

# 喀斯特地区无籽刺梨产地土壤理化特征与评价

李朝婵<sup>1,2</sup>, 李婕羚<sup>1</sup>, 全文选<sup>1</sup>, 黄先飞<sup>1</sup>, 唐凤华<sup>1</sup>, 顾云兵<sup>1</sup>

(1. 贵州师范大学 贵州省山地环境保护重点实验室, 贵州 贵阳 550001; 2. 中国科学院地球化学研究所  
环境地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550081)

**摘要:** 以贵州省内 11 个无籽刺梨产地土壤为研究对象, 测定其容重、田间持水量、pH 值、有机质、全氮、全钾、全磷、有效磷、水解氮和速效钾等 10 个指标, 采用土壤质量评价指数分析各产地的土壤现状与差异。结果表明: 1) 11 个产地间的土壤理化性质存在较大差异, Z 值中心聚类将 11 个无籽刺梨产地分为 2 类; 2) 11 个产地的土壤评价指数的排序为: QY > JC > SC > NG > SP > HL > HF > XY > XB > YZ > LG; 全磷、全氮和土壤容重指标是贵州省无籽刺梨产地土壤质量的主要影响因子。

**关键词:** 喀斯特地区; 无籽刺梨; 产地; 土壤质量; 评价

**中图分类号:** S158; S152.4+9 **文献标识码:** A

## Physicochemical characteristics and evaluation of *Rosa sterilis* soils in Karst regions

LI Chaochan<sup>1,2</sup>, LI Jieling<sup>1</sup>, QUAN Wenxuan<sup>1</sup>, HUANG Xianfei<sup>1</sup>,  
TANG Fenghua<sup>1</sup>, GU Yunbing<sup>1</sup>

(1. Guizhou Provincial Key Laboratory of Mountainous Environmental Protection, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001, China; 2. State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang, Guizhou 550081, China)

**Abstract:** In this study, soil bulk density, field capacity, pH, organic matter, total nitrogen, total potassium, total phosphorus, available phosphorus, hydrolyzed nitrogen and available potassium of *Rosa sterilis* soils from 11 Karst regions collected were analyzed. The aim was to evaluate the soil status of *R. sterilis* regions based on soil quality index. The results showed that: 1) The soil physical and chemical properties were greatly different from among different regions. Besides, the clustering analyze divided the regions into two groups. 2) The evaluation of soil quality index was: QY > JC > SC > NG > SP > HL > HF > XY > XB > YZ > LG; Total phosphorus, total nitrogen and soil bulk density are the primary factors of *R. sterilis* soil in Karst regions.

**Key words:** Karst area; *Rosa sterilis*; region; soil quality; evaluation

收稿日期: 2018-06-15

基金项目: 贵州省农业科技攻关项目(黔科合 NY 字[2015]3022-1 号); 贵州省科技计划项目(黔科合 LH 字[2017]7354 号); 贵州省林业科技项目(黔林科合[2016]09); 贵州省千层次人才项目

作者简介: 李朝婵(1981-), 女, 博士后, 副教授, 硕士生导师, 研究方向: 植物生理生态, E-mail: chaochanl@gznu.edu.cn.

## 0 引言

无籽刺梨(*Rosa sterilis* S. D. Shi)是贵州喀斯特地区特有的果树资源<sup>[1]</sup>。关于无籽刺梨的分类与物种起源,有研究认为无籽刺梨与刺梨(*Rosa roxburghii* Tratt.)是独立的2个种,无籽刺梨起源于长尖叶蔷薇(母本)与缙丝花(父本)二者的天然杂交<sup>[2-4]</sup>。无籽刺梨的耐瘠薄、速生等生物学特性使其成为贵州省石漠化治理的主要树种之一<sup>[5]</sup>。目前,我们研究组前期对部分无籽刺梨典型种植区的土壤状况进行了研究<sup>[6-8]</sup>,关于全省的无籽刺梨产地土壤评价尚未进行。

以贵州省11个无籽刺梨产地土壤为研究对象,选取了土壤容重、田间持水量、pH、全氮、全磷、全钾、有机质、水解氮、有效磷和速效钾等10个土壤理化指标来评价产地土壤质量,筛选出了无籽刺梨产地土壤质量的关键理化指标。本实验是对喀斯特土壤生态应用研究的补充,可为喀斯特山区经果林种植的土壤评价提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 无籽刺梨产地与采样方法

贵州省11个无籽刺梨产地,按种植地所在乡镇(记为字母代号):贵阳市的2个乡镇(XB和HF);安顺市的7个乡镇(SC、NG、JC、LG、QY、SP和XY);黔西南州的2个乡镇(HL和YZ)。11个产地种植无籽刺梨的表层土壤(树龄均为5年以上)样品采集于2015年10月至11月,表层土壤(厚度0~10 cm)采用五点交叉取样法采样,每个样地取5个样品<sup>[9]</sup>。土壤样品在实验室阴干,剔除

石块等杂质,磨碎过200目筛供分析测定。

### 1.2 指标的测定与分析

测定的10个土壤理化指标,包括土壤容重、田间持水量、pH值、有机质、全氮、全钾、全磷、有效磷、水解氮和速效钾,按文献方法进行测定,重复3次<sup>[9]</sup>,10个指标分别用X1~X10表示。采用土壤质量评价指数(Soil quality index, *SQI*)进行土壤质量评价<sup>[10]</sup>,计算公式为:

$$SQI = \sum_{i=1}^n W_i \times N_i$$

式中, $W_i$ 为权重,是第*i*个指标主成分上的方差贡献率与特征值大于0.85的所有主成分的方差贡献率总和的比值; $N_i$ 为各指标隶属度。

### 1.3 数据处理与分析

采用Excel 2010和SPSS 19.0进行数据统计及相关性分析、主成分分析等。采用R统计软件进行聚类分析和绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 无籽刺梨产地的土壤理化特征

贵州省11个无籽刺梨产地的土壤理化状况(10项指标参数)结果见表1。由表1可知,在土壤物理性质方面,HF、YZ和NG的土壤田间持水量明显高于其它地区,XY、SP和XB土壤容重高于其它产地;在土壤化学性质方面,研究区中的土壤pH均值在5.49~7.12之间;JC、NG和QY的全氮、全磷、全钾和有机质含量均明显高于其它产地;水解氮以SP、SC和YZ的含量最高;有效磷以HF、SC和QY的含量最高;速效钾以YZ、NG和JC含量最高。各产地间土壤理化性质的差异与地理因素和种植年限密切相关<sup>[11]</sup>。

表1 贵州省11个无籽刺梨产地的土壤理化特征

Tab. 1 Soil physicochemical properties of 11 *R. sterilis* regions

产地	土壤容重 (g/m <sup>3</sup> )	田间持水量 (%)	pH	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)	有机质 (g/kg)	水解氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
XB	1.47	30.42	6.93	1.70	0.37	10.01	29.87	83.80	5.65	8.93
HF	1.22	44.78	6.49	3.20	0.53	13.86	31.71	114.05	33.15	13.02
HL	1.29	32.57	6.91	2.58	0.78	8.70	36.49	165.88	2.35	11.83
YZ	1.14	44.40	6.36	0.58	0.75	0.89	28.50	173.35	3.99	28.42
SC	1.29	30.85	6.88	3.11	0.78	13.50	35.34	183.22	26.61	20.41
NG	1.11	41.23	6.87	4.40	0.84	23.87	34.97	170.41	6.85	26.54
JC	1.19	37.06	6.04	4.16	1.08	27.77	36.48	137.33	11.26	21.06
LG	1.14	40.20	7.12	1.12	0.39	4.23	31.75	68.03	4.96	12.47
QY	1.40	30.75	5.99	6.79	1.06	15.02	41.36	129.05	26.81	21.01
SP	1.44	36.69	5.49	1.89	0.42	5.34	33.33	183.72	3.17	9.78
XY	1.51	30.16	5.96	2.86	0.11	13.52	34.51	119.00	3.07	10.43

注:表中数据为平均值, $n=5$ 。

### 2.2 基于土壤理化性质的聚类和相关性分析

为进一步提取各个产地在土壤性质的关联性,采用 Z-score 标准化方法并通过 R 软件进行聚类分析。结果从纵轴来看各产地可以分为两大类:一类为 LG、XB、HF、XY、QY 和 JC,另一类为 NG、SC、YZ、HL 和 SP;从横轴来看 10 个土壤指标间差异更为显著,可以分为三大类:第一类为水解氮;第二类为有机质和田间持水量;其他 7 个指标聚为一类(图 1)。

相关性分析表明,土壤容重与田间持水量呈极显著负相关( $P < 0.01$ ),与速效钾含量呈显著负相关( $P < 0.05$ );全氮含量与全钾呈显著正相关( $P < 0.05$ ),与有机质含量呈极显著正相关( $P < 0.01$ );

全磷与速效钾呈显著正相关( $P < 0.05$ )(表 2)。

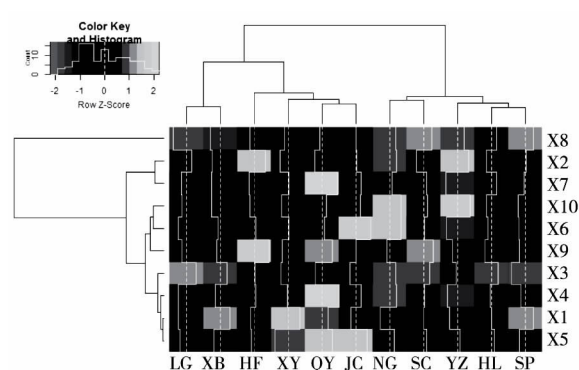


图 1 基于土壤理化指标的产地聚类热图

Fig. 1 Cluster heat map of different region based on soil physical and chemical indexes

表 2 土壤理化指标间的相关系数

Tab. 2 Correlation coefficients between soil physicochemical properties index

	田间持水量	pH	全氮	全磷	全钾	有机质	水解氮	有效磷	速效钾
土壤容重	-0.77**	-0.45	0.10	-0.46	-0.15	0.19	-0.12	-0.06	-0.64*
田间持水量		0.08	-0.30	0.08	-0.10	-0.50	0.05	0.04	0.39
pH			-0.25	0.00	-0.08	-0.26	-0.29	0.00	0.05
全氮				0.60	0.71*	0.88**	0.10	0.55	0.29
全磷					0.49	0.56	0.42	0.36	0.71*
全钾						0.54	0.06	0.29	0.30
有机质							0.21	0.33	0.13
水解氮								-0.02	0.48
有效磷									0.17

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。

### 2.3 基于土壤质量指数的土壤质量综合评价

根据主成分分析及贡献率<sup>[7]</sup>,最终确定 pH、全氮、全磷、水解氮、有效磷、容重等 6 个指标进入土壤质量评价体系。采用土壤质量指数(SQI)指数评价各产地土壤质量,结果显示土壤质量的综合排序为: QY > JC > SC > NG > SP > HL > HF > XY > XB > YZ > LG。各产地的土壤质量存在差异,其中土壤质量较高的 5 个无籽刺梨产地和土壤质量最低的 LG 产地位于安顺市,黔西南州和贵阳市无籽刺梨产地的土壤质量处于中低水平。其中,全氮、全磷、容重和水解氮对 SQI 的贡献较大(图 2)。根据 SQI 的评价标准<sup>[12]</sup>,安顺市的 QY、JC、SC、NG 和 SP 等 5 个产地的土壤质量等级均处于极高水平; HL、HF、XY、XB 和 YZ 等 4 个产地的土壤质量等级处于高水平。

## 3 结论与讨论

目前,对贵州无籽刺梨产地的土壤研究主要集

中在重金属风险评价、土壤养分及土壤酶等方面<sup>[13-14]</sup>。土壤质量主要是土壤理化性质的综合反映,在母岩、气候等条件一致的情况下,土壤质量受人类活动的影响较大<sup>[15]</sup>,如土地利用方式可以显著影响土壤容重变化<sup>[16-17]</sup>。本研究中的种植无籽刺梨的土壤,均为喀斯特地貌下的山地土壤,受到耕作和管理方式的影响较大。本研究中土壤容重与田间持水量之间存在极显著负相关,土壤全氮与有机质极显著正相关,与前人研究结果一致<sup>[18-19]</sup>; pH 值也是衡量土壤质量的重要指标,由于喀斯特地区特殊的地理环境造成水土流失、石漠化严重,土壤酸化严重<sup>[20-21]</sup>,同时经果林的种植也会导致土壤 pH 值降低<sup>[22]</sup>。

采用 SQI 指数评价可实现对土壤质量的定性和定量,该评价方法能够反映土壤的关键信息<sup>[12]</sup>。本研究中安顺市有 5 个无籽刺梨产地的土壤质量指数相对较高,这可能与原有土地利用方式、地形因子等因素有关<sup>[23-24]</sup>。目前,安顺市把无籽刺梨产业作为地区特色产业大力扶持,规模化的种植和

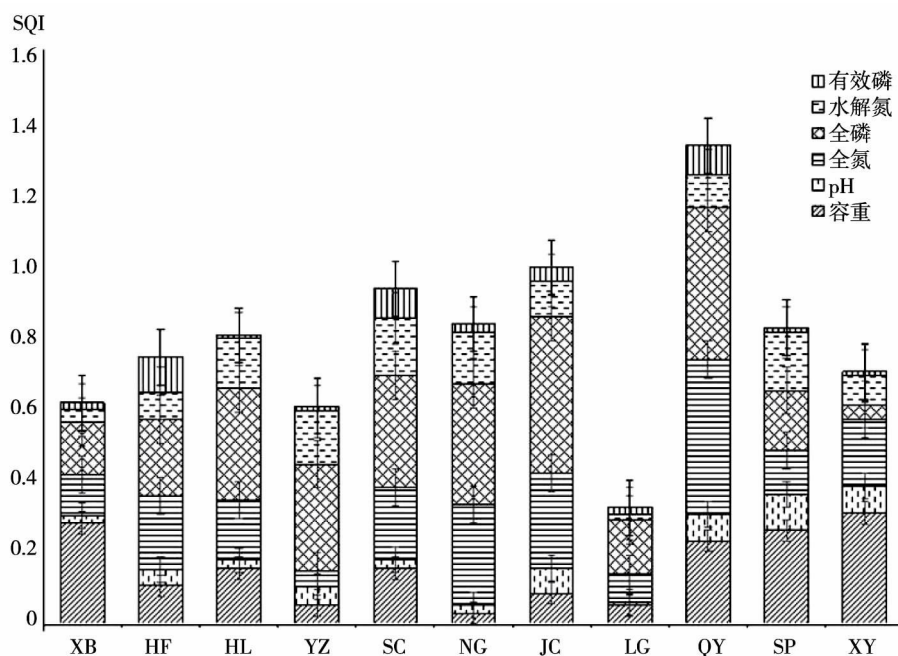


图2 无籽刺梨不同产地土壤质量综合评价(误差栏表示标准差)

Fig.2 Comprehensive evaluation of soil quality of different region *R. sterilis*

(The error bars represent the standard deviation)

高效管理对提高土壤质量起着重要作用<sup>[25]</sup>。本研究中全氮、全磷、容重和水解氮等指标对土壤质量贡献较大,氮磷含量和土壤容重可能与母岩、土壤结构有关。因此在今后无籽刺梨推广种植过程中,土壤质量的状况应引起重视,其中全磷、全氮和容重应是主要考虑的理化指标。

## 参考文献:

- [1] 时圣德. 贵州蔷薇属新分类群[J]. 贵州科学, 1985(1): 8-9.
- [2] WEN X P, DENG X X. Characterization of genotypes and genetic relationship of cili(*Rosa roxburghii*) and its relatives using RAPD Marker. Chinese Journal of Agricultural Biotechnology, 2003, 12(6): 605-611.
- [3] 李旦, 周安佩, 张德国, 等. 基于 AFLP 分子标记和 DNA 条形码对无籽刺梨的鉴定[J]. 林业科学研究, 2015, 28(1): 116-121.
- [4] 邓亨宁, 高信芬, 李先源, 等. 无籽刺梨杂交起源: 来自分子数据的证据[J]. 植物资源与环境学报, 2015, 24(4): 10-17.
- [5] 李婕羚, 胡继伟, 李朝婵. 贵州不同种植地区无籽刺梨果实品质评价[J]. 果树学报, 2016(10): 1259-1268.
- [6] 杨皓, 范明毅, 李婕羚, 等. 喀斯特山区无籽刺梨种植基地土壤酶活性与肥力因子的关系[J]. 山地学报, 2016, 34(1): 28-37.
- [7] 李婕羚, 李朝婵, 胡继伟, 等. 典型喀斯特山区无籽刺梨基地土壤质量评价[J]. 水土保持研究, 2017, 24(1): 54-60.
- [8] LI J L, QUAN W X, LI C C, et al. Effects of ecological factors on content of flavonoids in *Rosa sterilis* from different Karst areas of Guizhou, SW China [J]. Pakistan Journal of Botany, 2018, 50(3): 1125-1133.
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [10] 王雪梅, 杨美玲, 康璇. 基于 GIS 的库车县耕地土壤质量综合评价[J]. 中国农学通报, 2015, 31(29): 123-128.
- [11] 龙健, 邓启琼, 江新荣, 等. 贵州喀斯特石漠化地区土地利用方式对土壤质量恢复能力的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(12): 3188-3195.
- [12] 张汪寿, 李晓秀, 黄文江, 等. 不同土地利用条件下土壤质量综合评价方法[J]. 农业工程学报, 2010, 26(12): 311-318.
- [13] YANG H, HU J W, HUANG X F, et al. Risk assessment of heavy metals pollution for *Rosa sterilis* and soil from planting bases located in Karst areas of Guizhou province [J]. Applied Mechanics and Materials, 2014, 700: 475-481.
- [14] LI J L, YANG H, SHI X D, et al. Correlations between enzymes and nutrients in soils from the *Rosa sterilis* S. D. Shi planting bases located in Karst areas of Guizhou Plateau, China [C]. WANG Y P, ZHAO J H. Advances in Energy, Environment and Materials Science. UK London: CRC Press/Balkema, 2016, 91-95.

(下转第 23 页)

- 03-26]. <http://xuewen.cnki.net/CMFD-1017827595.nh.html>.
- [17] 张玉彪,李阳兵,安裕伦,等. 花溪区土地利用变化研究[J]. 地球与环境,2010,38(4):476-480.
- [18] 白晓燕,陈晓宏,王兆礼. 基于面向对象分类的土地利用信息提取及其时空变化研究[J]. 遥感技术与应用,2015,30(4):798-809.
- [19] 林雪,彭道黎,黄国胜,等. 结合多尺度纹理特征的遥感影像面向对象分类[J]. 测绘工程,2016,25(7):22-27.
- [20] 谢花林. 基于景观结构的土地利用生态风险空间特征分析:以江西兴国县为例[J]. 中国环境科学,2011,31(4):688-695.
- [21] 叶长盛,冯艳芬. 基于土地利用变化的珠江三角洲生态风险评价[J]. 农业工程学报,2013,29(19):224-232.
- [22] 周利军,张雪萍,陈设. 扎龙自然保护区土地利用变化与生态风险评价[J]. 自然灾害学报,2009,18(2):186-190.
- [23] 周汝佳,张永战,何华春. 基于土地利用变化的盐城海岸带生态风险评价[J]. 地理研究,2016,35(6):1017-1028.

### (上接第15页)

- [15] 洪畅,张华,郑婷婷. 辽东半岛丘陵区土地利用方式对土壤特性的影响[J]. 国土与自然资源研究,2017(4):66-68.
- [16] 王岩,张静,刘玉华. 华北高寒区多年保护性耕作对农田土壤容重的影响[J]. 中国农学通报,2013,29(6):131-136.
- [17] 黄先飞,洪江,张家春. 喀斯特小流域土壤质量特征研究[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版),2018,36(4):18-22.
- [18] 李涛,李芹,王树明,等. 不同橡胶林对土壤容重及田间持水量的影响研究[J]. 热带农业科学,2015,35(12):1-6.
- [19] 王进欣,张威,郭楠,等. 影响海岸带盐沼土壤有机质、TN和TP含量时空变化的关键因子:潮水和植被[J]. 地理科学,2016,36(2):247-255.
- [20] 张伟,陈洪松,王克林,等. 种植方式和裸岩率对喀斯特洼地土壤养分空间分异特征的影响[J]. 应用生态学报,2007,18(7):1459-1463.
- [21] DUNJO G, PARDINI G, GISPERT M. Land use change effects on abandoned terraced soils in a Mediterranean catchment [J]. Catena,2003,52:23-37.
- [22] 陈超,杨丰,赵丽丽,等. 贵州省不同土地利用方式对土壤理化性质及其有效性的影响[J]. 草地学报,2014,22(5):1007-1013.
- [23] 闫建梅,何丙辉,田太强,等. 川中丘陵区不同土地利用方式对土壤质量的影响[J]. 灌溉排水学报,2015,34(10):73-76.
- [24] 徐友信,刘金铜,李宗珍,等. 太行山低山丘陵区不同土地利用条件下土壤容重空间变化特征[J]. 中国农学通报,2009,25(3):218-221.
- [25] 李菡,孙爱清,郭恒俊. 农田不同种植模式与土壤质量的关系[J]. 应用生态学报,2010,21(2):365-372.