

羌活的质量控制研究进展

王珍^{1,2}, 陈士林¹, 黄林芳^{1*}, 宋经元¹, 杜静¹ (1.中国医学科学院北京协和医学院药用植物研究所, 北京 100193; 2.北京中医药大学中药学院, 北京 100102)

摘要: 目的 综述羌活的质量控制研究现状, 为羌活药材的进一步研究提供参考。方法 针对近年来羌活药材的性状鉴别、组分含量、指纹图谱、重金属、农残以及无机元素含量测定方面的相关文献研究进行总结和归纳。结果与结论 羌活主要有效成分的含量测定方法有薄层扫描法、高效液相色谱法、气质联用色谱法、液质联用色谱法等。其中高效液相色谱法是最常用的检测方法, 含量测定结果显示羌活有效成分的产地差异比较大。羌活中农药残留、重金属、人工与野生羌活的等效性方面的研究报道较少。

关键词: 羌活药材; 质量控制; 指纹图谱

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 1007-7693(2012)03-0209-06

Advances in Quality Control of *Notopterygii Rhizoma et Radix*

WANG Zhen^{1,2}, CHEN Shilin¹, HUANG Linfang^{1*}, SONG Jingyuan¹, DU Jing¹ (1. Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100193, China; 2. School of Chinese Materia Medica, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100102, China)

ABSTRACT: OBJECTIVE To review the quality control of *Notopterygii Rhizoma et Radix* and to provide a reference and evidence for further research. **METHODS** Collecting and analyzing papers about morphological identification, chemical component analysis, fingerprint chromatography, the heavy metals and inorganic elements in *Notopterygii Rhizoma et Radix* for the past few years. **RESULTS AND CONCLUSION** The methods of determination of the major contents of *Notopterygii Rhizoma et Radix* include TLC scanning, HPLC, GC-MS, and LC-MS. The HPLC method was most commonly used. The content analysis results showed that chemical constituents of *Notopterygii Rhizoma et Radix* from different habitats varied significantly. Furthermore, there were few research on the determination of pesticide residues, heavy metals and the equivalence study between wild and cultivated *Notopterygii Rhizoma et Radix*, therefore this herb need further study.

KEY WORDS: *Notopterygii Rhizoma et Radix*; quality control; fingerprint

中药羌活为伞形科植物羌活 *Notopterygium incisum* Ting ex H.T.Chang 或宽叶羌活 *Notopterygium franchetii* H.de Boiss 的干燥根茎和根^[1], 具有解表散寒、胜湿止痛功效, 是中、藏、羌医药体系中的常用药材。1977 年版中国药典开始明确收载两个种 *N. incisum* 和 *N. forbesii*。羌活自然更新速度慢, 野生羌活生境严酷, 产量一直不大。由于近年来市场需求量增加和连年无计划的采挖, 野生羌活产量逐年减少, 价格呈现上升趋势。1987 年修订的《中国珍稀濒危保护植物名录》已将羌活列为二级保护物种, 2005 年载入《中国物种红色名录》。

羌活药材是中成药“国公酒”、“九味羌活颗粒”、“九味羌活丸”的主要组方之一, 主要含挥发油和香豆素类化学成分, 具有抗氧化、镇痛、抗心律失常、抗血栓形成等作用^[2-4]。中药质量分为外部质量和内在质量^[5], 外部质量包括药材性状特征、组织特征等, 内在质量包括浸出物、化学成分(有效成分、特征成分)检测、农药及重金属残留分析等。因土壤理化性质、温度、光照、海拔高度等环境条件不同, 各地栽培技术、产地加工也有差异, 导致不同产地的外观性状及质量都存在差异。本文对羌活药材的质量研究现状如性状鉴别、含量测定、指纹图谱、重金属和农残等各方面进行了综述,

基金项目: 北京市科委计划项目(D08080203640901)

作者简介: 王珍, 女, 硕士生 Tel: (010)62899727

E-mail: wangzhen392346@163.com

*通信作者: 黄林芳, 女, 博士, 副教授

Tel:

(010)62811448 E-mail: lfhuang@implad.ac.cn

为羌活资源的合理开发利用提供参考。

1 性状鉴别

羌活药材分布广泛，主要在四川、甘肃、西藏、青海、云南等地。商品按产地不同，分为川羌(产于四川)与西羌(产于青海、甘肃)。按形状不同，分为蚕羌、竹节羌、条羌、大头羌。

近年来，受经济利益驱动，市场上常有混伪

品出现。为澄清药源，保证临床用药安全有效，刘文兰等对常见混淆品、伪品、混用品林当归(新疆羌活)^[6](*Angelica silvestris* L.)、心叶凌子芹(龙头羌、蛇头羌)^[7](*Pleurospermum rivulorum* (Diels) M. Hiroe)、地榆(*Sanguisorba officinalis* L.)、虎杖^[8](*Polygonum cuspidatum* Sieb et Zucc)进行性状描述，对羌活真伪鉴别具有指导意义，见表 1。

表 1 羌活与常见混伪品的性状鉴别

Tab 1 Characteristic identification of *Notopterygii Rhizoma et Radix* and its adulterant species

商品名	植物来源	性状特征
羌活	<i>Notopterygium incisum</i> Ting ex H.T.Chang 或 <i>N. franchetii</i> H.de Boiss	表面棕褐色至黑褐色，外皮有隆起的环状，根茎环节紧密隆起，形似蚕状，或环节稀疏，节间长似竹节状，或根茎分枝多膨大呈块状。切面有多数放射状裂隙，显菊花纹，体轻、质脆易折断，断面不平整。气香，味微苦而辛
新疆羌活	<i>Angelica silvestris</i> L.	分枝上有数个半月形及类圆形凹陷的茎痕，有多数紧密而隆起的环节，质轻松，断面不整齐，皮部黄棕色或黄白色，多裂隙，气特异，味辛
蛇头羌、龙头羌	<i>Pleurospermum rivulorum</i> (Diels) M. Hiroe	蛇头羌的根茎多数环节隆起不显著，少分枝；龙头羌分枝顶端有类圆形茎痕
地榆	<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	不规则纺锤形或圆柱形，有纵皱纹，粗糙、横裂纹及支根痕，折断略显粉性，皮部淡黄色，木部粉红色或淡黄色放射状纹理不明显。饮片切面紫红色或棕褐色，无臭，味微苦涩，较硬，不易折断
虎杖	<i>Polygonum cuspidatum</i> Sieb et Zucc	多为圆柱形短段或不规则厚片，外皮棕褐色，有纵皱纹及根痕，皮部与木部易分离，根茎中央有髓，空洞状或分隔，质坚硬难折断，气微苦涩

2 含量测定

根据 2010 版中国药典一部，羌活中羌活醇、异欧前胡素等有效成分为高效液相色谱(HPLC)中的指标性成分。羌活中香豆素类、挥发油成分含量测定的分析方法有薄层色谱法(TLC)、高效液相色谱法、气相质谱法(GC-MS)、液质联用色谱法(LC-MS)等。

2.1 TLC

TLC 具有操作简单、显色方便、斑点集中和薄层板耐腐蚀的优点。陈燕等^[9]利用 TLC 鉴别紫花前胡苷，在与对照品色谱相应的位置上，显相同的蓝色荧光斑点。覃燕等^[10]采用双波长薄层扫描法对 3 种不同产地的羌活中紫花前胡苷进行了含量测定，结果表明四川小金县产的羌活中紫花前胡苷含量高于同批次的甘肃武威与北京药材公司收集样品。韩桂茹等^[11]等利用薄层色谱鉴别了治感佳胶囊中的羌活水溶性成分。董林等^[12]采用双波长($\lambda_1=308\text{ nm}$, $\lambda_2=370\text{ nm}$)薄层色谱扫描法测定了九味羌活丸中欧芹属素乙的含量。朱美晓^[13]利用薄层色谱分别以异欧前胡素、羌活醇、紫花前胡苷薄层色谱鉴别，紫花前胡苷为羌活和宽叶羌活的共性成分，色谱斑点清晰，故可选择紫花前胡苷进行羌活薄层色谱鉴别。

2.2 HPLC

HPLC 具有灵敏度、准确度和精密度高的特点，是近年来分析研究中最为常用的方法。周毅等^[14]利用水蒸气提取挥发油法和 HPLC 分别对 22 个羌活主产地的 29 份药材样品进行挥发油及异欧前胡素的含量的检测和统计学分析。结果显示，挥发油含量为 1.23%~3.66%(mL·g⁻¹)，挥发油和异欧前胡素 2 种定量检测指标成分含量与采收年份间差异不显著，异欧前胡素在羌活中的含量为 0.12%~1.30%，宽叶羌活中异欧前胡素含量为 0.17%~1.90%，两个物种之间异欧前胡素差异显著。高建邦等^[15]测定了不同商品规格羌活(蚕羌、竹节羌、大头羌、条羌)中阿魏酸和异欧前胡素的含量。数据显示，同一产地的 4 种规格羌活药材，蚕羌含量最高，其次是竹节羌、条羌和大头羌，测定结果与传统的评价一致。此外，羌活中根茎所含异欧前胡素及阿魏酸的含量均高于根。朱美晓等^[13]利用高效液相色谱对 15 批羌活药材中总阿魏酸含量进行了测定，羌活中结合阿魏酸是游离阿魏酸的 2~7 倍，宽叶羌活中结合阿魏酸是游离阿魏酸为 5~11 倍。另外，紫花前胡苷在宽叶羌活中含量较高，部分宽叶羌活中羌活醇含量较低，但羌活和宽叶羌活中羌活醇和异欧前胡素二者总

量较为均衡。孙玉茹等^[16]利用 HPLC 测定了不同产地羌活和宽叶羌活中紫花前胡苷的含量,结果表明不同产地羌活药材中紫花前胡苷含量差异明显,不同产地羌活紫花前胡苷含量相差 40 倍,宽叶羌活相差近 178 倍,这可能与生长条件及采收时间、初加工有关。张娜等^[17]采用 HPLC 测定了羌活药材中异欧前胡素含量,发现不同市售羌活药材的异欧前胡素含量范围为 0.50~10.0 mg·g⁻¹,其含量范围较大,反映了药材质量的差异。宋平顺等^[18]对甘肃不同地区栽培羌活质量研究发现,栽培品中异欧前胡素的含量范围为 0.014 1%~0.050 1%,阿魏酸为 0.044 0%~0.074 1%。与野生品蚕羌、竹节羌相比较,甘肃栽培品的含量明显低于野生品,且栽培品较野生品外观变异大。

2.3 GC-MS

GC 是一个分析速度快和分离效率高的分析方法,特别是近年来采用高灵敏选择性检测器,具有分析灵敏度高、应用范围广等优点。李国辉等^[19]采用 GC-MS,化学计量学解析了羌活药材中挥发油的二维色谱/质谱数据,挥发油成分中含 52 个组分,已知组分含量占总量的 80.79%,实现了对羌活挥发油成分的定性、定量分析。杨秀伟等^[20]采用 GC-MS 技术对宽叶羌活中的挥发油进行了分析,结果表明挥发油成分主要为单萜和倍半萜类化合物。吉力等^[21]通过 GC-MS 分析了羌活药材中挥发油的化学成分,共鉴定 136 个成分(羌活 78 个成分、宽叶羌活 58 个成分),鉴定率达到 94.90%和 91.41%。杨仕兵等^[22-23]对青海产羌活挥发油的化学成分进行了 GC-MS 分析,分离出 50 余个峰,鉴定了 41 种化学成分,用面积归一法确定其相对含量;并采用 GC-MS 比较了青海省祁连县、同德县及玛沁县野生羌活脂溶性化学成分。结果显示,不同产地样品主要脂溶性成分差异显著,但 3 个产地样品中亚油酸的含量均较高。官艳丽等^[24]通过对羌活挥发油的 GC-MS 分析表明,在不同采收期(6 月—10 月)羌活挥发油的化学成分基本相似,主要含有 α -蒎烯、 β -蒎烯、柠檬烯和龙脑乙酸酯等,只是各组分含量随月份增长而逐渐增加,说明采集药材时要注意采集时间。Qiu 等^[25]利用全二维气相色谱-飞行时间质谱(GC×GC-TOFMS)和全二维气相色谱-氢火焰检测器(GC×GC-FID)结合主成分分析法,对不同产地的羌活挥发油进行了分析判别,找出了 5 个产地 20 份样品的差异——单萜和

氧化倍半萜两类化合物的含量和种类不同。蒋海强等^[26]通过顶空静态进样方法,利用 GC-MS 联用技术结合保留指数定性分析,建立了快速分析羌活挥发性成分的方法。

2.4 LC-MS

LC-MS 是近些年发展起来的一种常用于中草药活性组分分离、测定的新技术。古丽娜·沙比尔等^[27]利用 HPLC 对 25 批不同来源的羌活药材进行 HPLC 指纹图谱和 LC-MS 联用分析,标记了 7 个共有峰;LC-MS 对其中的 5 个共有峰进行了定性鉴别,质谱的总离子流图能进一步提供与色谱图互补的信息,用于羌活药材的鉴别和质量控制。Liu 等^[28]采用 HPLC-DAD-MS 联用技术,检测了羌活根茎、根以及须根中羌活醇和异欧前胡素的含量。结果显示,须根中这两种物质的含量比根中含量高,建议可考虑将须根入药。

3 指纹图谱

指纹图谱能够比较全面反映药材主要成分的整体性。目前,羌活药材 HPLC 指纹图谱报道较多,大多根据有限批次的药材建立不同品种、产地、采集时间的特征共有模式。指纹图谱的数据处理方面采用相似度计算、聚类分析、主成分分析等多种评价模型,从不同侧面评价了药材质量的优劣。同时,古松等^[29]利用 ISSR 分子标记技术,建立了羌活和宽叶羌活的简单重复序列区间扩增反应体系(ISSR-PCR),为开展羌活的种质资源遗传多样性、构建遗传图谱以及基因定位提供了参考。

3.1 高效薄层色谱(HPTLC)指纹图谱

Qian 等^[30]采用 HPTLC 法,以羌活醇和异欧前胡素为参考,366 nm 波长下观察,样品与对照品在紫外灯下的同一位置显示相同的斑点。异欧前胡素和羌活醇在薄层板上能够有效分开,比较不同的颜色和保留值(R_f),建立了 HPTLC 指纹图谱鉴别方法。

3.2 HPLC 指纹图谱

刘志刚^[31]对 19 批羌活药材,以阿魏酸、绿原酸和紫花前胡苷为质量控制的指标性成分,建立了 HPLC 指纹图谱,综合评价了羌活药材的质量。李云霞^[32]对 25 个不同地区市售羌活药材进行了分析并建立了 HPLC 指纹图谱,结合聚类分析,可将掺伪样品与其余样品分开。Jiang 等^[33]对 15 批宽叶羌活和 3 批羌活的水提物进行 HPLC-DAD 指

纹图谱的实验研究, 获得两者的共有峰为 8 个, 15 批宽叶羌活的相似度均在 0.96 以上, 3 批羌活的相似度均在 0.97 以上; 羌活与宽叶羌活之间的关联系数仅为 0.413。比较两者化学成分, 宽叶羌活中的阿魏酸含量明显高于羌活。官艳丽等^[24]对 28 批羌活药材建立了 HPLC 指纹图谱。结果表明, 不同产地羌活的化学成分基本相似, 但是各组分在含量上存在较大差异, 紫花前胡苷在宽叶羌活中含量明显大于羌活, 羌活醇主要存在于羌活中, 6'-*O*-反式阿魏酸紫花前胡苷是宽叶羌活的主要化学成分之一, 茴香酸对羟基苯乙酯是宽叶羌活的特征成分, 这与 Li 等^[34]的实验结论一致。艾莉^[35]建立了羌活药材的 HPLC 指纹图谱, 并与常见混淆品独活相比较, 为鉴定羌活的真伪, 规范药材市场提供参考依据。

3.3 高效液相荧光光谱法(HPLC-FLD)指纹图谱

王海波等^[36]利用 HPLC-FLD 对 65 个各地收集的羌活样品和 2 个伪品(独活、白芷)进行分析, 以异欧前胡素为测定指标, 标定了 20 个共有峰, 并结合指纹图谱与聚类分析, 以羌活对照药材, 确定了羌活药材质量评价荧光指纹谱的基准样本值(0.8), 通过比较, 不同来源的羌活药材的相关系数均在 0.82 以上, 2 种伪品均在 0.75 以下, 揭示了羌活指纹图谱自身具有化学条码特征。

3.4 GC 指纹图谱

高广慧等^[37]利用 GC 测定了羌活中挥发油含量, 将获得的指纹图谱与聚类分析法相结合, 初步建立了羌活挥发油指纹图谱质量控制方法, 能准确、全面、综合地反映不同产地的药材指纹图谱之间的关系。

4 重金属、农残与无机元素

蒋舜媛等^[38]通过电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-AES)及冷原子吸收法测定了羌活药材中重金属的含量, 发现在四川、甘肃和青海 3 个省 19 个产地羌活中均未检出汞; 铅在羌活中含量极低, 在宽叶羌活中仅个别产地检出较高; 铜在两物种中含量都较高, 砷在宽叶羌活中含量较高; 镉在羌活与宽叶羌活中的含量差异不大; 铬在羌活中的含量高于宽叶羌活; 来自德格县的样品中铬含量较高, 其次是青海北山的羌活, 其余产地铬含量均比较低。羌活药材基本上达到了《药用植物及制剂进出口绿色行业标准》相应的重金属及砷盐限量标准, 但铜的含量超标, 建议选择铜含量

低的土壤进行羌活的规范化种植。欧英富等^[39]利用毛细管气相色谱对羌活中残留农药进行了分析, 结果检测到了六六六(δ -BHC)、滴滴涕(pp'-DDE、pp'-DDT)。李春丽等^[40]通过火焰原子吸收光谱法对不同采收时间的栽培和野生宽叶羌活药材中微量元素进行了测定, 结果显示栽培与野生宽叶羌活中 Ca 元素含量最高, 各微量元素的含量从高到低依次是 $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu}$, 野生宽叶羌活的微量元素含量多高于人工栽培中的微量元素含量。检测结果还表明宽叶羌活中的微量元素呈现明显的季节动态性。包永睿等^[41]采用电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)方法, 对 6 个具有代表性的不同产地、不同采收期的羌活药材中无机元素进行了测定, 并用 SPSS 统计软件进行数据分析, 结果表明不同采收期无机元素含量对活性成分含量差异影响不大, 羌活中 Mn、Fe、Ca、Al 等无机元素含量较高。经过对 6 种羌活药材的微量元素的考察, 为进一步探讨羌活药材微量元素在中药治病机理研究方面提供基础数据。

5 结语

综上所述, 不同产地羌活的活性成分含量变化较大, 对羌活的研究多集中在羌活的主要的 3 大产地(四川、青海、甘肃), 对于其他产量小的地区的报道相对较少。对农药、重金属残留的报道也不多, 需要加强对羌活中农药残留、重金属的含量控制, 从源头控制其残留量, 保证质量。此外, 人工栽培品种和野生品种羌活功能是否等效, 品质如何综合评价, 还有待进一步研究。近年来提出了基于谱效关系的“谱效整合指纹谱”^[42-43], 将指纹图谱中标示物质群特征峰与药效结果对应起来, 阐明了指纹图谱特征与药效之间的相互关系, 该方法提供了中药质量评价新模式, 也为合理建立羌活的品质评价体系提供了参考。

REFERENCES

- [1] Ch.P (2010) Vol I (中国药典 2010 年版.一部) [S]. 2010: 170-171.
- [2] SUN Y P, XU Q. Effects of aqueous extract from *Rhizoma Notopterygii* on the delayed-type hypersensitivity and inflammatory reactions and its mechanisms [J]. J Chin Pharm Univ(中国药科大学学报), 2003, 34(1): 51-54.
- [3] QIN C L, ZHANG Y, LIU T, et al. Screening for active ingredients of *Notopterygium incisum* [J]. China J Chin Mater Med(中国中药杂志), 2000, 25(10): 639-640.
- [4] ZHANG M F, SHEN Y Q, ZHU Z P, et al. Study on the abirritation, anti-inflammatory and anti-thrombus effects of

- Notopterygium incisum* [J]. Res Tradit Chin Med(中医药研究), 1996, (6): 51-53.
- [5] HE H, JIANG B. Good Agricultural Practice for Chinese Crude Drug(中药材生产质量管理规范) [M]. Beijing: Science Press(北京:科学出版社), 2006.
 - [6] LIU W L, ZHOU J. Identification of *Notopterygium* and *Angelica silvestris* L.[J]. Shangdong Pharm Ind(山东医药工业), 1998, 17(5): 15-16.
 - [7] GU Q, ZHANG Y F. Identification of *Notopterygium* and its adulterant species [J]. Lishizhen Med Mater Med Res(时珍国医国药), 2001, 12(10): 947.
 - [8] WU X M, YUAN W S. Identification of *Notopterygium* and its folk variety [J]. National Med Front Chin(中国医疗前沿), 2007, 1(3): 113.
 - [9] CHEN Y, YI J H, LIU Y H, et al. Study on the quality standard for *Notopterygium* Rhizoma et Radix [J]. Chin J Pharm Anal(药物分析杂志), 2010, 30(5): 945-949.
 - [10] TAN Y, ZHANG H P, SUN Y F. Determination of Nodakenin in *Notopterygium incisum* by TLC scanning [J]. China J Chin Mater Med(中国中药杂志), 1996, 21(8): 486-488.
 - [11] HAN G R, LI J M, ZHANG S P. TLC identification of water-soluble component of Rhizoma et Radix *Notopterygium* and Herba *Andrographis* in Zhiganjia capsule [J]. Chin J Mod Appl Pharm(中国现代应用药学), 2004, 21(4): 305.
 - [12] DONG L, DENG L P, YANG M K. Determination of imperatorin in *Notopterygium bolus* of nine ingredients by dual-wavelength TLC scanning [J]. Chin Tradit Pat Med(中成药), 1989, 11(12): 32-33.
 - [13] ZHU M X. Study on the quality standard of *Notopterygium* Rhizoma et Radix [D]. Luzhou: Luzhou Medical College, 2010.
 - [14] ZHOU Y, JIANG S Y, SUN H, et al. Determination of volatile oil and isoimperatorin in *Notopterygium* Rhizoma et Radix [J]. China J Chin Mater Med(中国中药杂志), 2007, 32(7): 566-569.
 - [15] GAO J B, SONG P S, YU X. Simultaneous determination of isoimperatorin and ferulic acid in *Notopterygium* Rhizoma et Radix [J]. J Chin Med Mater(中药材), 2010, 33(2): 231-233.
 - [16] SUN Y R, LI X D, SUN Y F. Determination of content of Nodakenin in *Notopterygium incisum* Ting from different source by HPLC [J]. China J Chin Mater Med(中国中药杂志), 2001, 26(11): 737-738.
 - [17] ZHANG N, LI Y X, MENG X S, et al. Determination of isoimperatorin in *Notopterygium* by HPLC [J]. Liaoning J Tradit Chin Med(辽宁中医杂志), 2006, 33(7): 870-871.
 - [18] SONG P S, ZHAO J B, YU X, et al. Research on cultivated *Notopterygium* from different origins in Gansu province [J]. Gansu J Tradit Chin Med(甘肃中医), 2008, 21(11): 76-77.
 - [19] LI G H, ZENG X, ZHANG B, et al. Analysis of volatile constituents of Rhizoma seu Radix *Notopterygium* by GC-MS [J]. Res Pract Chin Med(现代中药研究与实践), 2007, 21(6): 19-22.
 - [20] YANG X W, ZHANG P, TAO H Y, et al. GC-MS analysis of essential oil constituents from rhizome and root of *Notopterygium forbesii*[J]. J Chin Pharm Sci(中国药学), 2006, 15(4): 200-205.
 - [21] JI L, XU Z L, PAN J G, et al. Analysis of constituents of essential oils of dried rhizomes and roots of *Notopterygium incisum* Ting ex H.T.Chang and *N. forbesii* Boiss. [J]. Nat Prod Res Develop(天然产物研究与开发), 1997, 9(1): 4-8.
 - [22] YANG S B, LIU D M, LIU Y, et al. Analysis of volatile components from the roots of *Notopterygium incisum* Ting ex H.T.Chang by GC/MS in Qinghai [J]. J Yunnan Univ(Nat Sci)(云南大学学报: 自然科学版), 2006, 28(S1): 237-240.
 - [23] YANG S B, LIU D M, PENG M, et al. Chemical components of liposoluble constituents from the roots of *Notopterygium incisum* Ting ex H.T.Chang in different districts of Qinghai [J]. Nat Prod Res Develop(天然产物研究与开发), 2007, 19(2): 259-262.
 - [24] GUAN Y L. Chromatography-mass spectrometry analysis on the chemical constituents of several herbs [D]. Chengdu: Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, 2006.
 - [25] QIU Y Q, LU X, PANG T, et al. Study of traditional Chinese medicine volatile oils from different geographical origins by comprehensive two-dimensional gas chromatography-time-of-flight mass spectrometry (GC×GC-TOFMS) in combination with multivariate analysis [J]. J Pharm Biomed Anal(药学与生物医学分析杂志), 2007, 43(5): 1721-1727.
 - [26] JIANG H Q, ZHANG Y, RONG R. GC-MS analysis for volatile compounds in Rhizoma et Radix *Notopterygium* by headspace injection [J]. Chin J Pharm Anal(药物分析杂志), 2011, 31(4): 735-738.
 - [27] SABIR G, CUI Y J, GUO H, et al. Studies on chromatographic fingerprints of Rhizoma et Radix *Notopterygium* [J]. China J Chin Mater Med(中国中药杂志), 2007, 32(1): 30-33.
 - [28] LIU X, JIANG S Y, XU K J, et al. Quantitative analysis of chemical constituents in different commercial parts of *Notopterygium incisum* by HPLC-DAD-MS [J]. J Ethnopharm, 2009, 126(3): 474-479.
 - [29] GU S, JIANG S Y, TANG X F, et al. Optimization for ISSR-PCR reaction system in *Notopterygium incisum* Ting and *N. forbesii* Boiss using orthogonal design [J]. Lishizhen Med Mater Med Res(时珍国医国药), 2007, 18(12): 2892-2894.
 - [30] QIAN G S, WANG Q, LEUNG K S, et al. Quality assessment of Rhizoma et Radix *Notopterygium* by HPTLC and HPLC fingerprinting and HPLC quantitative analysis [J]. J Pharm Biomed Anal(药学与生物医学分析杂志), 2007, 44(3): 812-817.
 - [31] LIU Z G. Quality control methods of Rhizoma et Radix *Notopterygium*. and its pharmacokinetics in rat [D]. Shenyang: Shenyang Pharm Univ, 2006.
 - [32] LI Y X. Standard research on quality control of Rhizoma et Radix *Notopterygium* [D]. Shenyang: Liaoning of Chinese Traditional Medical, 2004.
 - [33] JIANG F Q, TAO Y D, SHAO Y, et al. Fingerprinting quality control of Qianghuo by high-performance liquid chromatography-photodiode array detection [J]. J Ethnopharm, 2007, 111(2): 265-270.
 - [34] LI Y H, JIANG S Y, GUAN Y L, et al. Quantitative determination of the chemical profile of the plant material "Qianghuo" by LC-ESI-MS-MS [J]. Chromatographia, 2006, 64(7/8): 405-411.
 - [35] AI L. Analysis of coumarins in Radix *Angelicae pubescentis* and Rhizoma et Radix *Notopterygium* and fingerprint identification [D]. Changsha: Cent South Univ, 2007.
 - [36] WANG H B, DI X, BAO Y R, et al. Chromatography fingerprint of Rhizoma et Radix *Notopterygium* by HPLC-fluorescence detection [J]. Chin J Spectrosc Lab(光谱实验室), 2010, 27(2): 568-572.
 - [37] GAO G H, DENG J Y, WANG X M, et al. Quality assessment of Rhizoma et Radix *Notopterygium* by the gas chromatographic

- fingerprint t[J]. J Shenyang Pharm Univ(沈阳药科大学学报), 2004, 21(6): 438-441.
- [38] JIANG S Y, SUN H, WU X C, et al. Analysis and quality assessment standard of heavy metals and arsenic in Rhizoma et Radix Notopterygii from different localities [J]. China J Chin Mater Med(中国中药杂志), 2006, 31(12):978-981.
- [39] OU Y F, LI F, XIN C H, et al. Determination of organochlorine and pyrethroid pesticide residues in Chinese herbal medicines by capillary gas chromatography [J]. J Liaodong Univ(Nat Sci)(辽东学院学报: 自然科学版), 2007, 14(2): 67-70.
- [40] LI C L, ZHOU G Y, HU F Z, et al. Determination of trace determination of elements in medicinal materials of cultivated and wild Rhizoma et Radix Notopterygii vegetated in different months by flame atomic absorption spectrometry [J]. Spectrosc Spectral Anal(光谱学与光谱分析), 2011, 31(4): 1122-1125.
- [41] BAO Y R, WANG H Y, SUI X F, et al. ICP-MS used for Notopterygium medicinal genetic relationship analysis [J]. Asia-Pacific Tradit Med(亚太传统医药), 2010, 6(3): 26-29.
- [42] HE Y M, ZHANG C C, YUAN D. Approach to mater-element analysis method for quality evaluation of Chinese material medica based on spectrum-activity relationship [J]. Chin Tradit Herb Drugs(中草药), 2009, 40(8): 1182-1185.
- [43] QI J, YU B Y. A new methodology for the quality evaluation of traditional Chinese medicine-integrated spectrum-effect fingerprint research [J]. Chin J Nat Med(中国天然药物), 2010, 8(3): 171-176.

收稿日期: 2011-03-29