

## 三白草中蜥尾草亭 A 和 B 的分离鉴定及其含量测定\*

何卓儒, 张初梅, 梁秋萍, 刘昌乐, 李坤平\*\*

(广东药科大学药学院, 广州 510006)

**摘要 目的:** 建立一种基于高效液相色谱同时测定三白草中蜥尾草亭 (manassantin) A (MA) 和 B (MB) 含量的方法, 并对三白草不同部位的 MA 和 MB 含量进行比较。**方法:** 采用硅胶柱色谱法和高效液相制备色谱法从三白草根中分离并鉴定 MA 和 MB; 采用高效液相色谱法测定含量, 以 Kromasil C<sub>18</sub> 色谱柱 (250 mm × 4.6 mm, 5 μm) 进行色谱分离, 柱温 25 °C, 流动相为甲醇-乙腈 (1:1) 和水, 梯度洗脱, 流速 1.0 mL · min<sup>-1</sup>, 检测波长 280 nm。**结果:** MA 和 MB 质量浓度均在 0.001~0.051 mg · mL<sup>-1</sup> 范围内线性关系良好, 相关系数分别为 0.999 2 和 0.999 9; 日内 RSD 分别为 1.8% 和 1.5%; 平均回收率 (n=3) 在 96.2%~104.8%。3 批不同部位三白草样品中 MA 含量: 花序 0.135%~0.138%, 根 0.079%~0.080%, 叶 0.082%~0.083%, 茎 0.034%; MB 含量: 花序 0.118%~0.119%, 叶 0.083%~0.084%, 根 0.064%, 茎 0.038%。**结论:** 本法适用于三白草中 MA 和 MB 的含量测定, 亦为从植物原料中靶向性地高效制备 MA 和 MB 提供了技术支持。

**关键词:** 三白草; 蜥尾草亭; 双新木脂素类化合物; 靶向性提取分离; 含量测定; 高效液相色谱

中图分类号: R 917      文献标识码: A      文章编号: 0254-1793 (2018) 05-0776-06

doi: 10.16155/j.0254-1793.2018.05.06

## Isolation and determination of manassantins A and B in *Saururus chinensis*\*

HE Zhuo-ru, ZHANG Chu-mei, LIANG Qiu-ping, LIU Chang-le, LI Kun-ping\*\*

(Guangdong Pharmaceutical University, School of Pharmacy, Guangzhou 510006, China)

**Abstract Objective:** To establish a method for simultaneous determination of manassantin A (MA) and B (MB) in *Saururus chinensis* by high performance liquid chromatography (HPLC), and to compare the contents of MA and MB in different parts of *S. chinensis*. **Methods:** MA and MB were isolated from the rhizomes of *S. chinensis* by using silica column and preparative high-performance liquid chromatography, followed by structure identification. The determination was performed on a C<sub>18</sub> (250 mm × 4.6 mm, 5 μm) column at 25 °C. The mobile phase was composed of methanol-acetonitrile (1:1) and water with gradient elution at a flow rate of 1.0 mL · min<sup>-1</sup>. The detected wavelength was set at 280 nm. **Results:** The calibration curves of MA and MB were both in a good linearity

\* 教育部留学回国人员科研启动基金 (教外司留 [2015] 1098 号)

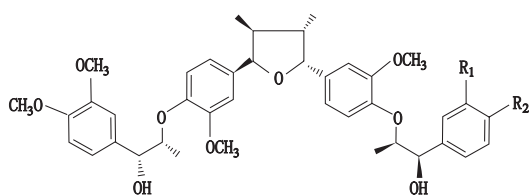
\*\* 通信作者 Tel: 13392140577; E-mail: lkpcina@hotmail.com

第一作者 Tel: 15876517949; E-mail: maybehzr@163.com

within the range of 0.001–0.051 mg · mL<sup>-1</sup>, and the correlation coefficients were 0.999 2 for MA and 0.999 9 for MB. The RSD values for intraday precision were 1.8% and 1.5%, respectively. And the average recoveries ( $n=3$ ) were in the range of 96.2%–104.8%. The contents of MA in different parts of 3 batches of *S. chinensis* samples were 0.135%–0.138% in inflorescence, 0.079%–0.080% in rhizomes, 0.082%–0.083% in leaves and 0.034% in stems; while the contents of MB were 0.118%–0.119% in inflorescence, 0.083%–0.084% in leaves, 0.064% in rhizomes and 0.038% in stems. **Conclusion:** The method established in the current study was suitable for the determination of MA and MB in *S. chinensis*, which should facilitate the targeted isolation and preparation of MA and MB from raw materials.

**Keywords:** *Saururus chinensis*; manassantin; dineolignans; targeted isolation; quantitative analysis; HPLC

三白草属植物多分布于东亚和北美,有三白草 *Saururus chinensis* (Lour.) Baill. 和美洲三白草 *Saururus cernuus* L. 2种<sup>[1]</sup>。我国有三白草 *S. chinensis* 1种,分布于黄河流域及其以南各省,主要以地上部分入药,传统上主要用于治疗水肿、淋沥涩痛及湿疹等<sup>[2-3]</sup>。蜥尾草亭 (manassantin) A (MA) 和 B (MB) 是三白草属植物中 2 个特征性的双新木脂素类化合物 (图 1), 1983 年由 Rao 等<sup>[4]</sup> 首次从 *S. cernuus* 中分离得到。研究表明, MA 和 MB 具有显著的抗癌活性<sup>[5-6]</sup>, 但由于 MA 和 MB 立体构型复杂, 化学合成难度较大<sup>[7]</sup>, 目前, MA 和 MB 的制备主要以三白草属植物为原料经分离纯化而得, 故原植物中 MA 和 MB 的含量对其提取分离影响较大, 然而迄今尚未见三白草属植物中 MA 和 MB 的含量测定方法的报道。因此, 本研究先从三白草根中分离纯化了 MA 和 MB 单体, 并进行了结构确证和纯度分析; 继而建立了三白草中 MA 和 MB 的含量测定方法, 并对三白草不同部位的 MA 和 MB 进行含量比较, 以期为目标性地高效分离及制备 MA 和 MB 提供参考。



蜥尾草亭 A (manassantin A) : R<sub>1</sub>=R<sub>2</sub>=-OCH<sub>3</sub>  
蜥尾草亭 B (manassantin B) : R<sub>1</sub>=R<sub>2</sub>=-OCH<sub>2</sub>O

图 1 蜥尾草亭 A 和 B 的化学结构

Fig. 1 The chemical structures of manassantin A and manassantin B

## 1 仪器与试药

Waters 公司高效液相色谱仪 (Waters<sup>TM</sup> 600

泵, Waters 2998 PDA 检测器, Empower 2.0 色谱工作站), 半制备色谱柱为 Phenomenex<sup>®</sup> Luna C<sub>18</sub> 100 A (250 mm × 10 mm, 5 μm); Sartorius 公司 CP225D 型十万分之一电子天平; 岛津公司 LC-20AT 高效液相色谱仪; Bruker 公司 AVANCE III-500 核磁共振仪; Waters 公司液相色谱质谱联用仪 (Acquity UPLC-Micro Q-TOF 质谱仪); 济南博纳生物技术有限公司 C<sub>18</sub> 反相中压柱 (3.5 cm × 40 cm) 及 SKR-10 色谱填料 (30 μm × 100 Å, 批号 B20151020)。

甲醇和乙腈为色谱纯 (默克公司); 蒸馏水 (屈臣氏); 其余试剂均为分析纯, 购自天津市致远化学试剂有限公司; 默克公司柱色谱硅胶 (0.015~0.040 mm) 及高效薄层色谱硅胶板 60 F<sub>254</sub> (20 cm × 20 cm)。

三白草根购自安徽三义堂中药饮片有限公司, 经广东药科大学药用植物与生药学教研室张宏意博士鉴定为三白草根; 三白草全株采自广东药科大学药用植物园 (23°03' 29.65N, 113°24' 34.74" E), 经广东药科大学药用植物与生药学教研室张宏意博士鉴定为三白草属植物三白草 *Saururus chinensis* (Lour.) Baill.。

## 2 方法与结果

### 2.1 MA 和 MB 的分离制备

取三白草根 2 kg, 粉碎成粗粉, 以 20 L 甲醇-二氯甲烷 (1:1) 冷浸提取 2 次, 每次 7 d, 合并提取液, 减压浓缩, 得浸膏约 150 g。将浸膏与硅藻土以约 1:1 拌样后上硅胶色谱柱, 先以 500 mL 环己烷-二氯甲烷 (80:40; 80:60; 80:80; 60:80; 40:80; 0:100) 进行梯度洗脱, 再以 500 mL 二氯甲烷-甲醇 (80:10; 80:40; 80:80; 0:100) 进行梯度洗脱。

洗脱过程用薄层色谱(TLC)跟踪检查,合并相似流分,TLC展开系统为环己烷-二氯甲烷-甲醇(40:50:5),显色剂为5%(体积分数)硫酸乙醇溶液。取硅胶柱色谱流分经LC-MS分析精确相对分子质量,对疑似目标物部位采用C<sub>18</sub>反相中压柱进行进一步纯化,以甲醇-乙腈-水(45:25:30)进行洗脱;最后利用半制备型高效液相色谱仪(Waters公司高效液相色谱仪)对C<sub>18</sub>反相中压柱分离的疑似目标物部位进行分离纯化,流动相为甲醇-乙腈-水(45:25:30),流速3.0 mL·min<sup>-1</sup>,检测波长为280 nm,得到相对分子质量相符的MA(112.2 mg)和MB(90.5 mg)。

## 2.2 MA和MB的结构确定

MA为白色粉末,纯度为97.0%,分子式C<sub>42</sub>H<sub>52</sub>O<sub>11</sub>,*m/z* 777.352 2([M+FA-H]<sup>-</sup>)。<sup>1</sup>H-NMR(500 MHz, CDCl<sub>3</sub>): δ 0.72(6H, d, *J*=4.0 Hz, H-9, 9'), 1.16(6H, d, *J*=4.6 Hz, H-9'', 9''), 2.30(2H, s, H-8, 8'), 3.88(12H, d, *J*=5.3 Hz, -OCH<sub>3</sub> × 4), 3.92(6H, s, -OCH<sub>3</sub> × 2), 4.12(2H, m, H-8'', 8'''), 4.64(2H, d, *J*=7.5 Hz, H-7'', 7'''), 5.46(2H, d, *J*=4.6 Hz, H-7, 7'), 6.83-7.00(12H, m, Ar-H); <sup>13</sup>C-NMR(125 MHz, CDCl<sub>3</sub>): δ 15.02(C-9, 9'), 17.17(C-9'', 9'''), 44.36(C-8, 8'), 56.00, 56.03(OCH<sub>3</sub>), 78.54(C-7'', 7'''), 84.20(C-7, 7'), 84.49(C-8'', 8'''), 110.24, 110.27(C-5, 5'), 111.03(C-2, 2'), 118.85(C-6, 6', C-6'', 6'''), 120.13(C-5'', 5'''), 132.74, 136.63(C-1, 1', 1'', 1'''), 146.61(C-3, 3', 3'', 3'''), 149.01, 149.16, 150.73(C-4, 4', 4'', 4''')。以上波谱数据与已知化合物MA的谱图数据<sup>[7-8]</sup>一致,确认为蜥尾草亭A(manassantin A)。

MB为白色粉末,纯度为97.5%,分子式C<sub>41</sub>H<sub>48</sub>O<sub>11</sub>,*m/z* 761.330 3([M+FA-H]<sup>-</sup>)。<sup>1</sup>H-NMR(500 MHz, CDCl<sub>3</sub>): δ 0.72(6H, dd, *J*=1.6、1.8 Hz, H-9, 9'), 1.16(6H, t, *J*=6.6、6.9 Hz, H-9'', 9'''), 2.30(2H, m, H-8, 8'), 3.86(6H, d, *J*=7.3 Hz, -OCH<sub>3</sub> × 2), 3.90(6H, d, *J*=3.3 Hz, -OCH<sub>3</sub> × 2), 4.12(2H, m, H-8'', 8'''), 4.63(2H, d, *J*=8.4 Hz, H-7'', 7'''), 5.47(2H, d, *J*=6.0 Hz, H-7, 7'), 5.94(2H, s, -OCH<sub>2</sub>O-), 6.77-7.00(12H, m, Ar-H); <sup>13</sup>C-NMR(125 MHz, CDCl<sub>3</sub>): δ 14.97(C-9, 9'), 16.99, 17.12(C-9'', 9'''), 44.27(C-8, 8'), 55.94, 55.98(OCH<sub>3</sub>), 78.46(C-7'', 7'''), 84.00, 84.08(C-7, 7'), 83.47

(C-8'', 8'''), 101.11(C-OCH<sub>2</sub>O-), 107.64, 108.17(C-5, 5'), 110.14, 110.20, 110.95(C-2, 2'), 118.73, 118.77(C-6, 6'), 118.81, 118.93(C-6'', 6'''), 120.08, 121.16(C-5'', 5'''), 132.68, 134.08, 136.55, 136.63(C-1, 1', 1'', 1'''), 146.53, 146.40, 147.45, 147.82(C-3, 3', 3'', 3'''), 148.93, 149.09, 150.64(C-4, 4', 4'', 4''')。以上波谱数据与已知化合物MB的谱图数据<sup>[5,7]</sup>一致,确认为蜥尾草亭B(manassantin B)。

## 2.3 HPLC测定三白草中的MA和MB

**2.3.1** 对照品储备液的配制 精密称取“2.1”项下分离所得的MA 1.02 mg和MB 1.03 mg,分别置于10 mL量瓶中,以甲醇溶解并定容,得到对照品储备液,4℃下保存,备用。

**2.3.2** 供试品溶液的配制 挖取三白草全草,用蒸馏水洗净后将其花序、叶、茎以及根分别剪下,微波干燥,备用。取三白草不同部位的样品各0.5 g,分别加入甲醇-二氯甲烷(1:1)25 mL,超声(360 W, 25 kHz)提取30 min,静置1 h后,再次超声提取30 min,静置2 h。12 000 r·min<sup>-1</sup>离心10 min,取上清液,即为供试品溶液。

**2.3.3** 色谱条件 采用岛津公司LC-20AT高效液相色谱仪,Kromasil C<sub>18</sub>色谱柱(250 mm × 4.6 mm, 5 μm),柱温25℃,流动相A为甲醇-乙腈溶液(1:1),流动相B为水,梯度洗脱程序(0~4 min, 40%A → 70%A; 4~25 min, 70%A → 80%A; 25~28 min, 80%A → 40%A),流速1 mL·min<sup>-1</sup>,检测波长280 nm,进样量10 μL。

**2.3.4** 线性关系考察 取计算量的MA、MB对照品储备液进行混合,用甲醇稀释得到质量浓度均为0.05、0.03、0.01、0.005、0.002和0.001 mg·mL<sup>-1</sup>的系列混合对照品溶液;按“2.3.3”项下条件进行分析,每个浓度平行测定3次,以对照品质量浓度(*X*)和平均峰面积(*Y*)进行线性回归分析,绘制标准曲线,分别得到MA及MB回归方程:

$$Y=12\ 648\ 154.59X+1\ 602.96 \quad r=0.999\ 2$$

$$Y=11\ 186\ 143.05X-1\ 185.70 \quad r=0.999\ 9$$

结果表明MA和MB的质量浓度均在0.001~0.051 mg·mL<sup>-1</sup>的范围内线性关系良好。

**2.3.5** 精密度试验 取同一浓度混合对照品溶液,按“2.3.3”项下条件连续进样6针,MA和MB峰面积的RSD结果分别为1.8%和1.5%,表明仪器精密度良好。

**2.3.6 稳定性试验** 取同一三白草叶供试品溶液,分别于 0、3、6、9、12 及 24 h 进样,平行测定 3 次,取平均峰面积,比较不同时间点所测 MA 和 MB 的平均峰面积,结果显示三白草叶供试品溶液在 24 h 内稳定性良好, RSD 分别为 1.3% 和 1.5%。

**2.3.7 重复性试验** 取同一份三白草根样品约 0.5 g 共 6 份,精密称定,分别按“2.3.2”项下方法制备供试品溶液,以“2.3.3”项下条件进行测定,结果 6 份三白草根中 MA 和 MB 平均含量分别为 39.75  $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$

和 29.99  $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ , RSD 分别为 0.49% 和 1.2%,表明此方法重复性良好。

**2.3.8 加样回收试验** 精密称取已测知含量的三白草根 9 份,每份 0.1 g,分别加入高、中、低 3 个浓度的混合对照品溶液各 3 份,按“2.3.2”项下方法制备供试溶液,以“2.3.3”项中的色谱条件进行测定,计算平均回收率。MA 和 MB 的平均加样回收率分别为 99.4%、101.6%, RSD 均小于 2%,如表 1 所示,表明本研究的测定方法回收率良好。

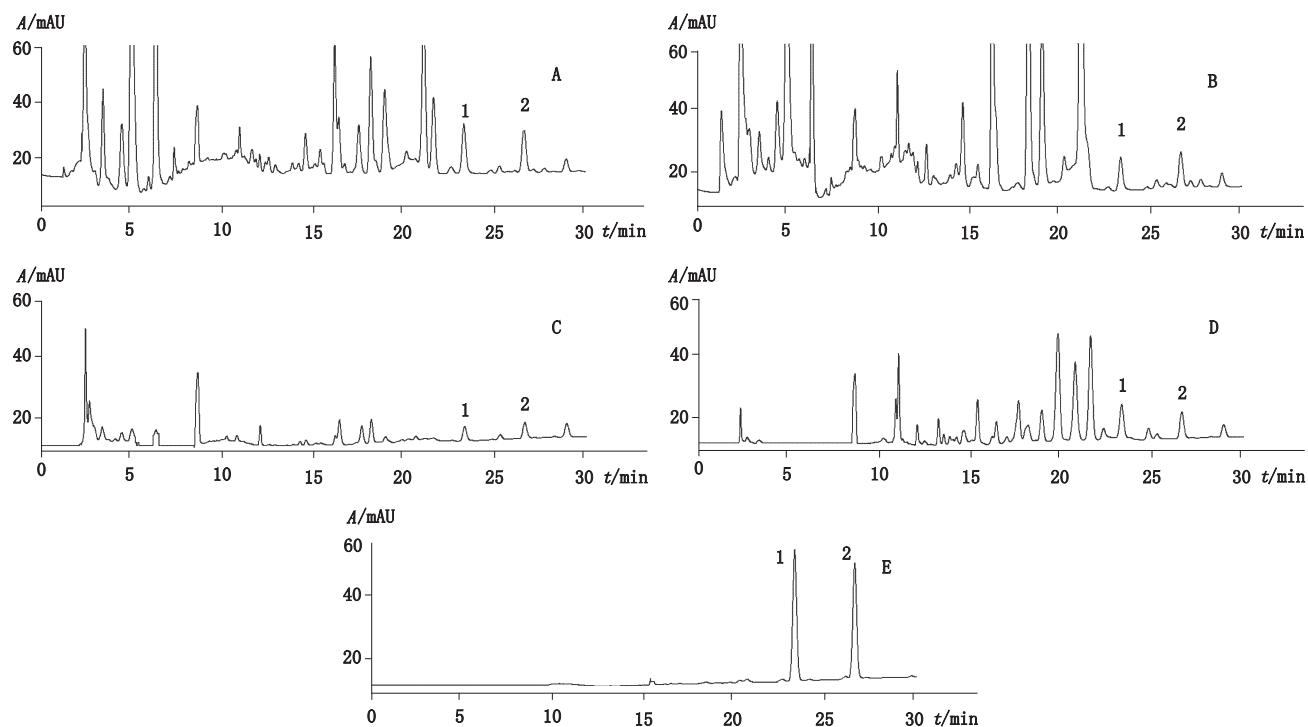
表 1 三白草中的 MA 和 MB 加样回收试验结果

Tab. 1 Results of recovery test of MA and MB in *Saururus chinensis*

化合物 (compound)	原始量 (content)/ $\mu\text{g}$	加入量 (added)/ $\mu\text{g}$	测得量 (measured)/ $\mu\text{g}$	回收率 (recovery)/%	RSD/ %	平均回收率(average recovery)%
MA	74.43	64.26	137.19	98.2	0.61	99.4
	74.43	64.26	137.55			
	74.43	64.26	137.95			
	74.43	74.46	146.98	99.3	1.7	
	74.43	74.46	149.37			
	74.43	74.46	148.66			
	74.43	89.76	164.27	100.6	0.45	
	74.43	89.76	164.91			
	74.43	89.76	165.02			
MB	61.76	51.5	110.73	96.2	0.98	101.6
	61.76	51.5	111.67			
	61.76	51.5	111.43			
	61.76	61.8	126.25	103.8	0.48	
	61.76	61.8	125.95			
	61.76	61.8	125.63			
	61.76	74.16	138.19	104.8	1.5	
	61.76	74.16	140			
	61.76	74.16	140.32			

**2.3.9 三白草不同部位 MA 和 MB 的含量测定** 取 3 批三白草不同部位的样品各 6 份,分别按“2.3.2”项下方法制备供试品溶液,以“2.3.3”项下色谱条件进

样测定,典型的色谱图如图 2 所示。将每份样品所测 MA 和 MB 的峰面积代入相应的回归方程,计算 MA 和 MB 在三白草不同部位的含量,测定结果见表 2。



1. 蜥尾草亭 A (manassantin A) 2. 蜥尾草亭 B (manassantin B)  
 A. 花序 (inflorescence) B. 叶 (leaves) C. 茎 (stems) D. 根 (rhizomes) E. 混合对照品 (mixed reference substances)

图 2 三白草不同部位中蜥尾草亭 A 和 B 的高效液相色谱图

Fig. 2 HPLC chromatograms of manassantins A and manassantins B in different parts of *Saururus chinensis*

表 2 蜥尾草亭 A 和 B 在三白草不同部位中的平均百分含量 (% , n=6)

Tab. 2 Content of manassantins A and manassantins B in different parts of *Saururus chinensis*

样品号 (sample No.)	化合物 (compound)	花序 (inflorescence)	叶 (leaf)	茎 (stem)	根 (rhizome)
1	MA	0.135	0.082	0.034	0.079
	MB	0.118	0.084	0.038	0.064
2	MA	0.138	0.083	0.034	0.079
	MB	0.119	0.084	0.038	0.064
3	MA	0.138	0.082	0.034	0.080
	MB	0.119	0.083	0.038	0.064

### 3 讨论

研究表明 MA 和 MB 具有显著的生物活性如抗肿瘤、抗炎<sup>[9]</sup>等。目前,关于三白草其他活性成分如三白草酮、槲皮素、里卡灵 A 等的含量测定已有相关报道<sup>[10]</sup>, Lee 等<sup>[11]</sup>亦测定了 MB 在大鼠血浆中的代谢情况,但三白草中 MA 和 MB 的含量测定尚未见报道。本实验建立了植物样本中的 MA 和 MB 的含量测定方法,方法学考察结果表明其准确可靠,

为基于 MA 和 MB 评价三白草属植物资源奠定了基础。

同时,尽管 MA 和 MB 具有良好的生物活性,但由于其化学结构含有较多的手性原子,导致化学合成困难,而对其进行结构修饰也未能达到较好的效果<sup>[12]</sup>,故增加 MA 和 MB 的天然产物来源仍是目前亟待研究的重要课题。有研究表明,植物次生代谢产物的累积存在组织特异性,不同部位的活性成分

含量可能有显著性差异<sup>[13-19]</sup>。王晓燕等<sup>[19]</sup>曾采用 HPLC 法比较了三白草不同部位中三白草酮的含量。在此实验过程中,本文采用所建立的 HPLC 含量测定方法,对三白草不同部位的 MA 和 MB 含量进行了比较,发现三白草不同部位所含 MA 和 MB 差异较大,其中花序中的 MA 和 MB 含量最多,其次是叶和根。然而,花序的采集往往受到季节的限制,且其生物量总体较小,而三白草叶和根中 MA 和 MB 的含量较高,是制备 MA 和 MB 较好的选择。

### 参考文献

- [1] 梁汉兴. 论三白草科的系统演化和地理分布[J]. 云南植物研究, 1995, 17(3): 255  
LIANG HX. On the evolution and distribution of Saururaceae [J]. Acta Bot Yunnan, 1995, 17(3): 255
- [2] 中华人民共和国药典 2015 年版. 一部[S]. 2015: 12  
ChP 2015. Vol I [S]. 2015: 12
- [3] 马林, 吴丰, 陈若芸. 三白草科植物化学及生物活性研究进展[J]. 中国中药杂志, 2003, 28(3): 196  
MA L, WU F, CHEN RY. Advance of chemical constituents and bioactivity of Saururuaceae plants [J]. China J Chin Mater Med, 2003, 28(3): 196
- [4] RAO KV, ALVAREZ FM. Manassantins A/B and saucerneol: novel biologically active lignoids from *Saururus cernuus* [J]. Tetrahedron Lett, 1983, 24(45): 4947
- [5] HODGES TW, HOSSAIN CF, KIM YP, et al. Molecular-targeted antitumor agents: the *Saururus cernuus* dineolignans manassantin B and 4-demethyl manassantin B are potent inhibitors of hypoxia-activated HIF-1 [J]. J Nat Prod, 2004, 67(5): 767
- [6] LIU Z, LU H, LIU R, et al. The dineolignan from *Saururus chinensis*, manassantin B, inhibits tumor-induced angiogenesis via down regulation of matrix metalloproteinases 9 in human endothelial cells [J]. Oncol Rep, 2014, 32(2): 659
- [7] HANESSIAN S, REDDY GJ, CHAHAL N. Total synthesis and stereochemical confirmation of manassantin A, B, and B<sub>1</sub> [J]. Org Lett, 2006, 8(24): 5477
- [8] SEO CS, LEE WH, CHUNG HW, et al. Manassantin A and B from *Saururus chinensis* inhibiting cellular melanin production [J]. Phytother Res, 2009, 23(11): 1531
- [9] LU Y, HWANG SL, SON JK, et al. Manassantin B isolated from *Saururus chinensis* inhibits cyclooxygenase-2-dependent prostaglandin D2 generation by blocking Fyn-mediated nuclear factor-kappaB and mitogen activated protein kinase pathways in bone marrow derived-mast cells [J]. Biol Pharm Bull, 2013, 36(8): 1370
- [10] CHEN HJ, LI X, CHEN JW, et al. Simultaneous determination of eleven bioactive compounds in *Saururus chinensis* from different harvesting seasons by HPLC-DAD [J]. J Pharm Biomed Anal, 2010, 51(5): 1142
- [11] LEE JY, SONG JH, YOON IS, et al. Determination of manassantin B in rat plasma using a high performance liquid chromatography with fluorescence detection and its quantitative application to pharmacokinetic study [J]. J Chromatogr B, 2016, 1011: 121
- [12] 来芳芳, 刘晓宇, 牛非, 等. 新型 HIF-1 抑制剂三白脂素-8 衍生物 LX Y6099 的抗肿瘤作用 [J]. 药科学报, 2014, 49(5): 622  
LAI FF, LIU XY, NIU F, et al. A novel HIF-1 inhibitor-manassantin A derivative LX Y6099 inhibits tumor growth [J]. Acta Pharm Sin, 2014, 49(5): 622
- [13] 沈涛, 张霁, 赵艳丽, 等. 红花龙胆不同药用部位 UV-Vis 和 UPLC 指纹图谱研究及资源评价 [J]. 中草药, 2016, 47(2): 309  
SHEN T, ZHANG J, ZHAO YL, et al. UV-Vis and UPLC fingerprint analysis in various medicinal parts of *Gentiana rhodantha* and resource evaluation [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2016, 47(2): 309
- [14] 严辉, 段金殿, 尚尔鑫, 等. 当归不同部位入药功效取向差异的化学物质基础与药性关联性研究 [J]. 中草药, 2014, 45(21): 3208  
YAN H, DUAN JA, SHANG EX, et al. Study on chemical materials and drug nature association of efficacy orientation of different parts from *Angelicae Sinensis Radix* [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2014, 45(21): 3208
- [15] 赵婷婷, 魏华, 陈两绵, 等. 桑不同药用部位 HPLC 指纹图谱比较研究 [J]. 中国药学杂志, 2017, 52(7): 560  
ZHAO TT, WEI H, CHEN LM, et al. HPLC fingerprints of different medicinal parts of *Morus alba* L. [J]. Chin Pharm J, 2017, 52(7): 560
- [16] HAN F, MA GQ, YANG M, et al. Chemical composition and antioxidant activities of essential oils from different parts of the oregano [J]. J Zhejiang Univ (Sci B), 2017, 18(1): 79
- [17] 李静, 魏玉海, 秦雪梅, 等. 基于 NMR 代谢组学技术的当归不同部位化学成分比较 [J]. 中草药, 2017, 48(7): 1409  
LI J, WEI YH, QIN XM, et al. Chemical comparison of different parts of *Angelicae Sinensis Radix* based on NMR metabolomics [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2017, 48(7): 1409
- [18] 周永峰, 李瑞煜, 张定堃, 等. 基于 UPLC-Q-TOF/MS 的五味子不同部位化学成分研究 [J]. 中草药, 2017, 48(6): 1087  
ZHOU YF, LI RY, ZHANG DK, et al. Chemical constituents in different parts of *Schisandrae Fructus* based on UPLC-Q-TOF/MS [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2017, 48(6): 1087
- [19] 王晓燕, 黄霞, 王海波, 等. HPLC 测定三白草不同药用部位三白草酮的含量 [J]. 药物分析杂志, 2015, 35(8): 1505  
WANG XY, HUANG X, WANG HB, et al. Determination of the content of sauchinone from different medicament portions in *Saururus chinensis* (Lour.) Baill. by HPLC [J]. Chin J Pharm Anal, 2015, 35(8): 1505

(本文于 2017 年 12 月 11 日收到)