

罗布麻叶中非黄酮类化学成分研究

孔娜娜^{1,2}, 方圣涛¹, 刘 莺¹, 夏传海^{1*}

1. 中国科学院烟台海岸带研究所 海岸带生物学与生物资源利用所重点实验室, 山东 烟台 264003

2. 中国科学院大学, 北京 100049

摘要: 目的 对药用盐生植物罗布麻 *Apocynum venetum* 叶中的非黄酮类化学成分进行研究。方法 采用硅胶、凝胶 Sephadex LH-20 柱色谱及制备液相色谱等分离技术对罗布麻叶中化学成分进行分离, 并根据其理化性质及波谱数据鉴定化合物的结构。结果 从罗布麻叶甲醇提取物中共分离得到 15 个非黄酮类化合物, 分别鉴定为东莨菪亭(1)、七叶内酯(2)、绿原酸甲酯(3)、绿原酸(4)、蚱蜢酮(5)、苯甲基-*O*- β -*D*-吡喃葡萄糖苷(6)、2-苯乙基-*O*- β -*D*-吡喃葡萄糖苷(7)、1- β -*O*-苯甲酰-*D*-吡喃葡萄糖苷(8)、对羟基苯乙醇(9)、异香草酸(10)、香草酸(11)、原儿茶酸(12)、羽扇豆醇(13)、 β -香树素(14)和 α -亚麻酸(15)。结论 化合物 2、3、5~10、14 和 15 为首次从该植物和罗布麻属植物中分离得到。

关键词: 罗布麻; 盐生植物; 绿原酸甲酯; 异香草酸; β -香树素

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2013)22-3114-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2013.22.004

Nonflavonoid constituents from leaves of *Apocynum venetum*

KONG Na-na^{1,2}, FANG Sheng-tao¹, LIU Ying¹, XIA Chuan-hai¹

1. Key Laboratory of Coastal Biology and Biological Resources Utilization, Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: Objective To study the nonflavonoid constituents in the leaves of *Apocynum venetum*, the medicinal halophyte. **Methods** The constituents were isolated and purified by silica gel and Sephadex LH-20 column chromatography as well as preparative HPLC, and their structures were elucidated by means of physicochemical properties and spectroscopic analyses. **Results** Fifteen nonflavonoid compounds were isolated from the methanol extract from the leaves of *A. venetum*, and identified as scopoletin (1), esculetin (2), methyl chlorogenate (3), chlorogenic acid (4), grasshopper ketone (5), benzyl-*O*- β -*D*-glucopyranoside (6), 2-phenylethyl-*O*- β -*D*-glucopyranoside (7), 1- β -*O*-benzoyl-*D*-glucopyranoside (8), tyrosol (9), isovanillic acid (10), vanillic acid (11), protocatechuic acid (12), lupeol (13), β -amyirin (14), and α -linolenic acid (15). **Conclusion** Compounds 2, 3, 5—10, 14, and 15 are isolated from this plant and the plants in *Apocynum* Linn. for the first time.

Key words: *Apocynum venetum* Linn.; halophyte; methyl chlorogenate; isovanillic acid; β -amyirin

罗布麻 *Apocynum venetum* Linn. 为夹竹桃科 (Apocynaceae) 罗布麻属直立半灌木, 主要分布于我国西北、华北、华东及东北各省区^[1]。罗布麻叶为我国传统中药, 具有平肝安神、清热利尿等功效, 主要用于治疗肝阳眩晕、心悸失眠、浮肿尿少等症^[2]。研究表明, 罗布麻叶主要活性成分为黄酮类化合物, 具有降血压、抗氧化、抗抑郁、抗焦虑和降低胆固醇等多种药理活性^[3]。作为盐生植物, 罗布麻主要

野生于盐碱荒地、滩涂湿地及河流湖泊沿岸、戈壁荒滩等盐碱度较高的土壤中, 在黄河三角洲地区广泛分布, 是该地区典型的具有较高经济价值的药用盐生植物资源^[4]。目前, 国内外对罗布麻中黄酮类化合物研究报道较多^[5-11], 但针对黄河三角洲地区罗布麻中非黄酮类成分的系统研究未见报道。为了进一步揭示罗布麻的药理活性物质基础及合理有效地开发黄河三角洲地区野生药用盐生植物资源, 本

收稿日期: 2013-09-14

基金项目: “十二五”科技支撑计划项目 (2011BAC02B04, 2012BAD32B09); “泰山学者”建设工程专项经费资助 (1101000003)

作者简介: 孔娜娜 (1985—), 女, 博士研究生, 主要研究方向为天然产物化学。E-mail: nnkong@yic.ac.cn

*通信作者 夏传海 Tel: (0535)2109173 E-mail: chxia@yic.ac.cn

实验对采自该地区罗布麻叶的化学成分进行了系统研究,共分离得到15个非黄酮类化合物,分别鉴定为东莨菪亭(scopoletin, **1**)、七叶内酯(esculetin, **2**)、绿原酸甲酯(methyl chlorogenate, **3**)、绿原酸(chlorogenic acid, **4**)、蚱蜢酮(grasshopper ketone, **5**)、苯甲基-*O*- β -*D*-吡喃葡萄糖苷(benzyl-*O*- β -*D*-glucopyranoside, **6**)、2-苯乙基-*O*- β -*D*-吡喃葡萄糖苷(2-phenylethyl-*O*- β -*D*-glucopyranoside, **7**)、1- β -*O*-苯甲酰-*D*-吡喃葡萄糖苷(1- β -*O*-benzoyl-*D*-glucopyranoside, **8**)、对羟基苯乙醇(tyrosol, **9**)、异香草酸(isovanillic acid, **10**)、香草酸(vanillic acid, **11**)、原儿茶酸(protocatechuic acid, **12**)、羽扇豆醇(lupeol, **13**)、 β -香树素(β -amyrin, **14**)和 α -亚麻酸(α -linolenic acid, **15**)。其中,化合物**2**、**3**、**5**~**10**、**14**和**15**为首次从该植物和罗布麻属植物中分离得到。

1 仪器与材料

Bruker AVANCE II 500 型超导核磁共振波谱仪(瑞士 Bruker 公司); LCQ Fleet 离子阱质谱仪(美国 Thermo Fisher Scientific 公司); 制备型高效液相色谱(大连依利特分析仪器有限公司); 柱色谱硅胶和薄层色谱硅胶板(烟台德信生物技术有限公司); Sephadex LH-20 凝胶(美国 GE Healthcare 公司); 所用色谱纯及分析纯有机溶剂均为国药集团上海化学试剂公司生产。

罗布麻叶于2011年7月采自山东省东营市黄河三角洲滨海湿地,由滨洲学院谢文军副教授鉴定为罗布麻 *Apocynum venetum* Linn.。标本(20110903-3)保存于中国科学院烟台海岸带研究所海岸带生物学与生物资源利用所重点实验室。

2 提取与分离

干燥罗布麻叶 3.0 kg,粉碎后用甲醇浸提4次,合并提取液,减压浓缩回收溶剂得浸膏 464 g。将浸膏加水混悬,依次用石油醚、醋酸乙酯和正丁醇进行萃取,减压浓缩回收溶剂,得到各相应组分。其醋酸乙酯萃取部分(52.3 g)经硅胶柱色谱,以石油醚-丙酮(15:1→1:5)梯度洗脱,得到7个组分 A~G。组分 B(4.26 g)经反复硅胶柱色谱、Sephadex LH-20 及制备液相色谱得到化合物 **9**(10.5 mg)、**10**(4.4 mg)和 **11**(8.8 mg)。组分 C(6.48 g)经硅胶柱色谱石油醚-丙酮(3:1→1:1)梯度洗脱,得到5个亚组分 C1~C5。组分 C2 经反复硅胶柱色谱分离得到化合物 **12**(9.8 mg); 组分 C3 经 Sephadex

LH-20、反复硅胶柱色谱、制备液相色谱得到化合物 **1**(33.8 mg)、**2**(9.7 mg)、**4**(28.5 mg)、**5**(20.6 mg)。组分 D(7.16 g)经 Sephadex LH-20、硅胶柱色谱及制备液相色谱得到化合物 **3**(19.3 mg)、**6**(9.0 mg)、**7**(9.4 mg)和 **8**(11.6 mg)。化合物 **13**(26.8 mg)、**14**(8.3 mg)和 **15**(60.1 mg)则从石油醚萃取部分(168 g)经一系列柱色谱方法分离得到。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 淡黄色针晶(甲醇), ESI-MS m/z : 191 [M-H]⁻。¹H-NMR (500 MHz, CD₃OD) δ : 7.86 (1H, d, J = 9.4 Hz, H-4), 7.11 (1H, s, H-5), 6.77 (1H, s, H-8), 6.20 (1H, d, J = 9.4 Hz, H-3), 3.91 (3H, s, 6-OCH₃); ¹³C-NMR (125 MHz, CD₃OD) δ : 164.4 (C-2), 112.8 (C-3), 147.4 (C-4), 110.2 (C-5), 146.5 (C-6), 153.3 (C-7), 104.3 (C-8), 151.7 (C-9), 114.0 (C-10), 57.1 (6-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[12], 故鉴定化合物 **1** 为东莨菪亭。

化合物 **2**: 无色针晶(甲醇), ESI-MS m/z : 177 [M-H]⁻。¹H-NMR (500 MHz, CD₃OD) δ : 7.78 (1H, d, J = 9.5 Hz, H-4), 6.94 (1H, s, H-5), 6.76 (1H, s, H-8), 6.18 (1H, d, J = 9.5 Hz, H-3); ¹³C-NMR (125 MHz, CD₃OD) δ : 164.6 (C-2), 112.8 (C-3), 146.4 (C-4), 113.3 (C-5), 144.9 (C-6), 152.3 (C-7), 103.9 (C-8), 150.8 (C-9), 113.1 (C-10)。以上数据与文献报道基本一致^[13], 故鉴定化合物 **2** 为七叶内酯。

化合物 **3**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 367 [M-H]⁻。¹H-NMR (500 MHz, CD₃OD) δ : 7.53 (1H, d, J = 15.9 Hz, H- β), 7.04 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-2'), 6.94 (1H, dd, J = 8.2, 2.0 Hz, H-6'), 6.78 (1H, d, J = 8.2 Hz, H-5'), 6.22 (1H, d, J = 15.9 Hz, H- α), 5.28 (1H, m, H-3), 4.13 (1H, m, H-5), 3.73 (1H, m, H-4), 3.69 (3H, s, -OCH₃), 1.99~2.53 (4H, m, H-2, 6); ¹³C-NMR (125 MHz, CD₃OD) δ : 76.1 (C-1), 38.1 (C-2), 72.4 (C-3), 72.8 (C-4), 70.6 (C-5), 38.3 (C-6), 128.0 (C-1'), 115.4 (C-2'), 147.2 (C-3'), 150.0 (C-4'), 116.9 (C-5'), 123.3 (C-6'), 115.3 (C- α), 147.5 (C- β), 168.6 (C=O), 175.7 (COOH), 53.3 (-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[14], 故鉴定化合物 **3** 为绿原酸甲酯。

化合物 **4**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 353 [M-H]⁻。¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 12.41 (1H, brs, -COOH), 9.58 (1H, s, 4'-OH), 9.15 (1H, s, 3'-OH), 7.42 (1H, d, J = 15.9 Hz, H- β), 7.04 (1H, d, J = 2.1 Hz, H-2'), 6.99 (1H, dd, J = 8.2, 2.1 Hz, H-6'), 6.77

(1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5'), 6.15 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H- α), 5.08 (1H, m, H-3), 3.93 (1H, m, H-5), 3.57 (1H, $J = 6.5, 2.4$ Hz, H-4), 1.75~2.07 (4H, m, H-2, 6); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 73.9 (C-1), 37.7 (C-2), 70.8 (C-3), 71.3 (C-4), 68.5 (C-5), 36.7 (C-6), 126.1 (C-1'), 115.2 (C-2'), 145.4 (C-3'), 148.8 (C-4'), 116.2 (C-5'), 121.8 (C-6'), 114.8 (C- α), 146.0 (C- β), 166.2 (C=O), 175.4 (COOH)。以上数据与文献报道基本一致^[15], 故鉴定化合物 **4** 为绿原酸。

化合物 **5**: 白色蜡状固体, ESI-MS m/z : 223 [M-H]⁻。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, DMSO- d_6) δ : 5.75 (1H, s, H-8), 4.96 (1H, d, $J = 1.0$ Hz, 5-OH), 4.53 (1H, d, $J = 5.1$ Hz, 3-OH), 4.02 (1H, m, H-3), 2.11 (3H, s, H-10), 2.05 (1H, ddd, $J = 12.4, 4.0, 1.9$ Hz, H-4a), 1.81 (1H, ddd, $J = 12.4, 4.0, 2.0$ Hz, H-2a), 1.31 (3H, s, H-13), 1.26 (3H, s, H-11), 1.23 (1H, m, H-4b), 1.19 (1H, m, H-2b), 1.05 (3H, s, H-12); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 35.7 (C-1), 49.4 (C-2), 62.2 (C-3), 49.7 (C-4), 70.7 (C-5), 118.9 (C-6), 209.3 (C-7), 99.7 (C-8), 198.0 (C-9), 26.3 (C-10), 31.8 (C-11), 28.9 (C-12), 30.5 (C-13)。以上数据与文献报道基本一致^[16], 故鉴定化合物 **5** 为蚱蜢酮。

化合物 **6**: 无色针晶 (甲醇), ESI-MS m/z : 269 [M-H]⁻。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CD₃OD) δ : 7.37 (2H, dd, $J = 8.8, 1.5$ Hz, H-2, 6), 7.28~7.20 (3H, m, H-3, 4, 5), 4.87 (1H, d, $J = 11.8$ Hz, H-7a), 4.61 (1H, d, $J = 11.8$ Hz, H-7b), 4.30 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-1'), 3.83 (1H, dd, $J = 11.9, 2.2$ Hz, H-6'a), 3.63 (1H, dd, $J = 11.9, 5.7$ Hz, H-6'b), 3.19~3.26 (5H, m, H-2'~5'); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CD₃OD) δ : 139.4 (C-1), 129.6 (C-2), 129.5 (C-3), 129.0 (C-4), 129.5 (C-5), 129.6 (C-6), 72.0 (C-7), 103.6 (C-1'), 75.4 (C-2'), 78.4 (C-3'), 72.1 (C-4'), 78.3 (C-5'), 63.1 (C-6')。以上数据与文献报道基本一致^[17], 故鉴定化合物 **6** 为苯甲酰-*O*- β -*D*-吡喃葡萄糖苷。

化合物 **7**: 白色固体, ESI-MS: m/z 283 [M-H]⁻。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CD₃OD) δ : 7.20 (5H, m, H-2~6), 4.24 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-1'), 4.04 (1H, m, H-8a), 3.81 (1H, dd, $J = 11.9, 2.0$ Hz, H-6'a), 3.69 (1H, m, H-8b), 3.60 (1H, dd, $J = 11.9, 5.4$ Hz, H-6'b), 3.10~3.35 (4H, m, H-2'~5'), 2.87 (2H, m, H-7); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CD₃OD) δ : 140.3 (C-1), 129.6 (C-2), 130.3 (C-3), 127.5 (C-4), 130.3 (C-5), 129.6 (C-6), 37.5

(C-7), 71.9 (C-8), 104.7 (C-1'), 75.4 (C-2'), 78.4 (C-3'), 72.0 (C-4'), 78.3 (C-5'), 63.1 (C-6')。以上数据与文献报道基本一致^[18], 故鉴定化合物 **7** 为 2-苯乙基-*O*- β -*D*-吡喃葡萄糖苷。

化合物 **8**: 白色固体, ESI-MS m/z : 283 [M-H]⁻。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CD₃OD) δ : 8.03 (2H, brd, $J = 8.4$ Hz, H-2, 6), 7.57 (1H, t, $J = 7.5$ Hz, H-4), 7.43 (2H, t, $J = 7.8$ Hz, H-3, 5), 5.67 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-1'), 3.81 (1H, dd, $J = 12.1, 2.0$ Hz, H-6'a), 3.64 (1H, dd, $J = 12.1, 4.8$ Hz, H-6'b), 3.30~3.55 (4H, m, H-2'~5'); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CD₃OD) δ : 131.1 (C-1), 131.2 (C-2), 129.9 (C-3), 135.0 (C-4), 129.9 (C-5), 131.2 (C-6), 167.0 (C-7), 96.6 (C-1'), 74.3 (C-2'), 78.4 (C-3'), 71.4 (C-4'), 79.2 (C-5'), 62.6 (C-6')。以上数据和文献报道基本一致^[19], 故鉴定化合物 **8** 为 1- β -*O*-苯甲酰-*D*-吡喃葡萄糖苷。

化合物 **9**: 无色针晶 (甲醇), ESI-MS m/z : 137 [M-H]⁻。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CD₃OD) δ : 7.03 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-2, 6), 6.70 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-3, 5), 3.68 (1H, t, $J = 7.2$ Hz, H-8), 2.72 (1H, t, $J = 7.2$ Hz, H-7); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CD₃OD) δ : 131.3 (C-1), 131.2 (C-2), 116.4 (C-3), 157.1 (C-4), 116.4 (C-5), 131.2 (C-6), 39.7 (C-7), 64.9 (C-8)。以上数据与文献报道基本一致^[20], 故鉴定化合物 **9** 为对羟基苯乙醇。

化合物 **10**: 无色针状结晶 (甲醇), ESI-MS m/z : 167 [M-H]⁻。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CD₃OD) δ : 7.58 (1H, s, H-2), 7.52 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-6), 6.79 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5), 3.88 (3H, s, 4-OCH₃); $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.46 (1H, s, H-2), 7.41 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-6), 6.77 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-5), 3.78 (3H, s, 4-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[21], 故鉴定化合物 **10** 为异香草酸。

化合物 **11**: 无色针状结晶 (甲醇), ESI-MS m/z : 167 [M-H]⁻。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CD₃OD) δ : 7.56 (2H, m, H-2, 6), 6.83 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5), 3.89 (3H, s, 3-OCH₃); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CD₃OD) δ : 125.0 (C-1), 113.7 (C-2), 148.6 (C-3), 152.5 (C-4), 115.7 (C-5), 130.6 (C-6), 170.2 (C-7), 56.7 (3-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[21], 故鉴定化合物 **11** 为香草酸。

化合物 **12**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 153 [M-H]⁻。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CD₃OD) δ : 7.44 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-2), 7.43 (1H, dd, $J = 8.1, 2.1$ Hz, H-6), 6.80 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-5); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CD₃OD)

δ : 123.7 (C-1), 116.1 (C-2), 146.4 (C-3), 151.8 (C-4), 118.1 (C-5), 124.2 (C-6), 170.6 (C-7)。以上数据与文献报道基本一致^[22], 故鉴定化合物 **12** 为原儿茶酸。

化合物 **13**: 白色固体, ESI-MS m/z : 426 [M-H]⁻。¹H-NMR (500 MHz, CDCl₃) δ : 4.71 (1H, brs, H-29a), 4.59 (1H, brs, H-29b), 3.22 (1H, dd, J = 11.3, 5.5 Hz, H-3), 2.40 (1H, m, H-19), 1.71 (3H, s, H-30), 1.06 (3H, s, H-26), 0.99 (3H, s, H-23), 0.97 (3H, s, H-27), 0.86 (3H, s, H-25), 0.81 (3H, s, H-28), 0.79 (3H, s, H-24); ¹³C-NMR (125 MHz, CDCl₃) δ : 38.7 (C-1), 27.4 (C-2), 79.0 (C-3), 38.9 (C-4), 55.3 (C-5), 18.3 (C-6), 34.3 (C-7), 40.9 (C-8), 50.5 (C-9), 37.2 (C-10), 20.9 (C-11), 25.2 (C-12), 38.1 (C-13), 42.8 (C-14), 27.5 (C-15), 35.6 (C-16), 43.0 (C-17), 48.3 (C-18), 48.0 (C-19), 151.0 (C-20), 29.9 (C-21), 40.0 (C-22), 28.0 (C-23), 15.4 (C-24), 16.1 (C-25), 16.0 (C-26), 14.6 (C-27), 18.0 (C-28), 109.3 (C-29), 19.3 (C-30)。以上数据与文献报道基本一致^[23], 故鉴定化合物 **13** 为羽扇豆醇。

化合物 **14**: 白色固体, ESI-MS m/z : 426 [M-H]⁻。¹³C-NMR (125 MHz, CDCl₃) δ : 38.6 (C-1), 27.0 (C-2), 79.0 (C-3), 38.8 (C-4), 55.2 (C-5), 18.4 (C-6), 32.5 (C-7), 39.8 (C-8), 47.7 (C-9), 37.0 (C-10), 23.5 (C-11), 121.7 (C-12), 145.2 (C-13), 41.7 (C-14), 28.4 (C-15), 26.2 (C-16), 32.7 (C-17), 47.2 (C-18), 46.8 (C-19), 31.1 (C-20), 34.8 (C-21), 37.2 (C-22), 28.1 (C-23), 15.5 (C-24), 15.6 (C-25), 16.8 (C-26), 26.0 (C-27), 27.2 (C-28), 33.3 (C-29), 23.7 (C-30)。以上数据与文献报道基本一致^[24], 故鉴定化合物 **14** 为 β -香树素。

化合物 **15**: 白色蜡状固体, ESI-MS m/z : 277 [M-H]⁻。¹H-NMR (500 MHz, CDCl₃) δ : 5.28~5.43 (6H, m, H-9, 10, 12, 13, 15, 16), 2.79 (4H, m, H-11, 14), 0.97 (3H, t, J = 7.6 Hz); ¹³C-NMR (125 MHz, CDCl₃) δ : 179.8 (C-1), 34.0 (C-2), 24.7 (C-3), 29.1 (C-4), 29.0 (C-5), 29.2 (C-6), 29.6 (C-7), 27.2 (C-8), 130.3 (C-9), 127.8 (C-10), 25.5 (C-11), 128.3 (C-12), 128.3 (C-13), 25.6 (C-14), 127.1 (C-15), 132.0 (C-16), 20.6 (C-17), 14.3 (C-18)。以上数据与文献报道基本一致^[25], 故鉴定化合物 **15** 为 α -亚麻酸。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编委会. 中国植物志 (第63卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1977.
- [2] 中国药典 [S]. 一部. 2010.

- [3] 侯晋军, 韩利文, 杨官娥, 等. 罗布麻叶化学成分和药理活性研究进展 [J]. 中草药, 2006, 37(10): 附7-附9.
- [4] 谷奉天, 刘振元, 姚志刚. 黄河三角洲野生经济植物资源 [M]. 济南: 山东省地图出版社, 2003.
- [5] 程秀丽, 张素琼, 李青山. 罗布麻叶中黄酮类化合物研究 [J]. 中药材, 2007, 30(9): 1086-1088.
- [6] 蔡玉鑫, 阿依别克·马力克, 肖正华. 罗布麻花化学成分研究 [J]. 中草药, 2007, 38(9): 1306-1307.
- [7] Kamata K, Seo S, Nakajima J. Constituents from leaves of *Apocynum venetum* L. [J]. *J Nat Med*, 2008, 62(2): 160-163.
- [8] Zhang Y, Liu C, Zhang Z, et al. Comprehensive separation and identification of chemical constituents from *Apocynum venetum* leaves by high-performance counter-current chromatography and high performance liquid chromatography coupled with mass spectrometry [J]. *J Chromatogr B*, 2010, 878(30): 3149-3155.
- [9] Shi J, Li G, Zhang R, et al. A validated HPLC-DAD-MS method for identifying and determining the bioactive components of two kinds of *Luobuma* [J]. *J Liq Chromatogr Relat Technol*, 2011, 34(7): 537-547.
- [10] Zhang Y, Liu C, Qi Y, et al. Comparison of the constituents of *Apocynum venetum* and acidified *Apocynum venetum* by liquid chromatography-UV diode array detection-electrospray ionization mass spectrometry [J]. *Med Chem Res*, 2012, 21(8): 1684-1691.
- [11] Zhang Y, Liu C, Zhang Z, et al. Fast differentiation of *Apocynum venetum* with related species by UPLC/MS and UPLC/SPE/NMR [J]. *Med Chem Res*, 2012, 21(7): 1077-1083.
- [12] Bayoumi S A L, Rowan M G, Beeching J R, et al. Constituents and secondary metabolite natural products in fresh and deteriorated cassava roots [J]. *Phytochemistry*, 2010, 71(5/6): 598-604.
- [13] 崔莹. 寸节七化学成分研究 [J]. 中草药, 2011, 42(8): 1498-1501.
- [14] 李敏, 高慧媛, 孙博航, 等. 茶叶正丁醇萃取物化学成分分离与纯化 [J]. 沈阳药科大学学报, 2008, 25(10): 785-789.
- [15] 仲浩, 薛晓霞, 姚庆强. 半枝莲化学成分的研究 [J]. 中草药, 2008, 39(1): 21-23.
- [16] 李洁, 陈全成, 林挺, 等. 刺苋的化学成分研究 [J]. 中草药, 2013, 44(3): 272-276.
- [17] 倪付勇, 陈重, 许琼明, 等. 高山红景天化学成分研究 [J]. 中草药, 2013, 44(7): 798-802.
- [18] 严岚, 金慧子, 聂利月, 等. 显脉旋覆花化学成分的研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2011, 23(2): 258-261.
- [19] Baba A, Yoshioka T. Structure-activity relationships for degradation reaction of 1- β -O-acyl glucuronides: kinetic

- description and prediction of intrinsic electrophilic reactivity under physiological conditions [J]. *Chem Res Toxicol*, 2009, 22(1): 158-172.
- [20] 阙东枚, 戴好富, 黄贵修, 等. 见血封喉内生真菌 *Rhizoctonia* sp. J5 化学成分研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2009, 21(3): 424-427.
- [21] 高慧媛, 隋安丽, 陈艺虹, 等. 中药黄独的化学成分 [J]. 沈阳药科大学学报, 2003, 20(3): 178-180.
- [22] 邓雪红, 郑承剑, 吴宇, 等. 爬岩红化学成分研究 [J]. 中国药学杂志, 2013, 48(10): 777-781.
- [23] 周思祥, 姚志容, 李军, 等. 枸骨叶的化学成分研究 [J]. 中草药, 2012, 43(3): 444-447.
- [24] 漆淑华, 吴大刚, 马云保, 等. 毛叶楠臭椿的化学成分 [J]. 中草药, 2003, 34(7): 590-592.
- [25] 喻晓雁. 鸡矢藤化学成分研究 [J]. 中草药, 2011, 42(4): 661-663.