

孙义新, 张 一, 李 永, 等. 化橘红不同产区土壤矿质元素的差异分析[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(8): 301–305.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.08.068

化橘红不同产区土壤矿质元素的差异分析

孙义新¹, 张 一², 李 永², 魏 源¹, 胡 清²

(1. 中国环境科学研究院环境基准与风险评估国家重点实验室, 北京 100012; 2. 南方科技大学环境科学与工程学院, 广东深圳 518055)

摘要:以广东省化州市(化橘红道地产区)境内的 3 个不同立地条件类型下形成的种植基地(丽岗、宝山、平定)为研究区域,运用多种统计分析方法对其土壤中 6 种矿质元素的含量进行多角度对比分析;同时选取江西省修水县和广西省陆川县为非道地产区代表,比较了化橘红道地产区与非道地产区的土壤矿质元素含量情况。结果表明,在化橘红道地产区不同种植基地内的土壤中,Fe、Mn、B、Zn、Mo、Cu 元素含量在垂直分布上无显著差异;但不同种植基地土壤矿质元素的含量具有一定的差异,其中 Mo 元素含量差异显著;同时,结合主成分分析与相关性分析发现,各种种植基地土壤矿质元素结构存在一定的相关性,但影响其元素结构的因素不同,其中,Mo、Mn、Cu、B 元素的含量是影响丽岗和宝山 2 种植基地土壤矿质元素结构的主要因素,B、Zn、Mn、Fe 元素的含量是影响平定种植基地土壤矿质元素结构的主要因素。通过对化橘红道地与非道地产区土壤环境的比较发现,pH 值和 Mn 含量可能是影响化橘红道地性形成的环境因素之一。研究结果在一定程度上启示了对化橘红等道地药材进行质量评价时,不仅要关注其有效成分的含量,药材生长土壤中矿质元素含量也可能是一个重要参考依据。

关键词:化橘红;土壤矿质元素;道地与非道地产区;对比分析

中图分类号:S153.6⁺1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)08-0301-05

化橘红为“十大广药”之一,是芸香科植物化州柚(*Citrus grandis* ‘Tomentosa’)或柚[*Citrus grandis* (L.) Osbeck]的未成熟或近成熟的外层干燥果皮,是我国著名的道地药材,具有理气宽中、燥湿化痰的功效^[1]。化橘红素有“南方人参”的美誉,在我国已有 1 500 多年的种植历史^[2-3],柚皮苷、野漆树苷等黄酮类化合物是其主要药效成分^[4-5];清代《化州志》记载:“化州橘红治痰症如神,每片真者可值一金”,其疗效可见一斑。广东省化州市为化橘红的道地产区,明代《高州府志》载有“化橘红唯化州独有”,化州市现已被国家授予“中国化橘红之乡”的称号。此外,广西、云南、江西、浙江、福建等地也有种植,构成了化橘红的非道地产区^[6]。

我国中医用药历来讲究道地产区,已有的研究表明,道地药材所独有的品质特征与道地产区特殊的生态环境有着极强的相关性^[7-9]。作为植物的营养库,土壤环境对药材的生理代谢过程、代谢物的种类及合成数量都起着重要的调控作用,因而是影响药材道地性形成的重要因素之一^[8]。目前,对道地产区土壤环境的研究主要集中在中微量元素特征^[10]及土壤酸碱度变化情况^[11]等方面,对道地产区与非道地产区药材的比较研究也仅仅停留在药材本身的有效成分及其所含元素上,而对 2 类产区的土壤元素的比较研究鲜有涉及。同时,在前期的调研中笔者及所在研究团队发现,化州当地传统种植企业认为本地土壤的矿质元素特征与化橘红有效药用成分之

间具有很强的相关性,也是其种植基地选址的重要考量条件。因此,本试验采集了化州 3 种不同立地条件下的橘红种植基地中不同深度的土壤样品,比较分析了其铁(Fe)、锰(Mn)、硼(B)、锌(Zn)、钼(Mo)、铜(Cu)6 种元素的分布特征,同时与非道地产区的相同土壤元素含量进行对比,以期对化橘红在扩大种植中的选址需求及土壤元素的选择提供一定的理论支持。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

本试验研究区位于广东省化州境内,海拔 200~400 m,在地理标志产品的保护范围中,选取 3 个采样区,分别为丽岗镇尖岗岭基地、平定镇石垌基地以及化州河西街道的宝山,区域概况如表 1、图 1 所示。化州市位于广东省西南部,是我国重要的南药种植区,为化橘红的道地产区。目前,化州市境内化橘红种植基地已达 4 533 hm²,年产干果近 3 000 t^[12]。采样区处于北热带和南亚热带的过渡地带,属于典型的热带和亚热带季风气候区,夏季长、雨量充足,雨季长^[13]。年均气温 18.7~23.5℃,年均降水量 1 099~1 730 mm,年均日照 124.18~151.82 W/m²^[14]。该区域土壤属偏酸性赤红壤,土层深厚,其中含有丰富的礫石^[15]及多种微量元素。

1.2 试验材料

1.2.1 土样采集及预处理 于 2018 年 1 月在化橘红种植基地进行走访调研及样品采集,以梅花形取样法采集土壤样品。采样前先用工具将土层表面的杂物铲除,同时避开施肥圈对采取土样带来的影响;再使用取土钻分别采集 0~20、20~40、40~60 cm 土层的土壤样品并置于采样袋中;样品带回实验室后自然风干、剔除异物、研磨粉碎过 100 目筛^[16-17],混匀装袋备用。

收稿日期:2018-09-27

基金项目:环境基准与风险评估国家重点实验室自由探索项目(编号:K17291501)。

作者简介:孙义新(1993—),男,山东烟台人,硕士研究生,主要从事土壤基准研究。E-mail:SunyinxinCraes@163.com。

通信作者:胡 清,博士,教授,主要从事土壤与地下水修复研究。E-mail:huq@sustc.edu.cn。

表 1 化橘红采样地概况

编号	采集地	时间 (年-月)	经度 (°)	纬度 (°)	品种	区域特征
L1-7	丽岗镇尖岗岭	2018-01	110.646 1	21.769 9	栽培	种植户依经验自行开发的种植区,后经政府认定
B1-4	河西街道宝山	2018-01	110.637 3	21.656 5	天然	化橘红自然生长区,现已开发为休闲公园
P1-5	平定镇石垌	2018-01	110.466 9	22.010 7	栽培	政府划定的化橘红种植区

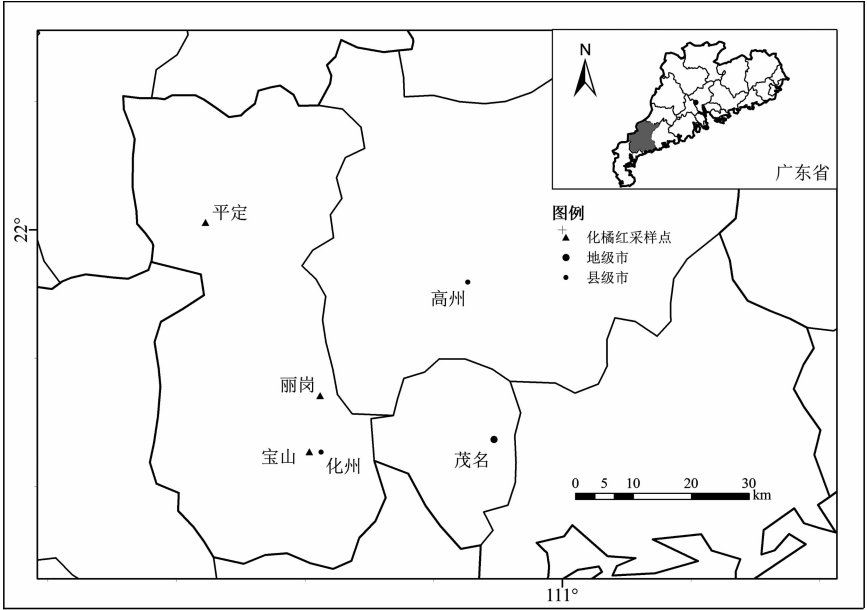


图1 3个采样区的位置分布示意

1.2.2 仪器与试剂 ICAP-QC 型电感耦合等离子体质谱,美国赛默飞公司;AX2247ZH/E 型电子分析天平;MARS-5/X 微波消解仪,美国 CEM 公司;ZX24-200 石墨消解器;0.5~5.0 mL 移液器,德国艾本德公司。试验所用玻璃仪器均用 10% 硝酸浸泡过夜,用超纯水洗净、烘干备用。

硝酸、高氯酸、氢氟酸(均为 GR 级),均由北京化工厂生产。

1.3 试验方法

1.3.1 仪器工作条件 射频功率(RF)1 550 W,冷却气流量 14 L/min,辅助气流量 0.806 3 L/min,雾化气流量 1.074 9 L/min,雾化室温度 2.5℃,蠕动泵进样,泵速 40 r/min,驻留时间 0.02 s,采集次数 40 次,测量模式为 KED。

1.3.2 样品消解、赶酸 称取样品粉末 0.1 g 于微波消解管中,淋少许去离子水将土样润湿,加入硝酸-氢氟酸(体积比 6:3)混合溶液 9 mL,盖上旋盖并放入微波消解仪中消解处理。消解完毕冷却后打开旋盖,再加入 2 mL 高氯酸,置于石墨消解器上(温度设定为 220℃)加热煮沸蒸发至近干,然后用 2% 稀硝酸全部洗入 25 mL 容量瓶中,定容,备用,同时做

空白试验。

1.3.3 样品测定 在仪器工作条件下,先测定空白溶液,再测定样品溶液,每份溶液重复测定 3 次,求其平均值。

1.4 数据处理

本试验中运用多种统计方法对各种种植基地土壤中的 6 种矿质元素含量进行比较分析,统计分析在 Origin 9.1、SPSS 16.0 软件中进行。

2 结果与分析

2.1 不同种植基地土壤矿质元素含量的差异性分析

为探究 6 种矿质元素在不同种植基地含量分布的差异特征,运用 Kruskal-Wallis 检验、中位数检验和 Jonckheere-Terpstra 检验 3 种方法对 3 个种植基地各元素含量进行分析。由表 2 可知,6 种矿质元素在 3 个种植基地的含量分布具有一定的差异性,其中 B、Mn、Fe 元素在 3 个种植基地的含量分布无显著差异,而 Mo 元素在 3 个种植基地种植地的含量分布则差异显著。

表 2 B、Mn、Fe、Mo 元素含量分布的检验结果

元素	渐进显著性			结论
	Kruskal-Wallis 检验	中位数检验	Jonckheere-Terpstra 检验	
B	0.530	0.289	0.409	不存在显著性差异
Mn	0.140	0.230	0.046	不存在显著性差异
Fe	0.184	0.511	0.961	不存在显著性差异
Mo	0.014	0.048	0.014	存在显著性差异

注:表中结论均在显著性水平 0.05 条件下得出。

而对于 Zn、Cu 这 2 种元素, Zn 元素在丽岗和平定的含量分布差异显著,而在丽岗与宝山、宝山与平定的含量分布不存在显著性差异。Cu 含量的分布情况则与 Zn 相反,即丽岗和平定的 Cu 元素含量分布无显著性差异,而在丽岗与宝山、宝山与平定的含量分布差异显著。

此外,对各元素在土壤中的垂直分布规律的检验结果表明,6 种矿质元素在 0~20、20~40、40~60 cm 3 种深度的土壤中其含量的分布无显著性差异。

2.2 不同种植基地土壤矿质元素含量的统计描述

对化橘红 3 个种植基地的土壤中 6 种矿质元素含量进行统计分析,结果如图 2 所示。

从图 2 可以看出,平定土壤中 B 元素含量相对于丽岗、宝山较少,但整体含量相差不大,说明不同种植基地土壤中 B

元素的含量相对稳定。宝山各点位的 Cu 元素含量分布不均匀,变幅较大,其整体含量远大于丽岗、平定 2 个种植基地,推测与宝山公园的人为开发有关。宝山土壤中的 Fe 元素含量稍高于其他 2 个种植基地,且整体含量也大于其他 2 个种植基地。另外,丽岗的 Fe 元素含量变幅稍大于其他 2 个种植基地。3 个种植基地土壤中 Mn 和 Zn 的含量变化趋势类似,具体含量趋势表现为丽岗基地最多,宝山基地次之,平定基地含量最少;另外,丽岗土壤中 2 种元素含量变幅明显大于其他 2 个种植基地,说明在丽岗基地的不确定因素较多,使得土壤 Mn、Zn 这 2 元素含量变幅较大。与其他 2 个种植基地相比,丽岗土壤中 Mo 元素的含量较为集中,含量分布对称性较好,平定土壤 Mo 元素含量远远高于宝山和丽岗,这可能与平定种植基地附近开采矿石有关。

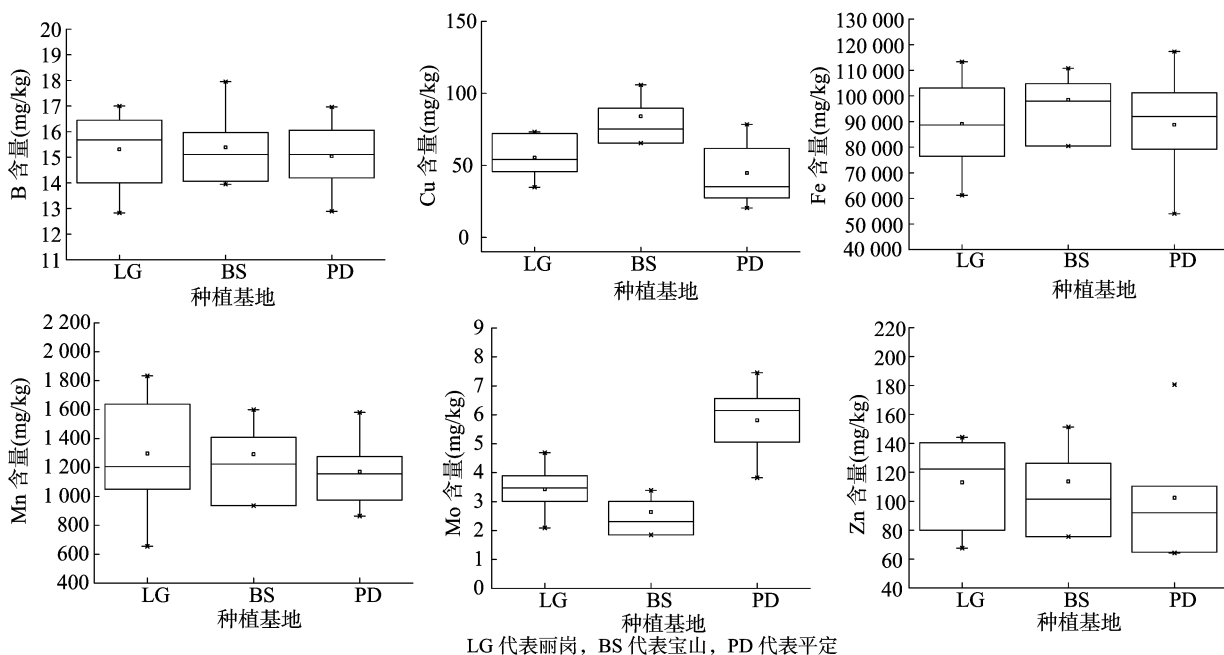


图2 化橘红不同种植基地的土壤矿质元素含量描述统计

2.3 不同种植基地矿质元素主成分分析

利用不同种植基地的矿质元素数据 6 个变量组成的数据矩阵,在 Origin 9.1 统计软件下统计分析,然后根据累计贡献率 $\geq 75\%$,提取出主成分,其特征值、贡献率及累计贡献率如图 3 所示。

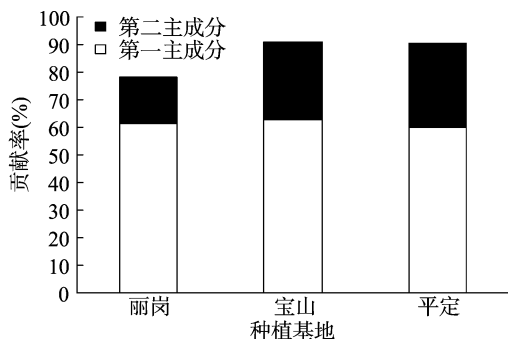


图3 不同种植基地土壤矿质元素主成分分析

主成分分析显示,在丽岗、宝山、平定 3 个种植基地均提取了 2 个主成分,其特征值均大于 0.75。其中,丽岗种植基

地 2 个因子贡献率分别为 61.33%、17.79%,其累计贡献率达 79.12%;宝山种植基地 2 个因子贡献率分别为 62.65%、28.39%,其累计贡献率达 91.04%;平定种植基地 2 个因子贡献率分别为 60.07%、30.28%,其累计贡献率达 90.35%。表明前 2 个主成分足以反映原始数据的特征。由主成分的载荷矩阵(表 3)可知,载荷系数越大,其矿质元素对产区土壤环境的影响越大,则该元素对土壤结构起主导作用。选取载荷系数最大的因子进行定性分析,即丽岗基地第一主成分的 Mo 元素和 Cu 元素;第二主成分的 B 元素。宝山基地第一主成分中的 Mn 元素和 Cu 元素;第二主成分的 B 元素。平定种植基地第一主成分的 B 元素、Zn 元素和 Mn 元素;第二主成分的 Fe 元素。综合以上分析结果可知,Mo、Mn、Cu 和 B 元素是影响丽岗和宝山这 2 个种植基地土壤矿质元素结构的主要因素;B、Zn、Mn、Fe 元素是影响平定基地土壤矿质元素结构的主要因素。

2.4 不同种植基地内矿质元素相关性分析

为探讨化橘红不同种植基地内的土壤矿质元素关系,对丽岗、宝山、平定 3 个种植基地内 6 种土壤矿质元素进行相关

表 3 不同种植基地土壤矿质元素主成分载荷矩阵

元素	载荷					
	丽岗		宝山		平定	
	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2
B	0.644	-0.737	0.643	-0.761	0.985	-0.125
Zn	0.777	0.309	0.771	-0.507	0.972	0.142
Mo	0.958	-0.188	0.599	0.627	-0.838	0.479
Mn	0.645	-0.067	0.976	-0.15	0.925	0.174
Fe	0.653	0.573	0.726	0.643	-0.047	0.977
Cu	0.950	-0.003	0.955	0.194	0.359	0.753

性分析。

由表 4 可知,丽岗种植基地土壤 6 种矿质元素中,Mo 元素和 Cu 元素呈极显著正相关($P<0.01$),相关系数为 0.939; Fe 元素和 Cu 元素、B 元素和 Mo 元素均呈显著正相关($P<0.05$),相关系数分别为 0.730、0.740。表 5 表明,Mn 元素与 Cu 元素呈显著性正相关,相关系数为 0.938。由表 6 可知,B 元素与 Zn 和 Mn 呈显著性正相关,与 Mo 元素呈显著性负相关,相关系数分别为 0.926、0.861、-0.898;Zn 元素与 Mn 元素呈极显著性正相关。综合 3 个种植基地的元素相关性分析可以看出,丽岗和宝山 2 个种植基地土壤中 Cu 元素均表现出与其他元素存在一定的正相关关系,而平定种植基地中 Cu 元素与其他元素相关性系数较小,这也在一定程度上反映出丽岗和宝山地域以及土壤特性上的相似性。

表 4 丽岗种植基地土壤矿质元素相关性

元素	相关系数					
	B	Zn	Mo	Mn	Fe	Cu
B	1					
Zn	0.250	1				
Mo	0.740 *	0.659	1			
Mn	0.284	0.627	0.518	1		
Fe	0.069	0.472	0.539	0.201	1	
Cu	0.625	0.610	0.939 **	0.453	0.730 *	1

注:**、* 分别表示在 0.01、0.05 水平上极显著、显著相关。下表同。

表 5 宝山种植基地土壤矿质元素相关性

元素	B	Zn	Mo	Mn	Fe	Cu
B	1					
Zn	0.851	1				
Mo	-0.132	0.336	1			
Mn	0.755	0.768	0.413	1		
Fe	-0.003	0.139	0.716	0.650	1	
Cu	0.485	0.552	0.583	0.938 *	0.873	1

2.5 与非道地产区的元素比较

广东省化州市是化橘红的道地产区,其辖区的丽岗、平定

表 6 平定种植基地土壤矿质元素相关性

元素	B	Zn	Mo	Mn	Fe	Cu
B	1					
Zn	0.926 *	1				
Mo	-0.898 *	-0.699	1			
Mn	0.861 *	0.986 **	-0.609	1		
Fe	-0.186	0.132	0.557	0.197	1	
Cu	0.302	0.354	-0.079	0.278	0.605	1

等 14 个镇被列入化橘红产地保护范围,同时,云南省、广西省、江西省等地也有化橘红种植,为非道地产区。现有的针对道地产区与非道地产区的研究中,重点在于不同产区化橘红本身在有效成分、药材元素及药材元素与土壤元素的相关性研究^[18-24]上,而对 2 类产区土壤微量元素的对比研究鲜有报道。研究表明,不同产区不同的生态因子对化橘红的遗传距离具有显著影响^[25],而土壤作为直接作用于植物的生态因子,其本身特性尤其是元素含量特征对药用植物生长的影响更是不容忽视。广西省、江西省分别是离广东省化橘红道地产区地理位置较远和较近的两处非道地产区,在分析道地产区与非道地产区的土壤元素差异上具有一定的代表性。

由表 7 可知,不同化橘红产区土壤中 6 种微量元素含量水平差别大小不一,其中化州土壤中 Mn 元素含量远远超过陆川和修水两地,因此,能否将化橘红生长土壤中 2 种元素的含量作为评判化橘红药材道地性的指标性元素尚待进一步研究。化州土壤中 Cu 元素含量较高,可能与取样地宝山的人为开发有关,修水土壤中 Cu 元素的平均含量则高于陆川。此外,化州的 B 元素平均含量也高于其他两地,而陆川和修水两地的 B 元素平均含量则相差不大。江西修水土壤中 Fe 元素平均含量在三地中最高,而陆川的 Fe 元素的平均含量则略高于化州。综合各采样点的土壤酸碱度来看,3 个种植基地的土壤呈中性偏碱性或酸性;其中,江西修水的部分土壤 pH 值低于广东化州;而广东化州的土壤 pH 值为 4.53 ~ 5.79,处于国家质检总局对道地化橘红立地条件土壤 pH 值要求(4.5 ~ 6.0)范围内,满足道地化橘红生长的土壤质量技术要求^[29]。

3 讨论与结论

由统计分析可知,化橘红 3 个种植基地土壤中 6 种矿质元素含量差异性有所差别,其中,3 个种植基地的 B、Mn、Fe 元素含量分布无显著性差异,而 Mo 元素在 3 个种植基地的含量分布差异显著。此外,6 种矿质元素在各样点的垂直含量分布无显著性差异。

相关研究表明化橘红的道地性与当地土壤中的礞石成分密不可分^[25],而礞石中主要包含 Mg、Al、K、Ca 等大量中量元

表 7 道地产区和非道地产区微量元素含量及土壤酸碱度对比

地区	含量(mg/kg)						
	Cu	Zn	Fe	B	Mn	Mo	pH 值
广东省化州市	12.66 ~ 86.47	44.72 ~ 240.46	53.99 ~ 132.83	0.055 ~ 16.44	263.43 ~ 1 605.59	1.55 ~ 9.68	4.53 ~ 5.79
广西省陆川县	0.01 ~ 2.28	0.12 ~ 3.32	6.28 ~ 197.04	0.08 ~ 1.51	0.93 ~ 101.98		4.50 ~ 7.50
江西省修水县	0.51 ~ 15.21	2.90 ~ 303.70	30.60 ~ 541.40	0 ~ 1.30	2.30 ~ 1 080.00	0.30 ~ 3.20	3.50 ~ 5.50

注:表中部分数据来源于《中国土壤元素背景值》、《中华人民共和国土壤环境背景值图集》^[26-28]。

素^[30]。由主成分分析可知,Mo、Mn、Cu、B元素的含量是影响丽岗和宝山种植基地土壤矿质元素结构的主要因素,B、Zn、Mn、Fe元素的含量是影响平定种植基地土壤矿质元素结构的主要因素,由此笔者推测化橘红的道地性可能与土壤中的Mn、B等矿质元素的含量存在一定的相关性。因此,在进行化橘红的人工引种及GAP(中药材生产规范)基地选址建设时,不仅要考虑种植区土壤的大量中量元素含量,同时也应关注土壤中矿质元素的含量以满足其生长需求。

钟国跃等指出,中药疗效不仅与药材中有效成分的含量有关,更多地取决于药材中多种成分的比例^[31]。在本试验相关性分析中,不同种植基地土壤中6种元素均存一定的相关性,且部分元素间呈极显著的正相关关系。在化橘红的传统种植中,土壤礫石含量是其种植基地选址的重要依据,据此推测优质化橘红优良的疗效可能与其具有的矿质元素具有一定的相关性。因此,在以后的研究中,不仅要关注土壤中的元素含量,更应注重各元素含量比例是否与中药材的独特性质有关。

本试验主要对土壤矿质元素的总含量进行了分析,在以后的研究中也需对各矿质元素的形态进行分析,从而更加具体地探讨矿质元素对化橘红生长的作用机制。

微量元素是中药药性和药效的重要影响因素^[32-33],土壤是药材最直接的元素来源,土壤中的微量元素含量特征也会直接影响药材的微量元素水平。

道地药材是人们公认的质优高效药材。目前,中药材市场需求越来越高,药材质量却参差不齐,《中华人民共和国药典》中对道地药材的质量评价也只是从外观性状与有效成分含量上划定标准,外在生态因子未有提及^[1]。本试验通过分析比较化橘红不同道地产区土壤及道地产区与非道地产区土壤的微量元素含量情况,初步提出了土壤元素含量与药材质量评价体系建立联系的可能性,为道地药材的质量控制与评价提供了一个新的思路。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京:中国医药科技出版社,2010:74-75.
- [2] 肖耀军. 关于橘红与化橘红的鉴别及合理使用[J]. 北京中医药,2012,31(10):772-775.
- [3] Jia X, Chen X T, Peng M, et al. Research status of *Exocarpium Citri Grandis* in Guangdong [J]. Chinese Horticulture Abstracts, 2013(10):6-10.
- [4] 刘群娣, 谢春燕, 闫李丽, 等. 化橘红化学成分的 HPLC-DAD-MS/MS 分析[J]. 世界科学技术(中医药现代化), 2011, 13(5):864-867.
- [5] Zhang M X, Duan C Q, Zang Y Y, et al. The flavonoid composition of flavedo and juice from the pummelo cultivar [*Citrus grandis* (L.) Osbeck] and the grapefruit cultivar (*Citrus paradisi*) from China[J]. Food Chemistry, 2011, 129(4):1530-1536.
- [6] 文小燕, 谭梅英, 张诚光. 不同产地化橘红中柚皮苷的含量分析[J]. 湖南中医杂志, 2013, 29(6):125-126.
- [7] 杨晖, 陈四清. 道地药材的环境影响及保护和发展[J]. 时珍国医国药, 2015(8):1971-1972.
- [8] 钮树芳, 石松利, 周红兵, 等. ICP-AES 法测定蒙古扁桃药材根际土壤元素含量[J]. 广州化工, 2016, 44(21):108-110.
- [9] 刘慧燕, 苏薇薇, 彭维. 生态环境对化橘红道地性的影响研究

- [J]. 中国园艺文摘, 2015(5):216-218.
- [10] 林兰稳, 钟继洪, 骆伯胜, 等. 化橘红产地土壤中微量元素的分布及其与化橘红药用有效成分的相关关系[J]. 生态环境, 2008, 17(3):1179-1183.
- [11] 刘 响, 熊礼燕, 廖观荣, 等. 土壤酸度对化橘红柚皮苷含量的影响[J]. 广州中医药大学学报, 2012, 29(6):707-709.
- [12] 佚名. 中国化橘红[J]. 世界知识, 2014(10):81-81.
- [13] 陈国军, 刘玉丹. 茂名市南药产业发展现状及发展建议[J]. 现代农业科技, 2018(7):112-113.
- [14] 许翔翔, 刘 森, 李西文. 南药化橘红全球产地适宜性分析[J]. 世界中医药, 2017, 12(5):992-995.
- [15] 林 励, 欧剑锋, 廖观荣, 等. 化橘红道地性的初步研究[J]. 广州中医药大学学报, 2010, 27(2):163-170.
- [16] Facchinelli A, Sacchi E, Mallen L. Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils [J]. Environmental Pollution, 2001, 114(3):313-24.
- [17] Zhao Y F, Shi X Z, Huang B, et al. Spatial distribution of heavy metals in agricultural soils of an industry-based peri-urban area in Wuxi, China[J]. Pedosphere, 2007, 17(1):44-51.
- [18] 文小燕, 谭梅英, 张诚光. 不同产地化橘红中柚皮苷的含量分析[J]. 湖南中医杂志, 2013, 29(6):125-126.
- [19] 黄剑波, 董华强, 张英慧. 化州不同产区化橘红道地性差异 HPLC 分析[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(2):428-429.
- [20] 蔡 春, 莫丽儿, 李尚德. 化橘红与其它产地橘红元素含量的比较分析[J]. 广东微量元素科学, 1996(1):49-51.
- [21] 林海丹, 苏薇薇, 吴 忠. 化橘红宏量与微量元素特征的聚类分析[J]. 中药材, 2002, 25(4):260-261.
- [22] 庞 瑞, 杨中林. 不同产地不同品种柚皮中总黄酮和柚皮苷的含量比较[J]. 药学与临床研究, 2007, 15(3):205-207.
- [23] 刘慧燕, 刘 瑛, 宋 丹, 等. 高效液相色谱法和电感耦合等离子体质谱法分析化橘红药材中的黄酮和无机元素含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2016(9):3752-3755.
- [24] 钟继洪, 林兰稳, 谭 军, 等. 化橘红产地土壤与幼果的重金属研究[J]. 中药材, 2005, 28(5):361-364.
- [25] 林 励, 欧剑锋, 廖观荣, 等. 化橘红道地性的初步研究[J]. 广州中医药大学学报, 2010, 27(2):163-170.
- [26] 曾 艳, 黄金生, 周柳强, 等. 广西桂南蔗区土壤养分状况调查分析[J]. 南方农业学报, 2014, 45(12):2198-2202.
- [27] 杨普香, 阮建云, 尹晓云, 等. 江西省茶叶主产区茶园土壤养分现状分析[J]. 江西农业学报, 2013(9):66-70.
- [28] 郑春江. 中华人民共和国土壤环境背景值图集[M]. 北京:中国环境科学出版社, 1994.
- [29] 国家质量监督检验检疫总局. 关于批准对化橘红实施地理标志产品保护的公告[EB/OL]. (2007-01-24)[2018-09-01]. http://www.aqsiq.gov.cn/xxgk_13386/jlgg_12538/zjgg/2006/200701/t20070124_315388.htm.
- [30] 刘圣金, 吴德康, 林瑞超, 等. 矿物药青礫石无机元素的 ICP-MS 分析[J]. 药物分析杂志, 2010, 11(19):2067-2074.
- [31] 钟国跃, 于 超, 赵志礼. 中药质量评价方法新探——“有限成分组合质量标准”论[J]. 中国中药杂志, 2002, 27(9):719-720.
- [32] 秦俊法, 陈馨华. 中国的中药微量元素研究 I. 微量元素:一切中药的基本成分[J]. 广东微量元素科学, 2010, 17(11):1-18.
- [33] 秦俊法, 林宜贤. 中国的中药微量元素研究 II. 微量元素:中药有效药成分的核心组分[J]. 广东微量元素科学, 2010, 17(12):1-12.