云南农业大学学报（自然科学），2017，32（2）：371－375　　http：//xb. ynau. edu. cn
Journal of Yunnan Agricultural University（Natural Science）　　E-mail：xb@ ynau. edu. cn

DOI:10. 16211/j. issn. 1004－390X(n). 2017. 02. 025

# 龙柏的化学成分研究*

卢志远[1,2#]，蔡　旭[3#]，刘加祥[1,2]，宋启示[1]，张玉梅[1**]
（1. 中国科学院 西双版纳热带植物园，热带植物资源可持续利用重点实验室，云南 昆明 650223；
2. 中国科学院大学，北京 100049；
3. 湖北中医药大学，教育部中药资源与中药复方重点实验室，湖北 武汉 430065；）

**摘要**：对龙柏枝叶的化学成分进行分离鉴定。通过硅胶柱、Sephadex LH－20、RP－C18 反相硅胶以及 MCI 等色谱柱分离纯化，从龙柏枝叶的工业甲醇提取物中分离得到 11 个化合物，运用 MS 和 NMR 等波谱学方法鉴定化合物为：穗花杉双黄酮（1），罗汉松双黄酮 A（2），7－O－β－D－吡喃葡萄糖基－4′－甲基芹菜素（3）、hypolaetin－7－O－β－D－吡喃木糖苷（4）、金合欢素（5）、槲皮苷（6）、junipediol B 8－O－β－D－吡喃葡萄糖苷（7）、茵芋苷（8）、大豆脑苷 I（9）、胡萝卜苷（10）和 β－谷甾醇（11）。所有化合物均为首次从该植物中分离得到。

**关键词**：龙柏；化学成分；结构鉴定
**中图分类号**：R 284. 1　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1004－390X（2017）02－0371－05

# Chemical Constituents from *Sabina chinensis* (Linn.) Ant. cv. *Kaizuca*

LU Zhiyuan[1,2], CAI Xu[3], LIU Jiaxiang[1,2], SONG Qishi[1], ZHANG Yumei[1]
(1. Key Laboratory of Tropical Plant Resource and Sustainable Use, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Key Laboratory of Ministry of Education for Traditional Chinese Medicine Resource and Compound Prescription, Hubei University of Chinese Medicine, Wuhan 430065, China)

**Abstract**: The chemical constituents of the branches and leaves of *Sabina chinensis* (Linn.) Ant. cv. *Kaizuca* were isolated by column chromatography of silica gel, MCI, RP-C18 and Sephadex LH-20, and their structures were mainly identified by spectral methods (MS and NMR). Eleven compounds were finally isolated and elucidated as amentoflavone (1), podocarpusflavone A (2), 7-O-β-D-glucopyranosyl-4′-methylapigenin (3), hypolaetin-7-O-β-Dxylopyranoside (4), acacetin (5), quercitrin (6), junipediol B 8-O-β-D-glucopyranoside (7), skimmin (8), soya cerebroside I (9), daucosterol (10) and β-sitosterol (11). All the eleven compounds were isolated from this species for the first time.

**Keywords**: *Sabina chinensis* (Linn.) Ant. cv. *Kaizuca*; chemical constituents; structural identification

收稿日期：2015－12－22　　修回日期：2016－03－09　　网络出版时间：2017-03-31 22:50:03
*基金项目：云南省中青年学术技术带头人后备人才项目（2010CI048）；云南省应用基础研究重点项目（2014FA043）。
作者简介：#对本文贡献等同，为并列第一作者。卢志远（1991—），男，云南昆明人，硕士研究生，主要从事植物化学研究。E-mail：lzy520406@ 163. com；蔡旭（1989—），男，湖北黄冈人，硕士研究生，主要从事中药化学成分研究。E-mail：13769140853@ 163. com
**通信作者Corresponding author：张玉梅（1973—），女，四川南充人，博士，副研究员，主要从事植物化学研究。E-mail：zymei@ xtbg. ac. cn
网络出版地址：http://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.s.20170331.2250.025.html

龙柏（*Sabina chinensis*（Linn.）Ant. cv. *Kaizuca*），是柏科圆柏属植物圆柏（*Sabina chinensis*）的栽培变种[1]。圆柏属约有50余种，分布于北半球，北至北极圈，南至热带高山。中国产15种5变种，另引入栽培2种，多数分布于西北部、西部及西南部的高山地区，能适应干旱、严寒的气候。经多年研究发现，圆柏属植物的化学成分复杂且生物活性多种多样，主要有黄酮类、萜烯类、木脂素类、香豆素类、甾体类等化合物[2]，具有止血、抑菌、抗肿瘤、抗氧化等多种药理作用[3]。龙柏长到一定高度，枝条螺旋盘曲向上生长，好像盘龙姿态，故名“龙柏”。主要产于长江流域、淮河流域，经过多年的引种，广泛栽培于全国各地，是优秀的园林绿化树种。其根和枝叶均可提取柏木脑及柏木油，枝和叶还可以入药，具有祛风散寒、活血利尿的功效，是具有重要经济价值的植物资源[4]。目前对龙柏化学成分的研究主要集中在具有抑菌功效的挥发油的成分测定[5-8]，已检测出48种挥发物质[9]，主要成分为萜烯类、烷烃类和酯类。此外，有学者在对龙柏提取物抑菌活性成分研究中分离得到活性物质桧脂素[10]和4-松香酸[11]。为进一步开发龙柏的药用价值，明确其活性物质基础，本文对龙柏的枝叶进行了较深入的化学研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

龙柏枝叶2014年1月采集于云南昆明，原植物经中国科学院昆明植物研究所岳中枢副研究员鉴定为龙柏*Sabina chinensis*（Linn.）Ant. cv. Kaizuca。

### 1.2 提取与分离

取龙柏干燥枝叶10 kg，晒干粉碎后用工业甲醇冷浸提取3次，减压回收甲醇得总浸膏0.98 kg。总浸膏用热水分散后，分别用乙酸乙酯和正丁醇进行萃取，得乙酸乙酯浸膏440 g、正丁醇浸膏450 g和水相90 g。水相部分经硅胶色谱用氯仿—甲醇（10:1→1:1，体积比，下同）系统梯度洗脱，得4个流份（Zs.1~4）。Zs2和Zs3反复经LH-20凝胶色谱（氯仿—甲醇1:1）、RP-C18（甲醇—水5:95→100:0）得到化合物5（4 mg）和化合物8。正丁醇部位经硅胶色谱用氯仿—甲醇（10:1→1:1）系统梯度洗脱，得6个流份（Zs.5~10）。Zs.6和Zs.8反复经LH-20凝胶色谱（氯仿—甲醇1:1）、RP-C18（甲醇—水50:50→100:0）、MCI（甲醇—水30:70→100:0）分离得到化合物1（46 mg）、化合物2（35 mg）、化合物3（24 mg）、化合物7（26 mg）和化合物9（22 mg）。乙酸乙酯部位经硅胶色谱分离，用氯仿—甲醇（1:0→1:1）系统梯度洗脱，得4个流份（Zs.11~14）。Zs.12反复经硅胶色谱（氯仿—甲醇15:1→2:1）、LH-20凝胶色谱（氯仿—甲醇1:1）分离纯化得到化合物6（37 mg）和化合物4（12 mg）。Zs.13反复经硅胶色谱（氯仿—甲醇20:1→1:1）、LH-20凝胶色谱（氯仿—甲醇1:1）分离纯化得到化合物10（130 mg）和化合物11（85 mg）。所有化合物的波普检测均由中国科学院昆明植物研究所仪器共享中心完成，其中质谱仪为Bruker液相离子阱色谱质谱联用仪，核磁共振仪为Bruker AM-400和Bruker DRX-500。化合物1~11的结构见图1。

## 2 结构鉴定

化合物1：黄色无定型粉末，$C_{30}H_{18}O_{10}$。ESI-MS *m/z*:537 $[M-H]^-$。$^{13}C$-NMR（100MHz，DMSO-D6）δ:164.2（C-2），102.9（C-3），181.8（C-4），161.1（C-5），98.7（C-6），163.7（C-7），94.1（C-8），157.4（C-9），103.9（C-10），128.1（C-1′），116.2（C-2′），120.9（C-3′），159.6（C-4′），121.4（C-5′），131.5（C-6′），163.8（C-2″），102.7（C-3″），182.2（C-4″），160.6（C-5″），98.9（C-6″），161.9（C-7″），103.6（C-8″），154.5（C-9″），103.7（C-10″），119.9（C-1‴），128.3（C-2‴，6‴），115.8（C-3‴，5‴），161.5（C-4‴）；$^1H$-NMR（400MHz，DMSO-D6）δ：8.01（1H，d，J=1.8Hz，H-2′），7.98（1H，dd，J=8.9，1.8Hz，H-6′），7.56（2H，d，J=9.0Hz，H-2‴，6‴），7.14（1H，d，J=8.9Hz，H-5′），6.83（1H，s，H-3），6.79（1H，s，H-3″），6.73（2H，d，J=9.0Hz，H-3‴，5‴），6.46（1H，d，J=1.5Hz，H-8），6.39（1H，s，H-6″），6.18（1H，d，J=1.5Hz，H-6）。以上数据与文献[12]报道一致，鉴定为amentoflavone。

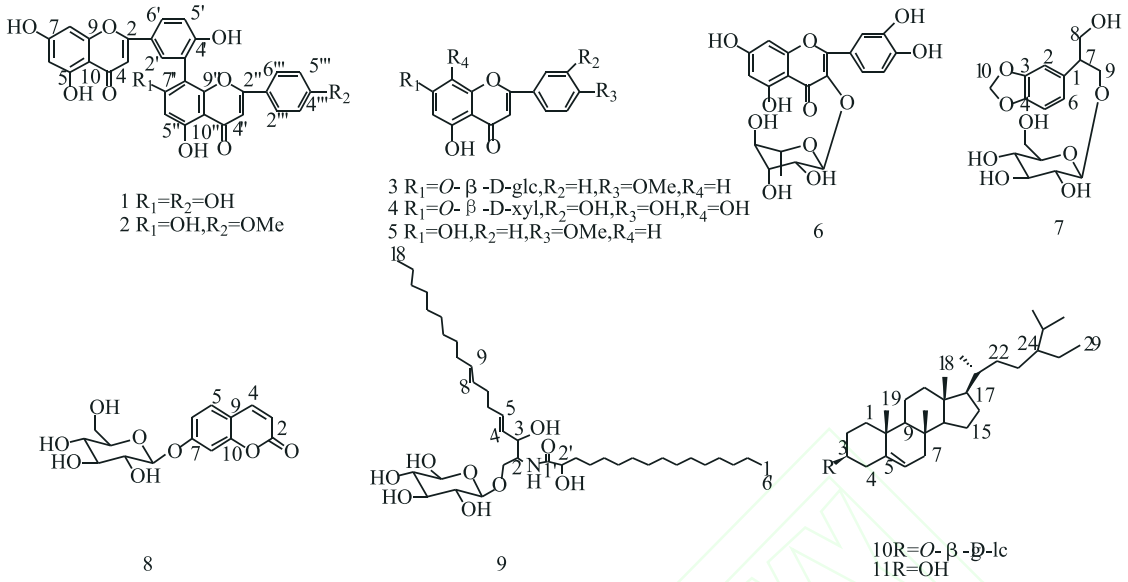


**图 1　化合物1～11结构**

Fig. 1　Chemical structures of compounds 1-11

化合物 2：淡黄色无定型粉末，$C_{31}H_{20}O_{10}$。ESI-MS m/z：551［M－H］$^-$。13CNMR（150 MHz，DMSO－D6）δ：163.2（C－2），103.0（C－3），182.2（C－4），161.5（C－5），98.7（C－6），164.1（C－7），94.1（C－8），157.4（C－9），103.2（C－10），123.0（C－1′），127.9（C－2′），121.0（C－3′），159.6（C－4′），119.9（C－5′），131.4（C－6′），162.2（C－2″），103.7（C－3″），181.8（C－4″），163.3（C－5″），98.9（C－6″），163.8（C－7″），103.7（C－8″），159.5（C－9″），104.0（C－10″），123.0（C－1‴），128.0（C－2‴），116.2（C－3‴），160.6（C－4‴），114.5（C－5‴），128.0（C－6‴），55.6（7‴－OMe）；1HNMR（600 MHz，DMSO－D6）δ：8.00（1H，d，J＝2.0 Hz，H－2′），7.98（1H，d，J＝8.3 Hz，H－6′），7.66（2H，d，J＝8.9 Hz，H－2‴，6‴），7.15（1H，d，J＝8.4Hz，H－5′），6.91（2H，d，J＝8.9Hz，H－3‴，5‴），6.87（1H，s，H－3），6.81（1H，s，H－3″），6.45（1H，s，H－6），6.41（1H，s，H－6″），6.38（1H，s，H－8″），6.17（1H，d，J＝2.0 Hz，H－8），3.75（3H，s，7‴－OMe）。以上数据与文献[13]报道一致，鉴定为 podocarpusflavone A。

化合物 3：淡黄色无定形粉末，$C_{22}H_{22}O_{10}$。ESI-MS m/z：469［M＋Na］$^+$。13C-NMR（100 MHz，DMSO－D6）δ：163.8（C－2），105.1（C－3），182.6（C－4），152.4（C－5），94.5（C－6），156.8（C－7），132.4（C－8），152.5（C－9），106.1（C－10），130.7（C－1′），126.6（C－2′，6′），129.3（C－3′，5′），132.6（C－4′），100.2（C－1″），73.2（C－2″），77.3（C－3″），69.6（C－4″），76.8（C－5″），60.6（C－6″），60.4（7′－OMe）；1H－NMR（400 MHz，DMSO－D6）δ：8.07（2H，d，J＝7.44 Hz，H－2′，H－6′），7.64（2H，d，J＝3.6 Hz，H－8），7.63（2H，d，J＝7.44 Hz，H－3′，5′），7.08（2H，d，J＝3.6 Hz，H－6），7.05（1H，s，H－3），5.12（2H，d，J＝6.1 Hz，H－1″），3.80（3H，s，7′－OMe），3.47（1H，m，H－3″），3.34（1H，m，H－2″），3.31（1H，m，H－5″），3.21（1H，m，H－4″）。以上数据与文献[14]报道一致，鉴定为 7－O－β－D－glucopyranosyl－4′－methylapigenin。

化合物 4：淡黄色粉末，$C_{20}H_{18}O_{11}$。ESI-MS m/z：434［M］$^+$。13C－NMR（100 MHz，DMSO－D6）δ：164.3（C－2），102.7（C－3），182.3（C－4），152.3（C－5），98.4（C－6），150.9（C－7），127.0（C－8），144.5（C－9），105.2（C－10），121.6（C－1′），116.0（C－2′），145.8（C－3′），149.9（C－4′），113.6（C－5′），119.3（C－6′），101.6（C－1″），73.0（C－2″），75.7（C－3″），69.3（C－4″），65.8（C－5″）；1H－NMR（400 MHz，DMSO－D6）δ：7.47（1H，d，H－6′），6.89（1H，

*d*, *J* = 8.6 Hz, H-5′), 6.71 (1H, s, H-3), 6.55 (1H, s, H-6), 4.95 (1H, d, *J* = 7.4 Hz, H-1″)。以上数据与文献[15]报道一致，鉴定为 hypolaetin-7-O-$\beta$-xylopyranoside。

化合物5：黄色粉末，$C_{16}H_{12}O_5$。ESI-MS *m/z*:284 [M]$^+$。$^{13}$C-NMR (100 MHz, DMSO-D6) δ: 163.2 (C-2), 103.4 (C-3), 182.2 (C-4), 162.3 (C-5), 98.6 (C-6), 162.6 (C-7), 98.4 (C-8), 155.0 (C-9), 103.9 (C-10), 122.9 (C-1′), 127.9 (C-2′, 6′), 114.6 (C-3′, 5′), 161.0 (C-4′), 55.6 (7′-OMe); $^1$H-NMR (400 MHz, DMSO-D6) δ: 7.63 (2H, d, *J* = 9.0 Hz, H-2′, 6′), 6.96 (2H, d, *J* = 9.0 Hz, H-3′, 5′), 6.89 (1H, s, H-3), 6.48 (1H, d, *J* = 2.1 Hz, H-8), 3.78 (3H, s, 7′-OMe)。以上数据与文献[16]报道一致，鉴定为 acacetin。

化合物6：黄色粉末，$C_{21}H_{20}O_{11}$。ESI-MS *m/z*:446 [M-2H]$^-$。$^{13}$C-NMR (100MHz, DMSO-D6) δ: 156.4 (C-2), 134.2 (C-3), 177.7 (C-4), 161.3 (C-5), 98.7 (C-6), 164.2 (C-7), 93.6 (C-8), 157.3 (C-9), 104.1 (C-10), 121.1 (C-1′), 115.6 (C-2′), 145.2 (C-3′), 148.4 (C-4′), 115.4 (C-5′), 120.7 (C-6′), 101.8 (C-1″), 70.3 (C-2″), 70.5 (C-3″), 71.2 (C-4″), 70.0 (C-5″), 17.5 (C-6″); $^1$H-NMR (400 MHz, DMSO-D6) δ: 7.32 (1H, d, *J* = 2.1 Hz, H-2′), 7.27 (1H, dd, *J* = 8.3, 2.1 Hz, H-6′), 6.85 (1H, d, *J* = 8.3 Hz, H-5′), 6.37 (1H, d, *J* = 2.0 Hz, H-8), 6.19 (1H, d, *J* = 2.0 Hz, H-6), 5.23 (1H, d, *J* = 1.7 Hz, H-1″), 0.79 (3H, d, *J* = 6.2 Hz, Rha-CH3)。以上数据与文献[17]报道一致，鉴定为 quercitrin。

化合物7：白色无定形粉末，$C_{16}H_{22}O_9$。ESI-MS *m/z*: 381 [M + Na]$^+$。$^{13}$CNMR (100 MHz, $CD_3OD$) δ: 135.9 (C-1), 109.7 (C-2), 147.7 (C-3), 149.1 (C-4), 109.0 (C-5), 122.6 (C-6), 49.2 (C-7), 72.2 (C-8), 64.8 (C-9), 102.1 (C-10), 104.8 (C-1′), 75.1 (C-2′), 78.1 (C-3′), 71.8 (C-4′), 78.0 (C-5′), 62.7 (C-6′); $^1$H-NMR (400 MHz, CD3OD) δ: 6.83 (1H, s, H-2), 6.73 (1H, d, *J* = 8.1 Hz, H-5), 6.75 (1H, d, *J* = 8.1 Hz, H-6), 5.88 (1H, s, H-10), 4.28 (1H, d, *J* = 7.8 Hz, H-1′), 4.07 (1H, dd, *J* = 9.9, 5.7 Hz, H-8), 3.84 (2H, m, H-9), 3.17 (1H, m, H-7)。以上数据与文献[18]报道一致，鉴定为 junipediol B 8-O-$\beta$-D-glucopyranoside。

化合物8：白色粉末，$C_{15}H_{16}O_8$。ESI-MS *m/z*: 647 [2M-H]$^-$。$^{13}$C-NMR (100 MHz, $CDCl_3$) δ: 161.3 (C-2), 113.9 (C-3), 143.6 (C-4), 129.4 (C-5), 114.0 (C-6), 160.7 (C-7), 104.2 (C-8), 113.8 (C-9), 156.0 (C-10), 101.8 (C-1′), 74.8 (C-2′), 79.2 (C-3′), 71.1 (C-4′), 78.4 (C-5′), 62.3 (C-6′); $^1$H-NMR (400 MHz, $CDCl_3$) δ: 7.63 (1H, d, *J* = 9.3 Hz, H-4), 7.33 (1H, d, *J* = 9.0 Hz, H-5), 7.25 (1H, s, H-8), 6.28 (1H, d, *J* = 9.0 Hz, H-6), 5.72 (1H, d, *J* = 9.3 Hz, H-3), 4.99 (1H, d, *J* = 7.6 Hz, H-1′)。以上数据与文献[19]报道一致，鉴定为 skimmin。

化合物9：白色颗粒状固体，$C_{40}H_{75}NO_9$。ESI-MS *m/z*: 712 [M-H]$^-$。13C-NMR (200 MHz, CD3OD) δ: 69.8 (C-1), 54.7 (C-2), 72.9 (C-3), 131.4 (C-4), 134.4 (C-5), 33.7 (C-6), 33.1 (C-7), 130.0 (C-8), 131.4 (C-9), 31.2 (C-10), 177.2 (C-1′), 73.1 (C-2′), 35.9 (C-3′), 26.2 (C-4′), 104.8 (C-1″), 75.0 (C-2″), 77.8 (C-3″), 71.6 (C-4″), 78.0 (C-5″), 62.7 (C-6″); 30.4~30.9 (C-11~16, 5′~14′), 23.8 (C-17, 15′), 14.5 (C-18, 16′)。1H-NMR (800 MHz, CD3OD) δ: 7.45 (1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-NH), 5.70 (1H, d, *J* = 15.5 Hz, H-5), 5.47 (1H, dd, *J* = 15.5, 8.0 Hz, H-4), 5.42 (2H, m, H-8, 9), 4.60 (1H, d, *J* = 8.6 Hz, H-1″), 3.87 (1H, d, *J* = 10.0 Hz, H-2′), 2.95~3.13 (4H, m, H-2″~5″), 2.00 (2H, m, H-6, 7), 1.98 (1H, m, H-10), 1.54 (1H, m, H-3′)。以上数据与文献[20]报道一致，鉴定为 soya cerebroside I。

化合物10：白色粉末，与 daucosterol 标准品对照，经薄层色谱（TLC）检测，其 $R_f$ 值在3种不同溶剂体系中一致且显色相同，故确定为胡萝卜苷（daucosterol）。

化合物11：白色针状结晶，与 $\beta$-sitosterol 标准品对照，经薄层色谱（TLC）检测，其 $R_f$ 值在3种不同溶剂体系中一致且显色相同，故确定为 $\beta$-谷甾醇（β-sitosterol）。

## 3　讨论

从龙柏乙酸乙酯、正丁醇和水分段部位中分离得到并鉴定了 11 个化学成分，化合物结构类型有黄酮、苯丙素苷、大豆脑苷和甾醇类等，所有化合物均首次从该种发现，其中黄酮类化合物含量较高且种类较多，是本种的主要特征化学成分。据文献报道，龙柏中所含的黄酮类化合物具有抗氧化、抗病毒和抗肿瘤细胞毒等多种生物活性[12,21-23]，因而具有较大的潜在药用价值，并可作为黄酮类药物提取的工业原料开展进一步研究，以深入发掘龙柏的药用价值和经济价值。

［参考文献］


［1］秦仁昌. 中国植物志：第七卷［M］. 北京：科学出版社，1978：364 .

［2］孙章华. 昆明柏化学成分研究［D］. 武汉：湖北中医药大学，2012：27.

［3］高静，单鸣秋，丁安伟，等. 柏科药用植物研究进展［J］. 中药材，2008，31（11）：1767. DOI：10.13863/j. issn1001－4454. 2008. 11. 019.

［4］张义，明军. 圆柏［*Sabina chinensis*（Linn.）Ant.］的品种分类［J］. 湖北农学院学报，2001，21（1）：26.

［5］PARK I K，SHIN S C. Fumigant activity of plant essential oils and components from garlic（*Allium sativum*）and clove bud（*Eugenia caryophyllata*）oils against the Japanese termite（*Reticulitermes speratus* Kolbe）［J］. Journal of agricultural and food chemistry，2005，53（11）：4388. DOI：10.1021/jf050393r.

［6］崔艳秋，南蓬，林满红，等. 圆柏和龙柏主要挥发物及其抑菌和杀菌作用［J］. 环境与健康杂志，2006，23（1）：63.

［7］李传仁，严赞开. 龙柏叶提取物对食品抑菌作用研究［J］. 安徽农业科学，2005，33（2）：294. DOI：10.13989/j. cnki. 0517－6611. 2005. 02. 066.

［8］赵晓燕，侯有明. 龙柏精油对小菜蛾的生物活性［J］. 昆虫知识，2006，43（1）：57.

［9］蒋继宏，李晓储，高甜惠，等. 几种柏科植物挥发物质及抗肿瘤活性初步研究［J］. 福建林业科技，2006，33（2）：52. DOI：10.13428/j. cnki. fjlk. 2006. 02. 013.

［10］牛新威，罗兰，孙家隆，等. 龙柏茎叶中抑菌活性成分的分离与鉴定［J］. 西北植物学报，2009，29（11）：2329.

［11］王海红，袁忠林，罗兰，等. 龙柏乙酸乙酯萃取物抑菌活性成分的分离与鉴定［J］. 天然产物研究与开发，2012，24（1）：18.

［12］张玉梅，谭宁华，黄火强，等. 墨西哥落羽杉中三个活性双黄酮研究［J］. 云南植物研究，2005，27（1）：108.

［13］赵军，闫明，黄毅，等. 新疆圆柏黄酮类成分的研究［J］. 林产化学与工业，2008，28（2）：36.

［14］YAGLIOGLU A S，DEMIRTAS I，GOREN N. Bioactivity-guided isolation of antiproliferative compounds from *Centaurea carduiformis* DC［J］. Phytochemistry Letters，2014，8：213. DOI：10. 1016/j. phytol. 2014. 01. 003.

［15］NAKANISHI T，IIDA N，INATOMI Y，et al. Neolignan and flavonoid glycolsidesin *Juniperus communis* var. *depressa*［J］. Phytochemistry，2004，65（2）：212. DOI：10. 1016/j. phytochem. 2003. 10. 025.

［16］张健，钱大玮，李友宾，等. 菊花的化学成分研究［J］. 天然产物研究与开发，2006，18（1）：72.

［17］刘有强，孔令义. 闹羊花中黄酮类成分研究［J］. 中草药，2009，40（2）：200.

［18］COMTE G，ALLAIS D P，CHULIA A J，et al. Three phenylpropanoids from Juniperus phoenicea［J］. Phytochemistry，1997，44（6）：1171. DOI：10. 1016/S0031－9422（96）00684－X.

［19］戴灵超，斯建勇，刘琰璐，等. 黄檗落叶化学成分的研究［J］. 天然产物研究与开发，2012，24（7）：901.

［20］OJIKA M，YOSHINO G，SAKAGAMI Y. Novel ceramide 1-sulfates，potent DNA topoisomerase I inhibitors isolated from the Bryozoa *Watersipora cucullata*［J］. Tetrahedron Letters，1997，38（24）：4236. DOI：10. 1016/S0040－4039（97）00852－6.

［21］SHE G M，HU J B，ZHANG Y J，et al. Phenolic constituents form *Rhopalocnemis phalloides* with DPPH radical scavenging activity［J］. Pharmaceutical Biology，2010，48（1）：116. DOI：10.3109/13880200903032757.

［22］朱学鑫，蒋福升，丁志山. 槲皮苷生物活性的研究进展［J］. 蛇志，2012，24（1）：47.

［23］延玺，刘会青，邹永青，等. 黄酮类化合物生理活性及合成研究进展［J］. 有机化学，2008，28（9）：1534.