

广东阳春双滘原产地产品沙姜的特征元素^①

刘 慧, 常向阳*, 付善明, 陈 南, 赵晓峰, 张红英

(广州大学环境科学与工程学院, 广州 510006)

摘 要: 植物特征元素及其组合能一定程度上反映特定区域对该地植被生长产生的影响。为了探讨元素及其组合能否作为原产地产品的元素指纹标记, 分析了广东阳春双滘地区沙姜与土壤中十多种元素的含量、相关性及元素吸收系数。该研究中微量元素在沙姜和土壤中均具有较好的传承性; 沙姜对各种元素的吸收具有差异性, 沙姜与土壤中元素也具有一定的相关性; 通过权重分析初步认定该区域沙姜特征元素为 Mn、Zn、Mg、Sr、Cu、Ni、Fe。区域地球化学背景对原产地产品的影响值得深入探讨。

关键词: 原产地产品; 特征元素; 沙姜; 广东阳春

中图分类号: X142

原产地域产品是指利用产自特定地域的原材料, 按照传统工艺在特定地域内生产, 并按法定程序批准以原产地域名称命名的产品。原产地产品集地理、质量、经济、文化概念于一身, 其形成与发展, 除取决于优良品种遗传基因这一内在因素外, 也与当地土壤、气候、水质、生态环境等地理因子和生态因子密切相关, 与原产地的元素环境地球化学特点之间拥有不可替代的本源关系^[1-3]。

我国出现的许多名优原产地域产品群落多分布于地球表面元素同位素地球化学异常区域中, 通过元素特征能够反映原产地域的地球化学背景^[4]。植物体中一组能表明特定环境对植物生长产生特定影响的微量元素, 被称为植物特征元素(组合)^[1,5], 微量元素及其组合特征记录了母岩成土、土壤衍化、作物生长的过程, 常常与同位素比值一起被作为示踪溯源的有力工具^[6-9]。

沙姜 (*Kaempferia galangal* L.), 为姜科多年生宿根草本植物, 味辛辣, 但有别于姜味, 气味芳香似樟脑, 主要呈味物质为龙脑、桉油精、山奈酚、山奈素等, 原产于热带地区, 以根茎供药用, 是著名的中药, 又为常用副食佐料。据《中国药典》记载有行气、温中和止痛作用, 常用于胸腹胀满、心腹冷痛、寒湿吐泻、牙痛等症^[10]。在我国广东、海南、台湾、广西、云南等省区均有栽培, 而广东阳春市种植沙姜历史悠久, 其出产的沙姜色好味香远近闻名, 是当地重要的原产地域产品, 目前全市种植沙姜面积约 13 km², 已成为该市重要的农村经济产业和特色农业^[11]。本文通过对沙姜及沙姜根部土壤中 14 种微量元素及其组合

特征进行研究分析, 旨在初步查明该地区沙姜生长的特征元素, 探讨原产地域产品与原产地环境地球化学之间的本源关系。

1 材料与方 法

土壤与沙姜样品均采自沙姜名优产地广东省阳春市双滘镇(图 1)。共确定采样地 23 块, 每块地 3~5 个采样点, 各采样点采集土壤剖面 2~4 个, 每个土壤剖面采集样品一组共 6 个: 种植沙姜样品; 沙姜根系抖落土; 0~5、5~10、10~15、15 cm 以下土壤样品各 1 个。对照背景剖面 3 个。土壤样品用四分法缩分, 自然风干后过 100 目筛备用。沙姜样品用去离子水洗净后烘干磨碎备用。

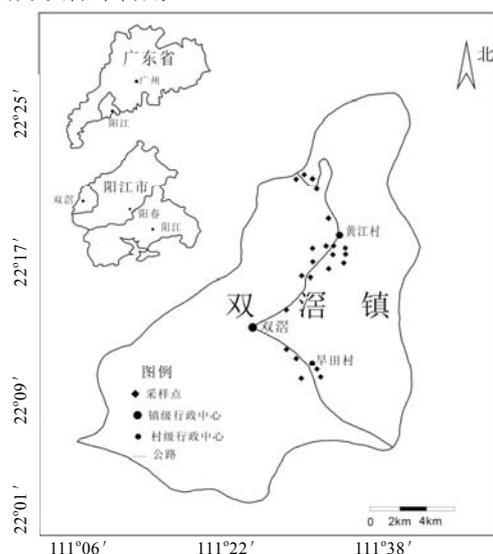


图 1 采样点分布图

Fig. 1 Location of sample sites

① 基金项目: 国家自然科学基金项目 (40772201), 教育部新世纪优秀人才支持计划项目 (NCET-07-0219) 和教育部重点项目 (207083) 资助。

* 通讯作者 (changxy@gzhu.edu.cn)

作者简介: 刘慧 (1983—), 女, 内蒙古人, 硕士研究生, 主要研究方向为环境地球化学。E-mail: liuhui008-1@163.com

处理后土壤与沙姜样品于 60℃烘干至恒重后,采用湿法消解。准确称取 0.2000 g 过 100 目塑料筛的土壤样品置于聚四氟乙烯坩埚中,加入 10 ml 混酸(浓硝酸:高氯酸:氢氟酸 = 4:1:1),浸泡过夜,然后在电板上加热消解。直到溶液澄清无色透明,取下冷却,用 5% 稀硝酸定容至 25 ml 容量瓶,摇匀待测。沙姜准确称取 0.5000 g,加混酸(浓硝酸:高氯酸 = 4:1)进行消解。实验过程通过空白试验和国家标准样品(GSS-6)来进行质量控制,具体见表 1。

样品微量元素测定使用 Leeman ICP-AES(利曼公

司电感耦合等离子体-原子发射光谱仪)测定。测试元素 Fe、Mg、Cd、Co、Cr、Cu、Mn、Ni、Pb、Zn、Sr、Ba、Ti、V。测得数据采用 SPSS16.0 软件进行相关性分析。样品前处理及样品分析在广州大学环境地球化学专题实验室完成。

2 结果与讨论

2.1 沙姜与土壤中微量元素分布特征

表 2 为沙姜以及沙姜根部土壤中微量元素的平均含量以及广东省 A 层土壤元素背景值,其中沙姜中含量以干重计。

表 1 测试方法的准确度和精密度

Table 1 Accuracy and precision of measuring method

元素	GBW07406 推荐值 (mg/kg)	GBW07406 测试值 (mg/kg)	RE (%)	土壤元素 RSD (%)	沙姜元素 RSD (%)
Fe	21720	22956.000	5.69	0.50	1.64
Mg	1560	1607.440	3.04	0.66	1.63
Cd	0.13	0.139	6.92	6.98	7.78
Co	7.6	7.733	1.75	4.23	8.10
Cr	75	80.000	6.67	1.08	0.80
Cu	390	387.030	-0.76	2.17	2.70
Mn	1450	1397.970	-3.59	1.08	1.71
Ni	53	55.230	4.21	1.17	1.02
Pb	314	316.977	0.95	0.69	0.69
Zn	97	103.234	6.43	0.41	0.87
Sr	39	37.542	-3.74	4.95	5.70
Ba	118	121.262	2.76	1.21	0.98
Ti	4390	4179.987	-4.78	0.98	1.72
V	130	141.000	8.46	0.24	0.15

表 2 沙姜与根部土中微量元素平均含量与广东省土壤背景值 (mg/kg) (n = 62)

Table 2 Mean concentrations of trace elements in *Kaempferia galangal* L. and root soil, and background soil value of trace elements in Guangdong Province

元素	Mg	Mn	Ba	Zn	Fe	Cu	Sr
沙姜中含量	488.79	63.41	6.77	8.22	7.83	0.72	0.62
根部土中含量	2 644.38	245.07	350.86	53.59	19 377.17	29.90	8.14
广东省背景值 ^[12] (A层)	1 700.00	279.00	213.00	47.30	24 200.00	17	26
元素	Ni	Pb	V	Cr	Ti	Cd	Co
沙姜中含量	0.52	0.48	0.26	0.17	0.092	<0.01	<0.01
根部土中含量	13.38	25.00	140.63	69.25	2 646.29	<0.01	6.24
广东省背景值 (A层)	14.40	36.00	65.3	50.5	2900	0.056	7.0

表 2 将元素在沙姜中含量从高至低排列,可以看出沙姜中元素含量最高的是 Mg,而 Mg 在土壤中也是含量相对较高的元素,并且远远高于广东省平均背景

值;其次为 Mn、Zn、Fe、Cu、Sr、V 等,在沙姜与土壤中含量均较高。沙姜与土壤中各个元素含量在总体上具有基本相似的变化趋势,这说明土壤元素组合

特征在沙姜中得到较好的传承。

特征元素与一些能表明植物品质和食用健康的有机生化组分密切相关，也是该植物从土壤中吸收较多的成分^[1,5]。但是沙姜中元素含量大小并不能完全反映沙姜对其需要的程度，有些是植物生长所必需的元素，如Mg；而另外还可能是由于土壤环境中该元素含量太高而被迫摄入，甚至富集的。无论是植物主动吸收还是胁迫吸收，植物中含量较高的元素也可在一定程度上反映该地区该种植物的生长特性。反之，有些元素是植物生长所必需的元素，但是由于土壤中含量甚微或者需要量少，在植物中含量相应很少。所以要进一步确定该地区沙姜生长的特征元素，需要借助吸收系数加以证实。

2.2 沙姜对土壤中微量元素吸收系数

植物中的元素除少量来自叶片与大气及雨水的物

质交换以外，大部分是来自于土壤。因此植物与土壤中的元素有密不可分的关系，这种关系有助于评价土壤对植物的作用和影响程度。常使用生物吸收系数（biological absorption coefficient）来表征元素从土壤转移到植物体中的程度，它是指作物某部位某一元素的浓度与根部土壤中该元素浓度的比值，也常叫富集系数^[13]。用下式来表达：

$$BAC = Px/Sx$$

式中，BAC为生物吸收系数， Px 为元素 x 在植物某部位中的含量， Sx 为元素 x 在生长该植物的根系土壤中的含量。吸收系数不仅与环境元素和物质的种类和浓度有关，而且与元素的价态、物质的结构形式、溶解度、生物种类、生物器官组织、各生物生长阶段的生理特性和外界环境条件有关^[14-15]。表3为沙姜根部对土壤中各微量元素吸收系数的平均值。

表3 沙姜对土壤中各微量元素吸收系数的平均值 ($n=62$)

Table 3 Mean biological absorption coefficient of trace elements in *Kaempferia galangal* L.

元素	BAC	元素	BAC	元素	BAC
Mn	0.258 7	Ni	0.038 9	Fe	0.000 4
Mg	0.184 8	Ba	0.019 3	Ti	≈0.000 0
Zn	0.153 4	Cu	0.024 1	Co	≈0.000 0
Sr	0.076 2	Cr	0.002 5	Cd	≈0.000 0
Pb	0.019 2	V	0.001 8		

从沙姜对土壤中各元素的吸收系数平均值（表3）可以看出，各元素的吸收系数差异较大，其中Mn元素的吸收系数差异最大，达到25.87%；Ti、Co、Cd的吸收系数较小，基本为0。

按本研究中沙姜对元素吸收程度的大小将吸收系数分为3个等级^[3]：①强烈吸收的元素（ $BAC \geq 0.1$ ）；②中等摄取的元素（ $0.01 \leq BAC \leq 0.1$ ）；③微弱摄取的元素（ $BAC \leq 0.01$ ）。根据以上原则，该地区沙姜强烈吸收的元素为Mn、Mg、Zn；中等摄入的元素为Sr、Pb、Ni、Ba、Cu；微弱摄取的元素为Cr、V、Fe、Ti、Co、Cd。

吸收系数间接表达了沙姜对元素需要的程度、摄入量及该元素在土壤中的丰度等含义。一般说，吸收系数较大的元素，我们视为是植物主动选择吸收的组分，为其生理必需元素^[13]。但是，一些其他生长必需元素也可能由于土壤中含量太高而导致吸收系数小，比如Fe元素。

2.3 沙姜与根部土壤中各微量元素相关性分析

表4为沙姜中几种元素的相关性分析，可以看到，

沙姜中各元素含量之间具有显著相关性，这其中元素Cu、Fe、Zn均与Mg具有极显著的相关性，相关系数分别为0.531、0.455、0.501（ $p < 0.01$ ）；元素Cu、Fe、Zn、Cd与特征元素Mn具有极显著相关性，相关系数为0.500、0.357、0.595、0.539（ $p < 0.01$ ）；元素Fe与Cu之间也具有显著的相关性，相关系数为0.284（ $p < 0.05$ ）。

表5为沙姜根部土中微量元素之间的相关性分析，可以看出，沙姜根部土中各元素含量之间同样具有显著相关性，这其中元素Cu、Fe、Zn、Cd均与特征元素Mg具有极显著的相关性，相关系数分别为0.500、0.500、0.688、0.542（ $p < 0.01$ ）；元素Cu、Fe、Zn、Cd之间也具有显著的相关性（ $p < 0.05$ ）。

表6为微量元素在沙姜与土壤之间的相关关系分析，可以看出，沙姜与土壤中微量元素呈极显著相关（ $p < 0.01$ ）有沙姜中Ni与土壤中Ti、Cr、Mn；呈显著相关（ $p < 0.05$ ）元素有沙姜中Zn与土壤中Zn、Cr、Mn、Ni；沙姜中Cu与土壤中Zn等。这说明沙姜中微量元素与土壤地质背景密切相关，土壤中元素影响植物中元素含量。

表 4 沙姜中各微量元素之间的相关性

Table 4 Correlation coefficients of trace element contents in *Kaempferia galangal* L.

	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	Ba	Sr	Ti	V	Zn
Cd	1													
Co	0.909**	1												
Cr	0.564**	0.647**	1											
Cu	0.860**	0.814**	0.524**	1										
Fe	0.185	0.210	0.026	0.284*	1									
Mg	0.477**	0.523**	0.387**	0.531**	0.455**	1								
Mn	0.539**	0.481**	0.302*	0.500**	0.357**	0.382**	1							
Ni	0.018	-0.103	-0.208	0.046	0.055	-0.148	0.366**	1						
Pb	-0.212	-0.254*	-0.306*	-0.140	-0.029	-0.007	0.139	0.010	1					
Ba	0.179	0.226	0.095	0.120	-0.107	0.055	0.008	-0.061	-0.202	1				
Sr	-0.426**	-0.439**	-0.516**	-0.320*	0.083	-0.197	-0.044	0.457**	0.195	-0.053	1			
Ti	-0.139	-0.087	0.038	-0.091	0.417**	0.198	-0.036	-0.403**	0.008	-0.014	-0.076	1		
V	0.824**	0.845**	0.804**	0.774**	0.043	0.458**	0.393**	-0.172	-0.319*	0.156	-0.552**	-0.135	1	
Zn	0.644**	0.577**	0.286*	0.777**	0.351**	0.501**	0.595**	0.283*	-0.024	-0.017	0.089	-0.044	0.478**	1

注: ** 代表在 $p < 0.01$ 水平显著, * 代表在 $p < 0.05$ 水平显著, - 表示未达到显著水平, 下同。

表 5 根部土中各微量元素的相关性

Table 5 Correlation coefficients of trace element contents in soils

	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	Ba	Sr	Ti	V	Zn
Cd	1													
Co	0.520**	1												
Cr	-0.040	0.047	1											
Cu	0.498**	0.376**	0.135	1										
Fe	0.326*	0.411**	0.207	0.302*	1									
Mg	0.542**	0.599**	0.204	0.500**	0.500**	1								
Mn	-0.040	0.047	1.000**	0.135	0.207	0.204	1							
Ni	0.051	0.263	0.237	0.104	0.225	0.428**	0.237	1						
Pb	-0.081	-0.332*	0.117	0.059	-0.098	-0.152	0.117	0.007	1					
Ba	-0.158	-0.042	0.076	-0.235	0.198	0.048	0.076	0.451**	-0.168	1				
Sr	-0.192	0.031	0.020	-0.298*	-0.129	0.133	0.020	0.244	-0.006	0.112	1			
Ti	0.047	0.178	0.428**	0.519**	0.536**	0.540**	0.428**	0.438**	0.199	0.113	0.074	1		
V	-0.189	-0.280	0.159	0.079	-0.064	0.060	0.159	0.636**	0.140	0.333*	0.125	0.408**	1	
Zn	0.277	0.373*	0.210	0.484**	0.352*	0.688**	0.210	0.283	-0.246	0.069	0.003	0.495**	0.229	1

表 6 沙姜与土壤中几种元素的相关性

Table 6 Correlation coefficients between trace element contents in soils and in *Kaempferia galangal* L.

	Zn	Ti	Cr	Mn	Ni	Ba
Zn	1					
Cu	0.326*	-	0.336*	0.336*	0.301*	-
Fe	0.339*	-	-	-	-	-
Ni	-	-	-	-	-	0.588**
Ba	-	0.491**	0.377**	0.377**	-	-
Sr	-	-	-	-	-0.306*	-
	-	-	-	-	-	0.358*

注: 行为沙姜中元素, 列为土壤中元素。

3 特征元素的确定

植物特征元素及其组合能一定程度上反映特定区域对该地植被生长产生的影响，也是与植物生长密切相关的元素。现根据以下几个指标来判断该地区沙姜生长的特征元素：沙姜中元素含量、该地区土壤中元

素含量、与沙姜中元素含量的相关性、吸收系数。现根据他们对特征元素的贡献分别为这几个因素赋予一个权重系数，分别为 0.3、0.1、0.2、0.4。最后根据元素的加权总分来判断是否为特征元素，具体见表 7。所得结果为：Mn、Zn、Mg、Sr、Cu、Ni、Fe。

表 7 特征元素确定表

Table 7 Determination table of characteristic elements

确定因子	权重系数	元素
沙姜中含量	0.3	Mg (100/30*), Mn (90/27)、Zn (80/24)、Fe (70/21)、Cu (65/19.5)、Sr (60/18)
土壤中含量	0.1	V (100/10)、Cu (90/9)、Mg (80/8)、Mn (70/7)、Ni (60/6)
与沙姜中元素相关性	0.2	Zn (100/20)、Mn (90/18)、Ni (80/16)、Cr (75/15)、Sr (70/14)、Fe (65/13)、Ti (60/12)
吸收系数	0.4	Mn (100/40)、Mg (90/36)、Zn (80/32)、Pb (75/30)、Sr (70/28)、Cu (65/26)、Ni (60/24)
特征元素	1.0	Mn (92**), Zn (76)、Mg (74)、Sr (60)、Cu (54.5)、Ni (46)、Fe (34)

注：* 100/30 中的 100 为分项顺序分，30 为加权分，** 为加权总分。

4 结论与展望

(1) 微量元素在沙姜和土壤之间均具有较显著的相关性，沙姜对各种元素的吸收具有差异性。

(2) 初步认定该区沙姜的生长特征元素为 Mn、Zn、Mg、Sr、Cu、Ni、Fe，元素及其组合特征有可能作为原产地域产品的一个特征地球化学指标被开发利用。

(3) 区域地球化学背景对原产地域产品的影响明显，后续工作将深入开展特征元素组及同位素示踪研究。

参考文献：

- [1] 曾群望. 云南东部烤烟农业地质背景相关性研究. 云南地质, 1994, 13(2): 121-132
- [2] 冉懋雄. 中药区划认识论. 中国中药杂志, 1997, 22(4): 200-203
- [3] 万仁甫, 徐伟亚, 王少军, 欧阳辉, 李玉娇, 龚千峰, 杨世林. 道地药材发展策略探讨. 中国药房, 2007, 18(9): 641-643
- [4] 常向阳, 朱炳泉, 陈南, 樊亚鸣, 崔明超, 潘安定, 陈永亨. 地球化学区划与原产地域产品保护初探. 广州大学学报, 2007, 6(6): 49-53
- [5] 金航, 崔秀明, 徐璐珊, 王强, 陈中坚, 李晚谊. 三七道地与非道地产区药材及土壤微量元素分析. 云南大学学报(自然科学版), 2006, 28(2): 144-149
- [6] 常向阳, 朱炳泉, 陈毓蔚, 陈永亨. 元素-同位素示踪在环境科学研究中的应用. 广州大学学报, 2002, 1(3): 67-70
- [7] Chopin EIB, Alloway BJ. Distribution and Mobility of Trace Elements in Soils and Vegetation Around the Mining and Smelting Areas of Tharsis, Riotinto and Huelva, Iberian Pyrite Belt, SW Spain. Water Air Soil Pollution, 2007, 182: 245-261
- [8] Paul WO, Trevor R. Rare earth element chemistry of zircon and its use as a provenance indicator. Geology, 2007, 28(7): 627-630
- [9] Belousova EA, Griiffin WL, O'Reilly SY, Fisher NI. Igneous zircon: trace element composition as an indicator of source rock type. Contrib Mineral Petrol, 2002, 143: 602-622
- [10] 曾荣, 李移, 李尚德. 沙姜的微量元素含量分析. 广东微量元素科学, 2008, 15(6): 54-56
- [11] 何自福, 余小漫, 虞皓, 罗方芳, 李志慧, 黎运枢. 沙姜瘟病原菌的鉴定. 农业网络信息, 2006, 4: 142-144
- [12] 中国环境监测总站主编. 中国土壤元素背景值. 北京: 中国环境科学出版社, 1990: 316-483
- [13] 赵杨景, 陈四宝, 高光耀, 冯毓秀, 杨世林, 徐丽珍, 杜力军, 林佳, 李敏. 不同产地丹参的无机元素含量及其生长土壤的理化性质. 中国中药杂志, 2004, 29(9): 844-850
- [14] 叶荣, 李蔚萍. 桂东南荔枝生长营养元素农业地球化学研究. 地质前缘, 2006, 13(1): 119-126
- [15] 冯海艳, 杨忠芳, 杨志斌. 土壤-水稻系统中重金属元素与其他元素之间的相互作用. 地质通报, 2007, 26(11): 1 429-1 434

Characteristic Elements of *Kaempferia Galanga* L. from Yangchun in Guangdong Province

LIU Hui, CHANG Xiang-yang, FU Shan-ming, CHEN Nan, ZHAO Xiao-feng, ZHANG Hong-ying

(School of Environmental Science & Engineering, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: The characteristic elements and their assembly of plant can indicate the effect of special geochemical environment on the local plant. In this paper fourteen trace elements in soil and *Kaempferia Galanga* L samples were measured to explore the feasibility of characteristic elements as the fingerprinting marker of products of origin in Shuangjiao of Yangchun region. The results showed that: there was a significant correlation between the contents of trace elements in soil and in plant; the absorptive capacities of *Kaempferia Galanga* L. to trace elements were different; Mg, Mn, Zn, Sb, Fe, Cu and Sr were the characteristic elements of *Kaempferia Galanga* L. by weight analysis. Effect of regional geochemical background on the products of origin should be further explored.

Key words: Products of origin, Characteristic element, *Kaempferia galanga* L., Yangchun in Guangdong