

烟草黑胫病绿色防控技术研究进展

王正浩, 王维超, 毋彦彬, 姚云鹏, 张朝阳, 蔡宝才, 孟黎明* (许昌市烟草公司禹州市分公司, 河南许昌 461670)

摘要 主要针对烟草黑胫病新型化学农药的化学防治、生物防控、农业防控和选育抗病品种等绿色防控技术发展和应用方面进行系统概述, 以期对烟草黑胫病的有效防治提供理论依据, 对推动烟叶产业增收创收和绿色发展具有重要意义。

关键词 烟草黑胫病; 化学防治; 生物防治; 生物有机肥; 植物源药剂

中图分类号 S435.72 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2019)10-0018-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.10.005



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Progress in the Research of Green Control Technology of Tobacco Black Shank

WANG Zheng-hao, WANG Wei-chao, WU Yan-bin et al (Yuzhou Branch, Xuchang Tobacco Company, Xuchang, Henan 461670)

Abstract In this paper, we mainly focused on giving a systematical overview from aspects of development and application of green control technology, which using a new type chemical pesticide chemical control with biological, agricultural and breeding disease-resistant varieties of tobacco black shank. It could provide a theoretical basis for the effective control of tobacco black shank, and might have a great significance to promote tobacco industry to increase revenue and achieve green development.

Key words Tobacco black shank; Chemical control; Biological control; Biological organic fertilizer; Plant-derived agents

河南省作为“两烟”大省, 烟叶种植面积和收购量曾在全国雄踞第一, 但随着气候变化、栽培方式、连作障碍等因素的影响, 烟草病虫害问题也愈演愈烈, 造成了河南烟叶品质和产量下降、计划调减的现状, 这严重制约了河南烟草种植的发展, 在诸多病虫害中尤以烟草黑胫病(Tobacco black shank)发生最为严重, 是最具毁灭性的土传病害, 堪称“烟草之癌”。

烟草黑胫病病原属卵菌门(Oomycota)霜霉目(Peronosporales)腐霉科(Pythiaceae)疫霉属(*Phytophthora*)烟草疫霉(*Phytophthora nicotianae*), 又称为烟草疫病^[1], 烟农根据其病状特征称其为黑根、黑杆痲、腰烂病等。烟草疫霉可侵染烟草整个生育期, 其中成株阶段危害最严重, 主要危害成株的茎基部和根部。烟草黑胫病典型症状为萎焉、叶片发黄、矮化、根部和茎基部坏死, 其主要表现为“黑胫”“黑膏药”“穿大褂”“腰漏”和“笋节”^[2], 平均发病率在10%~20%, 严重时损失达75%, 甚至绝收^[3]。烟草黑胫病的防治长期依赖于化学防治, 农药的大量滥用和不科学的使用造成烟田生态系统农残累积, 导致病害抗药性迅猛上升, 加大防控难度, 降低烟叶品质, 严重影响烟草的安全生产, 污染农田环境, 破坏生态平衡^[4]。因此开展烟草黑胫病的绿色防控集成应用迫在眉睫。

该研究主要从新型化学农药的应用及生物防治、农业防治和抗病育种的选育等方面对烟草黑胫病的防控方法和防治效果进行概述, 旨在为建立烟草绿色防控体系、生产绿色优质烟叶等提供科学的参考依据。

1 烟草黑胫病化学防治发展与应用

目前, 化学药剂仍然是快速有效控制烟草黑胫病的主要手段。防治烟草黑胫病的传统保护性杀菌剂分为有机硫类

和二硫代氨基甲酸酯类, 如代森锌、代森锰锌和丙森锌等, 但这些药剂不具有内吸性, 不能保护未与药剂接触的根部, 因此效果不显著, 且用药量大, 对环境污染严重^[5]。专化型内吸性杀菌剂如乙磷铝, 苯基酰胺类杀菌剂甲霜灵、恶霜灵、呋霜灵和苯霜灵兼具保护和内吸作用的啞菌酯、醚菌酯、烯酰吗啉及恶唑菌酮等药剂的使用为烟草黑胫病的防治提供了更多的选择^[6], 但烟草黑胫病已经对部分农药产生强抗药性, 尤以甲霜灵为代表的苯基酰胺类杀菌剂产生的抗药性最为突出。有学者已通过实验证明了烟草黑胫病对甲霜灵抗性风险高, 使用前景不容乐观^[7-9]。2006年中国农业大学研制出了丙烷脘属烷基脘类杀菌剂艾霜, 具有双向内吸性的优点, 兼具保护和治疗的三重作用, 对烟草黑胫病效果显著, 显著降低了烟草黑胫病的发病范围和程度^[10]。烯酰吗啉与代森锰锌的混剂、恶唑菌酮与代森锰锌的混合剂均在烟草黑胫病上的防治上获得了大范围成功与应用推广^[11]。氟吡菌胺和霜霉威盐酸盐复配所得的新式混合剂银法利, 作用方式独特, 杀菌防病效果明显, 在卵菌病害防治方面潜力突出^[12]。这些新型农药高效、低毒、无残留, 使烟草黑胫病的化学防治上了一个新台阶, 目前在烟草安全种植生产中使用广泛。

2 烟草黑胫病生物防控技术的发展与应用

2.1 生防微生物对烟草黑胫病的防治 随着生物技术的应用和发展, 人们从生理生化和分子水平上对烟草黑胫病拮抗性微生物的研究已经取得很大进展, 主要集中在真菌、细菌和放线菌。

王家和^[13]利用烟草疫霉与尖孢镰刀菌混合接种和用烟草疫霉单独接种烟株, 结果显示混合接种烟株黑胫病显著降低, 分离筛选出一个烟草黑胫病菌的拮抗菌株。Sreeramulu等^[14]、张良等^[15]、端永明等^[16]通过研究发现木霉属多种菌株不仅对烟草黑胫病菌具较强的防治作用, 还能提高烟草的各项农艺性状指标^[17], 如 *Glomus fasciculatum* 和哈茨木霉(*Trichoderma harzianum*) 在苗期双重接种防治烟草黑胫病,

作者简介 王正浩(1991—), 男, 河南许昌人, 助理农艺师, 硕士, 从事烟叶病虫害研究。*通信作者, 助理农艺师, 从事烟草栽培研究。

收稿日期 2018-09-28; **修回日期** 2018-12-29

不仅可以提高成苗率,还能提升烟苗的各项生理指标;长柄木霉(*Trichoderma longbrachitum*)和涇阳链霉菌(*Streptomyces jingyangensis*)组合对烟草黑胫病的相对防治效果达69.3%,是具有较高亲和性的增效组合;绿色木霉(*Trichoderma viride*)菌剂浓度在2.5 g/L时不仅对烟草黑胫病的防效达81.3%,并且可以显著提高烟草生物学产量。

Cartwright等^[18]在温室条件下用非致病性的双核丝核菌(*Binucleate Rhizoctonia*)防控烟草黑胫病的效果可以达40%~50%。黄建等^[19]利用菌丝生长速率测定法和大田药效测定寡雄腐霉对烟草黑胫病菌丝抑制率 EC_{50} 为0.113 $\mu\text{g/mL}$,田间防效64.07%。赵建等^[20]采用温室盆栽试验研究发现寡雄腐霉发酵液不仅可以提高烟苗生物量,且对烟草黑胫病防效达64.2%。杨昌跃等^[21]对来自全球的75株虫草真菌及相关菌株发酵液进行活性筛选发现白色生赤壳(四川)(*Bionectria ochroleuca*)、细脚拟青霉(*Paecilomyces tenuipes*)、白色生赤壳(泰国)(*Bionectria ochroleuca*)和尖孢镰刀菌(*Fusarium oxysporum*)发酵液对烟草黑胫病有明显的抑制作用。彭兵等^[22]发现印度梨形孢(*Piriformospora indica*)可以诱导烟草中抗病相关基因表达量的上升、防御酶活性的提高,从而延缓烟草黑胫病的发生,降低黑胫病的病情指数,提高烟草对黑胫病的抗性。

顾金刚等^[23]从土壤中分离得到的两株荧光假单胞杆菌(*Pseudomonas fluorescens*)RB-42和RB-89可产生抗生素类物质,能够抑制烟草黑胫病原的菌丝生长、游动孢子囊的产生和游动孢子的萌发。周建云等^[24]从土壤中分离获得一株铜绿假单胞菌(*Pseudomonas aeruginosa*)XCS007菌株,通过平板试验、盆栽试验、大田试验均显示对烟草黑胫病有显著的防治效果。杨福珍等^[25]从烟草内生细菌中分离鉴定一株铜绿假单胞菌YN201458,对烟草疫霉的抑菌率达76.07%。王远山等^[26]测定一株绿针假单胞菌(*Pseudomonas chloraphis*)PL9菌株对烟草黑胫病原菌有很强的拮抗作用,还可以完全抑制病原菌游动孢子对烟草幼苗的侵染。喻会平等^[27]从烟草根际土壤中筛选获得一株恶臭假单胞菌(*Pseudomonas putida*)B57,盆栽试验对烟草黑胫病的防效达60%以上,与同时获得的另一株枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)B41复配使用效果更强。郑勇等^[28]通过田间试验测定荧光假单胞杆菌对烟草黑胫病的发病率和病情指数有一定的控制作用。

Han等^[29]筛选出一株可以有效定殖烟草根系中的枯草芽孢杆菌Tpb55,盆栽和大田试验测定其对烟草黑胫病的防效分别为70.66%和59.34%。徐同伟等^[30]从土壤中筛选出一株枯草芽孢杆菌YBM-4和一株沙福芽孢杆菌(*Bacillus safensis*)YJC-4,在对峙培养中对烟草黑胫病菌丝的相对抑制率分别为85.34%和72.99%。王静等^[31]通过对峙培养法、固态发酵及田间小区试验的方法测定了短小芽孢杆菌(*Bacillus pumilus*)AR03对烟草黑胫病菌具有很强的拮抗活性。许多学者的研究也表明解淀粉芽孢杆菌对烟草黑胫病有很好防治效果^[32-35]。曹明慧等^[36]发现一株多粘类芽孢杆菌(*Paenibacillus polynyxa*)C-5菌株对烟草疫霉抑菌率达71.1%,利用

C-5菌株发酵制备的微生物有机肥能抑制烟草黑胫病的发生,盆栽实验显示苗期防治率达80%。汪琨等^[37]测定枝枝芽孢杆菌(*Virgibacillus* sp.)ZJUT-K15的发酵液及其无菌滤液对烟草黑胫病菌菌丝的延伸具有良好而持续的抑制作用。李祝等^[38]筛选出一株蜡状芽孢杆菌1205(*Bacillus cereus*)对苗期烟草黑胫病也有较稳定的防治效果,且其分泌物还能促进烟株生长。赵秀香等^[39]从烟草根际土壤分离筛选出一株侧孢短芽孢杆菌(*Brevi bacillus lateroporus*)菌株B8对烟草黑胫病的预防作用达78.1%。

邹芳芸等^[40]从植根根际土壤和自制的生物有机肥中共分离获得1株对烟草黑胫病菌有拮抗功能的贪铜菌属(*Cupriavidus* sp.)细菌,对烟草黑胫病菌的菌丝生长抑制率为31.99%。端永明等研究发现质量浓度为2.5 g/L的抗生素溶杆菌(*Lysobacter antibioticus*)菌剂对烟草黑胫病的防效达65.6%^[16]。王晶晶等^[41]通过盆栽实验测定了一株普城沙雷菌对烟草黑胫病的防治效果为77.78%。

放线菌主要是通过释放抗生素抑制微生物细胞代谢,从而降低病害发生率。

王静等^[42]从土壤中分离出一株不产色链霉菌(*Streptomyces achromogenes* subsp. *streptozoticus*)F8,其发酵液对烟草黑胫病的防效达70.3%。李斌^[43]从烟草根际土壤中筛选出48株对烟草黑胫病有拮抗作用的放线菌,47株为链霉菌属(*Streptomyces* spp.),1株为诺卡氏菌属(*Nocardia* spp.),盆栽试验测定防效最高达78.79%。陆宁等^[44]从堆肥土壤中分离出6株对烟草疫霉有明显拮抗的放线菌,盆栽试验测定防效最高为44.21%。李庆蒙等^[45]测定了一株珙桐树中分离筛选出的奈良链霉菌(*Streptomyces naraensis*)发酵液对烟草黑胫病的抑制率达99.4%。

2.2 植物源药剂对烟草黑胫病的防治 植物源药剂是利用有些植物里含有的某些抗菌物质杀死或有效抑制某些病原菌的生长发育的一种药剂,因此利用天然植物的杀菌剂进行生物防治也是烟草黑胫病防治的一个重要组成部分。初步研究表明,植物活性成分对黑胫病菌的直接作用,如抑制菌丝生长发育,抑制游动孢子的产生、附着孢子的形成及侵入丝的形成。Patel等^[46]研究发现,兰香、桉树和菱叶3种植物叶片抽提物的10%水溶液对烟草黑胫病菌的抑制率高达84.4%~86.5%。Bowers等^[47]研究发现,10%丁香油和胡椒芥子油混合液、肉桂提取物以及合成肉桂油对烟草疫霉厚垣孢子具有一定的控制作用。许多研究表明大蒜素可以很好地防治烟草黑胫病^[48-50],因此以大蒜为原料研制植物源保护剂防治烟草黑胫病是一种潜在可行的方法。王传吉等^[51]发现,浓度为10 mg/mL植物(青蒿、苦参、蕲艾、广藿香、金银花)复配剂提取物溶液能显著抑制黑胫病病原物生长,降低黑胫病的发病率和病情指数,同时能够改良土壤性状。杨晓凡等^[52]对7种植物的95%乙醇提取物进行烟草疫霉离体生物测定筛选,结果表明,伞形科中草药F和紫草科中草药H对烟草黑胫病菌有显著的抑菌活性。张新强等^[53-54]采用生长速率法测定了6种中草药提取物对烟草黑胫病菌的抑制

效果,结果表明:6种中草药提取物对烟草黑胫病菌均有明显的抑制作用,且随使用剂量的增大而增强;又测定了苦参、金银花、黄芩和补骨脂4种中草药提取物对烟草黑胫病菌的抑制作用,结果显示苦参+金银花、苦参+补骨脂和金银花+补骨脂组合抑菌增效作用明显,提取物复配后对病菌的抑制存在协同增效作用,复配物抑菌效果好于单剂,并筛选出了各组合的最佳配比。朱三荣等^[55]采用菌丝生长速率法,对苦参、枳壳等45种中药材粗提液对烟草黑胫病菌的抑制效果及施药方式进行了分析,结果表明:土黄连、黄柏、黄独、巴戟天等16种中药材的提取物对烟草黑胫病菌丝有极显著的抑制效果,具有开发先导化合物的潜力。卢敏等^[56]研究发现,柠檬草精油对烟草疫霉菌丝生长具有显著的抑制活性,通过温室预防和治疗试验发现柠檬草精油对烟草疫霉有一定的控制作用。王若焱等^[57]研究表明,青蒿、藜香等8种植物浸提液、化学增效剂、氟吗啉·三乙膦铝3种措施联合施用能大大降低烤烟黑胫病病指,降幅达78.61%。

2.3 诱导抗病对烟草黑胫病的防治 通过预先处理烟株来诱导其产生自主防御烟草黑胫病菌侵染的机制是防治该病害的理想途径,具有安全、高抗和多抗等多种优点。赵蕾等^[58]研究表明壳聚糖不仅可以直接抑制烟草黑胫病游动孢子萌发,还可以诱导烟草叶片PAL、PPO、PO这3种保护酶活性的增加,提高烟草幼苗的系统抗病性。徐后娟等^[59-60]研究了二氢茉莉酸丙酯(PDJ)对烟草黑胫病的控制作用,盆栽试验中PDJ显著激活烟草相关病程蛋白的表达和保护酶活性提高,减轻烟草幼苗黑胫病的病情,表明PDJ诱导了烟草幼苗对黑胫病的抗性。朱振元等^[61]发现化学合成的Lewisx五糖和七糖可诱导烟草植株对黑胫病菌产生明显的抗性,当浓度达10 μg/mL时,诱导防病效果达90%以上。杨军等^[62]研究发现烟苗经过浓度为1.0 mg/mL蝇蛆低聚几丁糖处理后,诱导抗性相对防效为92.21%。刘菲^[63]发现核黄素处理烟草后激活了抗病防卫反应,诱导了细胞有关防卫基因的表达,盆栽试验显示核黄素喷雾处理烟草幼苗后,烟草幼苗黑胫病发病程度显著降低。姚艳平等^[64]以7个化学合成的寡糖为诱导物,研究了烟草植株对黑胫病的诱导抗性。结果表明,无论是活体还是离体接种烟草黑胫病菌,β-1,3-乙酰氨基葡聚四糖、β-1,4-乙酰氨基葡聚三糖和β-1,4-乙酰氨基葡聚四糖均对烟草植株表现出显著的诱导抗病性。沈奕等^[65]研究发现几丁寡糖在离体条件下对烟草黑胫病菌菌丝生长无抑制作用,但在盆栽试验中对烟草黑胫病的防效为57.81%,且能显著提高烟草体内的SOD、POD、PPO和几丁质酶活性。

3 烟草黑胫病农业防控措施的发展与应用

3.1 选用合理的耕作方式及土壤消毒 连作对烤烟生产的影响表现为烟草产量降低、烟叶品质下降、病虫害加重等。连作导致烟草疫霉菌在土壤中不断积累,增加烟草黑胫病的发病率,因此避免连作实施轮作或间作是一种很好的控制措施。刘有聪等^[66]研究发现大蒜和烟草轮作可以减轻田间烟草黑胫病的发生危害,提高烟草产量。大蒜根系分泌物可以

干扰烟草黑胫病菌孢子在土壤中的传播侵染行为,并能分泌苯并噻唑和多种含硫化物抑制烟草黑胫病菌菌丝的生长。生产上经常采用烟草与玉米轮作,张立猛等^[67]研究发现玉米根系既能吸引游动孢子,又能分泌对烟草疫霉菌具有抑制活性的苯并噻唑类化合物,减轻黑胫病的发生。薛超群等^[68]研究发现烟草与大蒜、黑燕麦、花生间作均可有效降低烟草黑胫病的发生,其中烟草与大蒜间作效果最明显,防控效果达65.3%。烟草与禾本科的作物轮作间作均可降低烟草黑胫病的危害,但是烟草疫霉菌可以寄生于大部分茄科作物因此要避免与马铃薯、番茄、辣椒等的间作或轮作。

王海涛等^[69]利用氯化苦进行了土壤熏蒸,发现大田条件下,不同用量处理对黑胫病的防效为75.16%~88.15%。蒲进平等^[70]在烟田施用熏烧火土可有效降低烤烟黑胫病发病率和病情指数,且效果明显优于普通化学药剂。

3.2 加强栽培管理 对黑胫病的防治,生产经验是“病从水上得,防病先治水”,因此,应实施高起垄高培土栽烟,垄高30~40 cm,移栽时深挖坑,多浇水,培育壮苗。及时中耕除草,注意排灌结合,避免田间积水,降低田间湿度。如有病株时应在晴天将其拔除,并在病穴附近撒施石灰,病株病叶带出烟田进行深埋处理,减少污染源。4月下旬膜下小苗移栽可利用地膜保温保湿作用促进烟株还苗,提高烟苗自身对病害的抗性,对烟草黑胫病的发生起到显著的控制作用;在烟株生长至团棵期时应及时揭膜培土,能有效抑制病菌的滋生,减少黑胫病的发生。田间作业要尽量保护好植株,减少人为因素对植株的破坏,防止植株出现伤口,减少病菌侵入。

3.3 合理施肥,增施生物有机肥 要科学施肥,避免偏施氮肥,氮、磷、钾肥应合理搭配,以提高土壤肥力和植株抵抗力,保持烟苗维持在较好的生长状态,生长中后期叶面喷施0.1%~0.2%磷酸二氢钾液,提高作物抗病能力。曹明慧^[71]通过盆栽试验研究发现施用含多粘芽孢杆菌C5(*P. polymyxa* C5)的微生物有机肥,烟草黑胫病的控制效果达80%。马京民等^[72]在大田中施用烟草专用微生物有机肥后,烟草黑胫病的发病率较对照降低10.9%。柴文亚等^[73]在烟田施用由腐熟的油枯与拮抗菌剂经过二次发酵而成生物有机肥可大幅度提高烟株根际土壤中细菌、真菌及放线菌的数量,同时施用生物有机肥还可以提高烟株的株高、烟叶面积系数,并有效抑制烟草黑胫病的发生。徐长亮等^[74]以青霉菌灭活菌丝体(Dry mycelium of *Penicillium chrysogenum* DM)作为有机肥在田间小区施用,发现青霉菌灭活菌丝体(DM),可以显著提高烟草的叶面积、茎围和产量,对烟草黑胫病都具有很好的防治效果,防治效果达63.8%。

4 抗病品种的选育与应用

选育抗病品种是控制烟草黑胫病较为经济有效的措施。但由于烟草种植具有高度计划性与统一性,各个产区的种植品种基本都较为固定且单一,不同的烟草品种烘烤技术也不尽相同,对烟农的素质要求较高。因此,各地烟草公司应在兼顾质量、产量、效益的同时,充分考虑当地烟草主要病害发生情况,选择适合当地种植的抗黑胫病烟草品种安排种植。在稳定

主打品种种植面积的同时,积极引进新的优良抗病品种进行试验示范,促使当地品种多样化,做好品种更新换代工作。

5 展望

烟草黑胫病作为一种土传病害,其发生与病原菌生物学特性、气候条件、烟田状况及品种的抗感性等均有关系,任何一种单一的措施都很难达到防治烟草黑胫病的效果。目前,河南省内各产区种植品种单一且时间较长,品种抗性逐渐减弱,因此应该加快抗病品种的选育和引种试种的进度,确保产区烟叶产量、质量,为卷烟提供优质原料。化学药剂防治烟草黑胫病具有高效、快速的优点,但烟草作为一种吸食的产品应尽量减少化学药剂的使用,同时要注意防治适期,选择绿色、高效、低毒的农药,确保防治烟草黑胫病的同时保证烟叶的适用性。生物防治方法绿色、安全、无害,符合烟叶可持续发展的要求,越来越受到人们的青睐,但生物防治是一个综合性系统工程,容易受气候环境的影响,且应用生防菌防治烟草黑胫病时需要良好的土壤环境,因此做到科学施肥、合理灌溉等良好的栽培管理措施可以创造适合生防菌发挥防病控病的烟田土壤生态微环境。

烟草黑胫病的防治并非一蹴而就,将是一个长期而又艰巨的任务,防治时必须要做好田间普查,加强预测预报,研究其致病机理,制定可行有效的防治措施,通过绿色防控技术集成,最大限度地减轻其对烟叶生产所造成的经济损失。

参考文献

[1] STAMPS D J, WATERHOUSE G M, NEWHOOK F J, et al. Revised tabular key to the species of *Phytophthora* [J]. *Mycological papers*, 1990, 163: 1-28.

[2] 蒋士君, 吴元华. 烟草病理学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2013: 143-144.

[3] 陈瑞泰, 朱贤朝, 王智发, 等. 全国 16 个主产烟省(区)烟草侵染性病害调研报告 [J]. *中国烟草科学*, 1997, 18(4): 1-7.

[4] 彭清云, 易图永. 防治烟草黑胫病研究进展 [J]. *河北农业科学*, 2008, 12(6): 29-31.

[5] 郑小波. 疫霉菌及其研究技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.

[6] 尚志强. 烟草黑胫病原、发生规律及综合防治研究进展 [J]. *中国农业科技导报*, 2007, 9(2): 73-76.

[7] KANG Y G. In vitro sensitivity to metalaxyl of *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae* isolates from burley tobacco in Korea [J]. *The plant pathology journal*, 2000, 16(4): 222-226.

[8] 袁宗胜, 张广民, 刘延荣, 等. 烟草黑胫病菌对甲霜灵的敏感性测定 [J]. *中国烟草科学*, 2001, 22(4): 9-12.

[9] 胡燕, 王开运, 许学明, 等. 烯酰吗啉对我国烟草黑胫病菌的毒力研究 [J]. *农药学报*, 2006, 8(4): 339-343.

[10] 治愚. 新型杀菌剂——艾霜 [J]. *当代蔬菜*, 2006(3): 25.

[11] JAARSVELD E V. Control of *Phytophthora nicotianae* on tobacco with different fungicides [J]. *South African journal of science*, 2005, 101(7/8): 1158-1200.

[12] 李斌, 龚国淑, 姚革, 等. 烟草黑胫病化学防治研究进展 [J]. *南方农业学报*, 2008, 39(3): 331-334.

[13] 王家和. 烤烟根部真菌区系及其致病性研究 [J]. *云南农业大学学报(自然科学)*, 1994(2): 95-100.

[14] SREERAMULU K R, ONKARAPPA T, SWAMY H N. Biocontrol of damping off and black shank disease in tobacco nursery [J]. *Tobacco research*, 1998, 24(1): 1-4.

[15] 张良, 刘好宝, 顾金刚, 等. 长柄木霉和泾阳链霉菌复配剂对烟苗生长及其抗病性的影响 [J]. *应用生态学报*, 2013, 24(10): 2961-2969.

[16] 端永明, 龙春瑞, 陈树林, 等. 绿色木霉菌和抗生素谷杆菌对苗期及大田烟草影响的研究 [J]. *昆明学院学报*, 2012, 34(6): 25-28.

[17] 崔西冬, 李世贵, 杨佳, 等. 耐盐碱抗烟草黑胫病木霉菌株的筛选与鉴定 [J]. *中国农业科技导报*, 2014, 16(3): 81-89.

[18] CARTWRIGHT D K, SPURR H W, JR. Biological control of *Phytophthora parasitica* var. *Nicotianae* on tobacco seedlings with non-pathogenic binucleate *Rhizoctonia* fungi [J]. *Soil biology & biochemistry*, 1998, 30(14):

1879-1884.

[19] 黄建, 冯超, 张成省, 等. 三种药剂对烟草黑胫病防治效果研究 [J]. *安徽农业科学*, 2014, 42(6): 1681-1682, 1685.

[20] 赵建, 吴叶宽, 袁玲, 等. 寡雄腐霉发酵液对烤烟生长的影响及对烟草黑胫病的防治作用 [J]. *植物保护学报*, 2013, 40(1): 68-72.

[21] 杨昌跃, 文庭池, 康冀川, 等. 虫草及相关真菌发酵产物对烟草黑胫病的抑制效果 [J]. *贵州农业科学*, 2013, 41(7): 89-94.

[22] 彭兵, 刘剑, 惠非琼, 等. 印度梨形孢诱导烟草对黑胫病的抗性及其机理的初步研究 [J]. *农业生物技术学报*, 2015, 23(4): 432-440.

[23] 顾金刚, 方敦煌, 李天飞, 等. 两株荧光假单胞杆菌菌株对烟草黑胫病病原菌的抑制作用 [J]. *中国生物防治学报*, 2004, 20(1): 76-78.

[24] 周建云, 王永立, 徐同伟, 等. 一株烟草黑胫病高效拮抗菌的筛选、鉴定及生防潜力评价 [J]. *中国植保导刊*, 2017, 37(5): 23-29.

[25] 杨珍福, 吴毅歆, 陈映岚, 等. 烟草拮抗内生细菌的筛选与防病促生长效果 [J]. *中国烟草科学*, 2014(6): 48-53.

[26] 王远山, 王平, 胡正嘉. 绿针假单胞菌 PL9 菌株对烟草疫霉的拮抗作用研究 [J]. *华中农业大学学报*, 2002, 21(3): 248-251.

[27] 喻会平, 罗定棋, 代园凤, 等. 烟草黑胫病拮抗细菌复合菌株的筛选与防治效果评价 [J]. *中国农学通报*, 2015, 31(8): 102-107.

[28] 郑勇, 蒋智林, 饶智, 等. 烟草黑胫病防治田间试验研究 [J]. *普洱学院学报*, 2015, 31(3): 1-4.

[29] HAN T, YOU C, ZHANG L M, et al. Biocontrol potential of antagonist *Bacillus subtilis* Tpb55 against tobacco black shank [J]. *Biocontrol*, 2016, 61(2): 195-205.

[30] 徐同伟, 周建云, 祖庆学, 等. 两株烟草黑胫病拮抗菌的筛选、鉴定和促生防病潜力评价 [J]. *中国烟草科学*, 2017, 38(3): 44-50.

[31] 王静, 孔凡玉, 秦西云, 等. 短小芽孢杆菌 AR03 对烟草黑胫病菌的拮抗活性及其田间防效 [J]. *中国烟草学报*, 2010, 16(5): 78-81.

[32] 张涛, 雷帮星, 何劲, 等. 烟草黑胫病拮抗菌的筛选鉴定及其发酵工艺优化 [J]. *西南农业学报*, 2017, 30(12): 2717-2722.

[33] 曾衡, 徐迪红, 冀志霞, 等. 烟草黑胫病生防菌的筛选、定殖及应用评价 [J]. *应用与环境生物学报*, 2015, 21(4): 672-677.

[34] 陈泽斌, 夏振远, 雷丽萍, 等. 防治烟草黑胫病有益内生细菌的筛选及其抑菌作用 [J]. *中国烟草学报*, 2013, 19(5): 112-117.

[35] 薛超群, 奚家勤, 胡利伟, 等. 生防菌剂 ZY-9-13 用量对烟草黑胫病发生的影响 [J]. *烟草科技*, 2014(12): 71-73.

[36] 曹明慧, 冉炜, 杨兴明, 等. 烟草黑胫病拮抗菌的筛选及其生物效应 [J]. *土壤学报*, 2011, 48(1): 151-159.

[37] 汪琨, 崔志峰, 裘娟萍, 等. 烟草黑胫病菌拮抗菌的筛选及鉴定 [J]. *浙江工业大学学报*, 2009, 37(5): 525-529.

[38] 李祝, 万科, 从铭, 等. 拮抗细菌对烟草黑胫病的防治效果研究 [J]. *湖北农业科学*, 2015, 54(5): 1094-1096.

[39] 赵秀香, 吴元华, 李晔. 拮抗细菌 B8 对烟草黑胫病菌的抑制作用及其菌株鉴定 [J]. *中国生物防治学报*, 2007, 23(1): 54-59.

[40] 邹芳芸, 陈晓明, 候军, 等. 烟草主要病原菌拮抗菌的筛选 [J]. *食品工业科技*, 2015, 36(9): 175-178.

[41] 王晶晶, 蒋士君, 常淑娟, 等. 两株生防菌对烟草黑胫病的抑制活性及其鉴定 [J]. *中国烟草学报*, 2011, 17(6): 89-93.

[42] 王静, 孔凡玉, 张成省, 等. 放线菌 F8 对烟草黑胫病的拮抗作用及其产酶活性 [J]. *中国烟草科学*, 2013(2): 49-53.

[43] 李斌. 烟草黑胫病菌拮抗放线菌的筛选 [J]. *西南农业学报*, 2012, 25(5): 1708-1713.

[44] 陆宁, 张永春. 堆肥中烟草黑胫病拮抗放线菌的筛选 [J]. *现代农业科学*, 2008(1): 17-18.

[45] 李庆蒙, 王世强, 李昆太, 等. 拮抗放线菌 JD211 的抑菌活性及其鉴定 [J]. *生物灾害科学*, 2013(4): 394-398.

[46] PATEL D N, PATEL B N. Evaluation of plant extracts and *Trichoderma harzianum* rifai against *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae* [J]. *Tobacco research*, 1999, 25(1): 4-8.

[47] BOWERS J H, LOCKE J C. Effect of formulated plant extracts and oils on population density of *Phytophthora nicotianae* in soil and control of *Phytophthora* blight in the greenhouse [J]. *Plant disease*, 2004, 88(1): 11-16.

[48] 商胜华, 陆宁, 陈庆园, 等. 大蒜提取液对烟草黑胫病和青枯病的防治效果初探 [J]. *贵州农业科学*, 2009, 37(10): 94-96.

[49] 赖荣泉, 姜林山, 陈志敏, 等. 大蒜粗提物对烟草黑胫病菌的室内抑制作用 [J]. *烟草科技*, 2009(9): 62-64.

[50] 杨兰, 袁谋志, 田茂成, 等. 大蒜素对烟草黑胫病防治效果的田间试验 [J]. *湖南农业科学*, 2013(8): 24-25.

[51] 王传吉, 王树声, 赵阳, 等. 一种植物源复配剂对烟草黑胫病的抑制及土壤特性的影响 [J]. *中国烟草科学*, 2015, 36(6): 83-87.

- [12] VAN DAM A M, LEFFELAAR P A. Root, soil water and nitrogen dynamics in a catch crop; Soil system in the Wageningen Rhizolab [J]. *Netherlands journal of agricultural science*, 1998, 46(3/4): 267-284.
- [13] WIESLER F, HORST W J. Root growth and nitrate utilization of maize cultivars under field conditions [J]. *Plant and soil*, 1994, 163(2): 267-277.
- [14] THORUP-KRISTENSEN K. Root development of nitrogen catch crops and of a succeeding crop of broccoli [J]. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 1993, 43(1): 58-64.
- [15] MUNKHOLM L J, HANSEN E M. Catch crop biomass production, nitrogen uptake and root development under different tillage systems [J]. *Soil use and management*, 2012, 28(4): 517-529.
- [16] THORUP-KRISTENSEN K, MAGID J, JENSEN L S. Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones [J]. *Advances in agronomy*, 2003, 79: 227-302.
- [17] SAINJU U M, SINGH B P. Winter cover crops for sustainable agricultural systems: Influence on soil properties, water quality, and crop yields [J]. *HortScience*, 1997, 32(1): 21-28.
- [18] WANG Q, LI Y, KLASSEN W. Influence of summer cover crops on conservation of soil water and nutrients in a subtropical area [J]. *Soil and water conservation*, 2005, 60(1): 58-63.
- [19] TONITTO C, DAVID M B, DRINKWATER L E. Replacing bare fallows with cover crops in fertilizer-intensive cropping systems: A meta-analysis of crop yield and N dynamics [J]. *Agriculture ecosystems and environment*, 2006, 112(1): 58-72.
- [20] 屈兴红, 何文寿, 何进智, 等. 填闲作物防治保护地土壤硝酸盐淋溶损失的研究进展 [J]. *农业科学研究*, 2007, 28(2): 72-75.
- [21] GUSTAFSON A, FLEISCHER S, JOELSSON A A. A catchment-oriented and cost-effective policy for water protection [J]. *Ecological engineering*, 2000, 14(4): 419-427.
- [22] 任智慧. 京郊露地菜田土壤硝酸盐累积及阻控对策 [D]. 北京: 中国农业大学, 2003.
- [23] GUO R Y, LI X L, CHRISTIE P, et al. Influence of root zone nitrogen management and a summer catch crop on cucumber yield and soil mineral nitrogen dynamics in intensive production systems [J]. *Plant and soil*, 2008, 313(1/2): 55-70.
- [24] 彭亚静, 郝晓然, 吉艳芝, 等. 填闲种植对棚室菜田累积氮素消减及黄瓜生长的影响 [J]. *中国农业科学*, 2015, 48(9): 1774-1784.
- [25] 吴凤芝, 刘德, 王东凯, 等. 大棚蔬菜连作年限对土壤主要理化性状的影响 [J]. *中国蔬菜*, 1998(4): 5-8.
- [26] 童有为, 陈淡飞. 温室土壤次生盐渍化的形成和治理途径研究 [J]. *园艺学报*, 1991, 18(2): 159-162.
- [27] 汪羞德, 乔红霞, 朱爱凤, 等. 连栋大棚土壤次生盐渍化特点及防治 [J]. *农业工程学报*, 2003, 19(Z1): 119-122.
- [28] 龙卫国. 不同轮作作物对设施菜地次生盐渍化土壤改良效应研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2009: 43-51.
- [29] 赵扩元, 李俊良, 刘庆花, 等. 填闲作物对日光温室土壤理化性状及黄瓜产量的影响 [J]. *青岛农业大学学报(自然科学版)*, 2007, 24(4): 286-290.
- [30] 李元, 高丽红, 吴艳飞, 等. 夏季填闲作物对日光温室土壤环境的影响 [J]. *沈阳农业大学学报*, 2006, 37(3): 531-534.
- [31] 陆扣萍, 闵炬, 施卫明, 等. 填闲作物甜玉米对太湖地区设施菜地土壤硝态氮残留及淋失的影响 [J]. *土壤学报*, 2013, 50(2): 331-339.
- [32] 文芳芳, 韩宝, 于跃跃, 等. 4种填闲作物对设施菜田土壤次生盐渍化的改良效果 [J]. *中国农技推广*, 2015, 31(4): 44-46.
- [33] 刘娟, 田永强, 高丽红. 夏季填闲作物及秸秆还田对日光温室黄瓜连作土壤养分和微生物的影响 [J]. *中国蔬菜*, 2011(8): 12-16.
- [34] 李敏. 不同填闲模式对温室黄瓜生长及土壤环境的影响 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2015.

(上接第21页)

- [52] 杨晓凡, 花日茂, 吴祥为, 等. 抗烟草黑胫病菌的植物源杀菌剂的筛选研究 [J]. *安徽农业大学学报*, 2006, 33(2): 189-191.
- [53] 张新强, 桑维钧, 谢鑫, 等. 6种中草药提取物对烟草黑胫病菌的抑制作用 [J]. *河南农业科学*, 2011, 40(10): 92-95.
- [54] 张新强, 桑维钧, 苏凯, 等. 中草药提取物复配对烟草黑胫病菌抑制作用增效组合筛选 [J]. *广东农业科学*, 2011, 38(12): 84-86.
- [55] 朱三荣, 周佳民, 巢进, 等. 抗烟草黑胫病植物源活性物质的筛选 [J]. *江西农业学报*, 2017, 29(4): 63-68.
- [56] 卢敏, 韩智强, 李忠环, 等. 柠檬草精油对烟草黑胫病的抑制活性研究 [J]. *上海交通大学学报(农业科学版)*, 2012, 30(5): 67-71.
- [57] 王若焱, 夏志林, 向小华, 等. 植物源药剂及化学药剂联合保健技术对烤烟黑胫病的防治效果 [J]. *中国农学通报*, 2014, 30(13): 294-298.
- [58] 赵蕾, 梁元存, 刘延荣. 壳聚糖对烟草抗黑胫病的作用 [J]. *应用与环境生物学报*, 2000, 6(5): 436-439.
- [59] 徐后娟, 张军, 慕立义, 等. 二氢茉莉酸丙酯诱导烟草抗黑胫病作用研究 [J]. *农药学报*, 2003, 5(1): 73-76.
- [60] 徐后娟, 张军, 刘峰, 等. 二氢茉莉酸丙酯诱导烟草对黑胫病抗性中防卫相关酶活性及病程相关蛋白的变化 [C]// 中国烟草学会 2004 年学术年会论文集. 北京: 中国烟草学会, 2004.
- [61] 朱振元, 张勇民, 徐同. 化学合成寡糖诱导烟草抗黑胫病的初步研究 [J]. *植物病理学报*, 2004, 34(3): 231-236.
- [62] 杨军, 蔡斌, 奚家勤, 等. 蝇蛆低聚几丁糖诱导烟株抗黑胫病研究 [J]. *烟草科技*, 2007, 41(9): 61-65.
- [63] 刘菲. 核黄素激活烟草防卫反应和诱导对两种土传病害的抗性研究 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2009.
- [64] 姚艳平, 徐同, 张勇民. 化学合成的几丁寡糖及其结构类似物诱导烟草对黑胫病抗性研究 [J]. *植物病理学报*, 2010, 40(3): 258-264.
- [65] 沈奕, 李萍, 高智谋, 等. 几丁寡糖对烟草黑胫病的控制效应及其机制 [J]. *植物保护学报*, 2010, 37(1): 25-30.
- [66] 刘有聪, 张立猛, 焦永鸽, 等. 大蒜与烤烟轮作对烟草黑胫病的防治效果及作用机理初探 [J]. *中国烟草学报*, 2016, 22(5): 55-62.
- [67] 张立猛, 方玉婷, 计思贵, 等. 玉米根系分泌物对烟草黑胫病菌的抑制活性及其抑菌物质分析 [J]. *中国生物防治学报*, 2015, 31(1): 115-122.
- [68] 薛超群, 牟文君, 奚家勤, 等. 烤烟不同间作对烟草黑胫病防控效果的影响 [J]. *中国烟草科学*, 2015(3): 77-79.
- [69] 王海涛, 陈玉国, 王省伟, 等. 氯化苦土壤熏蒸防治烟田杂草及土传病害效果研究 [J]. *中国农学通报*, 2010, 26(4): 244-248.
- [70] 蒲进平, 蒋胜, 熊福江, 等. 熏烧火土防治烤烟黑胫病的效果研究 [J]. *作物研究*, 2013, 27(S1): 29-31.
- [71] 曹明慧. 防治土传烟草黑胫病微生物有机肥的研制与生物效应研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2010.
- [72] 马京民, 马聪, 徐步华, 等. 烤烟专用微生物有机肥大田试验初报 [J]. *安徽农学通报*, 2007, 13(23): 120-121.
- [73] 柴文亚, 李红丽, 王勇, 等. 生物有机肥防治烟草黑胫病效果及对烟株生长发育的影响 [J]. *天津农业科学*, 2014, 20(4): 24-27.
- [74] 徐长亮, 夏开宝, 曾嵘, 等. 青霉菌灭活菌丝体对烟草生长及黑胫病防治的影响 [J]. *青海师范大学学报(自然科学版)*, 2009(2): 40-43.