

陈玲,田景涛,侯彦双,等. 贵州铜仁茶区茶园土壤主要养分调查分析[J]. 江苏农业科学,2018,46(11):271-275.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.11.067

贵州铜仁茶区茶园土壤主要养分调查分析

陈玲¹,田景涛^{1,2},侯彦双¹,徐代华¹

(1. 铜仁职业技术学院,贵州铜仁 554300; 2. 国家茶叶产业技术体系铜仁综合试验站,贵州铜仁 554300)

摘要:为了解铜仁茶区的主要养分状况,对印江、思南、松桃、石阡和沿河 5 个主产茶区的茶园土壤 pH 值和主要养分状况进行调查分析,采用茶园土壤肥力分级标准和优质高效高产茶园土壤标准综合评价茶区土壤肥力状况,利用 SPSS 和 Sigmaplot 进行差异显著性和绘图分析,对比研究了 5 个主产茶区茶园土壤的 pH 值、有机质含量、全氮含量、有效磷含量、速效钾含量。结果表明:(1)印江、沿河、石阡、松桃茶园土壤 pH 值极显著低于思南,pH 值主要集中在 4.0~5.0,印江和沿河茶园土壤有酸化趋势;石阡和松桃茶园土壤明显酸化。思南茶园土壤 pH 值主要集中在 4.5~5.5,最适合茶树生长。(2)印江、松桃茶园土壤有机质含量极显著高于沿河,土壤全氮含量极显著高于石阡,有 50% 以上达到 I 级土壤标准,分别有 30.4% 和 16.0% 达到优质高产茶园土壤标准。思南、沿河、石阡茶区达到 I 级土壤标准的比例只有 16.7%~33.3%,仅有极少部分达到优质高产茶园土壤标准。(3)印江茶园土壤有效磷含量极显著高于思南、松桃、石阡和沿河,有 37.5% 达到 I 级土壤标准,其余茶区严重缺磷,特别是沿河,仅有 3.7% 达到 I 级土壤标准,没有样本达到优质高产茶园土壤标准。(4)速效钾含量印江有 60% 左右达到 I 级和优质高产茶园土壤标准,石阡、思南、松桃和沿河茶区大多处于 II 级和 III 级土壤标准,少部分达到 I 级和优质高产茶园土壤标准,沿河缺钾最为严重,极显著低于其他茶区。

关键词:土壤;养分;pH 值;茶园;贵州铜仁

中图分类号:S158 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)11-0271-05

铜仁市位于贵州省东北部,东邻湖南,北靠重庆,西接遵义,南连黔东南苗族自治州,是贵州省第二产茶大市,现有茶园面积 11.27 万 hm^2 ,主要分布在思南、印江、松桃、石阡、沿河等 7 个重点产茶县。至今为止,累计认证无公害茶园 5.45 万 hm^2 ,投产茶园 6.87 万 hm^2 。茶区土壤以黄壤、红壤、黄棕壤等类型为主,土壤植被完好,山高雾浓,雨量充沛,非常适宜茶树的生长。近年来,已有关于贵州茶园土壤养分盈亏状况的研究^[1-3],但鲜见铜仁市各重点茶区茶园土壤 pH 值和养分的对比分析报道。笔者针对铜仁印江、思南、松桃、石

阡和沿河 5 个重点产茶地区,开展茶园土壤 pH 值和养分状况分析,综合评价各产茶区的土壤肥力状况,以期对各产茶区的测土配方施肥及茶树营养调控提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 土样采集与处理

于 2015 年 9—11 月,对铜仁重点茶区印江(YJ)、思南(SN)、松桃(ST)、石阡(SQ)、沿河(YH)进行土壤取样调查,每个产茶县选择代表性强、集中成片茶园取样,利用 GPS 记录采样点的地理位置。采样时根据茶园的地形和面积合理布置采样点及采样数量,每片茶园不少于 10 个采样点,每个土壤样品由 10~15 个样点的土壤组成混合样,每个产茶县不少于 30 个土壤样品。采样方法按照农业部《测土配方施肥技术规范》执行,取样深度为 0~20 cm,将各采样点的土样混合均匀,用四分法缩分至 1 kg 左右带回^[4]。土样采集以后置阴

收稿日期:2017-05-21

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-23)。

作者简介:陈玲(1986—),女,广西宜州人,硕士,讲师,主要从事茶树栽培与加工研究。E-mail:627108263@qq.com。

通信作者:田景涛,副教授,主要从事茶树栽培育种及加工研究。E-mail:674140268@qq.com。

利科技与经济,1996,2(4):164-166。

[4] 阚国坤,惠富平. 苏北地区农业旱改水对当地生产的促进作用[J]. 农业考古,2011(3):7-9。

[5] 阚国坤,惠富平. 苏北地区农业旱改水对改善当地民众生活的重大意义[J]. 农业考古,2010(6):1-3。

[6] 张丛凤,陶冶,杨秀峰. 高纬寒地“旱改水”种植方式转换的几点关键技术[J]. 黑龙江科技信息,2013(20):290-291。

[7] 施宗根. 旱改水田块水稻机插秧主要技术措施[J]. 安徽农学通报,2013,19(23):87-89。

[8] 阚国坤,惠富平. 苏北地区农业旱改水对当地生态环境影响的研究[J]. 生态经济,2010(8):147-151,171。

[9] 倪丹,王礼焦,孙皓,等. 连去港发展旱改水存在的问题及对

策[J]. 现代农业科技,2011(7):281-283。

[10] 刘浩. 浅谈旱改水存在的问题及对策——以重庆市黔江区阿蓬江镇漠河村为例[J]. 科学咨询,2014(40):9。

[11] 王长海. “旱改水”工作的思考——以龙山县推进“旱改水”工作为例[J]. 农民致富之友,2014(4):29。

[12] 童河. 科学规划农田水利建设,积极发展现代农业——关于通河县清河镇新建村实现“旱改水”工程的调查与思考[J]. 今日科苑,2013(9):38-42。

[13] 刘新秋,冯喆,左宏亮. 征地中的表土剥离与再利用分析[J]. 农业与技术,2011,31(2):63-67。

[14] 付梅臣,陈秋计. 矿区生态复垦中表土剥离及其工艺[J]. 金属矿山,2004(8):63-65。

凉处自然风干,然后去杂、磨碎、过筛备用。

1.2 测定方法

采集的土样送中国农业科学院茶叶研究所测定。测定项目包括土壤 pH 值、土壤中的有机质含量、全氮含量、有效磷含量、有效钾含量,每个样品重复测定 3 次。测定方法^[5]:土壤 pH 值采用 DRION 3 STAR pH 计(Thermo 公司,美国)测定;土壤有机质采用重铬酸钾容量法-外加热法测定;土壤全氮采用 Vario Max CN 碳氮分析仪(Elemen-tar 公司,德国)测定;土壤有效磷、有效钾采用 M₃ 浸提剂浸提,ICP(TJA 公司,美国)测定。

1.3 土壤养分状况评价方法

国内外相关学者对土壤的养分及肥力状况作了大量的研究^[6-10],张小琴等对茶园土壤养分进行调查分析并根据国家绿色食品产地环境质量标准(NY/391—2000)提出划分茶园土壤肥力的三级标准^[11-12](表 1)。韩文炎等通过研究茶园土壤主要营养障碍因子提出优质高效高产茶园土壤养分诊断指标^[13](表 2)。薛正平等通过对土壤养分空间差异性进行研究,将土壤养分变异程度分为 3 个等级^[14](表 3)。

表 1 茶园土壤肥力分级标准

分级	有机质 (%)	全氮 (g/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	备注
I	>1.5	>1.0	>10.0	>120.0	优良
II	1.0~1.5	0.8~1.0	5.0~10.0	80.0~120.0	尚可
III	<1.0	<0.8	<5.0	<80.0	较差

表 2 优质高效高产茶园土壤营养诊断指标

项目	指标
有机质 (%)	≥2.0
全氮 (g/kg)	≥1.2
有效磷 (mg/kg)	≥20.0
速效钾 (mg/kg)	≥100.0
pH 值	4.5~5.5

表 3 土壤养分空间差异分级标准

分级	变异系数	变异程度
I	>30%	强变异
II	10%~30%	中等变异
III	<10%	弱变异

1.4 统计方法

采用 Excel 2010,SPSS 21.0 和 Sigma Plot 10.0 统计软件对试验数据进行处理、分析和绘图。

2 结果与分析

2.1 土壤 pH 值

茶树是适于酸性土壤的深根植物,对土壤的酸碱度很敏感,一般 pH 值为 4.5~6.5 的土壤生长良好,pH 值以 4.5~5.5 最为适宜,当 pH 值低于 4 或高于 6.5 时,茶树生长逐渐停滞^[15]。从表 4、图 1 可以看出,思南土壤 pH 值极显著高于印江、沿河、石阡、松桃,茶园土壤酸度最适合茶树生长,印江、沿河茶园土壤基本适合茶树生长,有酸化趋势;石阡、松桃茶园土壤出现酸化现象。思南茶园土壤 pH 值主要集中在 4.5~5.5 范围,为 4.08~6.66,平均值和变异系数分别为 5.03 和 13.32%,为中等变异(表 4),有 50.00% 达优质高效高产茶园土壤要求,pH 值<4.5 的茶园占 23.33%。印江、沿

河茶园土壤 pH 值主要集中在 4.0~5.0,分别为 3.35~6.28 和 3.79~6.46,平均值和变异系数分别为 4.60、4.55 和 14.78%、11.43%,均为中等变异(表 4),达高产优质茶园土壤要求的分别占 50.00%、33.33%(图 1),pH 值<4.5 的茶园分别占 41.67%、56.72%,茶园土壤有酸化趋势。石阡和松桃茶园土壤 pH 值主要集中在 4.0~5.0,分别为 3.92~5.45 和 3.37~5.88,平均值和变异系数分别为 4.49、4.29 和 10.02%、13.05%,均为中等变异,达高产优质茶园土壤要求的分别占 37.93%、20.00%,pH 值<4.5 的茶园分别占 62.07%、73.33%,茶园土壤酸化。

表 4 茶区茶园土壤 pH 值比较

地点	pH 值		变异系数 (%)	变异程度
	范围	平均值		
印江	3.35~6.28	4.60Bb	14.78	中等变异
思南	4.08~6.66	5.03Aa	13.32	中等变异
松桃	3.37~5.88	4.29Bb	13.05	中等变异
石阡	3.92~5.45	4.49Bb	10.02	中等变异
沿河	3.79~6.46	4.55Bb	11.43	中等变异

注:同列数据后不同小写、大写字母分别表示差异显著($P < 0.05$)、极显著($P < 0.01$),表 2 同。

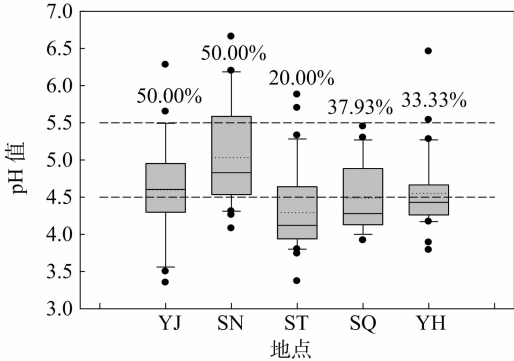


图 1 5 个茶区茶园土壤 pH 值箱图及达优质高效高产茶园标准比例

2.2 土壤主要养分

2.2.1 有机质 植物生长发育所需要的各种营养元素均来自土壤,有机质含量是表征土壤肥力的重要指标,有机质含量高能使植物枝叶生长茂盛^[16]。从表 5 可以看出,印江和松桃茶园土壤有机质含量最丰富,极显著高于沿河,石阡和思南茶园土壤有机质含量次之,沿河最低。印江和松桃茶园土壤有机质含量范围、平均值、变异系数分别为 0.72%~3.76%和 0.96%~2.77%、1.67%和 1.64%、48.50%和 26.83%,属强变异和中等变异;分别有 56.52%和 64.00%达到 I 级土壤标准(图 2-A),土壤肥力优良,有 30.43%和 16.00%达到高产优质茶园土壤标准(图 3)。石阡和思南茶园土壤有机质含量范围、平均值、变异系数分别为 0.48%~2.67%和 0.58%~2.04%、1.36%和 1.33%、36.76%和 28.57%,属强变异和中等变异;分别有 34.48%和 31.25%达到 I 级土壤标准(图 2-A),有 41.38%和 50.00%达到 II 级土壤标准,土壤肥力尚可,有 6.90%和 6.25%达到高产优质茶园土壤标准(图 3-A)。沿河茶园土壤有机质含量范围、平均值、变异系数分别为 0.41%~2.35%、1.21%、34.71%,属强变异(表 5);有 20.00%达到 I 级土壤标准(图 2-A),有 50.00%达到 II 级

表 5 不同茶园土壤主要养分含量比较

项目		印江	思南	松桃	石阡	沿河
有机质含量(%)	范围	0.72 ~ 3.76	0.58 ~ 2.04	0.96 ~ 2.77	0.48 ~ 2.67	0.41 ~ 2.35
	平均值	1.67Aa	1.33ABab	1.64Aa	1.36ABab	1.21Bb
	变异系数	48.50%	28.57%	26.83%	36.76%	34.71%
	变异强度	强变异	中等变异	中等变异	强变异	强变异
全氮含量(g/kg)	范围	0.47 ~ 2.06	0.47 ~ 1.26	0.77 ~ 1.49	0.41 ~ 1.48	0.30 ~ 1.59
	平均值	1.08Aa	0.91ABb	1.09Aa	0.86Bb	0.89ABb
	变异系数	34.26%	23.08%	15.60%	27.91%	33.71%
	变异强度	强变异	中等变异	中等变异	中等变异	强变异
有效磷含量(mg/kg)	范围	2.01 ~ 74.18	0.00 ~ 21.73	0.00 ~ 21.07	0.00 ~ 22.91	0.00 ~ 13.43
	平均值	17.37Aa	4.53Bb	3.07Bb	4.59Bb	1.35Bb
	变异系数	132.07%	137.09%	174.27%	140.31%	217.78%
	变异强度	强变异	强变异	强变异	强变异	强变异
速效钾含量(mg/kg)	范围	63.89 ~ 492.10	43.26 ~ 179.5	42.15 ~ 205.2	1.04 ~ 283.3	0.98 ~ 165.5
	平均值	152.17Aa	104.45Bb	94.66Bb	78.55Bb	30.52Cc
	变异系数	66.01%	27.45%	36.02%	76.10%	150.33%
	变异强度	强变异	中等变异	强变异	强变异	强变异

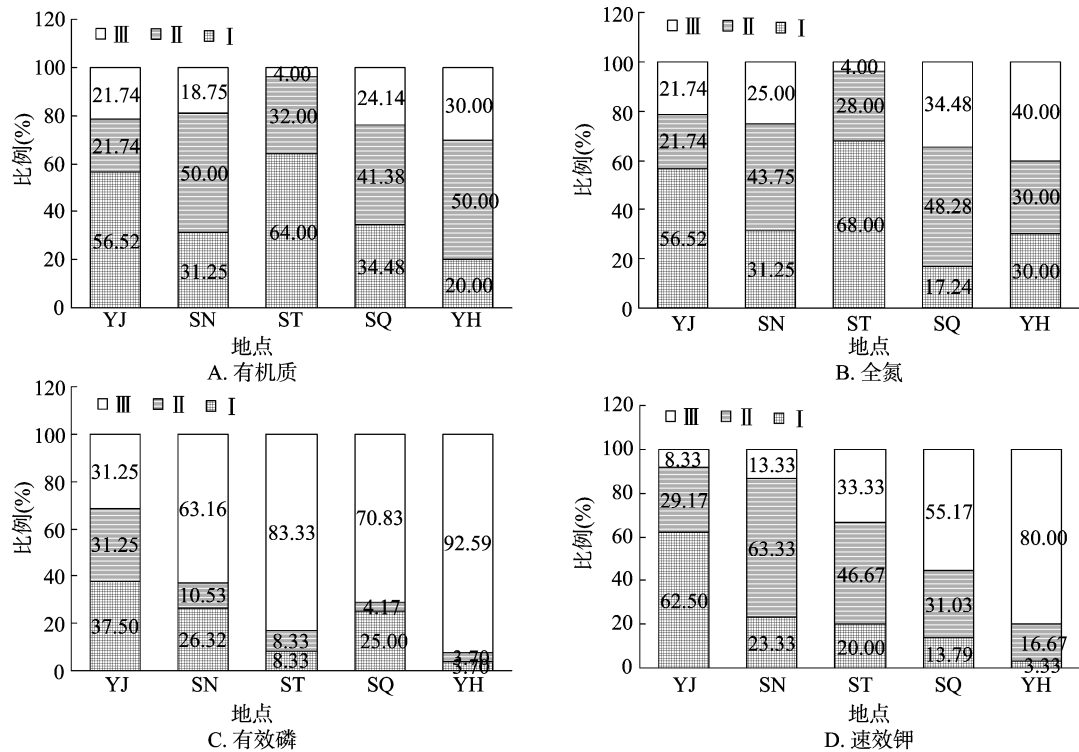


图2 不同茶区茶园土壤主要养分各级比例

土壤标准,土壤肥力较差,仅有 3.33% 达到高产优质茶园土壤标准(图 3 - A)。

2.2.2 全氮含量 茶树作为叶用作物,氮素营养对其生长发育、生理生化代谢过程以及茶叶良好品质的形成起着至关重要的作用^[17]。从表 5 可以看出,松桃和印江茶园土壤全氮含量最丰富,极显著高于石阡;思南和沿河次之;石阡茶园土壤全氮含量最低。松桃和印江茶园土壤全氮含量范围、平均值、变异系数分别为 0.77 ~ 1.49 g/kg 和 0.47 ~ 2.06 g/kg、1.09 g/kg 和 1.08 g/kg、15.60% 和 34.26%,属中等变异和强变异;分别有 68.00% 和 56.52% 达到 I 级土壤标准(图 2 - B),土壤肥力优良,有 20.00% 和 26.09% 达到高产优质茶园

土壤标准(图 3 - B)。思南和沿河茶园土壤全氮含量范围、平均值、变异系数分别为 0.47 ~ 1.26 g/kg 和 0.30 ~ 1.59 g/kg、0.91 g/kg 和 0.89 g/kg、23.08% 和 33.71%,属中等变异和强变异;分别有 31.25% 和 30.00% 达到 I 级土壤标准(图 2 - B),有 43.75% 和 30.00% 达到 II 级土壤标准,土壤肥力尚可,有 6.25% 和 10.00% 达到高产优质茶园土壤标准(图 3 - B)。石阡茶园土壤全氮含量范围、平均值、变异系数分别为 0.41 ~ 1.48 g/kg、0.86 g/kg、27.91%,属中等变异(表 5);有 17.24% 达到 I 级土壤标准(图 2 - B),有 48.28% 达到 II 级土壤标准(图 2 - B),有 10.34% 达到高产优质茶园土壤标准(图 3 - B)。

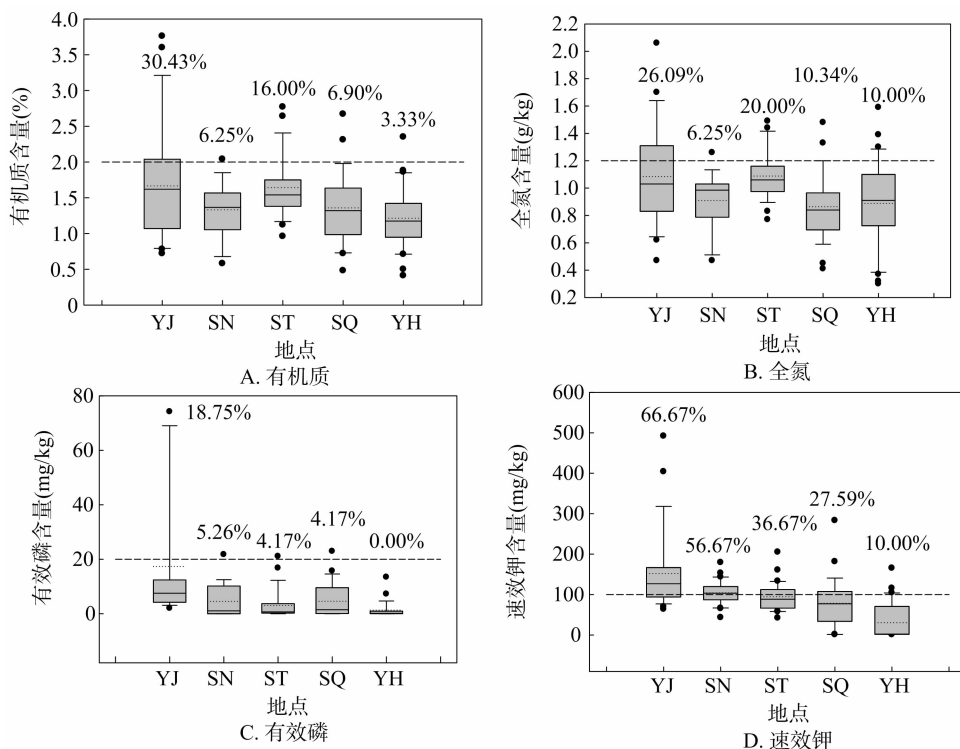


图3 不同茶区茶园土壤主要养分箱图及达优质高效高产茶园标准比例

2.2.3 有效磷含量 磷对茶树增产效果明显,能提高绿茶的氨基酸和水浸出物的含量,增加鲜叶的多酚类物质含量,对茶叶色、香味有良好的影响^[18]。从表 5 可以看出,除了印江,其他茶区茶园土壤有效磷含量普遍偏低,印江极显著高于石阡、思南、松桃和沿河。印江茶园土壤有效磷含量范围、平均值、变异系数分别为 2.01 ~ 74.18 mg/kg、17.37 mg/kg、132.07%,属强变异;有 37.50% 达到 I 级土壤标准(图 2 - C),有 31.25% 达到 II 级土壤标准,土壤肥力尚可,有 18.75% 达到高产优质茶园土壤标准(图 3 - C)。石阡、思南、松桃、沿河茶园土壤全氮含量范围、平均值、变异系数分别为 0.00 ~ 22.91、0.00 ~ 21.73、0.00 ~ 21.07、0.00 ~ 13.43 mg/kg, 4.59、4.53、3.07、1.35 mg/kg, 140.31%、137.09%、174.27%、217.78%,均属强变异(表 5);分别有 25.00%、26.32%、8.33% 和 3.70% 达到 I 级土壤标准(图 2 - C),有 70.83%、63.16%、83.33% 和 92.59% 达到 III 级土壤标准(图 2 - C),土壤肥力较差,分别仅有 4.17%、5.26%、4.17% 和 0.00% 达到高产优质茶园土壤标准(图 3 - C)。

2.2.4 速效钾含量 钾在作物体中以离子形式存在,广泛影响作物的生长、代谢和产品的品质。研究表明钾肥能促进茶叶萌发,增加芽头密度和芽叶质量,加速枝条生长,增加茶树冠幅和叶层厚度^[19-20]。从表 5 可以看出,印江茶园土壤速效钾含量最丰富,极显著高于其他产茶区,其次是思南、松桃和石阡,极显著高于沿河,沿河茶园土壤速效钾含量最低。印江茶园土壤速效钾含量范围、平均值、变异系数分别为 63.89 ~ 492.10 mg/kg、152.17 mg/kg、66.01%,属强变异;有 62.50% 达到 I 级土壤标准(图 2 - D),有 29.17% 达到 II 级土壤标准,土壤肥力优良,有 66.67% 达到高产优质茶园土壤标准(图 3 - D)。思南、松桃、石阡茶园土壤速效钾含量范围、平

均值、变异系数分别为 43.26 ~ 179.5、42.15 ~ 205.2、1.04 ~ 283.3 mg/kg, 104.45、94.66、78.55 mg/kg, 27.45%、36.02%、76.10%,思南属中等变异,其他为强变异;有 23.33%、20.00%、13.79% 达到 I 级土壤标准(图 2 - D),有 63.33%、46.67%、31.03% 达到 II 级土壤标准,土壤肥力尚可,有 56.67%、36.67%、27.59% 达到高产优质茶园土壤标准(图 3 - D)。沿河茶园土壤速效钾含量范围、平均值、变异系数分别为 0.98 ~ 165.5 mg/kg、30.52 mg/kg、150.33%,属强变异(表 5);仅有 3.33% 达到 I 级土壤标准(图 2 - D),有 80.00% 达到 III 级土壤标准,土壤肥力较差,仅有 10.00% 达到高产优质茶园土壤标准(图 3 - D)。

3 结论与讨论

铜仁大部分茶区茶园土壤有酸化趋势,甚至已经酸化。印江、沿河、石阡和松桃茶园土壤 pH 值极显著低于思南,主要集中在 4.0 ~ 5.0,印江和沿河 pH 值 < 4.5 的茶园分别占 41.67% 和 56.72%,茶园土壤有酸化趋势;石阡和松桃 pH 值 < 4.5 的茶园分别占 62.07% 和 73.33%,茶园土壤酸化。思南茶园土壤 pH 值主要集中在 4.5 ~ 5.5,最适合茶树生长。通过分析 5 个茶园土壤的主要养分状况来推断茶区土壤酸化的原因,土壤缺磷导致茶树根系分泌有机酸增加^[21-22]是导致茶区土壤酸化的一个主要原因。在茶园施肥管理中偏施氮肥,特别是酰胺态氮肥和铵态氮肥等生理酸性肥料^[23-24]是导致土壤酸化的另一重要原因。种植茶树引起土壤中交换态铝和可溶性铝的聚集,降低盐基离子如 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 等的含量^[25-26]也是导致其土壤酸化的一个重要原因。

为了提高土壤质量改良土壤酸度,平衡施肥、科学施肥很重要^[27-28]。根据廖万有的研究^[29],对印江、沿河、石阡和松

桃的茶园土壤应根据酸化原因和酸化程度不同进行分段治理。印江和沿河可以通过增施有机肥,配合施用磷、钾肥来平衡土壤养分^[24],还可种植绿肥、茶园铺草或秸秆来培肥土壤^[30],调节土壤 pH 值。石阡和松桃的茶园土壤酸化较重,可通过施用化学改良剂如石灰、石灰石粉或白云石粉来提高土壤 pH 值。Li 等提出还可施用工业废料如矿渣、红泥等降低土壤交换性铝,增加 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 等盐基离子的含量^[31]。

铜仁茶区茶园土壤有机质含量差异较大。印江和松桃茶园土壤有机质含量极显著高于沿河,土壤肥力优良,达到 I 级土壤标准的比例分别为 56.52% 和 64.00%,达到优质高产茶园土壤标准的比例分别为 30.43% 和 16.00%;但石阡、思南和沿河茶区达到 I 级土壤标准的比例只有 20.00% ~ 34.48%,达到优质高产茶园土壤标准的比例仅为 3.33% ~ 6.90%,需要注意重施有机肥,合理密植,生草覆盖,周期性修剪,枝叶还园,才能达到改良土壤的目的。

铜仁茶区全氮含量分布不均,部分茶区土壤缺氮。松桃和印江土壤肥力优良,达到 I 级土壤标准的比例分别为 68.00% 和 56.52%,达到优质高产茶园土壤标准的比例分别为 20.00% 和 26.09%;石阡、思南和沿河茶区达到 I 级土壤标准的比例只有 17.24% ~ 31.25%,达到优质高产茶园土壤标准的比例仅有 6.25% ~ 10.34%。特别是石阡,全氮含量极显著低于松桃和印江,需要加强水肥管理,及时施用氮肥。茶树栽培以采叶为主,对氮素要求迫切,需要量极大,若不及时补充氮素营养,将导致土壤缺氮。

铜仁茶区严重缺磷,部分茶区缺钾。调查的 5 个茶区中,石阡、思南、松桃和沿河缺磷严重,有效磷含量极显著低于印江,有效磷含量大多处于Ⅲ级土壤标准,仅有少部分达到 I 级和 II 级标准,极少部分达到优质高产茶园土壤标准,这些茶区要特别注意施用磷肥。速效钾含量沿河极显著低于印江、石阡、思南和松桃,缺钾最为严重,有 80.00% 处于Ⅲ级土壤标准;石阡、思南和松桃茶区大多处于 II 级和Ⅲ级土壤标准,少部分达到 I 级和优质高产茶园土壤标准;印江大多处于 I 级和优质高产茶园土壤标准。在茶园的栽培管理中,沿河茶区要特别注意钾肥的施用,石阡、思南和松桃适当补充钾肥。

参考文献:

- [1] 陈立杰. 贵州茶园土壤现状分析与对策[J]. 山地农业生物学报, 2005, 24(3): 249–252.
- [2] 周国兰, 赵华富, 王校常, 等. 贵州茶园土壤养分调查分析[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(8): 116–120.
- [3] 赵华富, 周国兰, 刘晓霞, 等. 贵州茶区土壤养分状况综合评价[J]. 中国土壤与肥料, 2012(3): 30–34.
- [4] 王红娟, 龚自明. 茶园测土配方施肥土壤取样技术[J]. 茶叶科学技术, 2008(3): 46–48.
- [5] 全国农业技术推广服务中心. 土壤分析技术规范[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 34.
- [6] 任意, 张淑香, 穆兰, 等. 我国不同地区土壤养分的差异及变化趋势[J]. 中国土壤与肥料, 2009(6): 13–17.
- [7] 方萍, 谢锦良. 水稻土养分状况的综合评价[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2004, 30(1): 20–24.
- [8] 王晖, 丁伟, 许自成, 等. 贵州烟区紫色土养分状况的综合评价[J]. 贵州农业科学, 2006, 34(6): 55–57.
- [9] 包建丰, 刘林敏, 陈银方, 等. 松阳县茶园测土配方高效施肥技术[J]. 中国茶叶, 2007(4): 25–27.
- [10] 魏莎, 李素艳, 孙向阳, 等. 指数施肥方式对切花菊生长及其土壤性质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2011(4): 54–58, 89.
- [11] 张小琴, 陈娟, 高秀兵, 等. 贵州重点茶区茶园土壤 pH 值和主要养分分析[J]. 西南农业学报, 2015, 28(1): 286–291.
- [12] 孙云南, 梁名志, 夏丽飞, 等. 不同间作物对茶园土壤养分的影响[J]. 西南农业学报, 2011, 24(1): 149–153.
- [13] 韩文炎, 阮建云, 林智, 等. 茶园土壤主要营养障碍因子及系列茶树专用肥的研制[J]. 茶叶科学, 2002, 22(1): 70–74, 65.
- [14] 薛正平, 杨星卫, 段项锁, 等. 土壤养分空间变异及合理取样数研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(4): 6–9.
- [15] 姜含春, 赵红鹰, 葛伟. 中国茶产业现状及发展趋势分析[J]. 中国农业资源与区划, 2009, 30(3): 23–28.
- [16] 童启庆. 茶树栽培学[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 93.
- [17] 杨亚军. 中国茶树栽培[M]. 上海: 上海科技出版社, 2005: 102.
- [18] 李静, 夏建国. 氮磷钾与茶叶品质关系的研究综述[J]. 中国农学通报, 2005, 21(1): 62–65, 75.
- [19] 韩文炎, 石元值, 马立峰. 茶园钾素研究进展与施钾技术[J]. 中国茶叶, 2004(1): 22–24.
- [20] 马茂桐, 张自力. 红壤茶园施用钾镁硫酸对茶叶产量和品质的影响[J]. 蚕桑茶叶通讯, 1992(4): 5–7.
- [21] 林郑和. 茶树对缺磷的生理生化反应与适应[D]. 福州: 福建农林大学, 2009: 62–65.
- [22] 毛佳. 茶树根系质子的分泌及茶园酸化土壤的调控[D]. 南京: 南京农业大学, 2009: 14–21.
- [23] 石锦萍, 丁瑞兴, 刘友兆, 等. 尿素和茶树落叶对土壤的酸化作用[J]. 茶叶科学, 1999, 19(1): 9–14.
- [24] 张永利, 孙力. 茶园土壤酸化及其改良措施[J]. 茶业通报, 2011, 33(4): 158–161.
- [25] Wang H, Xu R K, Wang N, et al. Soil acidification of alfisols as influenced by tea cultivation in eastern China[J]. Pedosphere, 2010, 20(6): 799–806.
- [26] Alekseeva T, Alekseev A, Xu R K, et al. Effect of soil acidification induced by a tea plantation on chemical and mineralogical properties of alfisols in eastern China[J]. Environmental Geochemistry and Health, 2011, 33(2): 137–148.
- [27] 任艳芳, 何俊瑜, 张艳超, 等. 贵州省开阳茶园土壤有效微量元素状况分析[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(12): 432–435.
- [28] 田甜, 韦锦坚, 陈远权, 等. 茶树的铝、硒、钙营养及互作研究综述[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(12): 29–33.
- [29] 廖万有. 我国茶园土壤的酸化及其防治[J]. 农业环境保护, 1998, 17(4): 178–180.
- [30] 刘初生, 梁月超, 蒋竹, 等. 高山茶园酸化土壤综合治理技术[J]. 现代农业科技, 2012(8): 283–284.
- [31] Li B, Zhang F, Zhang L W, et al. Comprehensive suitability evaluation of tea crops using GIS and a modified land ecological suitability evaluation model[J]. Pedosphere, 2012, 22(1): 122–130.