

doi: 10.11720/wtyht.2019.0135

严明书,吴春梅,蒙利,等.重庆市黔江猕猴桃果园土壤养分状况分析[J].物探与化探,2019,43(5):1123-1130.http://doi.org/10.11720/wtyht.2019.0135

Yan M S, Wu C M, Meng L, et al. An analysis of soil nutrient status of kiwifruit orchard in Qianjiang, Chongqing[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2019, 43(5): 1123-1130. http://doi.org/10.11720/wtyht.2019.0135

重庆市黔江猕猴桃果园土壤养分状况分析

严明书^{1,2}, 吴春梅¹, 蒙丽³, 丁相伦⁴, 董攀⁴, 邓海¹, 雷家立¹, 龚媛媛¹, 鲍丽然¹

(1. 重庆市地质矿产勘查开发局 川东南地质大队, 重庆 400038; 2. 重庆土地质量地质调查重点实验室, 重庆 400038; 3. 重庆地质矿产研究院 外生成矿与矿山环境重庆市重点实验室, 重庆 400042; 4. 重庆大学 生命科学学院, 重庆 400044)

摘要:为全面了解重庆市黔江区猕猴桃果园土壤养分状况,对黔江区具有代表性的果园土壤进行实地取样,系统分析了黔江猕猴桃果园土壤的 pH、有机质、阳离子交换量、土壤中植物营养元素和重要生命元素全量及有效量。结果表明:黔江猕猴桃果园土壤整体呈中到酸性,有机质含量较丰富,平均值达到 2.89%,但土壤阳离子交换量整体偏低,4 级(中偏贫)和 5 级(贫缺)水平的样本累计占 75%;果园土壤大量营养元素氮、磷和钾含量总体较好,但部分样点已经超过猕猴桃适宜生长的范围,中量营养元素钙整体缺乏,个别地区含量丰富,镁含量整体丰富,个别地区较缺乏,微量元素铁、锰和钼含量在不同采样点差异较大,研究区土壤总体富硒。综合以上分析,建议在今后的施肥过程中,可增施有机肥,以提高有机质含量和土壤阳离子交换量;维持或适量增加氮肥的施用量,控制磷肥和钾肥的施用量;对于土壤中微量元素的缺乏,是否需要施肥,还需进一步研究。

关键词:黔江区;猕猴桃园;土壤养分;pH;有机质;阳离子交换量;微量元素

中图分类号: P632

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2019)05-1123-08



0 引言

重庆市黔江区位于武陵山脉腹地,该区有大量野生猕猴桃的生长,并于 2000 年开始规模化人工种植猕猴桃。经过多年发展,猕猴桃已逐步成为黔江的特色产业。2012 年,国家农业部授予黔江区“全国农业标准化示范县”称号,示范品种为猕猴桃。目前,全区猕猴桃栽植面积累计达到 0.33 万 hm^2 ,分布于金溪、舟白、沙坝、小南海、中塘、黄溪等 14 个乡镇,占重庆市猕猴桃面积的 1/4,有红阳、金艳、金果、翠香、洪昇、东红等 30 余个优良品种^[1]。如今,上千亩猕猴桃果园有 7 个。黔江区猕猴桃生产规模和综合效益仍在持续快速扩大。

果园土壤是果树生长的载体,土壤理化性质影响着土壤的固肥能力和树体对养分的吸收利用,土壤养分的丰缺直接影响着果树的产量与果实的品

质^[2-9]。适宜的土壤环境,充足的土壤养分,优良的土壤理化性质是保证猕猴桃优质、高产、稳产、早实、长寿的先决条件^[10-14]。目前,陕西、贵州和四川等地的猕猴桃果园相继进行了土壤养分分析,并利用分析结果指导果园的施肥管理^[15-20]。然而,黔江区猕猴桃生产中存在对土壤肥力情况模糊不清,土壤培肥措施相对落后,肥料投入盲目等问题。为了解黔江区猕猴桃主产区 3 个乡镇果园土壤肥力状况,通过实地调查取样,对其养分含量进行分析统计,深入掌握其土壤管理状况,以期科学地制定果园施肥方案,提高猕猴桃品质和产量。

1 样品采集与测试

2017 年 8~10 月,于重庆市黔江区中塘乡、黄溪镇和黎水镇等具有代表性的 5 个猕猴桃果园采集土样。每个果园选取猕猴桃树若干,以纵剖面方式挖

收稿日期: 2019-03-12; 修回日期: 2019-06-12

基金项目: 中国地质调查局国土资源大调查项目(渝国土房管[2016]582 号)

作者简介: 严明书(1980-),男,硕士,高级工程师,主要从事矿产、环境等地球化学勘查研究工作。Email:55101626@qq.com

至单株猕猴桃果树毛系根部,深度约 60 cm,用竹铲采集根际土,等量采集 2~3 株果树根际混合土 1.5 kg(除去植物根系),放入专用采样布袋内,编上号码,带回室内自然风干研磨过筛。采用-10 目样品测定 pH、有效态、速效态量和阳离子交换量;采用-200 目样品测定 Mg 等矿质元素;采用-60 目样品测定有机质。本次研究共采集 120 件样品,其中 120 件分析元素全量 Ge 和 Se。以空间均匀分布为原则进行抽样分析,62 件分析元素全量 Mo,20 件分析元素全量 P、K、Ca、Mg、Fe、Mn,100 件分析有机质和 pH,60 件分析阳离子交换量,40 件分析有效量。研究区地理位置及采样果园分布见图 1。



图 1 黔江区地理位置及采样果园分布
Fig.1 Geographical location and distribution of sampling orchard in Qianjiang district

实验室样品处理及检测方法简述如下:取-200 目土壤样品 4.000 g,在 30 t 压力下压成样片,用 X 射线荧光光谱法(XRF)测定 K₂O、P、TfFe₂O₃、CaO、Mn 和 MgO,仪器型号:荷兰帕纳科 PW4400X 射线荧光光谱仪。取-200 目土壤样品 0.100 0 g,用

HNO₃、H₂SO₄、HF、HClO₄ 四酸熔样,逆王水溶解残渣,移至 25 mL 比色管中定容,用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)测定 Mo,仪器型号:美国热电 XSERIES II 型等离子体质谱仪。取-200 目土壤样品 0.500 0 g,用 HNO₃、HF、HClO₄ 分解,蒸至冒大量白烟,(1+1)HCl 溶解残渣,移至 25 mL 比色管中定容,硼氢化钾还原,用原子荧光法(AFS)测定 Se 和 Ge,仪器型号:国产海光 AFS-9760 型原子荧光光谱仪。取-60 目土壤样品 0.500 0 g,加重铬酸钾—硫酸溶液,220 ℃加热消煮,氧化还原容量法(VOL)测定 Corg。取-10 目土壤样品 10.000 0 g,用 25 mL 赶净二氧化碳的水浸泡,采用离子选择性电极法(ISE)测定 pH,仪器型号:雷磁 PHSJ-3F。分别取-10 目土壤样品 2.000~10.000 g 测定有效态和阳离子交换量,主要为浸提等方法,其中阳离子交换量采用 LY/T 1243-1999,有效磷测定采用 LY/T 1233-1999,有效钾测定采用 LY/T 1235-1999,有效铁测定采用 LY/T 1262-1999,有效锰测定采用 LY/T 1263-1999,有效硫测定采用 LY/T 1265-1999,有效钼测定采用 LY/T1259-1999,有效硼测定采用 LY/T1258-1999,有效硅测定采用 LY/T1266-1999,交换性钙、交换性镁测定采用 LY/T1245-1999,水解性氮测定采用 LY/T1229-1999。

样品分析由成都综合岩矿测试中心(自然资源部指定的专业土壤元素指标检测机构)承担,所有元素及指标的分析方法和质控措施遵循中国地质调查局生态地球化学评价样品分析技术要求^[21],质量合格率达到 100%。

2 土壤酸碱度、有机质及阳离子交换量特征

2.1 土壤酸碱度

土壤在一定母质来源、成土因素及人类生产活动的影响下,具有一定的酸碱反应范围。根据我国第二次土壤普查的酸碱度分级标准^[22],即 pH<4.50 为强酸、4.50~5.50 为酸性、5.50~6.50 为微酸、6.50~7.50 为中性、7.5~8.5 为弱碱性、8.5~9.5 为碱性、pH≥9.5 为强碱性,黔江区猕猴桃果园土壤 pH 分布情况见表 1。猕猴桃果园土壤 pH 在 4.85~8.07,中位数为 6.7,变异系数为 12.30%。猕猴桃果园土壤样本以中性和酸性土壤为主,占总样本的 86%,弱碱性土壤占 14%,不存在强酸、强碱性土壤。这说明黔江地区猕猴桃果园土壤整体呈中性和酸性。

2.2 土壤有机质

土壤有机质是土壤重要的组成部分,含量一般在5%以下,在组成土壤的物质组分中所占比例很小,但它与土壤的肥力水平、发生演变等都有密切的关系。由100件样品有机质含量统计结果(表2)可见,黔江区猕猴桃果园土壤有机质含量变化于1.4%~5.6%,平均为2.9%,变异系数为29%。按照全国第二次土壤普查分级标准^[22],即 $w_{\text{有机质}} > 4.0\%$ 为很富足、3.0%~4.0%为富足、2.0%~3.0%为适度、1.0%~2.0%为略缺乏、0.6%~1.0%为缺乏、 $w_{\text{有机质}} < 0.6\%$ 为严重缺乏,则研究区土壤有机质可分为4级,土壤有机质含量以3级(2.0%~3.0%)适度为主,占43.33%;有机质很富足(1级)和富足(2级)的样本数分别占总样本数的10%和33.33%;略缺乏(4级)的比例为13.34%,不存在缺乏和严重缺乏土壤。

2.3 土壤阳离子交换量

土壤有机质颗粒和矿质颗粒都带负电荷,对土

壤中的阳离子有吸附性,土壤黏粒所能吸附的盐基阳离子总量称为阳离子交换量(CEC),其数值以每千克土壤中含有各种阳离子的物质的量来表示,即 cmol/kg ,它是土壤重要的性质之一,也是衡量土壤保肥供肥的指标和合理施肥的重要依据。根据测定的60件样品阳离子交换量数据统计(表3),结果表明土壤阳离子在5.32~21.89 cmol/kg 之间变化,平均为13.02 cmol/kg ,变异系数达到24%。按照1992年中国土壤普查技术标准^[22],即阳离子交换量 $> 25\text{cmol/kg}$ 为丰富、20~25 cmol/kg 为中偏富、15~20 cmol/kg 为中等、10~15 cmol/kg 为中偏贫、阳离子交换量 $< 10\text{cmol/kg}$ 为缺乏,则研究区土壤阳离子交换量可分为5级,其中以阳离子交换量达4级(10~15 cmol/kg)的土壤样本为主,占总样本数的60%,5级($< 10\text{cmol/kg}$)土壤样本占15%,2级和3级水平的样本仅占总样本数的3.33%和21.67%,累计占24%,土壤阳离子量整体偏低。

表1 黔江地区猕猴桃果园土壤 pH 分布情况
Table 1 Distribution of pH in kiwifruit orchard soil in Qianjiang district

| 指标 | 中位数 | 最大值 | 最小值 | 标准差 | 变异系数/% | 各级别果园土壤占比/% | | | |
|----|------|------|------|------|--------|-------------|-------|-------|-------|
| | | | | | | 弱碱性 | 中性 | 弱酸性 | 酸性 |
| pH | 6.70 | 8.07 | 4.85 | 0.81 | 12.30 | 14.00 | 43.00 | 31.00 | 12.00 |

注:样品数为100件;指标测定值有效位数根据上述分析方法及检测报告给出的检出限为准,下同。

表2 黔江地区猕猴桃果园土壤有机质含量及分级统计
Table 2 Organic matter content and classification statistic of kiwifruit orchard soil in Qianjiang district

| 指标 | 平均值/% | 最大值/% | 最小值/% | 标准差/% | 变异系数/% | 各级别果园土壤占比/% | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|--------|-------------|--------|--------|---------|
| | | | | | | 1级(很富足) | 2级(富足) | 3级(适度) | 4级(略缺乏) |
| 有机质 | 2.9 | 5.6 | 1.4 | 0.8 | 29 | 10.0 | 33.3 | 43.3 | 13.3 |

注:样品数为100件

表3 黔江地区猕猴桃果园土壤阳离子交换量含量及分级统计
Table 3 Content and grading Statistic of soil cationic exchange capacity in kiwifruit orchard in Qianjiang district

| 指标 | 平均值/ ($\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$) | 最大值/ ($\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$) | 最小值/ ($\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$) | 标准差/ ($\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$) | 变异系数/% | 各级别果园土壤占比/% | | | |
|--------|--|--|--|--|--------|-------------|--------|---------|--------|
| | | | | | | 2级(中偏富) | 3级(中等) | 4级(中偏贫) | 5级(贫缺) |
| 阳离子交换量 | 13.02 | 21.89 | 5.32 | 3.15 | 24 | 3.33 | 21.67 | 60 | 15 |

注:样品数为60件

3 土壤元素全量及有效量特征

3.1 果园土壤元素全量分析

研究区猕猴桃果园土壤元素含量分析结果见表4。各元素含量依次为:Fe>Mg>K>Ca>P>Mn>Mo>Ge>Se。从元素全量的变异系数来看,大多数元素的含量变化幅度较大,分布不均匀,变化表现最为突

出的是Ca,其次有Mg、Mo、Se、P、Mn和K,其余元素变异系数较小。果园土与全国和重庆土壤背景值相比(表4),含量高于全国和重庆土壤背景值的有P、Mg、Mn和Se;低于全国土壤背景值而高于重庆土壤背景值的有Ca、Mo;高于全国土壤背景值而低于重庆土壤背景值的有K、Fe和Ge。

3.2 果园土壤元素有效量分析

土壤元素有效量是指特定实验操作条件下(针

对一定粒级的样品组分,采用规定的浸提剂、液土比、实验温度、振荡时间等)浸取得到的土壤中呈相对活动状态存在,被认定能被植物直接吸收利用,或易溶于水体迁移的那部分元素组分。调查区果园土壤元素有效量统计结果见表 5。元素有效量依次为有效铁 635.66×10^{-6} ,速效钾 616.77×10^{-6} ,有效硅 317.0×10^{-6} ,有效磷 228.21×10^{-6} ,水解性氮 $150.30\times$

10^{-6} ,有效硫 49.9×10^{-6} ,有效硼 0.75×10^{-6} ,有效钼 0.260×10^{-6} 。由于交换性钙和交换性镁的含量单位和其余的有效态含量单位不一致,因此未进行排序。从元素有效量的变异系数来看,大多数元素的含量变化幅度非常大,分布极不均匀,有效铁和有效锰的变异系数分别达到了 124.83%和 122.01%。

表 4 黔江地区猕猴桃果园土壤元素含量及变异系数

Table 4 Soil element content and coefficient of variation in kiwifruit orchard in Qianjiang district

| 元素 | 平均值/ 10^{-6} | 标准差/ 10^{-6} | 变异系数/% | 全国土壤背景 ^[23] | 重庆市土壤背景 ^[23] | 与全国的比值 | 与重庆市的比值 |
|----|----------------|----------------|--------|------------------------|-------------------------|--------|---------|
| P | 1623 | 788 | 48.53 | | 554 | | 2.93 |
| K | 19547.48 | 7882.53 | 40.33 | 15434.04 | 20910.64 | 1.27 | 0.94 |
| Ca | 10343.35 | 14174.44 | 137.04 | 11000.00 | 5657.14 | 0.94 | 1.83 |
| Mg | 19824.23 | 14521.59 | 73.25 | 4680.00 | 10416.00 | 4.24 | 1.90 |
| Fe | 34278.49 | 7057.96 | 20.59 | 20580.00 | 35217.00 | 1.67 | 0.97 |
| Mn | 769.48 | 347.45 | 45.15 | 583.00 | 560.80 | 1.32 | 1.37 |
| Mo | 1.70 | 0.99 | 58.07 | 2.00 | 0.45 | 0.85 | 3.78 |
| Ge | 1.5 | 0.2 | 15.65 | 1.7 | 1.4 | 0.88 | 1.05 |
| Se | 0.53 | 0.26 | 49.55 | 0.29 | 0.18 | 1.82 | 3.00 |

注:表中全国和重庆土壤背景值为国家开展的多目标区域调查表层土壤样含量,全国样本数为 311 545 件,重庆样本数为 13 976 件;研究区样本数 P、K、Ca、Mg、Fe 和 Mn 为 20 件,Mo 为 62 件,Ge 和 Se 为 120 件;K、Ca、Mg、Fe 含量值是根据检测出的氧化物换算而来。

表 5 黔江地区猕猴桃果园土壤有效态含量

Table 5 Available content of soil elements in kiwifruit orchard in Qianjiang district

| 有效态 | 平均值 | 最大值 | 最小值 | 标准差 | 变异系数/% |
|------|--------|---------|-------|--------|--------|
| 交换性钙 | 9.81 | 27.91 | 2.26 | 5.35 | 54.54 |
| 交换性镁 | 1.45 | 3.38 | 0.68 | 0.53 | 36.55 |
| 水解性氮 | 150.30 | 309.00 | 83.90 | 46.01 | 30.61 |
| 速效钾 | 616.77 | 1740.00 | 62.80 | 400.48 | 64.93 |
| 有效硅 | 317.0 | 776.0 | 133.0 | 140.69 | 44.38 |
| 有效磷 | 228.21 | 784.00 | 5.57 | 188.93 | 82.79 |
| 有效硫 | 49.9 | 215.0 | 13.1 | 44.03 | 88.3 |
| 有效锰 | 16.58 | 86.90 | 0.66 | 20.23 | 122.01 |
| 有效钼 | 0.260 | 1.150 | 0.078 | 0.19 | 73.08 |
| 有效硼 | 0.75 | 1.47 | 0.28 | 0.32 | 42.67 |
| 有效铁 | 635.66 | 2887.00 | 11.10 | 793.51 | 124.83 |

注:交换性钙与交换性镁单位分别为 $\text{cmol}(1/2\text{Ca}^{2+})/\text{kg}$ 和 $\text{cmol}(1/2\text{Mg}^{2+})/\text{kg}$,其余有效态含量单位均为 10^{-6} 。样品数为 40 件

4 土壤营养元素丰缺评价

4.1 土壤大量营养元素 N、P、K 丰缺状况

氮是植物的生命元素,对植物生命活动及作物品质、产量都有极其重要的作用;磷是植物必需矿质元素之一,是组成生命 DNA 的要素,但其含量过高会产生毒性;钾是植物生长发育中起重要作用的元素,能促进糖分的转移和淀粉的形成。研究区果园土壤 N、P、K 分级标准及统计见表 6。由于并未测定研究区的全氮含量,所以我们以水解性氮测定值来分析研究区氮的丰缺程度。由表 6 可见,氮素总

体含量较好,仅有 2.5%的样本处于略缺乏的四级,而氮很富足的样本(19 件)占到了总样本数的 47.5%。磷含量总体也较好,65%的样本(13 件)全磷处于三级及以上级别,90%的样本(36 件)速效磷达到了很富足的一级水平。全钾在一级到五级都有分布,四级和五级(略)缺乏的样本共占 45%,速效钾有 97.5%的样本达到了三级及以上的级别。因此,研究区氮、磷、钾含量总体都较好,局部有缺乏。

4.2 土壤中量营养元素 Ca、Mg 全量丰缺状况

如表 7 所示,研究区猕猴桃果园土壤 Ca 含量呈两级分化,有 90%的样本位于四级(较缺乏),另外 10%的样本达到一级(丰富);超过 75%的样品中

Mg 含量在三级以上,仅有 25%位于较缺乏级别。

4.3 土壤微量营养元素 Fe、Mn 和 Mo 全量丰缺状况

如表 8 所示,研究区猕猴桃果园土壤 Mo 含量较高,所有样本均达到了三级及以上标准;Mn 含量差异较大,在五个等级中均有分布,一级指标中检测到的样本最多(8 件),占到了总样本数的 40%;Fe

在二、三、四级中分布较均匀,均在 30%左右。

4.4 土壤元素 Se 全量丰缺研究

硒是一种稀有元素,在自然界中分布极不均匀,硒的不足或过量均会引起生物地方病,如土壤和植物中硒含量过低,会引起人和动物发生白肌病、大骨节病、克山病等多种缺硒病,而土壤和植物中过量的

表 6 黔江地区猕猴桃果园土壤氮、磷、钾含量分级标准及统计

| Table 6 Classification and statistics of soil N, P and K contents in kiwifruit orchard in Qianjiang district | | | | | | | |
|--|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|------------|
| 指标 | 全国级别 定义 | 一级 很富足 | 二级 富足 | 三级 适度 | 四级 略缺乏 | 五级 缺乏 | 六级 严重缺乏 |
| 水解性氮(<i>n</i> =40) | 含量/10 ⁻⁶ | ≥150 | 120~150 | 90~120 | 60~90 | 30~60 | <30 |
| | 样本数 | 19 | 10 | 10 | 1 | 0 | 0 |
| | 比例 | 47.5% | 25% | 25% | 2.5% | 0 | 0 |
| 全磷(<i>n</i> =20) | 含量/10 ⁻⁶ | ≥2000 | 1600~2000 | 1200~1600 | 800~1200 | 400~800 | <400 |
| | 样本数 | 7 | 2 | 4 | 5 | 2 | 0 |
| | 比例 | 35% | 10% | 20% | 25% | 10% | 0 |
| 速效磷(<i>n</i> =40) | 含量/10 ⁻⁶ | ≥40 | 20~40 | 10~20 | 4~10 | 3~4 | <3 |
| | 样本数 | 36 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | 比例 | 90% | 5% | 5% | 0 | 0 | 0 |
| 全钾(<i>n</i> =20) | 含量/% | ≥3.0 | 2.4~3.0 | 1.8~2.4 | 1.2~1.8 | 0.5—1.2 | <0.5 |
| | 样本数 | 4 | 2 | 5 | 6 | 3 | 0 |
| | 比例 | 20% | 10% | 25% | 30% | 15% | 0 |
| 速效钾(<i>n</i> =40) | 含量/10 ⁻⁶ | ≥200 | 150~200 | 100~150 | 50~100 | 30~50 | <30 |
| | 样本数 | 32 | 5 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| | 比例 | 80% | 12.5% | 5% | 2.5% | 0 | 0 |

注:*n*为样本数

表 7 黔江地区猕猴桃果园土壤中植物营养元素 Ca 和 Mg 分级统计

| Table 7 Classification and statistics of Ca and Mg nutrient elements in kiwifruit orchard in Qianjiang district | | | | | |
|---|----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 指标 分级含义 | 一级 丰富 | 二级 较丰富 | 三级 一般 | 四级 较缺乏 | 五级 缺乏 |
| CaO 含量/% | ≥6.71 | 4.53~6.71 | 2.36~4.53 | 0.17~2.35 | <0.17 |
| Ca 含量/% | ≥4.79 | 3.24~4.79 | 1.67~3.24 | 0.12~1.67 | <0.12 |
| 样本数 | 2 | | | 18 | |
| 比例 | 10% | | | 90% | |
| MgO 含量/% | ≥2.50 | 1.99~2.50 | 1.48~1.99 | 0.97~1.48 | <0.97 |
| Mg 含量/% | ≥1.50 | 1.19~1.50 | 0.89~1.19 | 0.58~0.89 | <0.58 |
| 样本数 | 9 | 4 | 2 | 5 | |
| 比例 | 45% | 20% | 10% | 25% | |

注:Ca 和 Mg 样本数都为 20 件

表 8 黔江地区猕猴桃果园土壤微量元素 Fe、Mn 和 Mo 营养元素分级及统计

| Table 8 Classification and statistics of trace elements Fe, Mn and Mo in kiwifruit orchard in Qianjiang district | | | | | |
|--|----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 指标 分级含义 | 一级 丰富 | 二级 较丰富 | 三级 一般 | 四级 较缺乏 | 五级 缺乏 |
| TFe ₂ O ₃ 含量/% | ≥6.34 | 5.30~6.34 | 4.26~5.30 | 3.22~4.26 | <3.22 |
| Fe 含量/% | ≥4.44 | 3.71~4.44 | 2.98~3.71 | 2.25~2.98 | <2.25 |
| 样本数 | 1 | 6 | 6 | 7 | |
| 比例 | 5% | 30% | 30% | 35% | |
| Mn 含量/10 ⁻⁶ | ≥748 | 629~748 | 510~629 | 391~510 | <391 |
| 样本数 | 8 | 4 | 3 | 3 | 2 |
| 比例 | 40% | 20% | 15% | 15% | 10% |
| Mo 含量/10 ⁻⁶ | ≥0.97 | 0.74~0.97 | 0.52~0.74 | 0.29~0.52 | <0.29 |
| 样本数 | 49 | 7 | 6 | | |
| 比例 | 79.03% | 11.29% | 9.68% | | |

注:Fe、Mn 和 Mo 样本数分别为 20、20 和 62

硒又会导致人和动物中毒,患“碱毒病”和“盲珊症”等慢性中毒症^[24-25]。世界土壤硒平均值为 0.4×10^{-6} ^[26],世界上共有 40 多个国家和地区缺硒,我国除少数几个地区属于高硒区外,72%的地区属于缺硒和

低硒区,有 2/3 的人口存在不同程度的硒摄入不足^[27]。参照生态景观硒的划分方案^[28],研究区果园土壤硒含量处在较丰富级别的样本数占到了总样本的 63.33%,说明研究区硒含量较为丰富(表 9)。

表 9 黔江地区猕猴桃果园土壤 Se 生态景观丰缺分级统计
Table 9 Classification and statistics of Se nutrient elements in kiwifruit orchard in Qianjiang district

| 指标 | 一级 | 二级 | 三级 | 四级 | 五级 | 六级 |
|----------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| 分级含义 | 丰富 | 较丰富 | 一般 | 较缺乏 | 缺乏 | 极缺乏 |
| 硒含量/ 10^{-6} | ≥ 3.000 | 0.400~3.000 | 0.250~0.400 | 0.175~0.250 | 0.125~0.175 | <0.125 |
| 样本数 | | 76 | 30 | 9 | 5 | |
| 比例 | | 63.33% | 25% | 7.5% | 4.17% | |

注:Se 样本数为 120

5 讨论与结论

各种植物的生长都有适宜的酸碱度范围,超出这个范围,植物的生长就会受到影响,猕猴桃适宜生长的 pH 范围为 $5.5 \sim 7.0$ ^[29],而研究区土壤仅有 53%的样本处于这个范围,有 47%的样本 pH 超出猕猴桃适宜生长的要求,需进行酸碱性改良。果园土壤有机质的含量和性质是衡量土壤肥力的一个重要指标,也是果树高产、优质的基本条件与保障^[30]。黔江果园土壤有机质含量平均值为 2.9%,达到我国丰产优质果园有机质含量标准 ($>1.5\%$),但略低于日本一般果园土壤有机质含量标准 ($3.0 \sim 5.0\%$)^[31]。研究区果园土壤阳离子在 $5.32 \sim 21.89$ cmol/kg 之间,平均为 13.02 cmol/kg,4 级(中偏贫)和 5 级(贫缺)水平的样本累计占 75%,土壤阳离子交换量整体偏低,可通过增施有机肥、生物质炭和客土改良等措施进行改善。

据报道,碱解氮(或水解性氮)达到 $120 \times 10^{-6} \sim 240 \times 10^{-6}$ 以上为猕猴桃生长的适宜状态^[32],黔江区猕猴桃果园土壤碱解氮含量平均值为 150.30×10^{-6} ,处于适宜碱解氮含量范围内的土壤样本占 67%。猕猴桃对有效磷的适应范围 $40 \times 10^{-6} \sim 120 \times 10^{-6}$ ^[31],黔江区猕猴桃果园土壤有效磷含量平均值为 228.21×10^{-6} ,处于适宜有效磷含量范围内的土壤样本仅占 22%,67%的土壤样品有效磷含量超过了 120×10^{-6} ,因此有必要控制该区果园的磷肥施用水平。猕猴桃对速效钾的适应范围为 $120 \times 10^{-6} \sim 240 \times 10^{-6}$ ^[32],黔江区猕猴桃果园土壤速效钾含量平均值为 616.77×10^{-6} ,处于适宜速效钾含量范围内的土壤样本仅占 20%,77%的土壤样品速效钾含量超过了 240×10^{-6} ,因此有必要控制该区果园的钾肥施用水平。

对研究区果园土壤中量和微量元素分析可以看出,Ca 较缺乏,有 90%的样本位于四级(较缺乏);超过 75%的样本中 Mg 含量位于三级指标以上,仅有 25%位于较缺乏级别;Mo 含量较高,所检测样本均达到了 3 级及以上标准;Mn 含量差异较大,五级指标中均有分布,一级(丰富)指标中检测到的样本最多(8),占到了总样本数的 40%;Fe 在二、三、四级指标中分布较均匀,均在 30%左右;土壤 Se 含量处在较丰富级别的样本数占到了总样本的 63.33%,说明研究区 Se 含量较为丰富。

综合以上分析,建议在今后的施肥过程中,可增施有机肥,以提高有机质含量和土壤阳离子交换量;维持或适量增加氮肥的施用量,控制磷肥和钾肥的施用量;对于土壤中量和微量元素的缺乏,是否需要施肥,还需进一步研究,因为中量、微量元素从缺乏到毒害的范围很窄;研究区果园土富硒,可进一步开发富硒猕猴桃。

参考文献(References):

[1] 易田.黔江猕猴桃的气候适应性分析及主要病虫害调查[J].农业与技术,2018,38(7):20-21.
Yi T. Analysis of climate adaptability and investigation of main pests and diseases of Kiwifruit[J]. Agriculture and Technology, 2018, 38(7): 20-21.

[2] 赵小敏,廖彰恢,刘立才,等.土壤质地背景不同对南丰蜜桔果实品质的影响[J].中国南方果树,1996(3):3-5.
Zhao X M, Liao C H, Liu L C, et al. Effect of soil and geological background on the fruit quality of Nanfeng-Miju (Citrus reticulata Blanco)[J]. South China Fruits, 1996(3): 3-5.

[3] 孙鲁平,王数,张凤荣,等.燕山板栗品质与土壤特性的相关研究[J].土壤通报,1998,29(6):267-269.
Sun L P, Wang S, Zhang F R, et al. Study on quality and soil characteristics of chestnut in Yanshan[J]. Chinese Journal of Soil Science, 1998, 29(6): 267-269.

[4] 田有国,刘子勇,杨太新.几种不同土壤类型对冰糖橙产量和品质的影响研究[J].土壤肥料,1999(3):30-32.

Tian Y G, Liu Z Y, Yang T X. Effects of different soil types on yield and quality of ice-sugar orange[J]. Soil and Fertilizer Sciences in China, 1999(3): 30–32.

[5] 窦云萍,牛锐敏,王春良,等.苹果园土壤养分状况对“红富士”苹果果实品质的影响[J].北方园艺,2012,22:162–164.

Dou Y P, Niu R M, Wang C L, et al. Effects of soil nutrient contents on fruit qualities of “RedFuji” apple[J].Northern Horticulture, 2012, 22: 162–164.

[6] 张强,魏钦平,刘旭东,等.北京昌平苹果园土壤养分、pH与果实矿质营养的多元分析[J].果树学报,2011,28(3):377–383.

Zhang Q, Wei Q P, Liu X D, et al. Multivariate analysis of relationship between soil nutrients, pH and fruit mineral nutrition in Fuji apple orchards of Changping, Beijing[J]. Journal of Fruit Science, 2011, 28(3): 377–383.

[7] 曹裕,居玛汗·卡斯木,范鹏,等.陕西洛川旱塬苹果园地深层土壤水分和养分特征[J].应用生态学报,2013,24(2):388–396.

Cao Y, Jumahan K, Fan P, et al. Moisture and nutrient characteristics of deep layer soil in apple orchards on the Luochuan highland of Shaanxi, Northwest China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2013, 24(2): 388–396.

[8] Fallahi E, Fallahi B, Neilsen G H, et al. Effects of Mineral nutrition on fruit quality and nutritional disorders in apples[J].Acta Horticulturae,2010,868: 49–60.

[9] 兰子汉,姚智,陈瑞州,等.陵水芒果园土壤养分、pH与果实矿质营养的状况分析[J].热带作物学报,2018,39(3):426–432.

Lan Z H, Yao Z, Chen R Z, et al. Analysis of soil nutrient, pH and fruit mineral nutrition in mango orchard in Lingshui[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2018, 39(3): 426–432.

[10] 陈秀德,吴明波,姚伦俊.猕猴桃园绿肥还田对土壤肥力及猕猴桃产质量的影响[J].贵州农业科学,2018,46(8):73–76.

Chen X D, Wu M B, Yao L J. Effects of returning green manure to the field on soil fertility and kiwifruit yield and quality [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2018, 46(8): 73–76.

[11] 王依,陈成,雷玉山,等.果园生草对土壤环境及果实品质相关因素研究进展[J].北方园艺,2017(19):174–179.

Wang Y, Chen C, Lei Y S, et al. Research progress of interplanting grass in orchard on relevant factors of soil environment and fruit quality[J]. Northern Horticulture, 2017(19): 174–179.

[12] 刘晗.贵州黄壤重金属赋存形态与猕猴桃品质的关系[D].贵阳:贵州大学,2017.

Liu H. The relationship between the heavy metal fraction of yellow soil and quality of kiwifruit in Guizhou[D]. Guiyang: Guizhou University, 2017.

[13] 杨妙贤,周玲艳,刘胜洪,等.猕猴桃果园土壤养分对果实品质的影响[J].林业科技开发,2014,28(3):56–59.

Yang M X, Zhou L Y, Liu S H, et al. Influences of orchard soil nutrients on kiwifruit fruit qualities in Heping county of Guangdong province[J]. China Forestry Science and Technology, 2014, 28(3): 56–59.

[14] 郁俊谊,刘占德,屈学农,等.高产稳产型红阳猕猴桃树体结构及土壤养分状况分析[J].北方园艺,2011,22:20–22.

Yu J Y, Liu Z D, Qu X L, et al. Analysis of the tree structure and soil nutrients state to high yield kiwifruit orchard [J]. Northern Horticulture, 2011, 22: 20–22.

[15] 张承,周开拓,龙友华,贵州省修文县猕猴桃果园土壤养分分析[J].湖北农业科学,2013,52(17):4083–4089.

Zhang C, Zhou K T, Long Y H. Analysis on soil nutrient availability of kiwifruit orchards in Xiuwen county of Guizhou province[J]. Hubei Agricultural Sciences,2013,52(17): 4083–4089.

[16] 黄伟,万明长,乔荣,等.贵州主要红阳猕猴桃园土壤养分状况分析[J].北方园艺,2013,7:191–193.

Huang W, Wan M C, Qiao R, et al. Soil nutrient states of the main “Hongyang” kiwifruit orchards in Guizhou province [J]. Northern Horticulture, 2013, 7: 191–193.

[17] 雷宝佳,杨联安,张林森,等.猕猴桃园土壤养分空间变异性分析——以陕西周至县为例[J].西北大学学报:自然科学版,2015,45(2):323–326.

Lei B J, Yang L A, Zhang L S, et al. Analysis on spatial variability of soil nutrition of kiwifruit orchards: taking Zhouzhi county of Shaanxi province as a case [J]. Journal of Northwest University: Natural Science Edition, 2015, 45(2): 323–326.

[18] 康婷婷.秦岭北麓猕猴桃园营养状况及肥料效应研究[D].西安:西北农林科技大学,2014.

Kang T T. Nutrients in orchard and response of kiwifruit to fertilizer on the northern slope of Qinling[D]. Xi'an: Northwest A&F University, 2014.

[19] 郁俊谊,刘占德,赵菊琴.陕西猕猴桃主产区眉县果园土壤养分分析[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2011,39(4):117–126.

Yu J Y, Liu Z D, Zhao J Q. Investigation of orchard nutrients in the major kiwi production region of Meixian of Shaanxi province [J].Journal of Northwest A&F University:Nat. Sci. Ed., 2011, 39(4): 117–126.

[20] 吴迪,彭熙,李安定,等.水城县主要猕猴桃果园土壤养分分析及酸碱度改良方法探讨[J].贵州科学,2014,32(4):94–96.

Wu D, Peng X, Li A D, et al. Analysis on soil nutrients and discussion on improved methods of soil pH in kiwifruit orchards of Shuicheng county[J]. Guizhou Science,2014,32(4): 94–96.

[21] 中国地质调查局.DD2005—03 地质调查技术标准 区域生态地球化学评价技术要求[S].2005.

China geological survey. DD2005—03 Technical standard for geological survey, technical requirements for regional biogeochemical evaluation [S]. 2005.

[22] 四川省农牧厅.四川省第二次土壤普查数据资料汇编[R].成都:四川省土壤普查办公室,1992.

Sichuan Provincial Department of Agriculture and Rural Affairs. Data compilation of the second soil survey in Sichuan province [R].Chengdu: Sichuan soil census office,1992.

[23] 中国地质调查局基础调查部.全国多目标区域地球化学调查进展与成果[R].2010.

China Geological Survey. Progress and Results of Multi-target Regional Geochemical Survey in China[R].2010.

[24] 李家熙,张光第,葛晓云,等.人体硒缺乏与过剩的地球化学环境特征及其预测[M].北京:地质出版社,2000.

Li J X, Zhang G D, Ge X Y, et al. Prediction and geochemical

environmental character of human selenium imbalances[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000.

[25] 朋玲龙,王先良,陈霞,等.我国硒的环境分布及其健康影响[J].安徽预防医学杂志,2015,21(1):33-36.

Peng L L, Wang X L, Chen X, et al. Environmental distribution of selenium and its effect on human health[J]. Anhui Journal of Preventive Medicine, 2015, 21(1): 33-36.

[26] Fiona M. Fordyce, selenium deficiency and toxicity in the environment[G]// Selinus O, et al. Essentials of Medical Geology: Revised Edition, 2013.

[27] 布和敖斯尔,张东威,刘力.土壤硒区域环境差异及安全阈值研究[J].土壤学报, 1995,32(5):185-192.

Buber A, Zhang D W, Liu L. Regional environmental differentiation and regional safety threshold of soil selenium[J]. Acta Pedologica sinica, 1995, 32(5): 185-192.

[28] 谭见安.中华人民共和国地方病与环境图集[M].北京:科学出版社,1989.

Tan J A. Endemic diseases and their environments in the People's of China[M]. Beijing: Science Press, 1989.

[29] 陈杰忠.果树栽培学各论[M].北京:中国农业出版社,2003:445-446.

Chen J Z. Theory of fruit cultivation[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003:445-446.

[30] 夏燕飞,张文会,沈向,等.有机质对苹果园土壤改良及对果实产量品质的影响[J].北方园艺,2012(21):177-180.

Xia Y F, Zhang W H, Sheng X, et al. Effects of soil organic matter on soil characteristic and fruit production and quality in apple orchard[J]. Northern Horticulture, 2012(21): 177-180.

[31] 王红叶,鲁兴凯,赵伟丽,等.西南冷凉高地苹果园土壤养分状况分析[J].西南林业大学学报,2018,38(3):209-213.

Wang H Y, Lu X K, Zhao W L, et al. Analysis on soil nutrients of apple orchards at cold highland in southwest China[J]. Journal of Southwest Forestry University, 2018, 38(3): 209-213.

[32] 黄宏文.猕猴桃高效栽培[M].北京:金盾出版社,2001.

Huang H W. High efficiency cultivation of kiwifruit[M]. Beijing: Jindun Publishing House, 2001.

An analysis of soil nutrient status of kiwifruit orchard in Qianjiang, Chongqing

YAN Ming-Shu^{1,2}, WU Chun-Mei¹, MENG Li³, DING Xiang-Lun⁴, DONG Pan⁴, DENG Hai¹,
LEI Jia-Li¹, GONG Yuan-Yuan¹, BAO Li-Ran¹

(1. Southeast Sichuan Geological Party, Chongqing Bureau of Geology and Minerals Exploration, Chongqing 400038, China; 2. Chongqing Key Laboratory of Land Quality Geological Survey, Chongqing 400038, China; 3. Chongqing Key Laboratory of Exogenic Mineralization and Mine Environment, Chongqing Institute of Geology and Mineral Resources, Chongqing 400042, China; 4. School of Life Sciences, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: In order to fully understand the nutrient status of kiwifruit orchard soil in Qianjiang District of Chongqing City, the authors systematically analyzed soil pH, organic matter, cation exchange capacity, and total and effective content of plant nutrient and life elements in soil. The results show that the soil in Qianjiang kiwifruit orchards is moderate to acidic, rich in organic matter, with an average of 2.89%, but the cation exchange capacity of soil is relatively low, with 75% of the total samples in grade 4 (middle-poor) and 5 (poor) levels. The values of nitrogen, phosphorus and potassium in the orchard soil are generally good, but some of the samples have exceeded the suitable growth range of kiwifruit. The content of medium element Ca is deficient, while the content of medium element Mg is abundant in many areas. The content of trace elements Fe, Mn and Mo varies greatly in different sampling points. The soil in the study area is rich in Se on the whole. Based on the above analysis, it is suggested that, in the future fertilization process, more organic fertilizer should be applied to improve the content of organic matter and soil cation exchange capacity, the application of nitrogen fertilizer should be maintained or appropriately increased and the application of phosphorus and potassium fertilizer should be controlled. In addition, whether fertilization is necessary for tackling the deficiency of trace elements in soil needs further study.

Key words: Qianjiang district; kiwifruit orchard; soil nutrient status; pH; organic matter; cation exchange capacity; trace element

(本文编辑:蒋实)