

3.5 两年生移栽试管植株与种子植株皂苷量的比较: 由表 3 可以看出, 两年生北柴胡移栽试管植株的根、茎叶中柴胡总皂苷及皂苷 a 和 d 的量均高于其同类型的种子植株中的量, 说明在北柴胡移栽试管植株中皂苷的量较种子植株具有优势。移栽试管植株的根为诱导产生的不定根(图 2-A), 与种子植株具分枝的直根(图 2-B)相比, 多条直径基本相等的根有效地提高了根中韧皮部与木质部面积的比值, 从而提高了柴胡皂苷的量, 提高了单株根的产量和质量。

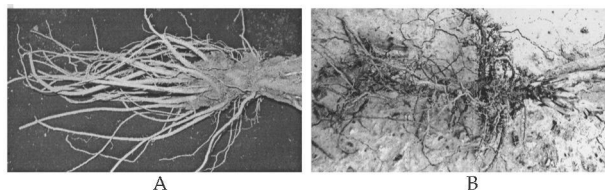


图 2 两年生陵川北柴胡移栽试管植株(A)和种子植株(B)的根

Fig. 2 Root of biennial test tube plants (A) and seedling plants (B) of Lingchuan *B. chinense*

4 结论

北柴胡移栽试管植株根的产量高, 根中各种皂苷的量均高于质量标准, 亦高于同类型种子植株中的量; 茎叶中的皂苷的量与种子植株相当。此外, 试管苗的年繁殖系数高、生长周期短^[1-2], 移栽至田间后表现出优良的植物学性状^[3]。因此, 离体快速繁殖方法是选育优良北柴胡种质、提高药材产量和品质的有效途径。

北柴胡移栽试管植株柴胡皂苷的动态变化规律为试管苗期的量最低, 一年生植株的量高于两年生的, 营养生长期、花期、果期、枯萎期的量依次降低。综合根和种子产量等因素, 确定果期二级花序种子成熟时期为根的适宜采收期。

北柴胡移栽试管植株具有良好的遗传稳定性。选择综合性状优良、有效成分量高的种质作为起始材料, 能够从源头上保证后代具有优良的性状和药材品质。

在北柴胡移栽试管植株的茎、叶中也含有柴胡皂苷, 其量与种子植株相当, 故亦可全草入药。

参考文献:

- [1] 郝建平, 徐笑飞, 杨东方, 等. 北柴胡快速繁殖及种子萌发条件研究[J]. 中草药, 2008, 39(5): 752-756
- [2] 郝建平, 徐笑飞. 柴胡组织培养快速育苗方法[P]. 中国: ZL 200710139679.2, 2009-12-09.
- [3] 李博, 郝贵茹, 郝建平, 等. 北柴胡移植试管植株与种子植株植物学性状分析[J]. 中草药, 2009, 40(10): 1634-1637.
- [4] 郝建平, 徐丽霞, 杨东方. 北柴胡愈伤组织诱导分化及不定芽增殖条件研究[J]. 中草药, 2008, 39(8): 1234-1238
- [5] 李媛媛, 秦雪梅, 王玉庆, 等. 柱前衍生化法评价不同品种和产地柴胡药材和饮片质量[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(3): 237-240
- [6] 沈志滨, 刘建军, 刘鸣远. 柴胡根中有效成分积累动态规律分析[J]. 哈尔滨商业大学学报, 2001, 17(1): 16-18
- [7] 谭玲玲, 胡正海, 蔡霞, 等. 北柴胡营养器官中主要化学成分的组织化学定位及其含量比较[J]. 分子细胞生物学报, 2007, 40(4): 214-222
- [8] 谭玲玲. 药用柴胡的结构发育与主要药用成分积累的研究[D]. 西安: 西北大学, 2008
- [9] 于英, 王秀全, 包玉晓, 等. 北柴胡生长发育规律的研究[J]. 吉林农业大学学报, 2003, 25(5): 523-527
- [10] 孟祥才, 孙晖, 杨舸, 等. 打顶对北柴胡产量和质量的影响[J]. 中药材, 2008, 31(3): 336-337

马比木的显微荧光组织学定位及其中喜树碱的变化研究

吕江明¹, 刘世彪^{2*}, 蔡其辉², 田向荣^{2*}

(1. 吉首大学医学院, 湖南 吉首 416000; 2. 吉首大学 植物资源保护与利用湖南省高校重点实验室, 湖南 吉首 416000)

摘要: 目的 对马比木 *Nothaptyes pittosporoides* 中的喜树碱进行组织学定位, 并测定不同产地、不同生长季节和不同部位的马比木中喜树碱的量。方法 采用荧光显微技术进行喜树碱的定位, 高效液相色谱法进行测定。Hypersil ODS₂ 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm), 以乙腈-水(6:4)为流动相梯度洗脱, 体积流量 1.0 mL/min, 柱温 20 ℃, 检测波长 254 nm。结果 马比木中喜树碱主要积累于根部和茎部的韧皮部的分泌细胞内; 喜树碱的量具有季节性变化规律, 夏季低, 春秋高; 细根中喜树碱的量最高, 主根次之, 主茎、幼茎及叶的量依次递减。结论 马比木喜树碱主要贮藏于根部树皮内, 不同产地、不同季节、不同部位的马比木植物中的喜树碱量差异较大。

关键词: 马比木; 喜树碱; 组织定位

中图分类号: R282.6

文献标识码: A

文章编号: 0253-2670(2010)09-1530-05

* 收稿日期: 2009-11-21

基金项目: 湖南省自然科学基金资助项目(09JJ3051); 湖南省生态学重点建设学科开放基金项目(JSS2009Z03)

作者简介: 吕江明(1955—), 男, 湖南凤凰人, 高级实验师, 主要从事药物学研究。Tel: (0743) 8759168 E-mail: ljm5928@163.com

* 通讯作者 刘世彪 Tel: (0743) 8564416 E-mail: liushibiao_1@163.com

Microscopic fluorescence histological localization and variation of camptothecin in *Nothapodytes pittosporoides*

LÜ Jiang-ming¹, LIU Shi-biao², CAI Qi-hui², TIAN Xiang-rong²

(1 Medical College of Jishou University, Jishou 416000, China; 2 Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Utilization of Hunan Province, Jishou University, Jishou 416000, China)

Abstract: Objective To conduct histological localization of camptothecin in *Nothapodytes pittosporoides* and determine the contents of camptothecin in different parts of the plant from different regions in different seasons. **Methods** Histological localization of camptothecin was carried out by fluorescence microscopy. HPLC method was used to determine the contents. A Hypersil ODS₂ column (250 mm × 4.6 mm, 5 μm) was used as analytical column. The mobile phase consisted of acetonitrile-water (6: 4). The flow rate was 1.0 mL/min and the column temperature was 20 °C. Detection wavelength was at 254 nm. **Results** The camptothecin was mainly accumulated in secretory cells in the phloem of roots and stems. The contents of camptothecin were seasonally changed with a low content in summer and higher contents in spring and autumn. There was the highest content of camptothecin in the fine roots, the secondary content in the main roots, and the contents in stems, young twigs, and leaves were decreased gradually. **Conclusion** The camptothecin accumulates mainly in the root bark, and the contents of camptothecin among different parts of *N. pittosporoides* from different regions in different seasons are greatly different.

Key words: *Nothapodytes pittosporoides* (Oliv.) Sleum.; camptothecin; histochemical localization

马比木 *Nothapodytes pittosporoides* (Oliv.) Sleum. 为茶茱萸科假柴龙树属植物, 又名海桐假柴龙树、海桐马比木、南紫花树、公黄珠子、追风伞, 湘西苗族药物名“都溜咚”。入药能祛风除湿、理气散寒, 主治风寒湿痹、浮肿疝气等。假柴龙树属植物共 7 种, 中国分布有 6 种^[1]。已有报道该属的臭味假柴龙树(臭马比木) *N. foatida* (Wight) Sleum.、青脆枝 *N. nimmoniana* (J. Graham) Mabb. 含有喜树碱^[2], 国外对这种植物中的喜树碱的提取工艺及其在器官中的分布、植物组织培养和产喜树碱内生菌等方面进行了很多研究^[3-7]。事实上, 马比木植株也含有喜树碱及喜树碱的甲氧基衍生物^[8-9]。喜树碱具有显著的抗肿瘤活性, 目前人们主要是从喜树中提取喜树碱及进行相关研究^[10-12], 但对于从马比木植物中提取喜树碱及喜树碱在植物中的量变化规律尚未见报道。本研究采用解剖学方法进行了马比木喜树碱在植物组织中的荧光定位, 并用 HPLC 测定了产于湖南湘西自治州 4 个县市的不同季节和不同部位的马比木中喜树碱的量, 以期马比木研究和开发提供理论依据。

1 材料与仪器

1.1 材料: 2008 年采集分布于湖南省湘西州的凤凰、吉首、永顺和古丈 4 个县市的野生马比木植株, 树龄 10~30 年, 经吉首大学植物教研室张代贵教授鉴定为茶茱萸科假柴龙树属植物马比木 *N. pit-*

tosporoides (Oliv.) Sleum.。植株不同部位的分类标准为, 细根指直径 5 mm 及其以下的根, 主根指根部的主干部分, 主茎指地面以上 5~10 cm 的主干部分, 幼茎指当年生幼嫩枝条部分, 叶指顶芽以下 5~10 片的成熟叶。所有样品采集后于 80 °C 烘箱中烘干至恒重, 粉碎过 60 目筛, 于干燥器中保存备用。

1.2 仪器与试剂: Leica CM1850 冰冻切片机(上海徕卡仪器有限公司), 奥林巴斯荧光显微镜 B×51(广州市明美科技有限公司)。Shimadzu LC-10AT 泵, SPD-10A 紫外检测器; Rheodyne 7125 六通进样阀; 浙江大学智能研究所 N3000 色谱工作站; FA-2004 电子分析天平(上海天平仪器厂); KQ-250E 型超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司)。乙醇为分析纯, 乙腈(色谱纯)和水为二次重蒸馏水。喜树碱对照品由中国药品生物制品检定所提供(批号 100532-200401)。

2 方法与结果

2.1 马比木喜树碱的显微荧光组织学定位

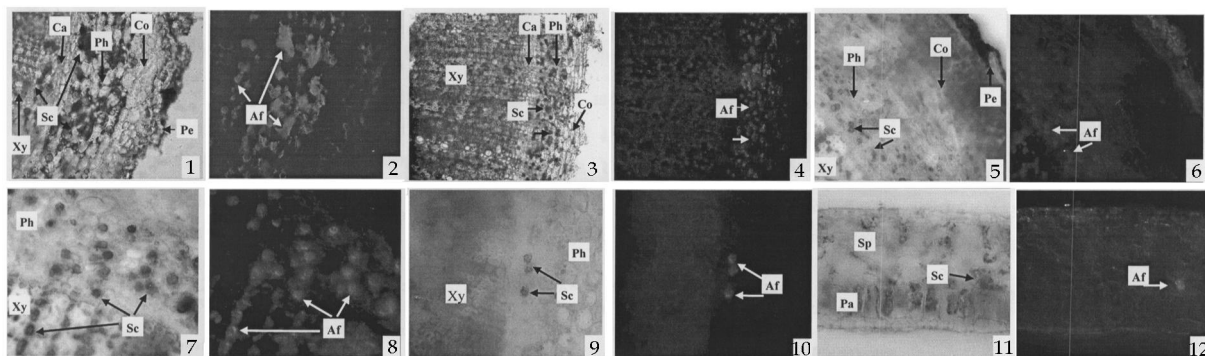
2.1.1 方法: 取不同部位的新鲜根、茎和叶, 用 Leica CM1850 冰冻切片机切片, 切片厚度 20~30 μm, 用奥林巴斯荧光显微镜 B×51, 观察切片的组织结构特点, 然后将同一视野在 360 nm UV 光激发下(该波长为喜树碱的荧光激发波长), 荧光显微镜观察各组织中的自发荧光并照相。

2.1.2 马比木组织中喜树碱的分布与定位: 马比木

各部位荧光显微图见图 1。马比木的细根具有次生结构,由外到内分别由次生保护组织周皮、皮层、次生韧皮部、维管形成层和次生木质部组成。在维管形成层的外侧,即次生韧皮部内有許多分泌细胞,其内积累有黑色的物质。在形成层刚分化出的数层次生木质部内,也有少量分泌细胞积累黑色物质。马比木次生韧皮部和次生木质部中分泌细胞内的黑色物质能够发出蓝色荧光,表明这些物质就是喜树碱。而喜树碱在皮层和周皮内没有分布,在靠内层的次生木质部内也没有分布。马比木主根中的喜树碱分布也具有

相同的规律,只是其分泌细胞的数量相对较少。

马比木主茎由周皮、皮层、次生韧皮部、维管形成层和次生木质部构成,在次生韧皮部靠近形成层的部位有较多的分泌细胞,其内积累有黑色分泌物。图 1 显示,木质部内的分泌细胞主要分布于木射线内。在荧光显微镜下,黑色物质能发出蓝绿色荧光,表明为喜树碱的分布部位。主茎中的其他部位的细胞不产生自发荧光。马比木幼茎的结构及其内的喜树碱分布也具有相同的规律,但分泌细胞的数量显著减少。



1 马比木细根横切面(200X) 2 马比木细根横切面的荧光图(200X) 3 马比木主根横切面(100X) 4 马比木主根横切面的荧光图(100X) 5 马比木主茎横切面(200X) 6 马比木主茎横切面的荧光图(200X) 7 马比木主茎横切面(400X) 8 马比木主茎横切面的荧光图(400X) 9 马比木幼茎横切面(400X) 10 马比木幼茎横切面的荧光图(400X) 11 马比木叶横切面(400X) 12 马比木叶横切面的荧光图(400X) Af自发荧光, Ca-维管形成层, Co-皮层, Pa-栅栏组织, Pe-周皮, Ph-韧皮部, Se-分泌细胞, Sp-海绵组织, Xy-木质部

1-cross section of fine root of *N. pitosporoides* (200X) 2-fluorescence image of cross section of fine root (200X) 3-cross section of main root (100X) 4-fluorescence image of cross section of main root (100X) 5-cross section of main stem (200X) 6-fluorescence image of cross section of main stem (200X) 7-cross section of main stem (400X) 8-fluorescence image of cross section of main stem (400X) 9-cross section of young stem (400X) 10-fluorescence image of cross section of young stem (400X) 11-cross section of leaf (400X) 12-fluorescence image of cross section of leaf (400X) Af=auto fluorescence, Ca=cambium, Co=cortex, Pa=palisade tissue, Pe-periderm, Ph-phloem, Se-secretory cell, Sp=spongy tissue, Xy-xylem

图 1 马比木不同部位的荧光显微图

Fig. 1 Fluorescence micrographs of different parts in *N. pitosporoides*

马比木的叶由上、下表皮和叶肉组织构成,叶肉组织分化为栅栏组织和海绵组织。在叶脉中有分泌细胞的存在,紫外光激发下能自发荧光。

2.2 喜树碱定量测定

2.2.1 色谱条件:色谱柱为 Hypersil ODS₂ 柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm);流动相为乙腈-水(6:4);进样量 20 μL;检测波长 254 nm;灵敏度 0.005 AUFS;体积流量 1.0 mL/min;柱温 20 ℃。该色谱条件下喜树碱对照品和样品的色谱图见图 2。

2.2.2 对照品溶液的制备:精密称取喜树碱标准品 5.00 mg,置于 100 mL 量瓶中,加入 95%乙醇,超声波助溶并定容至刻度,摇匀,制成 0.2 mg/mL 对照品溶液,避光保存,备用。

2.2.3 供试品溶液的制备:取样品粉末 5 g,加入

65%乙醇 50 mL,超声提取 2 次,每次 20 min。提取液定容至 100 mL,摇匀,滤过,滤液置 100 mL 量瓶中用于分析。

2.2.4 标准曲线的制备:精密吸取喜树碱对照品溶液 2.0、4.0、6.0、8.0、10.0、12.0 mL 分别置于 10 mL 量瓶中,用 95%的乙醇溶液分别稀释定容至刻度,摇匀。按照上述色谱条件,分别吸取上述对照品溶液 20 μL 注入高效液相色谱仪进行分析。实验重复测定 3 次,取峰面积的平均值。以喜树碱浓度(X)为横坐标,以峰面积(Y)为纵坐标,线性回归方程为 $Y = 210\,838 X + 70\,109$, $r = 0.999\,3$,表明喜树碱在 0.8~4.4 μg 线性良好。

2.2.5 精密度试验:精密吸取对照品溶液 20 μL,重复进样 5 次,分别测定峰面积值,计算出喜树碱的

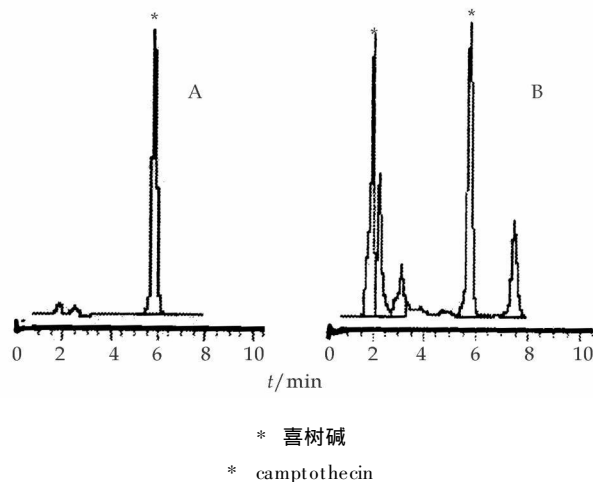


图 2 对照品(A)和马比木样品(B)的HPLC图谱

Fig. 2 HPLC Chromatograms of reference substance (A) and *N. pittedosporoides* sample (B)

RSD 为 0.02%。

2.2.6 重现性试验: 取凤凰县万溶江 2 月份采集的样品共 5 份, 制备供试品溶液, 在上述色谱条件下进样测定, 计算出喜树碱质量分数的 RSD 为 0.83%。

2.2.7 稳定性试验: 取同一供试品溶液, 每 2 h 进样一次, 共测定 6 次, 每次 10 μ L, 测定峰面积, 计算得样品中喜树碱的 RSD 为 1.04% ($n=6$)。

2.2.8 加样回收率试验: 精密称取于凤凰县万溶江 2 月份采集的马比木样品粉末 5 份, 每份 4.0 g, 分别精密加入喜树碱对照品 0.5 mg, 5 份样品同时提取, 按上述供试品溶液制备, 测定, 计算得平均回收率为 99.96%, RSD 为 1.78%。

2.2.9 测定: 精密称取不同产地、不同生长季节和不同部位的样品粉末 5 g, 制备供试品溶液, 进样, 测定色谱峰峰面积, 根据标准曲线计算样品中的喜树碱的量, 结果见图 3、4。

图 3 显示, 在湘西的 4 个县 5 个产地中, 喜树碱的量的变化具有季节性规律。从早春至夏季, 量逐

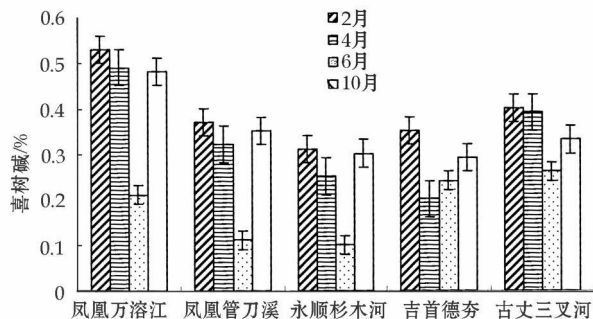


图 3 不同季节和不同产地马比木根中的喜树碱的量

Fig. 3 Contents of camptothecin in *N. pittedosporoides* in different seasons and regions

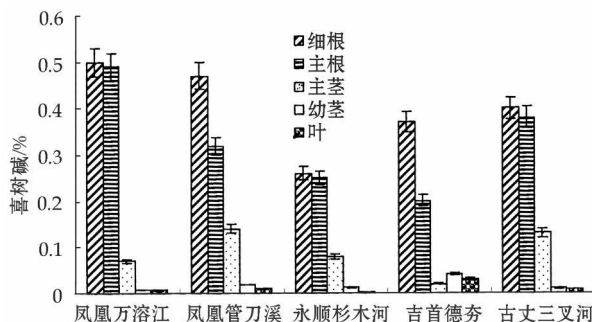


图 4 不同部位和不同产地马比木中喜树碱的量

Fig. 4 Contents of camptothecin in different parts of *N. pittedosporoides* from different regions

渐降低, 到秋季以后又升高。凤凰县万溶江所产的马比木中的喜树碱的量相对较高, 其 2 月份的量达 0.53%, 4 月、6 月和 10 月的量分别为 0.49%、0.21% 和 0.48%。古丈县所产马比木的喜树碱的量在 2 月、4 月、6 月和 10 月分别为 0.40%、0.39%、0.26% 和 0.33%, 永顺县所产马比木的喜树碱的量分别为 0.31%、0.25%、0.10% 和 0.30%, 吉首的分别为 0.35%、0.20%、0.24% 和 0.29%。在所测定的不同季节中, 均以 2 月 (冬春季)、4 月 (春季) 和 10 月的量较高, 尤以 2 月份最高 (4 地 5 个点平均为 0.392%), 以 6 月份 (夏季) 的量最低 (4 地 5 个点平均为 0.184%)。

图 4 表示, 在马比木植株中, 喜树碱的量最高的为细根, 其次为主根, 主茎较低, 幼茎和叶最低。在凤凰万溶江、凤凰管刀溪、永顺杉木河、吉首德夯和古丈三叉河地 5 个产地中, 马比木细根中的喜树碱的量分别为 0.50%、0.47%、0.26%、0.37% 和 0.40%, 主根中的喜树碱的量分别为 0.49%、0.32%、0.25%、0.20% 和 0.38%, 主茎中的量分别为 0.07%、0.14%、0.08%、0.02% 和 0.13%。幼茎和叶的量很低, 除吉首德夯分别为 0.04% 和 0.03% 外, 其余各地的量只在 0.007%~0.019%, 平均 0.010%。凤凰县所产的马比木中喜树碱的量较高 (平均 0.2034%), 古丈县次之 (0.1858%), 吉首为 0.132%, 以永顺县最低 (0.1212%)。

3 讨论

喜树碱是重要的抗癌药物的药源物质, 刘文哲等^[13]曾报道过喜树碱在喜树幼枝中的积累及组织定位, 指出腺毛和分泌道是喜树幼枝积累喜树碱的主要部位, 分泌道主要分布于幼枝的髓部和靠近维管束的皮层中, 喜树的根部没有分泌结构。本研究表明, 马比木中喜树碱的积累部位主要是在根部和茎部中的韧皮部内的分泌细胞, 靠近形成层的木质

部射线内也有少数分泌细胞, 叶内的分泌细胞极少, 其余组织中没有喜树碱的积累, 即马比木喜树碱主要积累于根部的树皮内。Fulzele^[4]测定了喜树碱在臭马比木不同部位中的量, 其干燥树皮中的量为 0.27%, 根为 0.156%, 茎为 0.07%, 叶的量最低为 0.06%, 未成熟种子中的喜树碱的量可达 0.32%, 是成熟种子的两倍, 其中子叶的量高达 0.42%。本研究的结果显示马比木细根中的喜树碱最高可达 0.53%, 主根量次之, 主茎、幼茎和叶内的喜树碱量依次递减, 这种量的动态变化与臭马比木中根的喜树碱量大于茎、茎大于叶的结果是一致的, 但马比木根中的喜树碱的量远高于臭马比木。同时, 量的多少与马比木解剖结构中喜树碱分泌细胞的多少是相符的, 表明喜树碱主要积累于马比木的根部, 越向植株顶端积累越少。马比木中喜树碱的量具有季节性的变化规律, 春季和秋冬季的喜树碱量较高, 夏季的量较低, 这可能与植物在夏季主要进行营养生长而在秋冬季进行次生代谢物的贮藏有关。就湘西的 4 个县市来看, 凤凰县的马比木含喜树碱较高, 这可能与不同产地的气候条件和土质等生态因素有关。本试验结果对今后马比木的人工种植选址及适时采收具有积极的意义。

目前的喜树碱主要从喜树果实及叶中提取, 但量较低, 如四川产喜树果实中喜树碱量最高为 0.118%^[10], 福建产喜树果实中喜树碱的量最高为

0.190%^[11]。本研究表明, 马比木树根含有较高的喜树碱, 除 6 月外(平均为 0.184%), 其余季节的量(最高月平均为 0.392%)均远远高于喜树果, 这为喜树碱植物药源的开发提供了新的途径。

致谢: 上海龙翔生物医药开发有限公司技术总监高河勇博士的大力帮助。

参考文献:

- [1] 中国植物志编辑委员会. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 2009
- [2] 张苑金. 一种缩短臭马比木成熟期、提高其喜树碱含量的技术方法 [P]. 中国专利: 200810028741, 2008-10-22
- [3] Fulzele D P, Satdive R K. Comparison of techniques for the extraction of the anti-cancer drug camptothecin from *Nothapodytes foatida* [J]. *J Chromatogr A*, 2005, 1063: 9-13.
- [4] Fulzele D P, Satdive R K. Distribution of anticancer drug camptothecin in *Nothapodytes foatida* [J]. *Fitoterapia*, 2005, 76: 643-648.
- [5] Ciddi V, Shuler M L. Camptothecine from callus cultures of *Nothapodytes foatida* [J]. *Biotechnol Lett*, 2000, 22: 129-132
- [6] Thengane S R, Kulkarni D K, Shrikhande V A, et al. Influence of medium composition on callus induction and camptothecin(s) accumulation in *Nothapodytes foatida* [J]. *Plant Cell Tiss Org Cult*, 2003, 72: 247-251.
- [7] Puri S C, Verma V. An endophytic fungus from *Nothapodytes foatida* that produces camptothecin [J]. *J Nat Prod*, 2005, 68(12): 1717-1719
- [8] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草 [M]. 第 13 卷. 上海: 上海科学技术出版社, 1999
- [9] 张宪德, 柯磊珉, 张文毅. 从假柴龙树中提取喜树碱 [P]. 中国专利: 89101218, 1990-09-12
- [10] 张玉红. 喜树果实中喜树碱含量的产地差异及季节变化 [J]. 东北林业大学学报, 2002, 30(6): 44-46
- [11] 王自芬, 刘文哲. 喜树果实中喜树碱及 10-羟基喜树碱的差异 [J]. 中草药, 2005, 36(5): 762-763
- [12] 蒋明廉, 黄瑞松, 吴毅. 等. TLC 法对广西产喜树果中喜树碱含量动态积累的研究 [J]. 中药材, 2008, 31(5): 684-685
- [13] 刘文哲, 王自芬. 喜树幼枝的喜树碱积累及其组织内定位 [J]. 植物生理与分子生物学报, 2004, 30(4): 405-412

吴茱萸道地药材的高效液相指纹图谱研究

袁清照¹, 张水寒^{1*}, 李顺祥^{1,2*}, 黄丹^{1,2}, 蔡萍^{1*}

(1 湖南省中医药研究院 中药新药研究与开发重点实验室, 湖南 长沙 410013;

2 湖南中医药大学 中药现代化实验室, 湖南 长沙 410208)

摘要: 目的 建立吴茱萸道地药材化学特征指纹图谱。方法 采用 HPLC 梯度洗脱法, 对吴茱萸药材进行测定, 流动相为 0.04% 辛烷磺酸钠与 0.05% 磷酸的水溶液-乙腈, 检测波长 230 nm, 记录 80 min 的色谱。结果 运用梯度洗脱能很好分离吴茱萸的各类成分, 经方法学考察, HPLC 指纹图谱具有良好的重现性; 11 批样品中 21 个特征指纹峰有专属性。结论 本研究建立的指纹图谱分析方法可用于吴茱萸药材质量的综合评价, 也可用于道地性考察。

关键词: 吴茱萸; HPLC; 道地性; 指纹图谱

中图分类号: R282.7

文献标识码: A

文章编号: 0253-2670(2010)09-1534-05

* 收稿日期: 2010-01-05

基金项目: 科学技术部国家“十一五”科技支撑计划课题(2006BA109B02-9); 国家自然科学基金资助项目(30973877); 湖南省科技厅科技资助项目(2008SK3087)

作者简介: 袁清照(1982-), 女, 山西大同人, 硕士研究生, 从事中药新制剂与新工艺研究。

Tel: (0731) 88881651 E-mail: qzyuan601@126.com

* 通讯作者 张水寒 E-mail: zhangshuihan0220@126.com

李顺祥 E-mail: lishunxg@yahoo.com.cn