

不同种源陀螺果叶片基本营养成分及重金属含量分析

童丽丽¹, 许晓岗^{2*}, 于雪娇³, 何桂芬¹ (1.金陵科技学院园艺园林, 江苏南京 210038; 2.南京林业大学生物与环境学院, 江苏南京 210037; 3.安徽农业大学资源与环境学院, 安徽合肥 230036)

摘要 为探讨陀螺果叶片的进一步开发利用, 以来自 4 个不同种源地 A(江西齐云山)、B(四川峨眉山)、C(湖北咸宁)、D(广东乳源) 陀螺果的叶片为试验材料, 测定叶片的含水量、叶绿素、蛋白质、可溶性糖、维生素 C 5 种基本营养成分以及重金属含量。结果表明, 叶片含水量表现为 C>B>A>D, 叶绿素含量为 B>A>C>D, 蛋白质含量为 D>A>C>B, 可溶性糖含量为 A>B>D>C, 维生素 C 含量为 C>D>B>A; 重金属含量中, As 的含量相对略高, Cr、Cu、Zn、Cd、Sb 的含量均较低, 但均符合国家食用标准范围内。

关键词 陀螺果; 种源; 叶片; 营养成分; 重金属; 含量测定

中图分类号 S687 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)16-0141-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.16.036

开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Analysis of Essential Nutrients and Heavy Metal Contents in the Leaves of *Meliiodendron xylocarpum* from Different Provenances

TONG Li-li¹, XU Xiao-gang², YU Xue-jiao³ et al (1.Horticulture & Landscape Architecture School, Jinling Institute of Technology, Nanjing, Jiangsu 210038; 2.Biology & Environment College, Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu 210037; 3.Resource & Environment College, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036)

Abstract In order to explore the further development and utilization of *M. xylocarpum* leaves, the leaves of *M. xylocarpum* from four different provenances in A (Mount Qiyun of Jiangxi Province), B (Mount Emei of Sichuan Province), C (Xianning, Hubei Province) and D (Ruyuan, Guangdong Province) were taken as the experimental materials to measure the basic nutritional elements such as the leaf water content, chlorophyll content, protein content, soluble sugar content, vitamin C content, and the contents of heavy metal differences were analyzed. The results showed that the leaf water content of the four provenances was C > B > A > D, the chlorophyll content was B > A > C > D, the protein content was D > A > C > B, the contents of soluble sugar were A > B > D > C, and the content of vitamin C was C > D > B > A. Among the heavy metal content, the content of As was relatively high, and the content of Cr, Cu, Zn, Cd and Sb were all low, but all met the national edible standards.

Key words *Meliiodendron xylocarpum*; Provenances; Leaf; Nutrient; Heavy metal; Content determination

中国特有种陀螺果(*Meliiodendron xylocarpum* Handel-Mazzetti)为安息香科落叶乔木, 因果似陀螺而得名, 又名鸭头梨、水冬瓜、冬瓜木等^[1]。其果树干通直, 花白色或粉红色, 花香清新, 果形奇特, 在园林应用中可作庭院观赏树种和行道树, 被誉为从中国引种的最美安息香科植物^[2]。陀螺果材质坚硬、纹理致密, 是良好的用材树种; 种仁富含油脂, 其含油量高达 49.6%, 且可食用, 可作油料植物^[3]。

近年来对陀螺果的研究主要集中在陀螺果的种子与扦插繁殖研究^[4-5], 鲜有对陀螺果叶片营养成分及重金属含量的报道。笔者以江西齐云山、四川峨眉山、湖北咸宁和广东乳源 4 个不同种源地的陀螺果叶片为试验材料, 测定与分析了其叶片中的含水量、叶绿素、可溶性糖、蛋白质、维生素 C 5 种基本营养成分及重金属(铬、镉、镉、砷、锌、铜)的含量, 以期对陀螺果叶片的进一步深加工研究提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料 2019 年 10 月, 在江苏省南京市六合区南京茉莉芬芳农业科技有限公司的苗圃基地(118°34'E, 32°11'N)的大田中选取了来自 4 个不同种源地(江西齐云山、四川峨眉山、湖北咸宁和广东乳源)的种子繁育出来的二年生的且长势一致的陀螺果苗木各 5 株, 在每棵树的上端、中部、下部

选取长势好、没有病虫害的叶片各 30 片, 装于自封袋里, 置于含足量干冰的冰盒中带回实验室, 保存于金陵科技学院园艺园林学院实验室-80℃冰箱中待用。该基地属北亚热带季风气候, 雨量充沛, 全年降水量为 796.8 mm, 年平均气温为 16.0℃, 极端最高气温 36.4℃, 最低气温-8.2℃, 全年日照总时数 1 722 h, 土壤为黄棕壤。

1.2 试验方法

1.2.1 基本营养成分的测定^[6]。含水量的测定采用直接干燥法; 叶绿素含量的测定采用 95% 乙醇提取法; 蛋白质含量的测定采用考马斯亮蓝 G-250 法; 可溶性糖含量的测定采用蒽酮法; 维生素 C 含量的测定采用 2,6-二氯酚靛酚溶液滴定法。

1.2.2 重金属含量的测定。选择不同种源的叶片 20 片, 用去离子洗净后放入 105℃干燥箱中 2 h, 70℃烘干至恒重, 粉碎后过 40 目筛, 称取 1.00 g 样品, 用原子吸收光谱仪(AAnalyst 800, Perkin Elmer Company)测定样品中重金属含量^[7]。

1.3 数据处理 用 Excel 记录数据, 运用 SPSS 23.0 软件进行方差分析、Duncan 多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 不同种源陀螺果叶片基本营养成分含量 从表 1 可以看出, 4 个不同种源的陀螺果叶片的 5 种基本营养成分有一定差异性。陀螺果鲜叶片含水量较高, 不同种源的变幅为 656.90~727.40 g/kg, 各种源含水量从高到低依次为湖北咸宁>四川峨眉山>江西齐云山>广东乳源, 其中含水量最高的比含水量最低的叶片高 10.73% ($P<0.05$)。4 种不同种源叶

基金项目 2021 年南京市绿化园林局科技项目(YLKJ202103JH)。

作者简介 童丽丽(1970—), 女, 江苏南京人, 教授, 博士, 从事园林植物研究。* 通信作者, 副教授, 博士, 硕士生导师, 从事植物资源的开发与应用研究。

收稿日期 2021-10-16

片的叶绿素含量均不高,为 1.20~2.30 mg/g,具体表现为四川峨眉山>江西齐云山>湖北咸宁>广东乳源,其中叶绿素含量最高的比含量最低的高 91.67% ($P<0.05$)。各种源之间的蛋白质含量差异较大,变幅为 5.20~10.75 mg/g,具体表现为广东乳源>江西齐云山>湖北咸宁>四川峨眉山,其中含量最高的高出最低种源的 106.73% ($P<0.05$)。不同种源陀螺果叶片可溶性糖含量为 10.31~22.60 mmol/L,具体表现为江西

齐云山>四川峨眉山>广东乳源>湖北咸宁,其中最高含量比最低含量的高 119.20% ($P<0.05$)。陀螺果叶片维生素 C 含量变幅较大,为 62.20~155.30 mg/kg,具体表现为湖北咸宁>广东乳源>四川峨眉山>江西齐云山,其中含量最高的高于最低含量 149.68% ($P<0.05$)。各种种源的陀螺果叶片的基本营养成分含量相差不大,每种种源的叶片均有一项指标列为第一。

表 1 不同种源陀螺果叶片的基本营养成分含量

Table 1 Nutrition elements in the leaves of *M. xylocarpum* from different provenances

序号 No.	种源 Provenance	含水量 Water content g/kg	叶绿素含量 Chlorophyll content // mg/g	蛋白质含量 Protein content mg/g	可溶性糖含量 Soluble sugar content // mmol/L	维生素 C 含量 Vitamin C content mg/kg
1	江西齐云山	675.60±6.10 b	2.22±0.05 a	6.39±0.32 b	22.60±0.38 a	62.20±5.10 d
2	四川峨眉山	712.90±10.80 a	2.30±0.16 a	5.20±0.16 d	15.49±0.41 b	92.20±3.10 c
3	湖北咸宁	727.40±4.90 a	1.38±0.01 b	5.84±0.07 c	10.31±1.04 d	155.30±4.70 a
4	广东乳源	656.90±7.90 c	1.20±0.04 c	10.75±0.05 a	12.28±0.63 c	119.10±3.60 b

注:同列不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences ($P<0.05$)

2.2 不同种源陀螺果叶片重金属含量 从表 2 可以看出,4 个种源中重金属铬 (Cr)、铜 (Cu)、锌 (Zn)、镉 (Cd)、锑 (Sb) 的含量均较低,均不大于 0.380 mg/kg,只有砷 (As) 的含量相对要高些,在 1.240~1.950 mg/kg,比其他 5 种重金属含量高 2.26~4.13 倍,其中江西齐云山陀螺果叶片的 As 含量最高 (1.950 mg/kg)。砷是一种类金属元素,对动物的生长发育可能是必需的^[8];据报道,微量的食砷有一定的美容、健体、延年益寿之功效^[9]。在我国茶叶标准中,茶叶 As 的残留限量

为 2 mg/kg^[10],所以陀螺果的叶片还是符合国家可食用的范围。

微量的铬含量可对人体的健康具有积极作用^[11]。试验数据显示,4 个产地的陀螺果叶片中 Cr 含量均很低或为 0,其中四川峨眉山种源的叶片中 Cr 含量最高,为 0.380 mg/kg。Cu、Zn、Sb 含量都很低,均在 0.060 mg/kg 以下,完全符合食品安全范围。Cd 含量为 0.140~0.190 mg/kg,属于国家食品安全范围之内^[12]。

表 2 不同种源陀螺果叶片的重金属含量

Table 2 Heavy metal content in the leaves of *Melliodendron xylocarpum* from different provenances

序号 No.	种源 Provenance	铬 Cr	铜 Cu	锌 Zn	砷 As	镉 Cd	锑 Sb
1	江西齐云山	0.000±0.158 c	0.030±0.004 a	0.010±0.001 a	1.950±0.130 d	0.180±0.011 a	0.060±0.010 a
2	四川峨眉山	0.380±0.093 a	0.040±0.004 a	0.020±0.002 a	1.560±0.098 b	0.190±0.010 a	0.040±0.007 a
3	湖北咸宁	0.030±0.120 b	0.030±0.004 a	0.020±0.002 a	1.740±0.107 c	0.190±0.010 a	0.040±0.007 a
4	广东乳源	0.000±0.117 c	0.030±0.004 a	0.020±0.002 a	1.240±0.085 a	0.140±0.009 a	0.040±0.007 a

注:同列不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences ($P<0.05$)

2.3 不同种源陀螺果叶片成分差异的原因探讨 方差与多重分析显示不同种源的陀螺果叶片成分存在显著差异,说明不同种源的陀螺果叶片成分的差异性与各种源地的自然气候和地理环境有一定的相关性。这与其他木本植物在不同种源情况下的研究结果几乎一致^[13]。

表 3 中 4 个种源地都属于亚热带季风气候,江西和广东都属于山地、丘陵地貌,四川为盆地,湖北为平原;江西齐云山的海拔最高,湖北咸宁海拔和年降水量最低,4 个种源地的年平均气温无明显差异;4 个种源地的土壤基本为黄壤或红壤,湖北咸宁、江西齐云山为黄棕壤,四川峨眉山为黄壤,而广东乳源为红壤与黄壤。

综合表 1 和表 3 的数据,海拔、降水量、日照时数对陀螺果叶片营养成分有一定的影响,4 个种源地均处于海拔相对

较高、降水量较多的地方,它们地处日照时数相对较少、云雾缭绕的山区,植被相对丰茂,云雾较多,光照以散射光或漫射光为主,土壤内的各种有机物质相对较多,有利于陀螺果叶片中的叶绿素、糖分、含氮化合物合成和积累。

3 结论与讨论

4 个不同种源的陀螺果叶片的 5 种基本营养成分有一定差异性。陀螺果鲜叶片的含水量从高到低依次为湖北咸宁>四川峨眉山>江西齐云山>广东乳源,叶绿素含量从高到低依次为四川峨眉山>江西齐云山>湖北咸宁>广东乳源,蛋白质含量从高到低依次为广东乳源>江西齐云山>湖北咸宁>四川峨眉山,可溶性糖含量从高到低依次为江西齐云山>四川峨眉山>广东乳源>湖北咸宁,维生素 C 含量从高到低依次为湖北咸宁>广东乳源>四川峨眉山>江西齐云山。

表 3 不同种源地的主要自然条件特征

Table 3 Characteristics of main natural conditions in different provenances

种源 Provenance	海拔 Altitude m	地貌特征 Geomorphical features	日照时数 Sunshine hours//h	年平均气温 Annual average temperature// $^{\circ}\text{C}$	年降水量 Annual precipita- tion//mm	主要土壤类型 Main soil types
江西齐云山	1 860	山地	1 400~2 200	16.3~19.5	1 613	黄棕壤
四川峨眉山	1 200	山地	1 000~1 400	13.1~17.2	1 922	黄壤
湖北咸宁	874	平原	1 800~2 000	15.8~17.5	1 100	黄棕壤
广东乳源	1 239	山地	1 590~1 610	18.7~19.9	1 761	红壤、山地黄壤

重金属含量的高低与各个种源地陀螺果的生物学特性有较为直接关系,与栽培地的土壤性质及水肥等栽培条件没有直接相关性。在所测得的不同种源叶片中的重金属含量中,As 的含量相对略高,Cr、Cu、Zn、Cd、Sb 的含量均较低,但均符合国家食用标准范围内。砷含量低于国家的符合“中药药-中药材重金属限量”ISO 国际标准的规定^[14]。具有活血化瘀功效的中药材(含中成药)会存在砷超标的现象,如活血止痛胶囊^[15]。陀螺果不同种源的叶片中砷含量都相对偏高,所以可推测该植物的叶片具有活血化瘀的功效,但还有待于进一步的科学论证。

参考文献

- [1] 沈子雅,牛曼婷,张耀琴,等.陀螺果属研究进展[J].金陵科技学院学报,2019,35(3):68-72.
- [2] GRIMSHAW J, RIX M. 768. Melliodendron xylocarpum[J]. Curtis's botanical magazine, 2013, 30(3): 201-207.
- [3] 王璐,许晓岗,李焱.末次盛冰期以来陀螺果潜在地理分布格局变迁预测[J].生态学报,2018,37(1):278-286.
- [4] 李苏蓉.陀螺果繁殖技术研究[D].南京:南京林业大学,2014.

(上接第 52 页)

保护政策的关系进行持续深入研究。

参考文献

- [1] 王倩,杨太保,杨雪梅.伊犁河流域归一化植被指数的时空变化及其对气候的季节响应[J].兰州大学学报(自然科学版),2016,52(4):466-474.
- [2] ZHANG Y D, ZHANG X H, LIU S R. Correlation analysis on normalized difference vegetation index (NDVI) of different vegetations and climatic factors in Southwest China[J]. Chinese journal of applied ecology, 2011, 22(2):323-330.
- [3] 周伟,刚成诚,李建龙,等.1982—2010 年中国草地覆盖度的时空动态及其对气候变化的响应[J].地理学报,2014,69(1):15-30.
- [4] 陈曦.中国干旱区自然地理[M].北京:科学出版社,2010.
- [5] 穆少杰,李建龙,陈奕兆,等.2001—2010 年内蒙古植被覆盖度时空变化特征[J].地理学报,2012,67(9):1255-1268.
- [6] 闫俊杰,乔木,周宏飞,等.基于 MODIS/NDVI 的新疆伊犁河谷植被变化[J].干旱区地理,2013,36(3):512-519.

- [5] 赵子荀,沈子雅,牛曼婷,等.不同处理方法对陀螺果扦插促根的影响[J].金陵科技学院学报,2019,35(2):89-92.
- [6] 王学奎,黄见良.植物生理生化实验原理与技术[M].3 版.北京:高等教育出版社,2015.
- [7] 吕晓倩,张银龙.城市攀缘植物对大气颗粒物的吸附效果及重金属累积研究[J].中国园林,2020,36(12):101-105.
- [8] NIELSEN F H. Ultratrace elements; An update[M]//TOMITA H. Trace elements in clinical medicine. Tokyo: Springer Japan, 1990: 353-360.
- [9] 李景岩.砷对健康的影响[J].中国地方病防治杂志,2006,21(1):21-23.
- [10] 王青,王娜.镉对人体与环境的影响及防治[J].微量元素与健康研究,2011,28(5):64-66.
- [11] 杨扬.苏州市茶园重金属现状研究[D].北京:中国农业科学院,2009.
- [12] 潘梦雄.镉对人体及实验动物生殖机能的影响[J].微量元素与健康研究,2013,30(4):58-60.
- [13] 彭玉华,黄志玲,曹艳云,等.红锥不同种源叶片养分含量分析[J].广东林业科技,2012,28(5):62-66.
- [14] International Organization for Standardization. Traditional Chinese Medicine-Determination of heavy metals in herbal medicines used in Traditional Chinese Medicine. ISO18664: 2015 [S/OL]. [2021-04-25]. <https://www.iso.org/standard/63150.html>.
- [15] 崔小兵,李香玉,柴川,等.含矿物类中药的活血止痛制剂中金属元素、形态砷元素的聚类分析[J].中成药,2021,43(5):1295-1299.

- [7] 马琳雅,崔霞,冯琦胜,等.2001—2011 年甘南草地植被覆盖度动态变化分析[J].草业学报,2014,23(4):1-9.
- [8] 白庆坤,阿拉腾图娅.2001—2020 年蒙古高原草地覆盖度变化对干旱的响应[J].草业科学,2022,39(3):443-454.
- [9] 焦世文,梁靓,陶维新,等.2010—2019 年甘肃省植被 NDVI 时空变化特征分析[J].安徽农业科学,2021,49(9):70-73,78.
- [10] 张亮,蒋军.基于 MODIS-NDVI 的地表植被时空变化特征及其与环境因子的关系[J].安徽农业科学,2022,50(4):57-63.
- [11] 宋春桥,游松财,刘高煊,等.那曲地区草地植被时空格局与变化及其人文因素影响研究[J].草业学报,2012,21(3):1-10.
- [12] 王栋华,田义超,张亚丽,等.峰丛洼地流域植被覆盖度时空演变及其归因[J/OL].中国环境科学,2022-03-30[2022-04-01].<https://doi.org/10.19674/j.cnki.issn1000-6923.20220330.001>.
- [13] 喻红,曾辉,江子瀛.快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特征研究[J].地理科学,2001,21(1):64-69.
- [14] 胡文峰,姚俊强,张文娜.1961—2018 年新疆降水量时空变化特征[J].武夷学院学报,2021,40(3):45-51.