

中微量元素对烟草野火病的控制效果及其对烟草生物学性状的影响

王振国^{1,3}, 丁伟^{1,3}, 肖鹏², 李栋梁², 陈海涛^{1,3}, 李石力¹, 石生探¹

1 西南大学植物保护学院, 北碚 400716;

2 重庆市奉节烟草分公司, 奉节 404600;

3 重庆烟草科学研究所, 北碚 400716

摘要: 通过设计小区试验, 选择适当的时间对烟草必需的8种矿质营养元素(钙、铁、硼、锰、锌、钼、铜、镁)进行叶面喷施, 研究了不同营养元素对烟草野火病的控制作用及其对烟草生物学性状的影响。结果表明, 处理3 (H_3BO_3) 和处理6 (Na_2MoO_4) 对烟草野火病具有较好的防控效果分别为60.14%和71.76%; 同时它们具有促进烟草叶面积增加的作用。

关键词: 中微量元素; 控制; 烟草野火病; 烟草生物学性状

doi: 10.3969/j.issn.1004-5708.2012.05.011

中图分类号: S572.08

文献标识码: A

文章编号: 1004-5708(2012)05-0060-06

Effects of microelements in controlling tobacco wildfire disease and their influence on tobacco biological characters

WANG Zhen-guo^{1,3}, DING Wei^{1,3}, XIAO Peng², LI Dong-liang²,
CHEN Hai-tao^{1,3}, LI Shi-li¹, SHI Sheng-tan¹

1 College of Plant Protection South-West University, Beibei 400716, China;

2 Chongqing Fengjie Municipal Tobacco Company, Fengjie 404600, China;

3 Chongqing Research Institute of Tobacco Science, Beibei 400716, China

Abstract: Eight mineral nutrition elements, i. e. Ca, Fe, B, Mn, Zn, Mo, Cu, Mg, were selected to spray on tobacco leaves to study their control effects on tobacco wildfire disease and tobacco agronomical characters by field experiment. Results showed that both treatment 3 (H_3BO_3) and treatment 6 (Na_2MoO_4) had better control results, 60.14% and 71.76% respectively. Moreover, both treatments had active function in increasing tobacco leaf area.

Keywords: microelements; control; *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*; tobacco biological characters

烟草野火病(*Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*)是一种细菌性叶部病害, 具有爆发性和破坏性, 是影响烟叶生产的主要病害之一。化学防治、生物防治以及农业防治是野火病防治的主要手段, 其中化学防治又是

野火病防治的重要手段。在化学防治过程中, 某种或某几种化学农药的长期使用, 导致病原抗药性的产生, 随着烟区连作年限的增加抗性病原菌的数量也在增加^[1-2], 成为烟草野火病的防控的重大障碍。

烟草野火病药剂防治研究结果^[3-5]普遍表现为: 室内活性测定效果较好, 大田推广使用时, 由于受到持效期、气候条件等因素的影响药效难以发挥, 再加上病原抗药性的存在等这一系列问题均导致防治效果的不理想。传统的化学药剂已经很难有效控制野火病的发生和流行。近几年, 通过对烟草野火病发生流行规律及其对烟株不同部位叶片侵染的研究发现, 野火病的发

基金项目: “重庆市奉节县烟草健康栽培技术体系研究”(41001110)

作者简介: 王振国(1985—), 硕士研究生, 主要从事烟草病害防治的相关研究, Tel: 023-68250218, E-mail: wzgpan@163.com

通讯作者: 丁伟(1966—), 教授, 博士生导师, 主要从事天然产物农药和烟草有害生物系统控制研究, Tel: 023-68250218, E-mail: dwding818@163.com

收稿日期: 2011-09-28

生与烟叶长出时间具有一定的关系:初期,病原首先在烟株脚叶上发生,但随着烟草生育期的延长,烟草中上部叶被该病侵染的机率会逐渐增加,到后期该病主要危害烟株的中上部烟叶。这种发病规律是否与烟株体内营养元素的缺失与失衡有关?大量元素 N、P、K 与烟草病害发生的关系已经被很多研究^[6-8]所证明:烟株体内氮素含量(特别是生长后期)过高有利于促进野火病的发生;磷肥尤其是烟田生长后期磷肥含量与野火病的发生呈负相关关系;烟叶组织内钾含量过高(>4%)或过低(<2%)一定程度上都容易被野火病病原所侵染,三种大量元素在烟草的不同生育期保持一定比例才能保证烟株健康生长减少病害的发生。

在烟草对中微量元素的需求规律及中微量元素与植物病害的关系的基础之上^[9-12],特假设“烟株体内中微量元素失调导致其抗病能力下降难以抵抗野火病病原的侵染而发病”成立。本研究针对该假设设计小区试验,初步探索一定物质形态下的 8 种中微量元素对烟草野火病的控制效果及其对烟草主要生物学性状的影响。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试药剂

过磷酸钙 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$:上海科丰化学试剂有限公司;乙二胺四乙酸铁钠盐 Fe-EDTA:成都市科龙化工试剂厂;硼酸 H_3BO_3 :成都市科龙化工试剂厂;硫酸锰 MnSO_4 :重庆市博艺化学试剂有限公司;硫酸锌 ZnSO_4 :成都市科龙化工试剂厂;钼酸钠 Na_2MoO_4 :金堆城钼业股份有限公司化学分公司;硫酸铜 CuSO_4 :山东汇晶化工有限公司;硫酸镁 MgSO_4 :重庆博艺化学有限公司。

1.1.2 器材

托盘天平,WS-16 型背负式手动喷雾器。

1.1.3 供试品种

贵烟 4 号

1.1.4 供试地块

试验在重庆市太和乡石盘村选取具有代表性的地块进行。地块比较平整,肥力中等、均匀,土壤粘性、海拔 1290 m,该地块多年种烟。5 月 23 日移栽,株距为 55 cm,行距为 120 cm。6 月下旬进入团棵期,7 月下旬进入打顶期。

1.2 方法

1.2.1 试验设计

处理 1:过磷酸钙 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 200 倍液,叶面喷

施;处理 2:乙二胺四乙酸铁 Fe-EDTA 300 倍液,叶面喷施;处理 3:硼酸 H_3BO_3 750 倍液,叶面喷施;处理 4:硫酸锰 MnSO_4 750 倍液,叶面喷施;处理 5:硫酸锌 ZnSO_4 750 倍液,叶面喷施;处理 6:钼酸钠 Na_2MoO_4 1500 倍液,叶面喷施;处理 7:硫酸铜 CuSO_4 1000 倍液,叶面喷施;处理 8:硫酸镁 MgSO_4 200 倍液,叶面喷施;处理 9:清水对照。

每个处理设置 3 次重复,每小区 45~50 m²(约 70 株烟),随机排列,设置保护行。各处理均于 6 月 28 日进行第一次施药处理,于 7 月 5 日、7 月 12 日分别进行第二、三次施药处理,施药过程中保证药液均匀分布于烟叶的正反面、药液不下滴为宜。每次药剂处理后 6~8h 内保证无雨水降落。试验过程中不喷施任何杀菌剂,其他植保措施同当地常规操作。

1.2.2 病情的调查

每个小区采用“对角线五点法”进行选点,每点挂牌定 5 株,每小区固定调查 25 株,共调查 4 次。第一次药前调查于 6 月 28 日进行,第二、三次调查分别于第一次药后 7d(7 月 5 日)、第二次药后 7d(7 月 12 日)进行,最后一次调查于末次药后 10d(7 月 22 日)进行。病害分级标准参见 GB/T23222-2008《烟草病虫害调查与分级》之烟草野火病分级部分。利用公式(1)计算病叶率、公式(2)计算病情指数、公式(3)计算防治效果,利用 DPS 软件中的邓肯氏新复极差法对防控效果进行差异显著性分析。

$$\text{病叶率}(\%) = \frac{\text{发病叶数}}{\text{调查总叶数}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{病情指数} = \frac{\sum(\text{发病叶数}) \times (\text{病级代表值})}{(\text{调查总叶数}) \times (\text{病级最高值})} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{防治效果}(\%) = [1 - \frac{(\text{空白区药前病情指数}) \times (\text{处理区药后病情指数})}{(\text{空白区药后病情指数}) \times (\text{处理区药前病情指数})}] \times 100 \quad (3)$$

1.2.3 农艺性状调查

按 YC/T142-1998《烟草农艺性状调查方法》对烟株的有效叶片数、最大腰叶长、最大腰叶宽、株高以及茎围进行调查,并利用公式(4)、(5)计算叶面积。调查时间分别于第 1 次施药前 6 月 28 日进行第 1 次调查,第 2 次调查于烟株旺长中期 7 月 15 日,第 3 次调查于打顶期 7 月 30 日进行。调查方法采用“对角线 5 点法”,每点定 5 株,每个小区定株调查 25 株。

$$\text{叶面积}(\text{cm}^2) = \text{叶面积指数} \times \text{叶长}(\text{cm}) \times \text{叶宽}(\text{cm}) \quad (4)$$

$$\text{叶面积指数} = 0.7244 - 0.0297 \times (\text{叶长}/\text{叶宽}) \quad (5)$$

2 结果

2.1 八种中微量元素补施对烟草野火病的控制效果

2.1.1 病叶率分析

由图 1 分析可知,前 8 个处理中,随着中微量元素的使用,病叶率发生变化,表现为第一次药后(7 月 5 日)变化最大,后两次调查结果与药前调查相比逐次减小,空白处理 9 也表现出这种趋势。这与烟草本身

的生长周期与特点关系密切:6 月 28 日至 7 月 5 日这段时间烟草处于团棵期,无论是叶片数还是单叶面积变化均不大;7 月 5 日以后烟草进入旺长期,无论是叶片数还是单叶面积均以较快速度增加,病叶率增加速度减慢,药剂处理和空白处理均相同。综合分析可知,处理 3(硼酸 H_3BO_3)、处理 6(钼酸钠 Na_2MoO_4)对病叶率抑制效果较好,处理 8(硫酸镁 MgSO_4)效果最小。

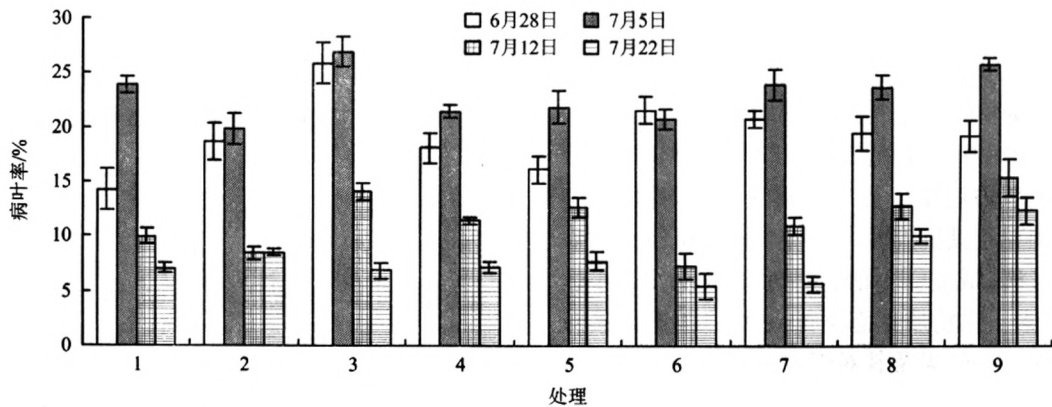


图 1 八种中微量元素对发病率的影响

注:处理 1:过磷酸钙 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 200 倍液,叶面喷施;处理 2:乙二胺四乙酸铁 Fe-EDTA 300 倍液,叶面喷施;处理 3:硼酸 H_3BO_3 750 倍液,叶面喷施;处理 4:硫酸锰 MnSO_4 750 倍液,叶面喷施;处理 5:硫酸锌 ZnSO_4 750 倍液,叶面喷施;处理 6:钼酸钠 Na_2MoO_4 1500 倍液,叶面喷施;处理 7:硫酸铜 CuSO_4 1000 倍液,叶面喷施;处理 8:硫酸镁 MgSO_4 200 倍液,叶面喷施;处理 9:清水对照。

2.1.2 防效分析

由表 1 分析可知,7 月 5 日调查结果显示,处理 3 (H_3BO_3)和处理 6 (Na_2MoO_4)防控效果较好分别为 25.53%和 48.88%,且与处理 1 ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$)、处理 4 (MnSO_4)、处理 5 (ZnSO_4)、处理 7 (CuSO_4)、处理 8 (MgSO_4)在 5% 显著水平上差异显著;7 月 12 日调查数据表明,处理 3 (H_3BO_3)和处理 6 (Na_2MoO_4)防控效果较好分别为 44.01%和 59.37%,且与处理 1 (Ca

(H_2PO_4)₂)、处理 2 (Fe-EDTA)、处理 4 (MnSO_4)、处理 5 (ZnSO_4)、处理 8 (MgSO_4)相比在 5% 显著水平上差异显著;末次药后 10 天调查显示,同样是处理 3 (H_3BO_3)和处理 6 (Na_2MoO_4)防控效果较好分别为 60.14%和 71.76%,同时,处理 7 (CuSO_4)的防控效果也达到了 54.84%,在 5% 显著水平上,这 3 个处理与处理 2 (Fe-EDTA)、处理 4 (MnSO_4)、处理 5 (ZnSO_4)、处理 8 (MgSO_4)相比差异显著。

表 1 一定物质形态的 8 种中微量元素的使用对烟草野火病的控制效果

编号	处理	防控效果/%		
		7 月 5 日(第 1 次药后 7d)	7 月 12 日(第 2 次药后 7d)	7 月 22 日(第 3 次药后 10d)
1	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	— c	15.31b	37.94ab
2	Fe-EDTA	19.68ab	24.29b	28.80b
3	H_3BO_3	25.53ab	44.01a	60.14a
4	MnSO_4	—b	11.09b	28.56b
5	ZnSO_4	— c	— c	12.13b
6	Na_2MoO_4	48.88a	59.37a	71.76a
7	CuSO_4	10.76b	39.06a	54.84a
8	MgSO_4	— c	— c	— c
9	C K	—	—	—

注:表中同列数字后小写字母 b 不同表示在 5% 水平差异显著;“—”表示无防效或防效为负值。

表2 一定物质形态的8种中微量元素的使用对烟草主要生物学性状的影响

	编号	处理	6月28日 (团棵期)	7月15日 (旺长期)	7月30日 (打顶期)
有效叶片数 /(片/株)	1	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	11.25 ± 0.29 a	18.92 ± 0.96 a	20.33 ± 0.74 b
	2	Fe-EDTA	11.50 ± 0.14 a	19.00 ± 0.75 a	18.83 ± 0.68 a
	3	H ₃ BO ₃	11.17 ± 0.30 a	18.92 ± 0.68 a	19.83 ± 0.58 ab
	4	MnSO ₄	10.92 ± 0.30 a	19.17 ± 0.44 a	19.67 ± 0.17 ab
	5	ZnSO ₄	11.17 ± 0.30 a	19.25 ± 0.38 a	19.33 ± 0.22 ab
	6	Na ₂ MoO ₄	11.08 ± 0.33 a	18.58 ± 0.44 a	19.83 ± 0.36 ab
	7	CuSO ₄	11.17 ± 0.36 a	19.08 ± 0.79 a	18.67 ± 0.08 ab
	8	MgSO ₄	11.08 ± 0.46 a	18.75 ± 0.80 a	19.83 ± 0.42 ab
	9	C K	11.33 ± 0.08 a	18.92 ± 0.55 a	20.25 ± 0.38 b
平均株高/ cm	1	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	41.46 ± 4.34 a	83.77 ± 5.49 a	107.74 ± 6.78 a
	2	Fe-EDTA	41.20 ± 2.00 a	79.27 ± 1.99 a	103.46 ± 4.22 a
	3	H ₃ BO ₃	39.59 ± 2.72 a	81.09 ± 4.06 a	115.30 ± 4.10 a
	4	MnSO ₄	37.64 ± 3.56 a	79.70 ± 3.45 a	105.26 ± 6.01 a
	5	ZnSO ₄	37.99 ± 2.39 a	81.79 ± 2.86 a	111.99 ± 4.67 a
	6	Na ₂ MoO ₄	38.04 ± 2.61 a	80.06 ± 5.04 a	108.52 ± 4.04 a
	7	CuSO ₄	39.99 ± 2.56 a	83.18 ± 3.32 a	111.97 ± 5.75 a
	8	MgSO ₄	37.55 ± 2.10 a	77.71 ± 5.15 a	107.66 ± 6.10 a
	9	C K	40.37 ± 1.93 a	80.80 ± 0.55 a	110.61 ± 2.48 a
平均茎围/ cm	1	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	7.50 ± 0.29 a	8.23 ± 0.26 a	9.38 ± 0.33 a
	2	Fe-EDTA	7.67 ± 0.10 a	8.08 ± 0.27 a	8.97 ± 0.59 a
	3	H ₃ BO ₃	7.61 ± 0.19 a	8.52 ± 0.14 a	9.21 ± 0.20 a
	4	MnSO ₄	7.34 ± 0.27 a	8.08 ± 0.30 a	9.12 ± 0.28 a
	5	ZnSO ₄	7.36 ± 0.24 a	8.24 ± 0.04 a	9.07 ± 0.18 a
	6	Na ₂ MoO ₄	7.11 ± 0.38 a	7.88 ± 0.24 a	9.09 ± 0.16 a
	7	CuSO ₄	7.59 ± 0.20 a	8.24 ± 0.11 a	9.18 ± 0.24 a
	8	MgSO ₄	7.50 ± 0.16 a	7.92 ± 0.08 a	8.98 ± 0.17 a
	9	C K	7.67 ± 0.10 a	8.15 ± 0.15 a	9.13 ± 0.15 a
最大叶面积/ cm ²	1	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	1098.88 ± 54.10 a	1338.58 ± 73.11 ab	1518.17 ± 50.51 ab
	2	Fe-EDTA	1132.03 ± 103.42 a	1273.57 ± 87.32 b	1438.21 ± 120.25 b
	3	H ₃ BO ₃	1098.91 ± 29.53 a	1442.55 ± 70.36 a	1549.28 ± 40.55 a
	4	MnSO ₄	1042.64 ± 98.46 a	1275.47 ± 52.75 b	1488.37 ± 22.93 ab
	5	ZnSO ₄	1055.04 ± 56.22 a	1330.05 ± 33.97 ab	1535.63 ± 80.71 ab
	6	Na ₂ MoO ₄	1030.82 ± 89.83 a	1303.82 ± 49.55 b	1559.80 ± 54.39 a
	7	CuSO ₄	1070.76 ± 51.56 a	1355.51 ± 80.30 ab	1521.60 ± 66.86 ab
	8	MgSO ₄	1051.85 ± 29.47 a	1192.64 ± 37.11 b	1398.83 ± 28.05 b
	9	C K	1075.57 ± 17.58 a	1315.67 ± 51.75 b	1416.68 ± 66.88 b

注:表中数值为平均值 ± SE,同列数字后小写字母不同表示在5%水平差异显著。

2.2 对烟草农艺性状的影响

由表 2 分析可知,6 月 28 日(团棵期)调查结果表明:各处理有效叶片数均在 11 片左右,各处理间差异不显著;各处理平均株高均在 37~42cm 之间,各处理间差异不显著;各处理平均茎围均在 7.1~7.7cm 之间,差异不显著;各处理最大叶面积均在 1030~1132cm² 之间,差异不显著。7 月 15 日(旺长期)调查结果表明:有效叶片数、平均株高、平均茎围,各处理与对照相比差异不显著;最大叶面积处理 3(H₃BO₃)与对照相比差异显著。7 月 30 日(打顶期)的调查结果表明:随着处理次数的增加,有效叶片数处理 2(Fe-EDTA)比对照减少,且在 5% 显著水平上差异显著;平均株高、平均茎围各处理与对照相比差异不显著;最大叶面积处理 3(H₃BO₃)和处理 6(Na₂MoO₄)与对照相比在 5% 显著水平上差异显著。

总之,在药剂处理前(6 月 28 日),各处理有效叶片数、平均茎围、平均株高、最大叶面积没有显著差异;随着中微量元素的使用,这些指标间的差异发生了改变,主要表现在处理 3(H₃BO₃)和处理 6(Na₂MoO₄)增加了叶面积,处理 2(Fe-EDTA)减少了有效叶片数。

3 讨论与结论

试验于 6 月 28 日开始至 7 月 30 日结束,共历时 33 天,经历了烟草生长的团棵期、旺长期和打顶期,在此过程中烟株一直处于生长过程中,其叶片数不断增多、叶面积不断增野火病的病情指数和病叶率具有减少,符合烟草生长和病情发展的实际情况。处理 2(Fe-EDTA)的有效叶片数在最后一次调查时表现出减少的现象,这可能与 Fe-EDTA 的使用剂量过大产生部分药害有关。

实验结果表明,硼酸处理和钼酸钠处理对野火病的防治具有较好效果,且两个处理对烟草最大叶面积具有促进作用。分析原因:(1) 硼酸施用后被烟株吸收,在体内与顺式二元醇结合形成复合体,这种复合体能促进植物体内纤维素的合成,加厚了烟草细胞壁结构^[13],为烟草抵抗烟草野火病侵染建立了屏障;(2) 糖类物质(尤其是还原性糖)在植物体内的分配直接影响烟草本身对病害的抵抗能力^[14]。硼被烟株吸收后可以促进含氮碱基的尿嘧啶合成,从而促进糖类物质在烟株体内的合成;同时,硼还可以影响糖类物质在烟株韧皮部的装载,保证了糖类物质在植株体内的运输与分配;当供硼不充足时,则会有大量糖类化合物在中上部叶积累,不能在植株体内均匀分散,特别是下部叶糖含量不足往往易被有害病原所侵染^[15];(3) 增施

硼元素,可以增加烟株本身对钾素的吸收量,增加烟株本身的抗病性^[16]。另外,硼不足时糖运输受阻,会造成分生组织中糖量不足致使新生组织难以形成,往往表现为植株顶部生长停滞,甚至生长点死亡;充足的硼含量促进了 IAA 在植物体内的扩散和运输,有利于促进细胞的伸长和分裂,于是出现硼处理的烟株最大叶面积明显增加的现象^[17];(4) 钼是烟草必须的微量元素,对烟草的氮素营养及提高烟叶中叶绿素含量和稳定性、增强光合作用、促进碳水化合物合成转移具有积极作用,随着钼酸钠的使用,烟株最大叶面积明显大于对照处理^[18-19];(5) 钼酸钠被烟株吸收后,在其体内促进 ABA 的形成,提高烟株自身免疫力^[20-21];(6) 钼酸钠被吸收后,能够降低叶片的质膜透性(MP)、多酚氧化酶(PPO)和抗坏血酸氧化酶(AO)的活性,增加了丙二醛(MDA)的含量以及超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、抗坏血酸过氧化物酶(AP)、过氧化氢酶(CAT)的活性,同时还能增加烟株对土壤中钾素的吸收,激发了烟草自身的保护系统,使其抗病抗逆能力增加^[22]。

建议在生产上对作物进行中微量元素补施,平衡其营养,增加抗病性。要注意以下几点:(1) 不同的作物品种,不同的环境条件要求选用不同形态的中微量元素;(2) 选择合适的施用时间,要根据作物种类及其对中微量元素吸收的规律,选择合适的时间进行施用,发挥其最大功效;(3) 选择合适的施用剂量,防止药害的产生;(4) 使用中微量元素控制烟草野火病时,要注意烟叶生产的重金属安全问题,做好烟叶重金属检测、安全间隔期等研究工作。

参考文献

- [1] Whalon M E, Mota-Sanchez D, Hollingworth R M. Global pesticide resistance in arthropods [M]. London: CABI International, UK, 2008: 1-23.
- [2] 高希武, 韩召军, 邱星辉, 等. 昆虫毒理学发展研究报告[M]//中国科学技术协会, 昆虫学学科发展报告. 北京: 中国科学技术出版社, 2009: 76-90.
- [3] 魏代福, 谭青涛, 张广民. 防治烟草野火病的药剂测定与筛选[J]. 中国烟草科学, 2010, 31(2): 42-44.
- [4] 谈文, 吴元华. 烟草病理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [5] 刘雅婷, 张世琰, 李永忠, 等. 防治烟草野火病的药剂筛选及应用研究[J]. 湖南农业大学学报, 2002, 28(2): 109-111.
- [6] 王绍坤, 赵瑜, 姜建文. 磷钾肥对烟草野火病的影响[J]. 烟草科技, 1991(1): 37-39.

- [7] 王绍坤, 赵瑜, 姜建文. 氮肥对烟草野火病的影响研究初报[J]. 烟草科技, 1994(3): 43-44.
- [8] 董艳, 董坤, 李秀琼, 等. K 营养对烤烟叶片中几种抗性物质及野火病发生的影响[J]. 云南农业大学学报, 2007, 22(3): 361-365.
- [9] 李鑫, 吴元华. 矿质元素调控烟草抗 PVYN 生理生化及分子机制研究[D]. 沈阳农业大学博士学位论文, 2009.
- [10] 慕康国, 赵秀琴, 李健强, 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.
- [11] 尹立红. 猕猴桃黄化病与其营养关系研究[D]. 西安: 西北农林科技大学硕士论文, 2003.
- [12] 尹立红, 马志卿, 陈安良, 等. 矿质元素与植物抗病虫草害关系研究进展[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2003, 31(增刊): 157-161.
- [13] Hu H, Brown P H. Localization of boron in cell walls of squash and tobacco and its association with pectin (evidence for a structural role of boron in the cell wall) [J]. Plant physiology, 1994, 105(2): 681-689.
- [14] 白宝璋, 朱广发, 谭桂茹, 等. 烟草叶片感染野火病时的某些生理生化变化[J]. 吉林农业大学学报, 1994, 16(2): 28-30.
- [15] 骆桂芬, 崔俊涛, 张莉. 黄瓜叶片中糖和木质素含量与霜霉病诱导抗性的关系[J]. 植物病理学报, 1997, 27(1): 65-69.
- [16] 胡荣海. 云南烟草栽培学[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 289-291.
- [17] 牛义, 张盛林. 植物硼素营养研究的现状及展望[J]. 中国农学通报, 2003, 19(2): 101-104.
- [18] 孙映波, 张壮塔, 马曼庄, 等. 广州菜区土壤钼含量及其叶菜硝酸盐的关系[J]. 热带亚热带土壤科学, 1998, 7(3): 242-244.
- [19] Pollar A S, Parr A J, Loughman B C. Boron in relation to membrane function in higher plants [J]. J Exp Bot, 1977, 28: 831-841.
- [20] 刘鹏, 杨玉爱. 钼、硼对大豆叶片膜脂过氧化和体内保护系统的影响[J]. 植物学报, 2000, 42(5): 461-466.
- [21] 刘鹏, 杨玉爱. 钼、硼对大豆氮代谢的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1999, 5(4): 347-351.
- [22] 王文富. 云南土壤[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1996.

[上接第 50 页]

- [8] 王晖, 邢小军, 许自成. 凉山烟区主要气候因素与烤烟质量特点分析[J]. 中国农业气象, 2007(4): 420-425.
- [9] 许自成, 王林, 关博谦, 等. 湖南烟区烤烟锰与土壤有效锰含量的分布特点及关系分析[J]. 中国烟草学报, 2007, 13(5): 27-32.
- [10] 刘国顺, 杨超, 祖朝龙, 等. 不同类型植烟土壤微生物动态变化分析[J]. 中国烟草学报, 2007, 13(5): 38-43.
- [11] 唐远驹, 张建平. 上海主要烤烟生产基地质量生态类型的初步划分[J]. 中国烟草科学, 2006, 27(3): 1-5.
- [12] 许自成, 刘国顺, 刘金海, 等. 铜山烟区生态因素和烟叶质量特点[J]. 生态学报, 2005, 25(7): 1748-1753.
- [13] 韦成才, 马英明, 艾绥龙, 等. 陕南烤烟质量与气候关系研究[J]. 中国烟草科学, 2004(3): 38-41.
- [14] 苏德艳, 杨中义, 何轶, 等. 保山生态因素对其特色优质烟叶质量的影响[J]. 湖南农业科学, 2009(1): 53-56.
- [15] 彭智良, 黄元炯, 刘国顺, 等. 不同有机肥对烟田土壤微生物以及烟叶品质和产量的影响[J]. 中国烟草学报, 2009, 15(2): 41-45.
- [16] 黎妍妍, 丁伟, 李传玉, 等. 贵州烟区生态条件及烤烟质量状况分析[J]. 安全与环境学报, 2007, 7(2): 96-100.
- [17] 许自成, 黎妍妍, 肖汉乾, 等. 湘南烟区生态因素与烤烟质量的综合评价[J]. 植物生态学报, 2008, 32(1): 226-234.
- [18] 秦建成, 罗云云, 魏朝富, 等. 基于 ArcGIS 的彭水县烟区土壤有效态微量元素丰缺评价[J]. 土壤学报, 2006, 43(6): 892-897.
- [19] 陈尧, 郑华, 石俊雄, 等. 施用化肥和菜籽粕对烤烟根际微生物的影响[J]. 土壤学报, 2012, 49(1): 198-203.
- [20] 龚子同. 中国土壤系统分类: 理论·方法·实践[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 756-760.
- [21] 中国科学院南京土壤研究所土壤系统分类课题组, 中国土壤系统分类课题研究协作组. 中国土壤系统分类检索[M]. 3 版. 合肥: 中国科技大学出版社, 2001.
- [22] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000: 112-478.
- [23] 肖协忠. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1997: 162-250.