

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2015.06.001

# 烟草青枯病危害对烟株根际土壤 螨类和弹尾虫发生的影响<sup>①</sup>

白耀宇, 庞帅, 李石力, 丁伟

西南大学 植物保护学院, 重庆 400716

**摘要:** 为了明确烟草青枯病的危害对烟株根际土壤螨类和弹尾虫发生的影响, 于 2013 年 7—9 月在重庆市彭水县烟区青枯病发病典型试验地进行了调查, 共捕获土壤动物 27 169 头, 其中螨类和弹尾虫共占 86%~99%。研究结果表明, 在发病初期, 发病烟株(3 级以下)根际土中螨类和弹尾虫的数量与健康植株相比差异均不具有统计学意义( $p > 0.05$ ); 在发病中期, 仅 3 级以下烟株 0~10 cm 根际土中的螨类和弹尾虫数量显著高于 5~7 级和 9 级( $p < 0.05$ ); 但在发病后期, 无论是 0~10 cm 还是 10~20 cm 的 3 级以下烟株的螨类数量均显著高于 5~7 级和 9 级( $p < 0.05$ ), 而 9 级的弹尾虫数量显著高于 3 级以下和 5~7 级( $p < 0.05$ ); 随着发病时间的推移, 根际土中螨类和弹尾虫的比值随着青枯病危害程度的加剧而显著降低( $p < 0.05$ )。青枯病危害强烈影响根际土壤螨类和弹尾虫的发生。

**关键词:** 烟草青枯病; 螨类; 弹尾虫; 丰富度; 螨类和弹尾虫比值

**中图分类号:** S435.72

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9868(2015)06-0001-06

烟草青枯病主要是由雷尔氏细菌 *Ralstonia solanacearum* 从烟草根部侵染根系引起的土传病害。在重庆烟区, 烟草青枯病一直是困扰当地烟区生产实践中亟待解决的突出问题, 严重影响烟草的产量和质量, 造成较大经济损失<sup>[1-2]</sup>。研究发现, 土传病原菌在根际土壤中的浸染和传播都与根际土壤动物存在密切关系<sup>[3-4]</sup>。因此, 烟草青枯病的危害与根际动物的互作关系研究是控制该病原菌致病性最关键的基础工作之一。

土壤螨类(蛛形纲蜱螨亚纲 Acari)与弹尾虫(弹尾纲 Collembola)是根际土壤动物的重要组成部分<sup>[5]</sup>; 尤其在旱田作物系统中分布极广, 是种类和个体数量都占绝对优势的土壤节肢动物类群, 对于根际土壤营养物质的转化、储存和释放、土壤微生物的调节以及土壤理化性质的改变都发挥着重要作用<sup>[6-7]</sup>, 最终影响地上植物生长及其生产力<sup>[8]</sup>。因此, 可作为土壤健康的有效性指示类群<sup>[9]</sup>。目前, 烟草根际土壤动物与土传烟草青枯病原菌间的互作规律尚未有文献报道。本研究通过在烟草青枯病菌危害的重灾区进行田间群落调查, 试图揭示烟草青枯病菌危害对根际土壤螨类和弹尾虫发生的影响, 旨在丰富和完善调控烟草青枯病原菌作用的土壤生物基础理论, 为烟田土壤改良和建立烟草健康栽培技术打下坚实基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

重庆市彭水县属中亚热带湿润季风气候类型, 雨量充沛, 四季分明, 山地立体气候特征十分明显。该县年均温 17.6°, 高山与低谷气温相差 10~14 °C, 年均降雨量 1 224 mm。试验地选择在烟草青枯病发病比较

① 收稿日期: 2014-08-05

基金项目: 重庆市烟草公司科技重大专项课题(NY20140401070004); 重庆市基础与前沿研究计划项目(CSTC2013cyjA80020)。

作者简介: 白耀宇(1970-), 男, 甘肃平川人, 副教授, 主要从事昆虫生态与有害生物综合治理研究。

典型的重庆市彭水县润溪乡白果坪村,地区坐标是  $29^{\circ}08.280' N$ ,  $107^{\circ}56.675' E$ ; 该地海拔 1 210 m; 土壤为黄壤粘土。

## 1.2 试验设计与研究方法

种植品种为重庆市种植面积最大的烤烟品种云烟 87。育秧育苗、肥水管理、病虫害防治等均按照当地农民种植习惯进行,人工定期除草。试验田设置 3 个小区,每个小区面积约为  $15\text{ m} \times 30\text{ m}$ ,随机区组排列。移栽时间为 2013 年 5 月 8 日。在移栽后 7 月 4 日青枯病发病初期进行第一次取样,此后分别在发病中期 8 月 16 日、发病后期 8 月 29 日和 9 月 15 日进行了 3 次调查。

每次在每个小区各选健康烟株(0 级)和青枯病不同危害程度烟株(1~9 级)5~10 株。采用口径为 5 cm、高度为 5 cm 的环刀采样器对各烟株根际 5 cm 范围内土壤分层取样,取样深度为 0~20 cm。分层采集土样后按 0~10 cm 和 10~20 cm 两个层次进行土样装盒统计。土样拿回室内后,手拣大型土壤动物并固定保存在 75% 的酒精中,采用直径为 2 mm 的 Tullgren 干漏斗分离土壤动物,在室内用解剖镜观察和鉴定<sup>[5]</sup>,并统计土壤螨类(蜱螨亚纲 Acari)和弹尾虫(弹尾纲 Collembola)及其他土壤动物数量。A/C 比值计算方法为螨类(A)与弹尾虫(C)个体数量的比值。

以烟株为单位进行分级估计青枯病危害程度,按 GB/T23222-2008<sup>[10]</sup> 分级标准估计。由于实际工作中 1~3 级、5~7 级差异较小,因此在对结果进行统计分析时,只比较 0 级(不发病健康烟株)、3 级以下(1~3 级)、5~7 级、9 级 4 个危害级别的调查结果。另外,在青枯病发病的中、后期,由于很难找到健康烟株(0 级)作为对照,所以只比较了不同青枯病发病级别的调查结果。

## 1.3 数据处理与统计方法

采用 SPSS 11.5 软件进行统计分析。

# 2 结果与分析

## 2.1 烟田土壤中螨类和弹尾虫的发生量

在 2013 年 7—9 月的 4 次取样中共获取烟株根际土壤动物 27 169 头,其中在 0~10 cm 土层无论烟株是否健康或发病,螨类在土壤动物总数中所占的比例为 51.5%~79.9%,弹尾虫为 14.2%~43.4%,两者在土壤动物总数中所占的比例为 87.3%~97.7%;在 10~20 cm 土层无论烟株健康或发病,螨类在土壤动物总数中所占的比例为 38.7%~67.8%,弹尾虫为 11.2%~47.3%,两者在土壤动物总数中所占的比例为 67.6%~99.3%。

## 2.2 青枯病危害对螨类和弹尾虫发生量的影响

在调查/发病的初期,无论发病烟株还是健康烟株,其根际土壤 0~10 cm 或 10~20 cm 中螨类和弹尾虫的发生量及土壤动物总数均无显著差异( $p > 0.05$ )(图 1)。

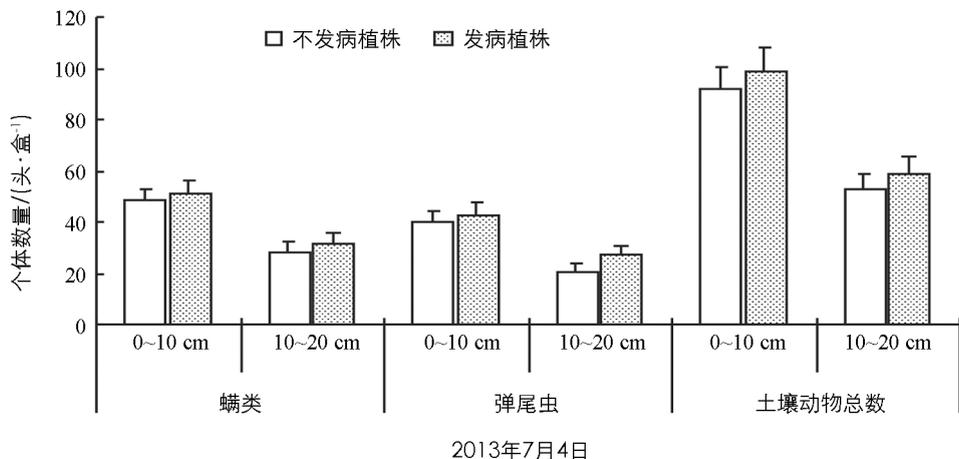
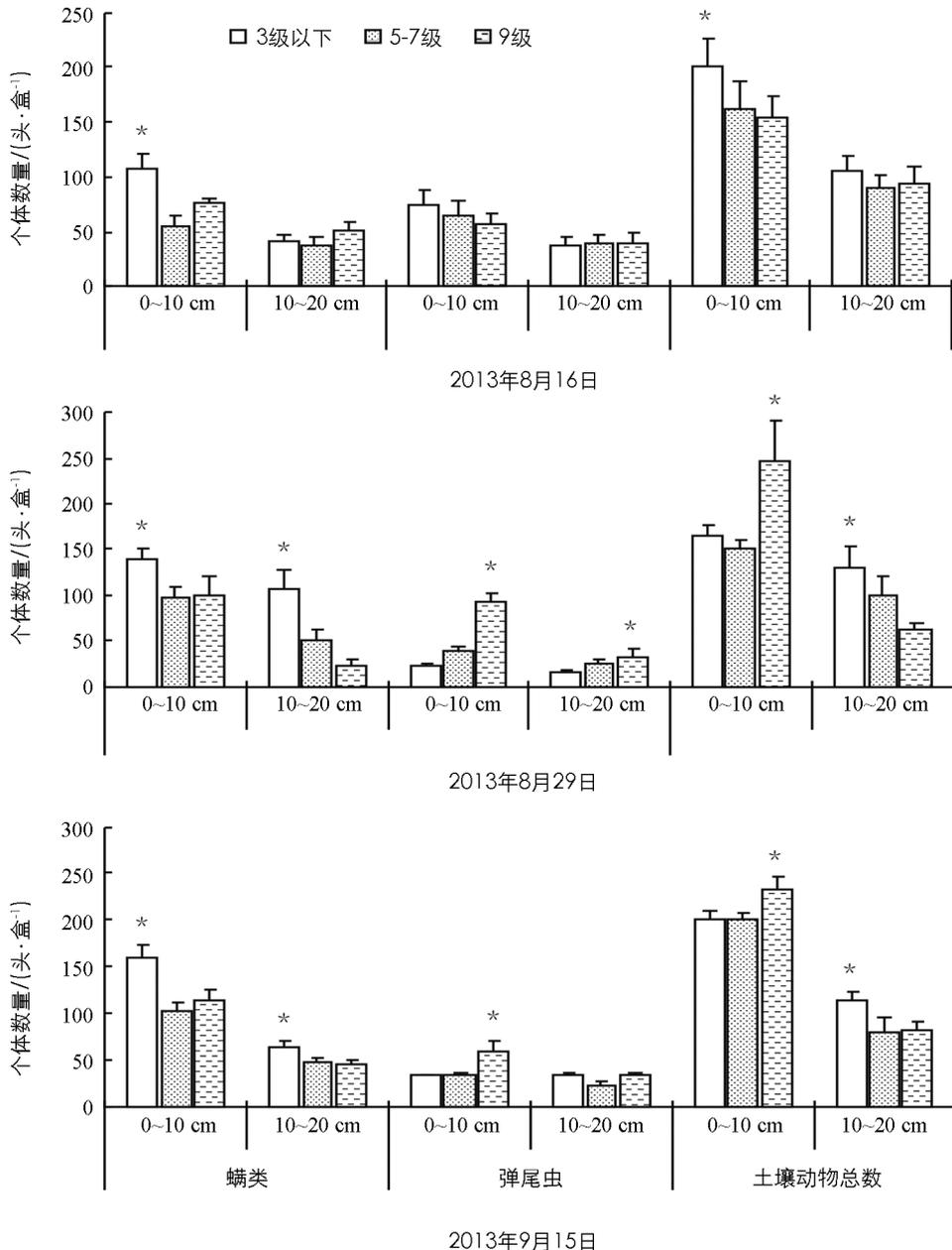


图 1 烟草植株发病初期(3 级以下)根际土壤螨类和弹尾虫的发生量(平均值±标准误)

在调查/发病的中、后期, 青枯病危害对烟株根际土壤螨类和弹尾虫的发生以及土壤动物总数的影响见图 2. 在调查中期(2013 年 8 月 16 日), 除了 0~10 cm 土壤中 3 级以下烟株中的螨类分别与 5~7 级和 9 级间的螨类, 3 级以下土壤动物总数与 9 级间的土壤动物总数的差异具有统计学意义外( $p < 0.05$ ), 其他同一土层内各危害等级间在土壤螨类和弹尾虫的发生量及土壤动物总数上均无显著差异( $p > 0.05$ ). 在调查后期(2013 年 8 月 29 日), 螨类为 0~10 cm 或 10~20 cm 时, 3 级以下的发生量均显著高于 5~7 级和 9 级( $p < 0.05$ ); 弹尾虫在 0~10 cm 或 10~20 cm 土层中, 9 级的发生量均显著高于 3 级以下和 5~7 级( $p < 0.05$ ); 土壤动物总数在 0~10 cm 土层中, 9 级的发生量显著高于 3 级以下( $p < 0.05$ ), 但在 10~20 cm 土壤中 3 级以下的发生量显著高于 9 级( $p < 0.05$ ). 在调查后期(2013 年 9 月 15 日), 螨类、弹尾虫和土壤动物总数在 0~10 cm 和 10~20 cm 土壤中的发生规律与 2013 年 8 月 29 日的基本相似.



\* 表示青枯病菌不同危害程度的根际动物数量间差异具有统计学意义( $p < 0.05$ ), LSD-检验. 图 4 同.

图 2 青枯病不同危害程度对烟草植株根际土壤螨类和弹尾虫发生量的影响(平均值±标准误)

### 2.3 青枯病危害对 A/C 比值的影响

在调查/发病的初期, 健康烟株和发病烟株 0~10 cm 土壤中 A/C 比值分别为 0.47~3.71 和 0.53~

2.68; 10~20 cm 中的 A/C 比值分别为 0.39~3.48 和 0.43~5.62. 但在 0~10 cm 和 10~20 cm 土壤中, 健康烟株和发病烟株间的 A/C 比值差异均不具有统计学意义( $p>0.05$ )(图 3).

在调查/发病的中、后期, 青枯病危害对烟株根际土中 A/C 比值影响的情况见图 4. 在调查中期(2013 年 8 月 16 日)0~10 cm 土壤中, 3 级以下、5~7 级和 9 级的 A/C 比值分别为 2.0~2.3, 0.7~2.2 和 0.7~1.9; 在 10~20 cm 土壤中, 3 级以下、5~7 级和 9 级的 A/C 比值分别为 1.3~1.8, 0.4~1.7 和 1.0~1.7. 在调查后期(2013 年 8 月 29 日)0~10 cm 土壤中, 3 级以下、5~7 级和 9 级的 A/C 比值分别为 3.5~9.0, 1.6~5.3 和 0.8~3.9; 在 10~20 cm 土壤中, 3 级以下、5~7 级和 9 级的 A/C 比值分别为 3.1~6.9, 0.8~3.3 和 0.6~2.8. 在调查后期(2013 年 9 月 15 日)0~10 cm 土壤中, 3 级以下、5~7 级和 9 级的 A/C 比值分别为 2.1~8.8, 2.2~4.8 和 2.0~5.5; 在 10~20 cm 土壤中, 3 级以下、5~7 级和 9 级的 A/C 比值分别为 1.6~5.5, 1.2~3.2 和 1.3~3.5. 在上述 3 个调查期, 无论是 0~10 cm 还是 10~20 cm 土壤中的 A/C 比值均为 3 级以下的显著高于 5~7 级和 9 级( $p<0.05$ ).

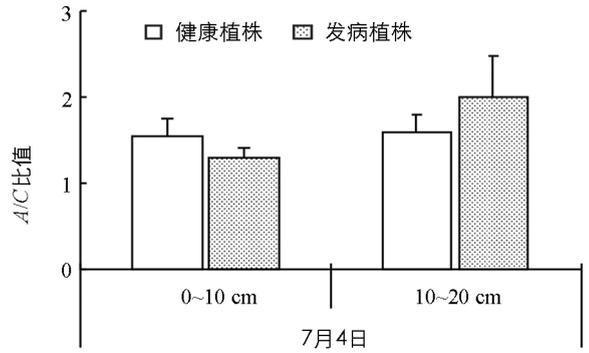


图 3 烟草植株发病初期(3 级以下)根际土壤中 A/C 比值的比较(平均值土标准误)

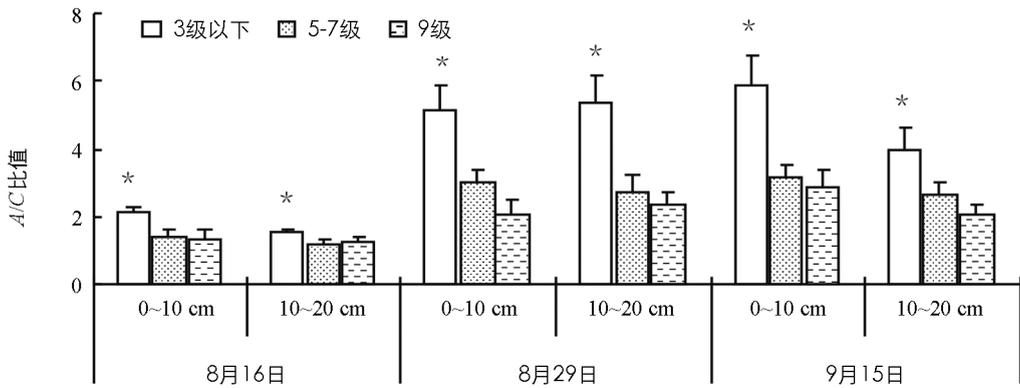


图 4 青枯病不同危害程度对烟草植株根际土壤中 A/C 比值的影响(平均值土标准误)

### 3 结论与讨论

根际土传植物病害的发生与土壤动物关系密切<sup>[4,11]</sup>. 但目前烟田耕作系统中, 尤其突出土壤微生物的作用<sup>[12-14]</sup>, 而大多数研究往往忽视了根际土壤动物的重要地位. 前人研究认为, 只有土壤动物的积极参与, 植物根系、根系分泌物和土壤微生物间的相互作用才能顺利进行<sup>[15-17]</sup>; 土壤动物在调节根际微生物过程中担负着重要的功能, 从而显著影响植物的生长<sup>[7,18-19]</sup>. 本研究结果表明, 烟田中土壤螨类和弹尾虫的数量在中小型土壤动物中占有绝对的优势, 而且青枯病危害程度与根际土壤螨类和弹尾虫的发生存在显著的相关性.

在青枯病发病初期(2013 年 7 月 4 日), 根际土壤中螨类和弹尾虫的数量与健康植株的差异均无统计学意义, 这说明烟草根系及生长受青枯病菌浸染危害较轻. 随着危害的加重, 在发病中期(2013 年 8 月 16 日), 这种浸染危害的作用开始显现, 根际土壤中螨类和弹尾虫的数量与健康植株相比出现显著变化, 并在发病后期(2013 年 8 月 29 日和 2013 年 9 月 15 日)表现出较强规律, 即螨类在烟株受危害后数量显著下降, 而弹尾虫的数量却显著上升. 这可能是烟株受危害后优势土壤螨类的生存受到了较大影响, 而相反该条件下却促进了一些土壤功能弹尾虫类群的发生. 另外, 土壤动物总数在青枯病发病初期只在 0~10 cm 土层受到了较大影响, 这可能与弹尾虫的数量下降有关. 但在青枯病发病中、后期, 0~10 cm 土层的数量显著上

升,而10~20 cm土层的数量却显著下降.推测这种影响可能与螨类和弹尾虫以及其他土壤动物类群的变化有关,需要进一步开展这方面的研究,加深对土壤动物群落组成的了解,以揭示其规律.

土壤动物A/C值表示螨类和弹尾虫的数量比例,在相当程度上反映了螨类和弹尾虫的互作规律,而且该比值具有地域性特征,热带地区大于1<sup>[20-21]</sup>.本研究结果表明,在重庆烟田土壤中,A/C值通常都符合该规律,介于亚热带和热带地区间,而且与弹尾虫相比,螨类在数量上占有绝对优势,对土壤生态系统的影响更大.该结果也反应了该地区自身独特的土壤动物群落区系.随着青枯病危害程度的加剧,尽管螨类和弹尾虫的数量都在增加,但A/C值却在逐渐降低,说明螨类数量变化不大或在减少,而弹尾虫的数量在逐渐增加.前人研究认为弹尾虫对环境的变化较为敏感,而螨类耐受环境变化的能力明显大于弹尾虫<sup>[22]</sup>.从土壤动物的功能类群角度看,螨类和弹尾虫均以腐食性类群为主,随青枯病菌数量的增加,使作为优势类群的螨类数量减少,而弹尾虫数量随之增加,从而导致二者比值增大.这一方面说明青枯病菌与土壤动物和土壤微生物间可能存在密切的互作关系,另一方面也说明青枯病菌浸染烟株根系可能会导致根际微域环境中螨类和弹尾虫不同功能群数量的此消彼长.

土壤动物、土壤微生物和土壤酶活性是表征土壤质量的三大重要生物学指标<sup>[14,23]</sup>,它们与土壤病原菌、植物根系生长及抗病性存在密切的互作关系<sup>[24-25]</sup>.因此,加强烟草根际土壤动物,尤其是优势类群螨类和弹尾虫的研究对从根本上建立起成功的生态调控土传烟草病害技术至关重要.

致谢:西南大学本科生甄浩洋和田小娟、研究生程小龙和喻言等参与了田间采样工作,在此一并致谢.

## 参考文献:

- [1] 邹阳,肖崇刚.重庆地区烟草青枯病菌生理小种的初步鉴定[J].烟草科技,2008(5):60-65.
- [2] 郑世燕,丁伟,杜根平,等.增施矿质营养对烟草青枯病的控病效果及其作用机理[J].中国农业科学,2014,47(6):1099-1110.
- [3] SMRZ J, CATSKA V. The Effect of the Consumption of Some Soil Fungi on the Internal Microanatomy of the Mite *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Acari: Acaridida) [J]. Acta Universitatis Carolinae-Biologica, 1989, 33(2): 81-93.
- [4] LARTEY R T. Dynamics of Soil Flora and Fauna in Biological Control of Soil Inhabiting Plant Pathogens [J]. Plant Pathology Journal, 2006, 5(2): 125-142.
- [5] 尹文英.中国土壤动物[M].北京:科学出版社,2000.
- [6] IRMLER U. Long-Term Fluctuation of the Soil Fauna (Collembola and Oribatida) at Groundwater-Near Sites in an Alder Wood [J]. Pedobiologia, 2004, 48(4): 349-363.
- [7] BONKOWSKI M, VILLENAVE C. Rhizosphere Fauna: the Functional and Structural Diversity of Intimate Interactions of Soil Fauna with Plant Roots [J]. Plant and Soil, 2009, 321(1-2): 213-233.
- [8] SACKETT T E, CLASSEN A T, SANDERS N J. Linking Soil Food Web Structure to Above-and Belowground Ecosystem Processes: A Meta-Analysis [J]. Oikos, 2010, 119(12): 1984-1992.
- [9] PANKHURST CE, HAWKE BG, MCDONALD HJ, et al. Evaluation of Soil Biological Properties as Potential Bioindicators of Soil Health [J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 1995, 35(7): 1015-1028.
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 23222-2008 烟草病虫害分级及调查方法[S].北京:中国标准出版社,2009.
- [11] DROMPH K M, BORGAN A. Reduction of Viability of Soil Borne Inoculum of Common Bunt (*Tilletia tritici*) by Collembolans [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2001, 33(12-13): 1791-1795.
- [12] 刘训理,王超,吴凡,等.烟草根际微生物研究[J].生态学报,2006,26(2):552-558.
- [13] 殷全玉,王岩,郭夏丽,等.烤烟根际和非根际土壤微生物典型相关分析[J].中国烟草科学,2013,34(4):9-15.
- [14] 韩小斌,杨超,许安定,等.氨基酸有机肥对植烟土壤及烤烟生长的影响[J].西南大学学报:自然科学版,2014,36(8):1-6.
- [15] 梁文举,闻大中.土壤生物及其对土壤生态学发展的影响[J].应用生态学报,2001,12(1):137-140.
- [16] 柯欣,梁文举,宇万太,等.下辽河平原不同土地利用方式下土壤微节肢动物群落结构研究[J].应用生态学报,2004,15(4):600-604.

- [17] 傅声雷. 土壤生物多样性的研究概况与发展趋势 [J]. 生物多样性, 2007, 15(2): 109—115.
- [18] BONKOWSKI M, CHENG W X, GRIFFITHS B S, et al. Microbial-Faunal Interactions in the Rhizosphere and Effects on Plant Growth [J]. European Journal of Soil Biology, 2000, 36(3—4): 135—147.
- [19] 朱永恒, 李克中, 陆 林. 根际土壤动物及其对植物生长的影响 [J]. 生态学杂志, 2012, 31(10): 2688—2693.
- [20] 张雪萍, 张 武, 曹会聪. 大兴安岭不同冻土带土壤动物生态地理研究 [J]. 土壤学报, 2006, 43(6): 996—1003.
- [21] 邵春华, 张雪萍, 张 鹏. 三江平原农田土壤动物组成与结构分析 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(21): 335—340.
- [22] 邱 军, 傅荣恕. 土壤温湿度对甲螨和跳虫数量的影响 [J]. 山东师范大学学报: 自然科学版, 2004, 19(4): 72—74.
- [23] 林英华, 张夫道, 杨学云, 等. 农田土壤动物与土壤理化性质关系的研究 [J]. 中国农业科学, 2004, 37(6): 871—877.
- [24] LOOTSMA M, SCHOLTE K. Effect of Soil Moisture Content on the Suppression of *Rhizoctonia* Stem Canker on Potato by the Nematode *Aphelenchus avenae* and the Springtail *Folsomia fimetaria* [J]. Plant Pathology, 1997, 46(2): 209—215.
- [25] HISHI T, TAKEDA H. Soil Microarthropods Alter the Growth and Morphology of Fungi and Fine Roots of *Chamaecyparis obtuse* [J]. Pedobiologia, 2008, 52(2): 97—110.

## Effects of Tobacco Bacterial Wilt on the Abundance of Acari and Collembola in Tobacco Rhizosphere Soil

BAI Yao-yu, PANG Shuai, LI Shi-li, DING Wei

School of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400716, China

**Abstract:** During July-September, 2013, field studies were conducted at Pengshui County in Chongqing, China, to assess the potential effects of tobacco bacterial wilt on abundance of Acari and Collembola in tobacco rhizosphere soil. A total of 27,169 soil animals were collected, 86—99% of which was Acari and Collembola. The results showed that the abundance of Acari or Collembola in tobacco rhizosphere soil did not significantly increased in the disease plants than its control at the early stage of the diseased ( $p > 0.05$ ). The abundance of Acari and Collembola in 0—10 cm rhizosphere soil of the 9 level of damage in the disease plants significantly increased than those of the below 3 level and 5—7 level of damage at the mid-term of the diseased ( $p < 0.05$ ). At the later period of the diseased, the abundance of Acari in 0—10 cm or 10—20 cm rhizosphere soil of the below 3 level of damage in the diseased both significantly increased than those of the 5—7 level and the 9 level of damage; while those of the 9 level of damage in Collembola both significantly increased than those of the below 3 level and the 5—7 level of damage ( $p < 0.05$ ). The values of A/C significantly decreased with damage level severity in both 0—10 cm and 10—20cm rhizosphere soil of the different level of damage with the investigation time advancing ( $p < 0.05$ ). It is indicated that the damage of the pathogen of tobacco bacterial wilt changed the abundance of soil Acari and Collembola in tobacco rhizosphere soil ecosystem.

**Key words:** tobacco bacterial wilt; Acari; Collembola; abundance; A/C value

