

松树蜂入侵樟子松的内栖真菌区系

王立祥 任利利 游崇娟 周丰 石娟 骆有庆*

北京林业大学林木有害生物防治北京市重点实验室 北京 100083

摘要：为探索松树蜂入侵后的樟子松内栖真菌与健康状态樟子松内栖真菌的组成差异，本文对松树蜂入侵后不同健康状态（健康、衰弱、死亡）樟子松的不同主干高度（基、中、上）内栖真菌进行研究。共分离到樟子松内栖真菌 25 属 37 种，其中健康木分离到 13 种，多为腐生菌和内生菌；衰弱木分离到 23 种，多为致病菌和腐生菌；死亡木分离到 11 种，多为腐生菌。不同主干高度而言，健康木中部真菌检出率最大，为 55.2%，基部真菌种类最多，为 9 种；衰弱木上部真菌检出率最大，为 100.8%，基部真菌种类最多，为 13 种；死亡木上部真菌检出率最大，为 106.4%，上部真菌种类最多，为 8 种。不同健康状态内栖真菌的数量为：死亡木>衰弱木>健康木；内栖真菌种类为：衰弱木>健康木>死亡木。结果为研究樟子松不同健康状态下的优势内栖真菌与松树蜂及共生菌的关系奠定了基础。

关键词：樟子松，内栖真菌，多样性，检出率，相对多度

The mycobiota of *Pinus sylvestris* trunk invaded by *Sirex noctilio*

WANG Li-Xiang REN Li-Li YOU Chong-Juan ZHOU Feng SHI Juan LUO You-Qing*

Beijing Key Laboratory for Forest Pest Control, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

Abstract: The specific composition of inner habiting fungi of the trunk of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* changed after being invaded by *Sirex noctilio*. The different species and quantities of the fungi at different health levels (healthy, weak and dead), and different heights (top, central and base) of the trunk were investigated. In total, 37 species of inner habiting fungi belonging to 25 genera were isolated. Thirteen species were isolated from the healthy trunk, and most of them were saprophytic and endophytic. Twenty-three species were isolated from the weak trunk, and most of them were pathogenic and saprophytic. Eleven species were isolated from the dead trunk and most of them were saprophytic. The highest isolation frequency (55.2%) for healthy trunk occurred in central part, and the maximum species number (9 species) occurred in the base part. The highest isolation frequency (100.8%) for week trunk occurred in the top part, and the maximum species number (13 species) occurred in the base part. The highest isolation frequency (106.4%) for dead trunk occurred in the top part, and the maximum species number (8 species) occurred in the top part. The quantities of the fungi decreased progressively in order of dead>weakened>

基金项目：林业公益性行业科研专项“重大森林虫灾监测预警的关键技术研究”（201404401）、“入侵害虫松树蜂分子快速鉴定与营林控制技术”（201504304）

Supported by Special Fund for Forest Scientific Research in the Public Welfare (201404401, 201504304).

*Corresponding author. E-mail: youqingluo@126.com

Received: 2016-04-22, accepted: 2016-08-17

healthy trunk; the species number decreased progressively in order of weakened>healthy>dead trunk.

Key words: *Pinus sylvestris*, inner habiting fungi, diversity, isolation frequency, relative abundance

松树蜂 *Sirex noctilio* Fabricius 是目前全球范围内最为关注的害虫之一, 北美植保组织 (NAPPO) 和美国农业部 (USDA) 认定其是具有“极高风险”的入侵生物。我国于 2013 年 7 月在黑龙江省杜尔伯特蒙古族自治县首次发现松树蜂, 而今, 东北地区已有 17 个市 (县) 受到松树蜂危害 (Li *et al.* 2015), 且寄主都为衰弱的樟子松 *Pinus sylvestris* var. *mongolica*, 黑龙江省鹤岗市尤为严重, 已造成樟子松人工林成片死亡 (李大鹏等 2015)。淀粉韧革菌 *Amylostereum areolatum* (Fr.) Boidin 是松树蜂的共生菌, 能使绿树的水分含量减少到更适合卵孵化的水平 (树木饱和量的 30%–70%) (Coutts & Dolezal 1965; Coutts 1969), 给松树蜂幼虫提供必需营养物质 (Parkin 1942), 引起树木衰退使幼虫在树干中更易钻蛀 (Gilmour 1965; King 1966), 并且, 雌成虫也促进真菌孢子的传播扩散, 从而达到互惠互利目的。松树蜂入侵后, 寄主树木内栖真菌的种类数量与松树蜂及共生菌的关系如何, 以及与其他健康状态的樟子松内栖真菌有何差异? 国内目前尚无报道。Ryan *et al.* (2012) 发现 2 种木蓝变菌 *Leptographium wingfieldii* 和 *Ophiostoma minus* 对松树蜂的产卵选择有影响。Yousuf (2013) 认为小蠹携带菌 *Ophiostoma sp.* 能够抑制淀粉韧革菌 *A. areolatum* 的生长。本文选择不同健康状态的樟子松为研究对象, 以樟子松内栖真菌组成为切入点, 分析不同健康状态下樟子松内栖真菌种类数量及优势内栖真菌的差异, 以期对松树蜂对樟子松的致害机理研究及生物防治等提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 材料

2015 年 4 月下旬, 在黑龙江鹤岗市峻德林场松树蜂发生地分别选取樟子松健康木 (生长正常,

针叶无枯黄), 衰弱木 [有大量点状流脂, 且有个别松树蜂新鲜羽化孔, 针叶部分枯黄 (枯黄率>50%)], 死亡木 (枝梢枯萎, 树皮全部或部分脱落) 各 5 株, 共计 15 株, 供试树木树龄为 30–35 年, 胸径 15–28cm。每株样木距地面 10cm 处用电锯截一个约 10cm 厚的圆盘 (树木的横截面) 标记为基部样本, 距基部样本向上 2m 处截一个约 10cm 厚的圆盘标记为中部样本, 距中部样本向上 2m 处截一个约 10cm 厚的圆盘标记为上部样本。用无菌刀取除圆盘树皮, 再向内 1.5cm 左右的木质部处, 取约 2–3cm 厚的木块, 每个圆盘取一个样品, 封入无菌真空袋内带回。

1.2 真菌分离纯化

采用常规组织分离法, 每个样品取木质部组织 (约 4mm³) 各 25 块, 用 15% 的次氯酸钠消毒 30s, 无菌水漂洗 3 次后植入带有 PDA 的培养皿中, 每皿接种 5 个组织块, 每个样品 5 个重复。在 25℃ 培养箱中暗培养 7d, 定期观察培养基中菌落的生长情况, 并进行纯化培养和菌种保藏 (周秀华等 2006)。

真菌检出率 (frequency, F): F=从样本组织块中得到某一类型内栖真菌菌株数/全部样本组织块数×100%。由于组织块可分离到多种真菌, 因此检出率可能大于 100。以此衡量樟子松内栖真菌的丰富程度和每个组织块受多重侵染的发生频率 (薛庆婉等 2015)。

相对多度 (relative abundance, RA): RA=某一内栖真菌的分离株数/总内栖真菌的分离株数×100%。本文对优势属或种的定义是: 如果某一内栖真菌类群在群体中的相对多度 RA>1/S, 则该类群为优势菌群, 如果 RA<1/S, 则该类群为次要类群, S 为群体中类群总数 (Camargo 1992)。

1.3 真菌种类的鉴定

1.3.1 形态鉴定: 根据观察的产孢结构特征以及培

养物的菌落颜色、特征等鉴定。

1.3.2 分子鉴定: 按照 CTAB 法提取纯化菌株的 DNA, PCR 扩增 ITS-rDNA 序列,引物为 ITS1: 5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3' 和 ITS4 : 5'-TCCTCCGC TTATTGATATGC-3', 用凝胶电泳技术检测, 扩增产物由北京擎科生物公司测序, 序列经 BioEdit 等软件进行拼接处理, 在 NCBI 基因库进行同源性比对分析, 结合形态特征, 采用《Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi》第 10 版 (2008) 分类系统, 确定分类地位。

2 结果与分析

2.1 不同健康状态樟子松的不同主干高度内栖真菌区系组成

不同健康状态下樟子松树干内共分离到真菌 37 种 (表 1), 其中, 接合菌门 2 种, 占 5.41%; 子囊菌门 32 种, 占 86.49%; 担子菌门 3 种, 占 8.11%。

从樟子松健康木中共分离到真菌 9 属 13 种。其中基部得到真菌 7 属 9 种, 检出率为 42.4%, 优势真菌 (相对多度 $RA>1/S=1/9$) 为绿色木霉 *Trichoderma viride*、球毛壳菌 *Chaetomium globosum*、青霉 *Penicillium sp.*, 其中绿色木霉 *T. viride* 的相对多度最高为 28.3%; 中部得到真菌 6 属 8 种, 检出率为 55.2%, 优势真菌为黑曲霉 *Aspergillus niger*、松球壳孢菌 *Sphaeropsis sapinea*、互格链格孢 *Alternaria alternata*, 黑曲霉 *A. niger* 的相对多度最高为 26.1%; 上部得到真菌 6 属 6 种, 检出率为 44%, 优势真菌为黑曲霉 *A. niger*、球毛壳菌 *C. globosum*, 相对多度都为 25.5%。健康木不同主干高度内栖真菌的种类和分离频率差别较大, 且以内生菌和腐生菌为多, 其中球毛壳菌 *C. globosum*、互格链格孢 *A. alternata* 在健康木的上、中、基部都有分布。

从樟子松衰弱木中共分离到真菌 14 属 23 种。基部得到真菌 9 属 13 种, 检出率为 69.6%, 优势

真菌为黑曲霉 *A. niger*、小长喙壳 *Ophiostoma minus*、互格链格孢 *A. alternata*、深绿木霉 *Trichoderma atroviride* 和光孢青霉 *Penicillium glabrum*, 其中小长喙壳 *O. minus* 的相对多度最高为 21.8%; 中部得到真菌 9 属 10 种, 检出率为 72.8%, 优势真菌为小长喙壳 *O. minus*、黑曲霉 *A. niger*、松球壳孢菌 *S. sapinea*, 小长喙壳 *O. minus* 的相对多度最高为 26.4%; 上部得到真菌 9 属 11 种, 检出率为 100.8% (由于组织块可分离到多种真菌, 因此检出率大于 100%), 优势真菌为松球壳孢菌 *S. sapinea*、小长喙壳 *O. minus*, 松球壳孢菌 *S. sapinea* 的相对多度最高为 33.3%。衰弱木不同主干高度内栖真菌种类差别较小, 但分离频率差别较大, 物种多样性提高, 内栖真菌多为致病菌和腐生菌, 兼性寄生菌较健康木有所减少。其中互格链格孢 *A. alternata*、黑曲霉 *A. niger*、小长喙壳 *O. minus*、松球壳孢菌 *S. sapinea* 和深绿木霉 *T. atroviride* 在衰弱木的上、中、基部都有分布。小长喙壳 *O. minus* 作为小蠹的携带菌在衰弱木中极具优势, 松球壳孢菌 *S. sapinea* 作为松枯梢病的主要致病菌在衰弱木中广泛分布。淀粉韧革菌 *A. areolatum* 作为松树蜂的共生菌在衰弱樟子松上部被首次分离到, 检出率较小。

从死亡的樟子松内共分离得到真菌 8 属 11 种。基部分离得到真菌 3 属 5 种, 检出率为 45.6%, 优势真菌为深绿木霉 *T. atroviride*、薄粘束梗霉 *Leptographium procerum*, 其中薄粘束梗霉 *L. procerum* 的相对多度最高为 40.4%; 中部得到真菌 5 属 5 种, 检出率为 87.2%, 优势真菌为深绿木霉 *T. atroviride*, 相对多度为 45.6%; 上部得到真菌 7 属 8 种, 检出率为 106.4%, 优势真菌为松球壳孢菌 *S. sapinea*、深绿木霉 *T. atroviride*、腐皮镰刀菌 *Fusarium solani*, 松球壳孢菌 *S. sapinea* 的相对多度最高为 33.8%。可以看出, 樟子松死亡木不同主干高度内栖真菌种类差别较小, 分离频率差别较大, 物种多样性降低, 且多为腐生菌, 兼性寄生真菌种

<http://journals-myco.im.ac.cn>

中国知网

中国知网

<http://journals-myco.im.ac.cn>

中国知网

中国知网

类和数量都减小。朗德小粘束霉 *Leptographium lundbergii* 和深绿木霉 *T. atroviride* 在上、中、基部都有分布。

2.2 不同健康状态樟子松的内栖真菌群落多样性比较

不同健康状态下内栖真菌平均检出率死亡木 (79.67%) > 衰弱木 (78.67%) > 健康木 (52.2%)，但差异不显著 ($F=3.175 < F_{(0.05)}=5.14$) (图 1)。不同主干高度内栖真菌平均检出率上部 (83.73%) > 中部 (71.73%) > 基部 (52.53%)。健康木上部真菌检出率低于中部和基部，衰弱木和死亡木的真菌检出率都是上部最多，基部最少。这说明随着树势衰弱，樟子松内栖真菌数量越来越多，而且从林分整体结构来分析，上部真菌多于中部和基部。

不同健康状态下样品菌株数衰弱木 (11.0) > 健康木 (7.6) > 死亡木 (6.0)，且差异显著 ($F=7.14 > F_{(0.01)}=6.93$) (图 2)。不同主干高度真菌菌株数基部 (27) > 上部 (26) > 中部 (22)。在衰弱状态下，不同主干高度内栖真菌的种类都显著高于健康木和死亡木，说明衰弱木中真菌种类最多，多样性最高；在死亡木中，内栖真菌的种类最少，多样性最低，健康木居中。从林分整体结构来看，内栖真菌丰富度中部最小，上部和基部较大。

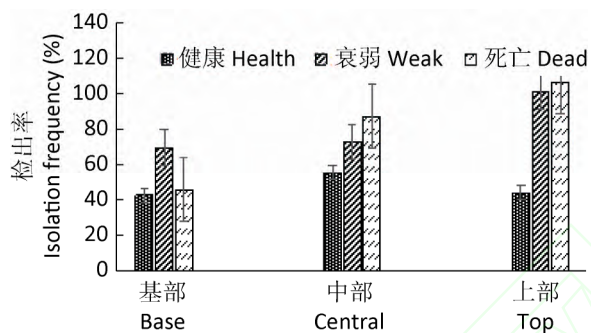


图 1 不同健康状态不同主干高度樟子松内栖真菌检出率
Fig. 1 Isolation frequency of the inner habiting fungi in the trunk of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* at different health level and height.

<http://journals-myco.im.ac.cn>

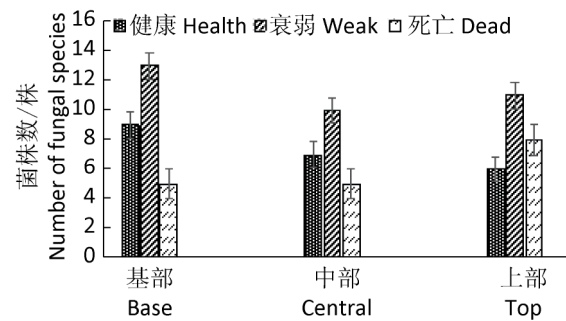


图 2 不同健康状态不同主干高度樟子松内栖真菌菌株数
Fig. 2 Number of fungal species occurring in the trunk of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* at different health level and height.

3 讨论

通过对不同健康状态下樟子松内栖真菌研究表明，内栖真菌数量随树木衰弱程度的增加而增大，死亡木的内栖真菌数量最多，健康木最少；内栖真菌的种类衰弱木最多，死亡木最少。这一结果与曾凡勇等 (2006) 的研究结果相似，说明在健康木中内栖真菌的基数小，内栖真菌致病性较低，致病菌较少；在衰弱木中，树木发生病变，给许多致病菌创造了生长条件，加之次要害虫的入侵如松树蜂、小蠹、天牛等，使内栖真菌种类和数量都发生了很大的变化，腐生菌数量越来越多，兼性寄生菌数量越来越少；死亡木内栖真菌的种类少数量多且以木腐菌为主，是因为死亡的樟子松主干内水分和营养物质缺失，不适应其他真菌生存。这些结果表明，不同健康状态是影响树木内栖真菌的类群组成和优势菌群的重要因素。

对不同主干高度内栖真菌的种群组成分析表明，内栖真菌丰富度上部和基部较大，中部较小。在健康木中内栖真菌的种类随着主干高度的增加而减少，在衰弱木中内栖真菌种类基部最多，中部最少，死亡木中内栖真菌种类变化规律与健康木相反，造成这一结果的原因可能是树干基部与地面相

接,一些土居真菌和地被物上的真菌侵入树木基部,如粘鞭霉属(周秀华 2011);树干上部枯枝残叶较多,群落结构复杂,增加了一些病原菌种类,如松球壳孢菌和多喙茎点霉;树干中部群落结构单一,丰富度较差。内栖真菌的数量健康木中部最大,基部最小;衰弱木和死亡木内栖真菌数量都随主干高度的升高而增大。说明健康木中部微环境稳定,受外界环境干扰较少,所以真菌数量较大。随着树木衰弱,上部针叶发生病害,病原菌大量入侵,如薄粘束梗霉和小长喙霉等,造成上部真菌数量增多,而薄粘束梗霉和小长喙霉也是主要的变色菌,这也是衰弱樟子松木材蓝变的主要原因。

在本研究获得的樟子松内栖真菌中,松球壳孢菌 *Sphaeropsis sapinea* 是松枯梢病主要致病菌,在樟子松不同健康状况下都有分布,且从健康木到死亡木逐渐增多,该菌可以直接侵入幼梢、造成林木成片枯死(Stanosz *et al.* 1997),这也是樟子松衰弱的主要原因(宋晓东等 2002)。线虫 *Beddingia siricidicola* 在澳大利亚对松树蜂的侵染率几乎达到100%,然而,由于小蠹的入侵,防治效果下降7%~44%,原因就是小蠹携带菌 *Ophiostoma* sp.能够阻止线虫在寄主树木内扩散(Carnegie & Loch 2010; Carnegie & Bashford 2012; Yousuf 2013)。本研究中,小蠹的携带菌小长喙壳 *O. minus* 和松球壳孢菌 *S. sapinea* 在衰弱木内极具优势,可能对我国松树蜂未来的生物防治造成较大干扰。球毛壳菌作为生防真菌在健康木中占优势,而在衰弱木和死亡木内未得到,腐皮镰刀菌、*Graphium* sp.和薄粘束梗霉只在死亡木中分布且为优势菌,可能是不同健康状况下真菌的种类数量不同,导致竞争关系发生变化(杨传波等 2004)。淀粉韧革菌 *A. areolatum* 作为松树蜂的共生菌,在樟子松衰弱木的上部被分离得到,而在樟子松的健康木和死亡木中未检测到,野外勘测也没有发现樟子松健康木上有松树蜂羽化现象,所以初步认为松树蜂在我国东北地区是以危害樟子松衰弱木为主,但 Simpson &

McQuilkin (1976) 和 Madden (1975) 发现松树蜂在澳大利亚也会危害健康的辐射松,这种差异是否与不同健康状况下树木的挥发物质和内栖真菌种类数量以及林间虫口密度的差异有关还需要进一步研究。

通过本研究发现,不同健康状况下樟子松木质部内都会存在一定数量的真菌,且真菌种类数量差异较大。松树蜂在全球范围内广泛分布,所以研究我国其他地区针叶树的内栖真菌也十分必要,从而可以分析樟子松内栖真菌和其他针叶树种内栖真菌的群落差异,以期探讨松树蜂侵害我国其他地区针叶树种的潜在可能性。

[REFERENCES]

- Camargo JA, 1992. Can dominance influence stability in competitive interactions? *Oikos*, 64: 605-609
- Carnegie AJ, Loch AD, 2012. Is *Ips grandicollis* disrupting the biological control of *Sirex noctilio* in Australia, Proceedings 21st US Department of Agriculture Interagency research forum on invasive species. *Austral Entomology*, 75: 12-15
- Carnegie AJ, Bashford R, 2010. *Sirex* woodwasp in Australia: current management strategies, research and emerging issues. In: Slippers B, Wingfield MJ, de Groot P (eds). The *Sirex* woodwasp and its fungal symbiont: research and management of a worldwide invasive pest. 175-201
- Coutts MP, 1969. The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* in *Pinus radiata*. I. Effects of the symbiotic fungus *Amylostereum* sp. (The Lophoraceae). *Australian Journal of Biological Sciences*, 22: 915-924
- Coutts MP, Dolezal JE, 1965. *Sirex noctilio*, its associated fungus and some aspects of wood moisture content. *Australian Forest Research*, 1: 3-13
- Gilmour IW, 1965. The life cycle of the fungal symbiont of *Sirex noctilio*. *New Zealand Journal of Forestry*, 10: 80-89
- Kirk PM, Cannon PF, Minter DW, Stalpers JA, 2008. Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi. 10th edition. CAB International publishing, Wallingford. 1-771
- King JM, 1966. Some aspects of the biology of the symbiont

- of *Sirex noctilio*. *Australian Journal of Botany*, 14: 25-30
- Li DP, Shi J, Lu M, Ren LL, Zhen CG, Luo YQ, 2015. Detection and identification of the invasive *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) fungal symbiont, *Amylostereum areolatum* (Russulales: Amylostereaceae), in China and the stimulating effect of insect venom on laccase production by *A. areolatum* YQL03. *Journal of Economic Entomology*, 108(3): 1136-1147
- Li DP, Shi J, Luo YQ, 2015. Mutualism between the Eurasian woodwasp, *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) and its fungal symbiont *Amylostereum areolatum* (Russulales: Amylostereaceae). *Acta Entomologica Sinica*, 58(9): 1019-1029 (in Chinese)
- Madden JL, 1975. An analysis of an outbreak of the wood wasp *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae), in *Pinus radiata*. *Bulletin Entomological Research*, 65: 491-500
- Parkin EA, 1942. Symbiosis and siricid woodwasps. *Annals of Applied Biology*, 29: 268-274
- Ryan K, Groot P, Davis C, Smith SM, 2012. Effect of two bark beetle-vectored fungi on the on-host search and oviposition behavior of the introduced woodwasp *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) on *Pinus sylvestris* trees and logs. *Journal of Insect Behavior*, 25: 453-466
- Stanosz GR, Smith DR, Guthmiller MA, 1997. Persistence of *Sphaeropsis sapinea* on or in asymptomatic shoots of red and Jack pines. *Mycologia*, 89(4): 525-530
- Simpson RF, McQuilkin RM, 1976. Identification of volatiles from felled *Pinus radiata* and the electroantennograms they elicit from *Sirex noctilio*. *Entomology Experimental and Applied*, 19: 205-213
- Song XD, Liu GR, Chen JY, Xu GJ, Ling SH, 2002. Studies on the pathogenicity of *Sphaeropsis sapinea*. *Scientia Silvae Sinicae*, 38(4): 89-94 (in Chinese)
- Xue QW, Niu YC, Deng H, 2015. Diversity of endophytic fungi in common cucurbit plants. *Mycosystema*, 34(2): 196-203 (in Chinese)
- Yang CB, Huang JL, Li BN, Xu SH, Pang LJ, Zhang SS, Chen JG, Li YM, Xiang CD, Xie YH, 2004. The relationship between the species diversity of dendrocola mycoflora on *Pinus sylvestris* var. *mongolica* and disease. *Journal of Northeast Forestry University*, 32(5): 94-96 (in Chinese)
- Yousuf F, 2013. The bark beetle, *Ips grandicollis*, disrupts biological control of the woodwasp, *Sirex noctilio*, via fungal symbiont interactions *Fems Microbiology Ecology*, 88(1): 38-47
- Zeng FY, Luo YQ, Lü Q, Liang J, Hao J, Zhang XY, 2006. Studies on the mycoflora of *Pinus thunbergii* infected by *Bursaphelenchus xylophilus*. *Journal of Forest Sciences Research*, 19(4): 537-540 (in Chinese)
- Zhou XH, 2011. Study on groups of fungi on boles of *Pinus sylvestris* var. *mongolica*. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 39(5): 2784-2785 (in Chinese)
- Zhou XH, Cui L, Song RQ, 2006. Dendrocola mycoflora of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* needles. *Journal of Northeast Forestry University*, 34(2): 30-31, 56 (in Chinese)

[附中文参考文献]

- 宋晓东, 刘桂荣, 陈江燕, 徐贵军, 李淑华, 2002. 松球壳孢菌的致病性研究. *林业科学*, 38(4): 89-94
- 李大鹏, 石娟, 骆有庆, 2015. 松树蜂与其共生真菌的互利共生关系. *昆虫学报*, 58(9): 1019-1029
- 薛庆婉, 牛永春, 邓晖, 2015. 常见瓜类植物的内生真菌多样性. *菌物学报*, 34(2): 196-203
- 杨传波, 黄敬林, 李宝年, 徐树辉, 庞丽杰, 张树森, 陈金贵, 李耀民, 项存悌, 谢运海, 2004. 樟子松树栖真菌群落物种多样性及其与病害的关系. *东北林业大学学报*, 32(5): 94-96
- 曾凡勇, 骆有庆, 吕全, 梁军, 郝俊, 张星耀, 2006. 松材线虫入侵的黑松内栖真菌区系初步研究. *林业科学研究*, 19(4): 537-540
- 周秀华, 2011. 樟子松干栖真菌类群的研究. *安徽农业科学*, 39(5): 2784-2785
- 周秀华, 崔磊, 宋瑞清, 2006. 樟子松叶栖真菌的群落结构. *东北林业大学学报*, 34(2): 30-31, 56

(本文责编: 王敏)