

基于PCA的察隅农场沙琼村地块土壤养分分析评价

刘刚承¹, 李凯华^{1,2*}, 吴仁杰¹, 郭忠文¹, 刘治德¹, 张 杨², 梗旦次仁³,
扎西平措³, 包继财³

(1. 西藏自治区林芝农垦察隅农场有限公司, 西藏 林芝 860613; 2. 广东省深圳市质量安全检验检测研究院, 广东 深圳 518000; 3. 西藏自治区地质矿产勘查开发局第六地质大队, 西藏 拉萨 851400)

摘 要: 采用主成分分析方法(PCA)和土壤养分综合分值(*IFI*)评价方法, 对察隅农场沙琼村地块土壤的肥力状况和空间分布进行了分析评价。结果表明, 研究区土壤全钾为弱变异性, 而土壤有机质、全氮、全磷、硒、锗、钴、铜、锌、钒、硼、锰、钼、碘、氟均表现为中等变异性; 土壤 *IFI* 变幅为 36.42~104.76, 平均值为 58.61, 变异系数为 0.23, 属于中等变异性, 在空间上 *IFI* 高值区主要位于研究区西南角和东北角, 中等及以上水平养分含量的面积占比约 64.8%。

关键词: 土壤养分; 主成分分析法; 空间分布; 综合评价; 察隅农场

中图分类号: S158.3

文献标识码: A

Analysis and Evaluation of Soil Nutrients of Chayu Farm in Shaqiong Village Based on PCA

LIU Gangcheng¹, LI Kaihua^{1,2*}, WU Renjie¹, GUO Zhongwen¹, LIU Zhide¹, ZHANG Yang², Gengdanciren³, Zhaxipingcuo³, BAO Jicai³

(1. Chayu farm Limited Company of Linzhi Agricultural Reclamation, Tibet Linzhi 860613, China; 2. Shenzhen Institute of Quality & Safety Inspection and Testing, Guangdong Shenzhen 518000, China; 3. The Sixth Geological Brigade of Tibet Autonomous Region Geological and Mineral Exploration and Development Bureau, Tibet Lhasa 851400, China;)

Abstract: The soil fertility and spatial distribution of Chayu farm in shaqiong village were analyzed and evaluated by the principal component analysis and soil nutrient comprehensive score (*IFI*). The results showed that the soil total K in the study area was weakly variability, while the organic matter, total N, total P, Se, Ge, Co, Cu, Zn, V, B, Mn, Mo, I and F showed medium variability; The soil *IFI* is from 36.42 to 104.76 with the average value 58.61 and the coefficient of variation 0.23, which belongs to medium variability. Spatially, the high value area of *IFI* is mainly located in the southwest and northeast corners of the study area, and the area accounts of medium and above nutrient content is about 64.8%.

Key Words: soil nutrients; principal component analysis(PCA); spatial distribution; comprehensive evaluation; Chayu farm

土壤养分是土壤肥力的重要标志,它对农业可持续性发展的影响最直接、深刻和长远。对土壤养分情况进行科学的空间综合分析有利于精细农业的进一步发展^[1]。本研究通过对察隅农场沙琼村地块土壤进行采样调查,采用主成分分析方法

(principal component analysis, PCA)和土壤养分综合分值(*IFI*)评价方法,研究分析了地块土壤的肥力状况,对土壤肥力进行了定量空间评价,以期为地块土壤管理和决策提供科学依据。

1 研究区概况

沙琼村位于西藏林芝察隅县下察隅镇。察隅县属横断山脉西段地带的藏东南高山峡谷区。全县地势总的趋势是由西北向东南倾斜,西北高东南低,是典型的高山峡谷和山地河谷地貌。察隅县土壤质地以砂壤土、轻壤土为主,多数台地有自流灌溉水源,土地条件比较好^[2]。研究区如图1所示。

收稿日期: 2022-05-11

基金项目: 西藏自治区林芝市察隅农场广东省援藏资金项目(林财采-W-[2021]072号)。

作者简介: 刘刚承(1974-),男,高级工程师,主要从事土地管理及地理信息系统研究, E-mail: 103079003@qq.com; *为通讯作者: 李凯华(1980-),男,工程师,主要从事农产品质量安全工作, Email: 6139110@qq.com。

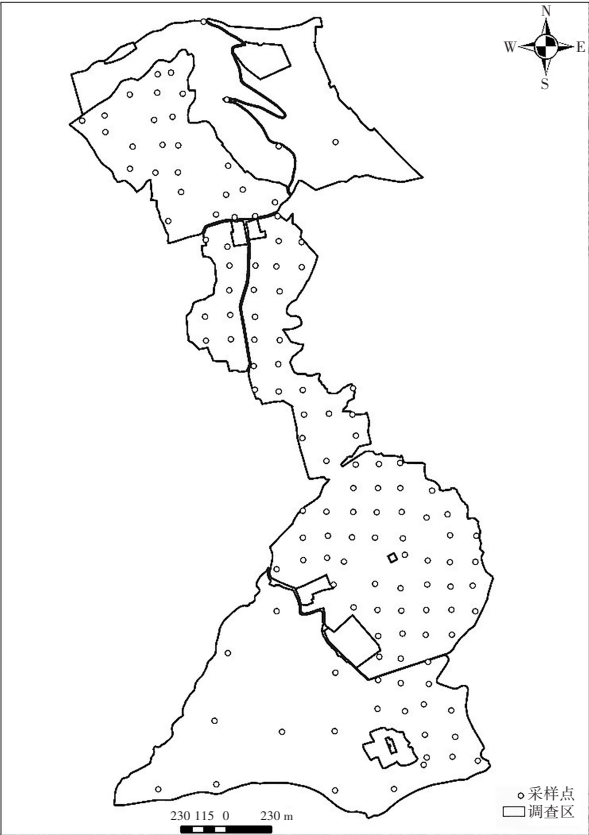


图1 研究区范围及采样点

2 研究方法

2.1 样品采集与检测

依据《土地质量地球化学评价规范(DZ/T 0295-2016)》^[3]的规范要求,土壤采样点根据网格法进行均匀布点,其中茶叶种植区采样网格为125 m×125 m,油桐种植区采样网格为300 m×300 m。土壤样品采样深度为0~20 cm,用GPS记录每一个采样点的坐标,现场填写采样记录表,并拍照和编号。采样时,先将土壤表面覆盖的植被等杂物清除,采用木铲自上而下刮取土壤。每个土壤样品采集采用梅花法采集点位及周边分点位置土壤,等质量混匀后用四分法去除多余土壤,用竹片装入塑封袋中,质量约为1.5 kg。共采集表层土壤样品137件,采样位置如图1所示。

样品检测由西南冶金地质测试所完成,土壤养分相关检测项目包括:有机质、全氮、全磷、全钾、硒、锆、钴、铜、锌、钒、硼、锰、钼、碘、氟。

2.2 数据处理与分析

采用Excel和SPSS对数据进行常规统计,采用主成分分析方法,综合各养分指标计算土壤养分

综合分值(*IFI*)进行土壤养分综合评价,主要包括3个步骤^[4]。

(1)对所有养分数据进行因子分析,得出土壤养分主成分特征值和特征向量。

(2)根据主成分累计贡献率,选择关键主成分,计算各主成分得分和贡献率。

(3)采用指数和法计算土壤养分综合分值(*IFI*),公式为:

$$IFI=\lambda_1F_1+\lambda_2F_2+\cdots+\lambda_nF_n$$
 (1)

其中:*F*表示单个主成分得分, λ 表示对应主成分的贡献率。

3 结果与分析

3.1 描述性统计

对土壤样品检测结果进行描述性统计,分析土壤各养分指标的最小值、最大值、平均值、标准差和变异系数,结果如表1所示。

表1 描述性统计分析结果

养分指标	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数
有机质/(g·kg ⁻¹)	16.48	184.80	55.02	25.31	0.46
全氮/(g·kg ⁻¹)	0.68	4.46	2.02	0.77	0.38
全磷/(g·kg ⁻¹)	0.39	3.96	1.30	0.67	0.52
全钾/(g·kg ⁻¹)	15.97	26.62	21.77	2.14	0.10
硒/(mg·kg ⁻¹)	0.11	0.57	0.19	0.06	0.31
锆/(mg·kg ⁻¹)	0.97	2.08	1.53	0.23	0.15
钴/(mg·kg ⁻¹)	5.6	19.91	11.88	3.07	0.26
铜/(mg·kg ⁻¹)	11.23	83.16	21.03	8.06	0.38
锌/(mg·kg ⁻¹)	61.8	167.51	84.91	16.11	0.19
钒/(mg·kg ⁻¹)	34.8	118.5	77.47	15.77	0.20
硼/(mg·kg ⁻¹)	13	89.03	43.03	12.63	0.29
锰/(mg·kg ⁻¹)	285.11	1 873.93	759.48	319.21	0.42
钼/(mg·kg ⁻¹)	0.38	6.24	2.29	1.22	0.53
碘/(mg·kg ⁻¹)	0.36	6.82	1.77	1.09	0.61
氟/(mg·kg ⁻¹)	379.00	782.53	531.55	73.20	0.14

从变异系数看,除全钾表现为弱变异性外,其他项目均表现为中等变异性,无强变异性。各项指标中碘的变异性最大,为0.61。

3.2 相关性分析

指标间存在相关性是进行主成分分析的必要

前提^[4]。运用SPSS对各养分指标进行Pearson相关性分析,结果如表2所示。

表2 Pearson相关性分析结果

养分指标	有机质	全氮	全磷	全钾	硒	锗	钴	铜	锌	钒	硼	锰	钼	碘
全氮	0.941**													
全磷	0.429**	0.445**												
全钾	-0.310**	-0.227**	-0.100											
硒	0.375**	0.331**	0.042	-0.252**										
锗	-0.285**	-0.323**	0.001	0.074	0.045									
钴	-0.294**	-0.407**	-0.223**	-0.535**	0.118	0.151								
铜	-0.011	-0.026	0.434**	-0.090	0.175*	0.231**	0.238**							
锌	0.030	0.005	0.320**	-0.172*	0.306**	0.131	0.403**	0.742**						
钒	-0.439**	-0.509**	-0.255**	-0.557**	0.041	0.161	0.840**	0.187*	0.300**					
硼	0.059	0.088	0.177*	0.015	0.310**	0.255**	-0.098	0.105	0.053	-0.127				
锰	0.131	-0.047	-0.143	-0.333**	0.261**	0.034	0.625**	0.087	0.333**	0.312**	-0.028			
钼	-0.235**	-0.102	-0.115	0.250**	-0.072	0.048	-0.264**	0.140	-0.064	-0.024	0.016	-0.498**		
碘	0.200*	0.071	-0.099	-0.256**	0.678**	0.002	0.450**	0.109	0.346**	0.209*	0.031	0.711**	-0.445**	
氟	-0.009	0.110	0.357**	0.289**	-0.015	0.272**	-0.347**	0.143	0.028	-0.305**	0.191*	-0.469**	0.308**	-0.311**

注:**表示在0.01水平(双侧)上显著相关,*表示在0.05水平(双侧)上显著相关。

从表2可见,各养分之间普遍存在较强的相关性,相关性最强的为有机质和全氮,相关系数为0.941,表现为极显著的正相关关系。

3.3 主成分分析

利用SPSS软件,基于主成分分析方法、采用Kaiser标准化的正交旋转法提取出5个因子(表3)。

从表3可知,提取的5个因子特征值分别为

3.862,3.077,2.254,1.380,1.057,均大于1,其碎石图如图2所示。因子累积方差贡献率达到77.529%,确定为5个主成分。第1主成分钴、钒、锰、碘的主成分载荷较高,第2主成分有机质、全氮、全磷、硒的主成分载荷较高,第3主成分锗、铜、锌、氟的主成分载荷较高,第4主成分硼的主成分载荷较高,第5主成分全钾的主成分载荷较高。

表3 土壤养分因子分析的旋转成分矩阵

养分指标	因子					变量共同度
	1	2	3	4	5	
有机质	-0.069	0.920	-0.213	-0.121	0.093	0.920
全氮	-0.226	0.899	-0.156	-0.146	0.148	0.926
全磷	-0.164	0.587	0.471	-0.338	-0.151	0.730
全钾	-0.593	-0.257	0.112	0.383	-0.556	0.886
硒	0.389	0.544	0.127	0.463	0.277	0.755
锗	0.108	-0.250	0.535	0.419	0.053	0.539
钴	0.885	-0.281	0.068	-0.133	0.098	0.894
铜	0.289	0.167	0.782	-0.256	-0.194	0.827
锌	0.522	0.229	0.619	-0.186	-0.268	0.814
钒	0.725	-0.458	0.123	-0.252	0.344	0.932
硼	-0.048	0.228	0.354	0.554	0.332	0.597
锰	0.794	0.155	-0.208	0.164	-0.276	0.801
钼	-0.430	-0.286	0.355	-0.091	0.395	0.558
碘	0.725	0.344	-0.126	0.397	-0.170	0.847
氟	-0.504	0.093	0.567	0.107	0.080	0.602
特征值	3.862	3.077	2.254	1.380	1.057	
解释总方差/%	25.745	20.511	15.029	9.199	7.046	
累积解释总方差/%	25.745	46.256	61.284	70.483	77.529	

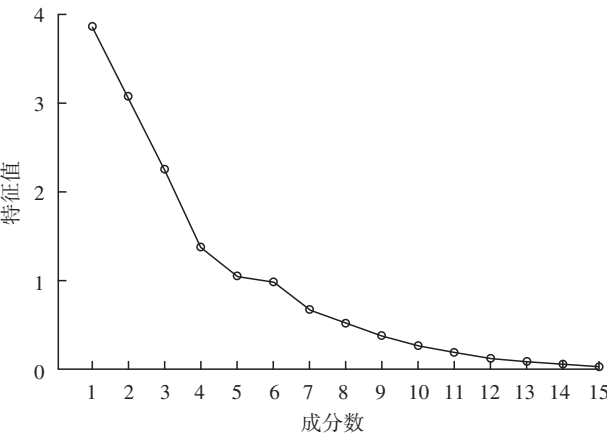


图2 因子分析碎石图

对选取的5个主成分进行载荷值旋转计算,得出成分得分系数矩阵(表4)。

表4 成分得分系数矩阵

养分指标	成分				
	1	2	3	4	5
有机质	-0.018	0.299	-0.095	-0.088	0.088
全氮	-0.058	0.292	-0.069	-0.106	0.140
全磷	-0.042	0.191	0.209	-0.245	-0.143
全钾	-0.154	-0.083	0.050	0.277	-0.526
硒	0.101	0.177	0.057	0.335	0.262
锆	0.028	-0.081	0.237	0.303	0.050
钴	0.229	-0.091	0.030	-0.097	0.093
铜	0.075	0.054	0.347	-0.186	-0.184
锌	0.135	0.074	0.275	-0.135	-0.253
钒	0.188	-0.149	0.054	-0.182	0.325
硼	-0.012	0.074	0.157	0.402	0.315
锰	0.206	0.050	-0.092	0.119	-0.261
钼	-0.111	-0.093	0.158	-0.066	0.374
碘	0.188	0.112	-0.056	0.288	-0.161
氟	-0.131	0.030	0.252	0.078	0.075

从表4可知,单个主成分综合得分线性方程为:

$$F_1=-0.018X_1-0.058X_2-0.042X_3-0.154X_4+0.101X_5+0.028X_6+0.229X_7+0.075X_8+0.135X_9+0.188X_{10}-0.012X_{11}+0.206X_{12}-0.111X_{13}+0.188X_{14}-0.131X_{15} \quad (2)$$

$$F_2=0.299X_1+0.292X_2+0.191X_3-0.083X_4+0.177X_5-0.081X_6-0.091X_7+0.054X_8+0.074X_9-0.149X_{10}+0.074X_{11}+0.050X_{12}-0.093X_{13}+0.112X_{14}+0.030X_{15} \quad (3)$$

$$F_3=-0.095X_1-0.069X_2+0.209X_3+0.050X_4+0.057X_5+0.237X_6+0.030X_7+0.347X_8+0.275X_9+0.054X_{10}+0.157X_{11}-0.092X_{12}+0.158X_{13}-0.056X_{14}+0.252X_{15} \quad (4)$$

$$F_4=-0.088X_1-0.106X_2-0.245X_3+0.277X_4+0.335X_5+0.303X_6-0.097X_7-0.186X_8-0.135X_9-0.182X_{10}+0.402X_{11}+0.119X_{12}-0.066X_{13}+0.288X_{14}+0.078X_{15} \quad (5)$$

$$F_5=0.088X_1+0.140X_2-0.143X_3-0.526X_4+0.262X_5+0.050X_6+0.093X_7-0.184X_8-0.253X_9+0.325X_{10}+0.315X_{11}-0.261X_{12}+0.374X_{13}-0.161X_{14}+0.075X_{15} \quad (6)$$

式中, X_1 为有机质, X_2 为全氮, X_3 为全磷, X_4 为全钾, X_5 为硒, X_6 为锆, X_7 为钴, X_8 为铜, X_9 为锌, X_{10} 为钒, X_{11} 为硼, X_{12} 为锰, X_{13} 为钼, X_{14} 为碘, X_{15} 为氟。

根据公式(1)可计算出每个样品的综合分值,公式为:

$$IFI=0.257F_1+0.205F_2+0.150F_3+0.092F_4+0.070F_5 \quad (7)$$

按照(2)-(7)式计算得出,研究区土壤养分综合分值(IFI)最大值为104.76,最小值为36.42,平均值为58.61,标准差为13.76,变异系数为0.23,属于中等变异性。

3.4 土壤IFI空间分析

利用 ArcGIS 软件采用克里金插值方法对研究区土壤 IFI 进行空间插值,以自然裂点分级法将土壤 IFI 分为5个等级,各等级划分均为1个相对值,分析结果如图3所示。土壤 IFI 各等级分别为极高含量 73.6~81.6,面积占比约 15.8%;高含量 65.6~73.6,面积占比约 28.8%;中等含量 57.6~65.6,面积占比约 20.3%;低含量 49.6~57.6,面积占比约 18.0%;极低含量 41.6~49.6,面积占比约 17.2%。从面积占比看各等级土壤面积的差异无统计学意义。

从图3可见,研究区土壤 IFI 高值区主要位于西南角和东北角,该区域主要进行油桐种植。而低值区主要位于研究区西北角和中部,该区域主要进行玉米、茶叶等作物种植。高值区和低值区的差异与当地茶叶生产、玉米种植等农业活动紧密相关,土壤养分分布不均一,主要经济作物区域土壤养分出现流失现象,其主要原因系施肥方式的不科学性,针对性不强。

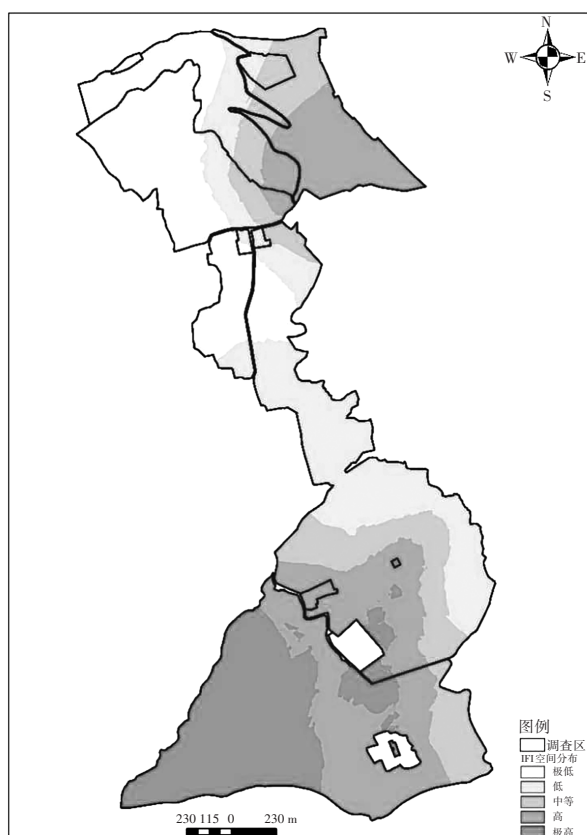


图3 土壤养分空间分布图

4 结语

本研究采用主成分分析和土壤养分综合分值方法,研究分析了察隅农场沙琼村地块土壤的肥力

状况,结果表明:

(1)研究区土壤养分各指标空间分布不均匀,除全钾表现为弱变异性外,其他项目均表现为中等变异性,无强变异性;

(2)主成分分析显示,研究区土壤养分综合分值(*IFI*)变幅为36.42~104.76,平均值为58.61,变异系数为0.23,属于中等变异性;

(3)土壤 *IFI* 空间分析显示, *IFI* 高值区主要位于西南角和东北角,而低值区主要位于西北角和中部,中等及以上水平养分含量的面积占比约64.8%。

从研究区高值区和低值区的差异看,农业活动较频繁的茶叶、玉米种植区较少农业活动的油桐种植区的土壤综合养分水平低,说明当地土壤的养分分布不均一,土壤养分存在流失现象,其主要原因系施肥方式不科学,针对性不强。

参考文献:

- [1] 黄安,杨联安,杜挺,等. 基于主成分分析的土壤养分综合评价[J]. 干旱区研究,2014,31(5):819-825.
- [2] 杨爽,杨春蕾,田发益,等. 西藏察隅河谷土壤养分状况及宜茶性分析[J]. 高原农业,2019,3(6):658-663,693.
- [3] 中华人民共和国国土资源部. 土地质量地球化学评价规范: DZ/T 0295—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
- [4] 袁宏,钟红梅,赵利,等. 基于PCA/APCS受体模型的崇州市典型农田土壤重金属污染源解析[J]. 四川环境,2019,38(6):35-43.