

紫金县茶园土壤养分状况分析与评价

陈迪文, 周文灵, 李继虎, 李 爽, 吴启华, 沈大春, 凌秋平, 黄 莹, 敖俊华*

(广东省科学院南繁种业研究所 / 茶营养与健康研究中心, 广东 广州 510316)

摘 要: 通过调查分析广东省紫金县不同茶园土壤养分状况, 为茶园土壤施肥管理及茶叶提质增效提供科学依据。对紫金县 9 个产茶乡镇的不同茶园 79 个土壤和 67 个茶青进行了取样, 分别采集茶园 0 ~ 20 cm 土壤和一芽二叶的茶青样品。检测土壤 pH、有机质、全 N、有效 P、速效 K、有效 Ca、有效 Mg、有效 S 含量及微量元素 Cu、Fe、Zn、Mn 和 B 有效态含量等土壤养分指标, 同时利用高效液相色谱系统定量测定茶青中的氨基酸和茶多酚含量。结果表明: 紫金县茶园土壤全部呈酸性, pH 值平均为 4.84, 变异系数为 12.94%; 有机质含量整体较高, 平均为 22.23 g/kg, 变异系数为 47.44%; 全 N 和有效 P 含量平均值分别为 1.44 g/kg 和 30.36 mg/kg, 整体处于中上等水平, 二者变异系数分别为 36.66% 和 112.11%; 速效 K 含量平均 114.10 mg/kg, 有 44.30% 的茶园土壤低于临界值; 中微量元素有效 Ca 和 S 相对较为丰富, 有效 Mg 含量整体水平中等, 其中 37.97% 的土壤低于临界值; 有效态 Mn 和 Fe 含量很丰富, 且没有低于临界值的样本; 有效态 Zn 和 B 含量中等, 分别有 10.13% 和 15.19% 的土壤样本低于临界值; 有效态 Cu 严重缺乏, 50.63% 的土壤样本低于临界值, 其他样本为适中水平。土壤养分综合评分与茶叶的品质指标茶多酚和氨基酸存在显著的正相关性。紫金县茶园土壤养分整体上处于中等偏上水平, 空间分布不均匀, 差异较大, 在大量元素上建议增施 K 肥, 中微量元素则需要补充 Mg、Cu 和 B 肥, 个别茶园还需要注意补充有机质, 增施有机肥。

关键词: 茶园; 土壤肥力; 养分指标; 相关性; 茶叶

茶叶是世界最主要的饮料之一, 全球茶叶种植面积逐渐扩大, 产量逐步增加, 目前我国茶园面积和茶叶产量均为世界第一^[1]。紫金县位于广东省东中部河源市的东南部, 30 年 (1980 ~ 2010 年) 平均气温 21℃, 年平均无霜期 300 d, 年平均相对湿度 79.2%, 年平均降水量 1740.8 mm, 年日照时数 1720 h, 适宜茶叶种植^[2]。茶业是紫金县的特色产业之一, 2019 年茶叶种植面积达到 0.3 万 hm², 茶产业综合年产值达 7.96 亿元, 入围 2020 中国茶业百强县, 具有浓厚的客家特色。

茶园土壤养分含量是肥力水平的重要指标, 直接影响茶树生长, 进而影响茶叶的产量、品质及茶农收益。茶园土壤养分状况及施肥能够影响茶叶产量和品质成分^[3-6]。例如, 氮肥对茶叶的干物质产

量和品质有明显的影响, 合理的施氮量能显著提高茶叶产量并改善其品质^[3]。施用钾、镁肥可以增加茶叶产量, 而且可以增加绿茶游离氨基酸含量、乌龙茶的香气成分和红茶的茶红素与茶黄素等品质成分, 施用钾肥还能提高茶树抗旱和抗病能力^[5, 7]。全国多地的科研人员都开展了地方茶园土壤养分分析与评价研究^[8-12], 这些都为培肥茶园土壤, 指导茶园合理施肥和提高茶叶产量提供了参考。目前紫金县茶园土壤肥力的相关研究未见报道。本文对茶园土壤取样分析检测, 并进行茶园土壤肥力等级划分, 以明确茶园土壤养分元素丰缺状况。根据结果可以针对性指导茶农合理施肥, 有利于提高茶叶产量和品质以及茶园生态的可持续发展。

1 材料与方法

1.1 样品的采集与处理方法

2018 年 9 月至 2019 年 10 月, 根据《土壤环境监测技术规范》(HJ/T 166-2004)^[13], 对紫金县的紫城镇、龙窝镇、苏区镇、南岭镇、敬梓镇、中坝镇、义容镇、凤安镇和九和镇 9 个产茶乡镇, 以集中连片 6.7 hm² 以上的茶园为对象, 采集茶园土壤

收稿日期: 2021-05-21; 录用日期: 2021-06-12

基金项目: 国家重点研发计划 (2020YFD1000600); 广东省科学院百名青年人才培养专项 (2019GDASYL-0104012); 清远市科技计划项目 (2020KJJH033)。

作者简介: 陈迪文 (1983-), 副研究员, 博士, 主要从事植物营养与新型肥料研究。E-mail: chendiwen@126.com。

通讯作者: 敖俊华, E-mail: junhuaao@qq.com。

样品, 共计 79 个, 取样时间在当年茶季结束后或即将结束、基肥施用之前完成。每个土壤样品由 4 个茶园行间样点和 4 个靠茶行位置样点的土壤等量混合组成, 去除表层约 5 cm 有机覆盖层, 用土壤取样器采集深度为 0 ~ 20 cm 的土壤。每个土样采用四分法取约 1.0 kg 带回实验室。剔除砂石和植物残体等杂物后置于通风处自然风干。磨碎后过 0.85 mm 筛, 供 pH 值、有效 P、速效 K、有效态的 Ca、Mg、S、Mn、Cu、Fe、Zn 和 B 测定。取其中约 50 g 土样, 继续磨碎过 0.15 mm 筛, 供有机质和全 N 元素测定。

茶青采集方法: 按照一芽二叶标准采集茶青, 除 1、2 年龄茶树外的每个土样点采集 50 g 左右鲜叶, 共计 67 个样。在 105℃ 下烘 15 min 后, 再在 75℃ 下烘至恒重。

1.2 样品检测方法

土壤 pH 值用水浸电位法 (水土比 2.5 : 1) 测定; 有机质采用重铬酸钾容量法; 全 N 采用凯氏

定氮法; 有效 P 测定用 NaHCO₃ 浸提 - 钼锑抗比色法; 速效 K 测定用醋酸铵浸提 - 火焰光度法; 有效态的 Ca、Mg、S、Mn、Cu、Fe、Zn、B 采用 Mehlich 3 浸提剂 (水土比 10 : 1) 浸提, 振荡 5 min, 取 5 倍稀释液, 电感耦合等离子体发射光谱仪测定^[14]。

茶叶品质成分测定: 样品前处理参照 GB/T 8303-2002^[15] 和 GB/T 8313-2008^[16]。采用 Agilent1260 型高效液相色谱系统定量检测 2 个茶青次级代谢物氨基酸和茶多酚作为茶叶品质指标。

1.3 茶园土壤养分分级标准及依据

结合《茶叶产地环境技术条件》(NY/T 853-2004) 中茶园土壤的肥力分级标准^[17]、《绿色食品产地环境质量》(NY/T 391-2013)^[18], 土壤肥力指标、优质高产茶园土壤肥力指标^[19], 将茶园土壤肥力分 3 级 (表 1); 根据全国第二次土壤普查分级标准^[20], 将茶园中微量元素的丰缺状况分 5 级 (表 2)。

表 1 茶园土壤肥力分级指标

项目	等级			
	I 级	II 级	III 级	优质高产茶园
pH 值				4.5 ~ 5.5
有机质 (g/kg)	>15	10 ~ 15	<10	>20
全 N (g/kg)	>1.0	0.8 ~ 1.0	<0.8	>1.5
有效 P (mg/kg)	>10	5 ~ 10	<5	>10
速效 K (mg/kg)	>120	80 ~ 120	<80	>100

表 2 土壤中有效态中微量元素含量的分级标准

养分元素	等级				
	很缺	缺	适中	丰富	很丰富
Ca	<100	100 ~ 250	250 ~ 1000	1000 ~ 2000	>2000
Mg	<25	25 ~ 50	50 ~ 100	100 ~ 200	>200
S	<10	10 ~ 16	16 ~ 30	30 ~ 50	>50
Fe	<2.5	2.5 ~ 4.5	4.5 ~ 10.0	10.0 ~ 20.0	>20.0
Zn	<1.0	1.0 ~ 1.5	1.5 ~ 3.0	3.0 ~ 5.0	>5.0
Mn	<1.0	1.0 ~ 5.0	5.0 ~ 15.0	15.0 ~ 30.0	>30.0
Cu	<1.0	1.0 ~ 2.0	2.0 ~ 4.0	4.0 ~ 6.0	>6.0
B	<0.25	0.25 ~ 0.50	0.50 ~ 1.00	1.00 ~ 2.00	>2.00

1.4 土壤养分指标综合评价

将土壤养分指标按照不同等级进行赋分, 再乘以一个权重系数后累计每个土壤样本的总分作为茶园土壤养分综合评分。赋分规则如下: pH 值按

照 <4.0、4.0 ~ 4.5、4.5 ~ 5.5、5.5 ~ 6.5 和 >6.5 共 5 个等级分别计 1、3、5、3 和 1 分; 有机质按照 <10、10.0 ~ 15.0、15.0 ~ 20.0 和 >20.0 共 4 个等级分别计 1、2、3 和 5 分; 全 N 按照 <0.8、

0.8 ~ 1.0、1.0 ~ 1.5 和 >1.5 共 4 个等级分别计 1、2、3 和 5 分；有效 P 按照 <5、5 ~ 10 和 >10 共 3 个等级分别计 1、3 和 5 分；速效 K 按照 <80、80 ~ 100 和 >100 共 3 个等级分别计 1、3 和 5 分；中微量元素按照很缺、缺、适中、丰富和很丰富共 5 个等级分别计 1、2、3、4、5 分。另外，将 pH 值、有机质、全 N、有效 P 和速效 K 的权重系数定为 0.6，有效态 Ca、Mg、S 的权重系数定为 0.3，微量元素的权重系数定为 0.1。将每个土壤样本的各个养分指标赋分后分别乘以对应的权重系数再累计总分（最大总分为 22.0 分，最小值为 4.4 分），并将综合评分与茶叶 2 个品质指标分别进行相关性分析。

表 3 茶园土壤 pH 值、有机质和 N、P、K 养分状况及分级占比

项目	变化范围	平均值	变异系数（%）	各级分布频率（%）			
				I 级	II 级	III 级	优质高产茶园
pH 值	3.88 ~ 6.56	4.84 ± 0.62	12.94				49.37
有机质（g/kg）	3.27 ~ 51.03	21.85 ± 10.36	47.44	69.62	21.52	8.86	48.10
全 N（g/kg）	0.45 ~ 2.55	1.44 ± 0.52	36.66	73.42	16.46	10.13	46.84
有效 P（mg/kg）	0.04 ~ 212.32	30.36 ± 34.04	112.11	74.68	17.72	7.59	74.68
速效 K（mg/kg）	8.02 ~ 410.74	114.10 ± 84.61	74.16	39.24	16.46	44.30	48.10

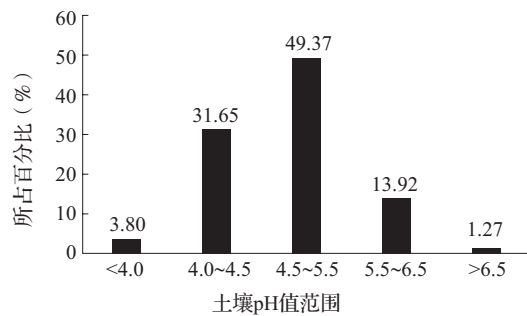


图 1 不同土壤 pH 值范围所占总量百分比

茶园土壤有机质含量范围为 3.27 ~ 51.03 g/kg，平均值为 21.85 g/kg，变异系数为 47.44%，表明不同茶园有机质含量差异性较大，含量最高和最低的相差 15 倍以上。大部分土壤样本有机质含量较高，其中符合优质高产茶园和 I 级优良标准的样本分别占 48.10%、69.62%。另外，也有 8.86% 的茶园土壤样本有机质含量较低，为 III 级标准（较差），需要补充有机质。

2.2 茶园土壤 N、P、K 含量状况

如表 3 所示，茶园土壤全 N 含量范围为 0.45 ~ 2.55 g/kg，平均值为 1.44 g/kg，变异系数为 36.66%，46.84% 的茶园全 N 含量符合优质高产茶园的要求，符

1.5 数据处理分析方法

所有土壤检测数据利用 Excel 2013 进行统计处理并制作图表。用 SPSS 19.0 进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 茶园土壤 pH 值及有机质状况

紫金县茶园土壤 pH 值调查结果见表 3、图 1。所有茶园土壤样本的 pH 值均小于 7，为酸性，且绝大部分低于 5.5，土壤 pH 值平均为 4.84，其变化范围为 3.88 ~ 6.56，变异系数为 12.94%。其中符合优质高产茶园 pH 值范围的土壤占比 49.37%，接近一半。

合 I 级和 II 级茶园标准的分别占 73.42% 和 16.46%，另有 10.13% 茶园含量低于临界值（0.8 g/kg）。

茶园土壤有效 P 含量范围为 0.04 ~ 212.32 mg/kg，平均值为 30.36 mg/kg，变异系数为 112.11%，属强变异型，表明不同茶园之间土壤有效 P 含量差异很大。74.68% 的茶园土壤有效 P 符合优质高产茶园和 I 级茶园要求，17.72% 的茶园含量尚可，7.59% 的茶园土壤有效 P 含量低于临界值（5 mg/kg）。

茶园土壤速效 K 变化范围为 8.02 ~ 410.74 mg/kg，平均含量为 114.10 mg/kg，变异系数为 74.16%，不同茶园之间差异较大。48.10% 的茶园土壤速效 K 符合优质高产茶园要求，44.30% 的茶园土壤低于临界值（80 mg/kg），土壤速效 K 含量偏低的土壤占比大。

2.3 茶园土壤中量元素 Ca、Mg、S 含量状况

从表 4 可以看出，茶园土壤有效 Ca 整体含量水平较高，变化范围为 61.94 ~ 1978.99 mg/kg，平均值为 936.73 mg/kg，变异系数为 63.15%，表明土壤有效 Ca 的含量差异较大，绝大部分茶园土壤有效 Ca 满足茶树生长，仅有 11.39% 茶园含量低于临界值（250 mg/kg）。

茶园有效 Mg 含量平均值为 75.66 mg/kg, 变化范围为 3.78 ~ 255.10 mg/kg, 变异系数为 65.18%, 说明有效 Mg 空间分布不均匀, 其中 37.97% 的茶园含量低于临界值 (50 mg/kg), 需要补充 Mg 才能满足茶树正常生长。

茶园土壤有效 S 整体含量中等偏上, 变化范围为 0.99 ~ 345.31 mg/kg, 平均值为 45.55 mg/kg, 变异系数为 95.14%, 表明不同茶园土壤有效 S 的含量差异较大, 仅有 10.13% 的茶园含量低于临界值 (16 mg/kg)。

表 4 茶园土壤 Ca、Mg、S 养分状况及分级占比

项目	变化范围 (mg/kg)	平均值 (mg/kg)	变异系数 (%)	各级分布频率 (%)					
				很缺	缺	适中	丰富	很丰富	低于临界值
Ca	61.94 ~ 1978.99	936.73 ± 591.50	63.15	0.00	11.39	49.37	39.24	0.00	11.39
Mg	3.78 ~ 255.10	75.66 ± 49.31	65.18	10.13	25.32	30.38	32.91	1.27	37.97
S	0.99 ~ 345.31	45.55 ± 43.34	95.14	3.80	6.33	21.52	35.44	32.91	10.13

2.4 茶园土壤微量元素 Cu、Fe、Mn、Zn、B 的含量状况

表 5 表明, 茶园土壤有效态 Cu 含量整体偏低, 变化范围为 0.06 ~ 3.90 mg/kg, 平均值为 1.94 mg/kg, 变异系数为 52.66%, 没有样本达到丰富和很丰富的级别, 50.63% 的茶园低于临界值 (2.0 mg/kg), 不能满足茶树生长需要; 茶园土壤有效态 Fe 含量极其丰富, 含量变化范围为 4.71 ~ 663.10 mg/kg, 平均值为 193.49 mg/kg, 远高于很丰富水平 (20 mg/kg), 其中很丰富级别占比 93.67%, 没有低于临界值的土壤样本; 有效态 Mn 含量变化范围为

10.94 ~ 150.20 mg/kg, 平均值为 33.49 mg/kg, 变异系数为 53.40%, 59.49% 的茶园有效态 Mn 含量很丰富, 没有低于临界值的土壤样本; 有效态 Zn 含量变化范围为 0.26 ~ 20.30 mg/kg, 平均值为 4.51 mg/kg, 变异系数为 92.74%, 表明有效态 Zn 含量的空间分布高度不均匀, 大部分处于适中及以上水平, 低于临界值的土壤样本占比 10.13%; 有效态 B 含量平均值为 1.62 mg/kg, 变化范围为 0.10 ~ 15.34 mg/kg, 变异系数达 117.30%, 表明有效态 B 的含量空间分布高度不均匀, 15.19% 茶园有效态 B 含量低于临界值 (0.5 mg/kg)。

表 5 茶园土壤微量元素养分状况及分级占比

项目	变化范围 (mg/kg)	平均值 (mg/kg)	变异系数 (%)	各级分布频率 (%)					
				很缺	缺	适中	丰富	很丰富	低于临界值
Cu	0.06 ~ 3.90	1.94 ± 1.02	52.66	17.72	32.91	49.37	0.00	0.00	50.63
Fe	4.71 ~ 663.10	193.49 ± 151.46	78.28	0.00	0.00	2.53	3.80	93.67	0.00
Mn	10.94 ~ 150.20	33.49 ± 17.88	53.40	0.00	0.00	2.53	37.97	59.49	0.00
Zn	0.26 ~ 20.30	4.51 ± 4.18	92.74	5.06	5.06	40.51	22.78	26.58	10.13
B	0.10 ~ 15.34	1.62 ± 1.90	117.30	6.33	8.86	20.25	44.30	20.25	15.19

2.5 茶园土壤养分综合评价

如图 2 所示, 在所有检测的 13 个土壤指标中, 没有土壤在所有指标中全部达到优质高产茶园或丰富以上等级。其中 60.8% 的土壤样本能达到 6 个及以上的指标, 占比最多的是达到 6 ~ 7 个优质指标的样本, 合计占比 39.3%。根据养分评价总分计算, 所有样本平均得分 15.92, 最大值 20.8, 最小值 9.7。如图 3 所示, 总分低于 14 的样本占比 22.8%, 高于平均值且大于 16 的样本占比 49.4%,

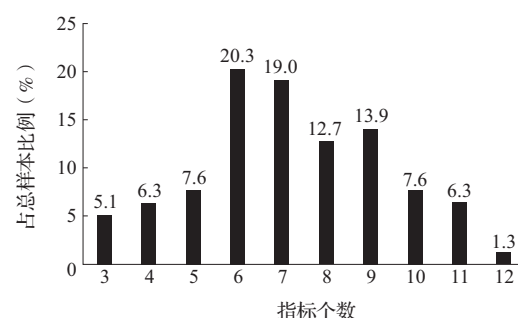


图 2 养分指标达到优质高产茶园或丰富以上等级的土壤分布频率

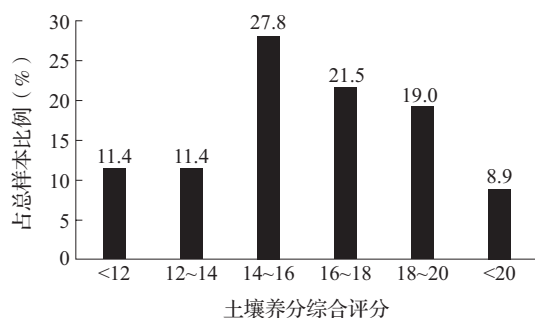
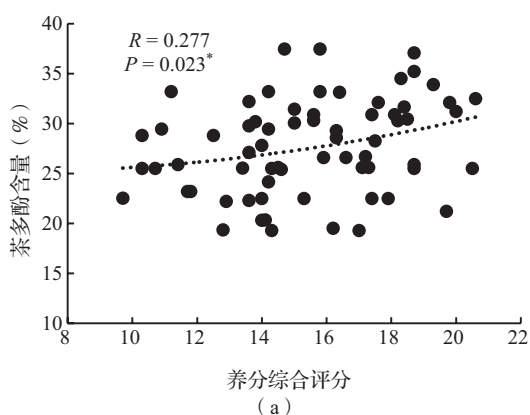


图3 茶园土壤养分指标综合评价总分分布频率



总分高于18的样本占比27.9%。以上结果说明紫金茶园大多数土壤的近半数养分指标能达到优质高产茶园的标准,土壤养分整体上处于中等偏上的水平。

2.6 土壤养分综合评分与茶青次级代谢物茶多酚和氨基酸含量的关系

统计分析结果如图4所示,土壤养分综合评分与茶青次级代谢物茶多酚和氨基酸含量的相关系数分别为0.277和0.299,都为显著正相关

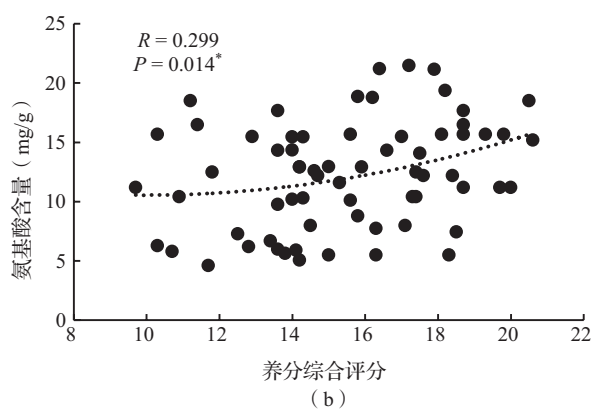


图4 土壤养分综合评分与茶青茶多酚含量和氨基酸含量的关系

($P < 0.05$),整体上随着土壤养分综合评分的提高,茶多酚和氨基酸的含量均增加。

3 讨论

3.1 茶园土壤养分丰缺与施肥建议

土壤条件与茶树的生长发育密切相关,有机质及各种矿质养分元素是茶树生长发育必不可少的元素。但随着种茶年限的增加,茶园土壤会表现出pH值下降,Fe、Al元素含量增加和部分微量元素含量下降等变化^[21-22],长期不同施肥管理措施也会对土壤养分产生影响^[23]。本研究中紫金县茶园土壤样本pH值平均为4.84,属于强酸性土壤,而由于茶树喜酸性,优质高产茶园土壤pH值的范围为4.5~5.5^[24],因此,49.37%的土壤样本符合优质高产茶园的要求;另外,土壤pH值低于4.0或高于6.5的茶园,对茶树的正常生长发育会产生不良影响,而紫金县的茶园中这类pH值样本占比只有约5%(图1)。研究表明,施用生物炭基肥可显著减缓酸化茶园土壤酸度,促进茶树对养分的吸收,因此可以考虑施用生物炭等土壤调理剂来改良酸性土壤^[25]。对于土壤pH值太低的茶园需要注意

减少化肥投入,增施有机肥来改善土壤结构^[26-27]。

土壤中相对较高的有机质含量是获得优质高产茶叶的保证^[28]。有机质对土壤团粒结构的维持和形成有重要作用,能有效改善土壤三相状况,有利于茶树根系生长发育^[29],但也不是越高越好,过高的有机质也可能会影响茶叶品质^[30]。由于紫金县政府大力提倡有机茶产业建设,大部分茶园是有机茶园,注重有机肥的投入,因此调查的样本中土壤有机质含量整体为中上等,近半数达到优质高产茶园的标准,但不同茶园之间差异性较大,8.86%的茶园土壤样本有机质含量较低,这些茶园可能是有机肥投入少,或者是新开垦茶园,需要增施有机肥来补充有机质^[26],也可以在茶园行间种植一些具有固氮作用的豆科绿肥植物用于还田^[31]。

紫金县茶园土壤大量元素中N和P含量相对较高,而K元素则有44.30%的茶园土壤低于临界值(80 mg/kg),属于较差等级。K是植物生长的必需元素,合理施用K肥能增加茶树的发芽密度和芽头重量,提高抗病能力及抗旱性等,缺K则不利于茶树正常生长^[7]。对于K含量低的茶园建议补充K肥,有机茶园可以施用草木灰,或将杂草、秸秆和

枯枝落叶堆肥还田,对于部分缺N的茶园适当补充N肥或者增加豆科绿肥作物通过固氮作用提升土壤N素含量^[32]。

中微量元素中,紫金县茶园土壤Fe和Mn非常丰富,没有低于临界值的样本,这是华南酸性土壤的一个常态。有效Ca和S相对较为丰富,大部分茶园不需要额外补充就可以满足茶树生长的需要。研究表明,施Mg可使茶叶增产,茶叶游离氨基酸含量增加^[33-34]。紫金县茶园有37.97%的土壤有效Mg含量低于临界值,需要补充Mg。茶园土壤有效态Cu含量整体偏低,而且没有样本达到丰富及以上的级别,特别是50.63%的茶园低于临界值,不能满足茶树的生长需要。茶树虽然对中微量元素的需求量较少,但其功能不可代替,紫金县茶园土壤应重视这些微肥的施用。另外,Cu和Mn既是营养元素,也是重金属元素,其含量过高可能对植物生长产生不利影响。根据农业行业标准NY/T 288-2018中关于茶叶中Cu的限量标准为 ≤ 30 mg/kg^[35],本研究调查的所有土壤样本均低于这个标准,而且处于相对匮乏需要补充的水平。目前茶叶中Mn的限量还没有相关国家或者行业标准,本研究调查的土壤样本中Mn含量的最高值为150.20 mg/kg,平均值为33.49 mg/kg,而文献报道南方红壤和赤红壤中活性Mn含量为120 ~ 136 mg/kg^[36]。据调查,粤东凤凰山茶区12个茶园土壤可交换态Mn含量平均为6.41 mg/kg^[37],闽中茶园土壤有效Mn含量平均为33.72 mg/kg^[38],全国各地土壤因成土母质及环境差异导致Mn含量差异很大^[39]。茶树是富集Mn的植物,Mn含量是其他植物的10倍以上^[40]。而茶园土壤有效态Mn含量达到何种水平会对茶树造成不利影响尚未有研究报道。

3.2 土壤养分综合评价方法及与茶叶品质的关系

研究表明,不同的土壤养分因子对于茶叶的品质存在一定影响^[30],而不同养分之间也存在一些相互影响,单独讨论某一养分对茶叶品质的影响比较复杂,难以明确。因此,有必要对土壤的养分状况进行一个综合评价,而后再研究其与茶叶品质的相关性。同样地,土壤的养分指标种类很多,如果侧重单因素评价则会有些片面。如今随着模糊数学方法、灰色关联分析法、聚类分析法、人工神经网络法以及多元统计分析方法等现代研究方法的广泛应用^[41-43],土壤养分评价逐渐趋向于多因素的综合评价,从而在很大程度上避免了主观因素对评价

结果的影响。但这些方法大多不仅计算比较复杂,而且对于数据有一定的适应性要求,并不是所有数据都能适用这些方法。比如多元统计分析中的主成分分析方法是采用较多的一种综合分析方法^[44-45],通过计算各主成分得分获得综合评价分,从而达到对土壤养分状况的准确评价^[45]。它要求所有变量间的简单相关系数平方和大于偏相关系数平方和,抽样适合性检验KMO值越接近于1,原有变量越适合作因子分析,KMO值低于0.7的则不适合^[46],本文所调查的数据经分析KMO值为0.56,且提取得到的5个主成分贡献率低于70%,故不太适合作主成分分析。因此我们自定义了一个相对简单的土壤养分综合评分规则,首先根据每一个土壤指标的分级情况,根据最佳水平定义最高分,评分随分级降低而降低。另外,根据土壤理化指标中大、中、微量赋予不同权重系数,pH值与有机质作为土壤理化性质最重要的两个指标和大量元素N、P、K的权重系数定为0.6,中量元素权重系数为大量元素的一半,即0.3,微量元素权重系数则为大量元素的1/6,即0.1。这种方法不一定能精确地判断土壤养分状况,但可以从整体上对土壤养分的综合状况提供参考。将土壤养分综合评分与茶青的重要品质因子进行相关性分析,结果表明土壤养分综合评分与茶青的茶多酚和氨基酸含量存在显著的正相关性,即土壤整体养分水平较高的茶园生产的茶叶中茶多酚和氨基酸含量相对较高。施肥管理措施也会对茶叶品质产生影响,施肥量过高或过低均不利于高品质茶叶生产^[6]。因此,建议重视茶园土壤综合肥力情况跟踪监测,及时掌握茶园土壤养分亏缺情况,进行针对性的养分补充,从而保障高品质的茶叶生产。

4 结论

根据土壤样点测试结果,紫金县茶园土壤呈强酸性,有机质含量整体中上等,但分布不均,部分茶园土壤有机质含量极低。土壤各矿质养分元素分布不均,Fe和Mn非常丰富,N、P、Ca、S、B、Zn含量中等偏上,K、Mg、Cu则相对缺乏。综合评分表明,紫金茶园土壤养分整体上处于中等水平,土壤综合肥力水平与茶叶品质指标茶多酚和氨基酸等存在显著的正相关性。建议茶园保持土壤肥力情况跟踪监测,根据茶园土壤养分亏缺情况进行针对性的补充,以提高茶叶品质。

参考文献:

- [1] 雷雅婷, 胡涵, 王翠仙, 等. 世界茶叶贸易与发展趋势分析[J]. 现代农业科技, 2018(1): 284-286.
- [2] 朱华松, 李波, 唐宁琳, 等. 紫金县茶叶种植气候适应性分析[J]. 气象研究与应用, 2018, 39(2): 59-62.
- [3] 苏有健, 廖万有, 丁勇, 等. 不同氮营养水平对茶叶产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥科学报, 2011, 17(6): 1430-1436.
- [4] 孔晓君, 尚晓阳, 李玉胜, 等. 不同施肥模式对茶叶产量、品质及经济效益的影响[J]. 山东农业科学, 2019, 51(8): 54-58.
- [5] 阮建云, 管彦良, 吴洵. 茶园土壤镁供应状况及镁肥施用效果研究[J]. 中国农业科学, 2002, 45(7): 815-820.
- [6] 刘扬, 孙丽莉, 廖红. 养分管理对安溪茶园土壤肥力及茶叶品质的影响[J]. 土壤学报, 2020, 57(4): 917-927.
- [7] 阮建云, 吴洵. 钾、镁营养供应对茶叶品质和产量的影响[J]. 茶叶科学, 2003(S1): 21-26.
- [8] 尹杰, 牛素贞, 刘进平, 等. 贵州有机茶园土壤肥力的调查[J]. 西南农业学报, 2013, 26(1): 226-229.
- [9] 杨文叶, 袁杭杰, 李丹. 杭州市郊茶园土壤养分现状分析[J]. 浙江农业科学, 2019, 60(2): 184-185.
- [10] 邵元海, 孙春霞, 周静峰, 等. 江苏茶园土壤主要养分现状分析与施肥对策[J]. 茶叶, 2020, 46(2): 107-109.
- [11] 江新风, 童忠飞, 欧阳雪灵, 等. 南昌县茶园土壤质量状况调查[J]. 贵州农业科学, 2018, 46(10): 76-80.
- [12] 高瑞凤, 王政, 孙宁波, 等. 青岛市茶园土壤肥力及环境质量现状分析[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2008(1): 43-47.
- [13] HJ/T 166-2004, 土壤环境监测技术规范[S].
- [14] 马立锋, 杨亦扬, 石元值, 等. Mehlich 3 浸提剂在茶园土壤养分分析中的应用[J]. 土壤通报, 2007, 38(4): 745-748.
- [15] GB/T 8303-2002, 茶磨碎试样的制备及其干物质含量测定[S].
- [16] GB/T 8313-2008, 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法[S].
- [17] NY/T 853-2004, 茶叶产地环境技术条件[S].
- [18] NY/T 391-2013, 绿色食品产地环境技术条件[S].
- [19] 吴洵. 茶园土壤管理与施肥技术[M]. 北京: 金盾出版社, 2009.
- [20] 全国土壤普查办公室. 中国土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [21] 过春芳, 孙春霞, 邵元海, 等. 苏州市吴中区茶园土壤理化性状分析与施肥建议[J]. 蚕桑茶叶通讯, 2021(1): 36-39.
- [22] 陈丽华, 刘兰英, 吕新, 等. 不同种植年限茶树根际土壤微生物数量和肥力之间关系[J]. 福建农业学报, 2019, 34(12): 1433-1439.
- [23] 王金林, 闻禄, 陈平, 等. 长期不同施肥对茶园土壤 pH、茶叶产量可持续性和品质的影响[J]. 中国农学通报, 2021, 37(8): 84-88.
- [24] 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(1): 70-74.
- [25] 李昌娟, 杨文浩, 周碧青, 等. 生物炭基肥对酸化茶园土壤养分及茶叶产质量的影响[J]. 土壤通报, 2021, 52(2): 387-397.
- [26] Zhang S, Sun L, Wang Y, et al. Cow manure application effectively regulates the soil bacterial community in tea plantation[J]. BMC Microbiology, 2020, 20(1): 190.
- [27] 戴美玲, 向铁军, 陈琪, 等. 不同施肥模式对茶叶产量和品质的影响[J]. 湖南农业科学, 2020(12): 32-35.
- [28] 师进霖, 纳玲洁, 宋云华, 等. 土壤肥力因子与茶叶品质的关系[J]. 中国农学通报, 2005(4): 97-100.
- [29] 吴志丹, 尤志明, 江福英, 等. 配施有机肥对茶园土壤性状及茶叶产质量的影响[J]. 土壤, 2015, 47(5): 874-879.
- [30] 周志, 刘扬, 张黎明, 等. 武夷茶区茶园土壤养分状况及其对茶叶品质成分的影响[J]. 中国农业科学, 2019, 52(8): 1425-1434.
- [31] 李艳春, 李兆伟, 王义祥. 4 种植物物料改良茶园土壤酸度的效果[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(3): 204-209.
- [32] 农玉琴, 黄少欣, 刘振洋, 等. 茶豆间作体系氮素对茶叶营养成分的影响[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(21): 160-162.
- [33] 阮建云, 管彦良, 吴洵. 茶园土壤镁供应状况及镁肥施用效果研究[J]. 中国农业科学, 2002, 35(7): 815-820.
- [34] 黄梓臻, 尹家旭, 黄永鑫, 等. 乌龙茶产区镁肥肥效及其对养分吸收利用的影响[J]. 南方农业学报, 2020, 51(9): 2120-2129.
- [35] NY/T 288-2018, 绿色食品 茶叶[S].
- [36] 臧小平. 土壤锰毒与植物锰的毒害[J]. 土壤通报, 1999, 30(3): 139-141.
- [37] 李张伟. 粤东凤凰山区茶园茶叶重金属含量的调查和污染评价[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(9): 183-186.
- [38] 陈玉真, 单睿阳, 王峰, 等. 闽中茶园土壤和茶叶铁锰含量及影响因素研究[J]. 福建农业学报, 2018, 33(9): 986-993.
- [39] 吴名字, 李顺义, 张杨珠. 土壤锰研究进展与展望[J]. 作物研究, 2005, 19(2): 137-142.
- [40] 常硕其, 彭克勤, 周浩. 锰对茶树生长发育及茶叶品质关系的研究进展[J]. 福建茶叶, 2006(4): 8-10.
- [41] 吕苏丹, 汪光宇, 郭亚浪, 等. 东阳万亩园区土壤养分综合评价研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2002(3): 39-43.
- [42] 郭瑞, 李静怡, 郑险峰, 等. 大荔枣园土壤养分空间分布及土壤肥力综合评价[J]. 西北林学院学报, 2021(3): 122-128.
- [43] 骆东奇, 白洁, 谢德体. 论土壤肥力评价指标和方法[J]. 土壤与环境, 2002(2): 202-205.
- [44] 吴湘琳, 陈署晃, 赖宁, 等. 基于主成分分析和聚类分析果

- 园土壤养分综合评价 [J]. 新疆农业科学, 2018, 55 (7): 1286–1292.
- [45] 陈吉, 赵炳梓, 张佳宝, 等. 主成分分析方法在长期施肥土壤质量评价中的应用 [J]. 土壤, 2010, 42 (3): 415–420.
- [46] Kaiser H F, Rice J. Little jiffy, mark I V [J]. Educational and Psychological Measurement, 1974, 34 (1): 111–117.

Analysis and evaluation of soil nutrient status in tea plantation of Zijin county

CHEN Di-wen, ZHOU Wen-ling, LI Ji-hu, LI Shuang, WU Qi-hua, SHEN Da-chun, LING Qiu-ping, HUANG Ying, AO Jun-hua* (Institute of Nanfan & Seed Industry, Guangdong Academy of Sciences / Tea Nutrition and Health Research Center, Guangzhou Guangdong 510316)

Abstract: The soil nutrient status of different tea gardens were investigated and analyzed in Zijin county, Guangdong province to provide scientific basis for the fertilization management and the improvement of tea quality. 79 soils (0 ~ 20 cm) and 67 “one bud and two leaf” fresh tea samples were taken from nine tea producing villages in Zijin county. The soil pH, the contents of organic matter, total N, available P, available K, available Ca, available Mg, available S, and the contents of trace elements such as Cu, Fe, Zn, Mn and B in the available states were measured, and the contents of amino acids and tea polyphenols in fresh tea were quantitatively determined by high performance liquid chromatography. The results showed that all the soils in Zijin county were acid, with an average pH of 4.84 and a coefficient of variation of 12.94%; the organic matter content was relatively high, with an average of 22.23 g/kg and a coefficient of variation of 47.44%; the mean values of total N and available P were 1.44 g/kg and 30.36 mg/kg, and most was at the middle and top level, and the coefficient of variation was 36.66% and 112.11%, respectively; the average content of available K was 114.10 mg/kg, and 44.30% of the tea garden soil was lower than the critical value; the available Ca and S of the middle and micro elements were relatively rich, and the content of available Mg was medium, of which 37.97% of the soil was lower than the critical value; the content of available Mn and Fe was rich, and there were no samples lower than the critical value; the available Zn and B contents were medium, and 10.13% and 15.19% of soil samples were lower than the critical value; the available Cu was seriously deficient, 50.63% of soil samples were lower than the critical value, and other samples were moderate. There was a significantly positive correlation between the comprehensive score of soil nutrients and tea quality indicators such as tea polyphenols and amino acids. As a whole, the soil nutrients of tea gardens in Zijin county were at the upper-middle level, with uneven spatial distribution and great differences. It is suggested to apply K, Mg, Cu and B fertilizer, and in some tea gardens supplement of organic matter should be paid attention to and organic fertilizer application should be increased.

Key words: tea garden; soil fertility; nutrient index; relevance; tea