

仇海威, 兰子汉, 陈瑞州, 等. 海南省芒果园土壤中量与微量元素含量分析[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(23): 149–152.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.23.041

# 海南省芒果园土壤中量与微量元素含量分析

仇海威, 兰子汉, 陈瑞州, 李 静, 林 电

(海南大学农学院, 海南海口 570228)

**摘要:**对海南省三亚市、陵水县、乐东县 3 个芒果主产区的 20 个芒果园 0~20 cm 土层的土壤样品中量、微量元素进行测定, 结果表明, 3 个县(市)的土壤交换性镁、有效硫含量普遍偏低, 相对缺乏, 有 85.00% 的土样交换性镁含量 < 50 mg/kg, 有 100.00% 的土样有效硫含量 < 16 mg/kg; 有效铁、有效锰、有效铜、有效锌的含量相对较为合理, 3 个县(市)有 5.00% 的土样有效铁含量 < 4.5 mg/kg、有效锰含量 < 10.0 mg/kg, 3 个县(市)土壤样品中有效铜、有效锌含量没有低于临界值的; 乐东县土壤有 100.00% 的土样有效硼含量 < 0.5 mg/kg。

**关键词:**海南省; 芒果园; 土壤; 中量元素; 微量元素; 交换性镁; 有效硫

**中图分类号:** S151.9<sup>+</sup>3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)23-0149-04

芒果(*Mangifera indica* L.) 别称芒果, 是一种原产于印度的漆树科常绿大乔木, 果实中含有丰富的糖、蛋白质、粗纤维、胡萝卜素等, 味道香甜, 口味独特, 深受人们的喜爱, 素有“热带果王”的美誉<sup>[1]</sup>。海南省地处热带, 近年来芒果的种植面积有所增加, 目前已成为海南省第二大水果产业, 而其种植面积的增加对海南特色芒果经济的影响越来越显著<sup>[2]</sup>, 因此, 对芒果种植开展相关研究显得尤为重要。

中量元素与微量元素都是植物生长过程中必不可少的营养元素, 虽然微量元素在作物体内含量相对较少, 但却起着至关重要的作用<sup>[3]</sup>。目前, 我国热带土壤领域已有很多关于中量、微量元素的研究, 尤其是在烟区、耕地、茶园土壤等方面<sup>[4-15]</sup>。吴小华等测定浙江省嘉善县土壤中量、微量元素时发现, 嘉善县耕地土壤中量、微量元素含量不平衡, 土壤中钙、镁、铜、锰、铁、锌的有效态含量丰富, 有效态硫含量中等或较

丰富, 而土壤中硼、钼的有效态含量相对较低<sup>[16]</sup>。黄河等研究表明, 喷施微肥对桃、草莓的维生素 C、糖、酸含量等有很大影响<sup>[17]</sup>。熊德中等研究表明, 福建烟区土壤交换性镁、有效硼含量不足, 有效铁、锰含量丰富, 有效铜、锌含量较适宜<sup>[18]</sup>。当前, 对果园土壤方面的研究报道相对较少, 对海南省芒果主产区土壤中量、微量元素含量的研究更是鲜见。本研究着重测定分析海南省三亚市、陵水县、乐东县这 3 个芒果主产区果园土壤的中量、微量元素含量, 对芒果园土壤改良、芒果果品质量的提高具有重要的意义, 可为芒果树施肥提供合理的指导与建议。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

滴水线内侧通常为果树施肥区, 滴水线外侧为非施肥区, 而反映土壤总体状况以滴水线外为标准。土壤样品采集于海南省陵水县、三亚市、乐东县 3 个芒果主产区 20 个果园, 每个果园以滴水线为界各取 1 个土层深度为 0~20 cm<sup>[19]</sup> 的样品, 共 40 个样品。土样采集时间为 2015 年 1 月, 采样时, 先使用锄头挖出 20 cm 深的剖面, 再用小铁铲采集剖面样品, 果树滴水线内、外各取 3 个点, 每个土样为 3 个点的混合样。

### 1.2 营养元素含量的测定

各营养元素含量参考鲍士旦主编的《土壤农化分析》进行测定, 交换性钙与镁、有效铁与有效锰、有效铜与有效锌、有

收稿日期: 2017-02-23

基金项目: 国家重点研发计划(编号: 2017YFD02021022017); 海南大学中西部计划学科重点领域建设项目(编号: ZXBHJH-XK003); 海南大学重点扶持学科农业资源与环境项目; 海南省重大科技计划(编号: ZDKJ2017003)。

作者简介: 仇海威(1991—), 男, 黑龙江佳木斯人, 硕士研究生, 从事作物栽培与土壤研究。E-mail: 1419154270@qq.com。

通信作者: 林 电, 教授, 博士生导师, 从事土壤肥力与养分资源管理研究。E-mail: lindian5519@163.com。

异研究[J]. 南京农业大学学报, 2013, 36(5): 27–32.

[2] 姜雪婷, 杜玉虎, 张绍铃, 等. 梨 43 个品种花粉生活力及 4 种测定方法的比较[J]. 果树学报, 2006, 23(2): 178–181.

[3] 张 瑞, 李 洋, 梁有旺, 等. 薄壳山核桃花粉离体萌发和花粉管生长特性研究[J]. 西北植物学报, 2013, 33(9): 1916–1922.

[4] 赵红军, 周润生. 不同苹果品种的花朵出粉率和花粉发芽率观察[J]. 落叶果树, 1996(4): 18–19.

[5] 马之胜. 某些苹果品种花粉量的研究初报[J]. 北方果树, 1992(4): 21.

[6] 张 雪. 富士苹果授粉用花粉质量指标研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014.

[7] 薛晓敏, 王金政, 路 超, 等. 苹果专用授粉品种和栽培品种花粉形态扫描电镜观察[J]. 华南农业大学学报, 2012, 33(2): 188–191.

[8] 路建霞, 孙建设. 园艺植物科学研究导论[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.

[9] 张绍铃, 谢文暖, 陈迪新, 等. 8 种果树花粉量及花粉萌发与生长差异[J]. 上海农业学报, 2003, 19(3): 67–69.

[10] 沈根华, 王晓庆, 骆 军, 等. 大棚栽培对梨花粉量及花粉生活力的影响[J]. 上海农业学报, 2008, 24(3): 54–57.

[11] 陈瑞光. 富士苹果专用授粉树筛选[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014.

效硼、有效硫含量分别采用 1 mol/L 醋酸铵交换原子吸收分光光度法、二乙基三胺五乙酸 (DTPA) 溶液浸提 - 原子吸收分光光度法、0.1 mol/L HCl 浸提 - 原子吸收分光光度法、沸

水浸提姜黄素比色法、磷酸盐浸提 - 硫酸钡比浊法<sup>[20]</sup>测定。根据测定值,确定各县(市)土壤的丰缺度(表 1)<sup>[21-22]</sup>。

表 1 常规测量方法土壤中量、微量元素有效含量丰缺指标

丰缺指标	元素含量(mg/kg)							
	交换钙	交换镁	有效硫	有效铁	有效锰	有效铜 (酸性土壤)	有效锌 (酸性土壤)	有效硼
极缺	<100	<25	<10	<2.5	<5.0	<1.0	<1.0	<0.3
缺	100 ~ <250	25 ~ <50	10 ~ <16	2.5 ~ <4.5	5.0 ~ <10.0	1.0 ~ <2.0	1.0 ~ <1.5	0.3 ~ <0.5
中	250 ~ <1 000	50 ~ <100	16 ~ <30	4.5 ~ <10.0	10.0 ~ <20.0	2.0 ~ <4.0	1.5 ~ <3.0	0.5 ~ <0.8
丰富	1 000 ~ 2 000	100 ~ 200	30 ~ 50	10.0 ~ 20.0	20.0 ~ 30.0	4.0 ~ 6.0	3.0 ~ 5.0	0.8 ~ 1.0
偏高	>2 000	>200	>50	>20.0	>30.0	>6.0	>5.0	>1.0

1.3 数据分析

数据采用 Excel 软件进行处理、作图,采用 SPSS 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 中量元素

2.1.1 交换性钙 由表 2 可见,全区滴水线外土壤交换性钙含量变幅为 117.10 ~ 1 132.29 mg/kg,平均含量为 487.30 mg/kg,有 35.00% 的土样交换性钙含量 <250 mg/kg,滴水线内土壤交换性钙含量变幅为 142.46 ~ 1 125.91 mg/kg,平均值含量为 547.91 mg/kg,有 35.00% 的土样交换性钙含量 <250 mg/kg;陵水县土壤的交换性钙含量相对最低,滴水线外含量平均值为 272.37 mg/kg,有 66.67% 的土样交换性钙含量 <250 mg/kg,滴水线内含量平均值为 370.29 mg/kg,有 50.00% 的土样交换性钙含量 <250 mg/kg;三亚市滴水线内、外均有 25.00% 的土样交换性钙含量 <250 mg/kg;乐东县滴水线外有 16.67% 的土样交换性钙含量 <250 mg/kg,滴水线内有 33.33% 的土样交换性钙含量 <250 mg/kg。

表 2 芒果园土壤交换性钙含量情况

区域	样品数 (个)	交换性钙含量 (mg/kg)		<250 mg/kg 样品数 (个)	低于临界 值样品数 比例(%)
		范围	平均值		
全区(外)	20	117.10 ~ 1 132.29	487.30	7	35.00
全区(内)	20	142.46 ~ 1 125.91	547.91	7	35.00
三亚市(外)	8	133.17 ~ 946.96	584.38	2	25.00
三亚市(内)	8	239.68 ~ 1 125.91	753.32	2	25.00
乐东县(外)	6	117.10 ~ 1 132.29	605.15	1	16.67
乐东县(内)	6	150.52 ~ 1 105.07	520.13	2	33.33
陵水县(外)	6	123.89 ~ 526.53	272.37	4	66.67
陵水县(内)	6	142.46 ~ 657.34	370.29	3	50.00

注:全区指的是陵水县、三亚市、乐东县 3 个县(市)。下同。

2.1.2 交换性镁 由表 3 可见,全区滴水线外土壤交换性镁含量变幅为 10.49 ~ 54.99 mg/kg,平均值为 26.25 mg/kg,有 85.00% 的土样交换性镁含量 <50 mg/kg,滴水线内土壤交换性镁含量变幅为 11.89 ~ 63.61 mg/kg,平均值为 28.60 mg/kg,有 75.00% 的土样交换性镁含量 <50 mg/kg;三亚市滴水线外土壤交换性镁含量平均值为 37.47 mg/kg,有 62.50% 的样品交换性镁含量 <50 mg/kg,滴水线内含量平均

值为 47.04 mg/kg,有 37.50% 的样品交换性镁含量 <50 mg/kg;乐东、陵水 2 个县的土地交换性镁含量相对较低,滴水线内、外土壤交换性镁含量 <50 mg/kg 的土样数均达到 100.00%。

表 3 芒果园土壤交换性镁含量情况

区域	样品数 (个)	交换性镁含量 (mg/kg)		<50 mg/kg 样品数 (个)	低于临界 值样品数 比例(%)
		范围	平均值		
全区(外)	20	10.49 ~ 54.99	26.25	17	85.00
全区(内)	20	11.89 ~ 63.61	28.60	15	75.00
三亚市(外)	8	17.36 ~ 54.99	37.47	5	62.50
三亚市(内)	8	17.55 ~ 63.61	47.04	3	37.50
乐东县(外)	6	10.49 ~ 12.61	11.27	6	100.00
乐东县(内)	6	11.89 ~ 19.87	15.35	6	100.00
陵水县(外)	6	14.90 ~ 43.63	30.01	6	100.00
陵水县(内)	6	13.32 ~ 34.47	23.40	6	100.00

2.1.3 有效硫 由表 4 可见,陵水县、三亚市、乐东县 3 个县(市)滴水线内外有效硫含量 <16 mg/kg 的土样均为 100.00%;全区滴水线外土壤有效硫含量变幅为 2.05 ~ 13.44 mg/kg,平均值为 7.95 mg/kg,滴水线内土壤有效硫含量变幅为 1.50 ~ 14.00 mg/kg,平均值为 7.16 mg/kg;三亚市滴水线外土样有效硫含量平均值为 11.17 mg/kg,滴水线内土样含量有效硫平均值为 10.35 mg/kg;陵水县滴水线外土样有效硫含量平均值为 8.79 mg/kg,滴水线内土样有效硫含量平均值为 7.39 mg/kg;乐东县滴水线外土样有效硫含量平均值为 3.88 mg/kg,滴水线内土样有效硫含量平均值为 3.75 mg/kg。

表 4 芒果园土壤有效硫含量情况

区域	样品数 (个)	有效硫含量 (mg/kg)		<16 mg/kg 样品数 (个)	低于临界 值样品数 比例(%)
		范围	平均值		
全区(外)	20	2.05 ~ 13.44	7.95	20	100.00
全区(内)	20	1.50 ~ 14.00	7.16	20	100.00
三亚市(外)	8	8.42 ~ 13.44	11.17	8	100.00
三亚市(内)	8	6.96 ~ 14.00	10.35	8	100.00
乐东县(外)	6	2.05 ~ 5.85	3.88	6	100.00
乐东县(内)	6	1.50 ~ 6.18	3.75	6	100.00
陵水县(外)	6	5.85 ~ 12.77	8.79	6	100.00
陵水县(内)	6	3.84 ~ 10.98	7.39	6	100.00

2.2 微量元素

2.2.1 有效铁 由表 5 可见,全区滴水线外有效铁含量变幅

为 4.37 ~ 49.81 mg/kg, 平均值为 21.54 mg/kg, 小于 4.5 mg/kg 的样品数占 5.00%, 滴水线内有效铁含量变幅为 4.25 ~ 47.34 mg/kg, 平均值为 23.36 mg/kg, 小于 4.5 mg/kg 的样品数占 10.00%; 乐东县滴水线外土样有效铁含量平均值为 18.84 mg/kg, 滴水线内土样有效铁含量平均值为 24.53 mg/kg, 滴水线内、外含量小于 4.5 mg/kg 的土样数占比均为 16.67%; 陵水县滴水线外土样有效铁含量平均值为 17.25 mg/kg, 无含量小于 4.5 mg/kg 的样品, 滴水线内土样有效铁含量平均值为 17.33 mg/kg, 有 16.67% 的土样含量小于 4.5 mg/kg; 三亚市土壤滴水线内、外无含量 < 4.5 mg/kg 的样品。

表 5 芒果园土壤有效铁含量情况

区域	样品数 (个)	有效铁含量 (mg/kg)		<4.5 mg/kg 样品数 (个)	低于临界 值样品数 比例(%)
		范围	平均值		
全区(外)	20	4.37 ~ 49.81	21.54	1	5.00
全区(内)	20	4.25 ~ 47.34	23.36	2	10.00
三亚市(外)	8	13.85 ~ 49.81	28.53	0	0.00
三亚市(内)	8	14.66 ~ 45.54	28.22	0	0.00
乐东县(外)	6	4.37 ~ 31.20	18.84	1	16.67
乐东县(内)	6	4.40 ~ 47.34	24.53	1	16.67
陵水县(外)	6	6.20 ~ 28.71	17.25	0	0.00
陵水县(内)	6	4.25 ~ 31.72	17.33	1	16.67

2.2.2 有效锰 由表 6 可见, 全区滴水线外有效锰含量变幅为 7.87 ~ 67.78 mg/kg, 平均值为 28.60 mg/kg, 有 5.00% 的土样有效锰含量 < 10.0 mg/kg, 滴水线内有效锰含量变幅为 6.75 ~ 77.09 mg/kg, 平均值为 34.74 mg/kg, 有 5.00% 的土样有效锰含量 < 10.0 mg/kg; 陵水县滴水线外土样有效锰含量平均值为 34.25 mg/kg, 滴水线内有效锰含量平均值为 34.59 mg/kg, 滴水线内、外有效锰含量 < 10.0 mg/kg 的土样数占比均为 16.67%; 三亚市、乐东县土壤滴水线内、外均无含量 < 10.0 mg/kg 的样品。

表 6 芒果园土壤有效锰含量情况

区域	样品数 (个)	有效锰含量 (mg/kg)		<10.0 mg/kg 样品数 (个)	低于临界 值样品数 比例(%)
		范围	平均值		
全区(外)	20	7.87 ~ 67.78	28.60	1	5.00
全区(内)	20	6.75 ~ 77.09	34.74	1	5.00
三亚市(外)	8	19.39 ~ 59.42	33.74	0	0.00
三亚市(内)	8	16.01 ~ 77.09	38.13	0	0.00
乐东县(外)	6	0.04 ~ 42.70	27.82	0	0.00
乐东县(内)	6	13.30 ~ 59.85	31.50	0	0.00
陵水县(外)	6	7.87 ~ 67.78	34.25	1	16.67
陵水县(内)	6	6.75 ~ 62.75	34.59	1	16.67

2.2.3 有效铜 由表 7 可见, 全区滴水线外土壤有效铜含量变幅为 2.06 ~ 22.63 mg/kg, 平均值为 7.49 mg/kg, 滴水线内土壤有效铜含量变幅为 2.81 ~ 14.01 mg/kg, 平均值为 5.76 mg/kg; 乐东县土壤有效铜含量相对最低, 滴水线外有效铜含量平均值为 4.92 mg/kg, 滴水线内有效铜含量平均值为 5.46 mg/kg; 三亚市滴水线外有效铜含量平均值为 6.71 mg/kg, 滴水线内有效铜含量平均值为 6.42 mg/kg; 陵水县滴水线外有效铜含量平均值为 10.84 mg/kg, 滴水线内有效铜含量平均值为 5.41 mg/kg; 陵水县、三亚市、乐东县 3 个

表 7 芒果园土壤有效铜含量情况

区域	样品数 (个)	有效铜含量 (mg/kg)		<2.0 mg/kg 样品数 (个)	低于临界 值样品数 比例(%)
		范围	平均值		
全区(外)	20	2.06 ~ 22.63	7.49	0	0
全区(内)	20	2.81 ~ 14.01	5.76	0	0
三亚市(外)	8	2.17 ~ 15.09	6.71	0	0
三亚市(内)	8	2.81 ~ 14.01	6.42	0	0
乐东县(外)	6	2.06 ~ 11.18	4.92	0	0
乐东县(内)	6	3.54 ~ 7.57	5.46	0	0
陵水县(外)	6	3.08 ~ 22.63	10.84	0	0
陵水县(内)	6	3.39 ~ 9.89	5.41	0	0

县(市)均无有效铜含量 < 2.0 mg/kg 的样品。  
2.2.4 有效锌 由表 8 可见, 全区滴水线外土壤有效锌含量变幅为 6.90 ~ 42.80 mg/kg, 平均值为 17.30 mg/kg, 滴水线内土壤有效锌含量变幅为 8.68 ~ 59.12 mg/kg, 平均值为 20.36 mg/kg; 三亚市土壤滴水线外有效锌含量平均值为 15.73 mg/kg, 滴水线内有效锌含量平均值为 25.14 mg/kg; 陵水县土壤有效锌滴水线外有效锌含量平均值为 21.37 mg/kg, 滴水线内有效锌含量平均值为 20.81 mg/kg; 乐东县土壤有效锌含量相对最低, 滴水线外有效锌含量平均值为 14.80 mg/kg, 滴水线内有效锌含量平均值为 15.14 mg/kg; 陵水县、三亚市、乐东县 3 个县市的土壤有效锌含量均无 < 1.5 mg/kg 的样品。

表 8 芒果园土壤有效锌含量情况

区域	样品数 (个)	有效锌含量 (mg/kg)		<1.5 mg/kg 样品数 (个)	低于临界 值样品数 比例(%)
		范围	平均值		
全区(外)	20	6.90 ~ 42.80	17.30	0	0
全区(内)	20	8.68 ~ 59.12	20.36	0	0
三亚市(外)	8	6.90 ~ 28.14	15.73	0	0
三亚市(内)	8	15.47 ~ 59.12	25.14	0	0
乐东县(外)	6	9.39 ~ 22.50	14.80	0	0
乐东县(内)	6	8.68 ~ 26.28	15.14	0	0
陵水县(外)	6	9.05 ~ 42.80	21.37	0	0
陵水县(内)	6	9.00 ~ 43.12	20.81	0	0

2.2.5 有效硼 由表 9 可见, 全区滴水线外土壤有效硼含量变幅为 0.17 ~ 0.85 mg/kg, 平均值为 0.52 mg/kg, 有 30.00% 的样品有效硼含量 < 0.5 mg/kg, 滴水线内土壤有效硼含量变幅为 0.35 ~ 0.82 mg/kg, 平均值为 0.57 mg/kg, 也有 30.00% 的样品有效硼含量 < 0.5 mg/kg; 乐东县土壤的有效硼含量相对最低, 滴水线外有效硼含量变幅为 0.17 ~ 0.40 mg/kg, 平均值为 0.34 mg/kg, 滴水线内有效硼含量变幅为 0.35 ~ 0.39 mg/kg, 平均值为 0.38 mg/kg, 所有土样有效硼含量均 < 0.5 mg/kg; 三亚、陵水 2 个县(市)土壤均无有效硼含量 < 0.5 mg/kg 的样品。

3 结论与讨论

在中量元素中, 陵水县、三亚市、乐东县 3 个县(市)的土壤交换性钙含量均偏低<sup>[23-24]</sup>, 三亚、陵水、乐东滴水线外土壤分别有 25.00%、16.67%、66.67% 的土样交换性钙含量 < 250 mg/kg 这一临界值; 陵水县、三亚市、乐东县 3 个县(市)的土壤交换性镁含量也相对偏低, 全区滴水线外有 85.00%

表 9 芒果园土壤有效硼含量情况

区域	样品数 (个)	有效硼含量 (mg/kg)		<0.5 mg/kg 样品数 (个)	低于临界 值样品数 比例(%)
		范围	平均值		
全区(外)	20	0.17~0.85	0.52	6	30.00
全区(内)	20	0.35~0.82	0.57	6	30.00
三亚市(外)	8	0.54~0.65	0.58	0	0.00
三亚市(内)	8	0.59~0.71	0.65	0	0.00
乐东县(外)	6	0.17~0.40	0.34	6	100.00
乐东县(内)	6	0.35~0.39	0.38	6	100.00
陵水县(外)	6	0.54~0.85	0.66	0	0.00
陵水县(内)	6	0.60~0.82	0.69	0	0.00

的土样交换性镁含量 <50 mg/kg;乐东县与陵水县土壤缺镁相对比较严重<sup>[25]</sup>,土壤有效镁含量 <50 mg/kg 的样品数占比均达到 100.00%;陵水县、三亚市、乐东县 3 个县(市)的土壤有效硫缺少也十分严重<sup>[26]</sup>,3 个地区土样有效硫含量均 <16 mg/kg 这一临界值。在微量元素中,土壤有效铁的含量较为合理<sup>[27]</sup>,全区滴水线外仅有 5.00% 的土样有效铁含量 <4.5 mg/kg;全区滴水线外土壤有 5.00% 的土样有效锰含量 <10.0 mg/kg,陵水县滴水线外有 16.67% 的土样有效锰含量 <10.0 mg/kg,较三亚市、乐东县略微缺锰<sup>[28]</sup>;全区土壤有效铜、有效锌的含量较为合理<sup>[29]</sup>,均没有低于临界值的样品;乐东县土壤有效硼缺乏较为严重<sup>[30]</sup>,全部土样有效硼含量 <0.5 mg/kg,三亚市、陵水县 2 个地区不缺硼,有效硼含量没有 <0.5 mg/kg 的土样。

因此,陵水县、三亚市、乐东县 3 个县(市)在施肥时可以略微增施一些钙肥,尤其是陵水县,但增施量不宜过大;对于缺镁的果园可合理增施镁肥,但不能与磷肥混用,以免生成不用于水的磷酸镁导致根系无法吸收;缺硫的果园可合理增施硫酸铵、过磷酸钙及硫酸钾等,乐东县、陵水县果园可略微增施一些硫酸亚铁即可,注意施用量不宜过大;陵水县果园可略微增施硫酸锰作为补充;陵水县、三亚市、乐东县 3 个县(市)土壤的有效铜和有效锌含量比较合理,无须额外增施,但要注意保持,以免造成缺乏;乐东县应对芒果树叶面喷施硼肥进行养分补充。

参考文献:

[1] 张少若. 热带作物营养与施肥[M]. 北京:中国农业出版社,1996.

[2] 黄良团. 海南杧果产业可持续发展对策[J]. 热带农业工程, 2009,33(6):50-52.

[3] 马安德,张梦宇,沈梅,等. 几种常见水果的微量元素分析[J]. 广东微量元素科学,2003,10(6):51-56.

[4] 李强,周冀衡,李迪秦,等. 曲靖烟区土壤有效中量元素的空间变异特征及影响因子研究[J]. 核农学报,2011,25(3):540-547.

[5] 王东胜,徐庆凯,王能如,等. 江西烟区土壤中量及微量元素的含量分析[J]. 贵州农业科学,2011,39(2):91-96.

[6] 敖金成,刘世文,罗华元,等. 昆明烟区土壤速效养分及中微量元素丰缺状况分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),

2013,41(10):193-199.

[7] 王林,许自成,肖汉乾,等. 湖南烟区土壤有效态微量元素含量的分布特点[J]. 土壤通报,2008,39(1):119-124.

[8] 张超,刘国彬,薛 蕙,等. 黄土丘陵区撂荒农耕地土壤有效态微量元素演变特征[J]. 中国农业科学,2013,46(18):3809-3817.

[9] 刘衍君,张保华,曹建荣,等. 鲁西粮食主产区聊城耕地的土壤微量元素富集研究[J]. 土壤通报,2010,41(4):990-993.

[10] 朱 宏,张冬明,谢良商. 定安县耕地土壤微量元素含量及影响因素研究[J]. 热带农业科学,2014,34(11):10-14,17.

[11] 王永东,廖桂堂,李廷轩,等. 四川蒙顶山低山茶园土壤主要微量元素空间变异特征及影响因素研究[J]. 茶叶科学,2008,28(1):14-21.

[12] 廖桂堂,李廷轩,王永东,等. 不同尺度下低山茶园土壤主要微量元素的空间变异性[J]. 土壤,2008,40(2):257-263.

[13] 金 媛,陈良超,冉隆贵,等. 陕南茶园土壤微量元素有效性评价研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2015,43(3):153-161.

[14] 侯红波. 丘陵茶园土壤和茶叶中微量元素及影响因素的分析[D]. 长沙:中南林业科技大学,2013.

[15] 贺行良,刘昌岭,任宏波,等. 青岛崂山茶园土壤微量元素有效量及其影响因素研究[J]. 土壤通报,2008,39(5):1131-1134.

[16] 吴小华,金炳华,沈轶舒,等. 嘉善县土壤中量与微量元素现状评价[J]. 现代农业科技,2008(11):206-206.

[17] 黄河,蒋 琼,杨志珍,等. 微量元素肥料对柑桔产量及品质的影响[J]. 广西农业科学,2005,36(3):236-237.

[18] 熊德中,蔡海洋,张仁椒,等. 福建烟区土壤中量和微量营养素含量状况的研究[J]. 中国生态农业学报,2007,15(4):36-38.

[19] 廖志气,林 电,郑丽燕,等. 海南岛香蕉园土壤肥力现状及变化趋势分析[J]. 安全与环境学报,2006,6(1):107-111.

[20] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2002:257-282.

[21] 徐建明. 土壤质量指标与评价[M]. 北京:科学出版社,2010:68-69.

[22] 王 鹏,李 艳. 果树微量元素营养失调的表现及常用微肥的施用方法[J]. 果农之友,2013(6):30-31.

[23] 钱开胜. 果树微量元素的正确施用方法[J]. 广西林业,2005(1):40.

[24] 高 勇,李铸文. 果树微量元素缺乏的典型症状[J]. 河北果树,2002(4):55.

[25] 李华东,白亭玉,郑 妍,等. 土壤施钙对杧果果实钾、钙、镁含量及品质的影响[J]. 中国土壤与肥料,2014(6):76-80.

[26] 陈国安. 土壤与植物的缺硫诊断[J]. 土壤学进展,1983(3):11-16.

[27] 汪李平. 植物的铁素营养及缺铁症的防治(综述)[J]. 安徽农业大学学报,1995,22(1):17-22.

[28] 安振铎,方 正. 植物锰营养研究进展[J]. 河北农业科学, 2002,6(4):35-41.

[29] 潘大钧. 植物的缺铜与防治[J]. 植物杂质,1985(5):23.

[30] 王春利. 植物缺硼的生理伤害[J]. 植物生理学通讯,2001,37(4):352-355.