

植物保护

根际土壤调控对连作烟田青枯病的控制作用

郑世燕¹, 丁伟¹, 陈弟军², 杜根平¹, 徐小洪³, 谢华东³

1 西南大学植物保护学院, 重庆市北碚区天生路2号 400716;

2 湖南中烟工业有限责任公司, 湖南省长沙市万家丽路188号 410014;

3 重庆市烟草公司黔江分公司, 重庆市黔江区黔龙街269号 409000

摘 要: 针对一些烟区土壤存在的板结、酸化严重、营养失调、微生态环境失衡等问题, 设置了窝施碳化玉米秸秆、增施碱性肥料、生石灰水和微肥斯德考普灌根4项措施对烟株根际土壤进行改良。通过调查各处理青枯病的发病情况、烟草农艺性状等指标, 探索不同调控措施对青枯病的防控作用及烤烟农艺性状的影响。结果表明: 4个处理中, 生石灰水灌根和微肥斯德考普灌根对烟草青枯病均有较好的防控作用, 在对照区发病率达到高峰时, 病情指数分别比对照低9.74、8.45, 防效分别为50.52%、40.47%; 4种处理措施对烟草农艺性状均有一定的促进作用, 以增施碱性肥料效果相对最佳, 其后依次为斯德考普灌根、石灰水灌根、窝施碳化玉米秸秆。

关键词: 根际土壤调控; 烟草; 青枯病; 生石灰; 微肥

doi: 10.3969/j.issn.1004-5708.2013.01.010

中图分类号: S474

文献标识码: A

文章编号: 1004-5708 (2013) 01-0047-06

Bacterial wilt control in continuously cropped tobacco field by manipulation of rhizosphere soil

ZHENG Shiyang¹, DING Wei¹, CHEN Dijun², DU Genping¹, XU Xiaohong³, XIE Huadong³

1 College of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400716, China;

2 China Tobacco Hunan Industrial Co., Ltd., Changsha 41000, China;

3 Tobacco Company of Qianjiang District, Chongqing 409000, China

Abstract: Organic tobacco leaf production is confronted with major issue of accumulation of bacterial wilt in soil continuously cropped with tobacco. Problems such as soil compaction, acidification, unbalanced nutrients also exist, especially in southern tobacco growing areas. In order to improve tobacco growing soil, measures were taken such as socket application with carbonization corn straw, increased application of alkalinity fertilizer, root irrigation with quicklime water and micro-fertilizer tradecorp were applied. Agronomical characters and occurrence of tobacco bacterial wilt were analyzed. Results showed that both root irrigation and micro-fertilizer tradecorp were good to prevent and control tobacco bacterial wilt with control efficacy of 50.52% and 40.47%, respectively. All four measures showed positive effects on tobacco agronomic character, with socket application of alkalinity fertilizer the best and root irrigation with micro-fertilizer tradecorp, root irrigation with quicklime water and socket application with carbonization corn straw also effective.

Keywords: rhizosphere soil management; tobacco; bacterial wilt; quicklime; trace elements fertilizer

基金项目: 重庆市烟草公司科技攻关项目(NY20110601070011);

湖南中烟工业有限责任公司科技项目(2011130109)

作者简介: 郑世燕(1988—), 在读硕士研究生, 从事烟草有害生物系统控制, Tel: 023-68250218,

Email: zsy641576717@163.com

通讯作者: 丁伟(1966—), 博士, 教授, 从事天然产物农药与烟草有害生物系统控制, Tel: 023-68250953,

Email: dwing818@163.com

收稿日期: 2012-04-18

目前我国部分植烟土壤存在板结、酸碱度不平衡、部分植物必需矿质元素含量不足、有机质活性低等问题, 导致烟草根茎类病害, 尤其是烟草青枯病愈发严重^[1-4]。烟草青枯病是一种由茄科雷尔氏细菌(*Ralstonia solanacearum*)寄生引起的典型的细菌性维管束土传病害, 也是世界范围内烟草上主要的毁灭性病害之一^[5-8]。目前, 该病已成为热带、亚热带以及

一些温带地区烟田的主要病害,且由于“温室效应”所引起的全球气候变暖,该病菌已呈现出向高纬度、高海拔冷凉烟区蔓延的趋势,给烟草生产带来极大威胁^[9-10]。近年来,科学家们从抗病育种、农业防治、化学防治、生物防治等方面,对烟草青枯病的防控开展了大量的研究,在一定程度上已取得了较大进展,但仍未形成特效的解决措施^[11-13]。加之,在烟草及烟草制品逐步向无公害方向发展、生产有机烟叶的趋势下,探索控制烟草青枯病的最佳途径、寻求新的缓解病原菌抗药性产生、降低农药残留的方法势在必行,且通过合理的土壤改良措施,改善土壤的理化性质,调节土壤酸碱度的生态防治措施已逐渐引起人们的高度重视^[14]。对此,笔者以生石灰水、碳化玉米秸秆、碱性肥料、微肥斯德考普等作为土壤改良剂,对烟株根际土壤环境进行改良,旨在筛选出能有效控制烟草青枯病、提高烤烟产量及品质的最佳措施。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试验地基本情况

试验于 2011 年在重庆市黔江区新华乡大田村进行,面积为 $1.5 \times 667 \text{ m}^2$,连续 5 年种植烟草,为多年青枯病发病严重地块。地势较平坦,黄壤,肥力中等,pH 5.8,海拔 740 m,东经 $108^\circ 36' \text{ E}$,北纬 $29^\circ 19' \text{ N}$ 。冬耕冬炕深耕细耙,土壤均匀疏松,垄高 30 cm,垄体饱满,行株距为 $120 \text{ cm} \times 55 \text{ cm}$ 。

1.1.2 烤烟品种与栽培情况

品种为云烟 97,当地主栽品种,按当地优质烟叶生产技术规范进行田间统一管理。中心花开放打顶,用 12.5% 氟节胺 EC 控制腋芽。移栽时间为 2011 年 5 月 8 日,2011 年 7 月 12 日打顶,2011 年 7 月 18 日第一次采烤。

1.1.3 供试材料

(1) 生石灰水,自制。按生石灰与水重量体积比为 1:50 的比例配置,现配现用。生石灰购买于当地石灰厂,为当年烧制,并未加水粉碎。

(2) 碳化玉米秸秆,自制。将玉米秸秆不完全燃烧,即为碳化玉米秸秆。

(3) 碱性肥料 (N:P:K = 7:12:25),重庆市优胜科技发展有限公司提供。其特点为有机—无机复混肥,长效缓释、含有机质尿素型、偏碱。

(4) 微肥斯德考普,新加坡利农科技有限公司生产,是一种高效螯合态微量元素。含有螯合状态的铜、铁、锰、锌、钼、硼等 6 种微量元素。

1.2 方法

1.2.1 试验设计

试验共设 5 个处理,除处理 3 外,各处理均仅在移栽时施用 1 次,以后不再施用。处理 1: 生石灰水灌根 (重量体积比 1:50), 250 mL/株; 处理 2: 窝施碳化玉米秸秆, 50 g/株, 随即与土混匀, 覆盖一层泥土后再栽烟苗; 处理 3: 增施碱性肥料, 在施用当地常规肥的基础上, 烟苗移栽 10 d 后, 离苗茎 10 ~ 12 cm, 每株施 25 g, 随即用土覆盖, 烟草整个生长过程中仅施一次; 处理 4: 微肥斯德考普 6000 倍液灌根, 250 mL/株。处理 5 (对照): 常规栽培。各处理田间随机区组排列, 各 3 次重复, 共计 15 个小区, 每小区栽烟 60 株, 四周设保护行。

1.2.2 烟草青枯病的发病情况调查

按国家标准 GB/23222-2008《烟草病虫害分级及调查方法》采用小区普查的方式, 分别在 7 月 18 日、7 月 25 日、8 月 1 日、8 月 8 日调查各处理青枯病发病情况, 共调查 4 次, 并根据 (1)、(2)、(3) 公式分别计算各处理病情指数、防治效果。

烟草青枯病病情分级标准 (以株为单位): 0 级, 全株无病; 1 级, 茎部偶有褪绿斑, 或病侧 1/2 以下叶片凋萎; 3 级, 茎部有黑色条斑, 但不超过 1/2, 或病侧 1/2 至 2/3 叶片凋萎; 5 级, 茎部黑色条斑超过 1/2, 但未到达茎顶部, 或病侧 2/3 以上叶片凋萎; 7 级, 茎部黑色条斑到达茎顶部, 或病株叶片全部凋萎; 9 级: 病株基本枯死。

$$\text{发病率}(\%) = \frac{\text{病株数}}{\text{调查株数}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{病情指数} = \frac{\sum (\text{发病株数} \times \text{该病级代表值})}{\text{调查总株数} \times \text{最高级代表值}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{相对防效}(\%) = \frac{(\text{对照病情指数} - \text{处理病情指数})}{\text{对照病情指数}} \times 100 \quad (3)$$

1.2.3 烟株农艺性状调查

按烟草行业标准 YC/T142-1998《烟草农艺性状调查方法》每小区取 5 点, 每点调查 3 株, 分别在团棵期、打顶后 7 d 调查并记载各处理烟株株高、最大叶长、最大叶宽、茎围、有效叶片数等农艺指标, 并计算最大叶面积。

1.3 数据处理

采用 Microsoft Excel 2003 对试验数据进行基本处理, 计算出发病率、病情指数以及相对防效, 然后

采用 SPSS 16.0 统计软件 Duncan 法比较分析相关数据在显著性水平为 0.05 时的差异。

2 结果

2.1 不同根际土壤调控措施对烟草青枯病发病情况的影响

2.1.1 不同根际土壤调控措施处理青枯病发病率的比较

对不同根际土壤调控措施处理烟株青枯病发病率结果进行方差分析表明 (图 1), 不同处理间烟草青枯病的发病率均存在显著性差异。从图 1 可明显看出对照的发病率整体上均高于各处理的发病率, 其在 8 月 1 日病害调查中达到最高, 为 61.33%; 而处理 1 (生石灰水灌根) 的发病率一直相对最低; 说明生石灰水灌根对烟草青枯病的扩展蔓延具有一定的抑制作用, 生石灰水灌根措施能较好地控制青枯病的传播。

2.1.2 不同根际土壤调控措施对烟草青枯病病情指数的影响

对不同根际土壤调控措施处理烟草青枯病病情指数结果进行方差分析表明 (表 1), 5 次病害调查过程中, 各处理间烟草青枯病的病情指数均存在显著性差异。

对照的病情指数一直相对最高, 高达 29.56; 处理 1 (生石灰水灌根) 的病情指数一直相对最低, 末次统计病情指数为 18.07, 比对照少 11.49, 且两者间差异显著, 说明生石灰水灌根有减缓青枯病恶化的作用。

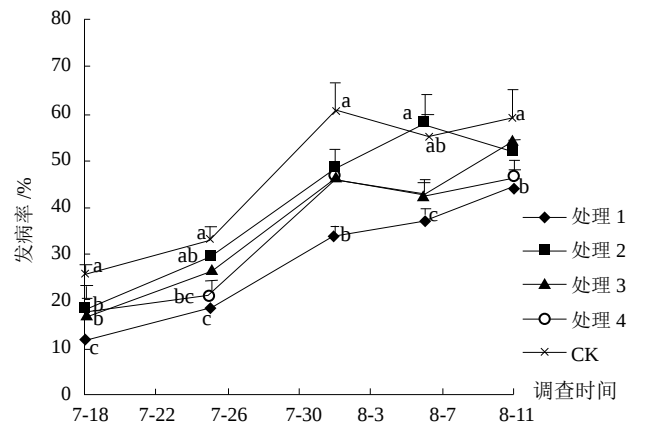


图 1 不同处理青枯病发病率比较

注: 1. 图中不同小写字母表示 0.05 显著水平。
2. 处理 1: 生石灰水灌根 (重量体积比 1:50, 250 mL/株), 处理 2: 窝施碳化玉米秸秆 (50 g/株), 处理 3: 增施碱性肥料 (25 g/株), 处理 4: 微肥斯德考普 6000 倍液灌根 (250 mL/株)。

表 1 不同根际土壤调控措施对烟草青枯病病情指数的影响

调控措施	病情指数				
	7 月 18 日	7 月 25 日	8 月 1 日	8 月 6 日	8 月 11 日
处理 1	1.48±0.51 c	2.96±0.89 c	10.30±2.25 c	13.04±1.59 c	18.07±2.73 c
处理 2	2.96±0.89 b	5.19±1.72 ab	16.96±2.34 ab	22.15±2.59 ab	27.41±2.96 ab
处理 3	2.52±1.39 b	4.44±0.67 bc	14.96±1.66 b	20.89±1.79 b	26.15±2.77 ab
处理 4	2.30±0.78 bc	4.00±1.23 bc	12.59±0.82 bc	15.11±0.80 c	20.74±2.73 bc
CK	3.93±0.34 a	6.81±1.86 a	21.04±2.28 a	24.67±1.93 a	29.56±2.45 a

注: 1. 表中同列数字后小写字母不同表示 0.05 显著水平。
2. 处理 1: 生石灰水灌根 (重量体积比 1:50, 250 mL/株), 处理 2: 窝施碳化玉米秸秆 (50 g/株), 处理 3: 增施碱性肥料 (25 g/株), 处理 4: 斯德考普 6000 倍液灌根 (250 mL/株)。

2.2 不同根际土壤调控措施对烟草青枯病的防效比较

不同根际土壤调控措施对烟草青枯病的防效结果显示 (图 2), 各处理对烟草青枯病均有一定的防效, 且方差分析表明 ($p < 0.05$), 在 5 次病害调查中各处理防效间均存在显著性差异。随着时间的推移, 各处理的防效均呈逐渐降低的趋势; 整体而言, 各处理对烟草青枯病的防效从高到低依次为处理 1 (生石灰水

灌根)、处理 4 (微肥斯德考普灌根)、处理 3 (增施碱性肥料)、处理 2 (窝施碳化玉米秸秆), 其中处理 1 (生石灰水灌根) 在发病初期、对照发病高峰期、发病后期的防效分别为 61.70%、50.52%、36.91%; 说明生石灰水灌根在烟草整个生育期中对烟草青枯病都有较好的防控作用 (各处理对青枯病的田间防控效果见图 3)。

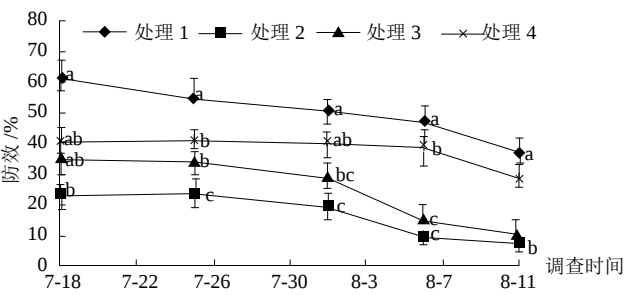


图 2 不同处理对青枯病的防效比较

注：1. 图中不同小写字母表示 0.05 显著水平。
2. 处理 1：生石灰水灌根（重量体积比 1:50，250 mL/株），处理 2：窝施碳化玉米秸秆（50 g/株），处理 3：增施碱性肥料（25 g/株），处理 4：斯德考普 6000 倍液灌根（250 mL/株）。

2.3 不同根际土壤调控措施对烟草农艺性状的影响
2.3.1 不同根际土壤调控措施处理烟草旺长期农艺性状的比较
对不同处理烟草旺长期农艺性状调查结果进行方差分析得出（表 2），各处理间在株高、最大叶长、叶片数 3 个农艺指标上存在显著性差异，其余各农艺指标无显著性差异。其中株高、叶片数均以处理 3（增施碱性肥料）相对最好，与对照相比差异明显；分别比对照高 6.15 cm、1.37 片烟叶。最大叶长仍以处理 3（增施碱性肥料）相对最佳，但与对照相比差异性不明显。整体而言，增施碱性肥料对烟草的农艺性状影响最大，说明在施用当地常规肥的基础上增施碱性肥料对烟草前期的生长具有一定的促进作用。

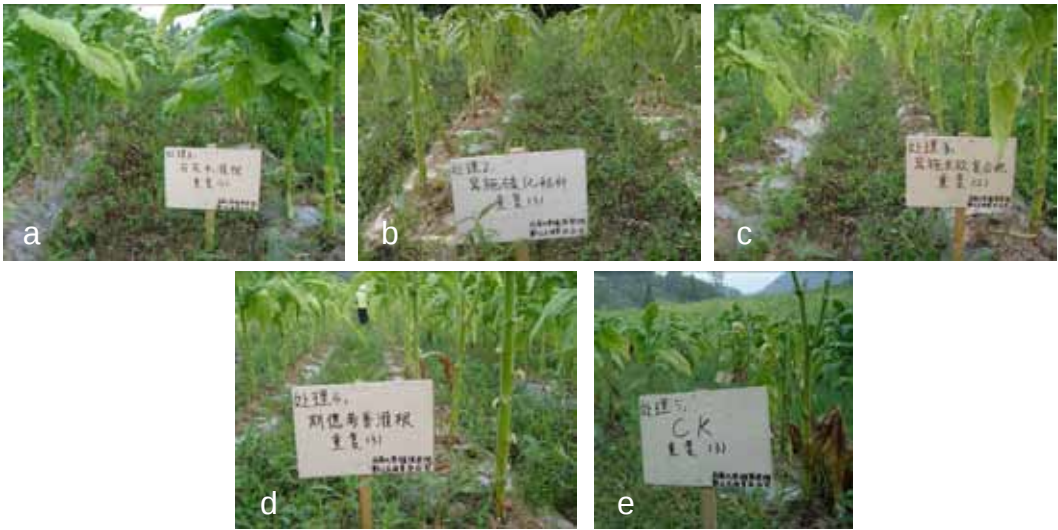


图 3 不同处理大田试验照片

注：图中 a 为本文中处理 1，生石灰水灌根；b 为处理 2，窝施碳化玉米秸秆；c 为处理 3，增施碱性肥料（长效复合肥是其另外一个名称）；d 为处理 4，微肥斯德考普灌根；e 为处理 5，对照。

表 2 根际土壤调控措施对烟草旺长期农艺性状的影响（6 月 25 日）

调控措施	株高 /cm	最大叶长 /cm	最大叶宽 /cm	茎围 /cm	叶片数	最大叶面积 /cm ²
处理 1	38.38±2.84 b	51.94±2.37 b	21.87±2.09 a	7.38±0.05 a	12.67±0.77 c	740.82±51.01 a
处理 2	42.85±2.67ab	54.79±2.15 ab	23.65±1.16 a	7.61±0.08 a	14.52±0.46 a	851.83±75.23 a
处理 3	46.11±3.09 a	57.24±4.12 a	23.68±1.68 a	7.87±0.19 a	14.67±0.93 a	888.72±123.48 a
处理 4	42.55±2.72 ab	54.72±1.85 ab	22.90±0.98 a	7.63±0.17 a	14.04±0.53 ab	821.19±59.72 a
CK	39.96±3.873 b	54.19±1.92 ab	22.57±2.05 a	7.47±0.55 a	13.30±0.61 bc	803.04±102.86 a

注：1. 表中同列数字后小写字母不同表示 0.05 显著水平。
2. 处理 1：生石灰水灌根（重量体积比 1:50，250 mL/株），处理 2：窝施碳化玉米秸秆（50 g/株），处理 3：增施碱性肥料（25 g/株），处理 4：斯德考普 6000 倍液灌根（250 mL/株）。

2.3.2 不同根际土壤调控措施对烟草打顶后农艺性状的影响

不同根际土壤调控措施处理烟草打顶后农艺性状调查结果显示 (表 3), 不同处理各农艺指标均略比对照高, 说明 4 项调控措施对烟草整个生育期的农艺性状均有一定的促进作用。方差分析表明, 各处理间仅

株高、茎围两农艺指标存在显著性差异, 其余各指标差异均不明显; 且两指标均以增施碱性肥料效果最佳, 分别比对照多 26.26 cm、0.75 cm。说明在施用当地常规肥的基础上, 再增施适量的碱性肥料对烟株根际土壤进行调控, 在促进烟草生长方面优于试验中所提及的其它调控措施。

表 3 不同土壤改良措施烟草打顶后农艺性状 (7 月 18 日)

调控措施	株高 /cm	最大叶长 /cm	最大叶宽 /cm	茎围 /cm	叶片数	最大叶面积 /cm ²
处理 1	95.81±4.50 a	74.15±0.48 a	29.50±1.07 a	9.31±0.11 ab	18.07±0.46 a	1423.82±104.28 a
处理 2	96.09±4.87 a	73.87±0.98 a	28.34±1.06 a	9.28±0.21 ab	18.00±1.02 a	1357.53±109.11 a
处理 3	103.44±2.67a	77.74±1.21 a	28.74±0.27 a	9.72±0.05 a	18.52±0.97 a	1441.87±41.80 a
处理 4	101.39±6.70 a	74.44±1.30 a	27.93±0.15 a	9.28±0.42 ab	18.59±0.78 a	1348.08±31.01 a
CK	87.18±4.93 b	73.54±5.58a	27.35±0.89 a	8.97±0.48b	17.04±1.22 a	1301.29±164.57 a

注: 1. 表中同列数字后小写字母不同表示 0.05 显著水平。
2. 处理 1: 生石灰水灌根 (重量体积比 1:50, 250 mL/株), 处理 2: 窝施碳化玉米秸秆 (50 g/株), 处理 3: 增施碱性肥料 (25 g/株), 处理 4: 斯德考普 6000 倍液灌根 (250 mL/株)。

3 讨论

本项研究证实, 在植烟地施用一些外源物质改良烟草根际土壤对烟草青枯病有明显的防控作用, 特别是生石灰水的施用, 效果相对较好。发病期间, 生石灰水 (重量体积比 1:50, 250 mL/株) 灌根对青枯病的防效高达 61.70%。已有研究表明, 生石灰不仅能为作物的生长提供钙素营养、中和土壤酸性、消除铝离子对作物的毒害作用、增强土壤中有益微生物的活动、促进有机质矿化和生物固氮作用, 而且还能增加土壤中氮、磷、钼等有效成分、改善土壤物理性质, 有利于团粒结构的形成, 使粘性土降低粘性, 使砂土增加粘性, 提高保水保肥能力, 杀死一些杂草、病菌及害虫^[3,15-21]。相对于大量撒施或窝施生石灰的改土措施, 采用生石灰水灌根处理, 具有用量少、针对性强的优点, 且对烟草气候性斑点病具有一定的防控作用。但在具体应用过程中, 需要考虑恰当的施用时间和用量。大田调查发现, 石灰水灌根对烟苗早期的生长有一定的抑制作用, 移栽烟苗还未成活就施灌, 会延长烟苗的还苗期。

防控青枯病要采取综合措施。在多年植烟的土地上, 因地制宜地采用不同保健措施, 增施部分烟草生长必须的中微量元素, 或兼顾施用能有效改良土壤的有机改良剂 (如有机肥、碳化玉米秸秆)。王镇,

蔡燕飞, 刘国顺, Yang Y H 等研究^[22-25]表明, 施用有机肥能显著促进土壤养分的释放、有益微生物的生长, 调节土壤微生物的群落结构, 增强土壤生态系统的稳定性、抑病性; 促进烟株根系的发育、增大叶面积, 有利于烟株的健康生长, 增强其抗逆性。Diogo R VC, López-Lefebvre L R, 李鑫, 幕康国, Reddy A S N 等研究指出^[5,26-29], 矿质营养不仅对植物的正常生长发育起着至关重要的作用, 而且还以多种方式直接或间接地影响病原物的侵染、繁殖及寄主植物的感病和抗病性。本研究进一步明确了采用营养调控的办法对烟草抵抗青枯病有较好的效果; 从发病初期至发病高峰期, 生石灰水与微肥斯德考普灌对青枯病的防效分别为 47.08% ~ 61.70%、38.82% ~ 41.06%。

从改良烟株根际土壤出发, 改善土壤营养、土壤酸碱度、微生态环境, 从而达到防控连作烟田青枯病的目的, 这一理念源于植物的保健栽培, 从烟草本身的健康维护出发, 采用相应措施, 而不是从病原菌的药剂控制出发, 这是现代植保技术的新发展。在烟苗移栽时采用增施适量碱性肥料, 或采用斯德考普 6000 倍液灌根 (250 mL/株) 措施来平衡烟株营养, 并在烟苗成活后团棵前, 采用生石灰水 (重量体积比 1:50) 每株 250 mL 灌根对烟草青枯病进行控制可取得明显成效。当然, 目前微量元素肥料提高烟草抗病性的机理方面, 尤其是诱导烟草抗青枯病方面, 研究还

比较少, 进一步开展相关研究工作, 对从营养学角度解决病害问题意义重大。

4 结语

采用生石灰水灌根、窝施碳化玉米秸秆、增施碱性肥料、微肥斯德考普灌根 4 项根际土壤改良措施对连作烟田青枯病均有一定的控制作用。生石灰水灌根措施的控病效果明显优于其他措施, 其次为微肥斯德考普灌根处理。农艺性状方面, 增施碱性肥料处理对烟草各农艺指标具有明显的优化作用。建议防控青枯病要采取综合措施, 特别注意对酸化土壤的修复, 保证烟柱营养平衡, 及时有效控制病原菌的数量。

参考文献

- [1] 刘天毅, 黄一兰, 王雪仁, 等. 烟区土壤改良技术措施研究[J]. 中国烟草科学, 2006(3): 10-15.
- [2] 魏国胜, 周恒, 朱杰, 等. 土壤 pH 值对烟草根茎部病害的影响[J]. 江苏农业科学, 2011(1): 140-143.
- [3] 李春英, 刘添毅, 刘奕平, 等. 酸性植烟土壤施用石灰的后效探讨[J]. 烟草科技, 2001(7): 38-41.
- [4] 李志宏, 徐爱国, 龙怀玉, 等. 中国植烟土壤肥力状况及其与美国优质烟区比较[J]. 中国农业科学, 2004, 37(增刊): 36-42.
- [5] Diogo R V C, Wydra K. Silicon-induced basal resistance in tomato against *Ralstonia solanacearum* is related to modification of pectic cell wall polysaccharide structure[J]. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 2007(70): 120-129.
- [6] 孙思, 韦爱梅, 等. 青枯病的化学与生物防治研究进展[J]. 江西植保, 2004, 27(4): 157-161.
- [7] 汪炳华, 殷红慧. 烟草青枯病研究进展[J]. 天津农业科学, 2010, 16(4): 49-53.
- [8] 朱贤朝, 王彦亭, 王智发. 中国烟草病害[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 152-162.
- [9] 李林章, 谢从华, 柳俊. 茄科雷尔氏菌(*Ralstonia solanacearum*) 分子生物学基础及其致病机制[J]. 中国马铃薯, 2005, 19(5): 290-294.
- [10] 谈文, 吴元华. 烟草病理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008: 180-183.
- [11] Guo J H, Qi H y, Guo Y H. Biocontrol of tomato wilt by plant growth-promoting rhizobacteria[J]. *Biological Control*, 2004, 29: 66-72.
- [12] Ran L X, Liu C Y, Wu G J. Suppression of bacterial wilt in *Eucalyptus urophylla* by fluorescent *Pseudomonas* spp. in China[J]. *Biological Control*, 2005, 32: 111-120.
- [13] Cakmakc R, Donmez F, Aydin A. Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2006(38): 1482-1487.
- [14] 李洪连, 黄俊丽, 袁红霞. 有机改良剂在防治植物土传病害中的应用[J]. 植物病理学报, 2002, 32(4): 289-295.
- [15] 唐莉娜, 熊德中. 土壤酸度的调节对烤烟根系生长与烟叶化学成分含量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(4): 65-67.
- [16] 熊德中, 李春英, 黄光伟, 等. 施用石灰对福建低 pH 植烟土壤的效应[J]. 中国烟草学报, 1999, 5(1): 25-26, 29.
- [17] 丁希武. 生石灰在农业生产中的应用[J]. 黑龙江农业科学, 2006(6): 77-79.
- [18] Karaivazolou N A, Tsotsolis N C, Tsadilas C D. Influence of liming and form of nitrogen fertilizer on nutrient uptake, growth, yield, and quality of Virginia (flue-cured) tobacco[J]. *Field Crops Research*, 2007, 100(1): 52-60.
- [19] 蔡东, 肖文芳, 李国怀. 施用石灰改良酸性土壤的研究进展[J]. 中国农学通报, 2010, 26(9): 206-213.
- [20] 徐茜, 周泽启, 巫常标. 酸性土壤施用石灰对降低氮素及提高烤烟产质的研究[J]. 中国烟草科学, 2000(4): 42-45.
- [21] Vudhivanich S. Effect of Soil Amendment with Urea and Calcium Oxide on Survival of *Ralstonia solanacearum*, the Causal Agent of Bacterial Wilt or Rhizome Rot of Ginger[J]. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*, 2002, 36: 242-247.
- [22] 王镇. 生物有机肥对植烟土壤质量及烟叶品质影响的研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2010.
- [23] 蔡燕飞, 廖宗文, 章家恩, 等. 生态有机肥对番茄青枯病及土壤微生物多样性的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(3): 349-353.
- [24] 刘国顺, 王佩, 段史江, 等. 增施微量元素肥或生物肥对烤烟化学品质的影响[J]. 河南农业大学学报, 2009, 43(3): 241-246.
- [25] Yang Y H, Chen D M, Jin Y, et al. Effect of Different Fertilizers on Functional Diversity of Microbial Flora in Rhizospheric Soil Under Tobacco Monoculture[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2011, 37(1): 105-111.
- [26] López-Lefebvre L R, Rivero R M, García P C, et al. Effect of calcium on mineral nutrient uptake and growth of tobacco[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2001, 81(14): 1334-1338.
- [27] 幕康国, 赵秀琴, 李建强, 等. 矿质营养与植物病害关系研究进展[J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(1): 84-90.
- [28] 李鑫. 矿质元素调控烟草抗 PVYN 生理生化及分子机制研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2009.
- [29] Reddy A S N, Ali G S, Celesnik H, et al. Coping with Stresses: Roles of Calcium- and Calcium/Calmodulin-Regulated Gene Expression[J]. *The Plant Cell*, 2011, 23: 2010-2032.