

家独行菜子的化学成分研究

樊庆鲁, 黄文华, 郭宝林*

(中国医学科学院北京协和医学院药用植物研究所, 中草药物质基础与资源利用教育部重点实验室, 北京 100193)

摘要 [目的] 对家独行菜子的化学成分进行研究。[方法] 利用溶剂萃取、柱色谱、LH-20 凝胶、重结晶等方法对家独行菜子乙醇提取物进行化学成分分离, 并通过波谱和理化性质等方法对化合物结构进行鉴定。[结果] 从家独行菜子中得到 12 个化合物, 分别为芥子酸(1)、芥子酸乙酯(2)、阿魏酸乙酯(3)、1,2-二芥子酰基葡萄糖(4)、对异丙基苯甲酸(5)、苯甲酸(6)、苯乙酰胺(7)、苯甲胺(8)、二苯乙酮(9)、蔗糖(10)、胡萝卜苷(11)、 β -谷甾醇(12)。[结论] 化合物 2~10 为首次从该植物中分离得到。

关键词 家独行菜子; 芥子酸; 芥子酸乙酯; 1,2-二芥子酰基葡萄糖

中图分类号 S567 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)12-03533-02

Chemical Constituents of *Semen Lepidii sativi*

FAN Qing-lu, GUO Bao-lin et al (Key Laboratory of Bioactive Substances and Resources Utilization of Chinese Herbal Medicine, Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Science and Peking Union Medical College, Beijing 100193)

Abstract [Objective] To study the chemical constituents of *Semen Lepidii sativi*. [Method] The compounds were isolated and purified by solvent extraction, column chromatography, Sephadex LH-20 and recrystallization, and their chemical structures were identified by their spectral analyses and physicochemical properties. [Result] Twelve compounds were isolated and identified as sinapic acid(1), sinapic acid ethyl ester (2), ethyl ferulate (3), 1,2-disinapolyglucose(4), 4-isopropyl benzoic acid(5), benzoic acid(6), 2-phenylacetamide(7), benzylamine(8), deoxybenzoin(9), sucrose(10), β -sitosterol(11) and daucosterol(12). [Conclusion] Compounds 2-10 are isolated from this plant for the first time.

Key words *Semen Lepidii sativi*; Sinapinic acid; Sinapic acid ethyl ester; 1,2-disinapolyglucose

家独行菜子为十字花科(Cruciferae)独行菜属家独行菜(*Lepidium sativum* L.)的干燥成熟种子,为我国新疆常用民族药,与蚯蚓配合治疗肠胃病^[1]。家独行菜植物为一年生草本,主要分布于非洲北部及亚洲西部,在我国主产于新疆伊犁地区,黑龙江、吉林、山东、西藏等地亦有分布^[2]。近年来,对家独行菜子药理作用研究较多,其主要生物活性包括消炎、退烧、止痛、降血糖、降血压、降血脂、治疗肠胃病、骨折、哮喘及利尿等,从家独行菜子中分离的化学成分主要有芥子酸、芥子碱、芥子油苷和生物碱等化合物^[3],但化合物数量较少。为了进一步阐述家独行菜子的药效物质基础,并为其开发利用提供依据,笔者对家独行菜子 95% 的乙醇提取物进行系统研究,以期对家独行菜子的进一步开发利用提供依据。

1 材料与方

1.1 材料

1.1.1 研究对象。家独行菜子于 2010 年购自新疆,经中国医学科学院药用植物研究所郭宝林研究员鉴定为家独行菜(*Lepidium sativum* L.)干燥成熟的种子,样本存放于本所天然药物研究中心。

1.1.2 主要仪器。Bruker Avance DRX-600 型超导核磁共振仪、LTQ-Orbitrap XL 液质联用仪和 Agela CHEETAHTM 中压制备液相,均购自天津博纳艾杰尔科技有限公司;薄层色谱用硅胶 GF254 和柱色谱用硅胶 H,均购自青岛海洋化工厂。

1.1.3 主要试剂。所用试剂为色谱纯和分析纯,市售。

1.2 方法

1.2.1 样品的提取。取家独行菜子 45 kg,按料液比 1:10

(g/ml)加入浓度 95% 的乙醇回流提取 3 次,每次 2 h,减压回收乙醇,得浸膏 6 kg,将浸膏混悬于水中,依次用石油醚、氯仿、乙酸乙酯和正丁醇萃取,分别合并各部分萃取液,减压回收溶剂得到石油醚萃取物 645 g,氯仿萃取物 15 g,乙酸乙酯萃取物 30 g,正丁醇萃取物 1 800 g。

1.2.2 样品的分离与鉴定。取石油醚部分 10 g 经过硅胶柱色谱(石油醚-乙酸乙酯)得到化合物 12(78 mg)。氯仿萃取物 15 g 经过中压硅胶柱色谱,石油醚-丙酮(9:1,8:2,7:3,6:4,5:5,V/V)梯度洗脱,结合 Sephadex LH-20 及重结晶等方法进行分离纯化,分别得到化合物 2(6 mg)、3(5 mg)、5(8 mg)、8(6 mg)和 11(27 mg)。乙酸乙酯部分 30 g 进行中压硅胶柱色谱,二氯甲烷-无水甲醇(98:2,95:5,9:1,V/V)梯度洗脱,经薄层检测合并后得 10 个馏分(Fr.1~10),Fr.3 经中压硅胶柱分离(二氯甲烷-甲醇,V/V)、Sephadex LH-20 柱层析得化合物 1(53 mg)、6(5 mg)、7(5 mg)和 9(3 mg),Fr.5 经 Sephadex LH-20 柱层析和 HPLC 制备得化合物 4(16 mg)。取正丁醇部分 10 g,经过中压硅胶柱色谱(二氯甲烷-甲醇)得到化合物 10(213 mg)。采用制备型 HPLC 色谱柱(10 mm × 250 mm,5 μ m, YMC-ODS)进行鉴定。

2 结果与分析

化合物 1:淡黄色针晶(甲醇),mp. 192~194 $^{\circ}$ C,ESI-MS (m/z):247 [$M + Na$]⁺,¹H-NMR(600 MHz, MeOD) δ : 7.59(1H, d, $J = 15.6$ Hz, H-7), 6.90(2H, s, H-2, 6), 6.34(1H, d, $J = 15.6$ Hz, H-8), 3.88(6H, s, 3, 5-OCH₃);¹³C-NMR(150 MHz, MeOD) δ : 126.95(C-1), 107.08(C-2, 6), 149.68(C-3, 5), 139.72(C-4), 147.30(C-7), 116.59(C-8), 171.08(C-9), 57.05(4-OCH₃)。参照文献^[4],可确定化合物 1 为芥子酸。

化合物 2:淡黄色针晶(甲醇),mp. 52~54 $^{\circ}$ C,ESI-MS (m/z):275 [$M + Na$]⁺,¹H-NMR(600 MHz, MeOD) δ : 7.60

基金项目 药用植物研究所创新团队发展计划。

作者简介 樊庆鲁(1980-),男,山东菏泽人,博士研究生,研究方向:天然药物化学。*通讯作者,研究员,博士生导师,从事药用植物资源、药材质量控制和鉴定研究。

收稿日期 2014-04-11

(1H, d, $J = 16.2$ Hz, H-7), 6.90 (2H, s, H-2, 6), 6.39 (1H, d, $J = 16.2$ Hz, H-8), 4.22 (2H, q, $J = 7.2$ Hz, -OCH₂-), 3.88 (6H, s, 3, 5-OCH₃), 1.32 (3H, t, $J = 7.2$, -CH₃); ¹³C-NMR (150 MHz, MeOD) δ : 126.90, (C-1), 107.21 (C-2, 6), 149.73 (C-3, 5), 139.89 (C-4), 147.01 (C-7), 116.36 (C-8), 169.42 (C-9), 14.82 (-CH₃), 57.11 (-OCH₃), 61.65 (-OCH₂-)。以上数据与文献^[5]报道的芥子酸乙酯数据基本一致, 化合物2可鉴定为芥子酸乙酯。

化合物3: 无色油状, ESI-MS (m/z): 246 [M + Na]⁺, ¹H-NMR (600 MHz, MeOD) δ : 7.60 (1H, d, $J = 16.2$ Hz, H-3), 7.18 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, H-9), 7.06 (1H, dd, $J = 1.8$ Hz, H-9), 6.81 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-8), 6.35 (1H, d, $J = 16.2$ Hz, H-2), 4.22 (2H, q, $J = 7.2$ Hz, H-1'), 3.89 (3H, s, -OMe), 1.31 (3H, t, $J = 7.2$ Hz, H-2'); ¹³C-NMR (150 MHz, MeOD) δ : 169.51 (C-1), 116.71 (C-2), 146.80 (C-3), 127.98 (C-4), 112.03 (C-5), 149.60 (C-6), 150.80 (C-7), 115.91 (C-8), 124.21 (C-9), 61.63 (C-1'), 56.66 (-OMe), 14.82 (C-2'), 以上数据与文献^[6]报道的阿魏酸乙酯数据基本一致, 故化合物3鉴定为阿魏酸乙酯。

化合物4: 淡黄色无定型粉末, ¹H-NMR (600 MHz, MeOD) δ : 7.63, 7.60 (d \times 2, 2H, $J = 4.2$ Hz, 3.6 Hz, 2 \times H-7), 6.85, 6.83 (s \times 2, 4H, $J = 17.4$ Hz, 2 \times H-2, H-6), 6.40, 6.18 (d \times 2, 2H, $J = 15.6$ Hz, 15.6 Hz, 2 \times H-8), 5.81 (d, $J = 8.4$ Hz, H-1'), 5.08 (1H, t, $J = 8.4$ Hz, H-2'), 3.84, 3.82 (12H, s \times 2, 2 \times Me-11, 12), 3.53 (2H, m, H-4', H-5'); ¹³C-NMR (150 MHz, MeOD) δ : 126.73, 126.55 (2 \times C-1), 107.43, 107.29 (2 \times C-2, 6), 149.66, 149.63 (2 \times C-3, 5), 140.29, 139.97 (2 \times C-4), 149.19, 148.05 (2 \times C-7), 115.71, 114.81 (2 \times C-8), 168.51, 167.30 (2 \times C-9), 57.08, 57.04 (2 \times C10, 11), 94.26 (C-1'), 74.58 (C-2'), 79.35 (C-3'), 76.24 (C-4'), 71.52 (C-5'), 62.51 (C-6'), 以上数据与文献^[7]报道数据基本一致, 故鉴定化合物4为1,2-二芥子酰基葡萄糖。

化合物5: 无色晶体(甲醇), mp. 115 ~ 117 °C, ESI-MS (m/z): 187 [M + Na]⁺, ¹H-NMR (600 MHz, MeOD) δ : 7.94 (2H, d, $J = 7.8$ Hz, H-3, 5), 7.33 (2H, d, $J = 7.8$ Hz, H-2, 6), 2.97 (1H, m, H-1'), 1.27 (6H, d, $J = 7.2$ Hz, 2-CH₃); ¹³C-NMR (150 MHz, MeOD) δ : 155.94 (C-1), 131.16 (C-2, 6), 127.71 (C-3, 5), 129.70 (C-4), 35.68 (C-1'), 24.28 (C-2'), 170.20 (-COOH), 以上数据与文献^[8]报道的对异丙基苯甲酸数据基本一致, 故化合物5鉴定为对异丙基苯甲酸。

化合物6: 鳞片状晶体(氯仿), mp. 122 ~ 124 °C, ESI-MS (m/z): 161 [M + K]⁺, ¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 8.13 (2H, d, $J = 7.2$ Hz, H-7), 7.63 (1H, t, $J = 7.8$ Hz, H-5), 7.49 (2H, t, $J = 7.8$ Hz, H-4, 6); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 172.27 (C-1), 129.53 (C-2), 130.42 (C-3, 7), 128.69 (C-4, 6), 133.99 (C-5), 以上数据与文献^[9]报道的苯甲酸数据基本一致, 故化合物6鉴定为苯甲酸。

化合物7: 白色针晶(甲醇), mp. 157 ~ 159 °C, ESI-MS

(m/z): 158 [M + Na]⁺, ¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 7.27-7.36 (5H, m), 5.71 (1H, s), 5.40 (1H, s), 3.58 (2H, s); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 135.09, (C-1), 129.56 (C-2, C-6), 129.24 (C-3, C-5), 127.62 (C-4), 43.54 (-CH₂-), 173.62 (-CO-) 以上数据与文献^[10]报道苯乙酰胺数据基本一致, 故化合物7鉴定为苯乙酰胺。

化合物8: 淡黄色液体, ESI-MS (m/z): 130 [M + Na]⁺, ¹H-NMR (600 MHz, MeOD) δ : 4.33 (s, 2H), 7.21 ~ 7.23 (m, 1H), 7.27 ~ 7.31 (m, 4H); ¹³C-NMR (150 MHz, MeOD) δ : 141.48 (C-1), 128.40 (C-2, 6), 129.66 (C-3, 5), 128.20 (C-4), 45.03 (-CH₂-), 根据化合物7, 化合物8可鉴定为苯甲胺。

化合物9: 淡黄色片状结晶(甲醇), mp. 60 ~ 62 °C, ESI-MS (m/z): 197 [M + H]⁺, ¹H-NMR (600 MHz, MeOD) δ : 3.59 (s, 2H, -CH₂-), 7.24 ~ 7.25 (m, 1H), 7.27 ~ 7.31 (m, 4H), 7.45 ~ 7.47 (m, 2H), 7.58 (m, 1H), 8.01 ~ 8.03 (m, 2H), 根据文献^[11], 化合物9可鉴定为二苯乙酮。

化合物10: 无色块晶, mp. 185 ~ 187 °C, ESI-MS (m/z): 365 [M + Na]⁺, ¹³C-NMR (150 MHz, DMSO) δ : 62.11 (C-1'), 104.06 (C-2'), 77.09 (C-3'), 74.35 (C-4'), 82.57 (C-5'), 62.15 (C-5'), 91.77 (C-1), 71.66 (C-2), 72.91 (C-3), 69.90 (C-4), 72.83 (C-5), 60.54 (C-6)。以上数据与文献^[12]报道一致, 故化合物10鉴定为蔗糖。

化合物11: 白色粉末, mp. 145 ~ 146 °C, 与胡萝卜苷标准品对照, 混合熔点不下降, 经 TLC 检识与胡萝卜苷标准品显色行为及 Rf 值一致, 故化合物11鉴定为胡萝卜苷。

化合物12: 白色结晶(甲醇), mp. 140 ~ 142 °C 与 β -谷甾醇标准品对照, 混合熔点不下降, 经 TLC 检识与 β -谷甾醇标准品显色行为及 Rf 值一致, 故化合物12鉴定为 β -谷甾醇。

3 结论

试验利用溶剂萃取、柱色谱、LH-20 凝胶、重结晶等方法对家独行菜子乙醇提取物进行化学成分分离, 并通过波谱和理化性质等方法对化合物结构进行鉴定。从中分离得到12个化合物, 根据理化常数测定和波谱数据分析, 分别鉴定为芥子酸(1)、芥子酸乙酯(2)、阿魏酸乙酯(3)、1,2-二芥子酰基葡萄糖(4)、对异丙基苯甲酸(5)、苯甲酸(6)、苯乙酰胺(7)、苯甲胺(8)、二苯乙酮(9)、蔗糖(10)、胡萝卜苷(11)、 β -谷甾醇(12), 且化合物2~10为首次从该植物中分离得到。

参考文献

- [1] 周太炎. 中国植物志. 第33卷[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 48.
- [2] 国家中医药管理局《中华本草》编辑委员会. 中华本草·维吾尔药卷[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2005.
- [3] 樊庆鲁, 郭宝林, 黄文华. 家独行菜的化学成分和药理作用研究进展[J]. 现代药物与临床, 2013, 28(1): 90-95.
- [4] 孙凯, 李铁. 南葶苈子的化学成分研究[J]. 沈阳药科大学学报, 2003, 20(6): 419-421.
- [5] 王爱芹, 王秀坤, 李军林, 等. 南葶苈子化学成分的分离与结构鉴定[J]. 药学学报, 2004, 39(1): 46-51.
- [6] 戚进, 周家宏, 陈露, 等. 魔鬼爪化学成分的研究[J]. 中国药学杂志, 2006, 41(21): 1613-1615.

2.2.1 细菌性痢疾。药方:桉叶 65 g,马齿苋 45 g,白头翁 20 g,广木香 12 g(后下),加水煎成 400 ml,日分 2 次温服。

2.2.2 肠炎腹泻。药方:桉叶 35 g,炒木棉花 20 g,加水煎成 300 ml,日分 2 次服用。

2.2.3 膀胱炎。药方:桉叶 45 g,茅根 30 g,火炭母 20 g,加水煎成 400 ml,日分 2 次温服。

2.2.4 空气消毒。药方:桉叶 65 g,艾叶 45 g,苍术 30 g,加水 3 L,用铝锅大火煮沸后,改用文火慢煮,密闭门窗,薰 2 h,同时消灭鼻咽部致病菌。

2.2.5 慢性化脓性中耳炎。药方:大黄 8 g,黄柏 6 g,川黄连 8 g,白芷 6 g,大叶桉树叶 6 g,虎耳草 6 g,草苣茹 8 g,皂角 10 g,冰片 2 g,麝香 2 g。将花碾碎过筛使用,将粉吹入耳中,每日 2~3 次。

2.3 降压药 非洛地平和酒石酸美托洛尔为临床治疗高血压一线药物,联用有协同和累加作用,长期用于治疗高血压及稳定型心绞痛等心血管疾病,其疗效及安全性显著优于单一用药。在其联用复方透皮贴剂的制备中,添加桉叶油醇是重要的联合用药方案之一^[22]。氮酮+桉叶油醇+丙二醇作用稳定持久,筛选出多种适用于非洛地平—美托洛尔复方透皮给药系统的多元促透剂体系,符合经皮促透作用强且均衡、稳定而持久的特殊要求,对两药促透倍数均超过 4.8 倍,是非洛地平—美托洛尔复方透皮贴剂发挥长效治疗作用的理想复合促透剂。

2.4 空气消毒剂 可避免甲醛、三氧消毒机对人体健康的伤害,其消毒平均自然菌消亡率为 93.41%,消毒后细菌总数为 $(39.2 \pm 1.9) \text{ cfu/m}^3$,消毒指标符合国家标准^[16]。桉叶薰蒸主要作用在于桉油分解为小分子微粒,其挥发过程中与空气中吸附着微生物的尘埃接触后将其杀灭。

2.5 抗寄生虫、杀虫剂 痤疮病菌主要为需氧的革兰阳性球菌、杆菌,革兰阴性杆菌和厌氧的革兰阳性杆菌^[23]。应用纸片法和管碟法观察不同浓度的桉叶油对各种痤疮病菌及痤疮混菌的抑制效果,结果表明,不论是纸片法,还是管碟法,其桉叶油的最低抑菌浓度均为 2%,此浓度下的桉叶油的抑菌圈最大,表明桉叶油的最低抑菌浓度(MIC)为 2%。

人体寄生的蠕形螨可引起皮肤疾患,给健康带来危害。10%桉叶油霜体外抗蠕形螨试验结果表明,其治蠕形螨疗效优于硫磺软膏,对革兰氏阳性菌、破伤风杆菌、白喉杆菌有较强抑菌作用,是抗菌和抗寄生虫理想药用资源。通过试验和应用发现^[15],赤桉叶水提剂、乙醇提取物和桉油对钉螺有较强的杀灭作用,是研究高效、低毒、价廉药剂开发的理想材料。

3 小结

桉叶油等黄酮类物质具有消炎、祛痰、降压、抑菌功能,有“清热解毒、杀虫止痒、收敛生肌”的功效,有治疗冻疮、流感、皮炎、抗寄生虫、杀虫、除臭消毒、美容等药理作用。应进一步选择适宜品系提取足量桉叶油^[4-5],同时加强工艺研究、深入探讨其作用机理,临床方面应对更多相关病种进行疗效观察和客观指标研究,以扩大桉叶油临床应用范围。尽管目前中国提取桉叶油的主要树种为史密斯桉和蓝桉^[4-5],但通过桉树良种选择和杂交育种,可较快培育出含油量高且材质好、生长快的桉树家系/无性系^[6,24-25]。

参考文献

- [1] 王豁然. 桉树生物学概论[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [2] 任文斌. 科学发展桉树人工林[N]. 中国绿色时报,2009-11-05.
- [3] 福建新闻网. 福建省限制发展桉树人工林,过量种植会破坏生态[EB/OL]. (2011-07-18) <http://news.fznews.com.cn/dsxw/2011-7-18/2011718ysfDshxKpp233930.shtml>.
- [4] 史密斯桉引种及种源试验课题组. 史密斯桉种源试验林的生物量及桉油测定分析[J]. 西南林学院学报,2001,21(2):65-75.
- [5] 曾德贤,刘永平,范林元,等. 史密斯桉不同种源的引种试验研究[J]. 西部林业科学,2004,33(3):1-11.
- [6] 陈月圆,卢凤来,李典鹏,等. 不同品种桉树叶挥发性成分的 GC-MS 分析[J]. 广西植物,2010,30(6):895-898.
- [7] 黄卓烈,林韶湘,谭绍满,等. 尾叶桉等植物叶提取液对几种植物插条生根发的影响[J]. 林业科学研究,1997,10(5):546-550.
- [8] 韦学丰,邓年方. 桉树叶的开发利用[J]. 贺州学院学报,2008,24(2):133-136.
- [9] 胡天宇. 芦丁原料新树种[J]. 林业实用技术,2004(8):44.
- [10] 李建华,周敏君,裘学丽. 桉叶油霜抗蠕形螨的疗效观察[J]. 中国人兽共患病杂志,2001,17(3):98,42.
- [11] 佟哲,王丽文,杨桂华,等. 天然桉叶油复合配方的研制与疗效观察[J]. 中国现代实用医学杂志,2005,4(1):11-13.
- [12] 《实用药理学》编写组. 实用药理学[M]. 郑州:河南人民出版社,1979.
- [13] 澹漪. 桉树叶[J]. 国外医药:植物药分册,2006(3):138.
- [14] 邓世明,田庆,陈伟平,等. 海南桉树叶的化学成分研究[J]. 时珍国医国药,2010,21(8):1919-1920.
- [15] 洪青标,周晓农,韩英,等. 赤桉提取物杀灭钉螺效果的观察[J]. 中国血吸虫病防治杂志,2001,13(1):18-20.
- [16] 林鑑宁. 桉叶提取物对医院产房空气消毒的效果观察[J]. 广东医学院学报,2006,24(4):429-430.
- [17] 相鲁闽,相玲. 油加利洗液热敷治疗感染性冻疮[J]. 中国民间疗法,2000,8(7):25.
- [18] 陈大虎. 桉树叶巧治仔猪黄、白痢、水肿[J]. 魅力中国,2011(5):416.
- [19] 林春龙. 吉诺通的药理作用联合特布他林治疗喘息性慢性支气管炎的临床疗效[J]. 中国全科医学,2004,7(4):236-237.
- [20] 潘文昭. 桉树叶可防治多种疾病[J]. 农村新技术,2010(11):43.
- [21] 王运动. 治疗慢性化脓性中耳炎方一则[J]. 劳动医学,2001,18(4):17.
- [22] 王文刚,恽耀江,王睿,等. 非洛地平-美托洛尔复方贴剂的透皮吸收促进剂优化[J]. 中国医院药学杂志,2008,28(1):18-21.
- [23] 王丽文,佟哲,卜宁,等. 桉叶油及复合配方对痤疮病菌体外抑制作用的研究[J]. 中华医学实践杂志,2005(5):391-393.
- [24] 张荣贵,李玉媛,苏自良,等. 几种桉树桉油情况及木材理化性质[J]. 海南林业科技,1985(4):14-17.
- [25] 石忠强,张荣贵,蒋云东,等. 云南栽培的材油兼用型桉树的桉叶油产油性研究[J]. 西部林业科学,2009,38(3):45-51.

(上接第 3534 页)

- [7] DIETER STRACK, BRIGITTE DAHLBENDER, LUTZ GROTHJAHN, et al. 1,2-Disnopolylglucose accumulated in cotyledons of dark-grown *Raphanus sativus* seedlings[J]. Phytochemistry, 1984, 23(3):657-659.
- [8] 胡林峰,冯俊涛,张兴,等. 孜然种子中杀菌活性成分分离及结构鉴定[J]. 农药学学报,2007,9(4):330-334.
- [9] 高雯,沈阳,张红军,等. 萎陵菜的化学成分研究[J]. 药学服务与研究,

2007,7(4):262-264.

- [10] 邓舟,唐丽丹,廖小建,等. 海绵 *Phakellia fusca* 的次级代谢产物研究[J]. 中药材,2013,36(6):919-921.
- [11] ZHAO B W, LU X Y. Cationic palladium(II)-catalyzed addition of arylboronic acids to nitriles[J]. Org Lett, 2006, 8(26):5987-5990.
- [12] 赵雪梅,叶叶,席鸣芳,等. 胡柚皮中的化学成分研究(1)[J]. 中国中药杂志,2008,28(3):237-239.