

## ★ 论著 ★

## 火焰原子吸收光谱法测定野生羌活和宽叶羌活不同部位中的微量元素\*

李春丽<sup>1,2</sup>, 周国英<sup>1,3\*\*</sup>, 周玉碧<sup>1</sup>

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;

3. 中国科学院高原生物适应与进化重点实验室, 西宁 810001)

**摘要** 目的: 测定野生羌活和宽叶羌活根、茎、叶、叶柄和种子中 Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 6 种微量元素的含量。方法: 采用空气-乙炔火焰原子吸收光谱法测定不同部位微量元素的含量, 应用 SPSS 16.0 分析软件对结果进行统计分析。结果: 相同部位不同元素的含量存在差异, 野生羌活和宽叶羌活同一部位均以 Ca 元素含量最高, Cu、Zn 元素含量最低。同种元素在不同植物不同部位中的含量也有差异, 野生羌活 Ca 元素以叶片中含量最高, 种子中含量最低; Mg、Cu、Zn 元素以叶柄中含量最高, 根和种子中含量最低; Fe 元素以茎中含量最高, 叶柄中含量最低; Mn 元素以叶片中含量最高, 茎中含量最低。野生宽叶羌活 Ca 元素以叶片含量最高, 根中含量最低; Mg、Mn、Zn 元素的含量以叶片中最高, 茎中含量最低; Cu 元素以叶中含量最高, 根和叶柄中含量最低; Fe 元素以根中含量最高, 茎和种子中含量最低。结论: 从微量元素角度分析, 野生羌活和宽叶羌活的叶片、叶柄和种子等部位具有潜在的药用价值, 可为综合开发利用有限的野生羌活药材资源提供一定的参考。

**关键词:** 羌活; 宽叶羌活; 火焰原子吸收光谱法; 微量元素; 不同部位

中图分类号: R917

文献标识码: A

文章编号: 0254-1793(2011)10-1880-04

## Determination the contents of six trace elements in different organs of wild *Notopterygium incisum* Ting ex H. T. Chang and *Notopterygium forbesii* Boiss by flame atomic absorption spectrometry\*

LI Chun-li<sup>1,2</sup>, ZHOU Guo-ying<sup>1,3\*\*</sup>, ZHOU Yu-bi<sup>1</sup>

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

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Key Laboratory of Adaptation and Evolution of Plateau Biota,

Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

**Abstract Objective:** To determine the contents of six trace elements Ca, Mg, Fe, Mn, Cu and Zn in different organs (root, stem, leaf, petiole, seed) of wild *Notopterygium incisum* Ting ex H. T. Chang and *N. forbesii* Boiss, analyze the characteristics of trace elements contents in different parts. **Methods:** The contents of six trace elements were determined by flame atomic absorption spectrometry (FAAS); SPSS 16.0 analysis software was applied to analyze the results. **Results:** The study indicated that the contents of different elements had obvious difference in the same organ and the same element content was different in different parts of different plants. The contents of Ca were the highest in all organs and the contents of Cu and Zn elements were the lowest. To wild *Notopterygium incisum* Ting ex H. T. Chang, the content of Ca element was the highest in leaf and the lowest in seed; the contents of Mg, Cu, Zn were the highest in the petiole and the lowest in root and seed; the content of Fe was the highest in stem and the lowest in petiole; the content of Mn element was the highest in leaf and the lowest in stem. And to *N. forbesii* Boiss, the contents of Ca element was the highest in leaf and the lowest in root; the contents of Mg, Mn, Zn were the highest in the leaf and the lowest in stem; the content of Cu was the highest in leaf and the lowest in root and petiole; the content of Fe element was the highest in root and the lowest in stem and seed. **Conclusion:** From the perspective of trace elements, the potential medicine values of leaf, petiole and seed can provide some references for the

\* 中国科学院“西部之光”人才培养计划项目(2007年)和科技部科技人员服务企业行动项目(2009GJG20016)资助

\*\* 通讯作者 Tel: (0971) 6159630; E-mail: zhougy@nwipb.ac.cn

comprehensive development and utilization of limited wide *Notopterygium forbesii* resources.

**Key words:** *Notopterygium incisum* Ting ex H. T. Chang; *N. forbesii* Boiss; FAAS; trace element; different organs

随着中药走向国际化步伐的加快,中药材所含微量金属元素的研究也进一步受到关注<sup>[1]</sup>。药物中的微量元素不仅影响药效,也与人体健康密切相关,在人体的生长、发育、疾病、衰老等方面都有非常重要的作用<sup>[2]</sup>。研究和测定中药中的常见元素,不仅可为中药药理作用的研究提供基础数据,也可为中药材的鉴定提供依据。

中药羌活(*Rhizoma et Radix Notopterygii*)来源于伞形科(*Umbelliferae*)羌活属(*Notopterygium*)多年生草本植物羌活(*Notopterygium incisum* Ting ex H. T. Chang)和宽叶羌活(*N. forbesii* Boiss)的干燥根茎及根<sup>[3]</sup>,主要用于治疗风湿麻痹、肩背酸痛等症,疗效确定,是许多著名的中医名方和成药的组方药物。羌活药材化学成分复杂,主要有效成分为挥发油和香豆素类物质。目前对羌活药材化学成分挥发油、香豆素、有机酸等物质的提取和成分鉴定较多<sup>[4,5]</sup>,但国内外文献对羌活药材中微量元素含量的研究少有报道,包永睿等利用 ICP-MS 法分析了不同产地、不同采购期羌活中的微量元素,确立不同采收期羌活药材无机元素含量差别和不同产地羌活药材的亲缘关系<sup>[6]</sup>,而对野生羌活和宽叶羌活不同部位微量元素的含量测定及分析比较更是鲜见。

近年来由于药用量的需求增大,加之长期以来盲目采挖,造成野生羌活资源量的锐减,对羌活进行人工栽培以扩大其资源量已成为一个亟待解决的问题。本文采用火焰原子吸收光谱法测定了野生羌活和宽叶羌活根、茎、叶、叶柄和种子中 Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 6 种微量元素的含量,通过定量分析野生羌活和宽叶羌活不同部位微量元素含量的变化,探讨羌活和宽叶羌活废弃部分的潜在药用价值,为进一步解释羌活药材的功能作用及综合开发利用提供一定的参考。

## 1 材料、仪器和试剂

**1.1 材料** 野生羌活样品(*Notopterygium incisum* Ting ex H. T. Chang)于2009年8月下旬采自青海省达日县建设乡,地理位置: N 33°45.349', E 99°33.707', 海拔 4012 m; 宽叶羌活样品(*N. forbesii* Boiss.)于2009年8月下旬采自青海省同德县,地理位置: N 35°14.817', E 100°35.098', 海拔 3104 m。

材料整株取回后依次用蒸馏水、纯净水洗净,将根、茎、叶、叶柄和种子分开,阴干备用。实验材料由中国科学院西北高原生物研究所周国英副研究员鉴定。

## 1.2 仪器和试剂

220-FS 型原子吸收光谱仪(美国 Varian); Ca, Cu, Fe, Mn, Zn, Mg 空心阴极灯(美国 Varian); Milli-Q 超纯水制备系统(美国 Millipore 公司); HANG PING JA1003 电子天平。

硝酸和高氯酸均为优级纯;实验用水均为超纯水(18.2 MΩ); Ca, Cu, Fe, Mn, Zn, Mg 标准储备液购自国家标准物质研究中心,规格 20 mL,浓度为 1000 μg · mL<sup>-1</sup>。

## 2 方法与结果

### 2.1 实验方法

将晾干的植物样品粉碎过 100 目筛,于 75 °C 条件下烘 1 h 后,再于 45 °C 条件下烘 10 h,至恒重。精确称取供试品 1.0000 g,置 250 mL 三角瓶中,加 HNO<sub>3</sub> - HClO<sub>4</sub>(4:1)混合溶液 15 mL,混匀,瓶口加一小漏斗,常温下浸泡过夜。置电热板上加热消解,保持微沸,持续加热至消解液呈无色透明,放冷,转入 100 mL 量瓶,用 1% 的 HNO<sub>3</sub> 溶液洗涤三角瓶,洗液合并于量瓶中,并用 1% 的 HNO<sub>3</sub> 溶液定容至刻度,即得样品溶液。

元素测定均采用标准曲线法,分析测试条件、精密密度、线性关系考察、元素的回收率实验同文献 7<sup>[7]</sup>。

**2.2 重复性实验** 分别精密称取各样品 6 份,按照“2.1”项下方法制备样品溶液,测定各元素的含量。野生羌活不同部位各元素 RSD 值分别为: Ca: 0.53% ~ 4.21%, Mg: 1.37% ~ 5.96%, Fe: 1.24% ~ 6.19%, Mn: 0.49% ~ 3.50%, Cu: 0.57% ~ 2.17%, Zn: 0.68% ~ 2.16%。野生宽叶羌活不同部位各元素 RSD 值分别为: Ca: 0.21% ~ 5.98%, Mg: 0.50% ~ 4.96%, Fe: 1.76% ~ 3.73%, Mn: 0.40% ~ 5.46%, Cu: 0.70% ~ 1.52%, Zn: 2.27% ~ 6.36%。

**2.3 样品测定** 测定时,根据情况用 1% 的 HNO<sub>3</sub> 溶液对样品进行稀释,结果见表 1、表 2。应用 SPSS 16.0 统计软件对同一元素在不同部位的含量的测

定结果进行单因素方差分析、显著性检验。

表1 羌活样品中微量元素的含量 ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$   $n=6$ )

Tab 1 The contents of trace elements in samples of *Notopterygium incisum* Ting ex H. T. Chang

部位( organs)	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
根( root)	7. 6837d	2. 2192a	0. 3840c	0. 0427b	0. 0145d	0. 0133b
茎( stem)	11. 7070c	0. 9694c	0. 8088a	0. 0186e	0. 0191c	0. 0132b
叶( leaf)	31. 8252a	1. 9374b	0. 4626b	0. 0779a	0. 0334b	0. 0133b
叶柄( petiole)	19. 0532b	2. 2800a	0. 1320e	0. 0293d	0. 0371a	0. 0164a
种子( seed)	5. 8355e	1. 8743b	0. 3306d	0. 0366c	0. 0114e	0. 0100c

注( note): 数据后字母表示  $P \leq 0.05$  水平的差异显著性( The letter followed the number with different treatment means significant difference at  $P \leq 0.05$  level)

表2 宽叶羌活样品中微量元素的含量 ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$   $n=6$ )

Tab 2 The contents of trace elements in samples of *N. forbesii* Boiss

部位( organs)	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
根( root)	5. 2184e	2. 9716b	0. 2558a	0. 0385d	0. 0116d	0. 0124c
茎( stem)	9. 0528d	0. 8504d	0. 1139d	0. 0269e	0. 0149c	0. 0083d
叶片( leaf)	37. 8487a	3. 7971a	0. 2294b	0. 0888a	0. 0184a	0. 0153a
叶柄( petiole)	22. 2494b	2. 2265c	0. 2530a	0. 0726b	0. 0111d	0. 0131bc
种子( seed)	12. 9286c	2. 3525c	0. 1105d	0. 0550c	0. 0162b	0. 0136b

注( note): 数据后字母表示  $P \leq 0.05$  水平的差异显著性( The letter followed the number with different treatment means significant difference at  $P \leq 0.05$  level)

### 3 讨论

**3.1 相同部位不同元素含量的差异** 由表1、表2可看出,野生羌活和宽叶羌活同一部位,不同元素的含量有明显差异。在野生羌活中,各器官均以Ca元素含量最高,Zn元素含量最低,根、叶片和种子中6种元素的含量高低存在相似的规律:  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Cu} > \text{Zn}$ ; 茎和叶柄中6种元素的含量相似:  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{Cu} > \text{Mn} > \text{Zn}$ 。野生宽叶羌活中根和叶柄中6种营养元素的含量高低存在相似的规律:  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu}$ ; 茎、叶和种子中6种元素的含量差异存在相似的规律:  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Cu} > \text{Zn}$ 。

本实验中不同部位均以Ca元素的含量最高,叶中最高达  $37.8487 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,最低为宽叶羌活根中含量  $5.2184 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,远高于骨头中钙的含量<sup>[8]</sup>。Ca是人体内重要的矿质元素,是组成骨骼的重要成分,同时也能够增加大脑皮层的抑制过程,调节兴奋的平衡失调,具有消炎、消肿、抗过敏作用<sup>[9]</sup>。这与羌活具有治疗风湿麻痹、强项筋急、骨节酸痛和风水浮肿及利关节、抗炎、抗菌等功效相一致。

叶片、叶柄和根中Mg、Fe含量较高。Mg具有舒张血管而使血压下降的作用,含Mg丰富的中草药对高血压及胆固醇引起的动脉硬化有一定的防治作用<sup>[9]</sup>,Fe是血红蛋白和肌红蛋白的核心部分,是造血原料,与人体免疫防御功能密切相关,缺Fe容易导致贫血和能量代谢障碍<sup>[10,11]</sup>。这些可能与羌活药材具有抗心律失常、缓解心肌缺血等药理效用息息相关,但其内在的作用机理还有待于进一步的研究、探索。

**3.2 不同部位同种元素的含量差异** 同一元素在不同植物不同部位的含量有明显差异,Ca元素在野生羌活和宽叶羌活均以叶片、叶柄中含量最高,且宽叶羌活叶片、叶柄和种子中的Ca含量高于羌活中的含量,根和茎中含量低于羌活的含量,各部位含量差异均显著;Mg元素含量高低在野生羌活中为叶柄 > 根 > 叶片 > 种子 > 茎,野生宽叶羌活中叶片 > 根 > 种子 > 叶柄 > 茎,均以叶片中含量最高,但宽叶羌活叶片中Mg元素含量 ( $3.7971 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) 远高于羌活叶片中的含量 ( $1.9374 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ );野生羌活除叶柄外各部位Fe元素含量均高于宽叶羌活的含量;Mn元素含量在羌活和宽叶羌活中均以叶片中含量最高(分别为  $0.0779 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  和  $0.0888 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ),茎中最低(分别为  $0.0186 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  和  $0.0269 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ );Cu元素的含量除种子外,其他各部位均以野生羌活中含量高于宽叶羌活中的含量,宽叶羌活根和叶柄中Cu含量差异不显著;Zn元素含量在野生羌活中以叶柄中含量最高 ( $0.0164 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ),种子中含量最低 ( $0.0100 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ),其他各部位Zn元素含量差异不显著,宽叶羌活以叶片中最高 ( $0.0153 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ),茎中最低 ( $0.0083 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ),根、叶柄、种子中含量差异不显著。

由结果看,野生羌活和宽叶羌活叶片和叶柄中Mn、Cu和Zn含量较高。Mn不但参与蛋白质的合成,还参与遗传信息的传递,缺Mn使有些酶的活性降低,内分泌失调,免疫功能低下,造血功能下降<sup>[12]</sup>;Zn元素能促进DNA、蛋白质的合成<sup>[13]</sup>;Cu元素是免疫系统正常功能不可缺少的元素<sup>[14]</sup>,同时,Cu元素作为一种重金属,限量指标为  $\text{Cu} \leq 20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ <sup>[3]</sup>,即  $0.02 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,在本实验中,野生宽叶羌活各部位Cu元素含量最高值分别为叶  $0.0184 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  和  $0.0111 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,均未超标,野生羌活叶片和叶柄中Cu元素含量均超标 ( $0.0334 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  和

0.0371 g · kg<sup>-1</sup>)。因此,由实验结果看,可利用宽叶羌活叶片制成的保健品作为人体补充 Mn、Cu、Zn 的有益来源。

羌活和宽叶羌活是我国特有属种植物,资源有限<sup>[15]</sup>;自然条件下羌活和宽叶羌活种子萌发力弱,以营养繁殖为主,自然更新周期长。在传统医药中,羌活和宽叶羌活的药用部位为其根及根茎,本实验中通过对野生羌活和宽叶羌活其他部位营养元素含量的测定表明,不同部位对不同矿物元素的富集特点不同,除根外,其他部位也含有丰富的微量元素,且多种微量元素的含量均高于根中。因此,从微量元素的角度分析,羌活和宽叶羌活除根外的其他部位特别是叶片和叶柄具有一定的应用价值,可进行深度开发,充分利用有限的中草药资源。

参考文献

- 1 WANG Xiao - yi(王小逸),ZHU W,Witkamp GT,et al. Determination of trace elements in Huang - Lian by high resolution - inductively coupled plasma - mass spectrum(高分辨电感耦合等离子质谱测定黄连中的微量元素). *Spectrosc Spectral Anal*(光谱学与光谱分析) 2003 23(6):1167
- 2 TIAN Zhu - ping(田柱萍),HE Bang - ping(何邦平),WANG Xiao - yan(王小燕),et al. The efficacy of medicine of the Chinese herbal medicine with it's a research for containing trace element relating to progress(中药材的药效与其所含微量元素关系的研究进展). *Stud Trace Elements Health*(微量元素与健康研究) 2005 22(4):54
- 3 ChP(中国药典). 2010. Vol I(一部):127
- 4 YANG Xiu - wei(杨秀伟),YAN Zhong - kai(严仲恺),GU Zhe - ming(顾哲明),et al. Research on the chemical components of Rhizoma et Radix Notopterygii(羌活化学成分的研究). *Chin Tradit Herb Drugs*(中草药) 1993 24(10):507
- 5 XIAO Yong - qing(肖永庆),GU Kou - ya - yan(谷口雅颜). Coumarins from *Notopterygium incisum* Ting(中药羌活中的香豆素). *Acta Pharm Sin*(药学学报) 1995 30(4):274
- 6 BAO Yong - rui(包永睿),WANG Hui - yuan(王惠媛),SUI Xi - ao - feng(隋晓峰),et al. ICP - MS used for *Notopterygium* medicinal genetic relationship analysis( ICP - MS 用于羌活药材亲缘关系的分析研究). *Asia - Pacific Tradit Med*(亚太传统医药), 2010 6(3):26
- 7 LI Chun - li(李春丽),ZHOU Guo - ying(周国英),HU Feng - zu(胡凤祖),et al. Determination of trace elements in medicinal materials of cultivated and wild *Rhizoma et Radix Notopterygii* vegetated in different months by flame atomic absorption spectrometry(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). *Spectrosc Spectral Anal*(光谱与光谱学分析), 2011 31(4):1122
- 8 SHENG Ji - ping(生吉萍),CHEN Hai - rong(陈海荣),SHEN Lin(申琳). Determination of six mineral elements in roots, stems, leaves, flowers and seeds of *Scutellaria baicalensis* by FAAS(人工种植黄芩根、茎、叶、花、种子中营养元素的光谱分析). *Spectrosc Spectral Anal*(光谱学与光谱分析) 2009 29(2):519
- 9 MEI Guang - quan(梅光泉). Chemistry of trace elements in tea(茶叶中的微量元素化学). *Stud Trace Elements Health*(微量元素与健康研究) 2004 21(1):49
- 10 FAN Wen - xiu(范文秀),LI Xin - zheng(李新峥). Spectrometric determination of trace elements in Pagoda Flower(洋槐花中微量元素的光谱测定). *Spectrosc Spectral Anal*(光谱与光谱学分析), 2005 25(10):1714
- 11 WANG Wei - ling(王渭玲),LIANG Zong - suo(梁宗锁),TAN Yong(谭勇),et al. Determination of mineral elements in different part of *Astragalus membranaceus*(Fisch.) by FAAS(原子吸收光谱法测定膜荚黄芪不同器官矿质元素含量). *Spectrosc Spectral Anal*(光谱学与光谱分析) 2008 28(5):1168
- 12 CHENG Fa - liang(程发良),NING Man - xia(宁满霞),MO Jin - heng(莫金垣),et al. Determination of trace elements in Lychee of different growth periods(荔枝果实中微量元素测定的研究). *Spectrosc Spectral Anal*(光谱学与光谱分析) 2002 22(4):676
- 13 MEI Guang - quan(梅光泉). Study of trace elements in Chinese tradition medicine(中草药中的微量元素). *Stud Trace Elements Health*(微量元素与健康研究) 1994 11(2):25
- 14 LIU Yan - ming(刘彦明). Determination of ten trace elements in Chinese traditional medicines by atomic absorption spectrometry(原子吸收光谱法测定中成药中微量元素). *Spectrosc Spectral Anal*(光谱与光谱学分析) 2000 20(3):373
- 15 ZHOU Yi(周毅),JIANG Shun - yuan(蒋舜媛),MA Xiao - jun(马小军),et al. Resource crisis and protective measures on *Rhizoma et Radix Notopterygii*(羌活资源危机和保护). *Chin Tradit Herbal Drugs*(中草药) 2003 34(10):附12

(本文于2010年8月30日收到)