树木抗病的生理生化学研究进展

叶建仁 吴小芹

摘要 对树木受病原物侵染前后体内生化物质及其变化状况和诱发产生的多种生理生化代谢 差异在寄主抗病性中作用的研究现状进行了概述。指出,目前关于树木抗病性的研究多集中在相关 因素的比较分析上,有关抗病的分子机制和抗病基因定位等研究是今后深入探讨的重要方面。

关键词 树木病害、抗病性、生理生化抗性

树木在长期进化和在与病原物相互作用的复杂过程中,逐渐形成和表现出各种抵御有害病原物的特性与能力,这在病理学上称之为抗病性。探讨和揭示树木抗病的机理,是近年来林木病理学中发展最快的领域之一。在树木抗病的解剖学方面,人们研究发现叶表结构、气孔特性、叶肉层厚度、角质化程度、树脂道数量以及导管结构等与某些树木的抗病性有一定关系。然而,抗病树木的组织形态特性仅是树木抗病的静态因子。由于树木的生理状况、酶活性以及病原菌侵染前后树体内各种物质的转化与合成等对树木抗病性均有直接或间接的影响,因此,抗病树木的生理生化基础愈来愈被认为是许多树木具有抗性的主要动因。近年来国内外的研究者们也将研究树木抗病机制的侧重点主要放在这方面。

1 树木抗病的生理学研究

目前研究较多的是林木的水分状况与抗茎干、根部病害的关系。一般认为,林木含水量高,生理代谢旺盛,抗性强。如抗溃疡病(Hypoxylon mammatum (Wahl.) Mill)的杨树树皮含水量明显高于感病的杨树,当树皮膨胀度(RT)超过 80%时,植株即抗溃疡病。进一步研究表明,在树皮含水量高的植株中,苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性强、酚类物质含量高,且它们的活性(或含量)随树皮含水量的降低而下降[1]。据报道,板栗抗疫病(Cryphonectria parasitica (Murr.) Barr)的机制之一也与树皮含水量有关,树皮含水量高的抗病,反之易感病。麻竹叶、秆的含水量高低被用来作为衡量麻竹抗枯萎病(Fusarium oxysporum Schlecht.)的指标之一[2]。处于水分逆境中的林木除体内酶活性降低外,还可诱导增加体内的氨基酸含量。Griffin(1986)在一个水分逆境的组培系统中发现,杨树对溃疡病菌(H. mammatum (Wahl.) Mill)侵染的反应是体内脯氨酸、丙氨酸和谷氨酰胺含量的增加与发病率呈正相关(r=0.89,0.86 和 0.96)。这些氨基酸均可刺激病菌生长。因此,干旱逆境在多数情况下会降低林木的抗病性[3]。树木的水分状况不仅对寄主树皮膨胀度、酶活性及抗病物质生成有影响,而且对于病原物的侵染活动等也会有明显的作用。因此关于水分状况与抗病性的研究仍很初步,即使对寄主本身抗性的影响研究也是有限的。

¹⁹⁹⁵⁻⁻⁰⁸⁻⁻⁰² 收稿。

叶建仁副教授,吴小芹(南京林业大学 南京 210037)。

抗病和感病寄主对侵染反应的生理代谢差异也反映在细胞原生质膜透性方面。抗病植株的细胞质膜透性较小。Mezzetti 等(1988)用榆枯萎病菌(*Ophiostoma ulmi* (Buism.) Nannf.) 的代谢物处理三种不同抗性的榆树叶,通过测定榆树液的电导变化来说明榆树细胞的透性改变,结果表明抗病性与处理液的电导变化在一定条件下有明显的相关性^[4]。抗枯萎病的麻竹品系叶和秆的电导变化值也小于感病品系^[2]。

在某些病害中,病菌侵入寄主后常会改变寄主细胞液的酸度来适于本身的生长。因而,寄主与病原物的相互作用过程在某种程度上会受到这种 H⁺浓度变化的影响。欧洲赤松抗落针病(Lophodermium pinastri (Schrad. ex Fr.) Chev.)无性系比易感无性系有更高的缓冲能力,且其缓冲能力与抗性程度之间有较高的相关性。Kumi 和 Lang(1979)在研究云杉抗 Rhizosphaera kalkhoffii Bubák 的过程中也发现有类似规律。但作者(1993)在对湿地松、马尾松和黑松抗松针褐斑病的研究中没有发现这种联系^[5]。Franich 等(1977)研究辐射松红斑病(Dothistroma pini Hulbary)后也曾发现病菌并不能改变含松针抽提物的琼脂培养基的酸度^[6]。可见,病菌侵入后寄生体内细胞液酸度的变化及其对病菌的作用在不同的病害体系中表现是不一样的。

2 树木抗病的生化基础研究

2.1 树木的养分状况与抗病性

树木的养分状况会影响到其对病原体的反应,这种反应又因不同的病害而表现各异。许多研究表明,针叶中有效氮含量高,K、Mg 含量低的植株易感病。据芬兰研究,欧洲赤松苗木中的有效氮含量增加后,亦增加了苗木受 Gremmeniella abietina (Lagerb.) Morelet 的为害程度;科西嘉黑松中针叶有效氮含量高而 K、Mg 含量低的植株易感染松枯梢病(Diplodia pinea (Deam.) Kickx)。对生长在矿质或有机土壤上的松树和挪威云杉林分施 N 肥或 N、P、K 肥,结果施肥林分溃疡病(Scleroderris sp.)的感病率反而高。然而,营养元素与抗病性的关系在不同的病害体系中并不完全一致。杨树树皮中 N、S、P、Ca、Mg 含量越高、钾含量越低的植株对溃疡病(Dothiorella gregaria Sacc.)的抗性越强[7]。在板栗抗疫病(Cryphonectria parasitica (Murr.) Barr)的研究中则发现,N、P、K、Mg 的含量与品种抗性无相关性,但 Ca 含量与品种抗性呈正相关。在多数病害体系中,K、Ca、P 含量高一般有利于提高寄主的抗病性。

根部和树干中碳水化合物的含量及其运输能力也常影响寄主的抗性状况。Entry 等 (1972)研究表明,抗根朽病(Armillaria ostoyae (Romagn.) Herink)的美国西部落叶松根皮中糖和淀粉浓度低于感病的北美冷杉和花旗松。据认为,感病树种根皮中糖含量较高有利于病菌产生较多的能量来降解酚化合物而使侵染加重^[8]。感染了松瘤锈病(Cronartium quercuum (Berk.) Miyabe)的兴凯湖松树干木质部的总糖含量比健株高约 2.5 倍^[9]。但在榆树抗枯萎病的研究中,抗病与感病株间的糖浓度无差异。有研究还认为,不是碳水化合物含量而是其运输能力与抗病性有关,如挪威云杉树皮内碳水化合物运输能力的强弱可指示其抗蓝变菌入侵的能力大小^[10]。

氨基酸和蛋白质的含量在一些抗病的林木或非感病期的植株中常表现出较低的水平。在榆树对枯萎病(O. ulmi (Buism.) Nannf.)最感病期测得其木质部树液中的氨基酸含量明显高于榆树最抗病的生长后期。且病菌接种易感病的美国榆苗木也诱发了含氮化合物的明显增

加^[11]。兴凯湖松瘤锈病病树木质部、韧皮部中的粗蛋白含量比健株高约 3~4 倍^[9]。但也有研究发现,抗榆枯萎病榆树中的脯氨酸含量高于感病榆树。

寄主体中养分状况与抗病性的关系虽有不少研究,但各类营养物质与抗病性的联系也许 并不能简单看成是营养物质本身对病菌或病害的作用,它们只是代表着寄主的某种生长状况 和寄主对病菌侵染的可能反应。

2.2 植物激素与抗病性

植物体内的激素对病害的反应有时表现出感病植株的激素含量及活性水平比抗病植株高。如 Seifers (1985)将梭形锈菌的担孢子接种于感病的湿地松及抗病的萌芽松苗木上,结果前者体内植物生长激素活性比对照增加,而后者则降低。黑松感染了松材线虫后,在苗茎内可见到两个乙烯形成高峰,而在抗病的蓝叶松和火炬松中只出现第一个高峰。有研究认为,感病林木体内生长激素浓度的增加可能是寄生对侵染的一种保卫反应。如榆枯萎病在发病期,由于木质部组织中酚的累积,抑制了 IAA 氧化酶而使生长素浓度提高。因此抗病榆树受侵后比感病榆树更快形成导管侵填体可能与生长素浓度提高有利于抗病障碍形成有关[11]。但在不同病害中受侵植物体内激素水平的变化可能会表现截然相反的结果。如在 Agrobacterium tumefaciens (Smith et Townsend) Conn 引起的根瘤病中,根系中生长素的浓度被病菌诱导提高后,导致根系上产生大量肿瘤,而使病害加重。

2.3 树木体内酶与抗病性

与植物抗性代谢关系较大的酶类主要有壳多糖酶、β-1,3-葡聚糖酶、苯丙氨酸解氨酶(PAL)、多酚氧化酶(PPO)、过氧化物酶(POD)和 6-磷酸葡萄糖脱氢酶等。这些酶能参与或实现抗性次生代谢物的转化和合成,因此其活性水平可以在一定程度上体现寄主的抗性能力。研究表明,植株感病后甚至受伤后树皮中的壳多糖酶和 β-1,3-葡聚糖酶活性往往会明显增强。Wazgo(1975)从银槭和几种栎树的韧皮部中提取出这些酶,证明其能溶解根腐菌 Armillaria mellea (Vahl ex Fr.) Karst 的菌丝壁。用组培愈伤组织接种法研究杨树抗溃疡病(Dothiorella gregaria Sacc.)的生化机制也发现,接种后杨树各品种的 PPO、POD 和 PAL 活性都有一个明显的消长过程,抗病品种的酶活性变化时间早,持续时间长,酶活性的升高幅度大于感病品种,由 PAL 控制的苯丙烷代谢的中间产物绿原酸和木质素的含量也与品种抗病性呈正相关[12]。作者在对湿地松抗松针褐斑病的机制研究中发现抗病树针叶中的 POD、PPO、PAL 及 6-磷酸葡萄糖脱氢酶的活性和比活性也均明显高于易感病树的针叶[13]。除此,国内在其它病害的抗性研究中如杉木抗炭疽病、毛白杨抗锈病、油茶抗炭疽病及油桐抗黑斑病的酶学方面也有不少结果类似的研究。

2.4 树木体内固有抗菌物质与抗病性

在农业病害中,已发现和研究较多的在植物体内具有较高含量并足以起抗病作用的固有抗菌物质主要有酚类化合物、有机硫化合物、不饱和内酯和皂角苷几大类。在树木病害中则以酚类和萜类物质研究较多。抗松根腐病(Armillaria ostoyae (Romagn.) Herink)的美国西部落叶松根皮中酚类化合物及单宁的含量明显高于感病的北美冷杉和花旗松^[8]。肉寇山核桃、绒毛山核桃、粗皮山核桃和黑胡桃比薄壳山核桃抗疮痂病(Cladosporium caryigenum (Ellis & Langl.) Gottwald)是由于它们的叶片和果壳中胡桃醌、异栎苷和缩合单宁的含量高^[14]。在抗栗疫病的研究中,早期的研究认为栗树体内的单宁含量与抗病性呈正相关。Nienstaedt(1953)曾报

道,抗栗疫病的中国板栗树皮浸提液中的单宁含量较感病的美洲栗高,对病菌的毒力强^[15]。但 Elkins 等(1979)研究表明,感病的美洲栗和欧洲栗树皮中金缕梅单宁的浓度很高,而抗病的中国板栗和日本栗则不高。分析认为栗疫病菌会产生单宁酸酶,该酶可水解金缕梅单宁为棓酸和金缕梅糖,从而被栗疫菌作为碳源而利用^[16]。研究还发现,栗疫菌在富含单宁的 PDA 培养基上比在没有单宁的培养基上生长好。而且还发现病菌在美洲栗和中国板栗的树皮水浸液和单宁浸出液培养基上的生长状况差别很小^[17]。因此,不同种类的单宁对栗疫病菌的作用以及亚洲品种比美洲品种抗栗疫病的生化基础尚有待深入研究。

树木(尤其是针叶树)中萜类物质与抗病性的研究近年来颇受人们关注。松树对松根白腐病(Fomes annosus (Fr.) Cooke)的抗性与 \triangle^3 -蒈烯及 α -蒎烯含量有关,在感病树上, \triangle^3 -蒈烯量减少而 α -蒎烯量增高[18]。Forrest (1980)发现西特喀云杉(Picea sitchensis (Bong.) Carr.)中抗松根白腐病的植株都是一些根部松脂单萜中 α -蒎烯含量较高的植株(37%以上)[19]。Ennos (1988)做了欧洲赤松松脂中 5 种单萜(α -蒎烯、 β -蒎烯、 Δ^3 -蒈烯、 β -香叶烯和苎烯)对溃疡病菌 (Crumenulopsis sororia (Karst.) Groves)的抑菌作用试验,发现它们都能降低病菌的生长率[20]。Rockwood(1973)、Michelozzis (1990)在对火炬松、湿地松抗梭形锈病的研究中发现,抗病无性系单萜组分中的 β -水芹烯与抗病性有密切关系[21-22]。扭叶松茎干对长喙壳菌(Ceratocystis clavigera Robinson et Davidson)侵染的反应是茎内单萜(主要是 α -蒎烯、 β -蒎烯、 莰烯、 蒈烯、 α -水芹烯、苎烯和 β -水芹烯)和双萜(主要是脱氢冷杉酸)含量比对照积累多。用¹⁴C-蔗糖进行体内渗入证明,这种诱导的防卫反应是环状单萜和双萜树脂酸生物合成能力暂时提高的结果[23]。美国西部黄松、山地松、美国五针松对长喙壳菌的防卫反应也有松脂分泌量较高、范围较大的现象[24]。作者(1993)研究也发现,抗病湿地松无性系针叶中的松脂含量明显比一般湿地松针叶中的松脂含量高。同时还发现在抗病的湿地松针叶中没有普遍存在于普通湿地松针叶中的异龙脑和香草醇[25]。

虽然在一些树木中发现多种有抗菌作用的物质存在,它们在抗病植株中的含量往往高于易感株,但目前对这类物质在寄主抗病性表现中是否能起决定性或重要的作用实际上尚缺少足够的证据。

2.5 诱导抗性物质与抗病性

当病原物侵入寄主后,寄主植物会由于病原物的刺激而诱发产生和积累一些对病原微生物有毒害作用的物质(它们对植物本身也有一定毒性),有人把这类物质称为植物抗毒素(或植保素)。近 40 年来,已经在豌豆、芸豆、马铃薯、甘薯、大豆和棉花等 18 个科的农作物上分离到了 102 种植保素,其中已明确结构的有 48 种,它们大多是一类异黄酮和萜类物质。在树木病害的诱导抗性研究中也有一些类似研究。在榆树抗枯萎病(O. ulmi (Buism.) Nannf)的抗病性研究中发现了一种植物抗毒素物质曼森酮(Mansonones),它是一种倍半萜。自 Overeem 等(1970)首次报道了曼森酮的累积作为榆树对枯萎病的可能抗性机制以来,现在已在十几种榆树的心材中观察到曼森酮。而且研究还表明曼森酮在美国榆苗木中的累积量取决于接种分离物的侵袭性。感病榆树接种侵袭性分离物后,植物抗毒素产生的量少且迟缓,而抗病树则更多、更早地累积了植物抗毒素。用曼森酮 E、G、C、F 分别对病菌(O. ulmi (Buism.) Nannf)的两个分离物 CESS 16K 和 Q 311 进行毒性试验,结果曼森酮 E、G 抑制其菌丝生长约 80%,同时处理后菌丝中的线粒体出现明显的电子密集区和胞壁质壁分离等现象^[26]。虽然,曼森酮并非是

榆树抗 O. ulmi 的完全物质,且抗病和感病榆树中的曼森酮数量在累积高峰期过后衰减迅速, 但该植物抗毒素在侵染初期淀积在寄主细胞壁、侵填体和栅栏区内对延缓病菌继续侵入显然 有重要作用,其抗病的意义可能表现在其它抗性反应发生之前。

其次在树木诱导抗病物质方面研究较多的抗性物质还包括一些酚酸类和酚糖苷等。人们已经从自然感染溃疡病(Hypoxylon mammatum (Wahl.) Mill)的杨树树皮及木质部浸提液中鉴定出酚糖苷以及其它许多抗真菌化合物,如 P-香豆酸、[肉]桂酸和苯甲酸等,它们对乳突炭团菌(H. mammatum (Wahl.) Mill)的生长有抑制作用。杨树树皮中的酚糖苷经水解作用可产生苯甲酸和水杨酸,它们比原来的化合物具更强的抑菌活性[27]。Franich等(1986)对感染松针红斑病(D. pini Hulbary)的辐射松针叶研究后发现其病斑邻近细胞会合成并积累苯甲酸,苯甲酸对该病菌有抑制作用,因此在自然情况下它可阻止病菌立即定殖于组织中。苯甲酸被认为是一种可被诱发的抗性机制,包括对病菌的直接抑制作用以及侵染区邻近组织中促进木质素累积的间接作用[28]。

诱导抗病性是树木的一种主动抗性,越来越多的人认为它在树木的抗病性中起着至关重要的作用。因此,诱导抗性已成为抗病研究的重要领域之一。

3 讨论与展望

目前树木抗病机制研究主要是针对抗病寄主中特定的形态解剖和生理生化特性等与抗病性之间的联系而进行的比较学研究。许多与抗病性有关的因子常常在不同的寄主上或不同的病害和环境条件下表现出不同的相关性,即使是同一种寄主,因树木年龄和器官年龄差异、寄主群体差异、寄生物群体差异以及受地理区域不同等影响,其抗性基础和表达也不尽一致。这些正是目前树木抗病机制研究中所面临的复杂性和难点。

树木对生物及非生物逆境的抗性受多基因控制,因而各种抗性机制和抗性表达都不会是孤立存在或单独起作用的,而是互相联系、互为补充、相互调节而共同起作用的。已经研究发现的一些与树木抗病性有密切关系的因素可能仅是寄主抗病性的一个组成部分。

森林有害生物的综合治理以及世界各国林木抗病育种工作的加快发展都要求树木抗病机制的研究能不断深入。有关树木抗病的分子机制和遗传基础将是今后树木抗病机制研究的一个重要方向。可以预计,随着各学科相互渗透的广度和深度的加大以及各种先进技术的不断发展和综合运用,人们能够更加深入地揭示树木抗病的基础和本质。

参考文献

- 1 阳传和,杨旺,周仲铭. 树皮内酚类物质的含量及苯丙氨酸解氨酶的活性与杨树抗溃疡病的关系. 林业科学. 1989,25 (4):311~316.
- 2 谢卿楣,陈祥平.麻竹枯萎病的研究Ⅰ.麻竹枯萎病的抗性生理生化分析.福建林学院学报,1988.8(2):139~144.
- Manion P D, Griffin O H. Resistance in aspen to Hypoxylon canker. In Blanchette R A, Biggs A R (eds.). Defense Mechanisms of Woody Against Fungi. Berlin: Springer-Verlag, 1992. 308~320.
- 4 Mezzetti B. Mittempergher L. Rosati P. Ophiostoma ulmi metabolites and elm cell membrane permeability, possible use in early tests of resistance. Eur. J. For. Path. ,1988,18(2):77~84.
- 5 叶建仁. 松针水抽提物及其酸度与抗褐斑病的关系. 南京林业大学学报,1994,18(1):14~20.
- 6 Franich R A. Infection of Pinus radiata by Dothistroma pini: Effect of buffer capacity of needle homogenates. New

- Zealand J. For. Sci., 1977, 7:35~39.
- 7 景耀,朱玮. 杨树树皮中化学成分与溃疡病关系的初步研究 I. 常量营养元素与溃疡病的关系. 林业科学,1989,25 (4):304~310.
- 8 Entry J A, Martin N E, Kelsey R G, et al. Chemical constituents in root bark of five species of western conifer saplings and infection by *Armillaria ostoyae*. Phytopathology, 1992, 82(4): 393~397.
- 9 薛煜,邵力平,马泽芳,等.兴凯湖松瘤锈病病健组织中主要有机成分变化及其对结实的影响. 东北林业大学学报,1992,20(2):30~33.
- 10 Christiansen E. Starch reserves in *Picea abies* in relation to defence reaction against a bark beetle transmitted bluestain fungus, *Ceratocystis polonica*. Can. J. For. Res. ,1986,16(1):78~83.
- 11 Quellette G B, Dioux D. Anatomical and physiological aspects of resistance to Dutch elm disease. In: Blanchette R A, Biggs A R (eds.). Defense Mechanisms of woody Plants Against Fungi. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1992, 257~307.
- 12 胡景江,文建雷,景耀,等. 过氧化物酶和多酚氧化酶与杨树溃疡病抗性的关系. 西北林学院学报,1990,5(1),46~51.
- 13 叶建仁,黄素红,李传道,等. 抗松针褐斑病湿地松体内氧化酶的变化. 南京林业大学学报. 1994,19(1):8~14.
- 14 Diehl S V. Graves C H. Hedin P A. Cytochemical responses of pecan to Cladosporium caryigenu; in situ localization and quantification of fungitoxic phenols. Phytopathology, 1992, 82(10); 1037~1041.
- Nienstaedt H. Tannin as a factor in the resistance of chestnut, Castanae spp. to the chestnut blight fungus, Endothia parasitica. Phytopathology, 1953, 43(1):32~36.
- 16 Elkins J R, Pate V, Hicks S. Evidence for a role of hamamelitannin in the pathogenicity of *Endothia parasitica*. Phytopathology, 1979, 69(9):1027.
- 17 Farias G M, Elkins J R, Griffin G J. Tannase activity associated with growth of Cryphonectria parasitica on American and Chinese chestnut extracts and properties of the enzyme. Eur. J. For. Path. ,1992,22:392~402.
- 18 Ladeishchikova E I. Importance of resin content, resin yield and resin composition as diagnostic indicators of *Fomes annosus* in pine. Plant Breeding Abstracts, 1971, 44:214.
- 19 Forrest G I. Preliminary work on the relation between resistance to *Fomes annosus* and the monoterpene of sitka spruce resin. In: Heybroek H M. Stephan B R. Weissenberg K (eds.). Resistance to diseases and pests in forest trees. Wageningen: Centre for Agri. Publishing and Documentation, 1982, 194~197.
- 20 Ennos R A, Swales K W. Genetic variation in tolerance of host monoterpenes in a population of the ascomycete canker pathogen Crumenulopsis sororia. Plant Pathology. 1988, 37(3):407~416.
- 21 Michelozzi M. Squillace A E. White T L. Monoterpene composition and fusiform rust resistance in slash pine. For. Sci. ,1990,36:470~475.
- 22 Rockwood D L. Monoterpene-fusiform rust relationship in loblolly pine. Phytopathology, 1973, 63:551~553.
- 23 Croteau R. Gurkewitz S. Johnson M A et al. Biochemistry of Oleoresinosis-Monoterpene and diterpene biosynthesis in lodgepol pine saplings infected with *Ceratocystis clavigera* or treated with carbohydrate elicitors. Plant Physiol., 1987,85(4):1123~1128.
- Lieutier F, Berryman A A. Preliminary histological investigations of the defense reactions of three pines to Ceratocystis clavigera and two chemical elicitors. Can. J. For. Res., 1988, 18(10):1243~1247.
- 25 叶建仁,尚征贤,李传道、湿地松针叶中的松脂含量及其单萜、倍半萜的组成与抗褐斑病的关系. 植物病理学报、1995,25(3):265~269.
- Wu W D, Jeng R S, Hubbes M. Toxic effects of elm phytoalexin mansonones on *Ophiostoma ulmi*, the causal agent of dutch elm disease. Eur. J. For. Path., 1989, 19(5/6):343~357.
- 27 Manion P D, Griffin D H. Resistance in aspen to Hypoxylon canker. In Blanchette R A, Biggs R A (eds.). Defense Mechanisms of woody plants against fungi. Berlin: Springer-verlag, 1992. 308~320.
- 28 Franich R A. Carson M J. Carson S D. Synthesis and accumulation of benzonic acid in Pinus radiata needles in re-

sponse to tissue injury by dothistromin, and correlation with resistance of *P. radiata* families to *Dothistroma pini*. Physiol. Mol. Plant Pathol., 1986, 28:267~286.

Advances on the Physiological and Biochemical Aspects of Resistance to Diseases in Trees

Ye Jianren Wu Xiaoqin

Abstract Researches on the relations of tree disease resistance to the changes of biochemical substracts before and after the infection by pathogen, and to the differences of some metabolisms induced by pathogens are reviewed. The current researches on disease resistance are concentrated mainly on the comparison analysis of related factors. The molecular mechanisms and gene orientation of resistance to diseases in trees should be further studied.

Key words tree disease, disease resistance, physiological and biochemical resistance

Ye Jianren, Associate Professor, Wu Xiaoqin (Nanjing Forestry University Nanjing 210037).