

临澧县脐橙园土壤特性及其改良策略

于欠武

临澧县刻木山乡农业综合服务中心, 湖南 临澧

收稿日期: 2024年5月23日; 录用日期: 2024年6月25日; 发布日期: 2024年7月25日

摘要

弄清脐橙园土壤养分特征及丰缺状况, 为科学施肥提供理论依据。采集临澧县296个脐橙园土壤样品, 测定土壤pH、有机质和速效氮磷钾养分含量状况, 采用相关性分析揭示了土壤pH、有机质与养分之间的关系, 提出了土壤培肥改良对策。结果表明: 脐橙园土壤pH平均值为5.38, 酸化严重, 58.78%土壤处于酸性和强酸性; 土壤有机质含量平均值为20.73 g/kg, 属于适宜水平, 但仍有47.29%土壤有机质含量处于低量水平; 62.50%土壤碱解氮含量处于高含量水平; 土壤有效磷、速效钾和缓效钾的缺乏比例分别为45.61%、43.92%和66.22%。Pearson相关分析显示, 土壤pH值与土壤有效磷呈极显著正相关、与速效钾呈显著正相关; 土壤有机质含量与碱解氮呈极显著正相关, 与缓效钾含量呈显著负相关。针对临澧县脐橙园土壤养分特征及丰缺状况, 提出科学的培肥改良对策, 并根据不同土壤肥力状况制定合理方案。

关键词

临澧县, 脐橙, 土壤有机质, 速效磷钾, 改良对策

Soil Characteristics and Improvement Countermeasures of Navel Orange Orchard in Linli County

Qianwu Yu

Kemushan Township Agricultural Comprehensive Service Center of Linli County, Linli Hunan

Received: May 23rd, 2024; accepted: Jun. 25th, 2024; published: Jul. 25th, 2024

Abstract

To clarify the soil nutrient characteristics, abundance and deficiency of navel orange orchard, and

theoretical basis for scientific fertilization will be provide. 296 soil samples were collected in Navel orange orchard in Linli County to determine soil pH, organic matter and available nitrogen, phosphorus and potassium nutrients. The relationship between soil pH, organic matter and nutrients was revealed by correlation analysis, and the countermeasures for soil fertilizer improvement were put forward. The results showed that the average pH value of the soil was 5.38, the acidification was serious, and 58.78% of the soil was acidic or strongly acidic in Navel Orange orchard. The average content of soil organic matter is 20.73 g/kg, which belongs to the suitable level, and 47.29% of soil organic matter content is at the low level. 62.50% soil alkali-hydrolyzed nitrogen content was in high level. The deficiency ratios of available P, quick available K and slow available K were 45.61%, 43.92% and 66.22%, respectively. Pearson correlation analysis showed that soil pH was positively correlated with soil available phosphorus and available potassium. The content of soil organic matter was positively correlated with alkali-hydrolyzed nitrogen and negatively correlated with slow-available potassium. According to the soil nutrient characteristics and the condition of abundance and deficiency of navel orange orchard in Linli County, the scientific countermeasures of fertilizer improvement were put forward, and reasonable plans were made according to different soil fertility conditions.

Keywords

Linli County, Navel Orange, Soil Organic Matter, Available Phosphorus Potassium, Improvement Countermeasures

Copyright © 2024 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

湖南省临澧县脐橙产业起步于上世纪七十年代, 2008 年以来, 全县以县园艺示范场、文家乡雅林村、杉板乡月星村、余市桥镇湖堰村及九里梅林果业为重点, 建设了 5 个标准化柑桔生产示范片, 示范总面积达 2 万亩。近年来, 临澧县脐橙产业调整发展思路, 由单方面抓规模扩张逐步调整到品质提升方面, 用品质提升促进经济效益增加、产业发展, 使果农增收, 以此调动果农生产积极性。同时, 临澧县脐橙园土壤肥力问题也越来越突出, 由于脐橙园管理不当, 土壤可供营的营养元素逐渐消耗, 致使部分脐橙园土壤结构性、土壤养分供应、柑橘缺素症状等问题较明显。土壤是脐橙生产的基础, 土壤养分和肥力状况直接影响脐橙的产量的品质, 加强脐橙园土壤养管理、合理施肥、缺素矫正等相关工作, 可促进临澧县脐橙产业的良性发展。大量研究表明, 脐橙除自身品种特性外, 脐橙品质很大程度上受土壤本身理化性质、土壤养分状况、施肥措施以及土壤管理方式的影响[1]-[3]。不同地区种植的脐橙, 由于地理位置、气候、栽培管理方式、土壤条件等因素的不同, 各脐橙园土壤养分条件也存在差异[4]。如曾林芳[5]等研究发现广西纽荷尔脐橙有效硼、有效锰含量普遍不足, 有效钾、有效锌和交换性钙含量过高。重庆柑橘园土壤偏碱性, 有机质含量匮乏, 有效硼、有效锌含量偏低, 其他土壤养分含量分布不均衡[6]。黄兰[7]等研究发现土壤速效钾、交换性钙、镁含量随着海拔的升高逐渐减少, 土壤有效磷、铜和锌含量随海拔的升高呈正态分布, 其他元素含量随海拔升高未出现明显特征。桂南柑橘园土壤有效铁含量较高, 土壤氮、交换性镁、有效锌、铜、硼含量不足[8]。赣南脐橙园土壤有效铁、锰含量较高, 而土壤有效硼含量缺乏[9]。可见, 充分了解脐橙园土壤养分状况, 制定合理的施肥方案, 才能提高土壤肥力、改善脐橙果实品质、提高产量。当前未见临澧县脐橙园土壤养分状况报道, 为此, 本研究基于临澧县采集 296

个脐橙园土壤样点数据, 结合成土母质、土壤 pH 和有机质以深入了解土壤养分状况分析, 研究了脐橙园土壤养分丰缺状况和养分限制因子, 并对脐橙园土壤 pH、有机质与养分含量相关性进行了探讨, 以其为临澧县脐橙园土壤养分管理和制定科学合理的培肥改良方案提供依据。

2. 材料与方法

2.1. 研究区基本概况

临澧县位于湘西北, 澧水中下游, 东、西、南三面环山, 东邻津市, 南接鼎城、桃源, 西与石门毗邻, 北抵澧县, 位于东经 111°24'~111°49', 北纬 29°17'~29°46'之间。属中亚热带向北亚热带过渡的湿润季风气候, 气候温和, 热量丰富, 无霜期长, 冰冻较弱; 日照充足, 春季寒潮频繁, 秋季寒露风活跃; 雨水充沛, 季节性强, 农业生产环境优越。临澧县土壤类型以红壤为主; 成土母岩主要有第四纪红色黏土、板页岩风化物、河流冲积物等。

2.2. 样品采集

在湖南省常德市临澧县脐橙园选择 296 个典型柑橘园调查采样, 根据果园面积、地形部位采样, 按照 S 型布点法随机选取 5 株树, 选取树冠滴水线内侧 10 cm 的位置, 避开施肥穴, 采集 0~40 cm 的土层土壤样品, 混合均匀后, 按四分法分取 1 kg 左右土样, 装入贴好标签的干净塑料袋内, 带回实验室风干, 剔除土壤中的根系、石块、动植物残体等, 自然风干后混匀、磨细、过 2 mm 和 0.149 mm 尼龙筛, 测定土壤养分。

2.3. 测定方法

土壤 pH: 水提电位法; 土壤有机质: 重铬酸钾容量法; 土壤碱解氮: 碱解扩散法; 土壤有效磷: 碳酸氢钠—钼锑抗比色法; 土壤速效钾: 乙酸铵浸提—火焰光度法; 土壤缓效钾: 硝酸热溶—火焰光度法。具体测定方法参照鲍士旦[10]的方法。

2.4. 土壤养分指标分级指标

柑橘园土壤养分含量分级标准根据 2019 年农业农村部耕地质量监测保护中心印发的《湖南省耕地质量监测指标分级标准》而定。土壤 pH 分级标准为: pH < 4.5 为强酸性; 4.5~5.5 为酸性; 5.5~6.5 为弱酸性; 6.6~7.5 为中性; 7.5~8.5 为碱性; >8.5 为强碱性。其他养分指标根据鲁剑巍[11]分级标准而定, 详见表 1。

Table 1. Grading standard of soil nutrient content in citrus orchard
表 1. 柑橘园土壤养分含量分级标准

指标	单位	分级标准				
		高	较高	适宜	较低	低
有机质	g/kg	>40	30~40	20~30	10~20	≤10
碱解氮	mg/kg	>150	120~150	90~120	60~90	≤60
有效磷	mg/kg	>35	25~35	15~25	10~15	≤10
速效钾	mg/kg	>150	125~150	100~125	75~100	≤75
缓效钾	mg/kg	>800	600~800	400~600	200~400	≤200

2.5. 数据分析与统计

所有数据采用 Excel 2016 进行数据处理,用 IBM SPSS Statistic 25.0 软件统计分析,Origin 2021 制图。

3. 结果与分析

3.1. 脐橙园土壤 pH 与有机质特征

3.1.1. 土壤 pH

从图 1 可以看出,脐橙园土壤处于适宜柑橘生长的弱酸性环境样点有 112 个,占比 37.84%;酸性和强酸性土壤样点有 174 个,占比 58.78%;中性和碱性土壤样点较少,占比分别为 3.04%和 0.34%。因此,需要根据实际情况调节土壤酸碱度到 5.5 以上,可以采用施用石灰或者碱性肥料,如,钙镁磷、酸性调理剂、pH > 7.5 的有机肥等。

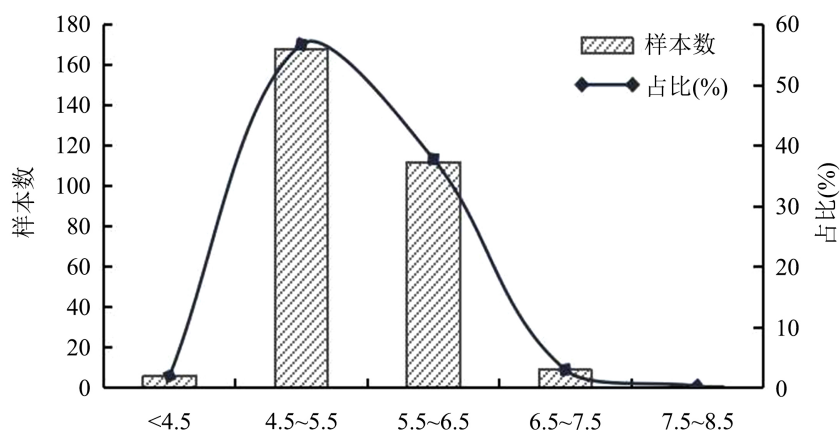


Figure 1. Soil pH grade map of navel orange orchard

图 1. 脐橙园土壤 pH 值等级图

土壤酸碱性是土壤的重要属性之一,对土壤理化性质、微生物活性以及作物的生长发育起着重要支撑作用。由表 2 可知,临澧县脐橙园土壤 pH 值变化幅度为 4.20~7.50,平均值为 5.38,整体呈酸性。五种母质发育的脐橙园土壤 pH 均值大小顺序为石灰岩风化物(5.88) > 河湖冲沉积物(5.81) > 砂砾岩风化物(5.48) > 第四纪红色黏土(5.34) > 板页岩风化物(5.30)。各母质发育的土壤 pH 值存在显著差异($P < 0.05$),石灰岩发育的土壤 pH (5.88)显著高于其他母质发育的土壤。

Table 2. Distribution of soil pH value in navel orange orchard

表 2. 脐橙园土壤 pH 值分布状况

母质类型	<4.5 (强酸性)	4.5~5.5 (酸性)	5.5~6.5 (弱酸性)	6.5~7.5 (中性)	7.5~8.5 (碱性)	平均	总计
板页岩风化物		13	4	1		5.30b	18
第四纪红色黏土	6	146	91	6		5.34ab	249
河湖冲沉积物		5	7	2	1	5.81ab	15
砂砾岩风化物		2	3			5.48ab	5
石灰岩风化物		2	7			5.88a	9

小写字母代表数据间具有显著差异,显著水平 5%。

3.1.2. 土壤有机质含量

图 2 的记过显示脐橙园土壤有机质含量处于适宜水平的样点有 134 个，占比 45.27%；较高和高含量土壤样点较少，占比分别为 4.05% 和 3.38%；处于较低和低含量水平的土壤样点分别有 133 和 7 个，占比分别为 44.93% 和 2.36%。因此，按照高产优质脐橙园土壤有机质含量高于 30.0 g/kg 的标准，需要继续施用有机肥或种植绿肥，提高土壤有机质含量，促进脐橙的生长发育。

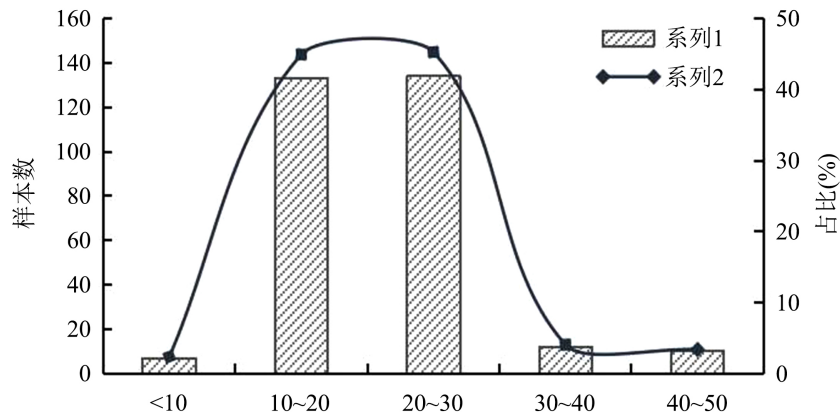


Figure 2. Grade map of soil organic matter content in navel orange orchard
图 2. 脐橙园土壤有机质含量等级图

由表 3 可知，脐橙园土壤有机质含量变化幅度为 4.2~45.9 g/kg，平均值为 20.73 g/kg，处于适宜水平。5 种母质发育的脐橙园土壤有机质均值大小顺序为板页岩风化物(23.43 g/kg) > 第四纪红色黏土(20.78 g/kg) > 河湖冲沉积物(19.89 g/kg) > 石灰岩风化物(18.31 g/kg) > 砂砾岩风化物(15.20 g/kg)。各母质发育的土壤有机质含量存在显著差异($P < 0.05$)，板页岩发育的土壤有机质含量(23.43 g/kg)显著高于其他母质发育的土壤。

Table 3. Distribution of soil organic matter content (g/kg) in navel orange orchards

表 3. 脐橙园土壤有机质含量(g/kg)分布状况

母质类型	<10	10~20	20~30	30~40	40~50	平均	总计
板页岩风化物	1	5	9	3		23.43a	18
第四纪红色黏土	6	111	114	8	10	20.78ab	249
河湖冲沉积物		5	10			19.89ab	15
砂砾岩风化物		5				15.20b	5
石灰岩风化物		7	1	1		18.31ab	9

小写字母代表数据间具有显著差异，显著水平 5%。

3.2. 脐橙园速效氮磷钾丰缺状况

脐橙园土壤有效养分水平差异较大，如表 4 所示，土壤碱解氮含量整体变幅为 24.20~337.00 mg/kg，均值为 151.03 mg/kg，呈高含量水平，有 20.95% 的果园土壤碱解氮含量处于适宜水平范围内，62.50% 土壤碱解氮含量处于高含量水平；土壤有效磷含量变化幅度为 2.00~78.60 mg/kg，平均值为 20.50 mg/kg，

呈适宜含量水平, 变异系数较高(75.80%), 空间分布不均匀, 有 45.61%的果园土壤有效磷含量不足; 土壤速效钾含量均值为 140.64 mg/kg, 果园内处于适宜水平土壤速效钾的占比为 13.18%, 处于低量水平的占比为 43.92%, 变异系数为 62.44%。土壤缓效钾含量变幅为 17.00~925.00 mg/kg, 平均值为 356.37 mg/kg, 66.22%样点果园低于适宜含量值。

Table 4. Distribution of soil available nutrients in navel orange orchard

表 4. 脐橙园土壤速效养分分布状况

指标	均值 ± 标准差	变异系数 (%)	范围	适宜含量	个数	低量水平 (%)	适宜水平 (%)	高量水平 (%)
碱解氮(mg/kg)	151.03 ± 64.67	42.82	24.20~337.00	90~120	296	16.55	20.95	62.50
有效磷(mg/kg)	20.50 ± 15.54	75.80	2.00~78.60	15~25	296	45.61	25.00	29.39
速效钾(mg/kg)	140.64 ± 87.82	62.44	2.00~500.00	100~125	296	43.92	13.18	42.91
缓效钾(mg/kg)	356.37 ± 149.25	41.88	17.00~925.00	400~600	296	66.22	29.05	4.73

3.3. 脐橙园土壤 pH、有机质、速效氮磷钾含量间的相关性

临澧县脐橙园土壤 pH 值与有机质、养分间的相关性见表 5, 脐橙园土壤 pH 值与土壤有效磷($r = 0.183^{**}$)含量呈极显著正相关, 与速效钾($r = 0.122^*$)呈显著正相关; 土壤有机质含量与碱解氮($r = 0.542^{**}$)含量呈极显著正相关, 与缓效钾($r = -0.131^*$)含量呈显著负相关; 土壤碱解氮含量与速效钾($r = -0.208^{**}$)、缓效钾($r = -0.170^{**}$)含量间呈极显著负相关; 土壤有效磷与速效钾($r = 0.381^{**}$)含量呈极显著正相关, 与缓效钾($r = 0.124^*$)含量呈显著正相关; 土壤速效钾含量与缓效钾($r = 0.514^{**}$)含量呈极显著正相关。土壤 pH 值、有机质含量过量或缺乏均会造成营养元素失调, 因此, 改善土壤酸碱度、增施有机肥、平衡施肥是果园管理的有效措施。

Table 5. The correlation among soil pH, organic matter and available nutrients in navel orange orchard

表 5. 脐橙园土壤 pH 值、有机质、有效养分间的相关关系

	pH	有机质	碱解氮	有效磷	速效钾	缓效钾
pH	1	0.102	0.058	0.183 ^{**}	0.122 [*]	-0.011
有机质		1	0.542 ^{**}	0.103	-0.087	-0.131 [*]
碱解氮			1	-0.048	-0.208 ^{**}	-0.170 ^{**}
有效磷				1	0.381 ^{**}	0.124 [*]
速效钾					1	0.514 ^{**}
缓效钾						1

注: *在 0.05 水平(双尾)上显著相关; **在 0.01 水平(双尾)上显著相关。

3.4. 脐橙园土壤 pH 对土壤肥力的影响

按照柑橘生长适应性分级标准将土壤 pH 值分成 5 组: ≤4.5 强酸性、4.5~5.5 酸性、5.5~6.5 弱酸性、6.5~7.5 中性, 统计土壤 pH 组间各土壤养分含量的平均值, 分析土壤 pH 对土壤养分含量的影响, 如图 3

所示,土壤有机质含量随着 pH 值增加而上升,在 pH 值 <4.5 时最低,在 pH 值 7.5~8.5 时最高;土壤碱解氮含量在 pH 值 < 7.5 时变化不大,之后迅速上升;土壤有效磷含量在 pH 值 4.5~5.5 时含量较低,之后迅速上升,在 pH > 7.5 时大幅下降;土壤速效钾在 pH < 7.5 时变化不大,之后呈下降趋势;在 pH > 7.5 时土壤缓效钾呈大幅下降趋势。

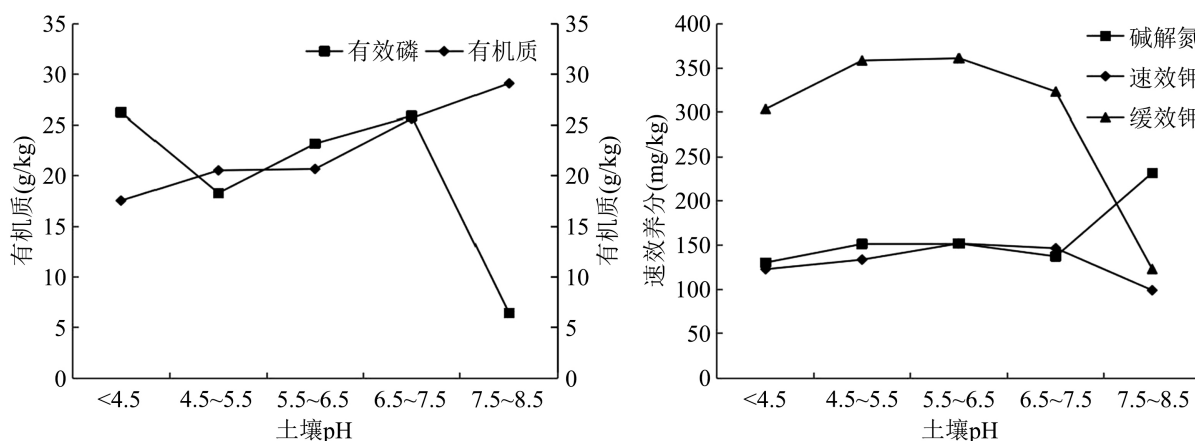


Figure 3. The relationship between soil pH and soil nutrients
图 3. 土壤 pH 与土壤养分的关系

4. 临澧县脐橙园培肥改良对策与方案

土壤是柑橘生长的基质,在柑橘整个生长期,既要确保土壤通气爽水,又要保证充足的养分供应,对土壤肥力的要求是“水、肥、气、热”要协调,促进“土壤-根系-植株”生态系统处于良性循环状态。因此,土壤管理与改良及其施肥通常需配合进行,精简过程,相互促进。

4.1. 脐橙园土壤存在的主要问题

对临澧县脐橙园土壤样品测定与分析,脐橙园土壤养分主要存在以下问题:

- ① 脐橙园土壤总体偏酸性,58.78%的土壤样点处于酸性和强酸性状态,酸化土壤影响土壤养分转化与有效性,不同程度的影响脐橙生长发育,对于强酸、酸性土壤需要进行酸化改良。
- ② 脐橙园土壤有机质含量总体处于适宜水平,但仍有部分(47.29%)有机质含量不足,土壤结构性劣化,需要加强有机肥的施用,提高脐橙园土壤有机质含量。
- ③ 脐橙园土壤养分含量差异较大,碱解氮含量偏高,缓效钾含量不足,速效钾含量呈现出两极分化。

4.2. 脐橙园土壤改良与培肥建议

4.2.1. 土壤酸化改良

临澧县脐橙园土壤酸化严重,对于酸性至强酸性土壤应进行治理与改良。对于土壤 pH ≤ 4.5 的脐橙园,石灰 1.5~2.0 公斤/株,均匀撒施在树冠下,用锄头轻翻入土;钙镁磷肥 1.0~1.5 公斤/株,与有机肥一起开沟施用。对于土壤 pH 在 4.5~5.5 之间的冰糖橙园,石灰 1.0~1.5 公斤/株,均匀撒施在树冠下,用锄头轻翻入土;钙镁磷肥 0.8~1.0 公斤/株,与有机肥一起开沟施用。

4.2.2. 科学施用有机肥

有机质是土壤中各类营养物质的重要来源,在增强土壤供肥和保肥能力,提高土壤养分有效性和促进土壤团粒结构的形成方面发挥着重要作用[12]。提高土壤有机质含量的方法有:① 施用有机肥,根据

不同脐橙园土壤的有机质含量施用有机肥 10~15 公斤/株,饼肥或生物有机肥 3~5 公斤/株;② 秸秆还田,采用物理粉碎、微生物降解后直接还田;通过热处理将秸秆转化为生物炭后还田,具有缓解土壤板结、调节土壤温湿度、改善土壤理化性质等作用,可明显提高表层有机质含量[13] [14]。③ 生草栽培,因地制宜选择合适草种,宜选择多年生豆科植物与禾本科牧草,如白三叶草、香根草、紫花苜蓿等[15]。

4.2.3. 测土配方施肥与施肥时期

依据脐橙不同生育期的差异,考虑不同生长期柑橘需要特性,一般在采果后(11 月底,或者来年 2 月底)施用基肥,6 月下旬施用壮果肥(表 6)。这两个时期,果树生长需要养分比较大。基肥需要保证春稍的抽生、花芽的萌发,而柑橘根系冬季休眠,活性较弱,春季随着温度的升高,根系萌动,开始吸收养分,促进柑橘的生长;壮果肥在柑橘促进果实膨大,早秋稍的抽生,花芽的分化,需要足量的养分确保柑橘产量和第二年的丰产。

Table 6. Soil improvement and fertilization scheme of navel orange orchard

表 6. 脐橙园土壤改良、施肥方案

品种	施肥类型	施肥品种	施用量
脐橙	基肥	有机肥	10~15 kg/株
		钙镁磷	1.0~2.0 kg/株
		复合肥(硫基型)	1.0~1.5 kg/株
	壮果促梢肥	有机无机复合肥	5~8 公斤/株
		复合肥(硫基型)	1.0~1.5 kg/株

5. 讨论

土壤中的有效态养分与土壤酸碱度有着密切关联,土壤过酸,易引起板结,土壤透水透气性差,养分流失快,影响脐橙生长发育[16]。临澧县脐橙园土壤 pH 总体偏酸,酸性和强酸性土壤样点占比达 58.78%,这可能与果农长期施单一型化肥有关;母质中砂砾岩、第四纪红土和板页岩脐橙园的土壤 pH 均值处于酸性(pH < 5.5),可能是由于砂岩、第四纪红色黏土、板页岩风化过程较为完全,处于脱硅富铝化阶段,大量盐基离子淋失,致使 pH 值降低[17]。对于酸化严重的脐橙园,合理施用石灰或土壤调理剂调节土壤酸碱度,为果树生长提供良好的环境[18]。土壤有机质含量是土壤肥力的重要指标,本研究中临澧县脐橙园 47.29%土壤有机质含量处于低量水平;母质中仅有板页岩和第四纪红色黏土的土壤有机质含量处于适宜水平,其余有机质含量较缺乏,可能是由于土壤有机质积累过程中受矿化作用影响,母质基础可能致使矿化速率有所差异,其次是不同地区对有机肥的重视程度不一样,施用不均衡所致[19]。临澧县脐橙园土壤中碱解氮、有效磷、速效钾和缓效钾缺乏比例分别为 16.55%、45.61%、43.92%和 66.22%,三种养分供应能力较弱且养分含量变幅较大,其中,缓效钾含量严重缺乏,造成果园缓效钾含量偏低的原因是在酸性土壤中钾含量易淋溶损失,持钾能力弱[20]。土壤中有效磷和速效钾含量差异较大,可能是由于长期不平衡施肥或偏施化肥所导致。因此,在施肥过程中,建议测土配方施肥。

土壤养分关系比较复杂,土壤 pH、有机质与各元素间普遍具有协同和拮抗作用,研究脐橙园土壤养分间相关关系对正确培肥和土壤改良具有指导作用。Pearson 相关分析表明,土壤 pH 值与土壤有效磷($r = 0.183^{**}$)含量呈极显著正相关,与速效钾($r = 0.122^{*}$)呈显著正相关;土壤有机质含量与碱解氮($r = 0.542^{**}$)含量呈极显著正相关、与缓效钾($r = -0.131^{*}$)含量呈显著负相关,总体上相关性以正相关为主,不同地区

研究结果不一致,可能与土壤条件、施肥习惯和管理方式有关[21]。土壤 pH 组间各养分含量存在差异,在强酸或强碱环境中养分含量严重缺乏或过量,在弱酸性环境中养分含量基本处于适宜状态。临澧县脐橙园土壤酸化应引起重视,脐橙园开展土壤改良与培肥时,建议采取测土配方施肥技术,针对果园土壤养分状况选择适合的肥料品种,进行均衡施肥,以促进临澧县脐橙园土壤养分含量的平衡和良性循环。

6. 结论

临澧县脐橙园土壤养分含量整体偏低且分布不均衡,土壤普遍偏酸,58.78%土壤样点处于酸性和强酸性;土壤有机质含量以适宜为主,但存在大量有机质含量不足的果园;缓效钾含量严重不足,有效磷和速效钾含量呈两级分化趋势,碱解氮含量较高。研究表明土壤酸碱性、有机质与土壤肥力关系密切,在果园管理时应根据营养诊断平衡施肥、均衡养分,同时注意调节土壤酸碱度、改善土壤理化性质。

基金项目

湖南省农业农村厅重点项目:柑橘园品种改良与品质提升(NY-2022008)。

参考文献

- [1] 鲍江峰,夏仁学,彭抒昂,等.湖北省纽荷尔脐橙园土壤营养状况及其对果实品质的影响[J].土壤,2006(1):75-80.
- [2] 鲁剑巍,陈防,王运华,等.氮磷钾肥对红壤地区幼龄柑橘生长发育和果实产量及品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2004(4):413-418.
- [3] 鄢华捷,卢梦玲,王友海,等.不同栽培方式对柑橘产量和品质的影响[J].湖北农业科学,2017,56(14):2682-2684.
- [4] 赖多,邵雪花,匡石滋,等.粤东地区柑橘园土壤养分调查分析[J].广东农业科学,2019,46(11):45-53.
- [5] 曾林芳,陈爱华,王成秋,等.广西富川纽荷尔脐橙园土壤和叶片营养状况研究与评价[J].中国南方果树,2012,41(5):8-12.
- [6] 王彤,朱攀攀,习建龙,等.重庆柑橘园土壤微量营养元素养分状况分析[J].果树学报,2018,35(12):1478-1486.
- [7] 黄兰.海拔和坡向对柑橘土壤养分及果实品质的影响[D]:[硕士学位论文].长沙:湖南农业大学,2023.
- [8] 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,2020.
- [9] 卢映琼.赣南脐橙果园土壤微量元素含量分布特征[D]:[硕士学位论文].赣州:赣南师范学院,2017.
- [10] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [11] 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.
- [12] 张志政,马淼,张旭龙.深松对乌拉尔甘草根际土壤养分以及微生物群落功能多样性的影响[J].生态学报,2017,37(15):5137-5145.
- [13] 孙洪强,蒋春光,庞占荣,等.酿酒葡萄“威代尔”果园玉米秸秆覆盖试验[J].中国园艺文摘,2011,27(2):35-36.
- [14] 张中恺.不同覆盖方式对旱地苹果园土壤养分的动态变化影响[D]:[硕士学位论文].咸阳:西北农林科技大学,2018.
- [15] 黄程宽,孙桂琴,徐剑波,等.生草栽培技术在柑橘上的应用[J].果树资源学报,2022,3(5):67-69.
- [16] 郭振,王小利,段建军,等.长期施肥对黄壤性水稻土有机碳矿化的影响[J].土壤学报,2018,55(1):225-235.
- [17] 赵凯丽,王伯仁,徐明岗,等.我国南方不同母质土壤 pH 剖面特征及酸化因素分析[J].植物营养与肥料学报,2019,25(8):1308-1315.
- [18] 曹志华,段奕,王晓辉.不同石灰用量对柑橘及土壤的影响[J].中国农技推广,2020,36(11):76-77.
- [19] 尚斌,邹焱,徐宜民,等.贵州中部山区植烟土壤有机质含量与海拔和成土母质之间的关系[J].土壤,2014,46(3):446-451.

-
- [20] 董艳红, 王火焰, 周健民, 等. 不同土壤钾素淋溶特性的初步研究[J]. 土壤, 2014, 46(2): 225-231.
- [21] 曹胜, 欧阳梦云, 周卫军, 等. 湖南省柑橘园土壤 pH 和主要养分特征及其相互关系[J]. 中国土壤与肥料, 2020(1): 31-38.