

## 亳州烟区农田耕作层土壤微量元素含量研究<sup>①</sup>

崔爱华<sup>1</sup>, 张东启<sup>1</sup>, 郭 卢<sup>1</sup>, 赵 安<sup>1</sup>, 桑传杰<sup>1</sup>, 李成贵<sup>1</sup>, 宋效东<sup>2</sup>,  
易 晨<sup>2</sup>, 李德成<sup>2\*</sup>, 刘 峰<sup>2</sup>, 祖朝龙<sup>3</sup>, 姜超强<sup>3</sup>, 张 林<sup>3</sup>

(1 安徽省烟草公司亳州市公司, 安徽亳州 236000; 2 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008;

3 安徽省农业科学院烟草研究所, 合肥 233100)

## Microelement Contents in Plough Horizons of Tobacco-planting Soil in Bozhou

CUI Ai-hua<sup>1</sup>, ZHANG Dong-qi<sup>1</sup>, GUO Lu<sup>1</sup>, ZHAO An<sup>1</sup>, SANG Chuan-jie<sup>1</sup>, LI Cheng-gui<sup>1</sup>, SONG Xiao-dong<sup>2</sup>, YI Chen<sup>2</sup>, LI De-cheng<sup>2\*</sup>, LIU Feng<sup>2</sup>, ZU Chao-long<sup>3</sup>, JIANG Chao-qiang<sup>3</sup>, ZHANG Lin<sup>3</sup>

(1 Bozhou Branch of Anhui Tobacco Corporation, Bozhou, Anhui 236000, China; 2 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences), Nanjing 210008, China; 3 Institute of Tobacco Science, Anhui Agricultural Academy of Sciences, Hefei 233100, China)

**摘 要:**亳州市谯城区是皖北主产烟区, 本文利用谯城区 2007—2010 年期间开展的测土配方施肥项目的 1 134 个农田耕作层土壤样点数据和 2013 年补采的 90 个典型烟田数据, 测定分析了微量元素铁、锰、铜、锌的有效态含量, 旨在为烟区微量元素肥料的施用提供科学指导。结果表明, 土壤有效态铁、锰、铜、锌的含量分别介于 0.43 ~ 12.00、0.04 ~ 4.00、0.50 ~ 56.00 和 1.30 ~ 67.00 mg/kg, 平均含量分别为 1.82、0.77、12.83 和 15.84 mg/kg, 含量总体上较高, 仅 12.3% 的土壤缺锌, 主要分布在十河镇、双沟镇、古城镇、龙阳镇、赵桥乡、关堂镇, 这部分烟区可以酌情考虑增施锌肥。

**关键词:**微量元素; 有效态含量; 空间变异; 耕作层土壤; 亳州烟区

中图分类号: S158.3

微量元素是植物正常生长发育过程中所必需的<sup>[1,2]</sup>。微量元素的丰缺在一定程度上可影响烟株生理代谢<sup>[3]</sup>、生长发育<sup>[4]</sup>、烤烟内在品质<sup>[5-7]</sup>和经济性状<sup>[8]</sup>, 因此植烟土壤微量元素的研究得到了高度关注<sup>[9]</sup>。土壤是高度复杂的空间变异体, 烟田土壤微量元素含量的空间变异也十分复杂<sup>[10-13]</sup>。准确认识烟区土壤微量元素的丰缺情况和空间变异特征, 有助于指导烤烟种植时微量元素肥料的科学施用。

亳州市谯城区是皖北主产烟区<sup>[14]</sup>, 根据安徽省烟草公司亳州市公司烤烟种植面积资料, 亳州烤烟近年来种植面积基本维持在 3 400 hm<sup>2</sup> 左右, 收购量在

400 ~ 500 万 kg。本研究根据 2007—2013 年期间获取的大规模土样测定分析数据, 运用地统计学方法, 分析了谯城区土壤有效态微量元素的丰缺状况以及空间变异特征。

### 1 材料与方法

#### 1.1 研究区概况

亳州市谯城区位于 115°30' ~ 116°05'E, 33°25' ~ 34°05'N, 面积为 2 226 km<sup>2</sup>, 长约 150 km, 宽约 90 km。谯城区域地处淮北平原北部, 海拔介于 32 ~ 42 m, 由西北向东南海拔逐渐变低, 由于受河流蜿蜒切割变迁和黄河历次南泛的影响, 形成了平原中岗、坡、碟

基金项目: 安徽省烟草公司项目(20130551003)资助。

\* 通讯作者(dcli@issas.ac.cn)

作者简介: 崔爱华(1977—), 安徽亳州人, 本科, 主要从事烤烟生产和管理工作。E-mail: cuiah@xinhuanet.com

形洼地相间分布。谯城区属暖温带半湿润气候，日照时数 2 508 h，年均气温 14.5℃，降水量 805 mm，水面蒸发量 1 748 mm，无霜期 209 天。全区耕地面积约 12.6 万 hm<sup>2</sup>，土壤类型主要是潮土(淡色潮湿雏形土，面积 8.35 万 hm<sup>2</sup>)和砂姜黑土(砂姜钙积潮湿变性土或砂姜潮湿雏形土，面积 4.25 万 hm<sup>2</sup>)，均为旱作，一般农田主要种植制度为小麦-玉米(大豆、棉花)轮作、中药材，烟田种植制度为：烤烟-红薯套种 3 年后，改种其他作物 2 年(如小麦-玉米、大豆轮作等)，再恢复烤烟-红薯套种 3 年。烤烟-红薯套种下总体施肥情况为：烟草专用肥 750 kg/hm<sup>2</sup>(不含微量元素)，硝酸钾和硫酸钾各 75 kg/hm<sup>2</sup>，不用微量元素肥料(红薯不单独再施肥料)。烟田灌溉基本靠机井地下水。

1.2 土壤数据

耕作层土壤数据包括两个部分：来自谯城区土肥站提供的 2007—2010 年开展的测土配方施肥项目获取覆盖全区的 1 134 个采样点的数据；2013 年采集的 90 个代表典型土壤类型和成土母质的样点数据，所有采样点空间分布见图 1。

采样方法均为记录采样田块的经纬度和海拔信息，随机多点取 0~20 cm 耕层土壤，充分混匀后“四分法”留取 2 kg 土壤组成农化分析样品，经风干、去杂、磨细、过 60 目(0.25 mm)筛用于测定分析，铁、锰、铜、锌有效态含量采用 DTPA 浸提，原子吸收分光光度计法测定<sup>[15-17]</sup>。

1.3 数据处理

采用 SPSS 20 软件对数据进行常规统计分析，采用 ArcGIS 10.0 软件地统计学模块对 4 种微量元素进行预测分析。

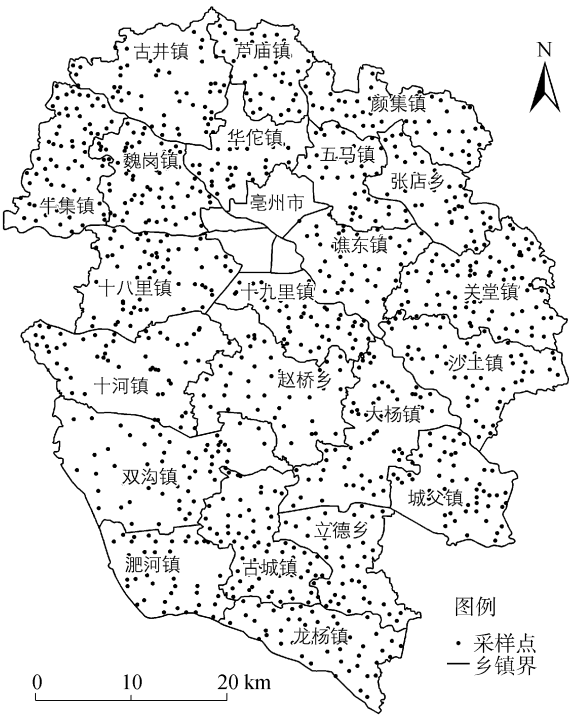


图 1 土壤采样点空间分布

2 结果与讨论

2.1 土壤微量元素含量统计特征

统计分析采用土壤样点的最大值、最小值、平均值、方差、标准差、偏度与峰度系数来描述微量元素的含量和分布特征(表 1)。其中，平均值反映了样本的中心趋向及分布状况，峰度描述微量元素值分布形态陡缓程度，偏度表示土壤样本数据分布的偏斜方向和程度的度量。采用域法识别特异值，即平均值±3 倍标准差去除异常值，在此区间以外的数据均定为特异值，然后分别用正常最大值和最小值代替特异值。

表 1 谯城区土壤有效态微量元素含量统计(mg/kg)

| 指标  | 范围/平均值             | 方差    | 标准差  | 偏度   | 峰度    |
|-----|--------------------|-------|------|------|-------|
| 有效铜 | 0.43 ~ 12.00/1.82  | 0.57  | 0.75 | 5.80 | 63.72 |
| 有效锌 | 0.04 ~ 4.00/0.77   | 0.22  | 0.47 | 2.35 | 9.33  |
| 有效铁 | 0.50 ~ 56.00/12.83 | 29.42 | 5.42 | 1.45 | 4.79  |
| 有效锰 | 1.30 ~ 67.00/15.84 | 66.56 | 8.16 | 1.40 | 2.76  |

从表 1 可以看出，土壤有效铁与有效锰的标准差较大，表明该区域土壤中的有效铁与有效锰含量差异较大。如果变量的偏斜度为 0，那么这个变量呈现正态分布，否则为偏态分布。有效铜的偏度最大，为

5.8；其他 3 种微量元素接近 0，基本服从正态分布。从这 4 种微量元素的频率直方图(图 2)也可以看出，有效铜为偏正态分布，因此在空间插值过程中，需要先对该微量元素进行对数转换使其服从正态分布。

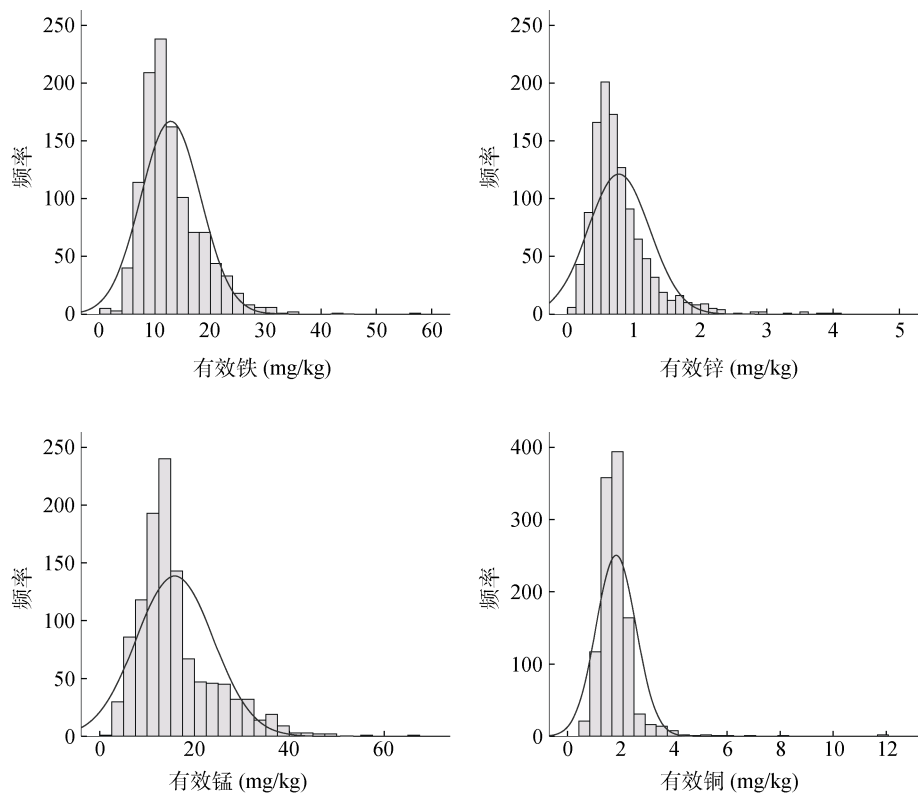


图 2 皖北烟区土壤微量元素含量频率分布图

采用 Pearson 相关性分析方法对这 4 种微量元素含量进行相关性分析(表 2),有效锰与有效铜、有效铁相关性显著,与有效铁的相关性系数达到 0.640\*\* ;有效铜与有效铁、有效锌相关性显著,与有效锌的相关系数达到 0.405\*\*。

表 2 谯城区土壤有效态微量元素相关系数

| 微量元素 | 有效锰 | 有效铜     | 有效铁     | 有效锌     |
|------|-----|---------|---------|---------|
| 有效锰  | 1   | 0.121** | 0.640** | -0.002  |
| 有效铜  |     | 1       | 0.129** | 0.405** |
| 有效铁  |     |         | 1       | 0.016   |
| 有效锌  |     |         |         | 1       |

注:\*\* 表示相关性达到  $P < 0.01$  显著水平(双尾)。

2.2 土壤微量元素空间变异特征

基于预处理后的亳州市谯城区土壤微量元素数据,采用 ArcGIS 地统计模块的普通克里格进行预测性分析,分析结果如图 3 所示。有效锰与有效铁分布趋势一致,表现为西南和东南相对较高,其他地区相对较低;有效锌与有效铜分布趋势一致,表现为西北和东南相对较高,其他地区相对较低。

2.3 土壤微量元素含量丰缺评价

土壤微量元素含量的丰缺分级标准见表 3<sup>[1, 18]</sup>。根据表 3 的分级,应用 ArcGIS 中的空间分析模块中的重分类对生成的土壤有效态微量元素栅格数据进

行分级统计,计算出 4 种微量元素含量不同等级所占面积百分比(表 4)。

由表 1 可知,谯城区植烟土壤中,有效铜、锌、铁、锰的含量分别介于 0.43 ~ 12.00、0.04 ~ 4.00、0.50 ~ 56.00 和 1.30 ~ 67.00 mg/kg,平均分别为 1.82、0.77、12.83 和 15.84 mg/kg。有效态含量总体上均较高,仅 12.3% 的植烟土壤缺锌(表 4),主要分布在十河镇、双沟镇、古城镇、龙阳镇、赵桥乡、关堂镇(图 3)。

2.4 讨论

2.4.1 土壤缺锌原因 亳州烟区主要土壤类型(砂土、淤土、两合土和砂姜黑土)的上部土体多是来自具有石灰性的黄泛冲积物,石灰性是导致土壤有效锌缺乏的重要原因<sup>[1, 19]</sup>。当土壤有效锌含量缺乏时,烟株生长缓慢,植株矮小、节间短、叶片小、顶叶簇生、叶片失绿黄化,下部叶有大量坏死斑<sup>[20, 21]</sup>,因此缺锌的烟区可酌情考虑补施锌肥。

2.4.2 土壤锌、铜环境风险 依据有关文献,我国黄潮土的全锌含量介于 49 ~ 150 mg/kg,平均为 80 mg/kg;全铜含量介于 9 ~ 36 mg/kg,平均为 16 mg/kg<sup>[22]</sup>;而据张小敏等<sup>[23]</sup>的研究,安徽省农田土壤中全锌和全铜含量分别大致为 105 ~ 116 mg/kg 和 46 ~ 57 mg/kg,这些数据均尚低于我国现有的土壤环境质量中二级标准<sup>[24]</sup>(锌为 300 mg/kg,铜为 100 mg/kg, pH>7.5;亳州烟区耕层土壤以碱性为主, pH 平均为 7.7)。毫

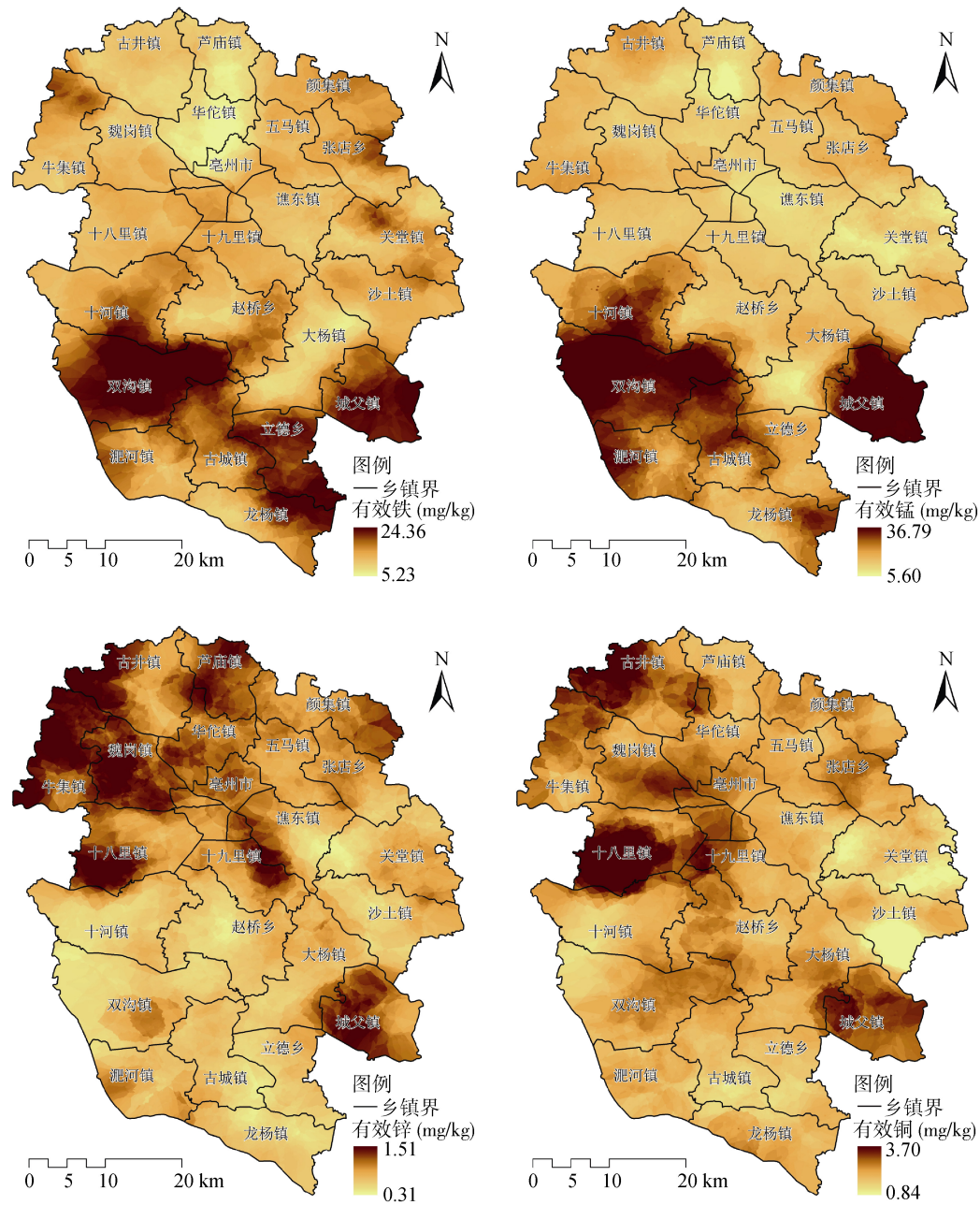


图 3 谯城区烟区有效态微量元素空间分布

| 表 3 有效态微量元素含量分级标准 (mg/kg) |      |         |         |         |      |
|---------------------------|------|---------|---------|---------|------|
| 微量元素                      | 丰    | 较丰      | 中       | 缺       | 极缺   |
| 有效铁                       | >20  | 20~10   | 10~4.5  | 4.5~2.5 | <2.5 |
| 有效锰                       | >30  | 30~15   | 15~5    | 5~1     | <1   |
| 有效铜                       | >1.8 | 1.8~1.0 | 1.0~0.2 | 0.2~0.1 | <0.1 |
| 有效锌                       | >3   | 3~1     | 1~0.5   | 0.5~0.3 | <0.3 |

| 表 4 谯城区植烟土壤有效态微量元素含量等级比例分布(%) |      |      |      |      |    |
|-------------------------------|------|------|------|------|----|
| 微量元素                          | 丰    | 较丰   | 中    | 缺    | 极缺 |
| 有效铁                           | 3.2  | 78.8 | 18.0 | 0    | 0  |
| 有效锰                           | 3.2  | 36.7 | 60.1 | 0    | 0  |
| 有效铜                           | 42.7 | 56.7 | 0.56 | 0    | 0  |
| 有效锌                           | 0    | 14.4 | 73.3 | 12.3 | 0  |

州市是农业大市，以种植业为主，而且烟区主要分布在工业企业很少甚至没有的地区，因此可以推断烟区土壤中锌和铜的含量尚未构成环境风险。

**2.4.3 维持烟田土壤微量元素动态平衡的理论施肥量** 目前谯城区烟田一般是烤烟-红薯套种，不施微量元素肥料。烤烟植株（包括根、茎、叶）干重生物量约 6 000 kg/hm<sup>2</sup>，全部移出烟田；红薯地下块根鲜重生物量约 30 000 kg/hm<sup>2</sup>，按较低的含水量 72% 计<sup>[25]</sup>，相当于干重 8 400 kg/hm<sup>2</sup>，其茎叶全部还田。这样依据烟株和红薯地下块茎中微量元素的大致含量，可以计算出每年烟田土壤微量元素被带走的数量

(表 5)。由表 5 可见,如果想维持烟区耕作层土壤的微量元素含量现状不变,则每年每公顷的耕地应分别施用约 1.62、0.41、0.11 和 0.22 kg (纯量) 的铁、锰、铜和锌微肥。

表 5 烤烟-红薯套种消耗带走的微量元素

| 元素 | 烟叶<br>(mg/kg) <sup>[26]</sup> | 红薯<br>(mg/kg) <sup>[27]</sup> | 合计消耗的微量元素<br>(kg/(y·hm <sup>2</sup> )) |
|----|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|
| 铁  | 221.1                         | 35.4                          | 1.62                                   |
| 锰  | 65.75                         | 2.1                           | 0.41                                   |
| 铜  | 14.64                         | 2.6                           | 0.11                                   |
| 锌  | 33.7                          | 2.3                           | 0.22                                   |

3 结论

(1) 皖北亳州市谯城区农田土壤有效态微量元素含量较为丰富,仅局部地区缺锌,可酌情考虑增施锌肥。

(2) 空间分布上,有效锰与有效铁表现为西南和东南相对较高,其他地区相对较低;有效锌与有效铜表现为西北和东南相对较高,其他地区相对较低。

致谢:在调查采样过程中亳州市土肥站和各烟站有关人员给予了大力支持和帮助,谨此一并致谢!

参考文献:

[1] 刘铮. 中国土壤微量元素[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1996

[2] 邢光熹, 朱建国. 土壤微量元素和稀土元素化学[M]. 北京: 科学出版社, 2003

[3] 王东胜, 刘贯山, 李章海. 烟草栽培学[M]. 合肥: 中国科学技术出版社, 2002

[4] 李明德, 肖汉乾, 余崇祥, 何英豪, 汤海涛, 张一扬. 湖南烟区土壤中、微量元素状况及施肥效应研究[J]. 中国烟草科学, 2005 (1): 25-27

[5] 刘国顺, 王佩, 段史江, 杨彦明, 李宽伟, 李彦涛. 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

[6] 徐雪芹, 许霭飞, 王维刚, 曾德芬, 周晓. 微量元素对烤烟香气品质的影响[J]. 广东农业科学, 2012(3): 30-34

[7] 宋牧, 赵万鹏. 几种中微量元素肥料对烤烟产量及品质的影响[J]. 北京农业, 2012(5): 92-93

[8] 曾睿, 何忠俊, 程智敏, 左娟, 闫小军, 黄胜. 铜对烤烟

生长及产质量的影响研究[J]. 现代农业科技, 2010(22): 65-66

[9] 王影影. 烤烟典型产区土壤与烟叶铁、锰、铜、锌分布特点研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013

[10] 赵羨波. 贵州长顺植烟土壤微量元素的含量分布与空间变化[J]. 贵州农业科学, 2013, 41(4): 68-71

[11] 顾怀胜, 腊贵晓, 曹廷茂, 杨铁钢, 刘国顺. 喀斯特地区烟田土壤有效态微量元素的空间变异特征—以贵州省毕节地区为例[J]. 河南农业科学, 2012, 41(10): 74-78

[12] 刘朝科, 汤术开, 张涛, 解燕, 张一扬, 李强. 陆良植烟土壤有效态微量元素空间分布研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(30): 71-75

[13] 李强, 周冀衡, 张永安, 吴立柱, 张拯研, 张一扬, 解燕, 刘加. 曲靖植烟土壤有效微量元素的空间变异和影响因子[J]. 烟草农学, 2013(10): 63-67, 69

[14] 郑向铁, 孟庆雷. 亳州市烟区烤烟生产发展情况浅析[J]. 中国烟草, 1987(2): 20-22

[15] 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, 1999

[16] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005

[17] 张甘霖, 龚子同. 土壤调查实验室分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 2012

[18] 王东胜, 徐庆凯, 王能如, 何宽信, 韩延, 李立新. 江西烟区土壤中量及微量元素的含量分析[J]. 贵州农业科学, 2011, 39(2): 91-96

[19] 胡厚军, 万松华, 何晓燕, 陈宝莲. 浅析影响土壤铜铁锰锌钼有效性的因素[J]. 农业与技术, 2014, 34(2): 23-24

[20] 胡国松. 烤烟营养原理[M]. 北京: 科学出版社, 2000

[21] 张乐奇, 张学伟, 李爱芳, 戴文进, 田光辉. 锌素营养及其在烟草中的应用研究[J]. 湖南农业科学, 2009(19): 58-60

[22] 熊毅, 李庆逵. 中国土壤[M]. 北京: 科学出版社, 1990

[23] 张小敏, 张秀英, 钟太洋, 江洪. 中国农田土壤重金属富集状况及其空间分布研究[J]. 环境科学, 2014, 35(2): 692-703

[24] 国家环保局. 土壤环境质量标准(GB 15618-1995)[S]. 北京: 国家标准出版社, 1995

[25] 董红星, 杨晓光, 徐娟, 周凤. 红薯-蔗糖体系的超声渗透脱水研究[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2009, 30(6): 713-718

[26] 胡国松, 赵元宽, 曹志洪, 赵兴, 赵振山, 陈江华, 张新, 周秀如, 李仲林. 我国主要产烟省烤烟元素组成和化学品质评价[J]. 中国烟草学报, 1997, 3(3): 36-44

[27] 姜凤. 红薯叶中微量元素含量的测定[J]. 辽宁化工, 2013, 42(12): 1 500-1 502