

重庆花椒种植区主要类型土壤剖面的肥力特征

王 帅¹, 赵敬坤¹, 王 洋², 冉文秀³,
冯 兴⁴, 李志琦², 李忠意⁵

1. 重庆市农业技术推广总站, 重庆 401121; 2. 重庆市江津区农业技术推广中心, 重庆 江津 402260;
3. 重庆市酉阳土家族苗族自治县农业农村委员会, 重庆 酉阳 409800;
4. 重庆市潼南区农业技术推广中心, 重庆 潼南 402660; 5. 西南大学 资源环境学院, 重庆 400715

摘要: 为掌握重庆市花椒种植区主要类型土壤的肥力特征, 在重庆市江津、潼南和酉阳 3 个花椒种植大县共采集了 14 个花椒种植地典型土壤剖面, 分析测定了 pH 值和有机质在内的 16 种肥力指标, 并结合模糊综合评价法对供试土壤的肥力水平进行了评价。研究结果发现重庆花椒种植区土壤剖面的肥力从大到小依次为耕作层、心土层、底土层, 土壤养分在垂直方向具有“表聚”特征; 不同土壤间的养分元素含量变幅较大, 但总体表现出钾素丰富, 而有机质较为缺乏; 不同类型土壤的肥力水平从大到小依次为石灰黄泥、粗骨黄壤、灰棕紫泥、棕紫泥、红棕紫泥。对于重庆花椒种植区的土壤, 在农业生产中要加强非耕层土壤的培肥管理; 通过增施有机肥来增加土壤有机质含量, 提高养分元素的有效性。

关键词: 花椒; 土壤剖面; 土壤肥力; 模糊综合评价

中图分类号: S573 **文献标志码:** A

文章编号: 1673-9868(2021)11-0040-08

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Fertility Characteristics of Soil Profile in the *Zanthoxylum bungeanum*-Planting Areas of Chongqing

WANG Shuai¹, ZHAO Jingkun¹, WANG Yang²,
RAN Wenxiu³, FENG Xing⁴, LI Zhiqi², LI Zhongyi⁵

1. Chongqing Agricultural Technology Extension Station, Chongqing 401121, China;
2. Chongqing Jiangjin District Agricultural Technology Extension Center, Jiangjin Chongqing 402260, China;
3. Chongqing Youyang Agriculture and Rural Committee, Youyang Chongqing 409800, China;
4. Chongqing Tongnan District Agricultural Technology Extension Center, Tongnan Chongqing 402660, China;
5. School of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China

收稿日期: 2021-01-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(41701256); 重庆市农业技术推广总站项目(F2020168)。

作者简介: 王 帅, 硕士, 高级农艺师, 主要从事土壤肥料研究。

通信作者: 李忠意, 副教授, 硕士研究生导师。

Abstract: To better understand the soil fertility characteristics of the *Zanthoxylum bungeanum*-planting areas in Chongqing, 14 typical soil profiles in this area were collected in three counties (Jiangjin, Tongnan and Youyang). Sixteen fertility indicators, including soil pH and soil organic matter, were analyzed in the lab and the soil fertility of these soils were evaluated in combination with the method of fuzzy synthetic evaluation. Our results showed that in the *Z. bungeanum* planting-areas of Chongqing, the fertility of different layers in the soil profile was in the order of top layer>subsoil layer>substratum. The vertical distribution of plant nutrients in the soil was characterized by “surface accumulation”. Nutrient content varied greatly among different soils. Generally, the soil in the *Z. bungeanum*-planting areas of Chongqing was rich in potassium but lack of organic matter. Soil fertility in different soil types was in the order of calcareous yellow mud>skeleton yellow soil>grayish brown purple soil>brown purple soil>reddish brown purple soil. It is recommended based on the above results that more attention should be paid to the improvement of subsoil fertility in the *Z. bungeanum* planting-areas of Chongqing, and more organic fertilizer rather than chemical fertilizer should be used to increase organic matter and available nutrients in the soil.

Key words: prickly ash (*Zanthoxylum bungeanum*); soil profile; soil fertility; fuzzy synthetic evaluation

花椒 *Zanthoxylum bungeanum* 是芸香科花椒属植物, 具有独特的食用、药用价值和生态功能^[1-2]。花椒品种众多, 重庆地区目前主要栽培的品种为九叶青花椒, 种植面积为 5.33 万 hm^2 , 是重庆地区主要种植的生态经济型树种, 为当地农业发展和农户增收做出了一定的贡献^[3]。适宜的氮磷钾肥用量能提高花椒的产量和品质^[4]。王璐等^[5]发现衰老退化程度较轻的花椒林地土壤养分含量高于衰老退化严重的花椒林地。刘姝姣等^[6]指出花椒多年连作会降低土壤有机质和氮磷钾的含量。杨林生等^[7]在调查重庆花椒种植区施肥状况与花椒产量关系时发现, 受施肥状况和土壤肥力等因素的影响, 重庆地区的花椒产量范围在 1.63~18.7 t/hm^2 之间, 变化范围极大。可见, 土壤肥力水平对花椒产量有着重要的影响。喻阳华等^[8]和谢毓芬等^[9]对贵州喀斯特山区和陕西花椒主产区椒园的土壤养分状况进行了评价。杨仕曦等^[10]在对重庆九龙坡区花椒种植地土壤肥力进行调查时发现种植区土壤养分失衡, 土壤酸化严重, 建议施肥应注重养分平衡, 增施有机肥, 改善土壤理化性状。但重庆花椒种植面积较广, 种植区内土壤类型较为丰富, 仅九龙坡区的花椒种植地土壤肥力水平不能代表整个重庆花椒种植区土壤的肥力状况。因此, 为更好地了解重庆花椒种植区的土壤肥力状况, 本研究分别在酉阳、潼南和江津 3 个花椒种植大区(县)采集花椒种植典型土壤的剖面样品进行室内理化分析, 并结合模糊综合评价法对土壤肥力进行评价。

1 材料与方法

1.1 土壤剖面样品采集

于 2019 年在重庆花椒种植区采集主要土壤类型的剖面样品 14 个。土样的采集方式: 首先根据土壤发生分类学知识选择花椒种植区域内具有代表性的土壤样点; 然后在距离花椒树干 30 cm 处开挖土壤剖面; 剖面开挖好后按土壤的发生层次(耕作层 A/心土层 B/底土层 C)进行土样采集(图 1), 14 个剖面中有 7 个剖面只有 A-C 层, 另 7 个剖面具有 A-B-C 层结构特征; 土样采回室内风干过 2 mm, 1 mm 和 0.25 mm 筛后备用。供试土壤剖面的基本信息如表 1 所示。土壤发生分类学命名依据重庆土壤分类标准(DB50/T 796-2016 重庆土壤分类与代码, <http://www.cqjnw.org/article.php?id=12308>)确定。本研究采集的 14 个土壤剖面中有 11 个紫色土, 其中 5 个中性紫色土(灰棕紫泥土属和棕紫泥土属)、6 个石灰性紫色土(红棕紫泥土属)。紫色土的成土母质包括侏罗系蓬莱镇组(J_3p)、遂宁组(J_3sn)和沙溪庙组(J_2s)的紫色母岩。另有 3 个剖面土壤为寒武系(Θ)石灰岩发育的土壤, 其中 1 个土壤的发育程度较浅, 分类为石灰(岩)土(石灰黄泥土属), 2 个为发育程度较深的黄壤(粗骨黄壤土属)。

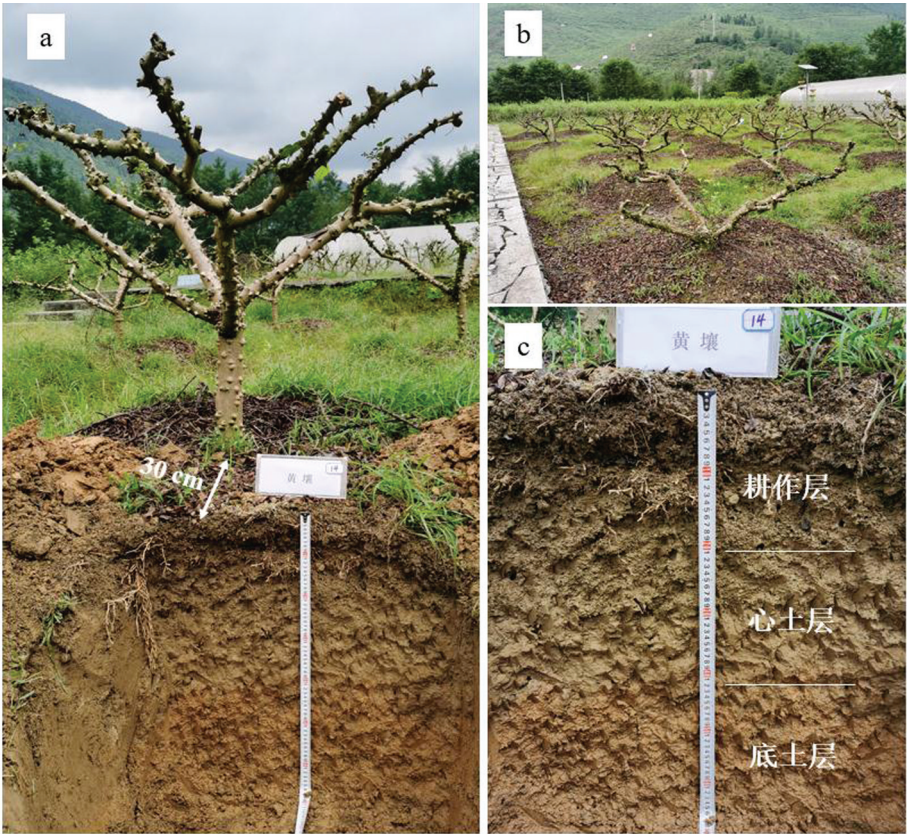


图 1 花椒地土壤剖面采集照片(以 14 号剖面为例)

表 1 供试土壤剖面样品的基本信息

剖面编号	采样地	土壤类型	亚类	土属	土种	成 土 母 质	剖面层次
1	江津区	紫色土	中性紫色土	棕紫泥	棕紫沙泥土	侏罗系蓬莱镇组(J ₃ p)紫色砂岩	A-B-C
2	江津区	紫色土	石灰性紫色土	红棕紫泥	红石骨子土	侏罗系遂宁组(J ₃ sn)紫色泥页岩	A-C
3	江津区	紫色土	中性紫色土	灰棕紫泥	大眼泥土	侏罗系沙溪庙组(J ₂ s)紫色泥页岩	A-B-C
4	江津区	紫色土	中性紫色土	棕紫泥	棕紫泥土	侏罗系蓬莱镇组(J ₃ p)紫色砂岩	A-B-C
5	江津区	紫色土	石灰性紫色土	红棕紫泥	红棕紫泥土	侏罗系遂宁组(J ₃ sn)紫色泥页岩	A-B-C
6	江津区	紫色土	中性紫色土	灰棕紫泥	半砂半泥土	侏罗系沙溪庙组(J ₂ s)紫色泥页岩	A-C
7	江津区	紫色土	石灰性紫色土	红棕紫泥	红紫砂泥土	侏罗系遂宁组(J ₃ sn)紫色泥页岩	A-C
8	江津区	紫色土	中性紫色土	灰棕紫泥	半砂半泥土	侏罗系沙溪庙组(J ₂ s)紫色泥页岩	A-C
9	潼南区	紫色土	石灰性紫色土	红棕紫泥	红石骨子土	侏罗系遂宁组(J ₃ sn)紫色泥页岩	A-C
10	潼南区	紫色土	石灰性紫色土	红棕紫泥	红紫砂泥土	侏罗系遂宁组(J ₃ sn)紫色泥页岩	A-B-C
11	潼南区	紫色土	石灰性紫色土	红棕紫泥	红棕紫泥土	侏罗系遂宁组(J ₃ sn)紫色泥页岩	A-B-C
12	西阳县	黄壤	黄壤性土	粗骨黄壤	扁砂土	寒武系(Θ)石灰岩	A-C
13	西阳县	石灰(岩)土	黄色石灰土	石灰黄泥	石渣黄泥土	寒武系(Θ)石灰岩	A-C
14	西阳县	黄壤	黄壤性土	粗骨黄壤	扁砂黄泥土	寒武系(Θ)石灰岩	A-B-C

1.2 理化性质分析

共测定了土壤 pH 值和有机质等 16 种土壤肥力指标,各指标均采用土壤农化分析常规方法测定^[11]. 土壤 pH 值采用电位法测定(土水比 1 : 2.5);有机质采用重铬酸钾容量法-外加加热法测定;碱解氮采用碱解扩散法测定;有效磷采用 NaHCO₃ 提取-钼锑抗比色法测定;土壤全氮测定采用半微量凯氏定氮法;全磷测定采用 NaOH 熔融-钼锑抗比色法;全钾测定采用 NaOH 熔融-火焰光度法;速效钾测定采用 NH₄Ac 提取-火焰光度法;有效铁、锰、铜、锌的测定采用 DTPA(二乙三胺五乙酸)提取-原子吸收分光光度法(AAS, Z-5000, 日本日立);有效硼测定采用沸水提取-姜黄素比色法;有效钼测定采用草酸/草酸铵浸提-等离子体发射光谱法(ICPOES, Optima 8000, 美国铂金埃尔默);有效硫测定采用纯水提取-BaSO₄ 比浊

法;阳离子交换量(CEC)测定采用 NH₄OAc 交换-蒸馏法.

1.3 数据处理

采用 Excel 2019 对数据进行整理和绘图,采用 SPSS 22.0 对数据进行统计分析和相关性分析.

2 结果与分析

2.1 土壤养分含量水平

按照供试土壤的剖面层次对 16 种肥力指标进行统计分析(表 2).各剖面层次的土壤 pH 值变幅较大,均值从大到小依次为底土层、心土层、耕作层.受耕作和施肥的影响,有机质、全氮、全磷、碱解氮、有效磷和速效钾在剖面层次中的均值含量从大到小依次为耕作层、心土层、底土层.根据 2005—2014 年的测土配方施肥项目数据,全国耕层土壤有机质含量均值为 24.65 g/kg,重庆为 19.19 g/kg^[12].而本研究中花椒地剖面 A-B-C 层的有机质含量均值分别为 17.3 g/kg,9.67 g/kg 和 8.10 g/kg,低于全国和重庆的平均值水平,重庆花椒种植区土壤的有机质含量水平整体偏低.个别耕层土样的碱解氮、有效磷、速效钾含量极高,且耕层土壤中碱解氮、有效磷和速效钾的最高值分别为 672 mg/kg,529 mg/kg 和 738 mg/kg,远高于通常认为的土壤碱解氮、有效磷、速效钾高含量的标准^[13].土壤全钾含量丰富,所有土样的全钾含量均大于 20 g/kg.除土壤有效铜外,有效铁、有效锰和有效锌的含量均值表现出耕层含量远大于非耕层,3 种有效微量元素的含量表现出表聚性,其原因可能与耕层的农业耕作方式、施肥等人类活动有关^[14].按照王淑英等^[15]的评价标准,除有效锰在各土层中的含量较为丰富外,有效铜、有效锌和有效铁在花椒地剖面中的含量整体偏低.有效钼在土壤各层次中的含量变幅较大,含量均值在 3 个剖面层次中为耕作层略高于心土层和底土层.有效硼在各剖面层次中的含量差异不明显.有效硫和 CEC(阳离子交换量)在 3 个剖面层次无明显变化的规律,均值大小为心土层含量略大于耕作层和底土层.

表 2 土壤肥力指标测定结果统计分析

剖面 层次	范围	pH 值	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	全磷/ (g·kg ⁻¹)	全钾/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	有效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	有效铁/ (mg·kg ⁻¹)	有效锰/ (mg·kg ⁻¹)	有效铜/ (mg·kg ⁻¹)	有效锌/ (mg·kg ⁻¹)	有效钼/ (mg·kg ⁻¹)	有效硼/ (mg·kg ⁻¹)	有效硫/ (mg·kg ⁻¹)	CEC/ (cmol·kg ⁻¹)
耕作层	变幅	4.4~8.3	9.4~33.8	0.87~2.88	0.67~2.38	22.9~32.9	28.7~672	2.7~529	55~738	2.97~50.5	4.36~46.5	0.24~1.51	0.69~3.65	0.042~0.207	0.34~1.17	26.6~102	8.05~28.4
n=14	均值±标准差	7.0±1.6	17.3±6.9	1.39±0.57	1.11±0.56	29.6±2.80	133±172	108±154	361±252	15.0±14.6	18.4±16.8	0.66±0.38	1.98±1.00	0.114±0.047	0.65±0.19	58.5±22.9	19.2±6.20
心土层	变幅	4.1~8.4	5.2~18.8	0.58~1.28	0.38~0.73	24.2~32.6	19.1~206	0.7~24.8	36~343	2.51~23.7	3.94~28.4	0.31~2.00	0.24~2.99	0.034~0.161	0.31~1.06	41.3~243	8.06~31.7
n=7	均值±标准差	7.3±1.7	9.67±4.7	0.80±0.23	0.61±0.12	29.2±3.18	58.2±66.6	7.09±8.1	91.7±111	9.77±7.40	10.5±8.27	0.79±0.62	0.87±0.99	0.094±0.046	0.60±0.23	85.5±71.2	22.4±7.54
底土层	变幅	4.1~8.4	2.5~23.3	0.40~1.63	0.32~0.88	25.6~35.1	11.5~170	1.5~23.6	35~563	0~21.9	1.75~41.1	0.11~1.01	0~1.79	0.022~0.341	0.09~0.95	28.0~129	8.24~30.7
n=14	均值±标准差	7.4±1.4	8.1±5.0	0.76±0.30	0.61±0.13	29.7±2.95	39.9±40.9	5.7±5.8	114±161	6.50±6.10	12.7±12.2	0.47±0.28	0.51±0.47	0.095±0.081	0.66±0.23	60.2±32.8	21.3±6.54

2.2 土壤肥力综合评价

2.2.1 隶属度值的计算

要进一步了解土壤的肥力水平,需要结合多个土壤肥力指标对土壤肥力进行综合评价.采用模糊综合评价法对土壤肥力水平进行判断时,首先要确定所选各肥力指标的隶属度值,即以 一个 0.1~1.0 的无量纲数值对每一个土样中的各个肥力指标进行评分.由于不同养分指标对作物生长的影响情况不同,根据肥力指标对作物生长的影响情况可分别采用抛物线型和 S 型函数计算各养分指标的隶属度值.本研究选用的 16 种肥力指标中,土壤 pH 值采用抛物线型函数计算隶属度值,其余肥力指标采用 S 型函数计算隶属度值.抛物线型函数的计算公式为:

$$N_{ik} = \begin{cases} 0.1 & x_{jk} \leq x_1 \text{ 或 } x_{jk} \geq x_4 \\ \frac{0.9(x_{jk} - x_1)}{x_2 - x_1} + 0.1 & x_1 < x_{jk} < x_2 \\ 1 & x_2 \leq x_{jk} \leq x_3 \\ 1 - \frac{0.9(x_{jk} - x_3)}{x_4 - x_3} & x_3 < x_{jk} < x_4 \end{cases} \tag{1}$$

式(1)中土壤 pH 值在抛物线函数中转折点取值: $x_1=4.5$, $x_2=6.5$, $x_3=7.5$, $x_4=8.5$ ^[16].S 型函数的计算公式为:

$$N_{ik} = \begin{cases} 1 & x_{jk} \geq x_2 \\ \frac{0.9(x_{jk} - x_1)}{x_2 - x_1} + 0.1 & x_1 < x_{jk} < x_2 \\ 0.1 & x_{jk} \leq x_1 \end{cases} \quad (2)$$

各肥力指标在 S 型函数中转折点的取值, 参考已发表的文献进行确定, 具体数值如表 3 所示^[17-18]. 根据建立的隶属度函数式(1)和式(2)计算得到各土壤样品中每种肥力指标的隶属度值(表 4).

表 3 S 型隶属度函数曲线转折点的取值

取值	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	全磷/ (g·kg ⁻¹)	全钾/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	有效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	有效铁/ (mg·kg ⁻¹)	有效锰/ (mg·kg ⁻¹)	有效铜/ (mg·kg ⁻¹)	有效锌/ (mg·kg ⁻¹)	有效铝/ (mg·kg ⁻¹)	有效硼/ (mg·kg ⁻¹)	有效硫/ (mg·kg ⁻¹)	CEC/ (cmol·kg ⁻¹)
x_1	10	0.75	0.4	10	60	5	50	4.5	5	0.2	0.5	0.1	0.5	30	10
x_2	30	1.50	0.8	20	120	20	150	10	15	1.0	1.0	0.2	1.0	50	20

表 4 计算得到的各剖面层次不同肥力指标的隶属度均值

剖面 层次	pH 值	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	全磷/ (g·kg ⁻¹)	全钾/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	有效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	有效铁/ (mg·kg ⁻¹)	有效锰/ (mg·kg ⁻¹)	有效铜/ (mg·kg ⁻¹)	有效锌/ (mg·kg ⁻¹)	有效铝/ (mg·kg ⁻¹)	有效硼/ (mg·kg ⁻¹)	有效硫/ (mg·kg ⁻¹)	CEC/ (cmol·kg ⁻¹)
耕作层	0.445	0.419	0.651	0.937	1.00	0.403	0.676	0.807	0.604	0.521	0.562	0.913	0.328	0.363	0.787	0.770
心土层	0.305	0.173	0.220	0.572	1.00	0.229	0.259	0.259	0.618	0.436	0.592	0.359	0.244	0.330	0.892	0.867
底土层	0.484	0.150	0.215	0.564	1.00	0.176	0.213	0.277	0.391	0.480	0.407	0.315	0.241	0.467	0.699	0.832

2.2.2 单项指标权重系数的确定

计算出每种肥力指标在土壤中的隶属度后, 还需知道各肥力指标对土壤总体肥力的贡献程度, 即在后续的土壤肥力评价中确定每个肥力指标的权重系数. 为避免人为主观因素干扰, 采用相关系数法确定每个肥力指标的权重系数: 采用 SPSS 统计分析软件获得不同肥力指标间的相关系数(表 5), 然后计算得到某一肥力指标与其余肥力指标间相关系数绝对值之和的平均值, 该平均值占所有肥力指标相关系数平均值总和的百分比即为该项肥力指标的权重系数. 计算得到土壤各肥力指标的权重系数如表 6 所示. 全氮、有效铁相关系数绝对值的平均值最大, 二者的权重系数也最大, 分别为 0.083 和 0.080. 有效硼的权重系数最低, 为 0.038.

表 5 土壤肥力指标间的相关系数矩阵

肥力 指标	pH 值	有机质	碱解氮	有效磷	速效钾	全氮	全磷	全钾	CEC	有效铁	有效锰	有效铜	有效锌	有效铝	有效硼
有机质	-0.451 **														
碱解氮	-0.613 **	0.769 **													
有效磷	-0.459 **	0.647 **	0.740 **												
速效钾	-0.566 **	0.717 **	0.580 **	0.542 **											
全氮	-0.534 **	0.950 **	0.875 **	0.791 **	0.739 **										
全磷	-0.297	0.710 **	0.782 **	0.913 **	0.624 **	0.828 **									
全钾	0.401 *	-0.186	-0.093	-0.268	-0.097	-0.187	-0.020								
CEC	0.643 **	-0.552 **	-0.580 **	-0.532 **	-0.672 **	-0.604 **	-0.504 **	0.385 *							
有效铁	-0.625 **	0.505 **	0.431 **	0.728 **	0.549 **	0.590 **	0.548 *	-0.588 **	-0.591 **						
有效锰	-0.765 **	0.334	0.433 **	0.342 *	0.636 **	0.417 *	0.275	-0.201	-0.451 **	0.553 **					
有效铜	-0.274	0.365 *	0.118	0.140	0.362 *	0.283	0.110	-0.584 **	-0.475 **	0.598 **	0.168				
有效锌	-0.486 **	0.601 **	0.349 *	0.456 **	0.619 **	0.567 **	0.434 *	-0.435 **	-0.513 **	0.593 **	0.364 *	0.509 **			
有效铝	-0.282	0.365 *	0.241	0.226	0.197	0.380 *	0.161	-0.499 **	-0.351 *	0.410 *	0.240	0.367 *	0.334 *		
有效硼	0.574 **	-0.247	-0.245	-0.203	-0.283	-0.272	-0.008	0.279	0.419 *	-0.309	-0.363 *	-0.044	-0.207	-0.147	
有效硫	-0.515 **	0.301	0.379 *	0.219	0.322	0.328	0.161	-0.406 *	-0.483 **	0.417 *	0.200	0.589 **	0.328	0.342 *	-0.231

注: * 表示 $p < 0.05$ 水平差异具有统计学意义; ** 表示 $p < 0.01$ 水平差异具有统计学意义.

表 6 各土壤肥力指标的相关系数平均值和权重系数

肥力指标	pH 值	有机质	全氮	全磷	全钾	碱解氮	有效磷	速效钾	有效铁	有效锰	有效铜	有效锌	有效钼	有效硼	有效硫	CEC
相关系数平均值	0.499	0.513	0.556	0.425	0.309	0.482	0.480	0.500	0.536	0.383	0.332	0.453	0.303	0.255	0.348	0.517
权重系数	0.074	0.076	0.083	0.063	0.046	0.072	0.071	0.074	0.080	0.057	0.049	0.067	0.045	0.038	0.052	0.077

2.2.3 土壤肥力等级确定

确定每个土壤肥力指标的隶属度值和肥力指标的权重系数后,采用累加法获得每个土样的土壤肥力综合指数,然后根据土壤肥力综合指数的大小对土壤肥力进行判断.图 2 是供试 14 个花椒种植地土壤剖面样品各层次的土壤肥力综合指数.耕作层、心土层和底土层土壤肥力综合指数的变化范围分别是 0.40~0.93,0.30~0.73 和 0.28~0.64.

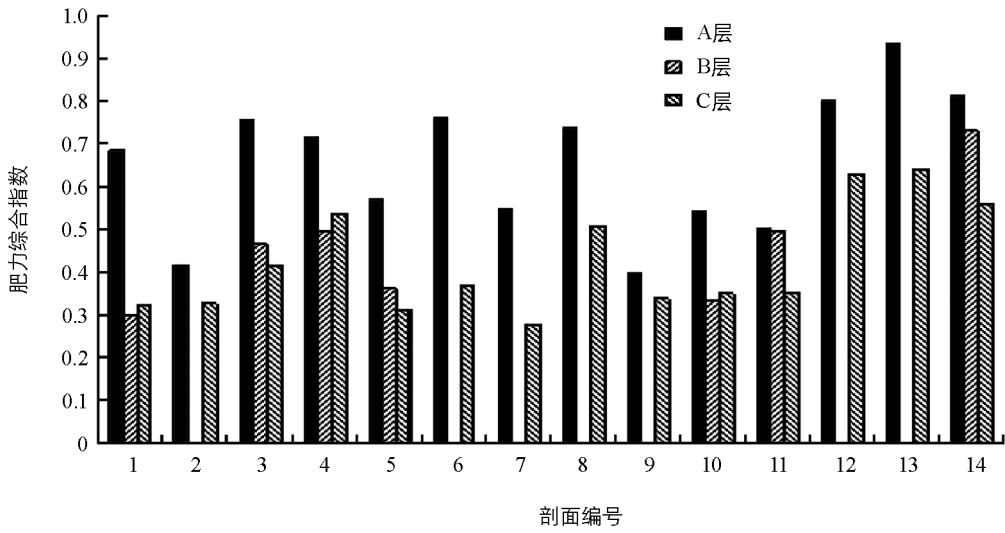


图 2 各土壤样品的肥力综合指数

2.3 土壤剖面肥力特征

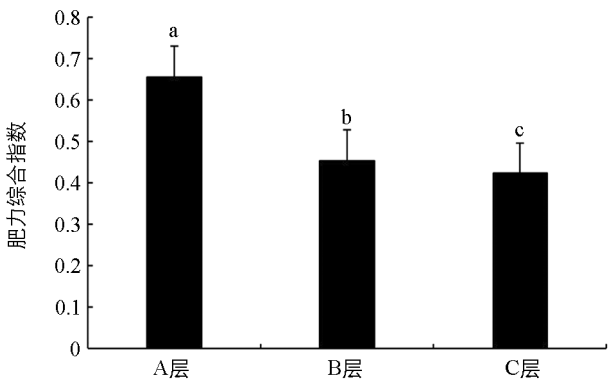
土壤肥力综合指数越大,土壤肥力水平越高.按土壤肥力综合指数大小可对土壤肥力状况进行评级,分别为高(>0.8)、较高(0.6~0.8)、中等(0.4~0.6)、较低(0.2~0.4)和低(<0.2)^[19].按此分级方法,14 个耕作层土样中,高肥力水平的有 2 个,较高肥力水平的有 6 个,5 个土样的肥力水平为中等,仅 1 个耕层土壤肥力水平较低(表 7);7 个心土层样品中无高肥力水平样品,仅 1 个土样的肥力水平较高,其余 6 个土样各有 3 个中等肥力水平和较低肥力水平;与心土层土样类似,14 个底土层土样也无高肥力水平的样品,仅有 1 个较高肥力水平的土样,却有 8 个土样的肥力水平较低,剩余 5 个土样为中等肥力水平(表 7).总体而言,供试花椒种植地剖面样品耕层土壤肥力水平为中等偏上,但心土层和底土层的肥力水平较差,与耕作层的肥力水平差异具有统计学意义($p<0.05$)(图 3).

表 7 供试土壤剖面各土壤层次的肥力评价

剖面编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A 层	较高	中	较高	较高	中	较高	中	较高	较低	中	中	较高	高	高
B 层	较低	—	中	中	较低	—	—	—	—	较低	中	—	—	较高
C 层	较低	较低	中	中	较低	较低	较低	中	较低	较低	较低	中	较高	中

进一步对重庆花椒种植区域土壤剖面的肥力特征进行分析,3 个区县的剖面肥力从大到小依次均为耕作层、心土层、底土层(图 3),说明土壤养分在垂直方向具有“表聚”特征^[20].重庆九叶青花椒根系分布主要集中在 5~40 cm 厚度的土层^[3].因此,心土层也有部分根系分布,在农业生产中应注意心土层土壤培肥,多采用深施肥料等农业施肥措施.不同土壤类型的肥力水平从大到小依次为石灰黄泥、粗骨黄壤、灰棕紫泥、棕紫泥、红棕紫泥(图 4).值得注意的是,红棕紫泥的土壤肥力水平最低,其原因可能在于红棕紫

泥发育于侏罗系遂宁组(J₃sn)紫色泥页岩,属石灰性紫色土亚类.这类紫色土富含钙质,土壤 pH 值呈强碱性,对土壤肥力存在一些负面影响.土壤高 pH 值容易造成土壤 NH₄⁺ 挥发,使土壤碱解氮含量水平不高^[21];同时土壤高 pH 值容易造成磷的固定,土壤中的磷酸根离子易与土壤中的钙离子生成磷酸多钙的难溶物,使土壤磷的有效性较低^[22];土壤高 pH 值还使土壤中的铁、锰、铜、锌生成氢氧化物的沉淀态,降低这些微量金属元素的生物有效性^[23].在本研究的肥力评价指标中,pH 值以及与 pH 值关系密切的碱解氮、有效磷和有效铁的权重系数最大.在农业生产中要对石灰性紫色土高 pH 值可能引起的土壤缺素症状引起重视,具体措施可通过增施有机肥来提高土壤的酸碱缓冲容量,降低土壤 pH 值.施用有机肥除可增加土壤对有效养分的吸附容量外,还能增加土壤的有机质含量,改善土壤结构.



a,b,c 表示 $p<0.05$ 水平差异具有统计学意义.

图 3 不同剖面层次的土壤肥力综合指数

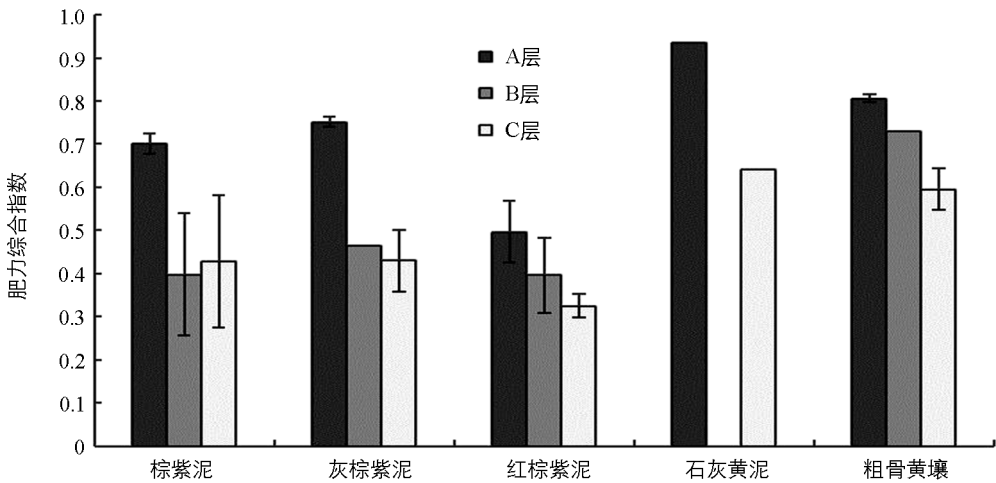


图 4 花椒种植区不同类型土壤的剖面肥力综合指数

3 结 论

重庆花椒种植区土壤剖面的肥力从大到小依次为耕作层、心土层、底土层,土壤养分在垂直方向具有“表聚”特征,在农业生产中要加强心土层的培肥管理.不同土壤间的养分元素含量变幅较大,但整体为钾素含量较为丰富,而有机质含量较为缺乏.花椒种植区不同土壤类型的土壤肥力水平从大到小依次为石灰黄泥、粗骨黄壤、灰棕紫泥、棕紫泥、红棕紫泥.石灰性紫色土 pH 值过高对土壤肥力水平产生了负面影响,可通过增施有机肥来增加土壤的有机质含量,改善土壤结构,调节土壤酸碱度和增加养分元素的有效性.

参考文献:

[1] 侯建伟,邢存芳,邓晓梅,等. pH 对花椒根区土壤细菌群落结构的影响 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2020, 48(5): 115-122.

[2] 侯建伟,邢存芳,邓晓梅,等. 花椒园土壤养分质量比特征对秸秆生物质炭类型与施用量的响应 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2021, 46(2): 80-85.

[3] 杨林生. 重庆九叶青花椒养分管理现状及优化施肥研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2019.

[4] 唐海龙,龚伟,王景燕,等. 氮磷钾不同配比对藤椒产量和品质的影响 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),

2019, 47(10): 18-26.

[5] 王 璐,喻阳华,秦仕忆,等. 不同衰老程度顶坛花椒土壤养分质量的评价 [J]. 西南农业学报, 2019, 32(1): 139-147.

[6] 刘姣姣,何 静,陈 伟,等. 花椒连作对土壤化学性质及酶活性的影响 [J]. 分子植物育种, 2019, 17(22): 7545-7550.

[7] 杨林生,杨 敏,彭 清,等. 重庆市九叶青花椒施肥现状评价 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2020, 42(3): 61-68.

[8] 喻阳华,秦仕忆,钟欣平. 贵州喀斯特山区花椒林小生境的土壤质量特征 [J]. 西南农业学报, 2018, 31(11): 2340-2347.

[9] 谢毓芬,谢 斌,李联队,等. 陕西花椒主产区椒园土壤养分状况及施肥建议 [J]. 陕西林业科技, 2020, 48(1): 35-36, 41.

[10] 杨仕曦,吕广斌,黄 云,等. 九龙坡花椒种植区地形、土壤肥力与花椒产量的关系 [J]. 中国生态农业学报, 2019, 27(12): 1823-1832.

[11] 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.

[12] 杨 帆,徐 洋,崔 勇,等. 近 30 年中国农田耕层土壤有机质含量变化 [J]. 土壤学报, 2017, 54(5): 1047-1056.

[13] 李 娟,章明清,尤志明,等. 福建乌龙茶园土壤速效氮磷钾丰缺指标与肥力状况评价 [J]. 茶叶学报, 2018, 59(1): 19-25.

[14] 姜 勇,郝 伟,张玉革,等. 潮棕壤不同利用方式营养元素随剖面深度的变化特征 [J]. 水土保持学报, 2006, 20(3): 93-96, 122.

[15] 王淑英,于同泉,王建立,等. 北京市平谷区土壤有效微量元素含量的空间变异特性初步研究 [J]. 中国农业科学, 2008, 41(1): 129-137.

[16] 林圣玉,李 英,张华明,等. 鄱阳湖区坡耕地土壤肥力质量评价 [J]. 中国水土保持, 2018(11): 60-63, 67.

[17] 武德传,施寒丰,王维洁,等. 黔南喀斯特地区植烟土壤有效态中微量元素空间变异及影响因子——以黔南山区为例 [J]. 山地学报, 2017, 35(6): 826-834.

[18] 杨文娜,任嘉欣,李忠意,等. 主成分分析法和模糊综合评价法判断喀斯特土壤的肥力水平 [J]. 西南农业学报, 2019, 32(6): 1307-1313.

[19] 李忠意,程永毅,宋 伟,等. 重庆紫色土养分的模糊综合评判 [J]. 中国农学通报, 2011, 27(23): 238-247.

[20] 瞿 爽,杨 瑞,王 勇,等. 喀斯特高原顶坛花椒生长过程中土壤养分变化特征 [J]. 经济林研究, 2020, 38(2): 183-191.

[21] 皮荷杰,曾清如,蒋朝晖,等. 两种硝化抑制剂对不同土壤中氮素转化的影响 [J]. 水土保持学报, 2009, 23(1): 68-72.

[22] 亢龙飞,王 静,朱丽娜,等. 不同形态磷酸盐及施用方式对石灰性土壤磷移动性和有效性的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2020, 26(7): 1179-1187.

[23] 张淑香,王小彬,金 柯,等. 干旱条件下氮、磷水平对土壤锌、铜、锰、铁有效性的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(4): 391-396.

责任编辑 夏 娟

包 颖