显示,所得序列与热带灵芝

[*G. trypae* (Jungh.) Bres.] 序列的相似度均高于 98%。选取亲缘关系较近的 10 个菌株,经序列比对后在 MEGA7.0 中利用 NJ 法构建进化树。结果可见,分离获得的菌株均与热带灵芝聚为一类 (图 9)。结合传统形态学鉴定与分子生物学鉴定结果,将侵染台湾相思、马占相思与耳叶相思的菌株 TWXSGF001、MZXSFG001 与 EYXSGF001 鉴定为热带灵芝 [*G. trypae* (Jungh.)Bres.]。



图 8 耳叶相思红根病病原菌的形态结构

A: PDA 培养基上的病菌菌落; B: 耳叶相思病树上生长的担子果; C、D: 幼嫩具柄的担子果; E: 老熟无柄的担子果; F: 担孢子。

表 2 菌株的序列登录号

菌株号	GeneBank 登录号		
	ITS	SSU	LSU
TWXSGF001	ON055859.1	ON063120.1	ON055878.1
MZXSGF001	ON055861.1	ON063122.1	ON055880.1
EYXSGF001	ON055868.1	ON063129.1	ON055887.1

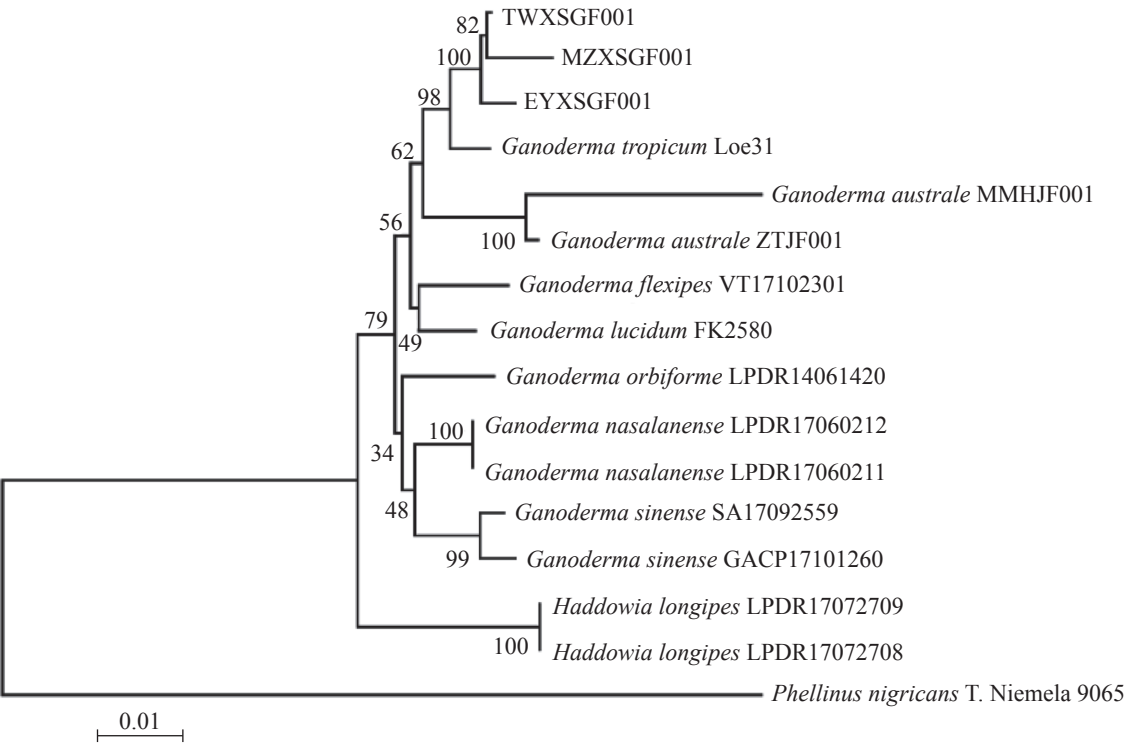


图 9 基于 rDNA-ITS, SSU 与 LSU 序列构建的系统发育树

3 讨论

本研究采集了海南 3 种相思树红根病的病原菌担子果, 分离得到病原菌完成致病性测定, 结合形态学与分子生物学方法将引起海南台湾相思、马占相思、耳叶相思红根病的病原菌鉴定为热带灵芝 (*G. tropicum*)。弓明钦^[6]将海南台湾相思根腐病病原菌经形态学鉴定为热带灵芝 (*G. tropicum*), 本研究结果与其研究结果相同。岑炳沾等^[9]根据子实体形态将广东多地马占相思与耳叶相思根腐病病原菌鉴定为灵芝 (*G. lucidum*), Mehrotra 等^[8]将印度马占相思树根腐病的病原菌鉴定为灵芝 (*G. lucidum*)。吴如慧等^[22]通过形态学特征鉴定和 SSU 序列分析将海南定安、临高等地的台湾相思根腐病原菌鉴定为假芝 (*Amauroderma rugosum*)。戴玉成等^[11]报道引起海南五指山与琼中的台湾相思死亡的根腐病原菌为热带灵芝 (*Ganoderma tropicum*) 和粗柄假芝 (*Amauroderma elmerianum*)。多种灵芝菌均可引起相思树根腐病, 包括灵芝属 (*Ganoderma*) 与假芝属 (*Amauroderma*) 下的多个物种, 不同地区和不同地理环境下相思树根腐的病原菌可能不同。在田间调查的过程中, 笔者发现, 海南海口、定安、琼中、万宁、乐东、保亭、三亚、东方、昌江、白沙、儋州、澄迈、临高等市县均发现由热带灵芝引起的相思树根腐病, 此病多在公路旁的行道树上发现, 在海南各地分布广泛。

热带灵芝引起相思树红根病, 其地上枝条枯死程度与地下根系腐烂程度存在相关性。病原菌从相思树茎基部或根部侵入后在根部感染部位形成黄白色、腐竹状的菌膜, 然后继续发育, 在树茎基部产生大型子实体; 病株死后, 病原菌依然能够在其病残体特别是根茎部存活数年, 在雨季和雨季过后, 其近地面和暴露于地表的根上依然能长出黄白色担子果。在病害蔓延的过程中, 可通过病根与健康植株的根系接触产生短距离的传播, 长距离的传播通过人力和风雨对病原菌子实体产生的担孢子扩展蔓延, 并在林间形成明显的发病中心。在本研究的调查过程中, 发现相思树红根病多在道路边与公园内发现, 而山林内发现较少, 说明人为活动加剧了病害的传播。同时, 在土壤湿度较大、较为粘重且透气性较差的地方该病发

生较重。在高温、高湿季节, 相思树红根病也更容易发生。

由于红根病在染病前期不易被发现与诊断, 一旦出现明显症状或长出担子果时其内部组织已经大部分白腐, 施药较难治愈。在对热带灵芝所致红根病的防治上, 应坚持“预防为主, 综合防治”的植保方针, 彻底清除病树病根, 及时销毁其病残体是预防此病发生的关键措施。在公园与市政绿化的过程中, 应避免在除草时伤及树木茎基部造成伤口而导致红根病的发生。此外, 在设计和培育防护林时, 要注意将豆科与非豆科植物混合种植, 也可以起到预防减缓红根病发生和传播的效果。一旦发生病情, 应当尽可能在早期进行诊断。对已被轻度侵染的发病树木建议用十三吗啉或根康等药剂进行灌根处理, 对于发病严重的老龄树木应及早清除, 将病残体和子实体集中烧毁, 防止病害扩散。

参考文献:

- [1] 詹妮, 黄烈健. 我国相思类树种研究进展综述[J]. 热带林业, 2015, 43(3): 41-45.
- [2] 陆道调, 吴保国, 王希群, 等. 相思树种研究发展综述[J]. 福建林学院学报, 2004(1): 92-96.
- [3] 丁婧钰. 橡胶树与相思树病原灵芝种类鉴定及生物学特性研究[D]. 海口: 海南大学, 2018.
- [4] 江泽慧, 刘君良, 覃道春, 等. 相思类树种木材的资源、材性与加工利用[J]. 木材工业, 2002(6): 6-9.
- [5] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 24.
- [6] 弓明钦. 由两种灵芝菌引起的树木根腐病[J]. 广东林业科技, 1988(3): 13-14.
- [7] MAHMUD S, LEE S S, AHMAD H H. A Survey of heart rot in some plantations of *Acacia mangium* in Sabah [J]. Journal of Tropical Forest Science, 1993, 6(1): 37-47.
- [8] MEHROTRA M D, PANDEY P C, CHAKRABARTI K, et al. Root and heart rots in *Acacia mangium* plantations in India [J]. Indian Forester, 1996, 12(2): 155-160.
- [9] 岑炳沾, 冯惠玲, 谢海标, 等. 广东马占相思病害调查研究[J]. 广东林业科技, 2004(1): 1-7.
- [10] 刘运华, 韦继光, 秦武明, 等. 广西相思树病害的调查与防治[J]. 广西农业生物科学, 2007(2): 154-158.
- [11] 戴玉成, 吴兴亮, 魏玉莲, 等. 中国海南台湾相思树干基腐朽病[J]. 林业科学研究, 2004(3): 352-355.
- [12] 秦凡文. 海南省橡胶园灵芝属真菌资源调查[D]. 海口: 海南大学, 2014.
- [13] 方中达. 植病研究方法[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 1998: 46-50.
- [14] 高秀兵, 李增平, 李晓娜, 等. 橡胶树几种根病的人工

- 接种方法[J]. 热带作物学报, 2010, 31(4): 626 – 630.
- [15] 文庭池, 邓春英, 吴兴亮. 海南岛 7 种野生灵芝的形态与分子鉴定[J]. 贵州科学, 2015, 33(6): 1 – 8.
- [16] WHITE T, BRUNS T, LEE S, et al. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics [J]. PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications, 1990(1): 315 – 322.
- [17] 谭秀梅, 阿地力·沙塔尔, 朴春根, 等. 无柄灵芝遗传多样性的 SRAP, ITS, TEF1- α 和 LSU 分析[J]. 微生物学通报, 2016, : 2667–2677.
- [18] 赵继鼎, 张小青. 中国真菌志[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [19] 卯晓岚. 中国大型真菌[M]. 郑州: 河南科技技术出版社, 2000: 450.
- [20] 吴兴亮, 戴玉成. 中国灵芝图鉴[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [21] GOMEZ K A, GOMEZ A A. Statistical Procedures for Agricultural Research[M]. 2nd. New York: John Wiley & Sons, 1984.
- [22] 吴如慧, 李增平, 程乐乐, 等. 台湾相思假芝根腐病病原菌的鉴定及其生物学特性测定[J]. 热带作物学报, 2019, 40(8): 1590 – 1597.

Identification of pathogenic *Ganoderma* causing red root rot on three *Acacia* species in Hainan

ZHU Qingliang, LI Zengping, DING Jingyu, ZHANG Yu, CHENG Lele

(School of Plant Protection, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China)

Abstract: An attempt was made to identify the pathogenic *Ganoderma* causing red root rot on *Acacia confusa*, *A. mangium* and *A. auriculiformis* in several areas in Hainan in terms of morphology and molecular biology in order to provide a reference for the control of red root rot on *Acacia* spp. The basidiocarps of three pathogens causing red root rot of *Acacia* spp. were collected from Haikou, Danzhou, Changjiang and other cities or counties in Hainan, and their morphological characteristics were observed. The strains were isolated from the three pathogens by tissue isolation method, and their pathogenicity was determined. A polygenic phylogenetic tree was constructed based on genes *ITS*, *SSU* and *LSU* of the strains. The results from the morphological observation and molecular biological identification showed the pathogens causing red root rot on three *Acacia* species were all identified as *Ganoderma tropicum*.

Keywords: *Acacia* spp.; red root rot; *Ganoderma tropicum*; Hainan

(责任编辑: 潘学峰)