

# 茶藨生柱锈菌(*Cronartium ribicola*)研究进展

韩长志

(西南林业大学 林学院, 云南省森林灾害预警与控制重点实验室, 云南 昆明 650224)

**摘要:** 由茶藨生柱锈菌引起的红松疱锈病和华山松疱锈病, 严重危害着红松、华山松等树种, 为此, 对茶藨生柱锈菌的分类地位、转主寄主以及遗传关系、防治措施等方面进行介绍, 以期有效防治该病菌提供理论依据, 同时, 为进一步深入研究该病菌指明方向。

**关键词:** 茶藨生柱锈菌; 转主寄主; 生活史; 遗传关系

**中图分类号:** S763.1    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1004-3268(2013)02-0011-04

## Progress in Research on *Cronartium ribicola*

HAN Chang-zhi

(The Key Laboratory of Forest Disaster Warning and Control of Yunnan Province, College of Forestry,  
Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

**Abstract:** The blister rust of *Pinus koraiensis* and *P. armandi* caused by *Cronartium ribicola*, has seriously affected economic and ecological value in the forestation. In this paper, the taxonomic status, alternative host, phylogeny, and control strategy of *C. ribicola* are reviewed, so as to provide some theoretical references for effective control of the disease and meanwhile to point out the direction for further study of the pathogen.

**Key words:** *Cronartium ribicola*; alternative host; life cycle; phylogeny

茶藨生柱锈菌(*Cronartium ribicola*)是我国重要的进境危险生物之一, 可引起华山松疱锈病(也称五针松疱锈病或五针松干锈病)和红松疱锈病。其主要危害 20 年生以下的华山松中幼林, 导致受害华山松径围和材积量明显下降, 当病害发生严重时可能造成枝干枯萎, 最终整株死亡; 此外, 在东北林区, 该菌还可危害红松, 给林业生产造成了严重损失。鉴于茶藨生柱锈菌造成危害的严重性, 从分类地位、生活史、遗传关系以及防治措施等方面对其进行阐述, 以期有效防治该病菌提供理论依据, 同时, 为进一步深入开展该病菌的基因组功能研究打下坚实的理论基础。

## 1 分类地位、分布情况及危害

### 1.1 分类地位

根据 Ainsworth(1973)分类系统, 茶藨生柱锈

菌属于担子菌亚门(Basidiomycotina)、冬孢菌纲(Teliomycetes)、锈菌目(Uredinales)、栅锈科(Melampsoraceae)、柱锈属(*Cronartium*)。

### 1.2 分布情况及危害

茶藨生柱锈菌主要分布于中国、美国、加拿大、日本、朝鲜等国, 在我国的黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、河南、安徽、山东、山西、湖北、陕西、四川、甘肃、青海、宁夏、新疆、云南、贵州等地均有分布, 其中, 以引起东北林区的红松疱锈病和陕西、四川、云南三省的华山松疱锈病危害最为严重<sup>[1-2]</sup>。

具体而言, 红松疱锈病自 1956 年在东北林区发现至 1975 年间的 20 a 中, 该病已在许多地区的红松林中流行, 病情逐年加重, 给林业生产造成巨大损失<sup>[3]</sup>。至于华山松疱锈病, 其已在陕西的大部分华山松分布区发生, 目前林分受害面积高达 1.33 万 hm<sup>2</sup><sup>[4]</sup>。在四川, 华山松疱锈病发生面积高达 1.56

收稿日期: 2012-07-16

基金项目: 云南省重点学科森林保护学科科研项目(XKZ200905); 西南林业大学校级科研专项(111117)

作者简介: 韩长志(1981-), 男, 河北石家庄人, 讲师, 博士, 主要从事森林病害生物防治与真菌分子生物学的研究。

E-mail: hanchangzhi@gmail.com

万  $\text{hm}^2$ , 占全省华山松总面积的 2.9%, 重病林区发病株率达 30% 以上, 部分林区连年发病后, 病株成片死亡, 感病幼树可早期枯死, 中、成龄林病株材积损失 20.9%~59.0%, 材质变劣<sup>[5-7]</sup>。在云南, 华山松疱锈病主要分布在巧家、洱源、东川、会泽、宾川等地, 其中, 巧家全县发生面积 4 000  $\text{hm}^2$ , 国营跃进林场发病率已达 6.0%~15.0%, 并呈逐年增加趋势; 在洱源, 华山松疱锈病发病株率在 6.9%~28.5%; 而位于东川的法者林场病害严重, 林分发病株率高达 76.9%<sup>[8]</sup>。

## 2 寄主、转主寄主及发病规律

### 2.1 寄主及转主寄主

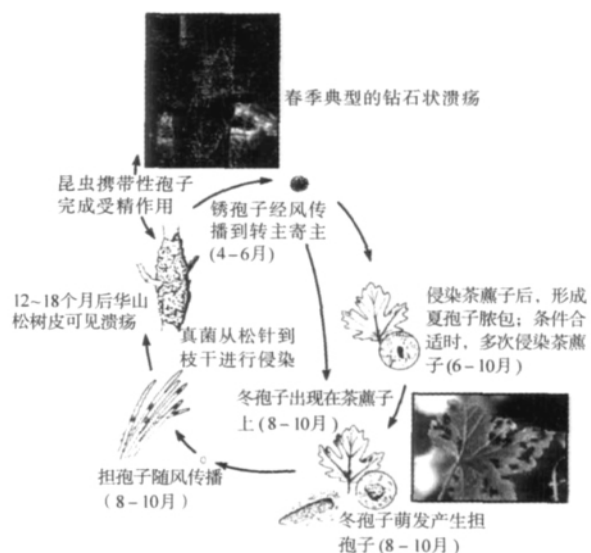
茶藨生柱锈菌具长循环型生活史, 共产生 5 种孢子, 即性孢子、锈孢子、夏孢子、冬孢子和担孢子。其中, 性孢子、锈孢子阶段寄生于松树枝干皮层, 夏孢子、冬孢子和担孢子阶段寄生于转主寄主叶背。

其寄主植物众多, 多属于松属植物, 如红松 (*Pinus koraiensis*)、华山松 (*P. armandi*)、新疆五针松 (*P. sibirica*)、偃松 (*P. pumila*)、台湾五针松 (*P. morrisonicola*)、乔松 (*P. griffithii*)、海南五针松 (*P. fenzeliana*)、瑞士石松 (*P. cembra*)、北美乔松 (*P. strobus*)、山白松 (*P. monticola*)、美国白皮松 (*P. albicaulis*)、巴尔夫氏松 (*P. balfouriana*)、柔松 (*P. flexilis*)、墨西哥白松 (*P. ayacahuite*)、恰帕松 (*P. chiapensis*) 和糖松 (*P. lambertiana*) 等。目前报道茶藨生柱锈菌的转主寄主有多种, 分别为茶藨子属 (*Ribes*) 中的东北茶藨子 (*R. mandshuricus*)、黑茶藨子 (*R. nigrum*)、狭萼茶藨子 (*R. glaciale* var. *laciniatum*)、冰川茶藨子 (*R. glacial*)、台湾茶藨子 (*R. formosanum*)、马先蒿属 (*Pedicularis*) 中的返顾马先蒿 (*P. resupinata*)、穗花马先蒿 (*P. spicata*) 等<sup>[9-11]</sup>。因此, 一般认为茶藨生柱锈菌有 2 个专化型: 茶藨子专化型 (*C. ribicola* f. sp. *ribicola*) 和马先蒿专化型 (*C. ribicola* f. sp. *pedicularis*)。研究表明, 茶藨子的基因型与其感病性有一定的相关性, 最进化的单性花亚属茶藨子植物和分布广泛的茶藨子植物种类较易被茶藨生柱锈菌选择作为转主寄主<sup>[12]</sup>。

### 2.2 发病规律

一般而言, 在环境条件合适时, 春季茶藨生柱锈菌会在寄主的发病部位产生具有包膜的黄色囊状锈孢子器, 其内含有大量的锈孢子; 夏季锈孢子可借风力传播到转主寄主上, 萌发后产生芽管, 由气孔侵入叶片, 经过 15 d 左右的潜伏期, 即可在转主寄主叶背形成带油脂光泽并具包膜的橘黄(红)色丘疹状突

起的夏孢子堆, 夏孢子可以多次侵染转主寄主, 造成危害; 秋季可以从夏孢子堆中生出毛刺状黄褐色至红褐色的冬孢子柱, 其成熟后可不经过休眠即萌发产生担子, 每个担子上着生 4 个无色的担孢子; 担孢子主要借风力或雨水传播到松针上再进行侵染, 接触到松针后即萌发产生芽管, 大多数芽管自针叶气孔、少数从韧皮部直接侵入松针, 侵入后 15 d 左右即在针叶上出现很小的褪色斑点, 在叶肉中产生初生菌丝并越冬。翌年春天随气温升高, 初生菌丝继续生长蔓延, 从针叶逐步扩展到细枝、侧枝直至主干皮层, 因树龄不同该过程一般需要 3~7 a, 从而造成寄主的松针和枝干受害, 在 12~18 个月后, 华山松树皮可见明显的溃疡病状<sup>[13-20]</sup> (图 1)。



参考文献[13], 略有修改

图 1 茶藨生柱锈菌的生活史

病菌在侵入寄主 2~3 a 后, 可在枝干上出现病斑, 产生裂缝, 并在秋季渗出由性孢子和蜜滴混合的蜜滴物; 秋冬季节, 性孢子出现在罹病松树枝干皮层, 呈泪滴状, 初期为白色, 2~3 d 后逐渐变为黄色或黄褐色, 6~8 d 后干枯, 留下“血迹”状斑点。

在茶藨生柱锈菌的 5 种孢子中, 决定病害传播扩散的孢子为担孢子和锈孢子, 其自然传播主要靠气流和雨水溅散, 远距离传播主要依靠人为将感病松苗、幼树及新鲜带皮原木进行调运完成。

## 3 遗传多样性

国内外众多学者从分子生物学和致病性角度对茶藨生柱锈菌的遗传关系进行了研究, 结果显示其存在多样性特点, 并对此现象做出了相关解释。在国内, 程东升等的研究发现, 我国茶藨生柱锈菌的

遗传分化主要同寄主有关,而与地理分布关系不密切,同时认为,东北地区红松上病原菌群体的遗传关系具有均一性特征<sup>[21-24]</sup>。然而,侯丽冰等<sup>[25]</sup>利用 ITS 序列对我国几种松干锈菌的遗传关系进行了分析,认为红松和华山松上的茶藨生柱锈菌为 2 个独立分支,彼此之间遗传距离较大。此外,从茶藨生柱锈菌的致病性上看,其存在较大的分化现象,红松疱锈菌的锈孢子只侵染东北茶藨子,不能侵染其他单性花亚属的茶藨子植物,而华山松疱锈菌的锈孢子能侵染多种单性花亚属的茶藨子植物,但不侵染东北茶藨子,说明红松疱锈菌和华山松疱锈菌对转主寄主形成了一定的专化性<sup>[26]</sup>。

在国外,Hamelin 等应用随机扩增多态 DNA (RAPD) 技术对美国白松疱锈菌锈孢子和性孢子的遗传多样性进行了深入研究,发现由于锈孢子和夏孢子的长距离迁移导致地理区域之间遗传分化水平低,而有性重组和性孢子的媒介传播导致同一立地环境下病原菌具有较高的遗传分化现象<sup>[27-28]</sup>。

笔者对目前已经公开的 NCBI 数据库中有关茶藨生柱锈菌的 ITS 序列进行分析,结果表明,AZ1-A、AZ1-B、CrMc-1、CrBf-5、CrYp-1、RM-54、RM-77、RM-85 等菌株遗传关系非常接近,上述菌株与登录号为 DQ017954.1 的菌株遗传关系较近,而与菌株 CrKor-1 遗传关系较远(图 2A)。同时,以 AZ1-A 菌株作为代表,对茶藨生柱锈菌与柱锈菌属其他菌株的遗传关系进行比较分析,结果显示,茶藨生柱锈菌与北美松疱锈病菌(*C. comandrae*)遗传关系最近,而与西方柱锈菌(*C. occidentale*)、科罗拉多柱锈菌

(*C. arizonicum*)、类鞘孢柱锈菌(*C. coleosporioides*)遗传关系较近,与松栎柱锈菌(*C. quercuum*)遗传关系较远(图 2B)。

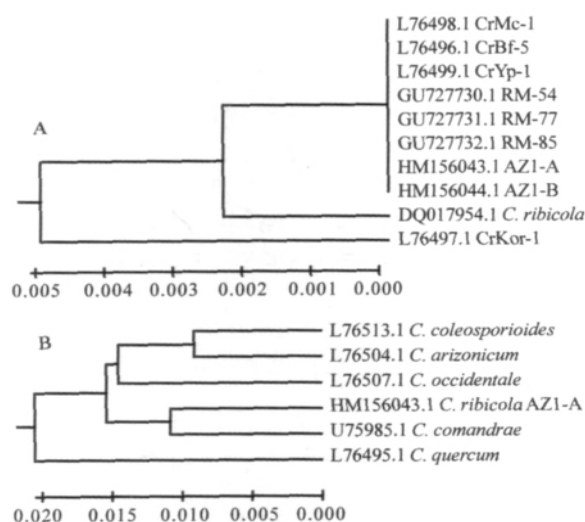
#### 4 防治措施

长期以来在防治茶藨生柱锈菌的众多措施中,化学防治具有重要的作用。然而,随着病原菌的不断进化,使得化学药剂的更新换代速度远不及病原菌获得抗性的速度,严重地制约着化学防治的进一步推广,同时,化学药剂对环境存在不可避免的污染问题,也逐渐为人们所关注,上述原因使得大部分病区的病原菌得不到有效控制。此外,利用农业防治措施诸如修剪病枝,以降低病原菌初始菌量的方法也在生产实践过程中得到应用。例如,在秋季,对感病的幼林进行人工修除树干下部 2~3 轮侧枝可明显降低疱锈病的发生率,平均降幅达 69.6%;发病立木病级 2 级以下的,修除病枝或刮除病部皮层后涂刷柴油或柴油+粉锈宁混合液(含粉锈宁有效成分 1.5%~2.5%),而发病 3 级以上植株应予伐除<sup>[7,29]</sup>。研究发现,在 4—7 月对发生疫情的种苗繁育基地及林分周围 500 m 以内的转主寄主植物实施人工清除,或用 5% 莠去净等除草剂处理,可以在一定程度上降低病原菌的危害程度<sup>[30-31]</sup>。

此外,利用生防菌株对该病原菌进行控制也有相关报道,如周利<sup>[32]</sup>利用酷绿木霉(*Trichoderma atroviride* P. Karsten) (TR1)、绿色木霉(*T. viride* Pers. Ex. Fr.) (TR2) 活菌体对感病华山松植株进行野外控制试验,结果表明,木霉能在感病植株的病部锈子器上定殖,其中 TR1 在出性子器阶段防治 1 次的平均防效为 53.7%,TR2 连续防治 2 a 的防效最高可达 100%。尽管如此,未来能否将生防菌株广泛应用于实践中,还有一系列问题需要解决,例如,生防菌株在田间能否较好地存活、定殖,尚需要进一步观察、验证,至于其防效能否长时间稳定、高效,也需进一步的实践验证。

#### 5 研究展望

目前,我国五针松种类较多(11 个原产种、2 个引进种),且分布区域较为广泛。茶藨生柱锈菌可以侵染红松、华山松、新疆五针松、偃松、台湾五针松和乔松等 6 个树种引起疱锈病,从而使其在我国的适生区域变得非常广阔,严重影响着众多松树种植地区的安全性<sup>[3]</sup>。尽管学术界对茶藨生柱锈菌的遗传关系以及防治措施进行了大量研究,也取得了一定的进展,然而,对该病菌的致病机制研究较少。此



A. 茶藨生柱锈菌不同菌株之间的遗传关系;  
B. 柱锈菌属病菌之间的遗传关系

图2 茶藨生柱锈菌及其所在属之间的遗传关系

外,在茶藨生柱锈菌与寄主长期的协同进化过程中,哪些致病基因使其可以成功侵染众多植物,而这些致病基因之间又是如何联系、共同作用、发挥功能的,如此问题将成为未来深入开展该病原菌基因功能研究的方向。

#### 参考文献

- [1] 任玮. 云南森林病害[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1993.
- [2] 李东军, 秦绪兵, 邵文惠. 35 种森林植物检疫对象简介[J]. 山东林业科技, 1997(1): 10-13.
- [3] 宋玉双. 五针松疱锈病在我国适生性分析[J]. 森林病虫害通讯, 1988(2): 27-30.
- [4] 宋晓斌, 李新岗, 张学武. 陕西华山松病害调查及其发生概述[J]. 陕西林业科技, 2002(2): 56-61.
- [5] 杨佐忠, 金德强, 王兴旺. 华山松疱锈病危害损失的测定[J]. 云南农业大学学报, 1994, 10(2): 156-158.
- [6] 杨佐忠, 金德强, 栗安全, 等. 华山松疱锈病发病规律的研究[J]. 四川农业大学学报, 1996, 14(2): 247-252.
- [7] 杨佐忠, 金德强, 栗安全, 等. 华山松疱锈病综合防治技术研究[J]. 森林病虫害通讯, 1997(1): 24-26.
- [8] 杨松. 云南省华山松疱锈病发生与林分条件关系及防治的初步研究[D]. 昆明: 西南林学院, 2003.
- [9] 杨佐忠, 金德强. 华山松疱锈菌及其转主寄主的初步研究[J]. 森林病虫害通讯, 1991(3): 13-14.
- [10] 周兴国. 茶藨生柱锈菌及其转主寄主多样性研究[D]. 昆明: 西南林学院, 2006.
- [11] 邵力平, 姜志贵, 张连有. 红松疱锈病原菌的鉴定[J]. 林业科学, 1980, 16(4): 279-282.
- [12] 蒙进芳. 茶藨生柱锈菌寄主、转主寄主与茶藨生柱锈菌感染关系的初步研究[D]. 昆明: 西南林学院, 2006.
- [13] Zeglen S, Hunt R, Cleary M. British Columbia's forests: White pine blister rust forest health stand establishment decision aid[J]. BC Journal of Ecosystems and Management, 2009, 10(1): 97-100.
- [14] 林业部野生动物和森林植物保护司, 林业部森林病虫害防治总站. 中国森林植物检疫对象[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996.
- [15] 中华人民共和国动植物检疫局, 农业部植物检疫实验所. 中国进境植物检疫有害生物选编[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
- [16] 曾大鹏. 中国进境森林植物检疫对象及危险性病虫害[M]. 北京: 中国林业出版社, 1998.
- [17] 张星耀, 骆有庆. 中国森林重大生物灾害[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003.
- [18] 田呈明. 中国松干锈病研究概况[J]. 西北林学院学报, 1998, 13(3): 92-97.
- [19] 周仲铭. 林木病理学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1987.
- [20] 谌谟美. 北美五针松疱锈病流行和防治的历史与现状[J]. 森林病虫害通讯, 1982(1): 31-35.
- [21] 程东升, 韩晓云, 薛煜, 等. 中国松干锈病原菌的种间及种内同工酶变异[J]. 林业科学, 1997, 33(4): 330-337.
- [22] 程东升, 梁惠燕, 薛煜, 等. 中国 3 种松干锈菌在随机扩增 DNA 多态性水平上的遗传分化[J]. 林业科学, 1998, 34(5): 53-59.
- [23] 程东升, 薛煜, 潘学仁, 等. 中国三种柱锈菌在酶蛋白基因水平上的群体遗传结构[J]. 菌物系统, 1998, 17(1): 32-39.
- [24] 程东升, 薛煜, 邵力平, 等. 利用酯酶同工酶区分松干及松针锈病原菌[J]. 森林病虫害通讯, 1994(3): 4-6.
- [25] 侯丽冰, 贺伟, 刘小勇, 等. 我国几种松干锈病亲缘关系的 ITS 序列分析[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(5/6): 175-182.
- [26] 李永和, 叶辉, 周兴国. 茶藨生柱锈菌致病性分化的初步研究[J]. 西部林业科学, 2007, 36(2): 13-16.
- [27] Hamelin R C, Beaulieu J, Plourde A. Genetic diversity in population of *Cronartium ribicola* in plantations and natural stands of *Pinus strobes*[J]. Theor Appl Genet, 1995, 91: 1214-1221.
- [28] Hamelin R C. Genetic diversity between and within cankers of the white pine blister rust[J]. Phytopathology, 1996, 86: 875-879.
- [29] 马建鹏, 杨宏波, 金元锋, 等. 云南华山松疱锈病综合治理技术研究[J]. 西南林学院学报, 2002, 22(1): 47-49.
- [30] 钟建文, 孙丽娟, 王世忠, 等. 红松疱锈病综合防治技术研究[J]. 东北林业大学学报, 1990, 18(5): 89-95.
- [31] 王香阁. 红松疱锈病的发生与防治[J]. 吉林林业科技, 1984(4): 7-11.
- [32] 周利. 三株木霉的鉴定和生物学特性及对华山松疱锈的防治研究[D]. 昆明: 西南林学院, 2007.