

研究报告(129~132)

不同颜色果实唐古特白刺叶中矿物质元素含量的比较

胡娜^{1,2,3}, 索有瑞^{1,2}, 韩丽娟^{1,3}, 叶英^{1,3}

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001; 2. 青海大学农林科学院, 青海 西宁 810016;
3. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 通过采用 ICP-MS 检测了柴达木盆地 3 种不同颜色果实唐古特白刺叶中 11 种矿物质元素. 结果表明不同颜色果实唐古特白刺叶中矿物质元素存在差异. 唐古特白刺叶中常量元素以 Na 元素最高, 其中以紫色果实白刺叶中 Na 元素和常量元素总量最高, 大红果白刺叶最低. 微量元素在白刺叶中以 Fe 元素含量最高, 其中以紫红果白刺叶中 Fe 元素和必需微量元素总量最高, 紫色果含量最低. 另外, 有害元素 Pb 和 Cd 在 3 种颜色果实的叶子中含量均较低. 方法简便快速, 结果准确可靠, 可以为不同颜色果实唐古特白刺叶子的应用提供基础数据.

关键词: 唐古特白刺; 果实颜色; 叶; 矿物质元素

中图分类号: O657.63

文献标志码: B

文章编号: 1006-3757(2013)03-0129-04

白刺是蒺藜科 (*Zygophyllaceae*) 白刺属 (*Nitraria*) 的落叶灌木, 是典型荒漠植物区系中的优势种或建群种^[1-2]. 全球有 12 个种, 主要分布在北温带. 中国有 7 种, 主要分布在北方干旱地区和盐碱化地区, 唐古特白刺 (*N. tangutorum* Bobr.) 是我国的特有种. 青海省是白刺分布较广的地区之一, 但主要集中在柴达木盆地, 其优势种为唐古特白刺. 白刺耐干旱、抗沙埋, 是防风固沙、保持水土、改良土壤不可多得的灌木品种. 另外, 在盐碱滩和盐碱度极高的荒漠、戈壁 (盐度最高超过 2%), 白刺也能正常生长, 并开花结果^[3].

由于唐古特白刺雌、雄蕊的退化使得自交几率减小, 株系间杂交几率大大增加, 加之唐古特白刺在自然状况下甚至可与大果白刺杂交等, 导致种内遗传多样性十分丰富, 其中表现最为明显的是唐古特白刺果实性状变异. 在不同植株间唐古特白刺核果果色有黄、浅红、鲜红、玫瑰色、紫色、黑紫色等多种颜色^[4].

研究发现, 白刺果实具有明显的降血脂、抗氧化、降血糖、免疫调节、抗疲劳和耐寒冷、保护化学性肝损伤、延缓衰老等方面的作用^[5-6]. 白刺叶与果

实一样, 具有滋补强身、调经活血的功能作用. 在开发预防和治疗发病率很高的心脑血管疾病、神经科疾病及中医药学中具有健脾补肾类、补阳药等天然新药物中发现: 白刺叶具有调节血糖、血脂、血压以及改善免疫、抗疲劳等保健功能, 在营养保健食品以及食品新资源开发方面前景看好^[7]. 此外, 白刺叶还是很好的饲料, 为骆驼、牛、羊等家畜和野生动物所喜食, 是天然牧场的灌木饲料之一^[4]. 白刺叶资源丰富, 研究和开发也非常重要. 白刺叶中矿物质常量元素和微量元素的含量都比较丰富, 测定野生白刺叶中的矿物质元素含量可用于分析白刺叶的营养价值.

电感耦合等离子体质谱法 (ICP-MS) 自 20 世纪 80 年代问世以来, 随着相关仪器设备及技术的不断进步和完善, 目前广泛应用于食品、药品、水体、水产品、微生物、化妆品和环境中的矿质元素的测定与分析^[8-14]. ICP-MS 样品需要量少, 动态线性范围极好 (达 9 个数量级), 可多元素同时分析, 分析速度快, 检出限低 ($\mu\text{g/L}$ 级、有的元素可达 ng/L), 具有扫描能力 (可半定量测定), 也可进行同位素鉴别和测定^[15-16].

收稿日期: 2013-08-27; 修订日期: 2013-09-16.

基金项目: 科技部星火计划-青海生态经济林浆果资源利用技术集成及产业化 (No 2011GA870007).

作者简介: 胡娜 (1988-), 在读博士, 主要从事天然药物化学研究工作. E-mail: huna880125@163.com

通信作者: 索有瑞 (1960-), 男, 博士, 研究员. 主要从事青藏高原生物资源持续利用与天然产物化学研究. 电话: 0971-6143857. E-mail: yrsuo@nwipb.cas.cn

本研究采用 ICP-MS 技术检测了青海地区 3 种不同颜色果实(大红、紫红、紫色)唐古特白刺叶中的 11 种矿物质元素. 期望通过分析不同果色唐古特白刺叶中矿物质元素的含量, 探讨以唐古特白刺叶作为性状指标来筛选适合用于改善盐碱地环境的生态型苗木或是适合用于白刺叶产品开发的经济型苗木.

1 实验部分

1.1 实验材料

2012 年 9 月在青海省柴达木盆地都兰县诺木洪农场(海拔 2 703 m, 经度 96°28'23", 纬度 36°32'33.8"), 采摘已经完全成熟的不同颜色果实的白刺叶子(叶取自于白刺树冠). 经中国科学院西北高原生物研究所周昌范工程师鉴定为唐古特白刺(*Nitraria tangutorum* Bobr.) 叶. 采摘后依次用自来水、纯净水冲洗干净, 晾干表面水分, 并置于阴凉处阴干. 阴干后用高速万能粉碎机粉碎并过 380 μm 筛, 备用.

1.2 仪器与试剂

DFY1000C 高速万能粉碎机(温岭市林大机械有限公司); 可调式电热板 ML-3.6-4(北京科伟仪器有限公司); SHHS/T-D-1200 豪华型通风厨(上海沪试分析仪器有限公司); 仪器采用 ELAN DRC-e 电感耦合等离子体质谱仪(美国 PE 公司)测定, 工作条件为: RF 功率 1500 W; 测量方式: 跳峰; 冷却气流量: 15 L/min; 停留时间: 30 ms/点; 辅助气流量: 1.2 L/min; 泵速: 24 r/min; 雾化气流量 0.84 L/min; 扫描次数: 20 次; 采样锥孔径: 1.1 mm. 截取锥孔径: 0.9 mm; 温度: 20 $^{\circ}\text{C}$; 湿度: 45%.

标准试剂均为单元素标准溶液: $\rho = 1.0 \text{ mg/mL}$ (国家标准物质研究中心); 试验用试剂均为分析纯(上海化学试剂厂); 水处理采用 Milli-Q 超纯水系统(美国 Millipore 公司).

1.3 实验方法

精确称取 0.500 g 白刺叶于 250 mL 三角瓶中, 加入 12 mL HNO_3 , 冷浸 1 h; 加入 3 mL HClO_4 , 瓶口加一漏斗, 冷浸 12 h. 于电热板上加热消解, 保持微沸, 持续加热至溶液澄清后升高温度, 继续加热至冒浓烟, 白烟冒尽后, 消解液呈无色透明, 放冷, 移入 25 mL 容量瓶中, 用超纯水定容至刻度, 滤入 50 mL 塑料试剂瓶中, 同法制备空白样品^[17]. 不同颜色果实的白刺叶子各取 3 份样. 样品的元素测定委托国

土资源部西宁矿产资源监督检测中心完成.

2 结果与讨论

2.1 方法学验证

用 1% HNO_3 逐级稀释各标准原液(1 000 $\mu\text{g/mL}$), 按 1.2 的工作条件进行测定. 以吸光度 A 为纵坐标、浓度 c 为横坐标绘制标准曲线, 得出线性系数.

Cu、Pb、Zn、Cr、Ni、Cd、Mn、Ca、Mg、Fe 和 Na 浓度分别为 16.0, 8.0, 4.0, 2.0, 1.0, 0.5 $\mu\text{g/mL}$ 的标准溶液, 每份溶液平行进样 5 次, 计算其 RSD 值, 即得各元素的精密度.

取已知各元素含量的白刺果粉样品各 6 份, 每份约 0.500 g, 精密称定, 加入已知量的各元素, 计算各元素的回收率.

各元素的线性系数、精密度、准确度和检出限数据如表 1 所示.

表 1 各元素的线性回归方程、相关系数、精密度和回收率
Table 1 Limit of detection, correlation coefficient accuracy values and recovery rate of different elements

元素	检出限/ ($\mu\text{g/L}$)	相关 系数	精密度/ %	回收率/ %
Cu	67.6	0.999 2	2.21	97.2
Pb	0.342 8	0.999 8	3.12	99.1
Zn	0.596 7	0.999 5	1.98	95.6
Cr	0.523 8	0.999 6	2.89	102.3
Ni	0.342 1	0.999 0	2.45	99.7
Cd	1.143	0.999 1	3.07	101.4
Mn	5.665×10^{-3}	0.999 5	1.56	98.2
Ca	12.11	0.999 7	1.99	99.3
Mg	27.89	0.999 3	2.06	96.7
Fe	257.5	0.999 4	3.11	97.9
Na	1 598	0.999 5	2.12	100.7

2.2 测定结果分析

由表 2 可知, 3 种不同颜色果实唐古特白刺叶中均检测出了这 11 种矿物质元素, 必需微量元素含量由高到低依次为 Fe、Zn、Mn、Cu、Ni、Cr, 重金属元素中 Pb、Cd 元素也均有检出, 常量元素含量由高到低依次为 Na、Ca、Mg.

表2 不同颜色果实唐古特白刺叶中矿物质元素含量(n=3)

Table 2 Contents of mineral elements in leaves of different colorful *Nitraria tangutorum* Bobr. fruits

果实 颜色	Na/ (mg/g)	Ca/ (mg/g)	Mg/ (mg/g)	Fe/ ($\mu\text{g/g}$)	Mn/ ($\mu\text{g/g}$)	Cu/ ($\mu\text{g/g}$)	Zn/ ($\mu\text{g/g}$)	Cr/ ($\mu\text{g/g}$)	Ni/ ($\mu\text{g/g}$)	Cd/ ($\mu\text{g/g}$)	Pb/ ($\mu\text{g/g}$)	常量 元素/ (mg/g)	必须微 量元素/ ($\mu\text{g/g}$)	重金属 元素/ ($\mu\text{g/g}$)
紫色	44.15	13.9	9.54	375	42.13	12.7	22.5	1.61	1.02	0.14	0.7	67.59	454.96	0.84
紫红色	38.1	12.3	8.65	393	66.67	29.9	72.8	0.88	3.36	0.24	1.14	59.05	566.61	1.37
大红色	41.85	14.05	8.45	337	61.77	16.7	80.0	1.11	2.04	0.20	0.82	64.35	498.61	1.02
平均值	41.4	13.4	8.9	368.3	56.9	19.8	58.4	1.20	2.10	0.20	0.9	63.66	506.73	1.08
变异系数	7.4%	7.2%	6.5%	7.8%	22.8%	45.5%	53.6%	31.2%	54.9%	25.7%	25.5%	6.8%	11.3%	25.3%

由表2数据分析可知,作为有害元素的Pb、Cd在本研究中虽有检出,但《药用植物及制剂外经贸绿色行业标准》规定药材中Pb \leq 5.0 mg/kg、Cd \leq 0.3 mg/kg^[18]. 本试验中的Pb和Cd含量均低于限量值,符合相关标准. 另外,不同颜色果实唐古特白刺叶中矿物质元素存在差异. 紫色果白刺叶中常量元素总量最高,而且Na、Mg常量元素含量最高,Ca含量仅稍微低于最高含量的大红色果实白刺叶子;紫红色果白刺叶中必需微量元素总量最高,而且Fe、Mn、Cu、Ni等必需微量元素最高. 而紫色果白刺叶子中必需微量元素总量最低,但Cr含量是3种白刺叶中最高的;大红色果白刺叶中Ca、Zn元素含量最高,总的微量元素处于紫色果实白刺叶和紫红色果实白刺叶之间. 重金属元素总量以紫红色白刺叶积累的最多,大红色果叶子次之,紫色果叶子总的重金属含量最低.

2.3 讨论

白刺对各种矿物质元素都有富集作用,但白刺对矿物质元素的富集能力是不同的. 其中以含Na量为最高,其次是Ca、Mg,这是因为白刺是聚盐生的耐盐植物,耐盐能力强,通过聚集周围的盐分而改善盐碱土,降低土壤含盐量. 本研究中所测白刺树冠叶子中的Na、Ca、Mg常量元素均较高,符合其生态学特征. 在本研究中发现,不同果色的白刺叶子对于元素的富集能力不同. 在3种果色的白刺叶中,以紫色果白刺叶子的常量元素含量较高,说明紫色果白刺可以更强的吸收周围土壤中的常量元素,改善土壤盐碱地状态,获得更好的生态效益.

微量元素不仅对人体的正常生长发育起着积极作用,而且对人体的其他生命活动也有着极为重要的作用. 白刺叶中含有的Fe、Cu在人体中参与造

血;Zn对人体免疫系统和防御功能具有重大作用,是维持生命活动的关键因子;Mn参与造血、氧化还原、钙磷代谢、骨骼形成,具有促进生长发育等功能^[19]. 在微量元素方面,紫红色果白刺叶中必需微量元素总量最高,Fe、Mn和Cu等必需微量元素含量也是最高. 而紫色果白刺叶中必需微量元素总量最低,大红色果白刺叶中必需微量元素总量比紫红色果白刺叶中稍低. 3种不同类型的叶子中所含的单个重金属元素和重金属元素总量均较低,未超标.

综上所述,紫红色果白刺叶的重金属含量低,必需微量元素含量高,其营养更高. 此实验结果对于白刺叶的综合利用,如开发白刺保健茶叶和其他产品以及白刺配方饲料的加工等均有重要的意义.

3 结论

本研究通过采用ICP-MS检测,比较分析了青海地区3种不同颜色果实唐古特白刺叶中11种矿物质元素. 研究发现,紫色果白刺叶中的Na元素和常量元素总量最高,可以筛选紫色果白刺作为生态型苗木来改善盐碱地的土壤生态;紫红色果白刺叶中Fe元素和必需微量元素总量最高,可以推广紫红色果白刺作为经济型苗木,为白刺叶资源的后续应用和开发提供原材料.

本研究探讨了以不同颜色果实唐古特白刺叶中的矿物质元素作为性状指标来筛选生态型苗木或经济型苗木的可能性,为青海白刺叶资源的研究和开发以及生态环境的改善提供了科学依据.

参考文献:

- [1] 李必华. 白刺及其开发利用[J]. 山东林业科技, 1994(3): 7-12.

- [2] 赵克昌,曲金声,郭劲玲. 治沙保土灌木自刺开发利用现状及发展前景[J]. 中国水土保持, 1995(1): 38-40.
- [3] 王镜泉. 白刺属植物的分类分布及其生物生态学特征的研究[J]. 干旱造林研究, 1989, 2: 47-48.
- [4] 索有瑞. 柴达木盆地白刺研究与开发[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 19-21.
- [5] 索有瑞, 王洪伦, 汪汉卿. 柴达木盆地唐古特白刺果实降血脂和抗氧化作用研究[J]. 天然产物研究与开发, 2004, 16(1): 54-57.
- [6] 杨仁明, 索有瑞, 王洪伦. 唐古特白刺果实化学成分和功效作用研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2012, 24: 985-989, 1005.
- [7] 樊莲莲, 刘金荣, 赵文彬, 等. 唐古特白刺不同时期果实及叶所含黄酮的比较[J]. 中医药导报, 2007, 13(5): 7-8.
- [8] 刘宏伟, 聂西度, 谢华林. 电感耦合等离子体质谱法测定巧克力中的 18 种元素[J]. 食品工业科技, 2013, 34(08): 88-90, 107.
- [9] 周学忠, 谢华林. ICP-MS 法测定西洋参中微量元素[J]. 食品科学, 2013, 34(10): 207-210.
- [10] 李杨, 叶建桥, 廖琪, 等. 电感耦合等离子体质谱仪测定水体中的 23 种元素[J]. 绿色科技, 2013, 7: 219-220.
- [11] 樊祥, 周瑶, 陈迪, 等. 电感耦合等离子体质谱法分析水产品中 12 种元素[J]. 分析实验室, 2013, 32(5): 91-95.
- [12] 陈秋生, 刘焯潼, 张强, 等. 电感耦合等离子体质谱法同时测定食用菌中多种元素含量的研究[J]. 食品工业, 2013, 34(7): 212-214.
- [13] 王莉, 杨洋, 徐春祥. 电感耦合等离子体质谱法同时测定彩妆产品中的 8 种元素[J]. 光谱实验室, 2013, 30(4): 1663-1666.
- [14] 张欣, 刘崑, 李冰, 等. 浊点萃取-电感耦合等离子体质谱法测定环境样品中的痕量铂钯[J]. 分析实验室, 2012, 31(11): 63-66.
- [15] 史潜玉, 刘立, 柯润辉, 等. ICP-MS 在食品质量安全领域应用研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2013, 38(2): 118-123.
- [16] 邓晓庆. FAAS、GFAAS、ICP-AES 和 ICP-MS 4 种分析仪器法的比较[J]. 云南环境科学, 2006, 25(4): 56-57.
- [17] 李春丽, 周国英, 胡凤祖, 等. 原子吸收光谱法测定不同采收时间栽培与野生羌活药材中微量元素的含量[J]. 光谱学与光谱分析, 2011, 31(4): 1122-1125.
- [18] 中华人民共和国商务部. 药用植物及制剂外经贸绿色行业标准 WM/T2-2004[S].
- [19] 傅永怀. 微量元素与临床[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 1997: 116.

Comparision of Mineral Elements Contents in Leaves of Different Color *Nitraria tangutorum* Bobr. Fruits

HU Na^{1,2,3}, SUO You-rui^{1,2}, HAN Li-juan^{1,3}, YE Ying^{1,3}

(1. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China;

2. Academy of Agriculture and Forestry of Qinghai University, Xining 810016, China;

3. University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Eleven mineral elements of the *Nitraria tangutorum* Bobr. leaves of three different colorful fruits in Qaidam basin were analyzed by ICP-MS. The results showed that differences exist among the contents of these elements in the *Nitraria tangutorum* Bobr. leaves of different colorful fruits. The highest content of major elements is Na. Among them, the highest contents of total major elements and Na both exist in the leaves of purple fruits. Whereas, the lowest amounts of them are in the leaves of red fruits. As for the trace elements, Fe is in relatively higher amount. The highest and lowest contents of the total trace elements and Fe exist in the leaves of prunus and purple fruits, respectively. In addition, the contents of hazardous elements (Pb and Cd) in the leaves of three different colorful fruits are low. The experimental method is simple, rapid, accurate and reliable, and can provide basic data for the application of *Nitraria tangutorum* Bobr. leaves of different colorful fruits.

Key words: *Nitraria tangutorum* Bobr.; color of fruit; leaves; mineral elements

Classifying number: O657. 63