

DOI: 10.13758/j.cnki.tr.2021.06.027

闫芳芳, 张瑞平, 刘余, 等. 攀西山区植烟土壤 pH 和有机质含量特征与关系研究. 土壤, 2021, 53(6): 1318–1324.

## 攀西山区植烟土壤 pH 和有机质含量特征与关系研究<sup>①</sup>

闫芳芳, 张瑞平, 刘余, 白加林, 冯文龙, 周欢, 熊维亮, 杨建春\*

(四川省烟草公司攀枝花市公司, 四川攀枝花 617099)

**摘要:** pH 和有机质是土壤肥力的重要指标, 也是烤烟优质高产重要因子。本文以攀西山区 4 个烤烟主产县的 19 个典型烟田的剖面为代表, 合计采集了 75 个发生层样品, 分析了有机质和 pH 特征及其关系, 旨在为攀西山区烟田土壤改良和施肥提供科学指导。结果表明: ①耕层 pH 变幅为 4.11 ~ 7.89, 平均为 6.25, 总体上处于植烟适宜级别(pH 5.5 ~ 7.0), 但有 21.05% 样点处于偏酸(pH < 5.5) 级别; ②耕层有机质变幅为 9.20 ~ 47.80 g/kg, 平均为 21.64 g/kg, 但仅 26.31% 的样点处于适宜植烟级别(10 ~ 40 g/kg); ③不同成土母质的耕层有机质含量由高到低依次是风化坡积物、残积物 > 第四纪红黏土 > 沟谷堆积物, 前两者间没有显著差异, 但均显著高于后者; ④土壤 pH 和有机质之间呈负相关关系; 在剖面分布上, pH 随着深度的增加而增大, 而有机质表现出明显表聚现象, 向下急剧降低。

**关键词:** 攀西山区; 烤烟; 土壤 pH; 有机质

**中图分类号:** S158      **文献标志码:** A

### Characteristics and Relation of pH Values and SOM Contents of Typical Tobacco-growing Fields in Panxi Mountainous Area

YAN Fangfang, ZHANG Ruiping, LIU Yu, BAI Jialin, FENG Wenlong, ZHOU Huan, XIONG Weiliang, YANG Jianchun\*  
(Panzhihua Branch of Sichuan Tobacco Company, Panzhihua, Sichuan 617099, China)

**Abstract:** pH and SOM are two important indicators of soil fertility which also influence or decide the yield and quality of flue-cured tobacco. In this paper, 75 horizon samples of 19 typical tobacco-planting fields in 4 main tobacco-producing regions in Panxi mountainous area were selected, and pH values and SOM contents were measured in order to guide for reasonable soil improvement and fertilization. The results showed that pH of the ploughed layers ranged from 4.11 to 7.89 with an average of 6.25, generally suitable for tobacco planting (5.5–7.0), but 21.05% of the typical fields were acid (pH < 5.5) and needed to be improved. SOM contents of the ploughed layers ranged from 9.20 g/kg to 47.80 g/kg with an average of 21.64 g/kg, only 26.31% of the typical fields were suitable for tobacco planting (10–40 g/kg). SOM contents of typical fields with different parent materials were in an order of weathered slope washes and saprolites > quaternary red clay > gully deposits, and no significant difference between the first two materials but they both were significantly higher than the latter. pH was significantly negatively correlated with SOM. pH decreased with the increasing soil depth, while SOM showed obvious surface accumulation, and reduced sharply downwards.

**Key words:** Panxi mountainous area; Flue-cured tobacco; Soil pH; Soil organic matter (SOM)

有机质是反映土壤肥力的重要指标<sup>[1]</sup>, 对烤烟生长发育和产质量均有重要的影响<sup>[2-4]</sup>。过高或过低的 pH 均会损害烟株根系, 降低养分吸收效率, 还会改变土壤中营养元素的形态和含量<sup>[5]</sup>。一定范围的有机质可以增强烟株的抗病能力, 改善烟株农艺性状, 促

进烟株生长<sup>[6]</sup>, 增加烟叶中油分和还原糖含量, 促进烟叶香气物质合成<sup>[7]</sup>, 提高烟叶产量和上等烟比例<sup>[8]</sup>。

研究表明, 海拔和成土母岩或母质会影响到植烟土壤的 pH 和有机质<sup>[9-10]</sup>, 海拔梯度上温度和水分等环境因子变化会影响到土壤母质的风化、矿物质的分

①基金项目: 四川省烟草专卖局(公司)计划管理类项目(2018002)、国家自然科学基金项目(41501226)和国家科技基础性工作专项(2008FY110600)资助。

\* 通讯作者(21552936@qq.com)

作者简介: 闫芳芳(1981—), 女, 山东威海人, 硕士, 主要从事烤烟栽培及病虫害防治技术研究及技术推广。E-mail: 172785496@qq.com

解和合成,以及物质积累和淋失<sup>[11]</sup>,造成土壤肥力的差异。攀西山区覆盖四川省的凉山州和攀枝花市,位于 101°14' ~ 102°34'E、25°51' ~ 28°17'N,面积 6.36 万 km<sup>2</sup>,海拔梯度大,地貌类型和成土母岩类型多,加之独特的干热河谷半干旱气候造就了攀西烟叶独特的香型风格,其隶属于我国烤烟生产的西南高原生态区-清甜香型<sup>[12]</sup>,也是四川烤烟主要种植区域。攀西山区植烟土壤方面的研究已有相关报道,涉及土壤系统分类<sup>[13]</sup>、pH、有机质、氮磷钾、有效铜和有效锌含量及空间变异<sup>[14]</sup>,但攀西烟区植烟土壤 pH 和有机质的剖面垂直分布特征,以及耕层 pH 和有机质含量与海拔和成土母岩关系尚缺乏系统的研究。为此,本文选取了攀西山区主要植烟县区的代表性烟田,分

析了其 pH 和有机质基本特征、剖面垂直分布模式以及耕层 pH 和有机质与海拔和成土母岩之间的关系,旨在为攀西地区烟田土壤改良和进一步提升烤烟产质量和品质提供科学指导。

## 1 材料和方法

### 1.1 典型烟田的确定

代表性烟田的确定依据各县第二次土壤普查资料,按照地形地貌、成土母质、土地利用、土壤类型等的空间差异,结合当地烤烟种植区划,每个县(区)划分出 4 ~ 5 个植烟片区,在每个植烟片区,根据烟农经验以及烟株常年长势情况确定 1 个取样典型田块,一共确定了 19 个典型烟田,其基本信息见表 1。

表 1 四川攀西植烟区典型烟田区域的地理信息

取样地点(编号)	海拔(m)	纬度	经度	成土母质
益门镇大磨村 12 社片区(HL-01)	2 026	26°50'20.648"N	102°17'22.801"E	石英岩风化沟谷堆积物
益门镇大磨村 8 社片区(HL-02)	2 190	26°48'55.122"N	102°16'16.104"E	石灰性紫泥岩风化残积物
富乐乡三岔河村黄家湾片区(HL-03)	1 780	26°28'1.174"N	102°21'54.218"E	第四纪红黏土
通安镇通宝村 2 社片区(HL-04)	1 956	26°21'3.533"N	102°17'41.162"E	石英岩风化沟谷堆积物
姜州镇弯德村凉顶片区(HD-01)	1 815	26°33'58.580"N	102°27'36.451"E	紫红砂岩风化坡积物
火山乡小湾子村 2 社片区(HD-02)	2 081	26°40'4.941"N	102°37'3.563"E	第四纪红黏土
撒者扈镇白拉度村 3 社片区(HD-03)	2 312	26°36'50.619"N	102°38'1.571"E	第四纪红黏土
新云乡笔落村 2 社片区(HD-04)	1 765	26°37'4.875"N	102°32'21.520"E	石灰性紫泥岩风化残积物
小坝乡小北村片区(HD-05)	1 848	26°34'33.551"N	102°21'56.986"E	石灰性紫砂岩风化坡积物
攀莲镇双沟村 12 社片区(MY-01)	1 606	26°55'46.480"N	102°9'53.614"E	玄武岩风化坡积物
攀莲镇双沟村 12 社片区-02(MY-02)	1 940	26°56'23.644"N	102°10'26.526"E	石灰岩风化坡积物
攀莲镇双沟村 12 社片区-03(MY-03)	1 637	26°55'46.211"N	102°9'53.564"E	石灰岩风化坡积物
普威镇西番村 4 社片区(MY-04)	2 115	27°5'45.954"N	101°58'32.346"E	石灰岩风化坡积物
麻陇乡庄房村片区(MY-05)	1 757	27°4'31.466"N	101°57'39.890"E	石英岩风化沟谷堆积物
大龙潭乡干坝子村梅龙树片区(RH-01)	1 821	26°18'29.966"N	101°52'40.336"E	石英岩风化坡积物
大龙潭乡干坝子村大堡哨片区(RH-02)	1 896	26°16'6.217"N	101°53'2.932"E	石灰岩风化坡积物
平地镇平地村梁子片区(RH-03)	1 910	26°12'6.542"N	101°47'50.101"E	石灰性紫泥岩风化残积物
平地镇波西村上湾片区(RH-04)	1 984	26°9'46.413"N	101°49'1.090"E	石英岩风化沟谷堆积物
平地镇波西村下湾片区(RH-05)	1 665	26°9'41.015"N	101°49'20.453"E	紫砂岩风化坡积物

注: HL 代表会理县, HD 代表会东县, MY 代表米易县, RH 代表仁和区。

### 1.2 调查采样和测定分析

在确定代表性田块大致的中心位置,用便携式 GPS 确定经纬度和海拔信息,挖掘土壤标准剖面:宽 1.0 m × 深 1.2 m(若浅于 1.2 m,则到基岩上界面向下至少 10 cm)。成土因素、发生层划分以及形态观察记录依据《野外土壤描述与采样手册》<sup>[15]</sup>。采集的发

生层土样,经室内自然风干、去杂、研磨过不同孔径筛后,有机质含量采用重铬酸钾氧化外加热法测定,pH 测定采用电位计法<sup>[16]</sup>。

### 1.3 土壤有机质和 pH 分级标准

参考梁红<sup>[17]</sup>的研究,pH 和土壤有机质分级标准如表 2 所示。

表 2 植烟土壤 pH 和有机质丰缺指标

指标	极低	低	偏低	最适宜	适宜	高	很高
pH	<4.5	4.5~5.0	5.0~5.5	5.5~6.5	6.5~7.0	7.0~7.5	>7.5
有机质(g/kg)	<10	10~15	15~20	20~30	30~35	35~40	>40

## 1.4 数据分析

采用 SAS 9.4 及 Microsoft Excel 2016 等软件进行数据处理和统计分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 耕层土壤 pH 和有机质含量

**2.1.1 土壤 pH** 代表性烟田耕层土壤 pH 变幅为 4.11~7.89, 平均为 6.25, 变异系数为 16.3%, 为中度变异<sup>[18]</sup>。从图 1 可知, 15.79% 烟田 pH 位于适宜植烟范围, 处于最适宜植烟范围的为 36.84%。但 21.05% 样点偏酸(pH<5.5), 可能与该地区长期大量施用酸性肥料有关<sup>[19]</sup>。4 个植烟县之间土壤 pH 差异较大(表 3), 会理县土壤 pH 最低, 均值为 5.73, 而仁和区土壤 pH 均值最高, 接近中性。部分烟田呈酸性的原因可能是因为该地区属于酸沉降区, 高温多雨, 并且长期使用酸性化肥所致。呈中性的烟田, 多是由于施用了石灰或白云石粉改酸所致。个别烟田呈弱碱性, 主要是由于这些烟田石灰性母岩所致(如石灰性

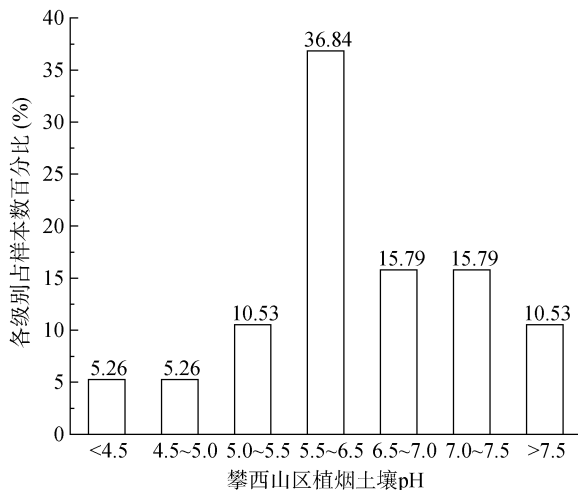


图 1 攀西山区植烟土壤 pH 级别分布

表 3 攀西植烟区烟田土壤 pH

区域	样本数	均值±标准差	变幅	变异系数(%)
会理	4	5.73±1.55 a	4.11~7.45	27.1
会东	5	6.21±0.98 a	5.28~7.89	15.8
米易	5	6.16±0.78 a	5.30~7.39	12.7
仁和	5	6.81±0.78 a	5.69~7.70	11.4
总计	19	6.25±1.02	4.11~7.89	16.3

注: 表中同列数据小写字母相同表示不同区域烟田土壤 pH 差异不显著( $P>0.05$ ), 以下类同。

紫色岩或石灰岩), 对于 pH 低于 5.5 的酸性烟田, 有必要继续酌情施用石灰或白云石粉等以改酸。

**2.1.2 土壤有机质** 从表 4 中可以看出, 耕层有机质含量平均为 21.64 g/kg, 变幅为 9.20~47.80 g/kg, 均属中等变异强度。依据全国第二次土壤普查肥力评价标准, 其中会理、会东和仁和整体处于四级水平(10~20 g/kg), 而米易整体处于二级水平(30~40 g/kg)。土壤有机质含量过高或者过低都不利于烟草的生长发育, 从图 2 可知, 有机质含量大于 35 g/kg 的烟田占 15.79%, 而小于 20 g/kg 的占 57.89%, 这些烟田均不适宜植烟。其中有 5.26% 烟田有机质含量小于 10 g/kg, 属于极低水平; 而大于 40 g/kg 烟田占 10.53%, 属于极高水平; 仅 26.31% 烟田属于适宜~较适宜水平。陈江华等<sup>[20]</sup>研究认为我国北方适宜植烟土壤有机质含量为 10~20 g/kg, 而罗建新等<sup>[21]</sup>研究认为湖南省植烟区适宜烟叶生产的最佳有机质含量 20~30 g/kg, 但他们均认为有机质含量小于 10 g/kg 或高于 40 g/kg 时不利于烤烟的生长。除米易县有机质含量较高外, 其余各县有机质含量偏低且差异不显著。

研究表明, 有机质含量高的土壤所产烟叶其香气物质总量显著高于有机质含量低的土壤, 香气物质总量与土壤有机质含量呈正相关关系<sup>[30]</sup>。本地区 36.84% 的土壤有机质含量处于极低或者低水平, 因此为提升烤烟的香气需增施有机肥、秸秆还田和种植冬季绿肥。但也有 15.79% 的烟田有机质含量处于很高或者高水平, 这些烟田应减量使用氮肥, 以防止烤烟吸氮过多, 造成烟碱量偏高, 进而降低烤烟品质<sup>[31]</sup>。综合看来, 攀西烟区土壤有机质含量整体虽然略偏低, 但接近适宜水平, 有待进一步提升以更适合烟草的生长。

表 4 攀西植烟区烟田土壤有机质含量

区域	样本数	均值±标准差(g/kg)	变幅(g/kg)	变异系数(%)
会理	4	17.65±11.11 b	10.70~34.20	62.9
会东	5	17.34±6.04 b	12.00~26.90	34.8
米易	5	33.74±12.00 a	17.00~47.80	35.6
仁和	5	17.06±7.219 b	9.20~25.90	42.1
总计	19	21.64±11.28	9.20~47.80	52.1

注: 表中同列数据小写字母不同表示不同区域烟田土壤有机质含量差异显著( $P<0.05$ ), 以下类同。

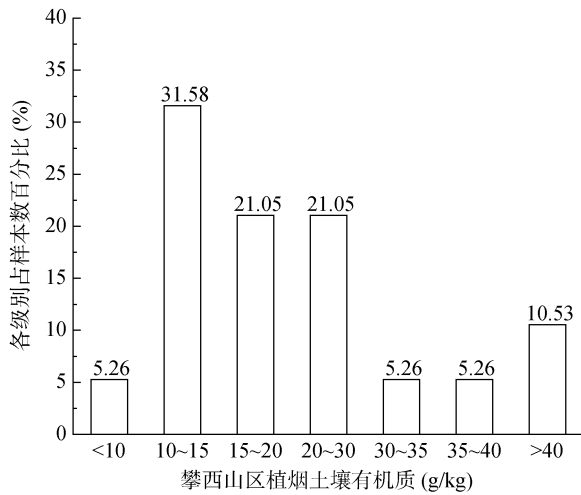


图 2 攀西山区植烟土壤有机质各级别所占比例

### 2.2 不同海拔土壤 pH 和有机质

攀西山区代表性烟田海拔介于 1 606 ~ 2 312 m(表 1)。以 100 m 为幅度, 并控制每个水平内的样本量接近, 将这 19 个取样点划分成 6 个海拔区间。与周炼川等<sup>[22]</sup>和贺丹锋等<sup>[23]</sup>所得出的随海拔上升, 土壤 pH 降低的趋势的结论有所不同。由表 5 可知, 在 1 600 ~ 1 700 m 内, 土壤平均 pH 为 6.72, 随着海

拔升高, 土壤 pH 变化较复杂。至 1 900 ~ 2 000 m 时, 土壤 pH 平均值为 6.97, 达到最高值。至海拔高于 2 100 m 时, 土壤 pH 平均值仅为 5.12, 降低到最低值。一方面可能是由于攀西地区气候条件所影响, 高海拔地区温度低, 土壤中微生物活性弱, 且土壤淋溶作用较强, 导致土壤有机质分解不彻底, 产生了部分有机酸, 使土壤 pH 降低, 另外一方面也可能是由于各地区之间耕作制度上的差异。

从表 6 可以看出, 随着海拔升高, 土壤有机质含量变化也很复杂。海拔 1 600 ~ 1 700 m 以及大于 2 100 m 这两个区间内有机质含量较高, 分别达到了 31.20 和 36.30 g/kg。在其他区间内, 有机质含量较低, 且变化不大, 无显著性差异。

表 5 不同海拔下攀西植烟区土壤 pH

海拔(m)	样本数	均值 ± 标准差	变幅	变异系数(%)
1 600 ~ 1 700	3	6.72 ± 0.63 a	6.14 ~ 7.39	9.4
1 700 ~ 1 800	3	6.16 ± 1.14 a	5.28 ~ 7.45	18.6
1 800 ~ 1 900	4	6.54 ± 0.99 a	5.69 ~ 7.89	15.2
1 900 ~ 2 000	4	6.97 ± 0.67 a	6.25 ~ 7.70	9.6
2 000 ~ 2 100	2	5.24 ± 1.12 ab	4.44 ~ 6.03	21.5
>2 100	3	5.12 ± 0.64 b	4.11 ~ 5.96	18.3

表 6 不同海拔下四川攀西植烟区土壤有机质含量

海拔(m)	样本数	均值 ± 标准差(g/kg)	变幅(g/kg)	变异系数(%)
1 600 ~ 1 700	3	31.20 ± 12.56 ab	17.10 ~ 41.20	40.3
1 700 ~ 1 800	3	17.23 ± 8.81 ab	12.00 ~ 27.40	51.1
1 800 ~ 1 900	4	15.27 ± 5.85 b	9.19 ~ 22.30	38.3
1 900 ~ 2 000	4	16.10 ± 7.17 b	10.70 ~ 25.90	44.5
2 000 ~ 2 100	2	15.80 ± 2.97 b	13.70 ~ 17.90	18.8
>2 100	3	36.30 ± 10.61 a	26.90 ~ 47.80	29.2

从图 3 可以看出, 土壤耕层有机质含量随着耕层土壤 pH 的增大而减小。这是由于酸性土壤会降低有机碳的溶解性<sup>[24]</sup>, 增加生物毒性阳离子(如 Al<sup>3+</sup> 和 Mn<sup>2+</sup>)的数量<sup>[25]</sup>, 改变微生物种群组成和数量, 以及改变土壤微生物活性和酶活性<sup>[26]</sup>。武小钢等<sup>[27]</sup>、阚劲松等<sup>[28]</sup>和尚斌等<sup>[29]</sup>均发现土壤有机质含量会随 pH 升高而降低, 本文研究结论与他们相一致。

### 2.3 不同成土母质植烟土壤 pH 和有机质

攀西山区典型烟田的成土母质主要包括第四纪红黏土、石灰性紫泥岩风化残积物、石灰性紫砂岩风化坡积物、石灰岩风化坡积物、紫砂岩风化坡积物、石英岩风化坡积物、玄武岩风化坡积物、紫砂岩风化坡积物、石英岩风化沟谷堆积物 9 种。为方便比较, 本文将对成土母质的类型划分为第四纪红黏土、风化

坡积物、风化残积物和沟谷堆积物四大类。

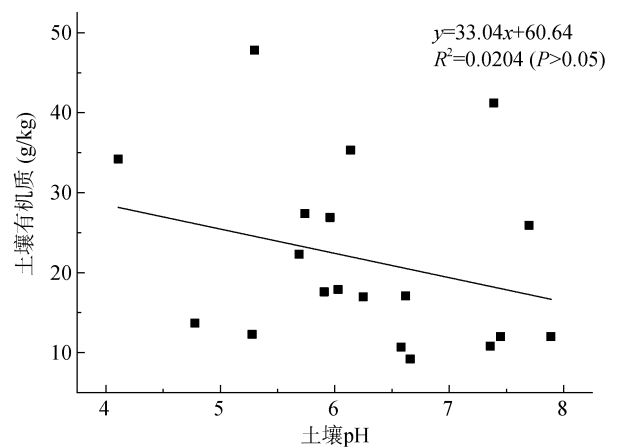


图 3 攀西山区植烟土壤耕层 pH 与有机质含量关系

从表 7 可以发现, 沟谷堆积物发育形成的土壤 pH 为 6.03, 变幅为 4.44 ~ 7.36, 变异系数为 20.7%; 第四纪红黏土发育形成的土壤 pH 为 6.48, 变幅为 5.96 ~ 7.45, 变异系数为 13.0%; 岩类风化残积物发

育形成的土壤 pH 均值为 5.70, 变幅为 4.11 ~ 7.70, 变异系数为 32.1%; 岩类风化坡积物发育形成的土壤 pH 为 6.43, 变幅为 5.30 ~ 7.89, 变异系数为 12.7%。各成土母质的 pH 均属于中度变异<sup>[18]</sup>。

表 7 不同成土母质植烟区土壤 pH

成土母质	样本数	均值 ± 标准差	变幅	变异系数(%)
第四纪红黏土	3	6.48 ± 0.84 a	5.96 ~ 7.45	13.0
岩类风化残积物	3	5.70 ± 1.83 a	4.11 ~ 7.70	32.1
岩类风化坡积物	9	6.43 ± 0.82 a	5.30 ~ 7.89	12.7
沟谷堆积物	4	6.03 ± 1.25 a	4.44 ~ 7.36	20.7

攀西山区不同成土母质烟田耕层有机质含量分析结果显示(表 8), 沟谷堆积物的烟田有机质含量为 15.65 g/kg, 变幅为 10.70 ~ 27.40 g/kg, 变异系数为 50.8%; 第四纪红黏土发育形成的土壤有机质含量为 18.93 g/kg, 变幅为 12.00 ~ 26.90 g/kg, 变异系数为 39.6%; 岩类风化残积物发育形成的土壤有机质含量均值为 24.13 g/kg, 变幅为 12.30 ~ 34.20 g/kg, 变异系数为 45.8%, 整体处于最适宜烟草生长的有机质含量水平; 岩类风化坡积物发育形成的土壤有机质含量为 24.39 g/kg, 变幅为 9.19 ~ 47.80 g/kg, 变异系数为 56.0%, 也在最适宜烟草生长的含量范围内。各成土

母质的有机质含量均属于中等变异强度<sup>[18]</sup>。变异系数较大主要是因为该区域施肥不均匀、翻耕或者是土壤侵蚀和水土流失等原因。各母质的烟田耕层有机质含量由高到低依次是岩类风化沟谷残积物、坡积物 > 第四纪红黏土 > 堆积物。第四纪红土发育的烟田土壤, 其有机质含量也比较高, 主要是因为第四纪红土的黏粒含量多, 土壤有机质积累多<sup>[11]</sup>。另外母质为风化坡积物和风化残积物形成的土壤有机质含量相近, 无显著性差异, 这可能是因为风化残积物和坡积物都是在山坡上, 且两类母质在攀西地区的地貌分布相近, 差异性不大。

表 8 不同成土母质植烟土壤有机质含量

成土母质	样本数	均值 ± 标准差(g/kg)	变幅(g/kg)	变异系数(%)
第四纪红黏土	3	18.93 ± 7.50 a	12.00 ~ 26.90	39.6
岩类风化残积物	3	24.13 ± 11.06 a	12.30 ~ 34.20	45.8
岩类风化坡积物	9	24.39 ± 13.66 a	9.19 ~ 47.80	56.0
沟谷堆积物	4	15.65 ± 7.96 a	10.70 ~ 27.40	50.8

## 2.4 烟田土壤 pH 和有机质含量剖面垂直模式

**2.4.1 pH 剖面垂直分布** 图 4 表明, 19 个典型烟田整体多表现出 pH 随着土壤深度的加深而升高, 仅 RH-01 表现出相反的趋势, 可能与成土母质多样化和施肥状况有关。HD-04 和 MY-02 的 pH 随土壤深度的变化趋势最大, 其他烟田 pH 随深度变化较小。HL-03、HD-05、MY-03 和 RH-03 耕层呈弱碱性, 一方面是与石灰性的母质有关(如 HD-05、MY-03 和 RH-03), 另外一方面也可能与投入碱性物料改酸过量有关。HL-01 和 HL-02 的 pH 明显低于其他烟田, 可能与该样点长期使用酸性肥料有关。

**2.4.2 有机质含量剖面垂直分布** 调查的典型烟田土壤有机质整体上表现出明显的富集现象, 表层的土壤有机质含量高, 随着土壤深度的增加, 土壤有机质含量减小, 这主要是由于有机肥的施用以及秸秆还

田等措施增加了耕层的有机质含量, 如果中间出现有机质高的土层, 一般是埋藏表层所致。攀西山区 4 个典型植烟县中, 有机质含量剖面波动最大的是米易县, 变幅为 4.60 ~ 55.7 g/kg。同一剖面上, MY-04 有机质含量最高, 5 个发生层有机质含量分别是 47.80、52.70、34.10、55.70 和 21.00 g/kg, 显著高于攀西山区其他烟田(图 5)。HL-02 的 4 个发生层有机质含量分别为 34.20、23.50、15.80 和 10.20 g/kg, 显著高于会理县其他取样点。会东和仁和两地不同烟田同一剖面之间有机质含量差异较小。

## 3 结论

本研究表明, 攀西山区耕层 pH 总体上适宜植烟, 但 21.05% 样点偏酸。有机质总体上略低于植烟适宜水平, 57.89% 的样点有机质偏低, 15.79% 的烟田

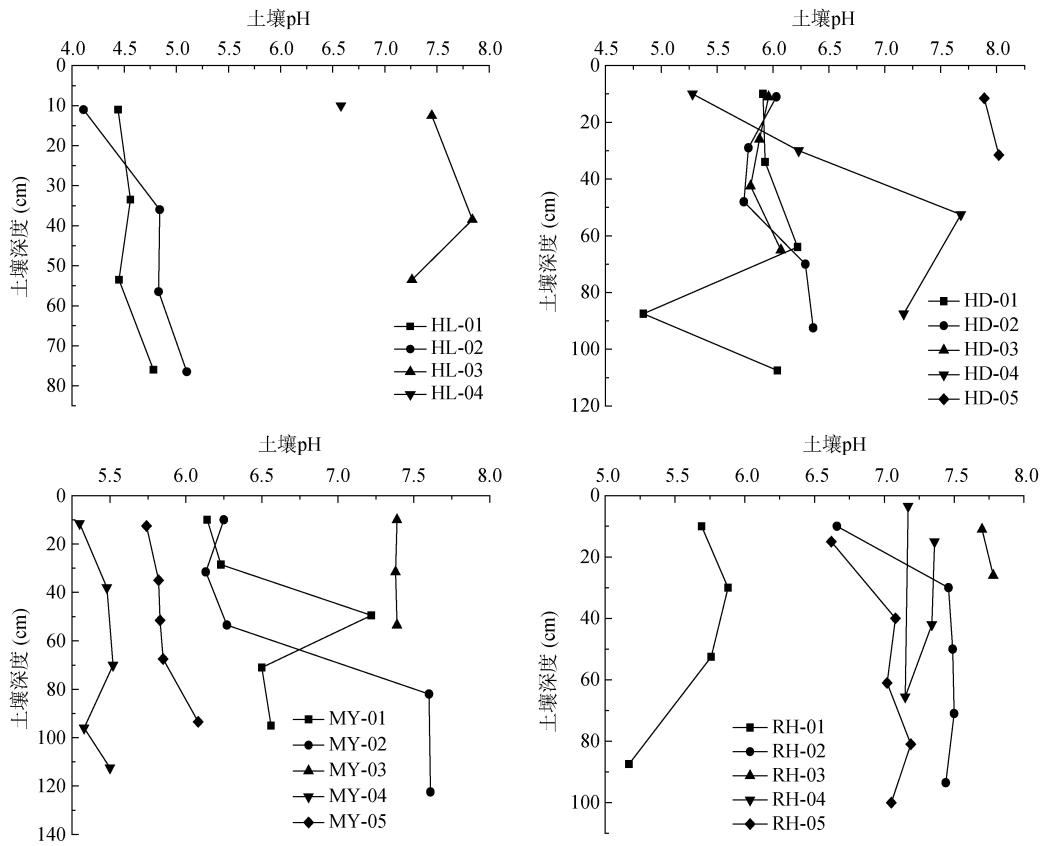


图 4 四川攀西山区土壤 pH 剖面垂直分布特征

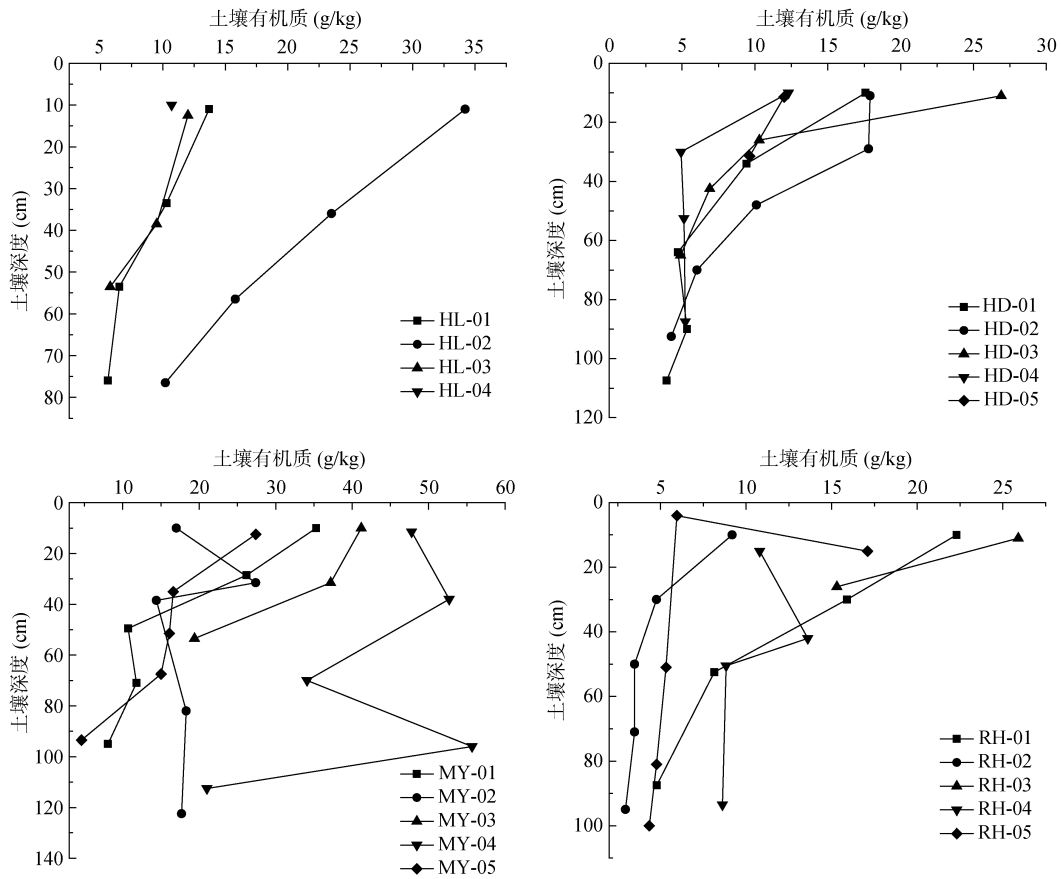


图 5 四川攀西山区土壤有机质含量剖面垂直分布特征

有机质偏高。不同成土母质的耕层有机质含量由高到低依次是风化坡积物、残积物>第四纪红黏土>沟谷堆积物,土壤 pH 和有机质之间呈负相关关系, pH 随着深度的增加而增大,有机质表现出明显表聚现象, pH 和有机质与海拔的关系均较为复杂。

### 参考文献:

- [1] 何牡丹,李志忠,刘永泉. 土壤有机质研究方法进展[J]. 新疆师范大学学报(自然科学版), 2007, 26(3): 249-251.
- [2] 张久权,张瀛,张清明,等. 土地整理后绿肥压青对土壤改良和烤烟产质量的影响[J]. 烟草科技, 2017, 50(10): 22-29.
- [3] 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.
- [4] 陈建军,陈建勋,吕永华. 根际 pH 值对烟草无机营养吸收的影响(简报)[J]. 植物生理学通讯, 1996, 32(5): 341-344.
- [5] 刘国顺. 烟草栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [6] 张新要,袁仕豪,易建华,等. 有机肥对土壤和烤烟生长及品质影响研究进展[J]. 耕作与栽培, 2006(5): 20-21, 46.
- [7] 刘国顺,刘韶松,贾新成,等. 烟田施用有机肥对土壤理化性状和烟叶香气成分含量的影响[J]. 中国烟草学报, 2005, 11(3): 29-33.
- [8] 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.
- [9] 潘红丽,李迈和,蔡小虎,等. 海拔梯度上的植物生长与生理生态特性[J]. 生态环境学报, 2009, 18(2): 722-730.
- [10] Tranquillini W. Physiological ecology of the alpine timberline[M]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1979.
- [11] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [12] 罗登山,王兵,乔学义. 《全国烤烟烟叶香型风格区划》解析[J]. 中国烟草学报, 2019, 25(4): 1-9.
- [13] 王程栋,徐宜民,杨建春,等. 四川省攀西山区代表性烟田土壤系统分类研究[J]. 土壤, 2019, 51(3): 617-621.
- [14] 杨智棋. 攀西地区植烟土壤有效磷空间变异特征及其对烟叶品质的影响研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2014.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 梁红. 重庆植烟土壤肥力特征及评价[D]. 重庆: 西南大学, 2014.
- [18] 胡伟,邵明安,王全九. 黄土高原退耕坡地土壤水分空间变异的尺度性研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(8): 11-16.
- [19] 王丽颖. 本溪县土壤理化性质的变化及改进措施[J]. 农业科技与装备, 2018(3): 12-13.
- [20] 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): 14-18.
- [21] 罗建新,石丽红,龙世平. 湖南主产烟区土壤养分状况与评价[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2005, 31(4): 376-380.
- [22] 周炼川,徐天养,张家征,等. 文山烟区植烟土壤 pH 分布特点及其与主要养分的相关关系[J]. 中国烟草学报, 2014, 20(1): 61-64.
- [23] 贺丹锋,周冀衡,张毅,等. 云南省罗平烟区植烟土壤 pH 分布特征及其与土壤养分的相关性[J]. 作物研究, 2016, 30(2): 136-141.
- [24] Vance G F, David M B. Forest soil response to acid and salt additions-of sulfate[J]. Soil Science, 1991, 151(4): 297-305.
- [25] Foy C D. Physiological effects of hydrogen, aluminum, and manganese toxicities in acid soil//Madison WI. Agronomy monographs[M]. USA: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 2015: 57-97.
- [26] Haynes R J, Swift R S. Effects of lime and phosphate additions on changes in enzyme activities, microbial biomass and levels of extractable nitrogen, sulphur and phosphorus in an acid soil[J]. Biology and Fertility of Soils, 1988, 6(2): 153-158.
- [27] 武小钢,郭晋平,杨秀云,等. 芦芽山典型植被土壤有机碳剖面分布特征及碳储量[J]. 生态学报, 2011, 31(11): 3009-3019.
- [28] 阙劲松,唐佐芯,李贤峰,等. 红河州弥勒市植烟土壤 pH 和有机质分析[J]. 西南农业学报, 2019, 32(7): 1633-1638.
- [29] 尚斌,李德成,徐宜民,等. 武陵山烤烟产区土壤有机质与 pH 特征研究[J]. 土壤通报, 2015, 46(3): 590-596.
- [30] 唐春闰,李帆,杨红武,等. 浏阳植烟土壤 pH 和有机质时空变异及丰缺评价[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2017, 32(1): 134-139.
- [31] 朱经伟,彭友,李志宏,等. 配施菜籽饼对贵州省烟叶氮素和烟碱累积的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2016(2): 120-125.