

广东四会优质沙糖桔产地生态地球化学特征

黎旭荣, 朱鑫, 张高强, 文俊

(广东省地质调查院, 广东 广州 510080)

摘要: 四会地区是中国重要的沙糖桔产区, 重点对威整和地豆两处沙糖桔园进行了生态地球化学调查。采集了沙糖桔园表层至底层土壤、出露的代表性基岩、沙糖桔叶和果实样品, 实测了营养、有益和有害元素以及土壤营养元素有效态的含量。通过分析得出: (1) 优质沙糖桔产区植物营养、有益元素含量适宜, 重金属元素中 Cd、Cr、Hg 等的含量符合无公害水果产地环境要求; (2) 在土壤-沙糖桔生态系统中, 大多数有益、营养元素从深部到表层的变化规律具有相似性; (3) 沙糖桔各器官(叶、果皮、果实)中, 元素大多在叶中较为富集, 有害元素在果实中富集较小, 大多数营养元素在果皮中较果肉中富集; (4) 成土母质以砂岩及花岗岩发育而成的赤红壤较适宜, 尤以砂岩为母质的土壤更好。

关键词: 生态地球化学; 优质沙糖桔产地; 土壤-沙糖桔生态系统; 营养、有益元素; 有害元素

中图分类号: P595

文献标志码: A

文章编号: 1000-8527(2012)01-0125-06

Eco-geochemical Characteristics of the High-quality Shatang Citrus Producing Area in Sihui, Guangdong

LI Xu-rong, ZHU Xin, ZHANG Gao-qiang, WEN Jun

(Geological Investigation Institute of Guangdong Province, Guangzhou, Guangdong 510080, China)

Abstract: This study carried out an eco-geochemistry investigation on Shatang citrus plantation field in Weizheng and Didou of Sihui, Guangdong Province. Soils, leaves and fruits of citrus were sampled from Shatang citrus plantation field, and the contents of their nutritional, beneficial and harmful elements were measured. The measurements revealed the following results: (1) in the high-quality Shatang citrus producing area in Sihui, the content of beneficial and nutritional elements is suitable, and the content of harmful elements, such as Cd, Cr and Hg is in accord with the environmental demand of the unpolluted-fruit producing area; (2) in the ecological system of soil-Shatang citrus, the variation regularity of total and effective contents of beneficial and nutritional elements is similar to each other from the depth to the surface; (3) in different organs of Shatang citrus, i. e. leaves, pericarps and fleshes, elements are enriched mostly in leaves, and harmful elements are enriched a little in fleshes, and the content of beneficial and nutritional elements in leaves are higher than that in fleshes; (4) the crimson soil with the parent materials from granites or sandstones (especially sandstones), is relatively suitable for planting Shatang citrus.

Key words: eco-geochemistry; high-quality Shatang citrus producing area; ecological system of soil-Shatang citrus; beneficial and nutritional element; harmful element

0 引言

现代农业地质工作给优化农作物提供了新

的方向, 生态地球化学通过研究岩石和土壤微量元素对作物生长和果实品质的肥效作用, 选择富含营养元素的土壤及岩石分布地区规划种植布局,

收稿日期: 2009-12-18; 改回日期: 2011-10-10; 责任编辑: 潘令枝。

基金项目: 广东省珠江三角洲经济区农业地质与生态地球化学调查项目(1212010511216); 广东省珠江三角洲经济区主要特色与优质农产品基地地球化学评价项目(1212010511216-3-1)。

作者简介: 黎旭荣, 男, 助理工程师, 1985年出生, 地球化学专业, 主要从事农业地质调查与研究工作。

Email: lxr015042@163.com。

可以提高产量,优化品质。

本文选择广东省四会市威整和地豆两个重点研究区,野外采集了沙糖桔园表层和深层土壤样品以及沙糖桔叶和熟果样品,实测了主量和微量营养元素、有害元素以及营养元素有效态的含量。通过开展沙糖桔产地生态地球化学特征调查,查明地球化学元素在成土母岩—土壤—沙糖桔垂直系统中的运移、转换、富集规律,对于优质沙糖桔产地区划和非优质沙糖桔产地土壤改良,以及沙糖桔产区生产布局和增产提质具有重要的指导作用。

1 四会沙糖桔产区概况

四会是沙糖桔的发源地,也是我国主要的沙糖桔栽种地之一。四会位于广东省中部偏西,处于西江、北江、绥江三江下游,属珠江三角洲经济区边缘。四会地形酷似竖立的一片桑叶,既有平原区,又有丘陵和山区,是北回归线横贯的绿洲,属典型的亚热带季风性气候区。

四会现种植沙糖桔面积 21.76 万多亩(1 亩 $\approx 667 \text{ m}^2$),总产量达 9.5 万 t 以上。四会柑桔具有显著的品牌优势,被誉为“一枝独秀”。其中,四会于 2001 年被中国绿色食品发展中心评为“中国绿色食品柑桔之乡”,同年被国家林业局授予“中国柑桔之乡”称号,四会沙糖桔被评为“中国名优果品”。2002 年有黄田、石狗、江谷、地豆、威整等 5 个镇柑桔种植面积超一万亩,全市有 37 个村委会柑桔种植面积超千亩。2003 年四会沙糖桔获得国家质量监督检验检疫总局认证的“原产地标记”。本文选择的威整和地豆两个沙糖桔重点研究区,大部分以低山、丘陵为主,其中,威整成土母岩以砂页岩为主,地豆成土母岩以花岗岩为主,土壤类型多为酸性赤红壤。

2 研究方法

2.1 样品采集

根据《局部生态地球化学评价技术要求》(DD2008—05),项目组在工作区内按 1:5 万精度进行面上调查,以 1 km^2 为单位大格均匀布点,采集表层土壤样(地表 0~20 cm)。另外,根据不同地质背景、地球化学环境,在农作物长势、品质和产量具代表性的地块,布置了垂直剖面,并针对垂直剖面分布采集了与之配套的沙糖桔样品。

2.2 样品处理与测试

土壤样品自然风干,剔除样品中的植物根系、有机残渣以及可见侵入体,用木棍碾碎并用玛瑙研钵研磨,分别过 20 目和 100 目尼龙筛。中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所测试中心承担土壤样品分析工作,并按《生态地球化学评价样品分析技术要求》(DD2005—03)测试方法测定土样全量指标 27 项、根系土有效态 14 项;广东省物质实验检测中心承担植物样品测试,沙糖桔样测试指标 27 项。

3 优质沙糖桔产地土壤生态地球化学特征

3.1 基岩—土壤元素含量变化特征

经野外实地调研,威整沙糖桔园为四会柑桔种质资源保护区,属于优势柑桔产地。其栽培管理水平具代表性,基本无化肥污染。地豆镇的沙糖桔园管理水平、施肥、蓄水灌溉等条件同前者相似,但规模更大。将采自 2 个果园表层土壤和母质层的元素含量各取均值,与相对应的基岩元素含量进行对比分析,结果见图 1。

从图 1 中可以看出,由于地质背景、母岩类型的不同,尽管土壤中各元素的含量变化趋势近似,但元素的含量明显存在差异。如威整桔园表层土壤中 Mn、Hg、Pb、Zn 含量低于地豆桔园,而 P、 K_2O 、B、MgO、 Fe_2O_3 、As、Cd、Cr、Cu、Se 则相反。2 个果园土壤中元素含量变化由基岩→母质→表层土, Hg、Zn、P、 Fe_2O_3 、As、Cd、Cu、Se 含量由低到高变化; Mn、Pb、MgO、 K_2O 则由高向低变化,在母质层和表土中含量明显下降; Co、As、Se 在母质层中最高, Hg、Cr 在表土中最高。

从以上分析可以看出,岩石风化成土后 Mn、Pb、MgO、 K_2O 较其他元素更易于流失。同时,土壤中元素的分布特征直接受控于岩石的元素组成,是岩石中各种化学成分的继承和发展。岩石为土壤提供各种元素,特别是微量元素,除直接风化成土的方式外,还能以溶解于岩石裂隙水的方式随毛细管作用上升至地面土壤。因此,可以说岩石不但是土壤的母质和支托体,同时也是土壤中天然物质的供应库,对植物的生长起着一种潜资源的作用^[1]。研究岩石的化学组成对土壤的成分和植物生长的影响,是探讨沙糖桔生长的地质地球化学背景的基本思路。

3.2 土壤元素丰缺特点

威整、地豆沙糖桔产区的果园表层土壤均为酸性赤红壤，其母岩类型分别以砂岩和花岗岩为主。将来自各个果园的表层土壤中的有益、有害、

营养元素含量的统计值列于表 1。表中 \bar{X} 为均值， S 为标准偏差， N 为样品个数。为保证数据的严谨性，笔者根据《数据的统计处理和解释正态性检验》(GB/T 4882—2001) 筛选均值方法，其均值的

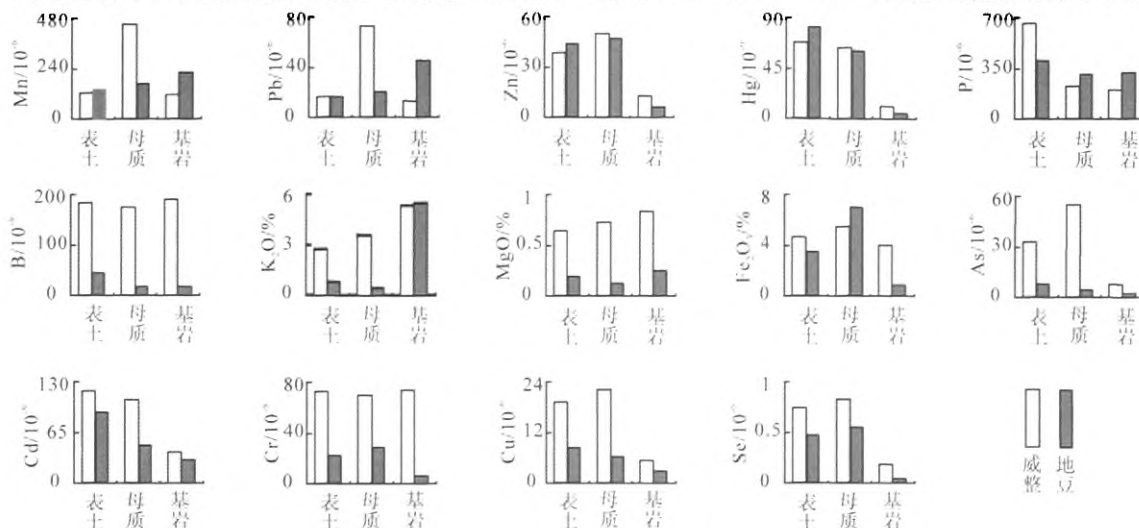


图 1 四会沙糖桔产地基岩-土壤元素含量变化特征

Fig. 1 Element contents in original rocks and topsoils of Shatang citrus producing areas in Sihui

表 1 四会沙糖桔产区表层土壤中各元素的基本统计值

Table 1 Statistical data of element contents in topsoils from Shatang citrus producing areas in Sihui

产区(样品数)	数据类型	P/ 10^{-6}	K ₂ O/%	CaO/%	MgO/%	S/ 10^{-6}	Fe ₂ O ₃ /%	Mn/ 10^{-6}	B/ 10^{-6}
威整(N=17)	\bar{X}	671.11	2.68	0.12	0.64	216.70	4.40	120.40	187.52
	S	643.03	0.53	0.15	0.17	62.94	1.53	58.24	112.23
地豆(N=137)	\bar{X}	405.27	0.74	0.15	0.15	368.82	3.47	133.53	38.30
	S	359.06	0.45	0.13	0.07	134.17	1.43	48.91	63.45
产区(样品数)	数据类型	Mo/ 10^{-6}	SiO ₂ /%	Co/ 10^{-6}	Na ₂ O/%	Se/ 10^{-6}	Tl/ 10^{-6}	F/ 10^{-6}	Cu/ 10^{-6}
威整(N=17)	\bar{X}	0.85	72.43	2.65	0.09	0.72	0.58	724.87	18.48
	S	0.32	6.74	2.54	0.02	0.27	0.14	232.39	9.87
地豆(N=137)	\bar{X}	0.60	71.39	1.90	0.05	0.47	0.40	228.90	8.00
	S	0.82	7.76	1.63	0.02	0.21	0.17	127.41	5.26
产区(样品数)	数据类型	Hg/ 10^{-9}	Pb/ 10^{-6}	Zn/ 10^{-6}	As/ 10^{-6}	Cd/ 10^{-9}	Cr/ 10^{-6}	Ni/ 10^{-6}	pH
威整(N=17)	\bar{X}	68.88	19.40	40.60	30.77	123.18	72.79	8.90	4.75
	S	24.94	18.48	23.71	34.31	80.03	15.78	5.35	0.62
地豆(N=137)	\bar{X}	82.10	20.57	43.50	4.30	92.27	23.20	8.00	5.30
	S	65.03	7.12	19.75	8.90	100.84	32.29	5.46	0.70

注： \bar{X} 为均值； S 为标准偏差； N 为样品个数。

表 2 四会优质沙糖桔产地表层土壤中各元素含量适宜范围

Table 2 Optimum range of element contents in topsoils from high-quality Shatang citrus producing areas in Sihui

P/ 10^{-6}	K ₂ O/%	CaO/%	MgO/%	S/ 10^{-6}	Fe ₂ O ₃ /%	Mn/ 10^{-6}	B/ 10^{-6}
209 ~ 1 957	1.63 ~ 3.73	0.05 ~ 0.41	0.29 ~ 0.98	90 ~ 342	1.35 ~ 7.45	3.92 ~ 236	90 ~ 412
Mo/ 10^{-6}	SiO ₂ /%	Co/ 10^{-6}	Na ₂ O/%	Se/ 10^{-6}	Tl/ 10^{-6}	F/ 10^{-6}	Cu/ 10^{-6}
0.21 ~ 1.5	59 ~ 85	1.33 ~ 7.74	0.04 ~ 0.13	0.18 ~ 1.26	0.3 ~ 0.85	260 ~ 1 189	5.6 ~ 38.2
Hg/ 10^{-9}	Pb/ 10^{-6}	Zn/ 10^{-6}	As/ 10^{-6}	Cd/ 10^{-9}	Cr/ 10^{-6}	Ni/ 10^{-6}	pH
19 ~ 118	12.1 ~ 56	20.6 ~ 88	9.5 ~ 99	59 ~ 283	41.23 ~ 104	6 ~ 19.6	4.01 ~ 6

选取,根据变量服从正态分布的情况,可能取算术均值、几何均值或者中位数^[2]。

对两个桔园进行比较,发现威整桔园的有益、营养元素 P、K₂O、MgO、Fe₂O₃、B、Mo、Na₂O 的含量高于地豆桔园,其他有益、营养元素 CaO、S、Mn 地豆桔园较高;而威整桔园有害元素 As、Cd、Cr、Ni、Cu、F 高于地豆桔园,其他有害元素 Hg、Pb、Zn 地豆桔园较高。

威整桔园为四会市农业局确立的优质沙糖桔产地,其成土母质为砂岩。以威整桔园表层土壤中的 $X \pm 2S$ 作为优质沙糖桔产地表层土壤中元素含量适宜范围,计算了 P、K、B、Ca、Mo、As、Hg 等 24 项有益、营养元素和有害元素的含量适宜范围,并列于表 2。如果其他沙糖桔产区表层土壤中的元素含量符合威整桔园产地土壤中元素含量变化,就可认为其具备了成为优质沙糖桔产地的基本条件^[3]。

对比表 1 和表 2 发现,地豆桔园表层土壤中多数元素含量均在适宜范围之内。由于母岩不同,有益、营养元素和有害元素含量的丰缺有所不同。其中,植物有益、营养元素 K、Mg、B 含量缺乏,富 S;有害元素 F、As、Cr 含量较低。

调查显示,地豆桔园平均产量要低于威整桔园。由于区域性缺 K、Mg、B,使沙糖桔的落花落果较为严重。沙糖桔在开花坐果期间,除需适宜的气候条件外,还需要大量的矿物质元素维持其正常的生理活动,特别是 K、Mg、B 这 3 种元素。为此,若能在开花结果之前或这一期间适当增加这几种元素的供给,有可能较少落花落果,使产量得到提高^[4]。

图 2 为威整、地豆 2 个沙糖桔园的表层土壤元素有效态均值对比折线图。从图 2 中可以获

知,威整桔园表层土壤元素有效态含量多数要高于地豆桔园,仅有效 Mo、有效 Zn 含量低于地豆桔园。有益、营养成分的有效性高低,直接影响植物体对有益养分的合理吸收;有害元素含量较低,则利于减少对植物体的毒害^[5]。

3.3 土壤有害元素超标状况

威整和地豆桔园产区属于低山丘陵区,虽然母岩类型不同,但风化成土性质均为酸性的赤红壤。将测试所得 2 个桔园的表层土壤中有害元素均值与《绿色食品产地土壤环境质量标准》^[6]、《无公害水果产地环境要求》^[7](以 pH < 6.5 为准)进行对比,桔园产区土壤中有害元素超标情况见表 3。

表 3 四会沙糖桔产区土壤中有害元素含量变化($w_B/10^{-6}$)

Table 3 Toxic element contents in soils from Shatang citrus producing areas in Sihui(10^{-6})

指标	威整 (N=17)	地豆 (N=137)	绿色 食品产地	无公害 水果产地
As	30.770	4.300	25	40
Cd	0.123	0.092	0.3	0.3
Cr	72.790	23.200	120	150
Hg	0.069	0.082	0.25	0.30
Pb	19.400	20.570	50	250

注: N 为样品数量。

从表 3 中可见,2 个桔园表层土壤中 Cd、Cr、Hg、Pb 均未超标,只有威整沙糖桔产区的 As 高于绿色食品产地土壤环境质量标准,但未超出无公害水果产地环境要求。

综上所述,除威整桔园外,地豆桔园也符合优质沙糖桔产地所具备的条件,即表层土壤中多数有益、营养元素适量,有害元素含量符合无公

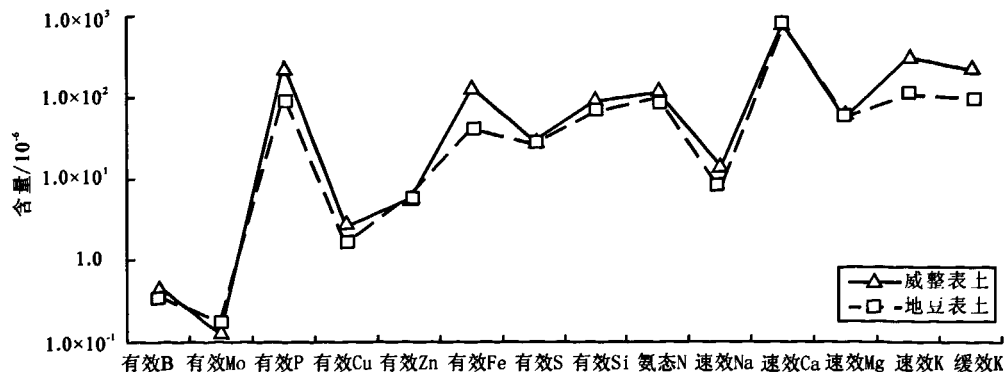


图 2 四会沙糖桔产区表层土壤元素有效态含量对比

Fig. 2 Comparison of available contents of elements in topsoils from Shatang citrus producing areas in Sihui

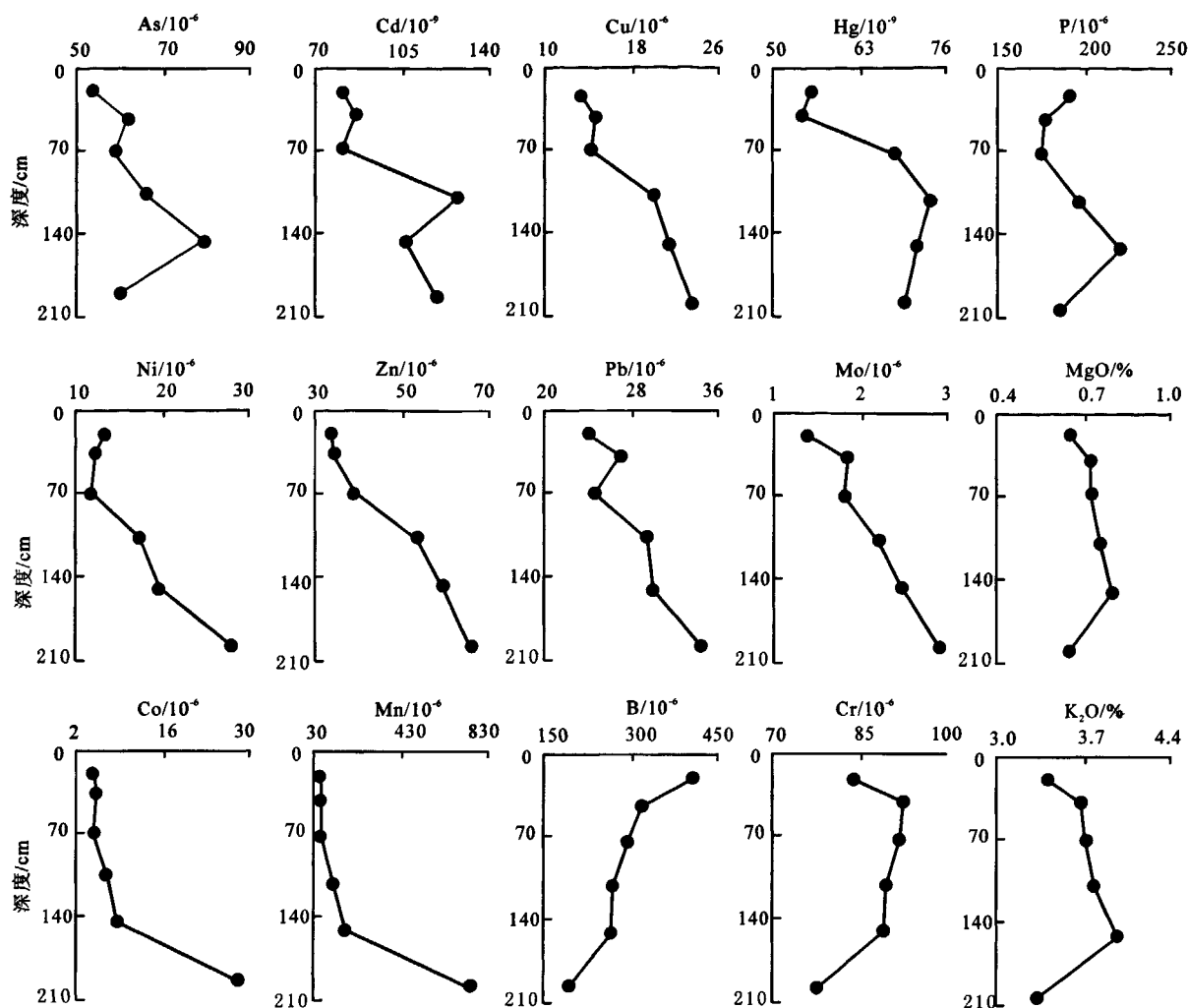


图3 土壤垂直剖面元素含量变化

Fig. 3 Vertical distribution characteristics of element contents in soil profiles

害水果产地环境要求,多数达到绿色食品产地土壤环境质量标准要求。而沙糖桔产区土壤中有害元素不超标,是作为优质沙糖桔产地的首要条件之一。

4 优质沙糖桔产地土壤-沙糖桔生态系统中元素含量变化

以母岩类型为砂岩发育而成的土壤综合剖面为例,研究有益、有害元素在土壤纵向上及沙糖桔各器官中的含量变化情况,以初步了解各元素在垂直系统中的迁移、转化规律。

4.1 土壤纵向上的元素含量变化特征

从图3中可以看出如下规律:从深部到表层土壤,As、Cd、Cu、Hg、Ni、Pb、Zn、Co、Mn、Mo等元素的全量由高到低变化,全量Cr、B由低到高变化。另外,P、Mg、K全量从深部到表

层变化幅度不大。

由此可知,除Cr之外,其他7个重金属有害元素都是深部大于表层,表明这类有害元素富集的主要原因是由地质背景引起。而营养有益元素P、Mg、K含量从深部到表层都较丰富,为不同根系深度的沙糖桔植株提供较为充足的养分。

4.2 沙糖桔各器官中元素含量变化特征

由图4可见,沙糖桔各部位的元素含量变化具有相似性,即叶中的含量均高于果实,这与蒙格尔等人的结论相符——通常植物的生长部位如叶、茎和根中的矿物质成分比果实、块茎和种子中要高^[5]。

对于沙糖桔纵向(叶→果皮→果实)来讲,不同部位所富集的元素略有差异。其中,各种元素从叶→果皮→果实,含量大多由高→中→低变化,仅有Mg和P含量是由高→低→中变化;植

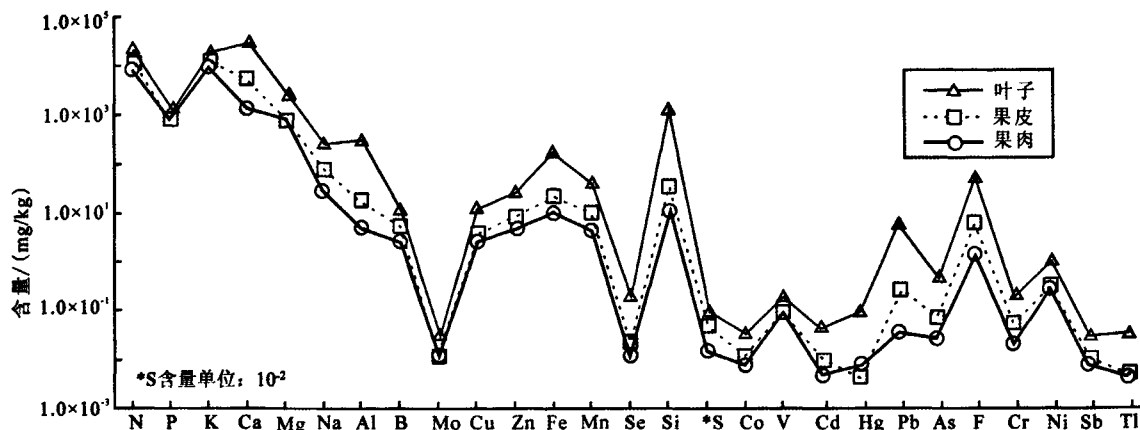


图4 沙糖桔部分器官元素含量变化

Fig. 4 Element contents in partial organs of Shatang citrus

物所需营养元素大多在叶中富集,并且有害元素在果实中富集较小;在沙糖桔果实的果皮和果肉中,微量元素的含量是不相同的。大多数元素含量都是果皮大于果肉。这对于开发果皮的食用用途是有意义的。

5 结 论

本文采用生态地球化学调查方法,利用不同桔园中表层土壤、岩石、根系土以及沙糖桔样品的元素含量数据,通过上述分析与讨论,得到以下认识:

(1)威整、地豆沙糖桔园的母岩不同(分别为砂岩和花岗岩),使得2个沙糖桔园表层土壤中所富集的元素含量存在差异。按照由威整优质沙糖桔产地推导出的桔园土壤中元素含量的适宜条件,地豆沙糖桔园表层土壤主要缺乏植物有益、营养元素K、Mg、B,富S,有害元素F、As、Cr含量较低。对比威整与地豆桔园土壤元素有效态含量,威整桔园多数要高于地豆桔园,仅有效Mo、有效Zn含量低于地豆桔园。由此,建议在地豆产区有针对性地增加钾肥和硼肥的使用。

(2)优质沙糖桔产地元素含量在土壤-沙糖桔生态系统纵向上的变化规律主要表现为:除Cr之外,其他7个重金属有害元素含量都是深部大于表层,表明这类有害元素富集的主要原因是由地质背景引起;而营养有益元素P、Mg、K含量从深部到表层都较丰富,可为不同大小的沙糖桔植

株提供较为充足的养分。沙糖桔部分器官中,有益、有害元素趋向于叶中富集,而在果实中元素含量明显下降,大多数元素含量都是果皮大于果肉。这对于开发果皮的食用用途是有意义的。

(3)威整、地豆优质沙糖桔产地土壤中有害元素含量符合土壤环境质量指标。

(4)优质沙糖桔产地在符合沙糖桔生长地面环境条件的基础上,土壤生态地球化学环境应满足以下条件:优质沙糖桔产地土壤以母岩为砂岩及花岗岩发育而成的赤红壤较适宜,尤以砂岩为母质的土壤更好;土壤中有益、营养元素含量适宜,有害元素含量不超标。

参考文献:

- [1] 胡国俊,陈德兴,柯爱蓉. 湖北郧县地区柑桔生长地球化学背景探讨[J]. 湖北地质, 1994, 8(2): 67-73.
- [2] 张利田,卜庆杰. 环境科学领域学术论文中常用数理统计方法的正确使用问题[J]. 环境科学学报, 2007, 27(1): 171-173.
- [3] 陈德兴,胡国俊,柯爱蓉. 湖北省优质柑桔林地质-地球化学背景[J]. 地球科学, 1994, 19(3): 364-374.
- [4] 王徽,张勤,范辉,等. 莆田优质枇杷产地生态地球化学特征[J]. 物探与化探, 2008, 32(1): 79-82.
- [5] 蒙格尔·K, 克尔克贝·E A. 植物营养原理[M]. 张宜春,译. 北京: 农业出版社, 1987: 50.
- [6] 中国绿色食品发展中心. NY/T391—2000 绿色食品产地土壤环境质量标准[S]. 2000.
- [7] 国家质量监督检验检疫总局. GB/T18407.2—2001 农产品安全质量: 无公害水果产地环境要求[S]. 2001.