

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2019.04.007

梁平柚主要产区土壤养分状况及肥力评价^①

黄小辉^{1,2}, 王玉书¹, 魏立本¹,
陈道静¹, 冯大兰¹, 张宏¹

1. 重庆市林业科学研究院, 重庆 400036; 2. 北京林业大学 林学院, 北京 100083

摘要: 采集梁平柚主要产区土壤样品, 分析土壤养分质量分数及综合肥力情况, 为指导梁平柚果园合理施肥提供科学依据。结果表明: 1) 大部分产区土壤 pH 值呈微酸性或中性, 基本在梁平柚生长的适宜范围内, 仅大观和金带两地土壤 pH 值小于 5, 已严重偏酸; 2) 结合全国第二次土壤普查养分质量分数分级标准, 梁平柚主要产区土壤有机质质量分数总体上处于中等及以下水平; 3) 土壤全氮、碱解氮、速效钾质量分数总体处于中下及更低水平, 全磷、有效磷质量分数总体达到中上及更高水平; 4) 土壤有效态钙、镁、铁、铜、钼均处于中等及较高水平, 锰、锌、硼质量分数处于中等及以下水平; 5) 采用改进后的内梅罗综合指数法分析得出, 梁平柚主要产区土壤综合肥力均为Ⅲ级, 属一般肥力水平, 且有机质、氮和钾是限制其土壤肥力的主要因子。因此, 建议梁平柚果园施肥偏重氮肥与钾肥, 同时与有机肥、锰、锌、硼等微肥进行配施, 并结合各产区实际情况, 进行土壤酸碱调节, 以达到培肥土壤和促进柚树生长结果的双重良好作用。

关键词: 梁平柚; 土壤养分; 土壤肥力; 内梅罗综合指数法; 评价

中图分类号: S158

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2019)04-0049-08

梁平柚(*Citrus maxima* (Burm.) Merr. cv. Liangping Yu) 产于重庆市梁平区, 与广西沙田柚和福建文旦柚并称为中国三大名柚, 其果实硕大, 芳香浓郁, 汁多味甜, 营养丰富, 被称为“天然水果罐头”^[1]。然而, 梁平柚属地方性水果, 其科学管理和经营技术薄弱, 相关研究缺乏, 并且柚子果实生长期长, 需肥量大, 多数柚农为提高产量盲目施用化肥, 导致柚果品质和口感下降, 严重影响梁平柚产业的健康发展。因此, 科学合理施肥, 提高柚子产量和品质是梁平柚产业发展亟待解决的重要问题。

土壤养分的缺失和不平衡, 易导致树势减弱, 影响产量和品质。而盲目和过量施肥不仅造成肥料大量流失, 增加经营成本, 还对生态环境造成不利影响。只有掌握果园土壤养分状况和肥力大小, 才能科学有效地指导果园施肥, 维持土地生产力, 促进果园可持续经营^[2-3]。国内外有关果园土壤养分调查和评价已有较多研究, 但由于气候、土壤条件和栽培管理的不同, 各地果园土壤养分状况差异较大。如巴西西北部柑桔园土壤主要缺乏 Ca, Mg, Zn^[4]; 印度柑橘园土壤的主要养分限制因子为 N, K^[5]; 我国广东的荔枝园土壤有机质、碱解氮和有效钙质量分数均较低^[6]; 山东苹果园土壤有机质质量分数缺乏, 氮、磷、钾质量分数在各个土层间差异显著^[7]。而有关梁平柚产区的土壤养分和肥力调查还未见报道。因此, 本研究通过采集梁平柚主要产区土壤, 分析土壤养分质量分数及综合肥力情况, 旨在为指导梁平柚果园合理施肥、提高果

① 收稿日期: 2018-09-08

基金项目: 重庆市科委社会事业与民生保障科技创新专项(现代农业)(cstc2017shms-xdny80020)。

作者简介: 黄小辉(1989-), 男, 博士, 主要从事土壤营养与植物生理生态的研究。

通信作者: 张宏, 正高级工程师。

实产量和品质提供科学的依据.

1 材料与方法

1.1 研究区概况

梁平区位于重庆市东北部, 界于东经 $107^{\circ}24' \sim 108^{\circ}05'$, 北纬 $30^{\circ}25' \sim 30^{\circ}53'$ 之间. 全区东西横跨 65.35 km, 南北纵贯 52.1 km, 东邻万州区, 西连四川省大竹县, 南靠忠县、垫江县, 北接达州开江县, 幅员面积 1 892 km². 属暖湿亚热带季风气候区, 年平均气温 16.6 °C, 年均无霜期 282 d, 年均日照 1 336.4 h, 常年降水量 1 000~1 400 mm. 全区土壤以灰棕紫色水稻土、红棕紫色水稻土、老冲积黄泥水稻土、灰棕紫泥土和红棕紫泥土最多. 良好的地理位置、气候资源和土壤条件非常适合梁平柚的生长.

1.2 土壤样品采集

选择梁平区梁平柚产出大镇作为采样区域, 包括合兴镇、明达镇、荫平镇、大观镇、金带镇、虎城镇 6 大产区. 各地基本情况见表 1. 采样时间为 2017 年 11 月下旬. 采样部位均选择在柚树滴水线附近(避开施肥点), 去掉表土层的枯枝落叶, 采集 0~40 cm 土壤混合样, 每个调查点采集 5 个样品(共 30 个样品), 每个样品均按照“S”形多点取样法, 混匀后用四分法保留 1 kg, 带回室内进行风干、碾磨、过筛处理后保存待测.

表 1 采样地点基本情况

产区	分布面积/hm ²	土壤类型	土壤厚度/cm	海拔/m	经纬度
合兴	67	紫色土	70~80	421	N30°42'58", E107°49'39"
大观	45	紫色土	60~70	411	N30°32'53", E107°49'19"
金带	24	黄泥水稻土	50~60	443	N30°36'37", E107°42'35"
明达	54	紫色土	50~60	440	N30°42'53", E107°38'51"
荫平	52	紫色土	60~70	445	N30°33'06", E107°34'11"
虎城	36	紫色土	70~80	465	N30°48'33", E107°32'57"

1.3 土壤指标测定

土样测定指标包括 pH 值、有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷、速效钾、有效钙、镁、硼、锌、铁、锰、铜等指标. 土壤 pH 值测定采用 pH 计法; 有机质测定采用重铬酸钾外加热法; 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 熔融原子吸收分光光度计法; 碱解氮测定采用 NaOH 碱解扩散法; 有效磷测定采用碳酸氢钠浸提钼蓝比色法; 速效钾测定采用乙酸铵浸提原子吸收分光光度计法; 有效钙、镁采用 NH₄ OAc 交换法; 有效铁、铜、锰、锌采用虎城 I 浸提-原子吸收分光光度法; 有效硼采用沸水浸提-姜黄素比色法^[8].

1.4 土壤肥力评价方法

采用改进后的内梅罗综合指数法进行综合评价^[9-10], 选取了 pH 值、有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷和速效钾 8 个指标作为参比项综合反映土壤的肥力状况. 首先, 对上述参数进行标准化处理, 以消除各参数间量纲的差别. 计算公式如下:

$$\begin{cases} p_i = c_i/x_a & c_i \leq x_a (p_i \leq 1) \\ p_i = 1 + (c_i - x_a)/(x_c - x_a) & x_a < c_i \leq x_c (1 < p_i \leq 2) \\ p_i = 2 + (c_i - x_c)/(x_p - x_c) & x_c < c_i \leq x_p (2 < p_i \leq 3) \\ p_i = 3 & c_i > x_p \end{cases}$$

式中: p_i 为分肥力系数; c_i 为该属性测定值. 参照全国第二次土壤普查养分质量分数分级标准^[11](表 2, 取值范围包括后值)设置各属性分级标准值(x_a, x_c, x_p)(表 3). 此外, 土壤 pH 分级标准值的确定参考前人的研究^[12], 当土壤 pH 值在柚子最适范围 5.5~6.5 时, $p_i = 3$; pH 值在适宜范围 4.5~5.4 和 6.6~7.5 时, $p_i = 2$; pH 值为 <4.5 或 >7.5 不适范围时, $p_i = 1$. 该方法使同一参数间的可比性增强, 且同一级别

各属性的分肥力系数比较接近, 可比性高, 当测定值超过好的标准时, 分肥力系数不再提高, 反映出作物对土壤属性的要求不是越高越好的实际^[10].

采用改进后的内梅罗公式加以计算:

$$p = \sqrt{\frac{(p_{i\text{平均}})^2 + (p_{i\text{最小}})^2}{2}} \cdot \left(\frac{n-1}{n}\right)$$

式中: p 为土壤综合肥力; $p_{i\text{平均}}$, $p_{i\text{最小}}$ 为土壤各属性分肥力系数中的平均值和最小值; n 为参评的土壤指标个数. 上式用 $p_{i\text{最小}}$ 代替了原内梅罗公式中的 $p_{i\text{最大}}$, 加上修正项 $(n-1)/n$, 该式一方面突出了土壤属性中最差一个对肥力的影响, 另一方面增加了修正项之后, 其评价结果的可信度增加. 根据内梅罗公式求得的土壤肥力系数, 并将土壤进行肥力分级(表 4, 取值范围包括前值).

表 2 土壤大量元素质量分数分级标准

级别	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)	备注
1	>40	>2.0	>1.0	>25	>150	>40	>200	很高
2	30~40	1.5~2.0	0.8~1.0	20~25	120~150	20~40	150~200	高
3	20~30	1.0~1.5	0.6~0.8	15~20	90~120	10~20	100~150	中上
4	10~20	0.75~1.0	0.4~0.6	10~15	60~90	5~10	50~100	中下
5	6~10	0.5~0.75	0.2~0.4	5~10	30~60	3~5	30~50	低
6	<6	<0.5	<0.2	<5	<30	<3	<30	很低

表 3 土壤各属性的分级标准

土壤属性	x_a	x_c	x_p
有机质/(g · kg ⁻¹)	10	20	30
全氮/(g · kg ⁻¹)	0.75	1.5	2.0
全磷/(g · kg ⁻¹)	0.4	0.6	1.0
全钾/(g · kg ⁻¹)	5	20	25
碱解氮/(mg · kg ⁻¹)	60	120	150
有效磷/(mg · kg ⁻¹)	5	10	20
速效钾/(mg · kg ⁻¹)	50	100	200

表 4 土壤综合肥力等级

肥力等级	I 级(很肥沃)	II 级(肥沃)	III 级(一般)	IV 级(瘦瘠)
肥力系数范围	≥2.7	1.8~2.7	0.9~1.8	<0.9

1.5 数据分析

采用 Excel 2010 进行数据统计并制图, SPSS 19.0 软件进行方差分析.

2 结果与分析

2.1 梁平柚主要产区土壤 pH 值及有机质的质量分数

如图 1 所示, 梁平柚 6 个主要产区土壤 pH 值的变幅为 4.72~7.51, 从高到低依次为荫平, 合兴, 明达, 虎城, 大观, 金带. 根据土壤酸度分级标准^[13], pH<5.0 的土壤为极强酸性土壤, 而大观和金带两地土壤 pH 值均小于 5, 已严重偏酸. 如图 2 所示, 梁平柚各产区土壤有机质的质量分数变幅为 7.45~20.38 g/kg, 从高到低依次为合兴, 虎城, 金带, 荫平, 大观, 明达. 参照全国第二次土壤普查土壤养分质量分数分级标准(表 3), 各产区土壤有机质的质量分数总体上处于中等和低水平, 其中明达最低, 处

于低水平,因此在梁平柚的栽培管理上应加强有机肥的施用,以提高土壤有机质,改良土壤品质。

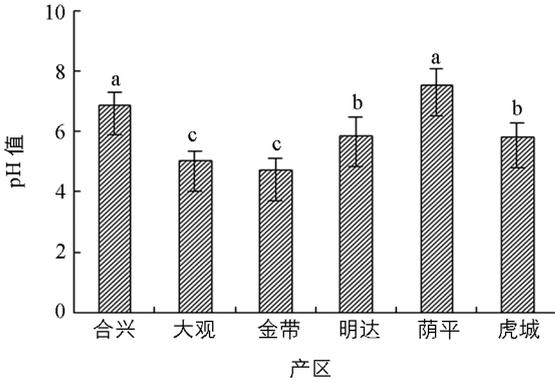


图 1 梁平柚主要产区土壤 pH 值

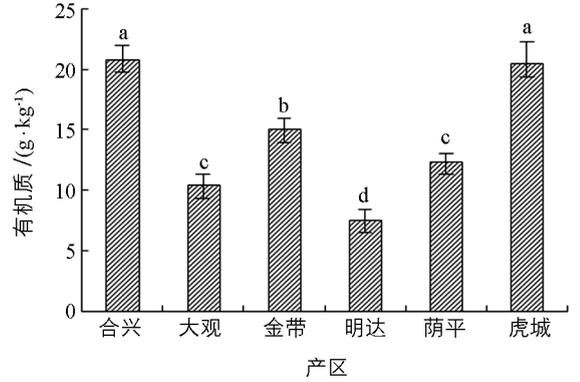


图 2 梁平柚主要产区土壤有机质的质量分数

2.2 梁平柚主要产区土壤大量元素质量分数

如表 5 所示,梁平柚各大产区土壤全氮和碱解氮质量分数变幅分别为 0.48~0.98 g/kg 和 37.42~69.92 mg/kg,其中全氮质量分数从高到低依次为合兴,金带,虎城,明达,荫平,大观,参照全国第二次土壤普查土壤养分质量分数分级标准,各产区土壤全氮质量分数总体处于中下及以下水平,尤其是大观处于很低水平;碱解氮质量分数从高到低依次为虎城,大观,合兴,金带,荫平,明达,前 3 地处于中下水平,而后 3 地处于低水平。各大产区土壤全磷和有效磷质量分数变幅分别为 0.29~1.49 g/kg 和 12.73~50.19 mg/kg,其中全磷质量分数从高到低依次为虎城,荫平,明达,合兴,大观,金带,总体上各产区土壤全磷质量分数处于中等及以上水平,仅金带处于低水平;同样各产区有效磷质量分数也相对较高,总体上均处于高水平,仅合兴处于中上水平。各大产区土壤全钾和速效钾质量分数变幅分别为 12.79~24.76 g/kg 和 49.45~106.79 mg/kg,其中全钾质量分数从高到低依次为明达,合兴,荫平,虎城,大观,金带,总体上各产区土壤全钾质量分数处于中上及以上水平,尤其是明达,合兴和荫平 3 地处于高水平;但各产区速效钾质量分数相对较低,仅大观处于中上水平,其余 5 地均处于中下及以下水平。

表 5 梁平柚主要产区土壤大量元素质量分数

产区	全氮/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	全磷/ (g·kg ⁻¹)	有效磷/ (mg·kg ⁻¹)	全钾/ (g·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)
合兴	0.98±0.05a	60.93±2.34ab	0.55±0.03c	12.73±0.92f	23.85±2.14a	71.75±4.42c
大观	0.48±0.03d	65.96±3.32a	0.52±0.02b	50.19±2.45a	16.86±1.12c	106.79±7.65a
金带	0.96±0.06a	56.25±4.02b	0.29±0.01d	26.83±1.25d	12.79±1.04d	74.32±5.32c
明达	0.75±0.05b	37.42±2.14d	0.66±0.03b	20.47±1.06e	24.76±1.86a	66.32±3.84d
荫平	0.62±0.04c	49.53±2.97c	0.68±0.04b	35.78±1.74c	22.42±1.64a	91.98±7.31b
虎城	0.82±0.04b	69.92±3.98a	1.49±0.08a	40.20±2.14b	19.43±1.24b	49.45±3.12e

注:小写字母不同表明各组间差异有统计学意义, $p < 0.05$ 。

2.3 梁平柚主要产区土壤中微量元素质量分数

由表 6 可知,梁平柚各产区土壤有效钙和有效镁质量分数变幅分别为 2.41~5.69 g/kg 和 0.13~0.84 g/kg,其中各产区有效钙质量分数均大于 2 g/kg,参照全国第二次土壤普查中微量元素质量分数分级标准(表 7,取值范围包括后值),有效钙质量分数处于很高的水平,而各产区有效镁质量分数均大于 0.1 g/kg,同样处于高水平。各产区土壤有效铁和有效铜质量分数变幅为 5.16~27.74 mg/kg 和 0.31~2.33 mg/kg,二者在各产区均处于中等及以上水平,其中合兴和金带两地分别处于高和很高水平。各产区土壤有效锰质量分数变幅为 3.90~20.09 mg/kg,总体上处于中等及以下水平,尤其是荫

平达到很低水平,各产区土壤有效锌质量分数变幅为0.75~3.76 mg/kg,质量分数水平差异性较大,合兴和荫平两地处于低水平,大观,明达和虎城3地处于中等水平,仅金带一地处于高水平.各产区土壤有效硼质量分数变幅为0.26~0.54 mg/kg,总体上处于中等及以下水平.各产区土壤有效铜质量分数变幅为0.13~0.23 mg/kg,总体上处于中等及以上水平,尤其是大观和明达处于高水平.

表6 梁平柚主要产区土壤中微量元素质量分数

产区	有效钙/ (g·kg ⁻¹)	有效镁/ (g·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)	有效硼/ (mg·kg ⁻¹)	有效铜/ (mg·kg ⁻¹)
合兴	4.77±0.24b	0.40±0.03c	16.05±1.32b	8.67±0.63c	1.39±0.09b	0.80±0.05d	0.35±0.02c	0.17±0.01b
大观	3.28±0.16d	0.84±0.06a	6.60±0.54c	18.02±0.96a	0.58±0.04e	1.93±0.11b	0.54±0.04a	0.21±0.01a
金带	2.41±0.14e	0.18±0.01d	27.74±1.83a	13.90±1.04b	2.33±1.26a	3.76±0.21a	0.47±0.03b	0.14±0.01c
明达	3.99±0.29c	0.59±0.04b	6.59±0.51c	9.05±0.77c	0.31±0.02f	1.59±0.12c	0.34±0.02c	0.23±0.02a
荫平	5.69±0.37a	0.13±0.01e	7.20±0.57c	3.90±0.28d	0.91±0.06c	0.75±0.05d	0.26±0.02d	0.13±0.01c
虎城	5.19±0.31a	0.54±0.04b	5.16±0.40e	20.09±1.64a	0.72±0.05d	1.89±0.13b	0.38±0.03c	0.17±0.01b

注:小写字母不同表明各组间差异有统计学意义, $p<0.05$.

表7 土壤中微量元素质量分数分级标准^[11]

级别	有效钙/ (mg·kg ⁻¹)	有效镁/ (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)	有效硼/ (mg·kg ⁻¹)	有效铜/ (mg·kg ⁻¹)	备注
1	>2 000	>200	>20	>30	>2.0	>4.0	>2.0	>0.30	很高
2	1 000~2 000	100~200	10~20	20~30	1.0~2.0	2.0~4.0	1.0~2.0	0.20~0.30	高
3	250~1 000	50~100	4.5~10	10~20	0.2~1.0	1.0~2.0	0.5~1.0	0.15~0.20	中
4	100~250	25~50	2.5~4.5	5~10	0.1~0.2	0.5~1.0	0.25~0.5	0.10~0.15	低
5	<100	<25	<2.5	<5	<0.1	<0.5	<0.25	<0.10	很低

2.4 梁平柚主要产区总体土壤养分统计学特征

综合梁平区合兴镇、明达镇、荫平镇、大观镇、金带镇、虎城镇6个主要产区土壤各营养元素质量分数情况,得出梁平柚产区总体土壤养分特征,如表8.总体上,梁平各产柚区土壤肥力状况不平衡,差异较明显.变异系数是衡量一组数据中各个检验值相对离散程度的一种特征数.一般情况下,当变异系数小于10%时,表明变量具有较弱的空间变异性;当变异系数在10%~100%时,表明变量具有中等的空间变异性;当变异系数大于100%时,表明变量具有较强烈的空间变异性.梁平柚各产区总体土壤养分变异系数在13.1%~69.8%之间,属中等变异强度.其中又以全磷、有效镁、有效铁、有效铜和有效锌质量分数变异强度相对较大,其最大值与最小值之间相差几倍到十几倍,说明这几项指标质量分数在梁平柚各主要产区具有较大的差异性.

表8 梁平柚主要产区土壤各指标描述性统计量

指标	范围	平均值	标准差	变异系数/%	指标	范围	平均值	标准差	变异系数/%
pH	4.72~7.50	5.95	0.98	16.5	有效钙/(g·kg ⁻¹)	2.41~5.19	4.22	1.13	26.7
有机质/(g·kg ⁻¹)	7.45~20.38	14.37	4.92	34.3	有效镁/(g·kg ⁻¹)	0.13~0.84	0.45	0.24	54.4
全氮/(g·kg ⁻¹)	0.31~0.98	0.69	0.25	35.4	有效铁/(mg·kg ⁻¹)	5.16~27.7	11.57	8.07	69.8
全磷/(g·kg ⁻¹)	0.29~1.49	0.70	0.37	53.4	有效锰/(mg·kg ⁻¹)	3.90~20.09	12.27	5.63	45.9
全钾/(g·kg ⁻¹)	29.8~44.8	40.11	5.28	13.1	有效铜/(mg·kg ⁻¹)	0.31~2.32	1.04	0.66	63.7
碱解氮/(mg·kg ⁻¹)	37.4~69.9	56.67	10.82	19.1	有效锌/(mg·kg ⁻¹)	0.75~3.76	1.79	1.00	55.9
有效磷/(mg·kg ⁻¹)	12.7~50.2	31.03	12.50	40.3	有效硼/(mg·kg ⁻¹)	0.26~0.54	0.39	0.09	23.4
速效钾/(mg·kg ⁻¹)	49.4~106.8	76.77	18.34	23.9	有效铜/(mg·kg ⁻¹)	0.13~0.23	0.17	0.04	20.3

2.5 梁平柚主要产区土壤肥力综合评价

选取土壤 pH 值、有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷、速效钾 8 个指标对梁平柚主要产区土壤肥力进行定量化综合评价, 结果见表 9. 各产区土壤综合肥力系数变幅在 0.94~1.27, 综合肥力均为 III 级, 属一般肥力水平. 而梁平柚产出较大, 每年从土壤带走大量的矿质营养, 因此对于各产区土壤缺失的营养应及时补充, 以促进梁平柚的丰产和品质改善. 修正的内梅罗公式突出了最差因子对土壤肥力的影响, 反映了生态学中植物生长的最小因子定律. 总体上梁平柚各产区有机质、全氮、碱解氮和速效钾的肥力系数较其他指标偏小, 说明有机质、氮、钾是限制梁平柚产区土壤肥力的主要因子, 在梁平柚的施肥上应加强这些限制因子的管理和提高.

表 9 梁平柚主要产区土壤分肥系数及综合肥力

产区	pH	有机质	全氮	全磷	全钾	碱解氮	有效磷	速效钾	平均分 肥力系数	综合 肥力系数	肥力 等级
合兴	2	2.07	1.30	1.73	2.77	1.02	2.27	1.42	1.82	1.27	III
大观	2	1.04	0.64	1.60	1.79	1.10	3.00	2.07	1.65	1.00	III
金带	2	1.05	1.28	0.73	1.52	0.94	3.00	1.49	1.50	0.94	III
明达	3	0.75	0.41	2.15	2.95	0.62	3.00	1.33	1.78	1.06	III
荫平	2	1.23	0.82	2.70	2.48	0.83	3.00	1.84	1.86	1.15	III
虎城	3	1.03	1.09	3.00	1.96	1.17	3.00	0.99	1.91	1.28	III

3 讨 论

土壤肥力状况是确定果园来年产量及高效平衡施肥的重要依据^[14-15]. 通过对梁平柚主要产区土壤基本养分的分析研究, 发现各产区各土壤营养指标质量分数情况差异明显, 变异系数在 13.1%~69.8%之间, 达到了中等变异强度, 其中又以全磷、有效镁、有效铁、有效铜和有效锌质量分数差异最大, 其最大值与最小值之间相差数倍, 这可能与各产区地理环境和经营方式不同有关. 对于这几项指标, 在平衡施肥配施肥料时应注意当地土壤的水平情况, 做到因地制宜.

具体来看, 大部分产区土壤 pH 值基本在梁平柚生长的适宜范围内, 呈微酸性或中性, 但大观和金带两地土壤 pH 值均小于 5, 已严重偏酸, 究其原因可能是长期施用化肥所致. 而土壤过酸会严重影响土壤各养分的有效性及土壤各酶活性与微生物活力, 从而影响树体生长和来年产量^[16-17], 因此该两产区急需进行土壤酸度改善. 土壤有机质是反映土壤肥力的重要指标, 梁平柚产区有机质质量分数变幅为 7.45~20.38 g/kg, 总体上处于中等偏下水平, 这是重庆大部分果园的有机质质量分数特征, 并且随着化肥施用年限的增加, 土壤有机质的质量分数可能还会逐年下降. 全氮、全磷、全钾是指土壤中所含的植物可利用和不可利用的各种形态的氮、磷、钾总量, 碱解氮、有效磷、速效钾是土壤中可以被植被直接利用的氮、磷、钾. 梁平柚各产区土壤全氮、碱解氮、速效钾质量分数总体处于中下及更低水平, 但全磷和有效磷质量分数却较为丰富, 其质量分数总体达到中上及更高水平, 可能是由于近几年柚农施用的复合肥中磷质量分数较高, 施入土壤不易移动, 且当季利用率低, 所以富集于土壤中. 总体看来, 梁平柚主要产区土壤 3 大重要营养元素以氮和钾较为缺乏, 而磷较为丰富.

植物对微量元素的需求量较少, 但它们对植物生长发育的作用与大量元素是同等重要的, 当某种微量元素缺乏时, 作物生长发育会受到明显影响, 产量降低, 品质下降^[18-19]. 通过分析梁平柚主要产区土壤有效态微量元素质量分数, 总体上钙、镁、铁、铜、钼均处于中等及较高水平, 仅锰、锌、硼质量分数较低. 可见对于梁平柚主要产区施肥不仅要着重于氮、磷、钾, 还应适当配施锰、锌和硼, 以更好地促进柚树生长和结实. 一般来说, 在有机质质量分数丰富的土地中, 有效态微量元素质量分数相对较高. 因为较多的微量元素能够溶解在有机物分解产生的有机酸中, 同时有机物也有助于减少土壤颗粒对微量元素离子的吸附作用, 因此微量元素被固定的机会大大降低^[20-21]. 此外土壤中的有机酸能够带动微量元素在根系部分的运

移,从而增加微量元素的有效性,因此适当使用有机肥可以改善土壤有效态微量元素的质量分数水平^[22]。

4 结 论

有机肥与无机肥相结合是培肥果园的最佳施肥措施,单施有机肥或有机肥比例过大,虽对土壤有良好的改良作用,但有效态氮、磷、钾等大量元素不足,不能及时和充分供给果树需要,而单施无机肥,虽然能提供较多的有效养分,但利用率不高,过多施用会严重影响土壤理化性状^[23-25]。本研究采用改进后的内梅罗综合指数法对梁平柚主要产区土壤进行了肥力综合评价,得出综合肥力均为Ⅲ级,属一般肥力水平,且有机质、氮和钾是限制其土壤肥力的主要因子,因此在将来的施肥中需偏重氮肥与钾肥的用量,同时应与有机肥、锰、锌、硼等微肥进行配施,并结合实际情况,根据土壤 pH 值进行酸碱互调,做好平衡施肥工作,以达到培肥土壤和促进果树生长结果的双重良好作用。

参考文献:

- [1] 周心智,文家富,张云贵,等.重庆市梁平区梁平柚产业发展成效[J].南方农业,2017,11(31):10-12.
- [2] 张丹,张进忠,汤民,等.山地果园土壤肥力调查与评价——以重庆市金果园为例[J].中国农学通报,2011,27(31):290-295.
- [3] 李梅,张学雷.基于GIS的农田土壤肥力评价及其与土体构型的关系[J].应用生态学报,2011,22(1):129-136.
- [4] FIDALSKI J, AULER P A M, TORMEM V. Relations among Valencia Orange Yields with Soil and Leaf Nutrients in Northwestern Parana, Brazil[J]. Braz Arch Biol Technol, 2000, 43(4): 387-391.
- [5] SRIVASTAVA A K, SINGH S, HUCHCHE A D, et al. Yield-based Leaf and Soil Test Interpretations for Nagpur Mandarin in Central India[J]. Commun Soil Sci Plant Anal, 2001, 32(3-4): 585-599.
- [6] 姚丽贤,周修冲,彭智平,等.广东省柑桔园土壤养分肥力研究[J].土壤通报,2006,37(1):42-44.
- [7] 姜远茂,彭福田,张宏彦,等.山东省苹果园土壤有机质及养分状况研究[J].土壤通报,2001,32(4):167-169.
- [8] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000.
- [9] 周伟,王文杰,张波,等.长春城市森林绿地土壤肥力评价[J].生态学报,2017,37(4):1211-1220.
- [10] 包耀贤,徐明岗,吕粉桃,等.长期施肥下土壤肥力变化的评价方法[J].中国农业科学,2012,45(20):4197-4204.
- [11] 鲁剑巍,曹卫东.肥料使用技术手册[M].北京:金盾出版社,2010.
- [12] 李柳霞,沈方科,赵凤芝,等.柚子园主要土壤肥力属性空间变异及合理取样数研究[J].南方农业学报,2007,38(4):433-436.
- [13] 范业宽.土壤肥料学[M].武汉:武汉大学出版社,2002.
- [14] 杨皓,胡继伟,黄先飞,等.喀斯特地区金刺梨种植基地土壤肥力研究[J].水土保持研究,2015,22(3):50-55.
- [15] 杨柳青,杨超,白百一,等.不同碳氮比有机肥对烤烟生长和土壤肥力的影响[J].西南大学学报(自然科学版),2011,33(7):87-92.
- [16] 郭莉莉,袁珍贵,朱伟文,等.土壤酸化对土壤生物学特性影响的研究进展[J].湖南农业科学,2014(24):30-32,35.
- [17] 李荣林,黄继超,黄欣卫,等.生物炭对茶园土壤酸性和土壤元素有效性的调节作用[J].江苏农业科学,2012,40(12):345-347.
- [18] 刘永红,倪中应,谢国雄,等.浙西北丘陵区农田土壤微量元素空间变异特征及影响因子[J].植物营养与肥料学报,2016,22(6):1710-1718.
- [19] 邓邦良,袁知洋,李真真,等.武功山草甸土壤有效态微量元素与有机质和pH的关系[J].西南农业学报,2016,29(3):647-650.
- [20] 马芬,马红亮,魏春兰,等.模拟氮沉降对中亚热带森林土壤Ni、Cu、Zn含量的影响[J].广西植物,2013,12(2):620-626.
- [21] 张钧恒,马乐乐,李建明.全有机营养肥水耦合对番茄品质、产量及水分利用效率的影响[J].中国农业科学,2018,51(14):2788-2798.
- [22] 马俊英,青长乐,张学良,等.重庆土壤有效态微量元素的含量与分布[J].西南农业大学学报,1989,11(3):

221-228.

- [23] 徐 岩. 有机肥优化土壤微域环境的机制研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2003.
- [24] 庄伊美, 谢志南, 王仁玕, 等. 有机-无机肥料配施对红壤柑桔园土壤性状的影响 [J]. 亚热带植物通讯, 1990(2): 11-16.
- [25] 叶荣生, 石孝均, 周鑫斌. 有机肥对柑橘苗期生物学特性的影响 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2014, 36(10): 12-18.

An Evaluation of Soil Nutrient Status and Fertility in the Major Producing Areas of Liangping Pomelo

HUANG Xiao-hui^{1,2}, WANG Yu-shu¹, WEI Li-ben¹,
CHEN Dao-jing¹, FENG Da-lan¹, ZHANG Hong¹

1. Chongqing Academy of Forestry, Chongqing 400036, China;

2. Forestry College, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

Abstract: In order to provide a scientific guidance for fertilizer application in Liangping pomelo orchards, soil samples in the major producing areas of Liangping pomelo were collected to analyse their nutrient content and fertility status. The results obtained were as follows. Soil pH in most pomelo-producing areas was shown to be in the desirable range for pomelo production, being slightly acidic or neutral, which could satisfy the growth of pomelo trees in Liangping. The two towns of Daguan and Jindai were the only exception, where soil was seriously acidic ($\text{pH} < 5$). Based on the classification standard of soil nutrients in the Second National Soil Survey of China, the content of soil organic matter in the major pomelo-producing areas in Liangping was, on the whole, at a moderate level or below; the contents of total nitrogen, alkali hydrolysable nitrogen and available potassium were at a mid-low level or below; total phosphorus and available phosphorus were at a mid-high level or higher; the contents of available calcium, magnesium, iron, copper and molybdenum were all at a mid-high level or higher; and the contents of manganese, zinc and boron were at a moderate level or below. An analysis based on the improved Nemerow synthesis index method showed that the soil comprehensive fertility of the major producing areas of Liangping pomelo were all in Grade III, which only reached general fertility level, and soil organic matter, nitrogen, and potassium were the main limiting factors of soil fertility. Accordingly, we suggest that aiming at fertilization in Liangping pomelo orchards, more nitrogenous fertilizer and potassium fertilizer should be applied in combination with organic fertilizer and micro-fertilizers (manganese, zinc and boron), and that soil pH should be adjusted based on the actual situation of each producing area so as to improve soil fertility and promote the growth and fruiting of Liangping pomelo.

Key words: *Citrus maxima* (Burm.) Merr. cv. Liangping You; soil nutrient; soil fertility; Nemerow synthesis index method; evaluation

