

松材线虫伴生细菌与松材线虫的关系及致病性机理研究

覃德文¹, 文 印¹, 聂臻臻¹, 廖长琨², 卫伶俐², 周传明¹, 秦武明¹

(1. 广西大学 林学院, 广西 南宁 530005; 2. 广西三门江林场, 广西 柳州 545000)

摘要:松材线虫病又称松树萎蔫病,近年来成为了国内严重毁灭型病害。如何治理该病害成为了当今植物保护研究热点,降低该病害对生产造成的损失尤为迫切,现通过对松材线虫病的危害进行分析,总结前人对松材线虫病的研究成果;分析松材线虫伴生细菌的多样性,发掘松材线虫伴生细菌与松材线虫的关系,结合国内外研究松材线虫伴生细菌的致病性机理研究,总结出松材线虫伴生菌种较多,没有明显的专一性,结合微生物细菌研究的发展,分离和鉴定出越来越多的细菌种类;指出了松材线虫与携带细菌之间存在密切相关,毒素在松材线虫伴生细菌的致病机制中起着重要作用。

关键词:松材线虫;伴生细菌;多样性;关系;致病性

中图分类号:S763.306.4

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2014)11-0069-05

松材线虫是对一种外来森林有害生物(入侵生物),已对中国森林生态系统产生非常严重的危

害。该病害的主要寄主——松树,为中国分布面积最广的树种,该病害可对松树人工林造成毁灭性打击,一般受害后 40 多天即可造成松树死亡,3~5 a 即可造成成片森林死亡。随着大面积森林死亡,将给中国森林资源和生态环境带来灾难性的后果。该文以国内外松材线虫病害的研究动态,分析松材线虫病治理中存在的主要问题,提出治理该病害的有效措施,为林业及相关部门对森林有害生物的管理提供决策服务,并促进生态安

收稿日期:2014-04-22

基金项目:“十一五”广西林业科技资助项目(桂科字[2009]第 22 号)

第一作者简介:覃德文(1988-),男,广西省贵港市人,在读博士,从事植物生理生态、生态工程和生态评价等研究。E-mail:qin_dw@mail.gxu.cn。

通讯作者:周传明(1962-),男,高级实验师,从事林木遗传育种研究。E-mail:zhouchuanming88@163.com。

参考文献:

- [1] 胡燕梅,杨龙.利用微生物防治植物病害的研究进展[J].中国生物防治,2006(S1):190-193.
- [2] 张丽,孙书娥.利用微生物防治植物病害研究进展[J].农药研究与应用,2010,12(14):6.
- [3] 马成涛,胡青,杨德奎.土壤有益微生物防治植物病害的研究进展[J].山东科学,2007,12(20):61-67.
- [4] Eric Wajnberg. A new life for BioControl[J]. BioControl, 2009,54:1-2.
- [5] 樊美珍,郭超,燕新华.从青杨天牛分离的几种致病真菌[J].真菌学报,1987,6(2):97-102.
- [6] 王琰,沈慧敏,杨义顺,等.顶孢霉菌对小菜蛾的毒力及体内保护酶活性的影响[J].甘肃农业大学学报,2010,45(6):105-109.
- [7] 李莉,沈慧敏,宋丽雯,等.顶孢霉菌液体培养最适条件及杀蚜毒力的研究[J].甘肃农业大学学报,2007,42(2):67-70.
- [8] 郭春兰,孙冬梅,于春生,等.顶孢霉菌代谢产物对玉米圆斑病菌生长和发育的影响[J].玉米科学,2014,22(3):148-152.
- [9] 张雨竹,董雪梅,郭春兰,等.桃色顶孢霉发酵液对大豆的促生及对抗氧化酶活性的影响[J].中国油料作物学报,2014,36(4):509-513.

Study on the Bio-Characteristics of Antagonism Fungus *Acremonium persicinum*

SUN Dong-mei, DONG Xue-mei, WANG Bei-yan, LIN Zhi-wei, XIAO Cui-hong
(Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319)

Abstract: In order to utilize antagonism fungus *Acremonium persicinum*, the bio-characteristics of *Acremonium persicinum* were studied. The results showed that on the basic Czapek-Dox medium, the optimal source was sucrose, nitrogen source was tryptone, pH8.5 was optimum and the optimum temperature was 30℃, meanwhile adding Zn^{2+} was favorable for the growth of mycelia.

Key words: antagonism fungus; *Acremonium persicinum*; bio-characteristics

全建设。

1 松材线虫病的危害

松材线虫病 [*Bursaphelenchus xylophilus* (stainer and buhrer) Nickle] 又称松材线虫萎蔫病、松树萎蔫病和松树枯萎病, 由于其传播速度快、危害面积大和治理比较困难, 受到世界各国的重视^[1]。很多国家将其列为检疫对象。早在 20 世纪 30 年代美国科学家 Steiner 和 Buhrer 已发现并报道了该病害, 但到了 20 世纪 60 年代末才确定松树枯死是松材线虫病造成的^[2]。松材线虫分布于世界各个地区, 其分布地区包括北美洲的美国、加拿大和墨西哥, 亚洲东北部的中国、韩国和日本, 以及欧洲的葡萄牙。在北美洲的 3 个国家中, 松材线虫未对当地松树造成影响^[3]。该病害已给日本、韩国和中国等地造成了巨大的经济损失。我国大陆于 1982 年在南京中山陵的黑松上首次发现松材线虫病, 病死树仅 256 株^[4]。近年来, 该病害在我国多处被发现且蔓延速度快, 目前疫情已逼近黄山等著名风景名胜区, 并已对我国大面积松林造成严重威胁。在短短 20 a 的时间里, 疫情已经扩大到江苏、浙江、安徽、广东和山东 5 省的 53 个县, 发生面积达 8.7 万 hm^2 , 累计致死松树多达 3 500 万株, 直接经济损失 25 亿元, 间接损失 250 亿元^[5]。松材线虫是重要的外来有害生物, 随着松材线虫病害的发生对生态环境带来巨大的危害。松材线虫病具有传播快、危害严重、治理难等特点, 至今根除该病害的措施仍在研究中, 被称为“松树癌症”。

2 松材线虫伴生细菌的多样性

目前的研究表明, 不同来源的线虫所携带的细菌类型与松树寄主的生长环境不同, 直接导致不同地域条件下致病病菌差异较大^[6]。因此, 松材线虫携带的细菌种类是研究该病害生物防治的重要部分。

Kawazu 等人^[7]在对松材线虫伴生细菌研究中确定分离得到了枯草芽孢杆菌 (*Bacillus subtilis*)、蜡状芽孢杆菌 (*B. cereus*)、巨大芽孢杆菌 (*B. megaterium*)、洋葱伯克霍尔德氏菌 (*Burkholderia cepacia*)、假单胞菌 (*Pseudomonas* ssp.)、荧光假单胞菌 I 型 (*P. fluorescens* biotype I)、荧光假单胞菌 II 型 (*P. fluorescens* biotype II) 和泛菌属某种 (*Pantoea* sp.)。国内学者在病菌的确立

中也取得了突破, 巨云为和赵博光等^[8-9]对松材线虫病菌进行分析鉴定: 在分布于中国南京的松材线虫病死木内多以泛菌属、肠杆菌类和假单胞菌为主, 还伴生有孢囊假单胞菌; 分布于日本的松材线虫病死木中还有大量的肠杆菌、金黄杆菌和葡萄球菌。Kawazu 在日本的研究得出, 在松材线虫体上鉴定了 3 个芽孢杆菌细菌菌株, 为蜡状芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌和巨大芽孢杆菌, 确定了苯乙酸为主要毒性物质, 并认为苯乙酸造成被感染的松树产生苯甲酸, 而松树萎蔫是线虫携带的细菌在树体内产生的苯乙酸造成的。

从这些不同的研究结果可以总结出松材线虫的伴生细菌主要集中在芽孢杆菌属、假单胞菌属、泛菌属、肠杆菌类、金黄杆菌和葡萄球菌类。随着研究的深入, 鉴定分离出松材线虫携带的细菌种类繁多, 对研究松材线虫病的致病机理有指导作用。

3 松材线虫伴生细菌与松材线虫的关系

1982 年松材线虫病首次在我国南京发生以来, 大面积松树林感染病菌死亡, 对我国林业资源造成了巨大的冲击。20 世纪 80 年代后期, 随着微生物研究的普及, 通过生物防治的手段治理松材线虫病越来越引起人们的重视, 近几年成为了国内学者的研究热点。该病害的传播与发生主要以寄主(松树)、媒介(昆虫)、病原(线虫)与伴生微生物(真菌、细菌)等多种生物因素进行传递。细菌伴生松材线虫体内, 线虫体表粘附杆状细菌, 大量细菌存在于发病松树的树脂道内和薄壁组织细胞间^[10]。伴生细菌的互助造成病树快速死亡。国内外学者研究表明, 伴生细菌为松材病虫的决定性因素, 侵染过程中可新增变异的致病细菌^[11]。赵博光^[12]等研究表明松材线虫和伴生细菌相互作用导致松树致病性高。因此, 探讨伴生细菌与松材病的相互关系, 对研究该病害的致病机理和解决防治难题具有重要意义。

3.1 松材线虫病程中树体内线虫和细菌种群数量的动态变化

虽然早期的研究未弄明白松材线虫的病原, 但近 30 年来, 随着研究逐渐深入, 松材线虫病害的致病机理逐渐被发现。1975 年, Aikawa 等^[13]通过对侵染的病株的显微结构观测发现, 大部分入侵线虫早期分布在侵染点周围, 接种 3 d 后在

受到侵染的树枝表面大面积死亡。试验表明,松材线虫对有伤口的植株感染较快,发病率高。1998 年刘伟^[14]等研究发现,与线虫增长在非接种枝内情况相似,在树脂分泌停止后非接种枝内细菌才产生病菌。2005 年赵博光^[15]通过对黑松的观测得出松树发病初期产生细菌种类相似,表明松材线虫病为线虫和细菌相互作用引起的。随着微生物研究的深入,发现发病中后期,线虫数量剧增,此时病树体内提供了良好的病菌生长环境,急剧破坏了植物体的生长结构^[16]。近年来,随着分子技术的普及,通过 PCR 技术对松材线虫致病菌的研究更为深入,逐步展开该病害的生物防治^[17]。

3.2 松材线虫与携带细菌之间的互惠共生关系

互惠共生是指共生的两种生物均能从这种联合中得到利益。赵博光等人对松材线虫与治病细菌协同作用进行研究,松材线虫与其携带的细菌间有相互抑制的倾向^[5-17]。其中,松材线虫能促进强致病菌荧光假单胞菌 GcM5-1A 菌株、恶臭假单胞菌 ZpB1-2A 菌的繁殖。并且细菌在弱致病菌(荧光假单胞菌 GcM5-1A 菌株、恶臭假单胞菌 ZpB1-2A 菌株等)内均繁衍迅速,能提高松材线虫的产卵量、加快虫体生长发育和繁殖速度。进一步说明了松材线虫与这两株细菌经历了长期的共生和协同进化过程。另外,随着对松材线虫的深入研究,国内学者也把目光转向了昆虫体内的伴生细菌研究中。郑雅楠^[18]等人在对松材线虫和媒介昆虫松墨天牛的研究表明,天牛咬碎树皮注入幼虫进行繁衍,进而向松树释放单萜烯,如 β -香叶烯和 α -蒎烯等萜烯类化合物给松材线虫提供了良好的生长环境。说明了细菌与松材线虫在自然界中是一个互生的过程。松材线虫与其携带的致病细菌之间相互繁殖、相互促进的研究,为松材线虫病是松材线虫与其携带的致病菌共同引起的复合侵染这一假说提供了进一步的实验证据^[19-20]。

综上所述,携带细菌和松材线虫互生的关系主要表现为:(1)松材线虫可作为致病细菌侵入松树的载体;(2)松材线虫能够为细菌提供繁殖和产毒的环境;(3)致病细菌为松材线虫的虫体提供食物,促进线虫的快速繁殖。两者间的融洽和互补有利于松材线虫及其携带的致病菌繁殖和种群的

延续^[21]。

4 松材线虫伴生细菌的致病性机理研究

早期的学者认为松材线虫是由于病毒造成的,繁衍速度较快^[22]。Okuland 等^[23]根据接种松材线虫后松树迅速枯萎的特性,对黑松、赤松和多脂松的松树进行了侵染试验。结果表明针叶和木材均含有线虫肉体,毒素与松材线虫的繁衍有密切关系。后来 Hajime 和 Taijei 等从感病的欧洲赤松提取出马鞭草烯酮和香芹酮两种毒素^[24]。表明松材线虫的侵染使寄主产生的致萎毒素为异常代谢物。然而,国内学者于近年来提出了受害松树体内的有毒物质与松材线虫携带的细菌有关的观点。曹越等人^[25]在对十五年生黑松和马尾松以及人工感病的黑松苗研究发现,松材线虫不会产生毒素物质造成萎蔫,说明了致萎毒素物质与苯乙酸和甲氧基肉桂酸有关。

4.1 松材线虫携带的致病细菌

早期研究发现,假单胞杆菌(*Pseudomonas*)会与松材线虫相互作用产生致萎毒素^[26]。徐华潮^[27]发现大量细菌存活于受到破坏的树脂道内和薄壁组织细胞间,并且系细胞壁酶的组织结构相似,且可分离出枯草芽孢杆菌、蜡状芽孢杆菌和巨大芽孢杆菌。近年来随着学者们的深入研究,发现了许多菌株与松材线虫病害关系较为密切。郭道森^[28]分别对松材线虫及黑松病组织进行细菌的分离培养,从分离体中发现了洋葱伯克霍尔德氏菌(*Borkholderia cepacia*)。谢立群^[29]在松天牛显微结构观测中发现,携带的松材线虫虫体伴生的致病细菌种类为假单胞菌属和泛菌属,且发现两者相互作用明显。洪英娣^[30]从野生黑松和马尾松的木质部和松材线虫虫体的载体上,发现了许多致病细菌,有荧光假单胞菌 I 型、荧光假单胞菌 II 型、泛菌属某种,其中荧光假单胞菌 I 型、II 型具有较高的致病性,泛菌影响较低。因此,在不同的生存条件,该病害诱导出的病害较多,形成的病菌种类差异较大。

4.2 对松材线虫携带细菌的致病性的研究

植物复合侵染病害,即为病害复合体,是由 2 种或 2 种以上病原物共同引起的植物体病虫害。早期,美国科学家 Rosenberg 等^[31]用根结线虫(*Meloidogyne incognita*)、青枯菌(*Pseudomonas solanacearum*)单独接种烟草幼苗,接种后

叶片严重死亡,论证了根结线虫的存在与烟草青枯病严重性之间的关系。Crosse^[32]通过对花椰菜病的研究,发现草毒滑刃线虫(*Aphelenchoides fragariae*)和缠绕红球菌(*Corynebacterium fascians*)相互作用可引起草葛的病害,线虫存在时植株病害非常明显。马以桂^[33]等人对小麦粒线虫(*Anguinatritici*)和小麦蜜穗病杆状菌(*Corynebacterium tritici*)相互作用引起小麦蜜穗病研究表明,用带有这种细菌的小麦粒线虫虫瘿接种时很容易产生这种病害,说明了线虫病害与携带细菌有着密切的关系。

鉴于松材线虫病在国内危害逐渐恶化,松材线虫与其携带的致病细菌之间的关系也成为了国内外生物防治学家的研究热点。Barbosa^[34]根据松材线虫上发现的致萎活性物质的三种芽孢杆菌,观测到苯乙酸可在松材线虫的伴生细菌作用下产生,能够使受侵染的松树产生苯甲酸。研究表明苯乙酸严重危害了受体松树的正常生长。郭道森等^[35]通过洋葱伯克霍尔德氏菌菌株 B619、单独无菌松材线虫或二者的混合物于健康松树组织培养,发现了单独接种的愈伤组织褐变现象较少发生,且两种共同侵染情况下受害严重。表明了松材线虫携带的细菌与松材线虫的致病性相互作用较大,可将松材线虫病划分为松材线虫和致病细菌相互作用造成复合型传染病害。

5 结论与展望

针对松材病虫与其致病细菌关联性研究,揭示了松材线虫病害入侵植株的过程、松材线虫伴生细菌群落的种类和两者间结构的特征,通过两者间种群结构的变化,诠释松材线虫与伴生细菌的生长繁殖过程,阐明了松材线虫病害的致病机理。松材线虫可通过伴生细菌代谢能力缓解寄主抗性,提高自身的适应能力。两者共同寄居于植株中,繁殖较快,传播迅速。因此,在今后研究中可多进行两者共性研究,从而达到高效的生物防治。

随着科技的快速发展,科研实验设备的现代化,在今后可多从松材线虫与其伴生细菌的生态环境、病菌的进化过程、两者共存的系统发育研究。特别在该病害的研究中,细菌的变异变种较多,需要建立系统的病菌采集库,可对松材线虫病害的研究提供理论依据,为今后病害的防治提供指导。

参考文献:

- [1] 李兰英,高岚,温亚利,等. 松材线虫病研究进展[J]. 浙江林业科技,2007,26(5):74-80.
- [2] 秦复牛,潘沧桑. 松材线虫病研究进展(综述)[J]. 安徽农业大学学报,2003,30(4):370-376.
- [3] Sousa E, Bravo M A, Pires J, et al. *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda; Aphelenchoididae) associated with *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera; Cerambycidae) in Portugal[J]. Nematology, 2001, 3(1): 89-91.
- [4] Zhao B G, Wang H L, Han S F, et al. Distribution and pathogenicity of bacteria species carried by *Bursaphelenchus xylophilus* in China[J]. Nematology, 2003, 5(6): 899-906.
- [5] 杨宝君,潘宏阳,汤坚,等. 松材线虫病[M]. 北京:中国林业出版社,2003.
- [6] Jones J T, Moens M, Mota M, et al. *Bursaphelenchus xylophilus*: opportunities in comparative genomics and molecular host-parasite interactions[J]. Molecular Plant Pathology, 2008, 9(3): 357-368.
- [7] Kawazu K, Yamashita H, Kobayashi A, et al. Isolation of pine-wilting bacteria accompanying pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, and their toxic metabolites[J]. Scientific Reports of the Faculty of Agriculture, Okayama University, 1998, 87: 1-7.
- [8] 巨云为,谢立群,杨雪云,等. 不同来源松材线虫携带的细菌多样性[J]. 东北林业大学学报,2008,36(5): 84-85.
- [9] 赵博光,郭道森,高蓉. 松材线虫携带细菌部位的电镜观察[J]. 南京林业大学学报,2007,24(4): 69-71.
- [10] Zhao Lilin, Jiang Ping, Humble Leland M, et al. Within-tree distribution and attractant sampling of propagative pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*: An early diagnosis approach[J]. Forest Ecology and Management, 2009, 258(9): 1932-1937.
- [11] Yu Lu Zhen, Wu Xiao Qin, Ye Jian Ren, et al. NOS-like-mediated nitric oxide is involved in *Pinus thunbergii* response to the invasion of *Bursaphelenchus xylophilus*[J]. Plant Cell Reports, 2012, 31(10): 1813-1821.
- [12] 赵博光,郭道森. 松材线虫携带的一株细菌分离及其致病性[J]. 北京林业大学学报,2004,26(1): 57-61.
- [13] Aikawa T. Transmission biology of *Bursaphelenchus xylophilus* in relation to its insect vector[M]//Pine Wilt Disease. Springer Japan, 2008: 123-138.
- [14] 刘伟,杨宝君. 松材线虫和拟松材线虫雌雄交合伞形状的比较[J]. 林业科学研究,1995,8(2): 223-225.
- [15] 赵博光,刘玉涛,林峰. 松材线虫与其携带细菌之间的相互影响[J]. 南京林业大学学报,2005,29(3): 1-4.
- [16] 覃德文,云朝光,秦武明,等. PCR 技术发展状况研究[J]. 林业实用技术,2013(6): 6-8.
- [17] 谢立群,巨云为,赵博光. 松材线虫病程中树体内线虫和细菌种群数量的动态变化[J]. 林业科学,2004,40(4): 124-129.

- [18] 郑雅楠,杨忠岐,王小艺,等. 植物寄生线虫的化学趋性[J]. 生态学杂志,1992,33(3):837-842.
- [19] 詹祖仁,张龙华,詹斐,等. 福建省松材线虫病防控的法规问题及建议[J]. 中国林副特产,2013(1):94-96.
- [20] 岳妍,崔珺,赵阳,等. 松材线虫危害后马尾松林下植物种多样性变化及其与土壤养分的关系[J]. 东北林业大学学报,2013,41(11):118-122.
- [21] 顾军,沈荣泽,刘红春,等. 铜山森林公园松材线虫病治理后景观恢复措施初探[J]. 江苏林业科技,2013(1):30-31.
- [22] Bonifácio L F, Sousa E, Naves P, et al. Efficacy of sulfurlyl fluoride against the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchidae), in Pinus pinaster boards[J]. Pest management science, 2014, 70(1): 6-13.
- [23] Okland B, Skarpaas O, Schroeder M, et al. Is eradication of the pinewood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*) likely? An evaluation of current contingency plans[J]. Risk analysis, 2010, 30(9): 1424-1439.
- [24] Hajime Shibuya, Taisei Kikuchi. Purification and characterization of recombinant endoglucanases from the pine wood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* [J]. Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 2008, 72 (5): 1325-1332.
- [25] 曹越,沈伯葵. 人工培养条件下松材线虫提取物的毒性研究[J]. 南京林业大学学报,1996,20(4):13-16.
- [26] Wang Y, Thang N T, Li Z, et al. A Staining Method for Assessing the Viability of *Esteya vermicola* Conidia[J]. Current microbiology, 2014:1-3.
- [27] 徐华潮,骆有庆,邹力骏,等. 松材线虫自然侵染后对不同松树组织结构的影响[J]. 植物病理学报,2013,43(1):35-41.
- [28] 郭道森. 松材线虫携带的致病细菌与松材线虫病的关系[D]. 南京:南京林业大学,2001.
- [29] 谢立群. 松材线虫携带的细菌及在寄主中的动态和作用[D]. 南京:南京林业大学,2003.
- [30] 洪英娣,曹越,赵博光,等. 松材线虫携带细菌的鉴定和毒性研究[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2002,26(5):37-40.
- [31] Rosenberg C, Casse-Delbart F, Dusha I, et al. Megaplasmas in the plant-associated bacteria *Rhizobium meliloti* and *Pseudomonas solanacearum* [J]. Journal of bacteriology, 1982, 150(8): 402-406.
- [32] Crosse G E, Piteher RS. The bio-assay of potato-root diffusate[J]. Ann. Appl. Biol., 1952, 39: 475-486.
- [33] 马以桂,王金成,蔡国瑞. 小麦粒线虫与剪股颖粒线虫单条幼虫 PCR-RFLP 检测分析 [J]. 检验检疫科学, 2004, 14(4): 32-33.
- [34] Barbosa P, Lima A S, Vieira P, et al. Nematicidal activity of essential oils and volatiles derived from Portuguese aromatic flora against the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* [J]. Journal of nematology, 2010, 42(1): 8-16.
- [35] 郭道森,赵博光,李荣贵,等. 松材线虫对其携带的一株细菌繁殖和致病性的影响[J]. 应用与环境生物学报,2006,12(4):523-527.

Research on the Pathogenicity and Relationship Between *Bursaphelenchus xylophilus* and Its Companion fungus

QIN De-wen¹, WEN Yin¹, NIE Zhen-zhen¹, LIAO Chang-kun², WEI Ling-li², ZHOU Chuan-ming¹, QIN Wu-ming¹

(1. Forestry College of Guangxi University, Nanning, Guangxi 530005; 2. Guangxi San Men-jiang Forest Farm, Liuzhou, Guangxi 530005)

Abstract: *Bursaphelenchus xylophilus* is called *Pinaceae* wilt disease, which is a destruction disease in China. How to control the disease has become the research focus in plant protection industry, reducing the loss is particularly urgent. The damage of pine wilt disease was analyzed, the previous research results were summarized; the diversity of companion fungus by *Bursaphelenchus xylophilus*, the relationship between companion fungus and *Bursaphelenchus xylophilus* as well as the pathogenicity of the companion fungus were reviewed. Combining with the research on the pathogenicity in domestic and foreign, many types of companion fungus showed no apparent specificity, and more bacterial species were isolated and identified; the relationship between companion fungus and *Bursaphelenchus xylophilus* was symbiotic and reciprocal; on the pathogenic mechanism of *Bursaphelenchus xylophilus*, it showed that toxins played an important role in pathogenesis.

Key words: *Bursaphelenchus xylophilus*; companion fungus; diversity; relationship; pathogenicity