

不同海拔柑橘园土壤养分特征及其与果实品质的关系

王 珏, 周卫军*, 谭 洁, 唐 豆, 宋 彪

湖南农业大学资源环境学院, 湖南 长沙
Email: 394799072@qq.com, *wjzh0108@163.com

收稿日期: 2021年3月16日; 录用日期: 2021年4月16日; 发布日期: 2021年4月25日

摘 要

为探究不同海拔柑橘园土壤养分特征, 阐明海拔对土壤养分与果实品质的影响, 为果园土壤养分实行精准管理提供理论依据。采集不同海拔的柑橘园土壤与果实, 按海拔高低划分为五个等级: 海拔I (<150 m)、海拔II (150~200 m)、海拔III (200~250 m)、海拔IV (250~300 m)、海拔V (>300 m)。分析了柑橘园土壤pH、有机质、有效养分及其果实品质的化学计量特征。研究结果表明: 80%柑橘园土壤呈酸性至强酸性, 有机质、碱解氮含量适宜土壤比例分别为76.67%和63.33%, 有效磷、速效钾含量过量土壤比例占55.56和41.11%。柑橘园土壤养分在不同海拔高度存在显著差异, 海拔高度为200~250m柑橘园土壤pH最高, 均值为5.64, 最适合柑橘生长; 土壤有机质含量随着海拔高度增加而增加, 拟合方程为 $y_{\text{有机质}} = 0.0484x + 15.07$, $R^2 = 0.1639$; 有效磷含量随着海拔高度增加而降低, 拟合方程为 $y_{\text{有效磷}} = 484528x - 1.624$, $R^2 = 0.2236$ 。果实可溶性固形物含量随着海拔高度增加呈先上升后下降趋势, 拟合方程为 $y_{\text{可溶性固形物}} = -0.0001x^2 + 0.0545x + 5.8462$, $R^2 = 0.1433$, 土壤pH和有机质含量与果实品质有显著相关性, $p < 0.05$ 。在今后果园管理中可对土壤养分实行分海拔精准施肥, 及时控肥、追肥, 以达到提高土壤肥力、提高果实品质的目的。

关键词

柑橘园, 海拔, 土壤养分, 果实品质

Characteristics of Soil Nutrients in Citrus Orchards at Different Altitudes and Their Relationship with Fruit Quality

Jue Wang, Weijun Zhou*, Jie Tan, Dou Tang, Biao Song

College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha Hunan

*通讯作者。

文章引用: 王珏, 周卫军, 谭洁, 唐豆, 宋彪. 不同海拔柑橘园土壤养分特征及其与果实品质的关系[J]. 土壤科学, 2021, 9(2): 67-76. DOI: 10.12677/hjss.2021.92009

Abstract

Objective: In order to explore the characteristics of soil nutrients in citrus orchard at different elevations, clarify the influence of altitude on soil nutrients and fruit quality, and provide a theoretical basis for precise management of soil nutrients in orchards. **Method:** Collected the soil and fruits of citrus orchards at different altitudes and divided them into five grades according to altitude: altitude I (< 150 m), altitude II (150 ~ 200 m), altitude III (200 ~ 250 m), altitude IV (250 ~ 300 m) and altitude V (> 300 m). Analyze the soil pH, organic matter, available nutrients and stoichiometry characteristics of fruit quality in citrus orchards. **Result:** 80% of the citrus orchard soil was acidic to strongly acidic. The suitable soil ratios for organic matter and alkali hydrolyzed nitrogen were 76.67% and 63.33%, respectively. The soils with excessive available phosphorus and available potassium content accounted for 55.56 and 41.11%. There were significant differences in soil nutrients in citrus orchards at different altitudes. The pH value of the soil in the citrus orchard at the altitude of 200~250 m was the highest, with an average value of 5.64, which was most suitable for citrus growth. The content of soil organic matter increased with the increase in altitude. The fitting equation was $y_{\text{organic matter}} = 0.0484x + 15.07$, $R^2 = 0.1639$. The available phosphorus content decreased with the increase in altitude. The fitting equation is $y_{\text{available p}} = 484528x - 1.624$, $R^2 = 0.2236$. Soil pH, alkali-hydrolyzable nitrogen, and available potassium did not show a significant correlation with altitude. The content of soluble solids in fruits first increased and then decreased with the increase in altitude. The fitting equation is $y_{\text{VTSS}} = -0.0001x^2 + 0.0545x + 5.8462$, $R^2 = 0.1433$. The soil pH and organic matter content was significantly correlated with fruit quality. **Conclusion:** In the future orchard management, soil nutrients can be accurately fertilized at different altitudes, controlled and top-dressed in time, so as to improve soil fertility and fruit quality.

Keywords

Citrus Orchard, Altitude, Soil Nutrients, Fruit Quality

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

土壤是柑橘的生存之本,土壤养分状况直接影响着土壤的保肥供肥能力,大量研究[1] [2] [3] [4]表明,土壤养分与柑橘树体及果实品质有密切关系。柑橘对生长环境具有广泛的适应性,我国柑橘主要分布在南方丘陵、山地地区,生产模式多为农户生产经营,其土地利用方式、施肥水平和管理措施有着一定差异,以及海拔、土壤类型、气候和生物等因素,致使各柑橘园土壤肥力状况存在较大差异[2]。

海拔所涵盖地形、气候、成土母质、植被结构、温度、水分和光照等环境因子是影响土壤养分含量的重要要素[5]。目前针对海拔与土壤养分相关性的研究已有诸多报道,并取得丰富成果,但由于研究的作物、区域的差异,所得出的研究结论也不尽相同。李长燕等[6]对雅安不同海拔地区的珙桐群落土壤养分特征研究中得出,随着海拔梯度的增加土壤中有有机碳、全氮、全磷、全钾含量增加;任启文等[7]对冀

北山地土壤养分和肥力对海拔梯度的响应研究指出,随海拔梯度升高,土壤有机质、碱解氮和 C/N、C/P、C/K、N/K 升高, SFI 指数显示小五台山海拔越高土壤肥力越好;赵明珠[8]等对小粒咖啡不同海拔土壤肥力现状及变化特征研究指出, pH 和碱解氮含量于海拔高度增加而降低,有机质和有效磷含量随海拔高度增加而增加;罗钰颖[9]等对哀牢山不同海拔表层土壤理化性质变化规律研究中发现,表层土壤理化性质在不同海拔梯度范围差异明显,且各理化性质存在密切相关性。然而,海拔对柑橘园土壤养分的影响及其与果实品质的关系研究却鲜少报道,大多是单一研究柑橘果实营养元素及其品质对海拔的响应,较少研究对土壤进行研究。彭良志等[10]对海拔高度和气象因子对脐橙果实品质的影响研究指出,果实含酸量随海拔高度的升高而增加。孙果超等[11]研究中指出,黄果柑果实总糖与可溶性固形物含量随海拔高度的增高而增高,黄果柑果实可滴定酸含量与维生素 C 含量随海拔升高而降低。柑橘主产区由于地理条、海拔高度也不一,随之土壤养分及果实品质也各不相同。因此,海拔对柑橘园土壤养分的影响及其与果实品质的关系的研究对丰富土壤养分及果实品质随海拔变化的响应规律认知具有重要意义。本文以柑橘主产区为对象,选取了 90 个具有代表性柑橘园样点,分析不同海拔高度下柑橘园土壤养分特征及果实品质的响应规律,旨在为丘陵、山地地区柑橘合理施肥、优质生产提供理论依据和生产指导。

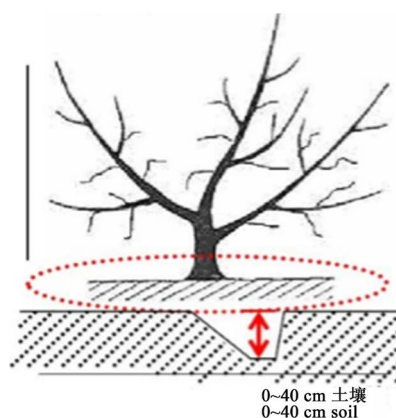
2. 材料与方法

2.1. 研究区概况

研究区位于湖南省郴州市,湖北省宜昌市、江西省抚州市和赣州市、重庆奉节县、广东省梅州市,地域跨 N24°16'40"~N31°19'32", E109°24'1"~E116°32'23"之间。在研究区域内选取 90 个具有代表性的样点,将其按海拔大小划分为五个等级:海拔 I (<150 m)、海拔 II (150~200 m)、海拔 III (200~250m)、海拔 IV (250~300 m)、海拔 V (>300 m)。各样点均属丘陵地区,亚热带大陆季风型气候,土壤类型主要为红壤、还有少量潮土、红色石灰土和黑色石灰土,柑橘园主栽品种为密广、纽荷尔、沙糖桔、伦晚等。

2.2. 土壤和果实样品的采集

在 2018 年 11~12 月,各个品种果实成熟期时于各果园取样(以 S 型布设 5 个取样点),同时取土壤和果实样品。果实样品的采样点应与土壤采样点相对应,选择树形和长势基本一致的 5 株柑橘树,在树冠四周随机采集果实 10 个;在树冠滴水线内侧 10 cm 的位置,避开施肥穴,取深 0~40 cm 的土壤样品(见图 1)。同一采样点的土壤和果实样品分别混合后以 4 分法取足量样品用于土壤养分和果实品质分析。



注:图片引自文献[12]。

Figure 1. Method of soil sampling

图 1. 土壤采集方法

2.3. 土壤养分和果实品质的测定

土壤样品指标测定参照鲍士旦[13]的方法, 土壤 pH 值的测定采用电位法; 有机质含量的测定采用重铬酸钾容量法; 土壤碱解氮采用扩散法测定; 土壤有效磷采用氟化铵 - 盐酸浸提 - 钼锑抗比色法测定; 土壤速效钾采用乙酸铵浸提 - 火焰光度法测定。

果实样品品质测定参照李玲[14]的果实品质分析方法, 用 TZ-62 手持折光仪测定可溶性固形物(TSS)含量; 氢氧化钠滴定法测定可滴定酸(TA)含量; 碘量法测定维生素 C 含量。

2.4. 数据处理

利用 Excel 2010 和 SPSS 进行数据处理及统计分析。采用 SPSS 对数据进行描述性分析、方差分析以及 Pearson 相关分析, 同时采用 Excel 2010 对数据进行线性回归分析并绘制散点图。

3. 结果

3.1. 柑橘园土壤养分总体状况

柑橘园土壤 pH、有机质及各养分水平分级标准根据鲁剑巍[15]的分级标准而定。由表 1 可知, 柑橘园土壤 pH 均值为 5.19, 范围为 4.23~7.92, 土壤大部分(80%)属于酸性, 仅 13.33%的土壤适宜柑橘的生长。土壤有机质含量丰富, 均值为 26.09 g/kg, 范围为 10.41~66.57 g/kg, 处于适宜至高量水平的橘园占 97.78%。土壤碱解氮含量平均值为 138.03 mg/kg, 范围为 17.06~438.42 mg/kg, 处于适宜至高量水平的橘园占 76.66%, 23.33%处于低量水平。土壤有效磷含量均值为 139.90 mg/kg, 范围为 0.78~910.49 mg/kg, 其中 55.56%的橘园处于高量水平, 34.44%处于适宜水平。土壤速效钾含量较为丰富, 均值为 197.46 mg/kg, 变幅为 66.88~403.84 mg/kg, 其中 50%的橘园处于适宜水平, 41.11%处于高量水平。柑橘园土壤氮、磷、钾含量大多处于适量和高量水平, 其中有效磷和速效钾过量较为严重。从变异系数上看, 除 pH 值变异系数较小外, 其余各项指标的变异系数均较大。

Table 1. Soil nutrient status and evaluation of citrus orchards

表 1. 柑橘园土壤养分含量及丰缺评价

土壤指标	均值	标准差	范围	变异系数	水平 Level (%)		
					低量	适宜	高量
pH	5.19	0.73	4.23~7.92	14.03	80.00	13.33	6.67
有机质(g/kg)	26.09	8.84	10.41~66.57	33.88	2.22	76.67	21.11
碱解氮(mg/kg)	138.03	65.56	17.06~438.42	47.50	23.33	63.33	13.33
有效磷(mg/kg)	139.90	150.59	0.78~910.49	107.64	10.00	34.44	55.56
速效钾(mg/kg)	197.46	76.79	66.88~403.84	38.89	8.89	50.00	41.11

3.2. 不同海拔柑橘园土壤养分特征

对柑橘园土壤按照不同海拔高度范围进行分组, 见表 2。随着海拔高度的增加, 土壤有机质含量呈递增的趋势, 土壤有效磷含量逐渐降低。方差分析结果表明, 各土壤养分在组间均存在显著差异, 土壤 pH 值在海拔 III 范围内最高, 显著高于海拔 II、IV, 仅海拔 III 土壤 pH 处于最适宜柑橘生长的弱酸性水平(5.5~6.5), 其他各海拔高度处于弱酸性水平(4.5~5.5)。土壤有机质含量在海拔 V 范围内最高, 显著高于海拔 I、II, 其中海拔 V 处于丰富水平(>30 g/kg), 其他各海拔高度处于适宜水平(15~30 g/kg)。土壤碱解

氮含量在海拔 V 范围内最高, 显著高于海拔 II、IV, 各海拔范围内碱解氮含量均处于适宜水平(100~200 mg/kg)。土壤有效磷含量在海拔 I 范围内最高, 显著高于海拔 III、IV、V, 其中海拔 I、II、III 土壤有效磷含量处于高量水平(>80 mg/kg), 海拔 IV、V 有效磷含量处于适宜水平(15~80 mg/kg), 在同一海拔范围内, 土壤有效磷含量变化很大, 其中海拔 IV 土变幅最大(40.42~910.49 mg/kg), 其变异系数高达 108.15%。土壤速效钾含量在海拔 II 范围内最高, 显著高于海拔 V, 其中海拔 II 土壤速效钾含量处于高量水平(>200 mg/kg), 其他均处于适宜水平(100~200 mg/kg)。

Table 2. Descriptive statistics of soil nutrients in citrus orchards at different altitudes areas

表 2. 柑橘园不同海拔土壤养分的描述统计

土壤指标	统计项目	海拔范围				
		I	II	III	IV	V
pH	变幅	4.23~6.57	4.60~6.17	4.51~7.92	4.26~7.36	4.55~7.27
	均值	5.13abc	5.1bc	5.64a	4.93c	5.39ab
	变异系数(%)	11.89	8.82	20.21	11.97	14.29
有机质	变幅	15.85~30.09	14.34~29.71	16.63~33.46	10.41~47.91	18.48~66.57
	均值(g/kg)	22.02b	22.29b	24.04ab	29.19ab	31.57a
	变异系数(%)	18.30	18.84	21.17	30.56	41.65
碱解氮	变幅	33.98~438.42	84.95~276.38	85.74~212.13	17.06~286.36	91.70~301.79
	均值(mg/kg)	144.86ab	129.36b	134.77ab	113.66b	173.65a
	变异系数(%)	58.07	37.55	33.52	56.70	36.18
有效磷	变幅	27.14~465.46	40.42~910.49	14.60~179.76	2.66~305.67	7.09~180.35
	均值(mg/kg)	229.42a	224.12ab	85.52b	78.33b	76.41b
	变异系数(%)	64.38	101.12	63.59	108.15	76.76
速效钾	变幅	90.12~403.84	135.52~386.48	66.88~283.88	71.42~356.15	72.60~301.60
	均值	192.49ab	247.21a	183.51ab	185.89ab	174.01b
	变异系数(%)	36.87	33.73	38.47	40.39	37.11

注: 同行数字后的不同小写字母表示 0.05 水平上差异显著。

3.3. 海拔对土壤养分的影响

由表 3 可知, 海拔高度与土壤有机质($r = 0.405, p < 0.01$)含量呈极显著正相关, 与有效磷($r = -0.442, p < 0.01$)含量呈极显著负相关, 与 pH、碱解氮、速效钾含量相关性不高。通过回归分析(见图 2), 柑橘园

Table 3. Correlation coefficients among altitude and soil nutrients in citrus orchards

表 3. 海拔与柑橘园土壤养分之间的关系

	海拔	pH	有机质	碱解氮	有效磷
pH	0.083				
有机质	0.405**	0.061			
碱解氮	0.07	0.251*	0.388**		
有效磷	-0.442**	0.194	-0.101	-0.001	
速效钾	-0.202	0.118	-0.068	0.118	0.431**

注: *和**分别表示在 $p < 0.05$ 和 $p < 0.01$ 显著相关。

土壤有机质含量(y 有机质)与海拔(x)呈线性正相关, 回归方程为: $y_{\text{有机质}} = 0.0484x + 15.07$, $R^2 = 0.1639$, 说明海拔较高的柑橘园比海拔较低的柑橘园土壤有机质含量高; 土壤有效磷含量(y 有效磷)与海拔(x)呈负相关, 其拟合曲线为 $y_{\text{有效磷}} = 484528x^{-1.624}$, $R^2 = 0.2236$, 有效土壤有效磷含量随着海拔的升高而下降。

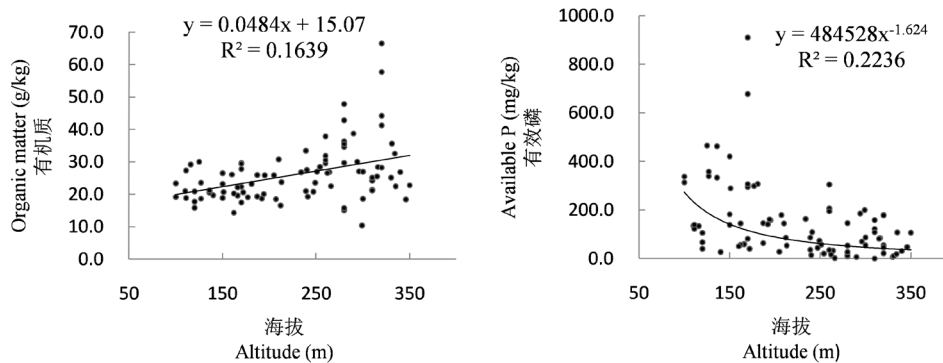


Figure 2. Changes of soil nutrients at different altitudes
图 2. 不同海拔土壤养分变化趋势

土壤有机质含量与碱解氮含量呈极显著正相关; 土壤 pH 值与碱解氮含量呈显著正相关; 土壤有效磷含量与速效钾含量呈极显著正相关。在土壤各养分之间, 以有效磷含量与速效钾含量的相关系数最高。土壤养分之间的相关关系, 说明了养分的海拔分布在一定程度上具有耦合性。

3.4. 不同海拔柑橘园果实品质特征

由表 4 可知, 柑橘果实可溶性固性物含量随着海拔升高表现出先升高后下降的趋势, 且存在显著性差异, 海拔 IV 范围内的可溶性固形物含量最高, 均值为 12.39%, 海拔 I 最低, 均值为 10.57%, 两者相差 1.82%, 海拔 IV 显著高于其他各海拔; 果实可滴定酸含量随海拔变化所表现出的差异不显著, 海拔 IV 含量最高, 均值为 1.45 g/100mL, 海拔 III 含量最低, 均值为 1.08 g/100mL, 两者相差 0.37 g/100mL; 果实维生素 C 含量随海拔变化所表现出的差异不显著, 海拔 I 维生素 C 含量最高, 均值为 65.08 mg/100mL, 海拔 III 含量最低, 均值为 41.11 mg/100mL, 两者相差 23.97 mg/100mL; 不同海拔固酸比也无显著差异, 海拔 II 固酸比最高, 均值为 21.85, 海拔 IV 固酸比最低, 均值为 10.26, 两者相差 11.59。

将果实各项品质指标与海拔进行回归分析, 分析结果表明, 可溶性固形物含量(y)与海拔(x)的拟合曲线为: $y = -0.0001x^2 + 0.0545x + 5.8462$, $R^2 = 0.1433$, 当海拔 < 272.5 m 时, 可溶性固形物含量随海拔升高而升高, 而当海拔 > 272.5 m 时, 含量随海拔升高而下降。其他果实品质指标与海拔并未表现出显著相关关系。

Table 4. The comparison of citrus fruit quality at different altitudes

表 4. 不同海拔柑橘果实品质对比

果实品质指标	海拔范围				
	I	II	III	IV	V
可溶性固性物(%)	10.57b	12.22a	12.20a	12.39a	11.30a
可滴定酸(g/100 mL ⁻¹)	1.21a	1.13a	1.08a	1.45a	1.37a
维生素 C (mg/100 mL ⁻¹)	65.08a	61.57a	41.11a	64.69a	54.88a
固酸比	14.35a	21.85a	15.75a	10.26a	12.39a

注: 同行数字后的不同小写字母表示 0.05 水平上差异显著。

3.5. 不同海拔柑橘园果实品质特征

由表 5 可知, 除 pH 和有机质外, 多数土壤养分指标与果实品质的相关性不强。果实可溶性固形物含量与土壤 pH 值($r = -0.265, p < 0.05$)呈显著负相关, 与土壤有机质含量($r = -0.240^*, p < 0.05$)呈显著负相关; 果实维生素 C 含量与土壤 pH 值($r = -0.281^*, p < 0.05$)呈显著负相关。土壤中其他有效养分的丰缺水平很难在果实中得到反映, 尤其是碱解氮、有效磷、速效钾含量与果实品质均未出现显著的相关关系。

Table 5. Correlation coefficients among citrus fruit quality and soil nutrients
表 5. 果实品质与土壤养分之间的相关性关系

	pH	有机质	碱解氮	有效磷	速效钾
可溶性固形物	-0.265*	-0.240*	-0.102	-0.215	-0.077
可滴定酸	0.183	0.149	-0.029	-0.07	-0.093
维生素 C	-0.281*	0.078	0.052	0.089	0.14
固酸比	-0.15	-0.083	0.047	0.003	0.05

注: *表示在 $p < 0.05$ 显著相关。

4. 讨论

海拔高度所表现出的地形地貌、气候、土壤类型等特征, 是土壤养分产生显著性海拔差异的重要原因[16] [17]。本研究中, 柑橘主产区的土壤养分状况具有明显的海拔性差异。在海拔相对较高(海拔 > 300 m)地区土壤有机质含量较高, 有效磷、速效钾含量相对较低, 在海拔相对较低(海拔 < 150 m)地区土壤有效磷和速效钾含量较高, 有机质含量较低, 这与前人的研究结果相似[6] [7] [8] [9]; 海拔高度 200~250 m 的土壤 pH 最高, 最适宜柑橘生长。柑橘园土壤养分在不同海拔高度下所表现出的差异, 可揭示其垂直空间变化规律。

土壤酸碱度是影响柑橘土壤肥力和生产力的重要限制因素, 与土壤有效态养分关系密切[18]。本研究中, 海拔对土壤 pH 的影响并不显著, 然而高达 80% 柑橘园土壤 pH < 5.5 , 处于酸性至强酸的环境中, 土壤酸化严重。研究表明, 在过酸土壤环境中养分有效性会降低, 影响柑橘根系对养分的吸收, 同时还会导致土壤板结, 透气性变差, 使柑橘根系长期处于缺氧状态, 引起树体发育不良[17] [18] [19]。温明霞等[18]研究发现土壤酸化的主要原因是栽培管理中人为因素造成的, 其中施肥因素是主要驱动因子, 长期单施、偏施或超施化肥导致柑橘园土壤 pH 下降。

土壤有机质是植物营养元素的重要来源, 也是评价土壤肥力的重要指标[20], 能够促进土壤结构形成、改善土壤物理性质、提高果实产量和品质[21]。本研究中, 土壤有机质含量整体处于适宜至丰富水平, 有机质含量与海拔呈极显著正相关, 随着海拔的升高而升高, 这与林建平等[22]、李长燕[6]等研究结果一致, 究其原因可能是因为海拔的升高土壤微生物分解速度收到了抑制, 矿化作用减弱, 使得高海拔地区的土壤活性有机碳含量和分配比例较高[23] [24] [25]。

76.66% 橘园碱解氮含量处于适宜至高量水平, 对于少数碱解氮含量较低的地区须要适当施用速效氮肥; 碱解氮含量与海拔并无显著相关关系, 但与有机质含量呈极显著正相关, 这与李忠芳[26]的研究结果一致, 由于土壤中 95% 以上氮素都是以有机质的形态存在, 因此土壤有机质含量越高碱解氮含量也就越高; 碱解氮含量与 pH 值呈显著正相关, 这与前人的研究不一致[27] [28], 这可能与柑橘园所处地理环境及生产活动有关。55.56% 橘园土壤有效磷含量都处于过量水平, 这与果园长期施用高磷复合肥、不平衡施肥有关, 且磷在土壤中的流动性较差, 被柑橘所吸收利用的部分较少, 容易在土壤中累积[29]; 土壤有效磷与海拔呈极显著负相关, 随着海拔的升高而下降, 这与张巧明等[30]研究的结果一致, 土壤磷主要

来源于岩石风化及凋落物的矿化,且受成土母质和施肥水平的影响,易在地势低洼处积累,从而导致有效磷在海拔上的差异。柑橘园土壤速效钾含量丰富,但有41.11%果园样点速效钾过量,这与近年来农户重视施用钾肥有关;速效钾含量与海拔并无显著相关关系,与有效磷含量呈极显著正相关。柑橘土壤养分差异不仅与所处海拔有关,还与所处地区成土母质有关,研究发现海拔高度与成土母质存在着一定的耦合关系[6][7],加之各海拔柑橘园的坡度、坡向、所受太阳辐射强度不同等因素,造成了土壤养分间的差异。

可溶性固形物、可滴定酸、酸固比、以及维生素C含量是柑橘果实内在品质的重要指标,果实品质的是树体营养状况的综合反映,在一定范围内增加矿质养分,可促使柑橘果实品质的提升[31]。除了土壤本身肥力条件外,海拔对柑橘果实品质的影响主要是通过光、热、水、气等因子起作用。在本研究中,除可溶性固形物含量以外,各海拔果实品质之间的差异较小。果实可溶性固形物含量先随海拔升高而升高,这与孙国超等[11]研究结果一致,随后可溶性固形物含量随海拔升高而下降,这与前任的研究有所不同,可能是由于各柑橘品种之间的差异所造成的。在土壤养分与果实品质的相关关系上,果实可溶性固形物含量与土壤pH值、土壤有机质含量呈显著负相关,果实维生素C含量与土壤pH值呈显著负相关,这与王涛等[1]、杨生权[2]的研究结果一致,结果表明在土壤养分水平较高的情况下,有机质的提高不利于可溶性固形物的积累。土壤有机质含量受到海拔高度的影响,具有海拔上的差异性,有机质含量与果实可溶性固形物的相关关系可以说明有机质含量在一定程度上影响着可溶性固形物含量。在实际生产中,柑橘果实品质受到诸多因素的影响,比如产地、品种、果实着生部位、挂果量及树龄等,因此多数土壤养分指标与果实品质并无直接相关性,土壤检测难以良好反映果实品质状况,果实品质状况也难以在海拔高度上得到较好响应。

5. 结论

柑橘园土壤普遍呈酸性,有机质和碱解氮含量适宜,有效磷和速效钾含量过高。在果园土壤培肥管理时应注意调节土壤酸碱度,针对土壤酸化问题,建议施用碱性肥料进行调节,如钙镁磷肥、硝酸钾、硝酸钠等,也可通过施用石灰等土壤改良剂进行调节;同时,还应注重氮、磷、钾肥的施用比例。

不同海拔柑橘园土壤养分含量组间均存在显著差异,在与海拔的相关性研究中,土壤有机质含量随着海拔的升高而升高,有效磷含量随着海拔的升高而下降,而其他指标与海拔高度并无显著相关性,这与土壤母质、海拔高度、坡度、坡向以及人为因素等有关,其具体的因素还需更加深入的探索。海拔对果实品质的影响较小,除可溶性固形物外,其他果品指标组间并无显著性差异,随海拔升高,可溶性固形物含量呈先上升后下降的趋势,土壤pH和有机质含量与果实品质有着显著相关性。

本研究仅对不同海拔柑橘园土壤养分及果实品质进行了初步探索,为全面揭示海拔对柑橘园土壤养分及其果实品质的影响,还需后续做进一步研究,掌握其动态变化,针对不同海拔高度的气候环境条件研究成套的管理技术方案,调整土壤肥力,确保柑橘园的良好发展。

基金项目

国家现代农业(柑橘)产业技术体系专项(CARS-26)。

参考文献

- [1] 王涛,冯先桔,张仙平,王燕斌,陈丹霞,黄雪燕,等.温州蜜柑园土壤养分状况及对果实品质的影响[J].浙江农业科学,2009(2):401-403.
- [2] 杨生权.土壤和叶片养分状况对柑橘产量和品质的影响[D]:[硕士学位论文].重庆:西南大学,2008.

- [3] Li, Y., Han, M.Q., Lin, F., Ten, Y., Lin, J., Zhu, D.-H., *et al.* (2015) Soil Chemical Properties, 'Guanximiyou' Pummelo Leaf Mineral Nutrient Status and Fruit Quality in the Southern Region of Fujian Province, China. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, **15**, 615-628. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162015005000029>
- [4] 易晓瞳. 桂南柑橘园土壤与树体养分状况及对沃柑品质的影响[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 西南大学, 2019.
- [5] Garten, C.T., Post, W.M., Hanson, P.J. and Cooper, L.W. (1999) Forest Soil Carbon Inventories and Dynamics along an Elevation Gradient in the Southern Appalachian Mountains. *Biogeochemistry*, **45**, 115-145. <https://doi.org/10.1007/BF01106778>
- [6] 李长燕, 彭希. 雅安不同海拔地区的珙桐群落土壤养分特征[J]. 四川林业科技, 2019, 40(3): 31-36.
- [7] 任启文, 左万星, 尤海舟, 李联地, 毕君. 冀北山地土壤养分和肥力对海拔梯度的响应[J]. 中南林业科技大学学报, 2020, 40(3): 96-104.
- [8] 赵明珠, 吴婷, 唐瑾, 马关润, 郭铁英, 萧自位, 等. 小粒咖啡不同海拔土壤肥力现状及变化特征[J]. 热带作物学报, 2019, 40(4): 629-637.
- [9] 罗钰颖, 朱玉婷, 唐青, 王澍. 哀牢山不同海拔表层土壤理化性质变化规律研究[J]. 西部林业科学, 2020, 49(1): 140-148.
- [10] 彭良志, 王成秋, 何绍兰, 淳长品, 晏承泉. 海拔高度和气象因子对脐橙果实品质的影响[J]. 中国南方果树, 2000, 29(4): 3-4.
- [11] 孙国超, 曹淑燕, 李清南, 廖玲, 熊博, 古咸杰, 等. 不同海拔对黄果柑光合作用及果实品质的影响[J]. 湖南农业科学, 2019(1): 48-51+55.
- [12] 黄兰, 周卫军, 崔浩杰, 周奕廷, 曹胜, 刘双. 湖南柑橘土壤中微量养分特征及施肥对策[J]. 土壤, 2020, 52(2): 287-293.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [14] 李玲. 植物生理学模块试验指导[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [15] 鲁剑巍. 湖北省柑橘园土壤-植物养分状况与柑橘平衡施肥技术研究[D]: [博士学位论文]. 武汉: 华中农业大学, 2003.
- [16] 陈子华, 盛晓青, 张宝林, 丁园. 南丰蜜桔果园土壤的基本理化性质分析[J]. 江西化工, 2015(6): 1-3.
- [17] 赵宜波. 湖南省柑橘树体及土壤养分状况分析与改良[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2019.
- [18] 温明霞, 石孝均, 聂振朋, 周鑫斌. 重庆市柑桔园土壤酸碱度及金属元素含量的变化特征[J]. 水土保持学报, 2011, 25(5): 191-194+199.
- [19] 夏刚, 张义明. 城固丘陵区柑橘园土壤酸化状况调查及治理对策[J]. 江西农业, 2017(13): 33-34+37.
- [20] 段丽君, 张海涛, 郭龙, 杜佩颖, 陈可, 琚清兰. 典型柑橘种植区土壤有机质空间分布与含量预测[J]. 华中农业大学学报, 2019, 38(1): 73-81.
- [21] 杨帆, 徐洋, 崔勇, 孟远夺, 董燕, 李荣等. 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.
- [22] 林建平, 邓爱珍, 赵小敏, 江叶枫, 韩逸, 谢雨. 南方典型丘陵山区不同高程耕地土壤养分变化特征分析[J]. 农业机械学报, 2019, 50(5): 300-309.
- [23] 向成华, 栾军伟, 骆宗诗, 宫渊波. 川西沿海拔梯度典型植被类型土壤活性有机碳分布[J]. 生态学报, 2010, 30(4): 1025-1034.
- [24] Pang, H., Wei, D., Bing, W., An, X., Yin, Q. and Zhang, R. (2013) Organic Carbon Content and Mineralization Characteristics of Soil in a Subtropical Pinus Massoniana Forest. *Journal of Chemical & Pharmaceutical Research*, **5**, 1363-1369.
- [25] 李涵. 沙田柚土壤、叶片氮、磷、钾含量季节性变化与果实品质的关系[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 西南大学, 2016.
- [26] 李忠芳, 黄昌治, 潘中田, 陈小香, 唐政, 陈春岚, 等. 广西富川主要脐橙园土壤养分特征及其与有机质间的关联[J]. 南方农业学报, 2015, 46(6): 996-1001.
- [27] 唐平, 叶荣生, 商要凤, 游国玲. 重庆三峡库区柑橘园土壤酸碱度及有效氮磷钾的含量特征[J]. 贵州农业科学, 2016, 44(3): 96-98+105.
- [28] 苏婷婷, 周鑫斌, 徐墨赤, 吴桃红, 高阿祥, 石孝均. 重庆市柑橘园土壤养分现状研究[J]. 土壤, 2017, 49(5): 897-902.

- [29] 王立新. 不同供磷水平对纽荷尔脐橙生长及生理特性的影响[D]: [硕士学位论文]. 贵阳: 贵州大学, 2009.
- [30] 张巧明, 王得祥, 龚明贵, 张丽楠. 秦岭火地塘林区不同海拔森林土壤理化性质[J]. 水土保持学报, 2011, 25(5): 69-73.
- [31] 郑苍松. 南丰蜜橘果实品质与土壤-树体营养的关系及其调控[D]: [博士学位论文]. 武汉: 华中农业大学, 2015.