

濒危植物矮牡丹矿质元素含量研究

蔡祖国¹, 周会萍², 李红运³, 牛文魁³, 赵一鹏^{1*}

(1. 河南科技学院 园林学院, 河南 新乡 453003; 2. 新乡学院 生命科学与技术系, 河南 新乡 453003;
3. 国营济源市黄楝树林场, 河南 济源 454650)

摘要:采用 ICP 法测定了济源太行山区濒危植物矮牡丹植物体内及生境土壤中 10 种矿质元素含量, 分析了矿质元素在矮牡丹体内的分布规律及矮牡丹对土壤中各种矿质元素的富集能力。结果表明, 矿质元素在植物体内的含量大多以叶片、根中最多, 叶柄中最少, 矮牡丹对 K、Cu、Zn、Cd 等元素具有较强的吸收富集能力。元素间相关分析表明, K 与绝大多数矿质元素间存在负相关, Mg、Zn、Cd 与其他元素间相关性不显著, 而 Fe、Mn、Pb、Cu、Ni、Cr 间具有极显著正相关性。此外, 对植物体内元素含量与生境土壤中元素含量进行相关性分析, 结果表明植物体内各部位之间表现出极显著正相关性, 而土壤与植物体之间相关性不显著。

关键词:矮牡丹; 矿质元素; 富集系数; 相关性

中图分类号:S685.11 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2010)01-0043-04

Mineral Element Content of Endangered *Paeonia suffruticosa* var. *spontanea*

CAI Zu-guo¹, ZHOU Hui-ping², LI Hong-yun³, NIU Wen-kui³, ZHAO Yi-peng^{1*}

(1. School of Horticulture and Landscape Architecture, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, Henan 453003, China;
2. Department of Life Science and Technology, Xinxiang University, Xinxiang, Henan 453003, China;
3. The State Forestry Farm of Huanglianshu, Jiyuan, Henan 454650, China)

Abstract: The contents of mineral element in *Paeonia suffruticosa* var. *spontanea* in Jiyuan were determined by ICP, and the distribution characteristics, accumulation indices were also investigated. The results showed that the contents of the tested 10 kinds of mineral elements in leaf and root were higher than those in stem and petiole. It also showed that the plant had active absorption ability to K, Cu, Zn, Cd. There were significant positive correlation among Fe, Mn, Pb, Cu, Ni and Cr, no significant correlation between Mg, Zn, Cd and the other minerals. A negative relation was detected between K and the other minerals tested. In addition, significant positive correlation in mineral contents was found between root, stem, petiole and leaf, but no significant correlation between soil and plant.

Key words: *Paeonia. suffruticosa* var. *spontanea*; mineral element; accumulation index; correlation

矮牡丹 (*Paeonia. suffruticosa* var *spontanea*), 为毛茛科芍药属多年生落叶灌木, 是中国特有的珍稀植物资源, 被列入国家三级保护植物^[1-2]。矮牡丹具有很高的观赏价值, 是栽培牡丹的原始种之一, 在研究牡丹分类和系统进化方面也具有重要地位, 也是牡丹新品选育的重要遗传材料^[3]。矮牡丹在山西、陕西山区有自然分布^[4]。近年来, 赵一鹏等

在河南省济源太行山区发现少量野生矮牡丹种群, 并对其资源特点、濒危机制等开展了初步研究^[5-6]。本文对该区矮牡丹体内矿质元素的含量、分布规律、不同元素之间以及植物与土壤元素含量之间的相互关系进行了分析, 为探讨矮牡丹生境特点、分布规律、资源保护和引种栽培利用提供科学依据。

收稿日期: 2009-03-04 修回日期: 2009-06-27
基金项目: 河南省科技攻关项目 (0524070064)
作者简介: 蔡祖国, 男, 实验师, 主要从事植物种质资源和植物生物技术研究。
* 通讯作者: 赵一鹏, 男, 教授, 博士。E-mail: yipengzhao@hist.edu.cn

1 材料与方法

1.1 研究区概况

济源境内的太行山处于温带大陆性季风气候区,年平均气温 13.2℃,年平均日照时数为 2 363.7 h,年均降水量为 695 mm,无霜期 190 d,光、热、水同步。济源太行山区的黄背角是野生牡丹的集中分布区,该区位于北纬 35°16′、东经 112°04′,海拔 1 000~1 046 m,土壤类型为淋溶褐土,pH 值为 6.2,土层厚度为 20~25 cm。植物区划上属暖温带落叶阔叶林区,主要植被包括脱皮榆林、榧子栎林、叟疏灌丛、胡枝子灌丛、苔草草丛等。

1.2 样品采集与分析

2008 年 4 月在河南省济源太行山区矮牡丹自然分布区内采集植物和土壤样品。植物样品(根、茎、叶片、叶柄)在 120℃通风干燥箱内烘至恒重后备用;土壤样品经 80℃风干至恒重后备用。植株样品(根、茎、叶片、叶柄)用 FZ102 型植物试样粉碎机磨成粉末,土样碾碎过 0.15 mm 孔径筛后,用微波

消解法(微波消解仪,MARS,美国 CEM 公司)对待测样品进行前期处理,然后用 ICP 法(电感耦合等离子体发射光谱仪,Optima 2100DV,美国 PE 公司)测定矿质元素含量。实验数据应用 SPSS(13.0)进行统计分析。

$Ef(\text{富集系数}) = Pe(\text{植物体内某种元素的浓度}) / Se(\text{土壤中该元素的浓度})$

2 结果与分析

2.1 矮牡丹植株各部位和生境土壤中矿质元素含量

由表 1 可知,在矮牡丹植株体内,K 的含量最高,其次为 Mg、Fe,而在矮牡丹生境土壤中,Fe 的含量最高,达到了 21 030 mg·kg⁻¹,其次为 Mg、K,其含量均在 5 000 mg·kg⁻¹ 以上。植株体内小于 100 mg·kg⁻¹ 的元素是 Mn、Zn、Pb、Cu、Ni、Cr、Cd,它们在土壤中的含量也相对较小。总体上,土壤中的矿质元素含量一般高于植株体内的含量。

从矮牡丹不同部位矿质元素含量来看,矿质元素在植物体内的含量大多以叶片、根中最多,叶柄中最少。

表 1 矮牡丹各部位及生境土壤中元素含量

Table 1 The elements contents in *Paonia. suffruticosa* var. *spontanea* and soil / (mg·kg⁻¹)

元素	根	茎	叶柄	叶片	土壤
K	2 418.496	2 655.004	20 009.998	9 545.003	5 064.996
Mg	739.504	735.499	887.003	4 617.504	6 105.004
Fe	178.902	163.596	56.703	375.797	21 030.003
Mn	11.848	9.651	5.853	30.546	625.998
Zn	45.003	36.054	14.347	24.504	60.350
Pb	5.054	9.752	3.351	14.449	124.601
Cu	6.402	6.251	6.153	5.204	14.402
Ni	0.398	0.249	0.796	0.748	19.397
Cr	0.251	0.404	0.052	0.554	37.751
Cd	0.198	0.498	0.148	0.197	0.350

2.2 矮牡丹植株不同部位对生境土壤元素的富集特点

富集系数,即植物体中某元素的含量与土壤中相应元素含量的比值,可以以此来评价植物对土壤养分的富集能力^[7]。由表 2 可知,矮牡丹对大量元素 K 以及微量元素 Cu、Cd、Zn 等元素具有较强的吸收富集能力。从植株不同部位的富集情况来看,根对 Zn、Cu 的富集能力较强,茎对 Cd 的富集能力较强,叶柄对 K、Ni 的富集能力较强,叶片对 Mg、Fe、Mn、Pb 和 Cr 的富集能力较强。总体上,植物体不同部位对 Fe 的富集能力均较差。

2.3 矿质元素间相关性分析

根据矮牡丹植株各部位及生境土壤中各矿质元素含量(表 1),采用 Pearson 相关分析法,获得矿质元素间相关矩阵和样品间矿质元素含量相关矩阵如表 3、表 4。

由表 3 可知,K 与其他矿质元素间存在负相关性,Mg、Zn、Cd 与其他元素间相关性未达到显著水平,而 Fe、Mn、Pb、Cu、Ni、Cr 间存在极显著的正相关。

表 2 矮牡丹各部位对土壤元素的富集系数

Table 2 Element accumulation indices of *Paonia. suffruticosa* var. *spontanea* to soil

元素	根	茎	叶柄	叶片
K	0.477	0.524	3.951	1.885
Mg	0.121	0.120	0.145	0.756
Fe	0.009	0.008	0.003	0.018
Mn	0.019	0.015	0.009	0.049
Zn	0.746	0.597	0.238	0.406
Pb	0.041	0.078	0.027	0.116
Cu	0.444	0.434	0.427	0.361
Ni	0.021	0.013	0.041	0.039
Cr	0.007	0.011	0.001	0.015
Cd	0.566	1.423	0.423	0.563

表 3 矿质元素间相关矩阵
Table 3 Correlation matrix of mineral elements

	K	Mg	Fe	Mn	Zn	Pb	Cu	Ni	Cr	Cd
K	1									
Mg	−0.098	1								
Fe	−0.223	0.769	1							
Mn	−0.224	0.783	1.000**	1						
Zn	0.764	0.451	0.762	0.759	1					
Pb	−0.246	0.802	0.998**	0.999**	0.766	1				
Cu	−0.245	0.676	0.991**	0.988**	0.790	0.981**	1			
Ni	−0.196	0.771	1.000**	0.999**	0.746	0.996**	0.990**	1		
Cr	−0.225	0.767	1.000**	1.000**	0.763	0.997**	0.991**	0.999**	1	
Cd	−0.620	0.031	0.271	0.265	0.460	0.294	0.300	0.250	0.276	1

表 4 样品间元素含量相关矩阵

Table 4 Correlation matrix of element content about samples

	根	茎	叶柄	叶片	土壤
根	1				
茎	1.000**	1			
叶柄	0.966**	0.973**	1		
叶片	0.985**	0.980**	0.911**	1	
土壤	0.203	0.188	0.102	0.190	1

由表 4 可知,根、茎、叶柄、叶片 4 种样品材料在矿质元素含量上存在极显著正相关性,而土壤与植物体之间相关性不显著。

3 小结与讨论

3.1 小结

本文对济源太行山区野生矮牡丹体内 10 种矿质元素含量及其分布规律,植物的富集系数,矿质元素在植物体与土壤之间、不同器官之间的相关性进行了初步研究,结果表明:

(1)矿质元素在矮牡丹体内的含量大多以叶片、根中最多,叶柄中最少。此外,土壤中的矿质元素含量一般均高于植株体内矿质元素含量。以上结果与张红等^[8]对稷山、永济两地矮牡丹体内矿质元素含量研究结果相似。

(2)济源太行山区野生矮牡丹对不同矿质元素的富集能力也存在一定差异,相对来说,矮牡丹对大量元素 K 以及微量元素 Cu、Cd、Zn 的富集量相对较大。从植株不同部位的富集情况来看,根对 Zn、Cu 的富集能力较强,茎对 Cd 的富集能力较强,叶柄对 K、Ni 的富集能力较强,叶对 Mg、Fe、Mn、Pb 和 Cr 的富集能力较强。这与席玉英^[9]、上官铁梁^[10]分别对稷山矮牡丹和永济矮牡丹体内无机元素分布规律的研究基本相似。

(3)元素间相关分析表明,K 与绝大多数矿质元素间存在负相关,Mg、Zn、Cd 与其他元素间相关性不显著,而 Fe、Mn 、Pb、Cu、Ni、Cr 间具有极显著正

相关性。此外,对植物体内元素含量与生境土壤中元素含量进行相关性分析,结果表明植物体内各部位之间表现出极显著正相关性,而土壤与植物体之间相关性不显著。

3.2 讨论

植物对生境土壤矿质元素的吸收富集系数取决于植物对矿质元素的需求量,同时亦与土壤中该元素的含量和存在状态有关。从研究结果还可看出,由于该研究区域土壤中的 Fe 含量过高,使得矮牡丹体内 Fe 元素的富集系数偏低。矿质元素在植物体各器官分布的差异一方面受各器官代谢水平和生理活动的影响,另一方面与元素本身的迁移、转化等特性有关^[11]。本研究也同时表明,矿质元素在新陈代谢旺盛的叶和根中含量较高,而支持和输导组织发达的茎中含量较少,但 K 在叶柄中的含量却明显高于其他部位,且 K 与其它矿质元素含量存在负相关性,这可能与 K 在运输过程中积聚到叶柄中,并在阳离子吸收过程中抑制其他矿质元素的吸收有关。

济源太行山区野生矮牡丹生长在地表岩体的缓坡上,地上茎随坡面腐质土分布层自上而下衍生。矮牡丹生境土壤的不连续性是导致其种群呈间隔分布的原因之一,而生境土壤的的厚薄不均也是导致其地上茎呈集群分布的原因之一,这均反映了野生矮牡丹对生境土壤养分的需求,这一特点可以作为济源矮牡丹野生资源保护区界定和引种栽培过程中土肥管理的参考依据。

参考文献:

[1] 傅立国,金鉴明. 中国植物红皮书——稀有濒危植物第一册[M]. 北京: 科学出版社,1992: 530-564.
[2] 裘树平,刘仲苓. 中国保护植物[M]. 上海: 上海科技教育出版社,1994: 20-35.
[3] 李嘉珏. 中国牡丹起源的研究[J]. 北京林业大学学报,1998, 20(2): 22-26.

LI J Y. Studies on the origin of chinese mudan (tree peony) [J]. Journal of Beijing Forestry University,1998, 20(2): 22-26.

[4] 郑凤英,张金屯,上官铁梁,等. 濒危植物矮牡丹的分布格局及其生存群落的数量分析[J]. 武汉植物学研究,1998, 16(3): 255-262.

ZHENG F Y, ZHANG J T, SHANGGUAN T L. *et al.* The Distribution patterns of *Paeonia suffruticosa* var. *spontanea* and the quantity analysis of the communities where it Grows [J]. Journal of Wuhan Botanical Research,1998, 16(3): 255-262.

[5] 蔡祖国,赵一鹏,李红运,等. 济源太行山区野生牡丹形态特征与分类研究[J]. 西北林学院学报,2008, 23(3): 50-52.

CAI Z G, ZHAO Y P, LI H Y. *et al.* Morphological characters and taxonomic research on the wild woody peony in Taihang Mountains in Jiyuan[J]. Journal of Northwest Forestry University,2008, 23(3): 50-52.

[6] 姚连芳,赵一鹏. 矮牡丹濒危机制分析与保护对策[J]. 中国农学通报,2005, 21(5): 156-158.

YAO L F, ZHAO Y P. Endanger mechanism and conservative strategies of dwarf peony [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2005, 21(5): 156-158.

[7] 方海波,田大伦,康文星. 杉木人工林间伐后林下植被养分动态的研究Ⅱ. 土壤营养元素含量的变化与植物的富集系数[J]. 中南林学院学报,1998, 18(3): 92-95.

FANG H B, TIAN D L, KANG W X. Nutrient study of understorey vegetation on the thinned chinese Fir plantation Ⅱ. content of nutrient in the soil and accumulation index of plants to the soil[J]. Journal of Central South Forestry University, 1998, 18(3): 92-95.

[8] 张红,上官铁梁. 山西省稷山和永济两地矮牡丹体内无机元素含量的比较[J]. 应用与环境生物学报,2005, 11(2): 160-163.

ZHANG H, SHANGGUAN T L. Comparison of element contents in *Paeonia suffruticosa* subsp. *spontanea* of Jishan and Yongji, Shanxi, China. [J]. Chin J Appl Environ Biol,2005, 11(2): 160-163.

[9] 席玉英,上官铁梁,张红,等. 矮牡丹体内无机元素分布规律的研究[J]. 华北农学报, 2002, 17(1): 136-139.

XI Y Y, SHANGGUAN T L, ZHANG H, *et al.* Study on elements distribution of *Paeonia suffruticosa* var. *spontanea* [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2002, 17(1): 136-139.

[10] 上官铁梁,张红,席玉英,等. 珍稀濒危植物矮牡丹体内矿质元素的研究[J]. 植物研究, 2001,21(2): 262-265.

SHANGGUAN T L, ZHANG H, XI Y Y. *et al.* Studies on the mineral elements distribution of *Paeonia suffruticosa* var. *spontanea* in Jishan, Shanxi China[J]. Bulletin of Botanical Research, 2001,21(2): 262-265.

[11] 和丽萍,孟广涛,李贵祥,等. 旱冬瓜体内 7 种矿质元素含量与立地土壤的相关性[J]. 西北林学院学报,2008, 23(2): 24-27.

HE L P, MENG G T, LI G X. *etal.* Mineral elements distribution and correlation in *alnus nepalensis*and the soil [J]. Journal of Northwest Forestry University,2008, 23(2): 24-27.