

黔西南州植烟土壤 pH 分布特征及其与土壤养分的关系

胡向丹¹, 邓小华^{2*}, 王 丰¹, 王少先³, 马 莹¹, 彭 宇¹, 邓井青², 郭亚利¹

(1. 贵州省烟草公司黔西南州公司, 兴义 562400; 2. 湖南农业大学农学院, 长沙 410128;

3. 湖南中烟有限责任公司, 长沙 410019)

摘 要: 为了解黔西南州植烟土壤 pH 分布特征及其与土壤养分的关系, 采用传统统计学和地统计学及灰色关联方法分析了黔西南州植烟土壤 pH 状况、空间分布及其与土壤养分的关系。结果表明: (1) 邵阳烟区植烟土壤 pH 总体上适宜, 平均值为 6.65, 变幅为 4.68~7.87, 变异系数为 11.72%, 处于适宜范围内的样本占 51.04%; (2) 植烟土壤 pH 值的均值从高到低依次为: 安龙县、兴义市、兴仁县、贞丰县、晴隆县和普安县, 安龙县植烟土壤 pH 值极显著高于其他各县; (3) 土壤 pH 有随土壤质地偏粘而降低的趋势; (4) 黔西南州植烟土壤 pH 值有从南向北递减的分布趋势, 在安龙县有一个高值区, 在普安县有一个低值区; (5) 铵态氮、硝态氮、速效钾与土壤 pH 的相关性达到显著或极显著负相关; (6) 土壤养分与土壤 pH 的关联顺序为缓效钾>碱解氮>有机质>速效磷>全氮>全磷>速效钾>铵态氮>硝态氮。

关键词: 植烟土壤; pH; 空间分布; 偏相关; 灰色关联

中图分类号: S572.06; S158

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2014)06-1070-05

Soil pH characteristics and its relation to soil nutrients in Qianxi'nan tobacco-growing region

HU Xiangdan¹, DENG Xiaohua², WANG Feng¹, WANG Shaoxian³,

MA Ying¹, PENG Yu¹, DENG Jingqing², GUO Yali¹

(1. Qianxi'nan Prefecture Company, Tobacco Companies of Guizhou Province, Xingyi 562400;

2. College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha 410128;

3. China Tobacco Hunan Industrial Co., Ltd., Changsha 410019)

Abstract: To understand soil pH distribution characteristics and its relation to soil nutrients in Qianxi'nan tobacco-growing soil, soil pH status, spatial distribution, and its relationship to soil nutrients were analyzed using the methods of traditional statistics, geo-statistics, and grey correlation analysis. The results were as follows: (1) the pH of tobacco-growing soil is generally suitable for tobacco cultivation with a mean of 6.65 (ranged from 4.68 to 7.87) and a variation coefficient of 11.72%. About 51.04% of the soil samples showed a suitable soil pH for tobacco cultivation. (2) An extremely significant difference in tobacco-growing soil pH was observed between Anlong county and other counties. The soil pH values in different counties were ranked in an increasing order as follows: Anlong county > Xingyi city > Xingren county > Zhenfeng county > Qinglong county > Pu'an county. (3) The pH was decreased with the rise of the soil stickiness. (4) IDW interpolation map indicated that the spatial pH distribution was patchiness and showed a reduced trend from the south to the north. The areas with low pH values were in Pu'an county and the areas with high pH values were in Anlong county. (5) An extremely significant or significant negative correlation between soil pH and ammonium nitrogen, nitric nitrogen, or available potassium was observed. (6) The order for the grey correlation between soil nutrient and pH was slowly available potassium > available nitrogen > organic matter > available phosphorus > total nitrogen > total phosphorus > available.

Key words: tobacco-growing soil; pH; spatial distribution; partial correlation; grey correlation analysis

收稿日期: 2014-06-18

基金项目: 贵州省黔西南州烟草专卖局项目“黔西南州山地清甜香型烟叶特征特性研究”(2011-6)资助。

作者简介: 胡向丹, 硕士。E-mail: 13908596375@139.com

* 通信作者: 邓小华, 博士, 教授。E-mail: yzdxh@163.com

黔西南布依族苗族自治州(简称黔西南州)位于贵州省西南部,地处北纬 24°38'~26°11',东经 104°35'~106°32',是典型的低纬高海拔山区和亚热带季风湿润气候区,热量充足,雨量充沛,雨热同季,无霜期长,有利于优质烟叶生产,是我国重要的优质烤烟产区之一。pH 是土壤的重要理化性状特征指标。它不仅直接影响烟草的生长和发育,而且与土壤养分的形成、转化和有效性等有着密切关系,对烟草产量和品质的形成有着重要影响^[1-4]。植烟土壤 pH 区域分布特征,以及 pH 与土壤养分的关系一直是土壤学研究的热点,有关研究主要在区域植烟土壤 pH 平均值和分布差异^[5-7]、pH 与土壤养分的简单相关分析^[8-12]等方面,而对植烟土壤 pH 空间分布特征及其与土壤养分的偏相关分析、灰色关联分析的报道较少^[13]。鉴于此,本研究分析了黔西南州植烟土壤 pH 区域分布特点和空间分布特征及其与土壤养分的关系,为黔西南州特色优质烟叶开发和烤烟养分管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

在黔西南州主产烟县的兴义、安龙、普安、晴隆、兴仁、贞丰等 6 县(市)采集具有代表性的土壤样品 96 个。统一采集时间为 12 月份。用土钻取耕作层土样,每一地块取小土样 10~15 个点,深度为 20 cm,制成 0.5 kg 左右的混合土样。土样在田间登记编号,并用 GPS 获取采样点的地理坐标(包括经度和纬度)。土样经过风干、混匀、磨细、过筛等预处理后装瓶备测。

1.2 土壤 pH 及土壤养分测定

采用 pH 计法(水土比为 1.0:2.5)测定土壤 pH;采用重铬酸钾滴定法测定有机质含量;采用开氏法测定全氮含量;采用碱解扩散法测定碱解氮含量;铵态氮含量采用 KCl 浸提—靛酚蓝比色测定;硝态

氮含量采用酚二磺酸比色法测定;全磷含量采用氢氧化钠熔融—钼蓝比色法测定;有效磷含量采用 Olsen 法测定;缓效钾含量采用缓效钾使用的是硝酸提取-火焰光度法测定;速效钾含量采用乙酸铵浸提火焰光度法测定。

1.3 土壤 pH 及土壤质地分级

根据前人研究成果^[4,13],结合黔西南州生产实际,将土壤 pH 分为极低(<5.00)、偏低(5.00~5.50)、适宜(5.51~7.00)、偏高(7.01~7.50)、极高(>7.50)等 5 级,计算各级土壤样本数,依据分布频率进行比较。按土壤物理性粘粒(<0.01mm)含量进行土壤质地分类:粘土(>65%)、重壤土(45%~65%)、中壤土(30%~45%)、轻壤土(20%~30%)、砂土(0~10%)。

1.4 土壤 pH 空间分布图绘制

采用 SPSS17.0 软件进行,首先对原始数据采用探索分析法(explora)剔除异常离群数据,然后采用 K-S 法检测数据正态性。再用 ArcGIS 9 软件的地统计学模块中的 IDW 插值法绘制土壤 pH 空间分布图^[14]。

1.5 土壤 pH 与土壤养分关系研究方法

首先进行偏相关分析,然后参考文献^[15-16]研究,采用 DPS10.0 统计软件进行灰色关联度分析。

2 结果与分析

2.1 植烟土壤 pH 总体分布特征

烤烟对土壤酸碱度的适应性极强,在 pH 为 3.5~9.0 的土壤上均能正常生长,但生产优质烟叶对植烟土壤 pH 需求是在一定范围内。世界各国推荐的最适宜烤烟生长的土壤 pH 为 5.5~7.0,即微酸性土壤最有利于烤烟生长,其烟叶品质也最好^[1]。由表 1 可知,黔西南州植烟土壤 pH 变幅为 4.68~7.87,平均值为 6.65,总体上处于适宜水平。变异系数为 11.72%,变异较小。

表 1 黔西南州植烟土壤 pH 统计特征

Table 1 Descriptive statistics of pH values in Qianxi'nan tobacco-growing soil

| 区域 Area | 均值 Average | 极小值 Minimum | 极大值 Maximum | 标准差 SD | 峰度 Kurtosis | 偏度 Skewness | 变异系数/% CV |
|---------------------|--------------------|----------------|----------------|-----------|----------------|----------------|--------------|
| 安龙县 Anlong county | 7.58 ^A | 6.59 | 7.87 | 0.33 | 7.89 | -2.59 | 4.29 |
| 普安县 Pu'an county | 5.61 ^D | 4.68 | 7.11 | 0.79 | -0.48 | 0.76 | 14.11 |
| 晴隆县 Qinglong county | 6.12 ^{CD} | 4.80 | 7.17 | 0.82 | -1.32 | -0.55 | 13.46 |
| 兴仁县 Xingren county | 6.75 ^{BC} | 5.54 | 7.60 | 0.53 | -0.09 | -0.27 | 7.79 |
| 兴义市 Xingyi city | 6.81 ^B | 6.01 | 7.59 | 0.44 | -0.95 | 0.02 | 6.50 |
| 贞丰县 Zhenfeng county | 6.67 ^{BC} | 5.63 | 7.20 | 0.60 | 0.79 | -1.19 | 9.05 |
| 黔西南州 | 6.65 | 4.68 | 7.87 | 0.78 | 0.04 | -0.74 | 11.72 |

注:英文大写字母表示差异显著性在 1%水平。Note: Capital letters mean significant difference at the 0.01 level.

2.2 植烟土壤 pH 县际间差异

表 1 为 6 个主产烟县植烟土壤 pH 统计结果。6 个主产烟县土壤 pH 平均在 5.61~7.58, 安龙县植烟土壤偏碱, 普安县植烟土壤略偏酸, 其他均处于适宜范围。主产烟县植烟土壤 pH 均值从高到低依次为: 安龙县、兴义市、兴仁县、贞丰县、晴隆县、普安县。不同县之间的植烟土壤 pH 差异达极显著水平($F=17.399$; $sig.=0.000$), 主要为安龙县植烟土壤 pH 极显著高于其他各县。6 个县植烟土壤 pH 的变异系数从大到小排序为: 普安县、晴隆县、贞丰县、兴仁县、兴义市及安龙县, 各县植烟土壤 pH 变异较小。

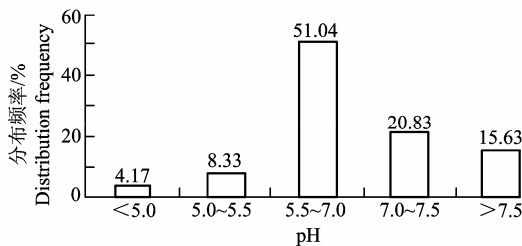


图 1 黔西南州植烟土壤 pH 分布频率

Figure 1 Distribution frequency of pH value in Qianxi'nan tobacco-growing soil

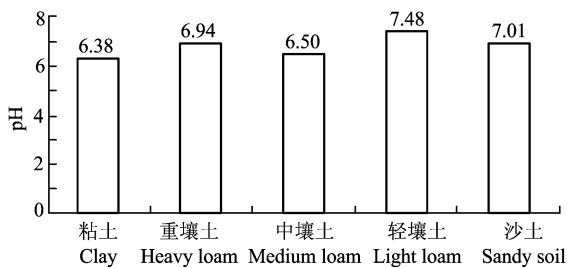


图 2 不同土壤质地的土壤 pH

Figure 2 The pH value of tobacco-growing soil in different soil textures

2.3 植烟土壤 pH 状况诊断

图 1 为黔西南州植烟土壤 pH 分布频率。黔西南州植烟土壤 pH 处于适宜范围内的样本占 51.04%, “低”和“极低”的植烟土壤样本之和为 12.50%, “偏高”和“极高”的植烟土壤样本之和为 36.46%, 特别是植烟土壤 pH 大于 7.50 的样本较多, 占 15.63%。由此可见, 黔西南州植烟土壤基本上呈弱酸性至中性, 绝大多数土壤 pH 能满足烟草生长的要求。就土壤 pH 而言, 黔西南州小部分土壤应适当提高 pH, 特别是 pH 在 5.00 以下 (占 4.17%) 的土壤, 应适量使用石灰、白云石或其他碱性肥料,

调整土壤至合适的 pH 范围, 以便更好地满足烟草生长发育对 pH 的要求, 并促进土壤养分的有效化; 但是, 黔西南州部分土壤偏碱性 (占 36.46%), 要引起足够重视, 要通过土壤改良, 降低土壤 pH。

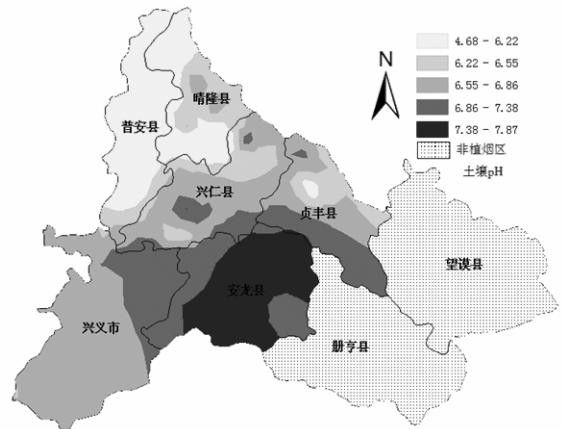


图 3 植烟土壤 pH 空间分布

Figure 3 Spatial distribution of pH for tobacco-growing soil in Qianxi'nan

2.4 植烟土壤 pH 的土壤质地类型间差异

图 2 可为不同土壤质地的土壤 pH 平均值。不同土壤质地的土壤 pH 存在差异, 以轻壤土的 pH 最高, 粘土的 pH 最低。其中, 轻壤土和沙土的 pH 为碱性。从趋势看, 土壤 pH 有随土壤质地偏粘而降低的趋势。

2.5 植烟土壤 pH 空间分布特征

原始数据为正态分布 (Kolmogorov-Smirnov Z 值为 0.972, $Sig.=0.301 > 0.05$)。直接采用 ArcGIS9 软件进行 IDW 插值绘制黔西南州植烟土壤 pH 空间分布图 (图 3)。黔西南州植烟土壤 pH 有从南向北递减的分布趋势。以 pH 6.55~6.86 为主要分布区域, 其次是 pH 6.86~7.38 的分布区域。在安龙县有一个高值区, 植烟土壤 pH 在 7.38 以上; 在普安县有一个低值区, 植烟土壤 pH 在 6.22 以下。

2.6 植烟土壤 pH 与土壤养分的偏相关分析

表 2 为植烟土壤 pH 与土壤养分的偏相关分析。植烟土壤碱解氮、全磷、速效磷、缓效钾与土壤 pH 呈正相关; 有机质、全氮、铵态氮、硝态氮、速效钾与土壤 pH 呈负相关, 但相关系数都较小; 铵态氮、硝态氮、速效钾与土壤 pH 的相关性达到显著或极显著负相关。

2.7 植烟土壤 pH 与土壤养分的灰色关联分析

将黔西南州植烟土壤看作一个灰色系统, 由于该系统中不同土壤养分指标的量纲不同, 且部分土

壤养分指标数值的数量级相差悬殊, 直接比较很难进行。将植烟土壤养分指标的原始数据进行标准化转换, 以土壤 pH 为母序列, 土壤其他养分指标为子序列, 取 $\Delta \min=0$, 分辨系数 $\rho=0.5$, 进行灰色关联分析。按照灰色关联分析原则, 建立关联序。由

表 3 可知, 在各土壤养分与 pH 的灰色关联系数中以缓效钾最大, 硝态氮最小; 关联系数大小顺序为: 缓效钾 > 碱解氮 > 有机质 > 速效磷 > 全氮 > 全磷 > 速效钾 > 铵态氮 > 硝态氮。

表 2 植烟土壤 pH 与土壤养分的偏相关系数

Table 2 Partial correlation coefficient of tobacco-growing soil pH with soil nutrients

| 土壤养分 Soil nutrient | 偏相关系数 Coefficient of partial correlation | t 值 t value | P 值 P value |
|----------------------------------|---|----------------|----------------|
| 有机质 Organic matter | -0.004 | -0.033 | 0.973 |
| 全氮 Total N | -0.015 | -0.135 | 0.893 |
| 碱解氮 Available nitrogen | 0.193 | 1.828 | 0.071 |
| 铵态氮 Ammonium N | -0.293 | -2.839 | 0.006 |
| 硝态氮 Nitrate nitrogen | -0.328 | -3.216 | 0.002 |
| 全磷 Total P | 0.085 | 0.792 | 0.431 |
| 速效磷 Rapidly available phosphorus | 0.119 | 1.111 | 0.270 |
| 缓效钾 Solwly available potassium | 0.153 | 1.441 | 0.153 |
| 速效钾 Rapidly available potassium | -0.217 | -2.058 | 0.043 |

表 3 植烟土壤 pH 与土壤养分的灰色关联系数

Table 3 Grey correlation coefficient of tobacco-growing soil pH with soil nutrient

| 土壤养分 Soil nutrient | 有机质 Organic matter | 全氮 Total N | 碱解氮 Available nitrogen | 铵态氮 Ammonium N | 硝态氮 Nitrate nitrogen | 全磷 Total P | 速效磷 Rapidly Available P | 缓效钾 Solwly available K | 速效钾 Rapidly available K |
|---------------------------------|-----------------------|---------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|---------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 关联系数 Correlation coefficient | 0.768 | 0.759 | 0.769 | 0.737 | 0.727 | 0.754 | 0.766 | 0.771 | 0.740 |
| 关联序 Relevance order | 3 | 5 | 2 | 8 | 9 | 6 | 4 | 1 | 7 |

3 讨论

植烟土壤 pH 适宜有利于改善烟株根系微环境, 增强抗逆能力, 促进健康生长, 提高烟叶产量和获得品质优良的烟叶^[1]。黔西南州植烟土壤基本上呈弱酸性至中性, 绝大多数土壤 pH 能满足烟草生长要求。但有部分土壤 pH 为碱性, 特别是部分土壤大于 7.50, 要通过土壤改良降低土壤 pH, 以满足优质烟叶生产的需要。

运用 IDW 插值方法绘制黔西南州植烟土壤 pH 空间分布图, 不仅可直观地了解黔西南州植烟土壤 pH 的空间分布状况, 还可对无测点进行估值, 这对植烟土壤养分的分区管理和因地施肥具有重要的指导意义。

土壤 pH 与土壤养分的有效性有着密切关系。以往较多采用的简单相关分析包含有其他变量的影响, 实际上并不能真实反映 2 个变量间的相关关系。采用偏相关分析, 就是在研究土壤 pH 与某一土壤养分间相关性时, 固定其他变量不变, 能更好地揭示土壤 pH 与土壤养分指标间在数量上的内在关系。

本研究结果认为: 铵态氮、硝态氮、速效钾与土壤 pH 的相关性达到显著或极显著相关, 这些结果与以往的研究结论^[9-13]是相一致的, 也有表现不同的。如陈朝阳^[9]对福建植烟土壤研究认为: 土壤 pH 与速效钾含量之间呈极显著正相关; 许自成^[10]等人对湖南植烟土壤的研究认为: 土壤 pH 与速效钾呈极显著负相关; 王晖^[8]等人对四川攀西烟区植烟土壤的研究认为: 有机质、碱解氮含量均随 pH 的升高而降低。李永富^[13]等人对邵阳植烟土壤的研究认为: 植烟土壤有机质、速效钾与土壤 pH 呈显著或极显著正相关。这些结果差异的可能原因主要是样本的数量和样本的来源区域不同, 也可能与研究方法的选择有关。

灰色关联度分析目的是找出系统内因素间最大的影响因素, 将复杂问题变为简单问题, 其分析方法具有不需满足正态理论分布的优点。本研究采用该方法分析各土壤养分与 pH 的关联度, 认为土壤 pH 对土壤缓效钾影响最大, 对硝态氮影响最小, 关联系数大小顺序为缓效钾 > 碱解氮 > 有机质 > 速效磷 > 全氮 > 全磷 > 速效钾 > 铵态氮 > 硝态氮。陈朝

阳^[9]对福建植烟土壤养分与 pH 的灰色关联分析认为: 土壤交换性钙、交换性镁、有效硼、速效磷含量与土壤 pH 关系最为密切; 许自成^[10]等人对湖南植烟土壤 pH 与养分的关系密切程度研究认为: 全氮>有机质>速效钾>水溶性氯>速效磷>有效铜>有效锌>有效锰>交换性钙>交换性镁>有效铁。这些研究结果存在一定差异, 主要与选择的指标及样本数量不同有关, 因为灰色关联分析中的灰色关联系数大小与子序列和样本数有关^[17]。

参考文献:

- [1] 曹志洪. 优质烤烟生产的土壤与施肥[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1991: 38-43.
- [2] Tephenson M G, Parker M B. Manganese and soil pH effects on yield and quality of flue-cured tobacco [J]. Tobacco Science, 1987(31): 104.
- [3] 邓小华, 谢鹏飞, 彭新辉, 等. 土壤和气候及其互作对湖南烤烟部分中性挥发性香气物质含量的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(8): 2063-2071.
- [4] 周米良, 邓小华, 黎娟, 等. 湘西植烟土壤 pH 状况及空间分布研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(9): 80-85.
- [5] 谢鹏飞, 邓小华, 何命军. 宁乡县植烟土壤养分丰缺状况分析[J]. 中国农学通报, 2011, 27(5): 154-162.
- [6] 唐莉娜, 陈顺辉, 林祖斌, 等. 福建烟区土壤主要养分特征及施肥对策[J]. 烟草科技, 2008(1): 56-60.
- [7] 邹加明, 单沛祥, 李文璧, 等. 大理州植烟土壤肥力质量现状与演变趋势[J]. 中国烟草学报, 2002, 8(4): 14-20.
- [8] 王晖, 邢小军, 许自成. 攀西烟区紫色土 pH 值与土壤养分的相关关系[J]. 中国土壤与肥料, 2006(6): 19-22.
- [9] 陈朝阳. 南平市植烟土壤 pH 状况及其与土壤有效养分的关系[J]. 中国农学通报, 2011, 27(5): 149-153.
- [10] 许自成, 王林, 肖汉乾. 湖南烟区土壤 pH 分布特点及其与土壤养分的关系[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(4): 830-834.
- [11] 梁颂捷, 朱其清. 福建植烟土壤 pH 值与土壤有效养分的相关性[J]. 中国烟草科学, 2001, 22(1): 25-27.
- [12] 林毅, 梁颂捷, 朱其清. 三明烟区土壤 pH 值与土壤有效养分的相关性[J]. 烟草科技, 2003(6): 35-37.
- [13] 邹凯, 邓小华, 李永富, 等. 邵阳植烟土壤 pH 时空特征及其与土壤养分的关系[J]. 北京农学院学报, 2014, 29(1): 6-9.
- [14] 邓小华, 杨丽丽, 周米良, 等. 湘西喀斯特区植烟土壤速效钾含量分布及影响因素[J]. 山地学报, 2013, 31(5): 519-526.
- [15] 邓小华, 周冀衡, 李晓忠, 等. 烤烟质量与焦油量的灰色关联分析[J]. 江西农业大学学报, 2006, 28(6): 850-854.
- [16] 邓小华, 周冀衡, 陈冬林, 等. 烤烟烟气粒相组分与评吸质量的关系[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2008, 34(1): 29-32.
- [17] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2002.