

毛娟,旺杰次仁,罗英,等.林芝茶园土壤养分特征与肥力质量评价[J].江苏农业科学,2023,51(23):211-218.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.23.031

林芝茶园土壤养分特征与肥力质量评价

毛娟¹,旺杰次仁²,罗英¹,吴金次仁²,李青¹,高彪¹,王文海¹,王法通¹,王文华¹

(1. 西藏自治区农牧科学院蔬菜研究所,西藏拉萨 850032; 2. 西藏自治区农业技术推广服务中心,西藏拉萨 850006)

摘要:为探究高原条件下林芝茶园的土壤肥力,应用主成分分析法与聚类分析法,选取 pH 值和有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾含量 8 个指标,对林芝市墨脱县、察隅县、波密县 30 份土壤样品的肥力进行综合评价。结果表明:(1)林芝茶园土壤 pH 值介于 4.99~7.41 之间,平均值为 5.65,50.00% 茶园达到优质茶园水平,未发现林芝茶园土壤有酸化趋势;土壤有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾含量的平均值分别为 66.34 g/kg、3.30 g/kg、1.34 g/kg、15.36 g/kg、274.16 mg/kg、156.68 mg/kg、124.69 mg/kg,均达优质茶园水平;(2)土壤综合肥力指标值在 5.03~24.82 之间,均值为 13.54,70.00% 的茶园土壤养分在中上水平,表明林芝茶园土壤肥力水平总体较高;(3)相关性分析结果表明,pH 值和有机质、全氮、全磷含量对土壤肥力有较大影响,结合养分含量分析,应加强对磷元素的补充。

关键词:林芝市;高原茶园;土壤养分;土壤肥力;主成分分析

中图分类号:S571.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)23-0211-08

茶园土壤是茶树生存的物质基础,土壤肥力是其物理、化学和生物特征的综合反映^[1-2],是衡量土壤质量的有效手段,也是茶园生产力的基础^[3]。土壤养分是决定茶园土壤肥力的关键因子,其丰缺程度直接影响茶叶的产量与品质^[4-5]。目前,客观评价茶园土壤肥力的方法主要有主成分分析法^[4,6-7]、聚类分析法^[8]、模糊综合评价法^[5]。其中,主成分分析法、聚类分析方法通过量化形式表现土壤理化性状的综合指标,能减少单个指标所反映的物理特性带来的差异^[9],被广泛应用于土壤肥力综合评价^[10-12]。此外,根据茶园土壤分级标准与优质高效高产茶园土壤营养诊断指标^[13]、NY/T 853—2004《茶叶产地环境技术条件》^[14]、NY/T 391—2013《绿色食品产地环境技术条件》^[15]等,能较为客观地判断茶园土壤肥力概况。因此,通过主成分分析方法与土壤质量分级标准相结合,对茶园土壤肥力质量进行综合评价,能较好地反映茶园土壤肥力情况,

可用于分析土壤养分差异成因与限制因子,为茶园平衡施肥提供依据。

西藏人民饮茶的历史已有 1 000 多年^[16],藏族民间谚语有“宁可三日无肉,不可一日无茶”,足可见茶在西藏人民物质与精神生活中的重要地位。西藏大规模种茶始于 1956 年,当地人民解放军从云南引进茶树种子,在察隅县日卡通地进行试种并获得成功,20 世纪 60、70 年代先后从四川、云南、湖南、浙江等省调进 8 万多 kg 茶籽进行种植,种茶总面积达 160 hm² 左右,西藏茶产业初具规模^[17-19]。但在随后数年中,由于生产环境、加工技术等因素限制,除易贡茶场外,西藏茶产业未得到进一步发展。2015 年以来,西藏开始重新大力发展茶产业,着重将茶产业打造成新的经济支柱^[20]。目前,西藏茶园主要分布在林芝市,截至 2020 年底,林芝茶园面积达 4 702.37 hm²,全市茶青采摘量达 17.83 万 kg,干毛茶产量约 3.57 万 kg,产值约 4 278 万元,茶产业逐渐成为林芝农民的重要经济收入来源^[21]。但是,目前针对林芝茶园土壤养分的研究报道较少,缺乏对林芝茶园土壤肥力综合评价的研究。本研究通过主成分分析、聚类分析法对林芝茶园土壤肥力质量进行综合评价,分析林芝茶园土壤肥力现状,明确土壤养分限制因子,旨在为茶园土壤养分的科学管理与平衡施肥提供理论依据。

收稿日期:2022-03-05

基金项目:西藏自治区中央引导地方项目(编号:XZ202102YD0023C);
西藏自治区农牧科学院蔬菜研究所科研发展基金(编号:KYFZJJ-2021-06)。

作者简介:毛娟(1991—),女,湖南常德人,硕士,研究实习员,主要研究方向为茶树栽培与育种。E-mail:maojuanmj@outlook.com。
通信作者:王文华,硕士,副研究员,主要研究方向为茶树栽培与育种。E-mail:wtaas@126.com。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

林芝市位于西藏自治区东南部,雅鲁藏布江中下游,地处 $26^{\circ}52' \sim 30^{\circ}40'N$, $92^{\circ}09' \sim 98^{\circ}47'E$ 之间,东西长 646.7 km,南北宽 353.2 km,总面积 11.7 万 km^2 。境内山峦重叠,河流纵横,海拔高度为 150 ~ 7 782 m,平均海拔高度 3 100 m,全境具有典型的高山峡谷和山地河谷地貌。林芝区域内气候类型丰富,以高原温带半湿润季风气候为主,为热带、亚热带、温带、寒带气候并存的多种气候带。大部分地区年平均降水量为 500 ~ 1 000 mm,各地

年平均气温为 6 ~ 17 $^{\circ}C$,大部分地区年日照时数均在 2 100 h 以下,各地年平均相对湿度为 60% ~ 75%,平均无霜期 > 150 d。

1.2 样品采集

2021 年 4 月,在林芝市主要种茶县,选取面积较大且成片的代表性茶园(图 1),按照“S”形 5 点采样法采集 0 ~ 20 cm 深的表层土样,除去石块及植物根系等杂物,充分混合后采用四分法取约 1 kg 土样放置于无纺布采样袋中带回实验室,并于土壤采样表上记录好采样地点、经纬度、海拔等信息^[22](表 1)。

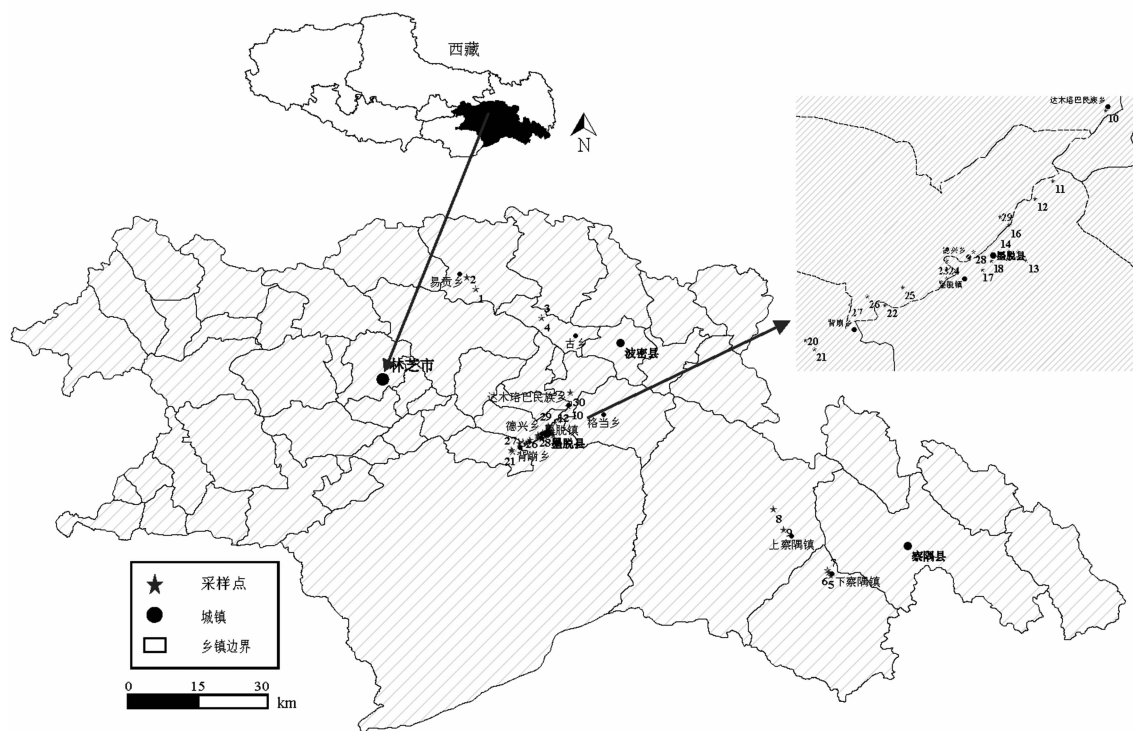


图1 林芝茶园土壤采样点分布

1.3 样品处理及指标测定

将带回实验室的土壤放置在搪瓷样品盘中,于通风、阴凉干燥处风干。风干后的样品用玛瑙研钵磨细后,分别过 20、100 目不锈钢网筛,装入自封袋中并做好标记供测,土壤 pH 值和有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾含量参照《土壤农业化学分析方法》^[23]进行测定。

1.4 茶园土壤养分状况评价标准

基于优质高效高产茶园的土壤营养诊断指标^[13]、NY/T 853—2004《茶叶产地环境技术条件》^[14]、NY/T 391—2013《绿色食品产地环境技术

条件》^[15]的茶园土壤养分分级标准对林芝茶园土壤进行养分含量分级与比例统计(表 2),这些标准目前被广泛用于茶园土壤肥力质量评价^[4-5,7,24-25]。

1.5 数据处理与分析

选取 pH 值和有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾含量 8 个肥力因子,对林芝茶园土壤肥力质量进行综合评价。采用 Excel 2016 与 IBM SPSS 26^[26]对数据进行整理与分析。

采用因子分析中的主成分分析法和系统聚类分析法,对土壤肥力进行综合分析评价。首先对数据进行 KMO 和巴特利特球形度检验,当 KMO

表 1 林芝茶园土壤采样点分布

编号	县	乡镇	样地	海拔 (m)	经度 (°)	纬度 (°)	编号	县	乡镇	样地	海拔 (m)	经度 (°)	纬度 (°)
1	波密县	易贡乡	易贡茶场	2 223.6	94.91	30.18	16	墨脱县	墨脱镇	亚东村	1 066.6	95.35	29.36
2	波密县	易贡乡	仲贡村	2 192.0	94.86	30.25	17	墨脱县	墨脱镇	墨脱村(新)	1 269.4	95.32	29.31
3	波密县	古乡	索通村(基地)	2 445.9	95.30	30.01	18	墨脱县	墨脱镇	墨脱村(老)	1 177.7	95.33	29.32
4	波密县	古乡	索通村	2 451.0	95.30	30.01	19	墨脱县	德兴乡	果果塘	848.6	95.28	29.32
5	察隅县	下察隅镇	察隅农场	1 683.0	97.01	28.49	20	墨脱县	背崩乡	格林村	1 645.7	95.12	29.23
6	察隅县	下察隅镇	噶堆噶美村	1 682.1	97.00	28.51	21	墨脱县	背崩乡	江新村	1 038.1	95.13	29.22
7	察隅县	下察隅镇	新村	1 747.6	96.99	28.52	22	墨脱县	背崩乡	背崩村	1 051.1	95.21	29.27
8	察隅县	上察隅镇	毕达村	1 998.7	96.67	28.88	23	墨脱县	墨脱镇	亚让村	752.0	95.28	29.30
9	察隅县	上察隅镇	松林村	1 929.9	96.73	28.76	24	墨脱县	德兴乡	荷扎村	1 166.2	95.28	29.31
10	墨脱县	达木乡	达木村	1 550.6	95.46	29.49	25	墨脱县	德兴乡	那尔东村	1 691.8	95.23	29.29
11	墨脱县	墨脱镇	米日村	808.1	95.40	29.41	26	墨脱县	德兴乡	巴登则村	1 704.1	95.19	29.28
12	墨脱县	墨脱镇	玛迪村	957.6	95.38	29.39	27	墨脱县	德兴乡	易贡白村	1 902.5	95.17	29.27
13	墨脱县	墨脱镇	朗杰岗村	2 016.4	95.37	29.32	28	墨脱县	德兴乡	德兴村	822.7	95.31	29.33
14	墨脱县	墨脱镇	巴日村(上)	1 659.7	95.35	29.33	29	墨脱县	德兴乡	文朗村	1 274.4	95.34	29.37
15	墨脱县	墨脱镇	巴日村(下)	1 591.2	95.36	29.33	30	墨脱县	达木乡	贡日村	1 244.6	95.47	29.57

表 2 林芝茶园土壤养分含量分级与比例统计

项目	Ⅰ级		Ⅱ级		Ⅲ级		优质茶园	
	范围	样本比例(%)	范围	样本比例(%)	范围	样本比例(%)	范围	样本比例(%)
pH 值							4.5~5.5	50.00
有机质含量(g/kg)	>20	96.67	15~20	0.00	<15	3.33	≥20	96.67
全氮含量(g/kg)	>1.0	96.67	0.8~1.0	3.33	<0.8	0.00	≥1.5	93.33
碱解氮含量(mg/kg)	>100	96.67	80~100	0.00	<80	3.33	≥100	96.67
全磷含量(g/kg)	>1.0	56.67	0.4~1.0	40.00	<0.4	3.33	≥1.0	56.67
速效磷含量(mg/kg)	>20	83.33	5~20	6.67	<5	10.00	≥20	83.33
全钾含量(g/kg)	>10	60.00	5~10	33.33	<5	6.67	≥10	60.00
速效钾含量(mg/kg)	>100	60.00	60~100	26.67	<60	13.33	≥100	60.00

值≥0.6,巴特利特球形度检验 $P < 0.05$,确定可以进行因子分析。再通过对各指标进行降维,得到反映土壤养分指标的主成分特征值和特征向量,选取特征值>1的主成分计算得分。利用 SPSS 对原始因子数据进行标准化处理,再进行数据平移使标准化数据为正值,带入茶园土壤肥力综合指标值(IFI)计算公式,并用类平均法对 IFI 进行系统聚类。 IFI 采用指数和法,其表达式为

$$IFI = \frac{x_1}{\sum_{i=1}^m x_i} F_1 + \frac{x_2}{\sum_{i=1}^m x_i} F_2 + \cdots + \frac{x_m}{\sum_{i=1}^m x_i} F_m。 \quad (1)$$

可简化为 $IFI = \lambda_1 F_1 + \lambda_2 F_2 + \cdots + \lambda_m F_m$,其中 IFI 表示土壤肥力综合指标值, x_i 表示第 i 个特征值, F_m 表示第 m 个主成分得分; λ 表示对应主成分因子的贡献率。

2 结果与分析

2.1 茶园土壤肥力描述性统计

2.1.1 土壤 pH 值分析 茶树是喜酸作物,茶园土壤 pH 值与茶树生长密切相关,适宜茶树生长的 pH 值为 4.0~6.5,最适 pH 值为 4.5~5.5^[13,27]。由表 3 可知,林芝茶园土壤 pH 值介于 4.99~7.41 之间,平均值为 5.65,90% 样本土壤的 pH 值<6.5,林芝茶园土壤主要属于弱酸性土壤;变异系数为 10.21%,属于中等变异,与弱变异临界值接近,说明林芝茶园 pH 值差异不大。由表 2 可知,土壤 pH 值分布在 4.5~5.5 之间的茶园占 50%,达到优质茶园水平。

2.1.2 土壤有机质含量分析 土壤有机质含量与茶叶品质密切相关,一般而言,土壤有机质含量越

高,茶鲜叶品质成分含量越高,质量性状表现越好^[28]。由表 3 可知,林芝茶园土壤有机质含量为 14.30~154.00 g/kg,平均含量为 66.34 g/kg;变异系数为 50.07%,属于中等变异。由表 2 可知,96.67% 茶园土壤有机质含量 > 20 g/kg,为 I 级茶园;3.33% 茶园土壤有机质含量 < 15 g/kg,为 III 级茶园;96.67% 茶园土壤有机质含量 ≥ 20 g/kg,达到优质茶园水平。

2.1.3 土壤氮、磷、钾元素含量分析 茶树是喜氮作物,研究表明,茶树鲜叶氮素水平与鲜叶、成茶中的氨基酸水平高度正相关^[29],在茶园中施氮能显著提高春茶品质与产量^[30]。由表 3 可知,林芝茶园土壤全氮含为 0.85~6.35 g/kg,平均含量为 3.30 g/kg,变异系数为 43.28%,属于中等变异。由表 2 可知,96.67% 茶园土壤全氮含量 > 1.0 g/kg,为 I 级茶园;3.33% 茶园土壤全氮含量介于 0.8~1.0 g/kg 之间,为 II 级茶园;93.33% 茶园土壤全氮含量 ≥ 1.5 g/kg,达到优质茶园水平。碱解氮含量是反映土壤肥力水平的重要指标。由表 3 可知,林芝茶园土壤碱解氮含量介于 49.25~443.63 mg/kg 之间,平均含量为 274.16 mg/kg,变异系数为 41.70%,属于中等变异。由表 2 可知,96.67% 茶园土壤碱解氮含量 > 100 mg/kg,为 I 级茶园;3.33% 茶园土壤碱解氮含量 < 80 mg/kg,为 III 级茶园;96.77% 茶园土壤碱解氮含量 ≥ 100 mg/kg,达到优质茶园水平。

表 3 林芝茶园土壤养分描述性统计

项目	范围	均值	标准差	变异系数 (%)
pH 值	4.99~7.41	5.65	0.58	10.21
有机质含量(g/kg)	14.30~154.00	66.34	33.22	50.07
全氮含量(g/kg)	0.85~6.35	3.30	1.43	43.28
碱解氮含量(mg/kg)	49.25~443.63	274.16	114.31	41.70
全磷含量(g/kg)	0.36~4.22	1.34	0.77	57.26
速效磷含量(mg/kg)	2.16~479.35	156.68	124.91	79.73
全钾含量(g/kg)	3.08~66.64	15.36	11.46	74.60
速效钾含量(mg/kg)	13.97~255.55	124.69	56.45	45.27

磷是茶树生长所需三大营养元素之一,参与茶树多种生理过程。土壤磷元素可提高茶树鲜叶中表没食子儿茶素的含量,对红茶香气与滋味的提升有积极作用^[31]。由表 3 可知,林芝茶园土壤全磷含量介于 0.36~4.22 g/kg 之间,平均含量为 1.34 g/kg;变异系数为 57.26%,属于中等变异。由表 2 可知,

56.67% 茶园土壤全磷含量 > 1.0 g/kg,为 I 级茶园;40.00% 茶园土壤全磷含量介于 0.4~1.0 g/kg 之间,为 II 级茶园;3.33% 茶园土壤全磷含量 < 0.4 g/kg,为 III 级茶园。56.67% 茶园土壤全磷含量 ≥ 1.0 g/kg,达到优质茶园水平。林芝茶园土壤速效磷含量介于 2.16~479.35 mg/kg 之间,平均含量为 156.68 mg/kg;变异系数为 79.73%,属于中等变异。由表 2 可知,83.33% 茶园土壤速效磷量 > 20 mg/kg,为 I 级茶园;6.67% 茶园土壤速效磷含量介于 5~20 mg/kg 之间,为 II 级茶园;10.00% 茶园土壤速效磷含量 < 5 mg/kg,为 III 级茶园。83.33% 茶园土壤速效磷含量 ≥ 20 mg/kg,达到优质茶园水平。

钾在茶树体内含量仅次于氮,几乎参与了茶树体内所有的生化反应^[32]。由表 3 可知,林芝茶园土壤全钾含量介于 3.08~66.64 g/kg 之间,平均含量为 15.36 g/kg;变异系数为 74.60%,属于中等变异。由表 2 可知,60.00% 茶园土壤全钾含量 > 10 g/kg,为 I 级茶园;33.33% 土壤全钾含量介于 5~10 g/kg 之间,为 II 级茶园;6.67% 茶园土壤全钾含量 < 5 g/kg,为 III 级茶园。60.00% 茶园土壤全钾含量 ≥ 10 g/kg,达到优质茶园水平。林芝茶园土壤速效钾含量介于 13.97~255.55 mg/kg 之间,平均含量为 124.69 mg/kg;变异系数为 45.27%,属于中等变异。由表 2 可知,60.00% 茶园土壤速效钾含量 > 100 mg/kg,为 I 级茶园;26.67% 茶园土壤速效钾含量介于 60~100 mg/kg 之间,为 II 级茶园;13.33% 茶园土壤速效钾含量 < 60 mg/kg,为 III 级茶园。60.00% 茶园土壤速效钾含量 ≥ 100 mg/kg,达到优质茶园水平。

2.2 茶园土壤肥力综合分析

2.2.1 相关性检验 因子间存在一定相关性是进行主成分分析的前提。运用 SPSS 软件对各肥力质量因子进行相关性分析,并进行 KMO 和巴特利特球形度检验。结果表明,各指标间存在不同程度的相关性(表 4),KMO 值为 0.606,巴特利特球形度检验的相伴概率 $P < 0.01$,进一步证明各肥力因子间存在较强相关性,可进行主成分分析。

2.2.2 主成分分析 基于相关性检验,对土壤肥力质量因子进行主成分分析(表 5)。根据特征值 > 1 的原则,可提取 3 个主成分,特征值分别为 3.52、1.93、1.13,方差贡献率分别为 44.02%、24.06%、14.11%,累计贡献率为 82.20%,说明选取的 3 个

主成分能基本反映茶园的土壤肥力情况。主成分因子载荷是主成分因子与原始变量因子之间的相关系数,第 1 主成分中,有机质、全氮、碱解氮含量有较高正向因子载荷值,表明第 1 主成分主要与有机质、氮含量相关;第 2 主成分中,pH 值、速效磷含量

因子的荷载值较高且为正值,表明第 2 主成分主要与 pH 值、速效磷含量相关;第 3 主成分中,全磷含量因子荷载值较高且为正值,表明第 3 主成分主要与全磷含量相关。

表 4 土壤肥力质量指标间的相关性

项目	pH 值	有机质含量	全氮含量	全磷含量	全钾含量	碱解氮含量	速效磷含量	速效钾含量
pH 值	1.000 0							
有机质含量	-0.148 0	1.000 0						
全氮含量	-0.194 0	0.953 0**	1.000 0					
全磷含量	0.052 0	0.275 0	0.410 0*	1.000 0				
全钾含量	0.343 0	-0.284 0	-0.254 0	0.472 0**	1.000 0			
碱解氮含量	-0.235 6	0.747 0**	0.879 0**	0.514 0**	-0.262 0	1.000 0		
速效磷含量	0.390 0*	-0.330 0	-0.453 0*	-0.566 0**	0.138 0	-0.590 0**	1.000 0	
速效钾含量	-0.316 0	0.022 0	0.122 0	-0.227 4	-0.431 0*	0.262 0	-0.218 0	1.000 0

注:“**”表示极显著相关($P<0.01$);“*”表示显著相关($P<0.05$)。

表 5 各主成分的特征值及方差贡献率

主成分	初始特征值			提取载荷平方和		
	特征值	方差贡献率(%)	累计贡献率(%)	特征值	方差贡献率(%)	累计贡献率(%)
1	3.52	44.02	44.02	3.52	44.02	44.02
2	1.93	24.06	68.09	1.93	24.06	68.09
3	1.13	14.11	82.20	1.13	14.11	82.20
4	0.68	8.52	90.71			
5	0.44	5.51	96.22			
6	0.19	2.40	98.62			
7	0.10	1.19	99.81			
8	0.02	0.19	100.00			

根据主成分得分系数矩阵(表 6),得出 3 个主成分的线性表达式:

$$F_1 = 0.139ZX_1 + 0.419ZX_2 + 0.375ZX_3 - 0.007ZX_4 - 0.158ZX_5 + 0.257ZX_6 + 0.075ZX_7 - 0.078ZX_8;$$

$$F_2 = 0.470ZX_1 + 0.169ZX_2 + 0.096ZX_3 + 0.067ZX_4 + 0.230ZX_5 - 0.046ZX_6 + 0.321ZX_7 - 0.423ZX_8;$$

$$F_3 = -0.150ZX_1 - 0.174ZX_2 - 0.067X_3 + 0.508ZX_4 + 0.382ZX_5 - 0.080ZX_6 - 0.425ZX_7 - 0.049ZX_8。$$

其中: $ZX_1 \sim ZX_8$ 表示经 SPSS 标准化的土壤肥力因子,对它们进行数据平移,使其为正值。根据公式(1),土壤肥力综合评价表达式为 $IFI = 0.440F_1 + 0.241F_2 + 0.141F_3$,计算各土壤的 IFI , IFI 越高,表

表 6 初始因子载荷与成分得分系数矩阵

项目	各因子荷载值			各主成分得分系数		
	1	2	3	1	2	3
pH 值	0.26	0.65	-0.16	0.139	0.470	-0.150
有机质含量	0.79	0.23	-0.18	0.419	0.169	-0.174
全氮含量	0.70	0.13	-0.07	0.375	0.096	-0.067
全磷含量	-0.01	0.09	0.54	-0.007	0.067	0.508
全钾含量	-0.30	0.32	0.41	-0.158	0.230	0.382
碱解氮含量	0.48	-0.06	0.08	0.257	-0.046	0.080
速效磷含量	0.14	0.45	-0.45	0.075	0.321	-0.425
速效钾含量	-0.15	-0.59	-0.05	-0.078	-0.423	-0.049

明土壤综合肥力越高。

2.2.3 土壤肥力综合评价 由表 7 可知,林芝茶园土壤 IFI 变幅为 5.03 ~ 24.82,均值为 13.54,变异系数为 38.46%,属于中等变异。基于欧氏距离大小,采用类平均法对 IFI 进行聚类分析^[2]。30 个样本基于 IFI 可被分为 I、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ4 类,分别代表极高、高、中、低 4 个等级。I 级土壤样本 IFI 为 24.82,占比为 3.33%;Ⅱ级土壤样本 IFI 变幅为 16.65 ~ 22.09,占比为 30.00%,变异系数为 10.45%;Ⅲ级土壤样本 IFI 变幅为 11.05 ~ 15.16,占比为 36.67%,变异系数为 11.83%;Ⅳ级土壤样本 IFI 值变幅为 5.03 ~ 9.83,占比为 30.00%,变异系数为 21.90%。70% 茶园土壤养分在中上水平,说明林芝茶园土壤肥力情况总体较好,但有 30% 茶园土壤养分较低,需要重点进行培肥管理。由表 8 可知,不同

表 7 茶园土壤肥力综合指标值统计描述分析

土壤肥力等级	样本个数	占比 (%)	IFI 均值	IFI 范围	标准差	变异系数 (%)
I	1	3.33	24.82	24.82	—	—
II	9	30.00	18.89	16.65 ~ 22.09	1.98	10.45
III	11	36.67	13.05	11.05 ~ 15.16	1.54	11.83
IV	9	30.00	7.55	5.03 ~ 9.83	1.65	21.90
合计	30	100.00	13.54	5.03 ~ 24.82	5.21	38.46

表 8 林芝土壤肥力综合指标值及不同肥力等级土壤所占比例

采样区域	样本个数	IFI 变幅	IFI 均值	标准差	变异系数 (%)	不同肥力土壤样本所占比例 (%)			
						I	II	III	IV
波密县	4	6.32 ~ 18.52	12.40	6.08	49.05	0.00	50.00	0.00	50.00
察隅县	5	5.92 ~ 12.94	9.64	2.69	27.87	0.00	0.00	40.00	60.00
墨脱县	21	5.03 ~ 24.82	14.69	5.19	35.33	4.76	33.33	42.86	19.05
总计	30	5.03 ~ 24.82	13.54	5.17	38.18	3.33	30.00	36.67	30.00

县之间土壤肥力存在较大差异。其中,波密县土壤肥力主要处于 II、IV 级,察隅县土壤肥力主要处于 III、IV 级,墨脱县土壤肥力主要处于 II、III 级;3 个县土壤肥力均呈中等变异。

对 IFI 与土壤肥力养分因子进行线性拟合分析,结果(图 2)表明,IFI 与土壤养分因子间存在一定相关性。IFI 与各土壤养分因子皮尔逊相关性分析结果表明,有机质、全氮、全磷、碱解氮含量与 IFI 呈极显著相关($P < 0.01$)。结合主成分分析可知,pH 值、有机质、氮、磷含量对土壤肥力有较大影响。

3 讨论

茶园土壤肥力是影响茶树生长发育和茶叶品质的重要因素,肥沃的土壤是茶园优质高产的基础。茶树是喜酸作物,适宜生长的 pH 值范围为 4.0 ~ 6.5,当 pH 值 < 4.0 或 > 6.5 时,茶树对氮、磷、钾等营养元素的吸收能力显著降低^[33]。前人的研究表明,国内茶园土壤呈不同程度的酸化趋势^[24,34-36]。本研究中,林芝茶园土壤 pH 值范围在 4.99 ~ 7.41 之间,均值为 5.65,表明茶园土壤未发生明显酸化,大部分茶园土壤适宜茶树生长。这与张忠梁等的结论^[37]一致。这可能是因为除易贡茶场外,其余采样茶园多为 2015 年以来新建的,且茶园大多施用有机肥,因此并未因过量施用氮肥或因茶树凋落物累积而使土壤酸化。索通村 2 个土壤样品的 pH 值 > 7,经后期调查,得知 2 个取样茶园建园之初均因有效土层较薄,而于外地购置土壤进行

加厚。西藏成土历史短,土壤发育较为原始,土壤类型独特多样,仅有约 1/5 的土壤为酸性土壤,且主要分布在藏东南地区^[38-39]。因此,建园之初,如需通过客土方式加深有效土层,应注意选择适宜的酸性土壤。本研究中,96.67% 以上茶园土壤的有机质、氮含量达到 I 级茶园水平,相关性分析结果表明有机质含量与全氮、碱解氮含量呈显著正相关,这与前人研究中西藏土壤全氮、碱解氮含量随有机质含量增加而增加的结论^[40]一致。这可能是因为林芝位于藏东南,为高寒湿润、半湿润气候,草类植被在夏季生长旺盛,有机质合成量大而分解量小,因而有机质积累量大,且由于植物根系较浅,有机质主要分布在较薄的表层^[41]。56.67% 土壤样本的全磷含量、83.33% 土壤样本的速效磷含量达到优质茶园标准,需要注意对磷元素的补充。速效磷含量变异系数为 79.73%,属于强变异,这可能与采样海拔从 700 m 至 2 500 m 有关;有研究表明,随着海拔升高,西藏土壤速效磷含量减少^[41]。

本研究选取 pH 值和有机质、全氮、碱解氮、全钾、速效钾、全磷、速效磷含量 8 个养分指标进行主成分分析,计算土壤综合肥力值,并用聚类分析方法对土壤肥力进行分级,结果表明,提取的 3 个主成分能表征 82.20% 的原始信息。土壤肥力综合指标值变幅为 5.03 ~ 24.82,均值为 13.54;所选取的 30 个采样点,70.00% 茶园的土壤养分在中上水平,说明林芝茶园土壤肥力总体水平较高。这是因为藏东南土壤有机质含量较高,而有机质含量对氮、磷、钾

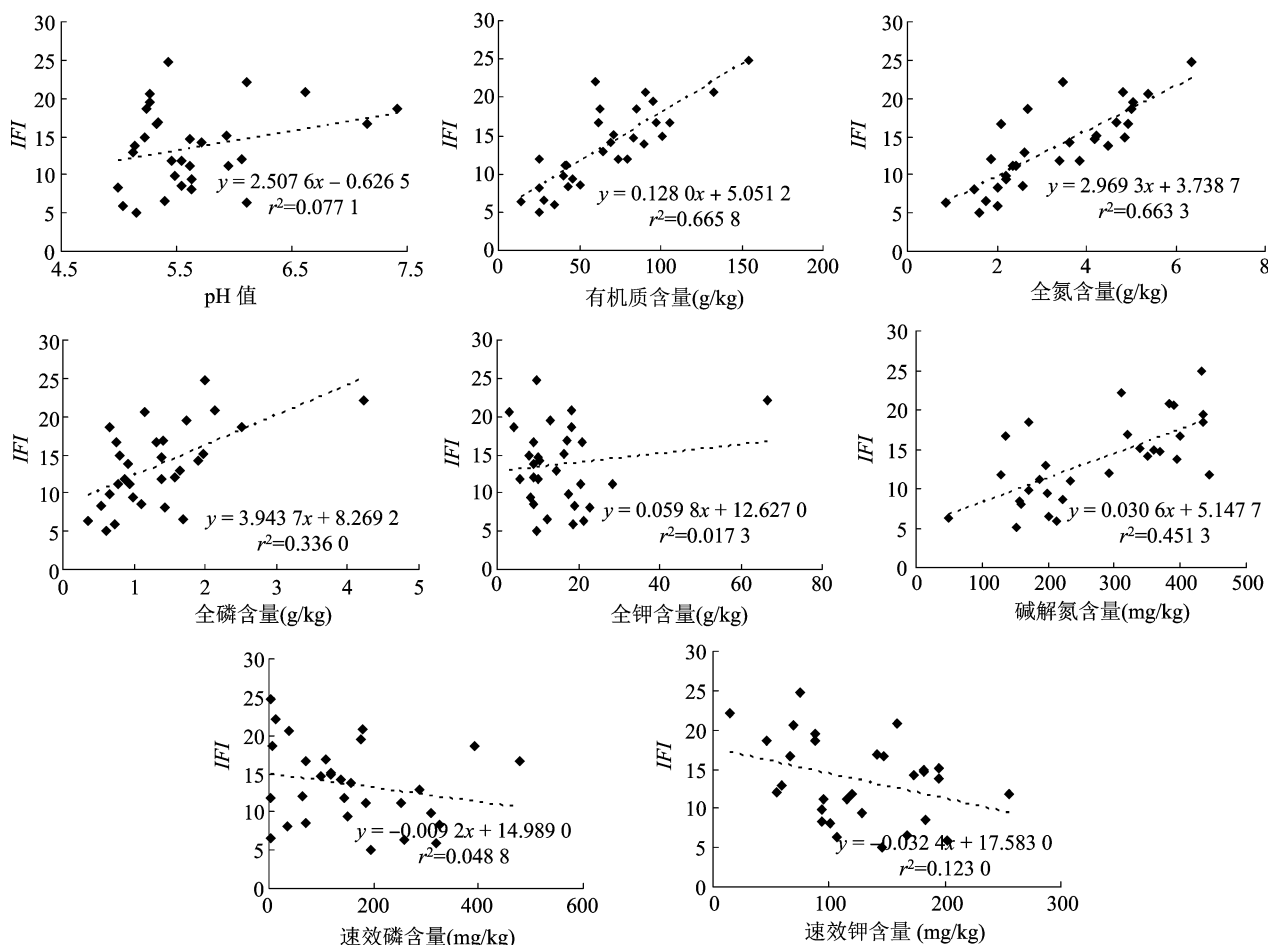


图2 各土壤肥力综合指标值与各养分指标的线性关系

的有效性有积极作用。因此,保护藏东南丰富的天然植被,维持有机质平衡,对茶园土壤肥力的保持与提升具有重要意义。本研究中,各县土壤肥力分布不均匀,这可能与采样海拔有关;波密县采样海拔高度平均为 2 328.1 m,察隅县为 1 808.3 m,墨脱县为 1 297.1 m。研究表明,海拔对垂直山地气候及土壤养分有较大影响,养分随海拔变化而变化^[37];也可能与各县茶园管理方式、农业活动及样本量有关。主成分分析与相关性分析结果表明,pH 值及有机质、氮、磷含量对土壤肥力有较大影响。因此,在茶园田间管理过程中,要注意加强这些养分因子的供应与平衡。基于养分含量,尤其应注意对磷元素的补充。

本研究选定的 8 个指标常被用于评价土壤综合肥力,能较好地反映土壤肥力情况^[7,42]。但是土壤肥力易受生态环境、土壤质地、耕作方式等的影响^[12]。西藏作为青藏高原主体,成土历史短,土壤、气候条件复杂,高原特色鲜明,茶树种植时间较短,茶园管理模式不一,海拔差异大。因此,在后续研

究中,应进一步扩大样本取样量与检测指标,以便深入探究高原茶园的土壤肥力,为高原茶园科学施肥管理提供更多理论依据。

4 结论

本研究基于主成分分析法与聚类分析法,对林芝 30 个代表性茶园土壤养分与肥力特征进行了分析,主要研究结论如下。

(1)林芝茶园土壤 pH 值介于 4.99 ~ 7.41 之间,平均值为 5.65,50.00% 茶园达到优质水平,未发现林芝茶园有酸化趋势;茶园土壤有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾含量平均值分别为 66.34 g/kg、3.30 g/kg、1.34 g/kg、15.36 g/kg、274.16 mg/kg、156.68 mg/kg、124.69 mg/kg,均达优质茶园水平。

(2)茶园土壤肥力综合指标值在 5.03 ~ 24.82 之间,均值为 13.54,70.00% 茶园土壤养分在中上水平,表明林芝茶园土壤肥力水平总体较高。不同县之间土壤肥力存在一定差异,其中,波密县土壤

肥力主要处于Ⅱ、Ⅳ级,察隅县土壤肥力主要处于Ⅲ、Ⅳ级,墨脱县土壤肥力主要处于Ⅱ、Ⅲ级。

(3)相关性分析结果表明,pH 值及有机质、全氮、全磷、碱解氮含量对土壤肥力有较大影响,结合养分含量分析,应加强对磷元素的补充。

参考文献:

- [1] Dumanski J, Pieri C. Land quality indicators: research plan[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2000, 81(2): 93–102.
- [2] 赵瑞芬, 程 滨, 滑小赞, 等. 基于主成分分析的山西省核桃主产区土壤肥力评价[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2020, 40(6): 61–68.
- [3] 简尊吉, 倪妍妍, 徐 瑾, 等. 中国马尾松林土壤肥力特征[J]. 生态学报, 2021, 41(13): 5279–5288.
- [4] 柳书俊, 姚新转, 赵德刚, 等. 湄潭茶园土壤养分特征及肥力质量评价[J]. 草业学报, 2020, 29(11): 33–45.
- [5] 温继良, 周元清, 杨东华, 等. 新平县茶园土壤养分特征及肥力质量评价[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2018, 33(5): 925–933.
- [6] 宋勤飞, 牛素贞, 陈正武, 等. 基于主成分分析的花溪古茶树立地土壤养分评价[J]. 浙江农业学报, 2017, 29(11): 1844–1853.
- [7] 任艳芳, 何俊瑜, 张艳超, 等. 贵州省开阳茶园土壤养分状况与肥力质量评价[J]. 土壤, 2016, 48(4): 668–674.
- [8] 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.
- [9] 赵月玲, 林玉玲, 曹丽英, 等. 基于主成分分析和聚类分析的土壤养分特性研究[J]. 华南农业大学学报, 2013, 34(4): 484–488.
- [10] 吴海燕, 金荣德, 范作伟, 等. 基于主成分和聚类分析的黑土肥力质量评价[J]. 植物营养与肥料学报, 2018, 24(2): 325–334.
- [11] 唐佐芯, 李天壁, 陈泽斌, 等. 基于主成分分析和聚类分析的红河州植烟土壤特性研究[J]. 西南农业学报, 2019, 32(7): 1607–1613.
- [12] 陈玉芹, 胡永亮, 张丽萍, 等. 基于主成分和聚类分析的德宏橡胶林土壤肥力评价[J]. 热带作物学报, 2019, 40(8): 1461–1467.
- [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] 中华人民共和国农业部. 茶叶产地环境技术条件: NY/T 853—2004[S]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [15] 中华人民共和国农业部. 绿色食品产地环境技术条件: NY/T 391—2013[S]. 北京: 中国农业出版社, 2013.
- [16] 吴 端. 茶香万里, 风格各异——边茶销售地少数民族饮茶方式[J]. 民族论坛, 2012(3): 62–64.
- [17] 司辉清, 庞晓莉, 张佑栋, 等. 西藏茶叶生产现状、自然优势及建议[J]. 茶叶科学, 1996, 16(2): 87–92.
- [18] 雷秉乾. 西藏与茶叶[J]. 茶叶通讯, 1989, 16(1): 16–19.
- [19] 葛广洲. 西藏茶业开发与将来展望[J]. 茶业通报, 1984, 6(3): 1–4.
- [20] 彭君华, 刘洪利, 谭 琼. 西藏茶产业发展现状与对策建议[J]. 中国茶叶, 2021, 43(5): 71–75.
- [21] 吴金次仁, 翁恩维, 旺杰次仁, 等. 浅谈西藏茶产业发展现状及应对措施[J]. 西藏农业科技, 2022, 44(1): 96–99.
- [22] 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, 49(3): 46–48.
- [23] 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, 2000: 13, 107, 147, 150, 168, 180, 188, 194.
- [24] 赵丰华, 付群英, 徐秀丽, 等. 沂河区茶园土壤养分状况分析与评价[J]. 中国土壤与肥料, 2019(2): 165–170.
- [25] 卢 青, 何 季, 吴传美, 等. 不同植茶年限下四球茶茶园土壤性状及茶叶品质特征[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(2): 168–175.
- [26] George D, Mallery P. IBM SPSS Statistics 26 step by step: a simple guide and reference[M]. New York: Routledge, 2019.
- [27] 杨亚军. 中国茶树栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2005: 131.
- [28] 高菲菲, 李家华, 祁文龙, 等. 云南省西双版纳州茶园土壤养分状况分析[J]. 土壤, 2014, 46(2): 386–388.
- [29] 张文锦. 鲜叶氮磷钾含量与乌龙茶品质关系的研究[J]. 福建茶叶, 1992, 14(3): 16–19, 10.
- [30] 朱旭君, 王玉花, 张 瑜, 等. 施肥结构对茶园土壤氮素营养及茶叶产量品质的影响[J]. 茶叶科学, 2015, 35(3): 248–254.
- [31] 李相楹, 张珍明, 张清海, 等. 茶园土壤氮磷钾与茶叶品质关系研究进展[J]. 广东农业科学, 2014, 41(23): 56–60.
- [32] 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, 26(1): 22–24.
- [33] 童启庆. 茶树栽培学[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [34] 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.
- [35] 杨冬雪, 钟珍梅, 陈剑侠, 等. 福建省茶园土壤养分状况评价[J]. 海峡科学, 2010(6): 129–131.
- [36] 王红娟, 龚自明, 高士伟, 等. 湖北省茶园土壤养分状况评价[J]. 华中农业大学学报, 2009, 28(3): 291–294.
- [37] 张忠梁, 舒英格. 基于文献计量的中国西南地区茶园土壤养分特征分析[J]. 中国土壤与肥料, 2021(5): 42–52.
- [38] 张宗锦, 刘世全, 张世熔, 等. 西藏酸性土壤的分布和酸度特征[J]. 四川农业大学学报, 2003, 21(4): 322–327.
- [39] 李明森. 西藏土壤资源的特点及其开发利用[J]. 资源科学, 1984, 6(2): 1–6.
- [40] 高丽丽. 西藏土壤有机质和氮磷钾状况及影响因素分析[D]. 雅安: 四川农业大学, 2004: 20–22.
- [41] 刘世全, 高丽丽, 蒲玉琳, 等. 西藏土壤有机质和氮素状况及其影响因素分析[J]. 水土保持学报, 2004, 18(6): 54–57, 67.
- [42] 张 君, 蔡德宝, 杨树琼, 等. 基于主成分和聚类分析的丹江口水源区农田土壤肥力质量评价——以淅川县为例[J]. 河南农业科学, 2021, 50(4): 79–87.