

影响从化荔枝生长及果实品质的地球化学特征

陈恩, 贾磊, 朱鑫

(广东省地质调查院, 广东 广州 510080)

摘要:从化地区是广东重要的荔枝产区, 本文重点对从化荔枝进行了生态地球化学调查, 采集了荔枝园表层土壤和荔枝果实以及配套根系土样品, 测试了营养、有益和有害元素及荔枝果实的品质。通过计算荔枝果实元素的吸收系数、果实品质与根系土营养元素的相关性, 获知影响荔枝生长及果实品质的特征元素, 包括常量组分 N、P、MgO、NaO、CaO、Al₂O₃ 和微量元素 B、S、Sb、V。最后通过分析特征元素在评价区分布状况, 获知种植荔枝最理想区域为第四纪松散堆积物以及白垩纪花岗岩。

关键词:特征元素; 品质; 营养元素; 地球化学特征; 从化荔枝

中图分类号: P596 **文章标识码:** A

荔枝是广东省的优势作物, 植物生态学观点认为, 一种优势作物的形成和发展与其土壤母质、地形、有机体、气候及时间有关。也就是说, 即使是在同一农业地质环境中, 也由于具体的地质背景的不同, 作物的生长条件也不一样。花岗岩地区与石灰岩分布区, 变质岩与火山岩分布区各自宜种的作物就不一样^[1]。由生理学可知, 植物需从它们所依存的环境介质中吸取必需的营养元素 (即所谓的矿物质、或称微量元素), 也就是说环境介质中微量元素的含量状况、赋存形式等在一定程度上决定着作物的生长、发育及其品质好坏。对于任何一种作物来说, 它都有对某种或某些元素特殊的需求, 也就是说, 任一种作物都有富集某种或某些元素的特点, 如荔枝对 Mg、B 的富集等, 把这些元素叫做某种作物的特征元素或特征元素组合。这些特征元素都是与作物内在品质有密切联系且来自于土壤的营养元素。本文通过对从化荔枝的一些优势产地进行调查, 发现优质荔枝产于一定元素组合的地球化学背景区内。

1 从化荔枝产区概况

1.1 自然地理

从化市地处广东省中部, 广州市东北面, 属广州市县级市, 是广东省著名的主要荔枝栽种地之一。从化市属半山区, 东北部以山地、丘陵为主, 中南部以丘陵、谷地为主, 西部以丘陵、台地为主。境内川流纵横, 主要有流溪河、琶江河和莲麻河。从化市地处低纬度地带, 属亚热带季风气候, 北回归线横跨境内南端太平镇, 境内气候温和, 雨量充沛。年平均气温 19.5 ~ 21.4 °C, 7 月为高温期, 12 月为低温期; 年平均雨量 1800 ~ 2200 mm, 主要集中在 5 到 7 月份。四季特征为春季冷暖多变, 阴湿多雨, 有“倒春寒”; 夏季晴多温高, 时有大风和暴雨; 秋季气爽少雨, 常遇干旱和“寒露风”; 冬季多晴天, 气候干燥, 常见霜冻。

1.2 种植现状

从化市大面积种植荔枝, 主要产区有太平、神岗、城郊、江埔、温泉等地, 棋杆、灌村、鳌头、龙潭民乐在 1980 年代后也发展为荔枝新产区。另外, 良口以北大面积地区零星有荔枝种植。主要为黄竹郎、桂峰和京坑三地, 荔枝主要沿流溪水库和黄龙带水库边缘、北溪以东河谷旁侧种植。种植的荔枝品

收稿日期: 2012-04-11; 修回日期: 2012-05-17

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 (编号: 1212010511216); 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 (1212010511216-3-1)。

作者简介: 陈恩 (1985—), 男, 助理工程师, 主要从事农业地质调查与研究工作, E-Mail: 398999759@qq.com。

种主要有槐枝、桂味、糯米糍三类,其中糯米糍在2002年度获广州市名优农产品称号,2005年被评为从化市首批“一村一品”,2009年更是申报“国家地理标志保护产品”成功,可以说糯米糍是从化市乃至广州地区的一个响当当的品牌。

1.3 地质背景

从化荔枝种植区内出露地层较多,由老至新有云开岩群($Pt_{2-3}Y$)、泥盆纪春湾组($D_{2-3}C$)和帽子峰组(D_3C_{1m})、石炭纪大赛坝组(C_1ds)、古近纪宝月组(E_2by)、第四纪大湾镇组(Qhd)。

云开岩群出露于评价区的东部,主要岩性为云母片岩、黑云母斜长片麻岩等。春湾组出露于从化市西北侧,岩性为一套海相砂泥质夹钙质沉积。帽子峰组出露于从化市东北和北部,主要为粉砂岩与页岩、细砂岩互层。大赛坝组出露于从化市中西部,主要岩性为粉砂岩、细砂岩,夹页岩、炭质页岩等。宝月组出露于从化神岗、太平等地,岩性主要为砂岩和泥岩。大湾镇组出露于流溪河两岸,岩性主要为黄色砂卵石层、浅土黄色含砾中粗砂层及细砂层、砂质粘土。

评价区内侵入岩有晚志留世侵入岩($S_3\eta\gamma$)、晚侏罗世侵入岩($J_3\eta\gamma$)和早白垩世侵入岩($K_1\eta\gamma$),岩性主要为黑云母二长花岗岩。

2 研究方法

2.1 样品采集及测试方法

根据 DD2008-05^①规范要求,项目组在工作区内按 1:5 万精度进行面上调查,以 1 km² 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,采集了荔枝果实以及与之配套的根系土样品。

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。按 DD2005-03^②要求测试方法测定土样和荔枝全量指标,包括 N、P、K₂O、CaO、MgO、Na₂O、Al₂O₃、B、Mo、Cu、Zn、Fe₂O₃、Mn、Se、Si、S、Co、V、Cd、Hg、Pb、As、F、Cr、Ni、Sb、Tl 共 27 项;另外测试了荔枝样品营养品质指标,包括可溶性固形物、总酸、可溶性糖、维生素 C、蛋白质、粗纤维等项指标。

3 荔枝中特征元素组合

元素进入植物体内,有些是主动吸收进来的,必然会与植物中有机物存在某种内在联系,有些是被迫积累的,但积累过多,会对品质产生一定影响。哪些元素是主动吸收的,哪些元素是被迫积累的,这些元素会对作物的内在品质产生什么样的影响,这正是我们要查明特征元素的意义所在。可从三个方面来确定作物的特征元素:

一是作物从土壤中吸收元素的强烈程度(吸收系数);

二是作物元素和营养品质的相关性;

三是同类作物在不同地区的元素地球化学特征。

考虑上述三种情况,综合确定特色作物的特征元素组合^[2]。

3.1 荔枝对元素的选择性吸收

植物对土壤背景中微量元素的吸收有一定的选择性,而植物对其生长环境中元素的吸收利用程度则可通过吸收系数来表示。本文采用果实中某元素含量和对应的根系土样品中该元素全量之比作为该元素的吸收系数。

荔枝果实对元素的吸收能力和吸收强度因地貌、地质背景的不同而表现出一定差异:

(1)元素之间的差异。总体上,元素 N、S、P、Cu、K、Mg 的吸收系数很高,Cd、Zn、Ca、B 较高,而 Sb、Co、Tl、Se、Na 较低,Al、Si、Fe、F、Pb、Cr、V、As 均很低(见表 1)。

(2)不同地质背景的荔枝果肉吸收系数具有较大的差异。例如,侏罗纪花岗岩体中多数元素吸收系数较高,如 B、Cu、N、P、Zn、K、Mg、Na 等,而这些元素在泥盆纪地层中除 S 以外,均被较少吸收。由于地质条件的不同,赋存于不同地质背景的元素有较大差异,导致荔枝吸收系数产生了一定的差异,从而影响了果实的品质和产量。从表中可以看出,种植于第四纪、云开岩群地层和侏罗纪花岗岩体上荔枝均具有较好的吸收性。

综上所述,本文取荔枝吸收系数较大者并按出现次数多少元素排序,包括 N、S、P、Cu、K、Mg、Cd、Zn、Ca、B 共 10 个元素作为首选特征元素。吸收系数表示了植物对元素的必需程度,一般中等吸收以上的元素,是植物从土壤中主动选择吸收进来的,是其生理所必须的元素。但吸收系数较小的元素,

表 1 荔枝元素吸收系数平均值(%)(N=30)

Table 1 Average value of element absorption coefficient of litchi

As	B	Cd	Co	Cr	Cu	F	Hg	Mn
0.032	1.53	7.26	0.30	0.024	20.43	0.014	1.90	1.08
Mo	N	Ni	P	Pb	S	Sb	Se	Tl
0.72	191.39	1.08	60.07	0.016	178	0.15	0.63	0.45
V	Zn	Si	Al	Fe	Mg	Ca	Na	K
0.03	5.63	0.0011	0.0007	0.0098	10.65	3.09	0.68	14.10

表2 荔枝各地层区元素吸收系数均值(%)

Table 2 Average value of elements absorption coefficient for litchi in different stratas

	云开岩群	泥盆纪	侏罗纪	白垩纪	二叠纪	第四纪
	N=11	N=2	N=3	N=4	N=2	N=8
As	0.047	0.003	0.016	0.033	0.005	0.033
B	1.16	0.59	3.47	3.96	0.09	0.69
Cd	4.44	4.42	19.30	4.64	13.32	7.14
Co	0.48	0.20	0.14	0.24	0.46	0.14
Cr	0.028	0.005	0.055	0.036	0.015	0.008
Cu	18.40	8.46	41.00	27.88	15.80	15.94
F	0.026	0.032	0.005	0.009	0.002	0.003
Hg	1.58	2.97	3.11	1.02	6.87	0.83
Mn	1.26	0.94	1.98	1.25	1.49	0.36
Mo	0.67	0.73	0.73	0.57	1.06	0.76
N	203	124	205	153	260	190
Ni	0.89	1.65	1.50	0.91	1.61	0.99
P	50.11	61.72	123.94	69.67	68.68	42.44
Pb	0.022	0.018	0.026	0.008	0.003	0.009
S	173	180	126	134	185	227
Sb	0.27	0.01	0.05	0.15	0.12	0.06
Se	0.67	0.21	0.57	0.29	0.34	0.94
Tl	0.46	0.41	0.72	0.14	0.44	0.50
V	0.025	0.008	0.046	0.034	0.025	0.030
Zn	6.51	7.20	7.17	4.32	7.36	3.67
Si	0.0009	0.0005	0.0007	0.0018	0.0005	0.0013
Al	0.0008	0.0010	0.0006	0.0005	0.0004	0.0006
Fe	0.009	0.006	0.012	0.007	0.010	0.013
Mg	12.43	4.92	15.43	9.01	11.00	8.58
Ca	2.96	4.35	5.23	3.02	3.30	2.14
Na	0.84	0.97	0.91	0.61	0.74	0.31
K	19.40	11.04	21.86	6.90	12.80	8.59

不一定都不是植物所需,只能靠相关性筛选^①。

3.2 荔枝果实营养品质与根系土营养元素的相关性

由荔枝果实营养品质与配套根系土元素含量的相关系数(表 3)可见,总酸、可溶性固形物、维生素 C 与多种土壤常量组分及微量元素具有十分密切的关系。

维生素 C 与元素 Co、N、P、S、Sb、Zn、MgO 和有机碳显著正相关,其中与 N、Zn 的相关性最好,与 pH 显著负相关。可食率与常量组分 SiO₂ 呈显著负相关关系,说明土壤中 SiO₂ 含量越高,荔枝的可食率越低;而 Al₂O₃、K₂O 等组分与可食率表现为显著正相关关系,说明这些组分含量越高(即土壤中细

表3 荔枝果实品质与根系土元素相关关系(N=30)
Table 3 Correlation between litchi fruit quality and elements in root soil

元素	维生素 C	粗纤维	可溶性固形物	可溶性糖	粗蛋白	总酸	糖酸比	可食率	水分	相关和(包括置信度≥90%的数据)
B	0.008	-0.242	-0.381*	-0.453*	-0.116	0.056	-0.100	-0.074	0.031	0.834
Co	0.334*	-0.238	-0.255	-0.069	-0.273	0.056	-0.079	0.193	0.202	0.334
Cu	0.275	-0.031	-0.170	-0.197	-0.288	0.253	-0.324*	-0.043	0.158	0.324
Mn	0.286	-0.156	0.015	0.200	-0.104	-0.226	0.266	0.219	0.033	0.000
Mo	-0.213	-0.090	-0.050	0.240	0.186	-0.232	0.249	0.410*	0.001	0.410
N	0.467*	0.070	-0.174	0.014	0.034	0.125	-0.109	0.211	0.322*	0.789
P	0.339*	0.324*	0.325*	0.208	0.079	-0.032	0.078	-0.061	-0.091	0.987
S	0.355*	0.137	-0.254	-0.211	0.112	0.136	-0.184	0.358	0.331*	1.044
Sb	0.446*	-0.351*	-0.105	0.174	-0.206	-0.087	0.125	0.072	0.136	0.797
Se	0.096	0.060	-0.120	-0.039	0.040	0.113	-0.158	0.114	0.072	0.000
V	0.222	0.101	-0.085	-0.241	-0.256	0.317*	-0.447*	0.050	0.118	0.764
Zn	0.472*	-0.041	-0.042	0.163	-0.091	0.005	0.078	0.187	0.172	0.472
SiO ₂	-0.092	0.092	0.225	-0.004	-0.248	0.021	-0.083	-0.503*	-0.226	0.503
Al ₂ O ₃	0.005	-0.219	-0.377*	-0.167	0.128	0.021	0.023	0.434*	0.247	0.811
Fe ₂ O ₃	0.107	0.042	-0.169	-0.110	-0.076	0.170	-0.259	0.217	0.078	0.000
MgO	0.388*	-0.316*	-0.273	-0.034	-0.178	0.061	-0.053	0.166	0.250	0.704
CaO	0.070	-0.082	0.138	0.223	0.028	-0.108	0.194	0.233	-0.045	0.000
Na ₂ O	0.145	-0.305	-0.034	0.243	0.043	-0.206	0.349*	0.197	0.045	0.654
K ₂ O	0.049	-0.208	-0.186	0.198	0.234	-0.285	0.397*	0.302	0.197	0.397
Corg.	0.404*	0.031	-0.181	0.071	0.068	0.071	-0.068	0.246	0.298	0.404
pH	-0.327*	-0.019	0.100	0.030	0.055	-0.071	0.078	0.315*	0.038	0.642

注: *表示置信度≥90%

粒级、粘粒级组分越高)则越有利于果实可食率的提高;营养元素 Mo、S 与可食率表现为显著正相关关系,适当提高这些营养元素的含量有利于可食率的提高,另外 pH 与可食率显著正相关,说明 pH 对荔枝可食率也有一定的影响。粗纤维与根系土大部分元素的相关性较差,仅与 P 显著正相关,与 Sb 及 MgO 显著负相关。可溶性固形物与 P 显著正相关,而与 B、Al₂O₃ 显著负相关,可溶性糖与 B 显著负相

关。粗蛋白、总酸与根系土元素的相关性较不显著,总酸与 V 显著正相关。糖酸比值与 Na、K 显著正相关,与 Cu、V 显著负相关。水分与 S、N 显著正相关。

从上面各项果实品质与根系土各元素的相关性来看,土壤中部分元素与荔枝果实品质相关性较好,将根系土各元素与荔枝果实品质的相关系数(|r|>0.3)取绝对值相加,其总和表现出该元素与荔枝果实品质相关性方面的重要性(表 3)。取相关系数总

和较大的 B、S、P、N、Sb、V、SiO₂、Al₂O₃、MgO、Na₂O 择吸收,权数定为 0.4,将各元素加权分之和排序,作为根系土中影响荔枝品质的主要营养元素。结果如表 4。

3.3 特征元素的确定

将上述候选元素按 100 分向下给出顺序分(间隔为 5 分)^[2]。由于相关系数对营养成分贡献大,其 Al₂O₃ 和微量元素 B、S、Sb、V。

综上所述,发现影响荔枝生长及果实品质的特征元素主要包括常量组分 N、P、MgO、NaO、CaO、Al₂O₃ 和微量元素 B、S、Sb、V。

表4 荔枝特征元素
Table 4 Characteristic elements of Litchi

确定因子	特征元素
相关性(1)	S(60)、P(57)、B(54)、Al(51)、Sb(48)、N(45)、V(39)、Mg(36)、Na(33)、Si(30)
吸收系数(1)	N(30)、S(28.5)、P(27)、Cu(25.5)、K(24)、Mg(22.5)、Cd(21)、Zn(19.5)、Ca(18)、B(16.5)
特征元素(2)	S(88.5)、P(84)、N(75)、B(70.5)、Mg(58.5)、Al(51)、Sb(48)、Ca(48)、V(39)、Na(33)

注:(1)括号内的数字为加权得分;(2)括号内的数字为总得分之和

4 特征元素在荔枝种植区分布状况

评价区主要发育第四纪、古近纪、石炭纪、泥盆纪、云开岩群地层和白垩纪、侏罗纪花岗岩体,对不同岩石地层分布区表层土壤特征元素含量进行统计分析(表 5),为保证数据的严谨性,笔者根据 GB/T 4882-2001^[4]筛选均值方法,选取中值进行统计^[5]。

1、比较各岩石地层出露区表层土壤元素含量可以得出:第四纪地层区土壤相对富集 B、N、P、K₂O;古近纪、石炭纪地层区土壤以多元素相对较贫化为特征;泥盆纪土壤含量呈富集特征的元素有

B,相对贫化的元素有 N、P、CaO;云开岩群表层土壤含量呈富集特征的元素有 N、P、S;相对贫化的元素有 Na₂O、MgO;侏罗纪花岗岩区土壤相对富集 N、S、Al₂O₃,相对贫乏 B、P、Na₂O、CaO、MgO;白垩纪花岗岩区土壤相对富集 N、P、Na₂O、S、CaO、Al₂O₃,相对贫乏 B、MgO。

2、与珠江三角洲经济区表层土壤(平均值)相比,本区表层土壤中相对富集 B、N、P、CaO,相对贫乏 S、Al₂O₃、Na₂O;与广东土壤(平均值)相比,本区表层土壤元素均相对较富集。

综合以上资料,对比不同地质背景种植区特征

表5 各岩石地层区表层土壤元素含量中值(元素含量单位10⁻⁶,氧化物%)
Table 5 Elements content median of surface soil in different stratas

元素	第四纪 N=217	古近纪 N=69	石炭纪 N=8	泥盆纪 N=28	云开岩群 N=58	白垩纪 N=40	侏罗纪 N=23	全区 N=446	广东省土壤	珠三角均值
B	84.2	77.6	50.75	106.4	80.8	24	19.7	75.45	21.8	46.9
N	1050	861	831.5	756	1026	1318	1101	1024.5		995.27
P	504	431	374	298	622	739	283	493.5		413
S	188	197	179	165	282	331	279	207		233
Al ₂ O ₃	11.51	8.70	10.36	8.915	10.44	14.01	17.17	10.78	7.21	15.1
MgO	0.31	0.26	0.26	0.255	0.22	0.17	0.18	0.26	0.17	0.28
CaO	0.21	0.12	0.10	0.1	0.15	0.17	0.11	0.16	0.06	0.13
Na ₂ O	0.10	0.07	0.07	0.07	0.07	0.11	0.05	0.08	0.05	0.14
pH	5.5	5.10	5.25	5.1	5.40	5.29	5.00	5.4	5.2	5.28

元素含量状况,获知第四纪松散堆积物区、白垩纪花岗岩区表层土壤特征元素较为富集,最适合荔枝的生长,此外,在白垩纪花岗岩区种植荔枝时要注意多施含硼化肥。

5 结论

本文采用生态地球化学调查方法,利用荔枝园中表层土壤、根系土以及荔枝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)通过计算荔枝对其生长环境中元素的吸收利用程度,获知营养元素 N、S、P、Cu、K、Mg 等最易被荔枝吸收。通过讨论不同地质背景的荔枝果肉吸收系数,获知种植于第四纪、云开岩群地层和侏罗纪花岗岩体上荔枝均具有较好的吸收性;选择吸收系数较大的元素组成了首选特征元素,包括 N、S、P、Cu、K、Mg、Cd、Zn、Ca、B。

(2)通过讨论荔枝果实营养元素与配套根系土中营养元素的相关关系,获知维生素 C 与元素 Co、N、P、S、Sb、Zn、MgO、pH 和有机碳显著正相关。粗纤维仅与 P 显著正相关,与 Sb 及 MgO 显著负相关。

可溶性固形物与 P 显著正相关,而与 B、Al₂O₃ 显著负相关,可溶性糖与 B 显著负相关。糖酸比值与 Na、K 显著正相关,与 Cu、V 显著负相关。综合上述讨论,最终获得与果实品质较为密切的元素包括常量组分 N、P、SiO₂、Al₂O₃、MgO、Na₂O 以及微量元

素 B、V、Sb、S 等。

(3)通过研究,获得影响荔枝生长及果实品质的特征元素包括常量组分 N、P、MgO、Na₂O、CaO、Al₂O₃ 和微量元素 B、S、Sb、V。

(4)对比不同地质背景种植区特征元素含量状况,获知第四纪堆积物区、白垩纪花岗岩区表层土壤特征元素较为富集,最适合荔枝的生长,此外,在白垩纪花岗岩区种植荔枝时要注意多施含硼的化肥。

注释:

- ①中国地质调查局. 局部生态地球化学评价技术要求(DD2008-05).
- ②中国地质调查局. 生态地球化学评价样品分析技术要求(DD2005-03).

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 曾群望, 杨双兰. 云烟生产的土壤地质背景[M]. 云南科学出版社, 1993.
- [3] 李新虎. 土壤地球化学环境对宁夏枸杞品质的制约影响研究[D]. 北京. 中国地质大学, 2007.
- [4] GB/T 4882-2001 数据的统计处理和解释 正态性检验[S].
- [5] 张利田, 卜庆杰, 等. 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.

Geochemical Characteristics for Growth and Fruit Quality of Conghua Litchi, Guangdong Province

CHEN En, JIA Lei, ZHU Xin

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

Abstract: The paper carried out an eco-geochemistry investigation in litchi plantation field of Conghua, Guangdong province. In the Conghua high-quality litchi producing area, we gathered surface soil and fruit of litchi, analysis for beneficial and nutritional elements. According calculated absorption coefficients, correlations between nutritional quality of litchi and elements of soil-in-root, we found the characteristic elements for affecting growth and fruit quality of litchi, including eleven elements such as N, P, MgO, Na₂O, CaO, Al₂O₃, B, S, Sb and V. At last, analysis for distribution of characteristic elements in evaluated area, the quaternary and Cretaceous granite are relatively suitable for growing Litchi.

Key word: characteristic elements; quality; beneficial elements; geochemical characteristic; Conghua litchi, Guangdong province