

张丽平,李碧娴,管冠,等.不同管理模式下纽荷尔脐橙微量元素的周年变化规律[J].江苏农业科学,2020,48(11):128-133.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.11.026

不同管理模式下纽荷尔脐橙微量元素的周年变化规律

张丽平,李碧娴,管冠,刘桂东,姚锋先,周高峰

(赣南师范大学生命科学学院/国家脐橙工程技术研究中心,江西赣州 341000)

摘要:采用随机区组法对纽荷尔脐橙结果母枝上果实附近的越冬老叶及当年生新叶进行取样,利用等离子体发射光谱仪 ICP-MS 测定了赣南纽荷尔脐橙叶片中铁、锰、硼、锌、铜 5 种微量元素的周年变化状况。结果表明,不同管理模式,精细管理园铜、硼含量均明显高于粗放管理园。2 个果园均存在锌含量缺乏的状况,粗放管理园硼缺乏,而精细管理园铜过量。不同年份间同一果园的叶片中元素含量存在差异。在整个年生长周期中,锰、硼含量整体呈现上升趋势,而铁含量最终略微上升,锌含量下降。含铜杀菌剂的使用导致叶片铜含量急剧上升后下降。根据土壤状况及叶片元素的年均含量状况,建议 2 个果园都增施有机肥及氮肥和磷肥,且潭东果园减少使用含铜杀菌剂,并适当增施含锌微肥;资源圃地区则适当增施含锌含硼微肥。依据周年含量变化规律确定合理补肥时期为果实采收后至开花结果前。

关键词:纽荷尔脐橙;微量元素;营养元素;土壤基本性质;营养诊断;周年变化;果园管理模式

中图分类号: S666.401 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)11-0128-06

随着赣南脐橙的发展和市场的扩大,赣南地区已经成为单一区域种植面积和年产量均居世界第 1 的脐橙主产区^[1]。近年来,赣南脐橙生产上有机肥施用量越来越少,偏重施用氮、磷、钾和硼等化肥,忽视钙、镁和锌等肥料,导致树体营养元素失衡,营养元素过量和缺乏问题并存,叶片缺素黄化现象普遍存在^[2-3]。脐橙的生长过程中,肥料和养分含量的多少会影响果实生长发育、产量及品质^[4-5]。微量元素含量丰缺是影响脐橙生长结果的重要因素

之一^[6-7]。从能源、经济和环境的角度考虑,生物肥料、化肥和微量元素肥料(简称微肥)的合理使用都是十分必要的。

脐橙对土壤中矿物质营养元素的需求具有一定的季节性规律^[8-10],其自身生长发育及开花结实过程都容易导致植株养分的不平衡变化,尤其是在土壤营养不全面的酸性红壤中。合理的管理模式是提高果实产量的重要措施,不同管理模式常常导致水分、虫害等的改变,从而影响植物对养分的吸收,进而改变果实的品质^[11]。国内外许多研究者对纽荷尔脐橙的土壤养分状况和柑橘适宜养分状况进行了研究^[12],但由于管理模式的不同及季节的周期性变化,对脐橙养分的规律把握具有一定的盲目性,有关脐橙养分的报道主要集中在其含量的确定^[13-14]及对果实的影响上^[15],缺乏对其管理模式和周年变化规律的深入研究。因此,深入了解不同管理模式下纽荷尔脐橙的周年养分规律,对指导不

收稿日期:2019-07-04

基金项目:江西省重点研发计划(编号:20161BBF60069);国家自然科学基金(编号:31501717、31701871)。

作者简介:张丽平(1995—),女,江西赣州人,硕士研究生,研究方向为柑橘矿质营养与栽培生理。E-mail: zhangli ping0412@163.com。

通信作者:周高峰,博士,讲师,研究方向为柑橘矿质营养与栽培生理。E-mail: zhougaofeng428@163.com。

验引种成功的几种蕨类表明,在徐州地区一方面可以采取阴湿小环境栽种,另一方面可以加快蕨类新品种培育和引种驯化推广应用,让更多的优质蕨类在徐州地区园林中大放异彩。

参考文献:

[1] 吴繁花,张超,周亚东,等.中国观赏蕨类植物的种类、繁殖方法及在园林中的应用[J].热带生物学报,2012,3(4):387-

392.

[2] 安华.采石风景区野生蕨类植物引种栽培及应用[J].中国园艺文摘,2016(8):78-79,133.

[3] 黄水文,胡献明.浙江衢州蕨类植物资源及其开发利用[J].浙江林学院学报,2006,23(2):169-173.

[4] 田英翠,杨柳青.蕨类植物及其在园林中的应用[J].北方园艺,2006,29(5):133-134.

[5] 蒋云,秦华,顾丽.观赏蕨类在园林中的应用[J].江西农业学报,2008,20(5):44-45,48.

同管理模式下的果园施肥具有重要意义。

叶分析是建立在叶片元素含量、植物生长和果实产量之间存在显著的生物学关系的前提下来特征性预测肥料需求的手段^[16]。在果树的生长过程中,叶片养分含量可以有效地反映果树的营养状况,因而利用叶分析结果来指导科学施肥已成为果树生产中的重要手段之一。前人已采用叶分析法分析苹果^[17]、鸭梨^[18]、猕猴桃^[19]等多种水果的养分周年变化状况。本试验以多年生纽荷尔脐橙为材料,用电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)测定不同管理模式下纽荷尔脐橙叶片中多种微量矿物质元素含量的周年变化,以了解纽荷尔脐橙在整个年生长周期的微量元素变化状况,为脐橙的生产施肥提供更加合理的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

对赣南师范大学种子资源圃及赣州市潭东果园 2 个果园的基本状况进行调查,结果如下:2 个果园均位于赣州地区,属于亚热带季风气候,通气状况良好,年平均气温为 20 ℃ 左右,年均降水量约为 1 340 mm,土壤均为红壤,其中种子资源圃为种子保存粗放管理园,种植有各种不同品种的柑橘类果

树,用于种子资源保存;潭东果园为常规生产型精细管理果园,主要种植大量用于生产销售的纽荷尔脐橙。对 2 个果园中的 0 ~ 30 cm 土层进行基本的土壤性质测定,其中 pH 值采用 starter 2100 pH 计测定,有机质含量测定采用重铬酸钾容量法,碱解氮含量采样碱解扩散法测定,速效磷含量采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定,速效钾含量采用醋酸铵浸提-火焰光度法测定^[20],测定结果如表 1 所示。以鲁剑巍等设定的柑橘园土壤养分分级标准^[21]作为参考可知,2 果园土壤 pH 值均适宜脐橙生长,但有机质含量均偏低,速效钾含量适中,潭东果园碱解氮、速效磷含量均缺乏,而资源圃果园碱解氮、速效磷含量均严重缺乏。

表 1 采样点土壤基本性质

采样地点	pH 值	有机质含量 (g/kg)	碱解氮含量 (mg/kg)	速效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)
潭东果园	4.95	10.02	59.27	9.94	122.2
资源圃	5.50	12.31	46.25	5.41	121.2

1.2 赣南脐橙叶片营养诊断分级标准表

本试验以国家标准管理委员会备案公布的 DB36/T 625—2011《赣南脐橙叶片营养诊断技术规程》为依据,将叶片元素含量分为 5 个等级(表 2),作为本试验叶片营养诊断分级的标准。

表 2 赣南脐橙叶片营养诊断分级

等级	铁含量(mg/kg)	锰含量(mg/kg)	铜含量(mg/kg)	锌含量(mg/kg)	硼含量(mg/kg)
缺乏	<35	<16	<3.0	<16	<20
低量	35~59	16~24	3.0~4.9	16~19	20~35
适量	60~119	25~99	5.0~14.9	20~99	36~99
高量	120~199	100~299	15.0~19.9	100~199	100~199
过量	≥200	≥300	≥20	≥200	≥200

1.3 试验设计与样品采集

本试验以 6 年生枳[*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.]砧纽荷尔脐橙(*Citrus sinensis* Osbeck cv. Newhall)为材料,进行不同管理模式下树体微量营养元素周年需求规律研究。试验在赣南师范大学国家脐橙工程技术研究中心进行,叶片采样时间为 2017 年 4—12 月至 2018 年 3—11 月,采样地点为赣南师范大学种子资源圃和赣州市潭东果园。

本试验主要采用完全随机区组试验设计,每个试验点各取 10 株生长发育正常的 6 年生纽荷尔枳橙,其中 5 株 1 小区,挂牌取样。从 4 月果树大量开花起开始采集叶片,直至 11、12 月果实被采收完全后结束。叶片具体取样时间为每月 8 日和 23 日左

右,每年合计采集叶片 18 次,取样时均选取生长发育正常枝条上的叶片,从每株树上各采集叶片 40 张,其中结果母枝上果实附近的越冬叶片为老叶,当年生春梢叶为新叶,采样时老叶和新叶各采集 20 张,分东南西北 4 方位采样,每个方位 5 张,新老叶分开存放。

1.4 样品的保存

将采集好的叶片用超纯水洗净后,于 105 ℃ 烘箱中杀青 30 min,然后置于 75 ℃ 恒温烘箱中烘干,粉碎、过筛后置于干燥器中,恒温保存备用。

1.5 测定及分析方法

仪器: starter 2100 pH 计、ICP-MS(安捷伦 7900)、MKII Chloride Analyzer 926 等。试剂:四水硝

酸钙、硝酸钾、磷酸二氢铵、七水硫酸镁、乙二胺四乙酸二钠亚铁、硼酸等。

柑橘铁、锰、硼、锌、铜、元素含量的测定参考 Ou 等的方法^[22]进行,并进行适当修改:将已经粉碎的干样粉末再次置于 75 ℃ 恒温烘箱中烘干过夜。称取叶片干样粉末 0.20 g 左右,按编号置于石英坩锅中,25 个样品为 1 组,其中 1 个样品作为参照,所有参照称取同一个样。将称好的叶片粉末放在电炉上加热,待黑烟散尽即可取下,随后放入马弗炉中在 500 ℃ 下灰化 6 h,待炉温降到室温时用坩埚钳取出,然后加入 5% 硝酸 10 mL,静置后用定量滤纸过滤,再装入 10 mL 离心管中待测。采用等离子体发射光谱仪 ICP-MS(安捷伦 7900)测定待测液,计算后得到铁、锰、硼、锌、铜元素的含量。

2 结果与分析

2.1 不同管理的模式下 2 个果园 2017 年与 2018 年的 5 种微量元素的年均状况分析

由表 3 可知,潭东精细管理园的铜、硼元素含量均高于资源圃粗放管理园。2017 年,潭东精细管理脐橙园与资源圃粗放管理脐橙园相比,老叶及新叶中铁、锰、锌含量相差较小,而新叶、老叶中铜、硼含量分别增加 24.73、23.20、39.51、49.52 mg/kg,均超过资源圃果园含量的 1 倍以上。而在 2018 年,也出现了相类似的情况,即潭东精细管理园与资源圃粗放管理园相比,铁、锰、锌含量差距较小,但铜、硼含量在新、老叶中分别高出 18.84、10.31、65.80、68.69 mg/kg,含量差距均较大。

对比表 2 中的元素诊断分级标准可知,在 2017 年和 2018 年 2 个年生长周期中,潭东果园的老叶中铁元素处于高量范围值内,潭东果园新叶及资源圃新叶中铁年均含量均处于适量值范围内。2017 年

资源圃老叶铁年均含量处于适量范围内,但 2018 年资源圃老叶处于高量状态;2 个果园的老叶和新叶年均锰含量均处于适量值范围内;铜含量在潭东地区的老叶、新叶中处于过量状态,在资源圃老叶中均处于过量状态,新叶中均处于适量状态;新叶、老叶中的锌含量在潭东和资源圃 2 个果园均处于缺乏范围内;硼含量在潭东地区的新叶、老叶中均处于适量范围内,在资源圃新老叶中均处于低量范围。说明潭东果园存在铜过量锌缺乏的状况,而资源圃地区存在缺锌、缺硼问题。赣南脐橙园的土壤主要为红壤和黄壤,少量为紫色土,而在红壤和黄壤中锌含量低。上述结果与凌厉俐等的赣南脐橙果园普遍缺锌,部分果园缺硼的调查结果^[23]较为一致。

对比分析 2017 年与 2018 年各种元素的年均含量可知,潭东果园与资源圃新叶、老叶中铁含量变化较为明显,2018 年较 2017 年分别增加了 46%、9% 和 59%、12%;铜含量在潭东地区新、老叶中分别减少了 17%、30%;硼含量在潭东地区新、老叶中分别增加了 32%、10%,在资源圃新、老叶中分别降低了 9%、30%。锰、锌含量在 2 地新、老叶中含量变化大多小于 5%,即含量变化较不明显。

另外,由表 3 还可知,在 2017、2018 年测定的年均值中,潭东和资源圃 2 果园铁含量在老叶中的年均值较新叶高出约 90%、41% 和 71%、20%;锰含量在老叶中的年均值较新叶高出约 36%、25% 和 30%、33%。在资源圃果园中,2 年老叶铜含量均高于新叶 68% 左右,含量差距较为明显。而在果园果实的年生长周期中,老叶和新叶的锌、硼含量差别不大,说明锌、硼在老叶和新叶中含量更为均衡。

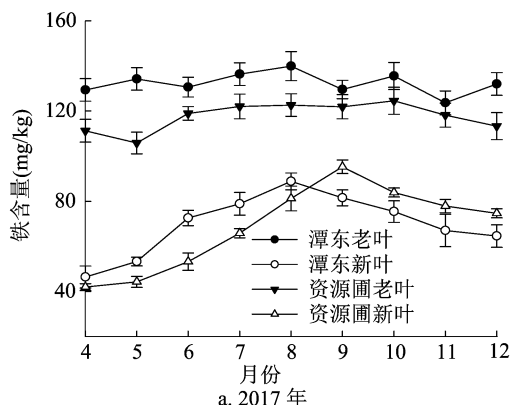
2.2 不同管理模式 2 个果园的 5 种微量元素周年变化规律状况

2.2.1 铁含量周年变化趋势 由图1可知,2018

表 3 潭东果园与资源圃 2017 年和 2018 年 5 种微量元素年均数据分析

地点	年份	部位	铁含量 (mg/kg)	锰含量 (mg/kg)	铜含量 (mg/kg)	锌含量 (mg/kg)	硼含量 (mg/kg)
潭东	2017	老叶	132.36 ± 1.17	37.60 ± 0.48	44.45 ± 1.07	14.47 ± 0.37	85.25 ± 1.68
		新叶	69.84 ± 1.46	27.73 ± 0.65	37.35 ± 1.11	13.10 ± 1.05	73.94 ± 2.22
	2018	老叶	143.76 ± 2.17	35.80 ± 0.70	30.94 ± 1.49	15.16 ± 0.35	93.87 ± 1.55
		新叶	102.21 ± 2.09	28.74 ± 0.60	31.16 ± 0.98	15.49 ± 0.39	97.26 ± 1.22
资源圃	2017	老叶	117.62 ± 1.70	34.49 ± 0.97	21.25 ± 0.68	14.85 ± 0.26	35.73 ± 1.04
		新叶	68.68 ± 0.94	26.54 ± 0.62	12.62 ± 0.35	13.94 ± 0.41	34.43 ± 0.85
	2018	老叶	131.40 ± 1.77	36.82 ± 0.79	20.63 ± 0.84	15.29 ± 0.37	25.18 ± 0.84
		新叶	109.44 ± 1.90	27.62 ± 0.64	12.32 ± 0.37	13.75 ± 0.36	31.46 ± 0.76

年潭东和资源圃 2 个果园的新、老叶铁含量总体略高于 2017 年。而在 2017、2018 年 2 个整年生长周期内,潭东和资源圃 2 个果园内叶片中铁含量整体变化趋势较为接近,均表现为老叶中铁含量整体呈波浪平稳变化且幅度较小,在新叶中从 3、4 月的最小值随着生长时间的推移逐渐增长,在 8、9 月达到峰值后下降。2017 年,从最小值到峰值,潭东果园



和资源圃新叶铁含量分别增加了近 1 倍;从初花期开始到采样结束,新叶铁含量在到达峰值后下降,潭东和资源圃 2 个果园新叶总体铁含量分别增加了 39% 和 78%。2018 年,从最小值到峰值,潭东和资源圃 2 个果园新叶铁含量分别增加了 49% 和 19%;采样结束时,潭东和资源圃 2 个果园新叶总体铁含量分别增加了 17% 和 14%。

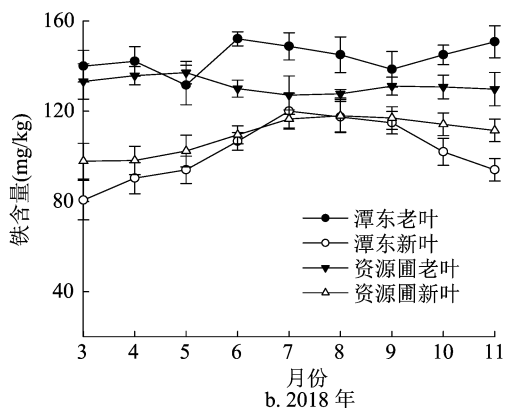


图1 2017、2018 年铁含量周年变化规律

2.2.2 锰含量周年变化趋势 由图 2 可知,在 2017、2018 年 2 个整年生长周期内,潭东和资源圃 2 个果园内叶片锰含量均总体呈上升趋势。从开花期到采果期结束,2017 年,潭东果园新、老叶中锰元素含量分别增加了 54% 和 29%,资源圃新、老叶中

锰元素含量分别增加了 87% 和 46%;2018 年,潭东果园新、老叶中锰元素含量分别增加了 32% 和 49%,资源圃新、老叶中锰元素含量分别增加了 58% 和 34%。

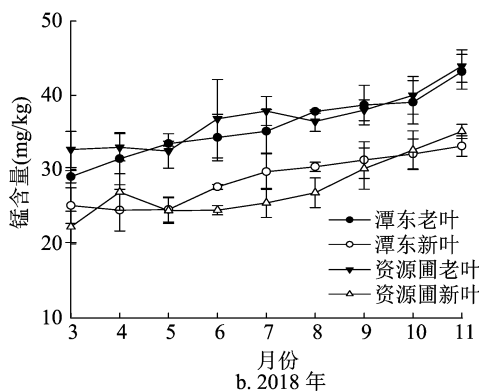
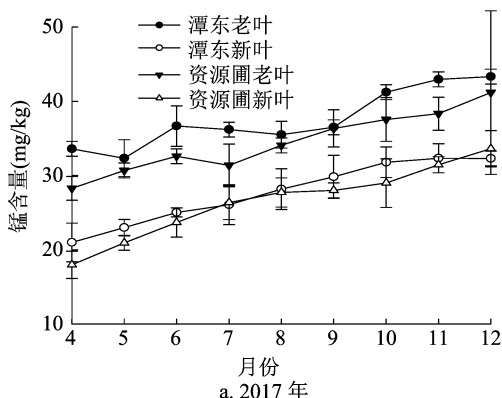


图2 2017、2018 年锰含量周年变化规律

2.2.3 铜含量周年变化趋势 由图 3 可知,在 2017、2018 年 2 个整年生长周期内,潭东果园新叶、老叶中铜含量均出现在果实迅速膨大期疾速上升,而后迅速下降的情况,据调查得知,这是由于在精细管理的潭东果园中,为防治病虫害,果农会在 6、7 月果实迅速膨大期大量喷洒含铜杀菌剂波尔多液,导致叶片中吸收并残留了大量铜元素,因此出现铜含量非正常增长的现象。之后随着生长期的推移,在雨水冲刷及营养吸收等多种作用下,铜含量缓慢

下降,最终趋于适宜。而在资源圃果园中,2 年间老叶铜含量发生较为平稳浮动,新叶中则出现略微上升现象。

2.2.4 锌含量周年变化趋势 由图 4 可知,在 2017、2018 年 2 个整年生长周期内,潭东、资源圃 2 个果园内叶片锌含量呈下降趋势,2017 年,锌含量在潭东果园新、老叶中分别下降了 24% 和 27%,在资源圃新、老叶中分别下降了 36% 和 17%;2018 年,锌含量在潭东果园新、老叶中分别下降了 27%

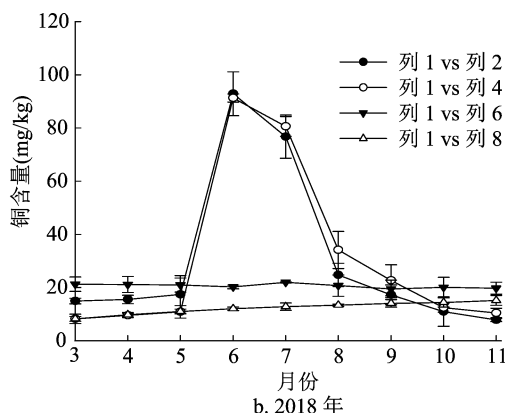
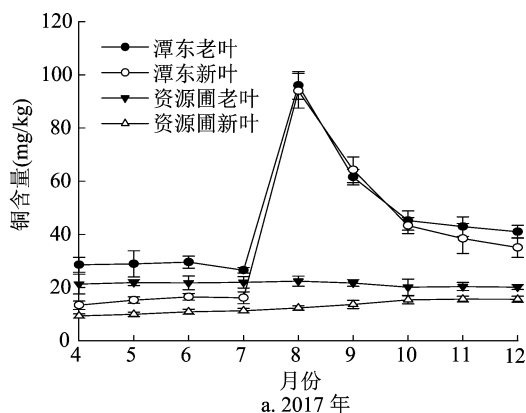


图3 2017、2018 年铜含量周年变化规律

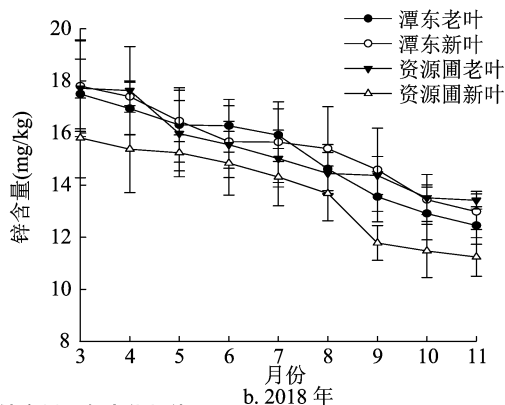
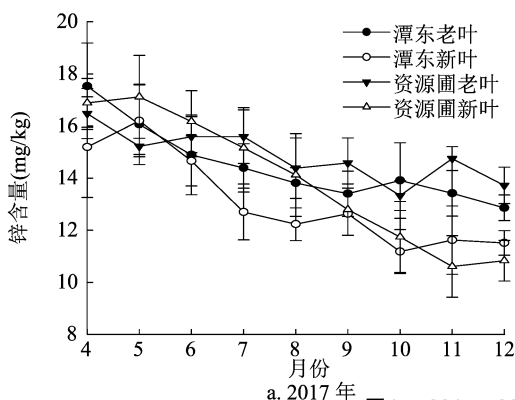


图4 2017、2018 年锌含量周年变化规律

和 29%, 在资源圃新、老叶中分别下降了 29% 和 24%。锌在盛花期前累积, 在整个生长过程中不断减少。锌主要参与生长素的合成及植物器官发育, 并作为酶成分参与代谢及光合作用, 因而在果树的整个生长发育与开花结果过程中, 被不断消耗, 因此含量整体减少。

2.2.5 硼含量周年变化趋势 由图 5 可知, 在 2017、2018 年 2 个整年生长周期内, 潭东果园新、老叶中硼含量总体呈上升趋势, 而在资源圃果园中,

新、老叶硼含量较潭东果园均明显降低且整体呈较为平稳的浮动。潭东地区 2017、2018 年新、老叶含量分别增加了 22.15、13.36、57.92、27.91 mg/kg, 资源圃果园 2017、2018 年新、老叶含量分别增加了 6.04、7.77、3.07、1.25 mg/kg。硼元素对于蛋白质的合成和生长素的运输具有重要的作用, 因而在果实不断生长壮大的过程中随着蛋白质含量的增加其含量不断增加, 而在果实迅速膨大期, 其含量增加则更加明显。

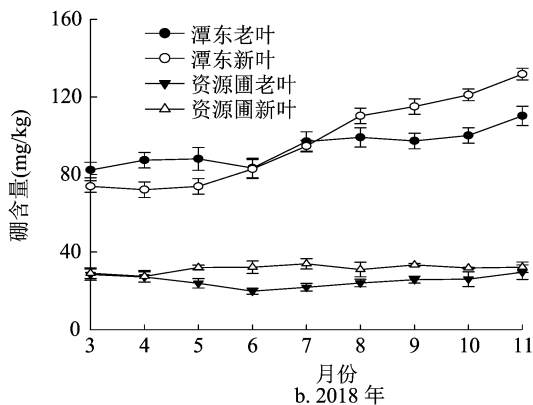
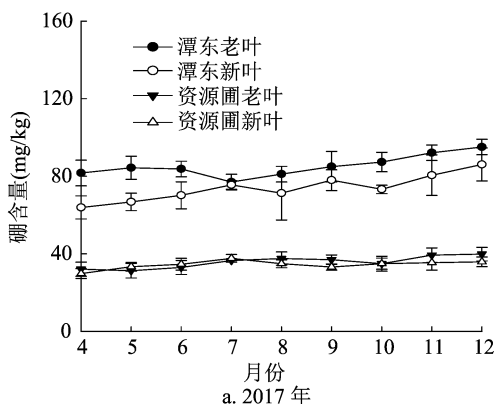


图5 2017、2018 年硼含量周年变化规律

3 结论与讨论

3.1 不同管理模式叶片中部分元素含量存在较大差异

由以上分析可知,精细管理的潭东果园与粗放管理的资源圃果园之间叶片中铁、锰、锌含量差距较小,但精细管理园叶片中的铜、硼含量明显高于粗放管理园。在近似的气候下,精细的管理、合理的施肥打药可以有效提高土壤肥力,增加土壤中肥力的基础值,进而改善果树本身的营养状况,使得果树更好地生长,但如果潭东果园过多地喷施含铜杀菌剂可能造成单一元素过量,这不利于果树的营养平衡。

3.2 不同年份间同一果园叶片中的元素含量存在差异

虽然同一果树的年周期元素含量变化应大致相似,但通过对比分析 2017、2018 年潭东果园与资源圃叶片中的铁、锌、硼含量可以看出,它们的波动频率和幅度均存在较大差异,说明即使是在同一个果园的同一片果树中,也可能由于树体本身的差异或外界温度、气候、光照、降水、通气等导致其营养状况差异,具体关系有待深入研究。

3.3 应根据土壤状况及叶片元素的年均含量状况调整施肥

根据测定的 2 个果园的土壤基本性质,建议潭东与资源圃 2 个果园都增施有机肥、氮肥和磷肥,以补充土壤养分基础值。依据元素年均含量分析结果可知,潭东果园铜过量锌缺乏,资源圃地区缺锌缺硼。因而建议潭东果园减少使用含铜杀菌剂或者换用不含铜杀菌剂,并适当增施含锌微肥;资源圃地区则应适当增施含锌含硼微肥。

3.4 依据周年含量变化规律确定施肥时期

在 2 年生长周期中,锰、硼含量整体呈现上升趋势,锌含量呈下降趋势,铁、铜含量出现平稳变化或波浪型浮动。含铜杀菌剂的使用导致叶片铜含量急剧上升后下降,说明在果实的生长期,部分叶片营养可流向果实,因而建议在果实采收后至开花结果期前进行合理补肥,提高树体自身养分水平,以促进果树多果高产。

参考文献:

[1] 卢占军,钟八莲,郭慧. 赣南脐橙产业可持续发展的探讨[J]. 企业经济,2015(4):149-152.

[2] 肖家欣,严翔,彭抒昂,等. 赣南华盛顿脐橙果实发育中几种矿质营养含量动态的研究[J]. 中国生态农业学报,2008,16(1):134-138.

[3] 肖家欣,严翔,彭抒昂,等. 纽荷尔脐橙缺硼表现与其硼、糖含量年变化的关系[J]. 园艺学报,2006,33(2):356-359.

[4] 邓秀新,彭抒昂. 柑橘学[M]. 北京:中国农业出版社,2013.

[5] 庄伊美. 柑橘营养与施肥[M]. 北京:中国农业出版社,1994.

[6] Liu G D, Wang R D, Liu L C, et al. Cellular boron allocation and pectin composition in two citrus rootstock seedlings differing in boron-deficiency response[J]. Plant and Soil, 2013, 370(1/2):555-565.

[7] 秦鱼生,涂仕华,冯文强,等. 脐橙喷施微量元素肥料的效应研究[J]. 中国南方果树,2004,33(1):9-10.

[8] 刁莉华. 柑橘叶片营养元素含量的季节变化[D]. 重庆:西南大学,2013.

[9] 肖家欣,彭抒昂,何华平. 柑橘果实总钙、可溶性 Ca^{2+} 含量及 Ca^{2+} -ATPase 活性的季节性变化[J]. 果树学报,2004,21(6):530-534.

[10] Storey R, Treeby M T. Seasonal changes in nutrient concentrations of navel orange fruit[J]. Scientia Horticulturae, 2000, 84(1):67-82.

[11] 陈高海. 微量营养元素对植物生理功能及其增产的作用[J]. 化肥工业,1989(3):33-37.

[12] 解发,彭良志,淳长品,等. 纽荷尔和清家脐橙果实大量矿质营养元素含量与累积变化[J]. 中国南方果树,2012,41(1):7-10.

[13] 谢文龙,李健,施清,等. 纽荷尔脐橙叶片矿质元素含量适宜值的研究[J]. 园艺学报,2014,41(6):1069-1079.

[14] 凌丽俐,彭良志,淳长品,等. 赣南纽荷尔脐橙叶片微量元素含量状况[J]. 园艺学报,2010,37(9):1388-1394.

[15] 凌丽俐,彭良志,淳长品,等. 赣南脐橙叶片营养状况对果实品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2012,18(4):947-954.

[16] Menino R. Leaf analysis in citrus: interpretation tools [M]// Advances in citrus nutrition. Netherlands: Springer, 2012.

[17] 郝婕,魏亮,王献革,等. 国红苹果叶片微量元素周年变化规律及相关性分析[J]. 江西农业学报,2014,26(5):55-57.

[18] 卢伟红,张玉星,张建光,等. 鸭梨叶片和果实 10 种营养元素含量周年变化的研究[J]. 中国果树,2012(6):26-29.

[19] 徐爱春,陈庆红,顾霞,等. 猕猴桃叶片矿质营养元素含量年变化动态与果实品质的关系[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(24):5126-5131.

[20] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2005.

[21] 鲁剑巍,陈防,王富华,等. 湖北省柑橘园土壤养分分级研究[J]. 植物营养与肥料学报,2002,8(4):390-394.

[22] Ou S, Song S, Shuang P, et al. The effects of low boron on growth, gas exchange, boron concentration and distribution of 'Newhall' navel orange (*Citrus sinensis* Osb.) plants grafted on two rootstocks [J]. Scientia Horticulturae, 2009, 121(3):278-283.

[23] 凌丽俐,彭良志,淳长品,等. 赣南不同产量纽荷尔脐橙园叶片养分状况分析[J]. 中国南方果树,2010,39(5):30-32.