

DOI: 10.13758/j.cnki.tr.2020.01.029

张一扬, 粟深河, 林北森, 等. 靖西市植烟土壤有机质含量的时空变异特征. 土壤, 2020, 52(1): 202–206

靖西市植烟土壤有机质含量的时空变异特征^①

张一扬¹, 粟深河¹, 林北森², 陆亚春², 韦忠^{2*}

(1 湖南农业大学农学院, 长沙 410128; 2 广西壮族自治区烟草公司百色市公司, 广西百色 533000)

摘要: 为了解靖西市植烟土壤有机质含量时空变异特征, 分析了土壤有机质含量状况、年际间变化、空间变异特征及与土壤养分、烟稻轮作年限的关系。结果表明: ①2006 年、2012 年、2017 年靖西市烟区植烟土壤有机质含量总体上属偏高和丰富水平, 平均值分别为 35.72、35.80 和 38.84 g/kg, 无处于“缺乏”状态的植烟土壤样本, “偏低”的植烟土壤样本 2012 年仅为 5.30%。地统计学表明, 总体呈现偏高和丰富以上色斑。②植烟土壤有机质含量有随着时间推移, 均值增加的趋势, 2017 年度植烟土壤有机质含量显著高于 2006 年度和 2012 年度。③2017 年度植烟土壤有机质与对应的其他土壤养分因子的回归分析和灰色关联度分析均显示, 全氮、碱解氮和有机质的相关性较高, 且存在植烟土壤全氮、碱解氮含量随着土壤有机质含量增高而增加的趋势。

关键词: 植烟土壤; 有机质; 时空变异; 灰色关

中图分类号: S158 文献标志码: A

Temporal and Spatial Variability of Soil Organic Matter Content in Jingxi Tobacco Growing Area

ZHANG Yiyang¹, SU Shenhe¹, LIN Beisen², LU Yachun², WEI Zhong^{2*}

(1 Agronomy College, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2 Baise Tobacco Company of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Baise, Guangxi 533000, China)

Abstract: The temporal and spatial variation characteristics of soil organic matter (SOM) content in tobacco planting fields in Jingxi and their relationship with soil nutrient contents and tobacco-rice rotation years were analyzed. The results showed that: 1) SOM contents in 2006, 2012 and 2017 were all generally high and rich, with the mean value of 35.72, 35.80 and 38.84 g/kg, respectively. There were no deficient level soil samples, and the low-level soil samples in 2012 were only 5.30%. Geostatistics showed that the overall appearance was high and the above spots were more abundant. 2) SOM content increased with time, and SOM content in 2017 was significantly higher than those in 2006 and 2012. 3) Regression analysis between SOM and other soil nutrients in 2017 showed that total nitrogen, hydrolyzable alkali nitrogen had higher positive correlation with SOM, and the coefficient of determination was above 0.5000.

Key words: Tobacco growing soil; Organic matter; Temporal and spatial variation; Grey correlation.

土壤有机质含量高低, 直接影响土壤物理、化学性质和肥力水平, 从而影响烟叶内在质量和可用性^[1-3]。土壤有机质能够改善土壤养分供应能力, 改善土壤结构和耕层微生物区系^[4-8], 适宜的有机质含量水平对协调烟叶碳氮代谢和提高烟叶内在化学成分具有十分重要的作用^[9-10]。区域植烟土壤有机质特征一直是研究热点问题, 运用 GIS 地统计分析模块, 对不同尺度区域土壤有机质变异开展了大量的研究^[1, 4-5, 7-8, 11-16]。但这些研究多拘于取样时间和空间尺度问题, 主要集中于某

一区域某一年度植烟土壤有机质含量的描述性统计和差异性分析, 或者关注土壤有机质与其他土壤养分因子、烟叶化学品质成分的简单相关性分析^[17-21], 没有从多年轮作种植制度下, 对土壤有机质含量的空间分布和动态变化方面开展研究。因此, 本文在多年连续土壤取样测试分析的基础上, 研究区域植烟土壤有机质的空间分布特征和动态变化规律, 运用分组回归、灰色关联分析等方法进一步探讨土壤有机质含量与其他养分和种植年限间的定量关系, 为区域植烟土

①基金项目: 广西壮族自治区烟草专卖局(公司)科技项目(2017-02)资助。

* 通讯作者(hcywz2@163.com)

作者简介: 张一扬(1974—), 男, 湖南永州人, 硕士, 副研究员, 主要从事烟草科学与工程技术教学与研究。E-mail: zyy@hunau.edu.cn

壤保育和养分平衡管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区域

靖西市隶属广西壮族自治区，位于 105°56′ ~ 106°48′E，22°51′ ~ 23°34′N。境内以溶蚀高原地貌为主，地势由西北向东南倾斜，略呈阶梯形态，西北部海拔 706 ~ 1 040 m，中部 700 ~ 850 m，东南部中部 250 ~ 650 m。属亚热带季风气候，平均气温为 20.5 ℃，年总降水量为 1 636.3 mm，无霜期为 336 d，年日照总时数为 1 500 h。植烟面积 2006 年 2.1 hm²，2012 年和 2017 年稳定在 4 000 hm² 左右。植烟土壤是以水稻土(田烟)、红壤和石灰土(地烟)为主，且以水稻土居多，是百色市重要的植烟区域。

1.2 土壤样品采集

2006 年、2012 年和 2017 年 3 次采集靖西市植烟区域 10 个乡镇烟稻轮作区土壤样品，有代表性的土壤样本数量分别为 41 个(2006 年)、94 个(2012 年)和 78 个(2017 年)。在晚稻收获后，翻地施肥前采集 0 ~ 20 cm 深度的耕层土壤，采用“S”形取样法，每一地块 15 ~ 20 个取样点制成一个混合样。土样经田间编号，并用 GPS 仪定位经纬度信息，并记载地块相应的耕作施肥等信息。土样经过风干、混匀、磨细、过筛等预处理后装瓶备测。所采集土壤样品均为水稻土。

1.3 测定项目

土样由广西农业科学院农业资源与环境研究所测定。测定项目为土壤 pH、有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷、速效钾、交换性钙、交换性镁、有效硫、有效锌、有效硼、水溶性氯、有效铁、有效铜、有效锰等，各指标的测定方法见鲍士旦著《土壤农化分析》^[22]。

1.4 土壤有机质含量分级

依据土壤有机质含量与烟叶生长发育及品质的关系^[14, 16]，将植烟土壤有机质含量分为缺乏(<10 g/kg)、偏低(10 ~ 20 g/kg)、适宜(20 ~ 30 g/kg)、偏高(30 ~

40 g/kg)和丰富(>40 g/kg)等 5 级，根据各级样本数分布频率进行比较。

1.5 土壤有机质含量空间分布图绘制

采用 SPSS 24 软件进行原始数据处理及分析，探索分析法剔除异常离群数据，Shapiro-wilk 法检测数据正态性，如果不符合正态分布，对数据进行对数转换；用 ArcGIS 12.0 软件中的地统计学模块的 Kriging 插值方法绘制植烟土壤有机质含量的空间分布图^[23-24]。

1.6 土壤有机质含量与其他养分和种植年限关系分析

采用 SPSS 24 统计软件回归和分组回归的方法，研究土壤有机质和其他养分因子及种植年限的定量关系。采用 DPS 10.0 统计软件进行灰色关联度分析，依据灰色关联度大小排序综合判断每一土壤养分与有机质的关联度^[25-27]。

2 结果与分析

2.1 植烟土壤有机质含量总体分布特征及年际间变化

从表 1 可以看出，2006 年、2012 年和 2017 年靖西市烟区植烟土壤有机质含量总体上属偏高和丰富水平，平均值分别为 35.72、35.80 和 38.84 g/kg，变异系数分别为 20.44%、12.85% 和 20.08%，属弱变异和中等变异。无处于“缺乏”状态的土壤样本，“偏低”的土壤样本 2012 年仅为 5.30%。

与 2006 年度相比，2012 年度植烟土壤平均有机质含量增加了 0.08 g/kg，升幅不足 1%；2017 年度则增加了 3.12 g/kg，升幅达 8.7%；2017 年度与 2012 年度植烟土壤平均有机质含量相比，增加了 3.04 g/kg，升幅为 8.5%。可以看出，2006—2012 年度植烟土壤有机质含量增加缓慢，2012—2017 年度植烟土壤有机质含量增速加快。总体而言，植烟土壤有机质含量呈增加的趋势。方差分析结果表明，不同年份之间的植烟土壤有机质含量差异达显著水平($F=7.237$ ； $P=0.001$)，2017 年度植烟土壤有机质含量显著高于 2006 年度和 2012 年度，而 2012 年度和 2006 年度植烟土壤有机质含量差异不显著。

表 1 靖西市烟区植烟土壤有机质含量

年份	样本数	均值±标准差 (g/kg)	变幅 (g/kg)	变异系数 (%)	土壤有机质含量(g/kg)分布频率(%)				
					<10	10~20	20~30	30~40	>40
2006	41	35.72 ± 7.30 B	18.39 ~ 48.20	20.44	0.00	2.40	22.00	46.30	29.30
2012	94	35.80 ± 4.60 B	27.00 ~ 47.80	12.85	0.00	0.00	5.30	77.70	17.00
2017	78	38.84 ± 7.80 A	23.84 ~ 53.91	20.08	0.00	0.00	12.80	42.30	44.90

注：表中同列数据大写字母不同表示年份间差异达 $P<0.01$ 显著水平。

2.2 植烟土壤有机质、全氮和碱解氮含量空间分布特征

采用 ArcGIS 10.2 软件地统计分析模块绘制靖西市烟区 2017 年度植烟土壤有机质含量空间分布图, 能够更加直观地分析植烟土壤有机质含量的空间分布特征。利用 SPSS 软件对数据进行正态性检验, 原始数据不是正态分布(Shapiro-wilk $df = 78$, Z 值为 0.975, $P = 0.000$), 将原始数据进行对数转化后, 选择 2 阶趋势效应和球状拟合模型进行 Kriging 插值(图 1)。2017 年度靖西市烟区植烟土壤有机质含量总体呈现偏高和丰富以上色斑。中部和东南部植烟土壤有机质处于丰富含量水平, 有两个丰富圆状图斑散落在西部和东北位置。以植烟土壤有机质含量 30.0 ~ 40.0 g/kg 为主要分布区域, 其次是有机质含量在

40.0 ~ 55.0 g/kg 的分布区域, 无有机质含量较低区域出现。植烟土壤全氮含量和碱解氮含量空间分布也呈现出与土壤有机质含量类似的空间分布特征, 揭示出土壤有机质与全氮、碱解氮含量有内在的相关性。

2.3 植烟土壤有机质与其他土壤养分回归分析

将 2017 年度植烟土壤有机质与对应的其他土壤养分因子做回归分析, 结果如图 2。14 个方程的决定系数为 0.015 6 ~ 0.771 8, 全氮、碱解氮和有机质的回归方程拟合度较高, 决定系数在 0.500 0 以上, 回归方程的显著性检验达到了显著水平, 回归方程有统计学上的意义, 且存在植烟土壤全氮、碱解氮含量随着土壤有机质含量增高而增加的趋势。其他土壤养分因子与土壤有机质含量没有统计学意义上的相关性。

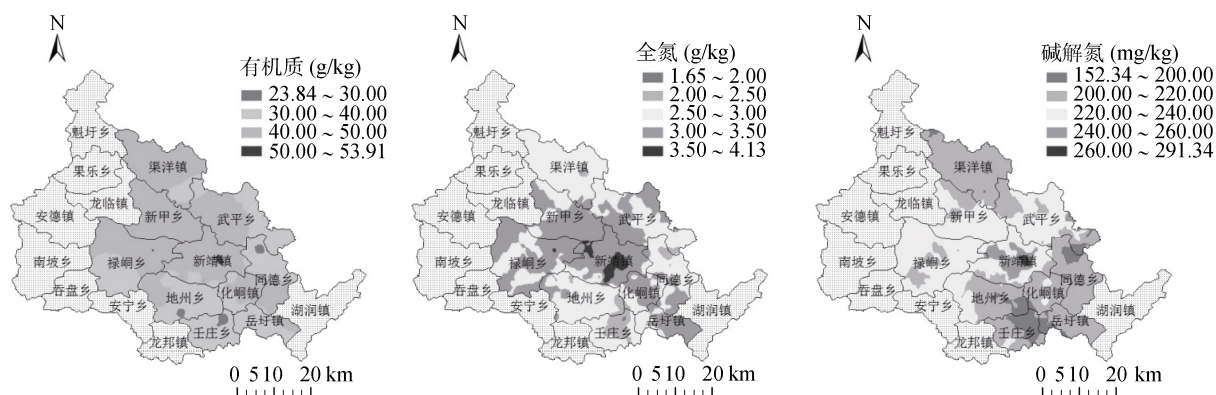


图 1 植烟土壤有机质、全氮、碱解氮含量空间分布

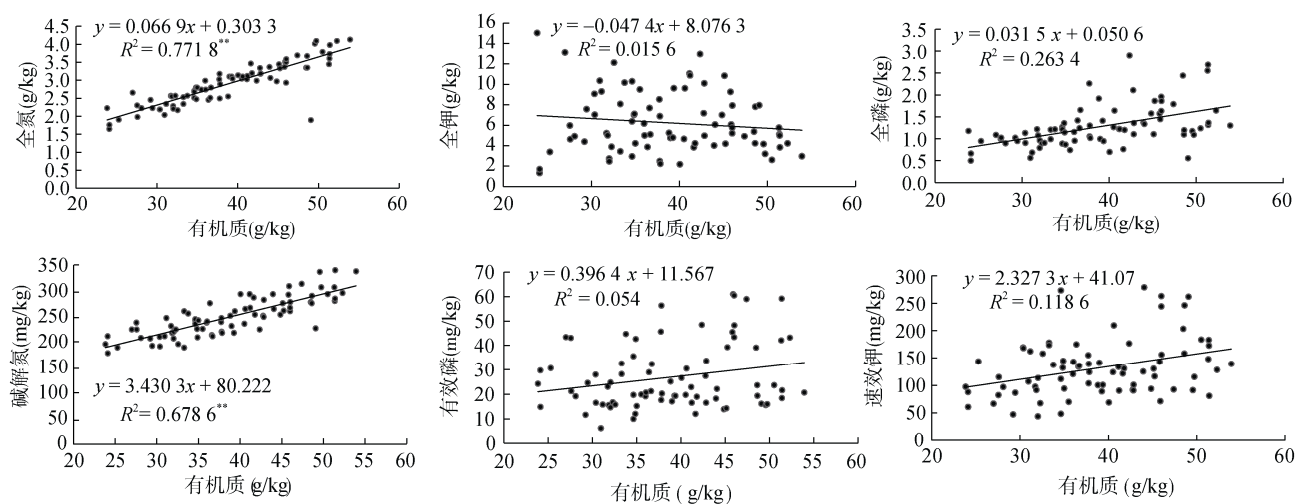


图 2 不同植烟土壤有机质含量与其他土壤养分相关性

2.4 植烟土壤有机质与其他土壤养分的灰色关联分析

土壤由于成土母质、风化过程、人为耕作和多样化生态条件的影响, 而成为了一个复杂的灰色系统^[28], 虽然科学家开展了大量的科学研究, 仍然存

在不同养分因子之间复杂的关系难以探明。目前检测的土壤养分因子, 存在量纲的差异和数值数量级的区别。因此, 需要将原始数据进行标准化转换, 以使其具有可比性。以植烟土壤有机质含量为母序列, 以土壤其他养分因子含量作为子序列, 设 $\Delta_{\min}$ =

0, 分辨系数 $\rho = 0.5$, 完成灰色关联度分析。按照灰色关联分析原则, 灰色关联系数大的子序列与母序列的关系最为密切, 灰色关联系数小的子序列与母序列的关系为疏远, 建立关联序。由表 2 可知, 在

各土壤养分与有机质含量的灰色关联系数中以全氮最大, 有效铝最小; 关联系数大小顺序为: 全氮>碱解氮>全磷>氯离子>有效硫>速效钾>有效磷>有效锌>有效铝。

表 2 植烟土壤有机质与其他土壤养分的灰色关联系数

项目	全氮	碱解氮	全磷	氯离子	有效硫	速效钾	有效磷	有效锌	有效铝
关联系数	0.922 3	0.883 4	0.832 3	0.813 9	0.805 8	0.799 4	0.798 7	0.797 7	0.765 5
关联序	1	2	3	4	5	6	7	8	9

表 3 不同种植年限对土壤肥力因子的影响

种植年限(a)	样本数	有机质(g/kg)	pH	全氮(g/kg)	全磷(g/kg)	全钾(g/kg)
≤5	6	37.76 ± 11.54	6.9 ± 0.9	3.12 ± 0.93	1.11 ± 0.36	5.94 ± 2.61
6 ~ 10	20	38.53 ± 20.99	7.1 ± 0.87	3.12 ± 1.17	1.18 ± 0.53	6.03 ± 3.88
11 ~ 15	58	39.28 ± 11.53	7.2 ± 0.65	3.14 ± 0.85	1.33 ± 0.42	5.97 ± 2.58
>15	6	41.45 ± 6.78	7.5 ± 0.40	3.03 ± 0.39	1.64 ± 0.48	5.80 ± 0.82

2.5 烟稻轮作制度下不同种植年限对土壤有机质与其他土壤肥力因子的影响

按照不同的烟稻轮作种植年限, 将 2017 年度土壤样本分组进行方差分析。6~10 a 种植年限的土壤样本占 22.2%, 11~15 a 占 64.4%。从总体来看, 植烟土壤有机质、pH、全氮、全磷和全钾含量不同种植年限比较, 没有统计学意义上的差异。随着种植年限的增加, 有机质存在明显的增加趋势, 烟稻轮作 10 a 后, 土壤有机质含量增加了 0.77 g/kg, 轮作 15 a 以上, 增加了 3.69 g/kg。pH 存在随着种植年限的增加而增加的趋势, 田间调查也发现耕层土壤存在次生盐碱化的趋势。

3 讨论

2006 年、2012 年和 2017 年靖西市烟区植烟土壤有机质含量总体上属偏高和丰富水平, 平均值分别为 35.72、35.80 和 38.84 g/kg, 无处于“缺乏”状态的植烟土壤样本。本研究结果与 2002—2003 年开展的全国烟区植烟土壤养分丰缺评价结果基本一致, 全国烟区有机质含量低于 15 g/kg 的土壤仅占全部土壤的 17.1%, 介于 15 ~ 25 g/kg 之间的土壤占 30.5%, 我国超过一半的植烟土壤有机质含量偏高^[29], 而优质烤烟生产以土壤有机质含量适中较好。美国烟区植烟土壤有机质含量处在 20 ~ 25 g/kg 范围, 津巴布韦、巴西、阿根廷等国植烟土壤有机质含量一般低于 20 g/kg。与国内外优质烟区土壤有机质含量比较而言, 靖西市土壤有机质含量普遍偏高。

靖西市烟区植烟土壤有机质含量有随着时间推移呈增加的趋势, 2017 年度植烟土壤有机质含量显

著高于 2006 年度和 2012 年度。干湿交替的水分管理较常规连续淹水能显著提高土壤颗粒有机碳和微生物生物量碳含量以及各活性有机碳组分的分配比例。烟稻轮作 10 a 后, 土壤有机质含量增加了 0.77 g/kg, 轮作 15 a 以上, 增加了 3.69 g/kg。湖南省 30 a 稻田秸秆还田等外源有机物质的输入对增加 0 ~ 20 cm 土层有机质含量起到了显著作用, 而底层由于犁底层的存在, 外源有机物质很难进一步往下迁移, 从而使得耕层有机质含量呈增加趋势^[30]。近 5 a 来, 靖西市烟区重视植烟稻田有机肥的投入和秸秆还田, 但由于水资源缺乏, 稻田蓄水时间长, 土壤有机质矿化较慢, 呈现出土壤有机质含量增加趋势, 与上述研究结论较为吻合。

采用 ArcGIS 10.2 软件地统计分析模块绘制靖西市烟区 2017 年度植烟土壤有机质含量空间分布图, 能够更加直观地分析植烟土壤有机质含量的空间分布特征, 总体呈现偏高和丰富以上色斑。植烟土壤全氮和碱解氮含量分布特征也呈现出与有机质类似的空间分布特征。基于空间相关性分析的图形绘制, 与植烟乡镇行政区划图叠加, 能更加直观地发现适宜土壤有机质含量分布区域, 为烟草种植规划提供更为明了的依据。

2017 年度植烟土壤有机质与对应的其他土壤养分因子回归分析, 全氮、碱解氮和有机质的回归方程拟合度较高, 决定系数在 0.500 0 以上, 且存在植烟土壤全氮、碱解氮含量随着土壤有机质含量增高而增加的趋势。在各土壤养分与有机质含量的灰色关联系数中以全氮最大, 有效铝最小; 关联系数大小顺序为: 全氮>碱解氮>全磷>氯离子>有效硫>速效钾>有效

磷>有效锌>有效钼。回归分析要求数据量大,且数据的分布特征符合正态分布,尤其是多因素非典型分布特征的现象,回归分析的结果具有不确定性。灰色关联度分析是定量地描述因素之间相互变化的情况,所需数据较少,对数据要求低。利用两种不同的方法进行统计分析,所得结果基本一致,尤其是土壤全氮、碱解氮与有机质的变化趋势一致性较好。另外,灰色关联度分析更直观揭示了土壤有机质与其他土壤养分因子的关联度大小关系。

土壤中氮素有 95% 以上为有机氮,二者相关性极为显著,而且碱解氮主要是来源于土壤中的易碱解部分的有机氮和无机氮^[31]。烟叶品质与土壤全氮和碱解氮含量关系密切,尤其是烟叶成熟期,土壤碱解氮含量高,不利于烟叶成熟落黄和内在化学成分的协调性。因此,靖西市烟区植烟土壤应采取高起垄、二次培土等措施,增强土壤有机质矿化和碱解氮的消耗,有利于提高烟叶内在质量和评吸价值。

4 结论

靖西市土壤有机质含量普遍偏高,且表现出随着时间推移呈增加的趋势,并得到了空间分布特征分析的印证。

植烟土壤有机质与全氮、碱解氮的相关性较高,存在植烟土壤全氮、碱解氮含量随着土壤有机质含量增高而增加的趋势。建议在土壤有机质含量大于 30 g/kg 的植烟区域,通过深耕、晒垡、高起垄、降低地下水位等技术措施,加速土壤有机质矿化。

参考文献:

- [1] 蒯红霞. 土壤条件对烤烟生长、养分累积和品质的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2006.
- [2] 张枝枝, 张福平, 燕玉超, 等. 渭河两岸缓冲带的土壤有机质含量分布特征及其影响因子[J]. 土壤, 2017, 49(2): 393-399.
- [3] 戴士祥, 任文杰, 滕应, 等. 安徽省主要水稻土基本理化性质及肥力综合评价[J]. 土壤, 2018, 50(1): 66-72.
- [4] 万川. 植烟土壤有机质状态对有机肥的响应及其与烟草品质的关联规律研究[D]. 重庆: 西南大学, 2015.
- [5] 龙世平. 湖南植烟土壤有机质区域差异及其与土壤有机氮矿化的关系[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2006.
- [6] 段美珍. 湖南植烟土壤有机质的区域差异及土壤肥力的研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2006.
- [7] 孙燕, 高焕梅, 和林涛. 土壤有机质及有机肥对烟草品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(20): 6160-6161.
- [8] 孙丽蓉, 王旭刚, 李友军, 等. 烟草种植对土壤养分特征的影响[J]. 河南农业科学, 2011, 40(5): 91-95.
- [9] 王小东, 田晓莉, 许自成, 等. 不同土壤有机质水平对烤烟内在品质的影响[J]. 西北农业学报, 2011, 20(5): 99-105.
- [10] 徐宝, 夏立峰. 土壤有机质对烟叶品质的影响[J]. 中国新技术新产品, 2009, 145(3): 153.
- [11] 王秋彬. 长期施肥条件下吉林省主要耕地土壤质量的时空演变特征研究[D]. 长春: 吉林大学, 2012.
- [12] 李玲. 重庆市典型烟区土壤中有机质赋存特征的研究[D]. 重庆: 西南大学, 2015.
- [13] 米金华. 河南烟区土壤状况与烤烟施肥技术研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2007.
- [14] 刘江. 云南植烟土壤主要养分状况与施肥对策研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2008.
- [15] 王付锋. 平陆烟区植烟土壤肥力适宜性及烤烟化学品质区划研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2010.
- [16] 王树会, 邵岩, 李天福, 等. 云南植烟土壤有机质与氮含量的研究[J]. 中国土壤与肥料, 2006, 6(5): 18-20, 27.
- [17] 李佳颖, 刘新源, 李洪臣, 等. 三门峡土壤有机质含量分布特征及其与烟叶品质的关系[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(12): 487-491.
- [18] 黄智磊. 湘西保靖县耕地土壤有机质和全氮现状及其影响因素研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2012.
- [19] 颜成生. 衡南植烟土壤肥力及其与烟叶质量的关系[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2006.
- [20] 赵莉荣. 不同成土母质条件下土壤养分空间变异研究[D]. 重庆: 西南大学, 2010.
- [21] 刘旭霞. 北疆部分区域土壤 pH、可溶性总盐及有机质含量调查[J]. 干旱环境监测, 2004, 18(3): 175-179.
- [22] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [23] 张一扬. 湖南省烟区土壤信息与优质高效施肥决策系统开发与应用[D]. 武汉: 华中农业大学, 2005.
- [24] 武德传, 周冀衡, 樊在斗, 等. 云南烤烟多酚含量空间变异分析[J]. 作物学报, 2010, 36(1): 141-146.
- [25] 杨永兴, 刘长娥, 杨杨, 等. 长江河口九段沙上沙湿地芦苇与土壤之间营养元素的灰色关联分析[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(11): 1294-1301.
- [26] 杨永兴, 刘长娥, 杨杨. 长江河口九段沙中沙互花米草湿地植物-土壤间营养元素含量灰色关联分析[J]. 环境科学研究, 2011, 24(1): 66-72.
- [27] 刘玥, 薛喜成, 何勇. 灰色关联分析法在土壤重金属污染评价中的应用[J]. 安全与环境工程, 2009, 16(1): 15-17.
- [28] 吴乐知, 蔡祖聪. 中国土壤有机质含量变异性与空间尺度的关系[J]. 地球科学进展, 2006, 21(9): 965-972.
- [29] 陈江华, 李志宏, 刘建利, 等. 全国主要烟区土壤养分丰缺状况评价[J]. 中国烟草学报, 2004, 10(3): 18-22.
- [30] 胡瑞芝, 王书伟, 林静慧, 等. 湖南省典型农田土壤养分现状及近 30 年变化趋势[J]. 土壤, 2013, 45(4): 11-16.
- [31] 孙福来, 张延霞, 庞祥锋, 等. 长期定位施肥对土壤有机质和碱解氮及冬小麦产量的影响[J]. 土壤通报, 2007, 230(5): 1016-1018.