广西科学 Guangxi Sciences 2015，22(6)：631～636

网络优先数字出版时间：2016-01-06
网络优先数字出版地址：http://www.cnki.net/kcms/detail/45.1206.G3.20160106.1015.036.html

灰毛豆 *Tephrosia purpurea* 中查尔酮类化合物的分离鉴定
Study on Chalcones from *Tephrosia purpurea*

周荷盈[1]，张 霞[1]，高银清[1]，何 燕[2]，
ZHOU He-ying[1]，ZHANG Xia[1]，GAO Yin-qing[1]，HE Yan[2]

（1.广东省第二人民医院，广东广州 510317；2.增城市人民医院（中山大学附属博济医院），广东广州 511300）
（1.Guangdong No.2 Provincial People's Hospital，Guangzhou，Guangdong，510317，China；2.Zengcheng People's Hospital（Boji Affiliated Hospital to Zhongshan University），Guangzhou，Guangdong，511300，China）

摘要：【目的】为探讨灰毛豆属植物 *Tephrosia purpurea* 化学成分中的查尔酮类化合物，对其枝、叶部位进行化学成分分离及结构解析。**【方法】**采用乙醇提取、溶剂萃取、柱层析分离方法得到多种灰毛豆属 *T. purpurea* 化学成分，并用波谱分析手段对其进行结构表征。**【结果】**从灰毛豆属 *T. purpurea* 中共分离鉴定出 11 个查尔酮类化合物，分别为 elatadihydrochalcone (**1**)，spinochalcone A (**2**)，3′，5′-diisopentenyl-2′，4′-dihydroxychalcone (**3**)，candidachalcone (**4**)，*O*-methylpongamol (**5**)，(＋)-tephrosone (**6**)，spinochalcone C (**7**)，epoxyobovatachalcone (**8**)，tunicatachalcone (**9**)，crassichalone (**10**)，(*S*)-elatadihydrochalcone (**11**)。**【结论】**以上化合物均为查尔酮，且均属首次从该植物中分离得到。

关键词：灰毛豆 查尔酮类化合物 分离 结构鉴定
中图分类号：O631 **文献标识码：**A **文章编号：**1005-9164(2015)06-0631-06

Abstract：【Objective】There is a rich resource of *Tephrosia purpurea* in China. The chemical components from different parts of *T. purpurea* were investigated in order to explore their structures. **【Methods】**The chalcones were isolated and purified by column chromatography on silica gel，and their structures were identified by spectral analyses and compared with literature. **【Results】**Eleven chalcones chemical components were obtained from the branches and leaves of *T. purpurea* and characterized as：elatadihydrochalcone (**1**)，spinochalcone A (**2**)，3′，5′-diisopentenyl-2′，4′-dihydroxychalcone (**3**)，candidachalcone (**4**)，*O*-methylpongamol (**5**)，(＋)-tephrosone (**6**)，spinochalcone C (**7**)，epoxyobovatachalcone (**8**)，tunicatachalcone (**9**)，crassichalone (**10**) and (*S*)-elatadihydrochalcone (**11**). **【Conclusion】**All the compounds mentioned above belong to chalcones，which are isolated from *T. purpurea* for the first time.

Key words：*Tephrosia purpurea*，chalcones chemical component，isolation，structure identification

0 引言

【研究意义】灰毛豆属是一类大量分布于热带的豆科植物，已超过 350 多种，在台湾、海南、福建、广东、广西、云南等地区皆有分布[1,2]。它具有重要的传统用途[3,4]，其提取物还具有多种生物活性，如抗

收稿日期：2015-06-01
作者简介：周荷盈（1980－），女，主管药师，主要从事药物管理和应用研究。

病毒[5]，抗原生动物[6]，细胞毒素[7]和抗疟原虫[8]等活性。深入研究灰毛豆属植物 *Tephrosia purpurea* 的化学成分，有利于丰富灰毛豆属植物的化学成分数据库，强化其化学分类学意义。**【前人研究进展】**关于灰毛豆属植物化学成分的研究始于 1910 年[9]，目前报道的主要化合物类型有黄酮、查尔酮、鱼藤酮、甾体、异黄酮等[6,8,10~14]。**【本研究切入点】**目前国内外对灰毛豆属植物的研究主要集中在根、茎部位，着重探究其杀虫及医学活性，而其化学成分分离及其结构解析鲜见报道。**【拟解决的关键问题】**对灰毛豆属植物 *Tephrosia purpurea* 进行系统的化学成分分离及其结构解析，并在后期进行查尔酮类化合物的筛选。

1 材料与方法

1.1 材料

超导核磁共振波谱仪：Bruker DRX-400 及 AM-500 型（Bruker，德国）；质谱仪：美国 PE 公司 GC-MS API 2000 型（ESI-MS）；红外光谱仪：WQF-401FT-IR（Beifen-Ruili，中国）；紫外分光光度计：PE Lamda 25（Wellesley，美国）；旋转蒸发仪：N-1100V-W（日本东京理化株式会社）。

材料：正相硅胶（100～200 目，200～300 目）均为青岛海洋所化工厂产品；Sephadex LH-20 为 Pharmacia 公司产品；实验所用其它试剂均为分析纯及化学纯，由北京化工厂生产。*T. purpurea* 枝叶部位，采摘于广东省湛江市雷州市，经华南植物鉴定中心鉴定为灰毛豆 *T. purpurea*。

1.2 分离纯化

T. purpurea 枝、叶（共 10 kg）经干燥粉碎后用 5 倍量 95%的工业乙醇提取 3 次，每次过夜。提取液合并，减压回收溶剂后得到总浸膏。浸膏以水混悬，依次用正己烷、乙酸乙酯、正丁醇进行萃取，得到正己烷萃取物（A）180 g，乙酸乙酯萃取物（E）220 g，正丁醇萃取物（T）480 g，水部位（W）约 600 g。实验主要进行乙酸乙酯萃取物（E）和正丁醇萃取物（T）的细化分离。

1.3 化合物的结构鉴定

运用 25℃，内标法（NMR）、电喷雾电离质谱（MS）、KBr 压片法（IR）、分光光度法（UV）等方法测定获得的单体化合物**1**～**11** 相关光谱数据，与文献对比相关数据，以确定获得的单体化合物**1**～**11** 的结构。

2 结果与分析

2.1 化合物的分离纯化

化合物**1**～**7** 制备：*T. purpurea* 枝叶的乙酸乙酯萃取物（220 g）经正相硅胶（100～200 目）柱层析，用正己烷-乙酸乙酯（99∶1；49∶1；20∶1；10∶1；5∶1；2∶1，V∶V）进行洗脱，得到 E1～E6 流分；然后再分别经正相硅胶（100～200 目）柱层析，用正己烷-乙酸乙酯-甲醇（200∶100∶1；200∶100∶2；200∶100∶5；200∶100∶10；200∶100∶20；200∶100∶50，V∶V∶V）进行洗脱，得到 E1-1～E1-6、E2-1～E2-6、E3-1～E3-6、E4-1～E4-6、E5-1～E5-6、E6-1～E6-6 等共 36 个流分。流分 E1-3 经硅胶柱色谱分离，氯仿-甲醇（5∶1，V∶V）洗脱、正己烷-氯仿-甲醇（1∶1∶2，V∶V∶V）洗脱、Sephadex LH-20 甲醇洗脱，得化合物**1**（15 mg）；流分 E2-3 经硅胶柱层析，以氯仿-甲醇（8∶1，V∶V）洗脱得到 E2-3-1～E2-3-5，E2-3-3 再经 Sephadex LH-20 用甲醇洗脱从第 3 和 4 亚流分得化合物**2**（11 mg）和化合物**3**（10 mg）；E2-4 经 Sephadex LH-20 用甲醇洗脱得到 E2-4-1～E2-4-6，E2-4-4 经硅胶（氯仿-甲醇，6∶1，V∶V）柱层析，得化合物**4**（9 mg）和化合物**5**（21 mg）；E3-1 经 Sephadex LH-20 用氯仿-甲醇（1∶2，V∶V）洗脱从第 3 亚流分得化合物**6**（15 mg）；E3-2 经多次 Sephadex LH-20 用甲醇洗脱得化合物**7**（7 mg）。

化合物**8**～**11** 制备：*T. purpurea* 枝叶的正丁醇萃取物（480 g）经正相硅胶（100～200 目）柱层析，用正己烷-乙酸乙酯（99∶1；49∶1；20∶1；5∶1；2∶1，V∶V）进行洗脱，得到 T1～T5 流分。

T1-1 经多次 Sephadex LH-20 用甲醇洗脱，第 2 和 4 亚流分分别经硅胶（氯仿-甲醇，6∶1，V∶V）柱层析后得化合物**8**（13 mg）和化合物**9**（11 mg）。T2 经硅胶柱色谱以正己烷-氯仿-甲醇（1∶1∶2，V∶V∶V）洗脱，亚流分 T2-3 再经硅胶柱色谱以氯仿-甲醇（8∶1，V∶V）洗脱得到化合物**10**（4 mg）；亚流分 T2-4 经 2 次 Sephadex LH-20 甲醇洗脱得到化合物**11**（8 mg）。

2.2 化合物的结构鉴定

化合物**1**：UV λ_{max}（MeOH）nm：277，295，309；ESI-MS m/z 355.15 $[M+1]^+$. ^{1}H-NMR（600 MHz，CDCl$_3$）δ_H：13.87（1H，s，OH-2′），7.25 - 7.46（5H，m，H-2/6，3/5，4），6.70（lH，d，J = 10.1 Hz，H-4″），5.88（1H，s，H-5′），5.43（1H，d，J = 10.1 Hz，H-3″），5.30（1H，dd，J = 3.0，9.0 Hz，H-β），3.75（3H，s，OMe-6′），3.47（2H， dd, *J* =3.0,18.0 Hz,H－α),1.48 (6H,s,2Me－2″);^{13}C－NMR(150 MHz,CDCl$_3$) δ$_C$:204.4 (C－CO),163.1 (C－6′),161.68 (C－2′),160.8 (C－4′),143.3 (C－1),128.4 (C－3,5),127.6(C－4),125.8 (C－2,6),125.4 (C－3″),115.9 (C－4″),105.5 (C－1′),102.7 (C－3′),91.3 (C－5′),78.3 (C－2″),70.4(C－β),55.5 (OMe－6′),52.7 (C－α),28.5 (2Me－2″)。以上数据与文献[18]对照基本一致,因此将化合物**1** 鉴定为 elatadihydrochalcone。

化合物**2**:UV λ$_{max}$(MeOH) nm:262,358; IR ν$_{max}$(KBr) cm^{-1}:3351,1642,1532,1381.^{1}H－NMR (600 MHz,CCl$_4$):13.44(1H,s,OH－2′),7.94 (1H,d, *J* =16 Hz,H－β),7.71(1H,d, *J* =16Hz,H－α),7.63(1H,s,H－6′),7.35－7.56(5H,m,H－2,3,4,5,6),6.09(1H,s,OH－4′),5.26 (2H,t,*J* =7.2 Hz,H－2″,2‴),3.45 (2H,d, *J* =7 Hz,H－1″),3.36 (2H,d,*J* =7 Hz,H－1‴),1.84(6H,s,2Me－3″),1.76(6H,s,2Me－3‴);^{13}C－NMR(150 MHz,CD$_3$OD) δ$_C$:192.81(C－CO),162.19(C－2′),161.63(C－4′),145.1(C－β),135.2(C－1),131.8 (C－3″,3‴),128.6(C－3,5),128.5(C－2,6),127.9(C－4),123.9(C－6′),123.1 (C－2″,2‴),120.0(C－5′),116.6(C－3′),24.6 (C－4″,4‴),18.6 (C－5″,5‴)。以上数据与文献[15]对照基本一致,因此将化合物**2** 鉴定为 spinochalcone A。

化合物**3**:UV λ$_{max}$(MeOH) nm:230,370; IR ν$_{max}$(KBr) cm^{-1}:3340,1450,980.^{1}H－NMR(600 MHz,CDCl$_3$) δ$_H$:13.81(1H,s,H－2′),7.83(1H,d ,*J* =15 Hz,H－β),7.74 (1H,d ,*J* =15 Hz,H－α),7.34－7.56(5H,m,H－2,3,4,5,6),6.72(1H,s,H－6′),3.47(2H,d ,*J* = 3 Hz,H－1″),3.38 (2H,d, *J* =3 Hz,H－1‴),1.79(12H,s,4Me－3″,3‴);^{13}C－NMR (150 MHz,CD$_3$OD) δ$_C$:191.75(C－CO),162.65(C－4′),160.25(C－2′),143.87(C－β),134.79(C－6′),130.41(C－4,3″),129.31(C－3,5),128.90(C－2″),128.47(C－2‴),128.35(C－2,6),118.83(C－α),114.43(C－3′),113.70 (C－1′,5′),29.21 (C－4″),25.92 (C－4‴),21.99 (C－1″,1‴),18.33(C－5″,5‴)。以上数据与文献[16]对照基本一致,因此将化合物**4** 鉴定为 3′,5′-diisopentenyl-2′,4′-dihydroxychalcone。

化合物**4**:黄色粉末;IR ν$_{max}$(KBr) cm^{-1}:3450,1650,1555,1513,1462,1420,1262,1144 cm^{-1};ESI-MS *m/z* 370.16[M]$^+$;^{1}H－NMR(600 MHz,CDCl$_3$) δ$_H$:14.62(1H,brs,OH),7.77 (2H,s,H－α,β),7.53 (2H,d, *J* =8.0 Hz,H－1,6),6.85 (2H,d, *J* = 8.0 Hz,H－3,5),6.69(1H,d, *J* =9.5 Hz,H－1″),5.91(1H,s,H－5′),5.44(d, *J* =9.5 Hz,H－2″),3.93 (3H,s,OMe－6′),1.45 (6H,s,2Me－3″); ^{13}C－NMR(150 MHz,CD$_3$OD) δ$_C$:192.6 (C－CO),162.5(C－2′),162.5(C－4′),160.2(C－6′),157.4(C－4),142.2 (CH－β),130.3 (C－6),130.34 (C－2),125.3 (C－α),128.5(C－1),125.3(C－2″),116.1(C－1″),115.8(C－3,5),107.1 (C－1′),106.0 (C－3′),91.5 (C－5′),78.19 (C－3″),55.9(C－OMe),28.4(C－2Me)。以上数据与文献[17]对照基本一致,因此将化合物**4** 鉴定为 candidachalcone。

化合物**5**:^{1}H－NMR (600 MHz,CDCl$_3$) δ$_H$:6.17(3H,s,OCH$_3$－β),5.94 (3H,s,OMe－6′),3.74 (1H,s,H－α),2.31－3.22(2H,m,H－2,6);^{13}C－NMR(150 MHz,CD$_3$OD) δ$_C$:191.1(C－CO),170.6(C－β),158.3 (C－2′),152.9(C－4′),144.6(C－8′),135.5(C－1),129.6(C－4),129.0(C－2,6),127.6(C－3,5),126.7(C－6′),119.1(C－1′),106.5(C－7′),105.1(C－5′),103.2(C－α),61.3(OMe－6′),56.4(OMe－β)。以上数据与文献[10]对照基本一致,因此将化合物**5** 鉴定为 *O*-methylpongamol。

化合物**6**:IR ν$_{max}$(KBr) cm^{-1}:3435,1635.^{1}H－NMR (600 MHz,CDCl$_3$) δ$_H$:13.62(1H,s,OH－6′),7.91(1H,d , *J* =15.5 Hz,H－β),7.85 (1H,d,*J* = 8 Hz,H－2′),7.64(2H,m,H－2,6),7.56 (1H,d, *J* =15.5 Hz,H－α),7.45(3H,m,H－3,4,5),6.59(1H,d, *J* = 6.4 Hz,H－2″),6.48(1H,d,*J* =8.7 Hz,H－3′),4.36(1H,s,H－4″),4.09(1H,d, *J* =6.4 Hz,H－3″),1.06 /1.42(6H,s,2Me－5″);^{13}C－NMR(150 MHz,CDCl$_3$) δ$_C$:192.7(C－CO),165.9(C－4′),161.8 (C－6′),145.3 (C－β),135.1(C－1),132.8(C－2′),130.9(C－4),129.5 (C－6),128.9(C－2,6),120.7(C－α),115.5(C－5′),114.2 (C－1′),113.2(C－2″),102.8(C－3′),88.6(C－5″),80.4 (C－4″),55.6(C－3″),23.5/27.9(2Me－5″)。以上数据与文献[18]对照基本一致,因此将化合物**6** 鉴定为(＋)-tephrosone。

化合物**7**:黄色油状;UV λ$_{max}$(MeOH)nm:263,392;IR ν$_{max}$(KBr) cm^{-1}:3405,1635,1545,1385;ESI-MS *m/z* 374.17[M]$^+$;^{1}H－NMR(600 MHz,CDCl$_3$) δ$_H$:12.17(1H,s,OH－2′),792(1H,d, *J* =16 Hz,H－β),7.70(2H,m,H－2,6),7.61(1H,d, *J* =16 Hz,H—α),7.59(1H,d, *J* =16 Hz,H—6′),7.47 (3H,m,H—3,4,5),6.75 (1H,d, *J* =10 Hz,H—4″),5.403(1H,d ,*J* =10 Hz,H—3″),5.25 (1H,t, *J* =7.2 Hz,H—2‴),3.42(2H,d, *J* =7 Hz,H—1‴),1.84/1.72(6H,s,2Me—3‴),1.56 (6H,s,2Me—2″)；^{13}C—NMR (150 MHz,CDCl$_3$) δ_C:192.7 (C—CO),166.7(C—4′),163.6(C—2′),145.3(C—β),135.3(C—1),132.8(C—3‴),128.6 (C—3,5),128.5(C—2,6),128.2(C—3″),127.9 (C—4),124.1(C—6′),123.2(C—2‴),122.2(C—4″),119.6 (C—3′),118.8(C—α),114.8(C—5′),111.2(C—1′),85.5(C—2″),28.5(2Me—2″),24.7/18.9(2Me—3‴),22.6 (C—1‴)。以上数据与文献[19]对照基本一致,因此将化合物**7** 鉴定为spinochalcone C。

化合物**8**：黄色油状；UV λ$_{max}$(MeOH)nm:352,298;IR ν$_{max}$(KBr) cm^{-1}:3436,1620,1585;ESI-MS *m/z* 352.12 [M]$^+$；^{1}H—NMR (600 MHz,CDCl$_3$) δ_H:15.32 (1H,s,OH—2′),7.91 (1H,d, *J* = 16 Hz,H—β),7.83 (1H,d, *J* =16 Hz,H—α),7.65 (2H,m,H—2,6),7.49(3H,m,H—3,4,5),5.95 (1H,s,H—5′),4.87 (1H,d, *J* =7.2 Hz,H —7′),3.96 (3H,s,OMe—6′),3.79 (1H,d, *J* =7.2 Hz,H—8′),1.43(6H,s,2Me—9′)；^{13}C—NMR (150 MHz,CDCl$_3$) δ_C:192.7 (C—CO),160.9 (C—6′),158.9 (C—2′),157.8 (C—4′),145.6 (C—β),134.7 (C—1),127.7 (C—3,5),127.6 (C—2,6),126.9 (C—4),125.7 (C—α),107.5 (C—3′),104.9 (C—1′),92.4 (C—5′),84.7 (C—9′),69.9 (C—8′),54.5 (OMe—6′),46.8 (C—7′),25.9 (2Me—9′)。以上数据与文献[20]对照基本一致,因此将化合物**8** 鉴定为 epoxyobovatachalcone。

化合物**9**：ESI-MS *m/z* 406.16[M]$^+$；^{1}H—NMR (600 MHz,CDCl$_3$) δ_H:15.18 (1H,s,OH—9),7.87 (1H,d, *J* =16.7 Hz,H—7),7.74 (1H,d, *J* =16.7 Hz,H—8),7.57—7.60 (2H,m,H—2,6),7.40—7.42 (3H,m,H—3,4,5),5.55 (1H,s,H—5′),4.88 (2H,d, *J* =7.4 Hz,H—2′,2″),3.93 (3H,s,OMe—6′),2.65 (4H,d, *J* =7.4 Hz,H—1′,1″),1.58 (12H,brs, *J* =3 Hz,H—4″,4‴,5″,5‴)；^{13}C—NMR (150 MHz,CDCl$_3$) δ_C:205.8 (C—2′),198.4 (C—4′),178.9 (C—9),171.3 (C—6′),143.5 (C—7),134.9 (C—1),134.9 (C—3″,3‴),130.6 (C—4),129.3 (C—3,5),128.7 (C—2,6),122.9 (C—8),118.5 (C—2″,2‴),105.8 (C—1′),98.9 (C—5′),62.4 (C—3′),56.5 (OMe—6′),38.7 (C—1″,1‴),25.9 (C—5″,5‴),17.8 (C—4″,4‴)。以上数据与文献[21]对照基本一致,因此将化合物**9** 鉴定为 tunicatachalcone。

化合物**10**：黄色油状；UV λ$_{max}$(MeOH) nm:348,21; IR ν$_{max}$(KBr) cm^{-1}:3025,1650,1605,1130,1110;ESI-MS *m/z* 336.16[M]$^+$；^{1}H—NMR (600 MHz,CDCl$_3$) δ_H:7.86 (1H,d, *J* =15.8 Hz,H—β),7.75 (1H,d, *J* = 15.8 Hz,H—α),7.58 (2H,m,H—2,6),7.37 (3H,m,H—3,4,5),5.98 (1H,s,H—5′),5.30 (1H,dd, *J* =9.9,7.5 Hz,H—8′),5.06 (1H,s,H—10′b),4.91 (1H,s,H—10′a),3.92(3H,s,OMe),3.30 (1H,dd, *J* = 9.9,15 Hz,H—7′eq),2.94(1H,dd, *J* = 7.5,15 Hz,H—7′ax),1.78(3H,s,H—11′)；^{13}C—NMR(150 MHz,CDCl$_3$) δ_C:193.9 (C—CO),169.40 (C—4′),162.9 (C—6′),160.9 (C—2′),145.5(C—β),143.3(C—9′),135.5(C—1),126.8(C—3,5),126.9 (C—2,6),125.5 (C—4),124.8 (C—α),112.8 (C—11′),107.4 (C—3′),105.8 (C—1′),92.9 (C—5′),88.6 (C—8′),55.4 (OMe—6′),30.9 (C—7),17.5 (C—10′)。以上数据与文献[22]对照基本一致,因此将化合物**10** 鉴定为 crassichalone。

化合物**11**：黄色晶体；ESI-MS *m/z* 350.42 [M]$^+$；^{1}H—NMR (600 MHz,CDCl$_3$) δ_H:7.52 (2H,m,H—2,6),7.41 (1H,m, *J* =16.1 Hz,H—α),7.36(3H,m,H—3,4,5),6.60(1H,m, *J* =16.1 Hz,H—β),6.55 (1H,m, *J* = 10.2 Hz,H—4″),6.27 (1H,s,H—3′),5.56 (1H,m, *J* = 10.2 Hz,H—3″),3.76 (6H,s,OMe—2′,6′),1.48 (6H,s,2Me—2″)；^{13}C—NMR (150 MHz,CDCl$_3$) δ_C:194.5 (C—CO),158.5 (C—2′),156.5 (C—6′),154.9 (C—4′),144.9 (C—α),134.96 (C—1),130.5 (C—3″),129.5 (C—2,6),128.9 (C—β),128.7 (C—3,5),127.9 (C—4),116.8 (C—4″),116.5 (C—5′),108.4 (C—1′),96.4 (C—3′),78.5 (C—3″),63.6 (OMe—6′),55.9 (OMe—2′),27.9 (2Me—2″)。以上数据与文献[23]对照基本一致,因此将化合物**11** 鉴定为(*S*)-elatadihydrochalcone。

化合物 **1～11** 的化学结构如图 1 所示。

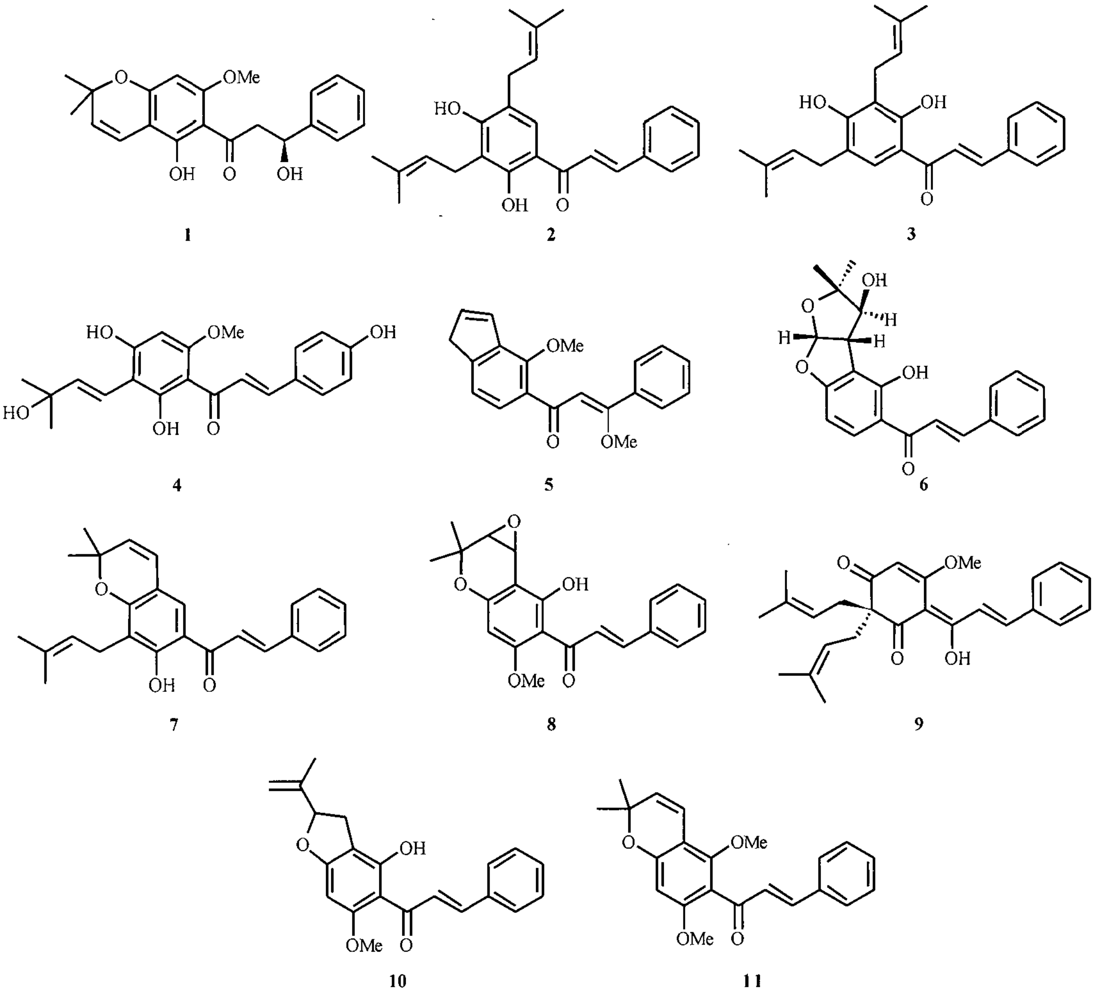

图1 化合物**1**～**11**结构

Fig. 1 Structures of compounds **1**～**11**

3 结论

本研究对采自湛江雷州的灰毛豆属植物 *T. purpurea* 的枝、叶部位进行化学成分分离及其结构解析，从中共分离鉴定出11个查尔酮类化合物，分别为 elatadihydrochalcone (**1**), spinochalcone A (**2**), 3′,5′-diisopentenyl-2′,4′-dihydroxychalcone (**3**), candidachalcone (**4**), *O*-methylpongamol (**5**), (+)-tephrosone (**6**), spinochalcone C (**7**), epoxyobovatachalcone (**8**), tunicatachalcone (**9**), crassichalone (**10**), (*S*)-elatadihydrochalcone (**11**)。以上化合物均为首次从 *T. purpurea* 中分离得到，丰富了灰毛豆属植物的化学成分数据库。

参考文献：

[1] 裴晓丽.灰毛豆叶片化学成分的分离鉴定及其杀虫活性研究[D].长沙：湖南农业大学，2003.

Pei X L. Study on the Isolation and Insecticidal Activities of Chemical Constituents from *Tephrosia purpurea* Leaves[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2003.

[2] 李有志，李冠华，魏孝义，等.灰毛豆树皮中的杀虫成分及其杀虫活性(英文)[J].昆虫学报，2011，54(12)：1368-1376.

Li Y Z, Li G H, Wei X Y, et al. Isolation and identification of insecticidal compounds from *Tephrosia purpurea* (Fabaceae) bark and their insecticidal activity[J]. Acta Entomologica Sinica, 2011, 54(12): 1368-1376.

[3] Gokhale A B, Dikshit V J, Damre A S, et al. Influence of ethanolic extract of *Tephrosia purpurea* Linn. on mast cells and erythrocytes membrane integrity[J]. Indian Journal of Experimental Biology, 2000, 38(8): 837-840.

[4] Damre A S, Gokhale A B, Phadke A S, et al. Studies on the immunomodulatory activity of flavonoidal fraction of *Tephrosia purpurea* [J]. Fitoterapia, 2003, 74(3): 257-261.

[5] Sanchez I, Gomez-Garibay F, Taboada J, et al. Antiviral effect of flavonoids on the dengue virus[J]. Phytotherapy Research, 2000, 14(2): 89-92.

[6] Ganapaty S, Pannakal S T, Srilakshmi G V K, et al. Pumilanol, an antiprotozoal isoflavanol from *Tephrosia*

pumila [J]. Phytochemistry Letters, 2008, 1(4): 175-178.

[7] Sinha B, Nanavati D D. Prenylated flavonoids from *Tephrosia purpurea* seeds[J]. Journal of the Oil Technologists' Association of India (Mumbai, India), 1982, 14 (4): 113-119.

[8] Muiva L M, Yenesew A, Derese S, et al. Antiplasmodial beta - hydroxydihydrochalcone from seedpods of *Tephrosia elata* [J]. Phytochemistry Letters, 2009, 2 (3): 99-102.

[9] Chen Y, Yan T, Gao H, et al. Natural products from the genus *Tephrosia* [J]. Molecules, 2014, 19 (2): 1432-1458.

[10] Pelter A, Ward R S, Rao E V, et al. 8-Substituted flavonoids and 3′-substituted 7-oxygenated chalcones from *Tephrosia purpurea* [J]. Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions 1: Organic and Bio-Organic Chemistry (1972-1999), 1981(9): 2491-2498.

[11] Tarus P K, Machocho A K, Lang'At-Thoruwa C C, et al. Flavonoids from *Tephrosia aequilata* [J]. Phytochemistry, 2002, 60(2): 375-379.

[12] Waterman P G, Khalid S A. The major flavonoids of the seed of *Tephrosia apollinea* [J]. Phytochemistry, 1980, 19(5): 909-915.

[13] Abd El-Razek M H, El-Hamd A, Mohamed H, et al. Prenylated flavonoids from *Tephrosia apollinea* [J]. Heterocycles, 2007, 71(11): 2477-2490.

[14] Chen Y N, Peng Y, Gao C H, et al. Two new secondary metabolites from *Tephrosia purpurea* [J]. Natural Product Communications, 2015, 10(6): 921-922.

[15] Rao E V, Prasad Y R. Two chalcones from *Tephrosia spinosa* [J]. Phytochemistry, 1992, 31: 2121-2122.

[16] Sharma V M, Rao P S. A prenylated chalcone from the roots of *Tephrosia spinosa* [J]. Phytochemistry, 1992, 31(8): 2915-2916.

[17] Hegazy M F, Mohamed A H, El-Halawany A M, et al. Estrogenic activity of chemical constituents from *Tephrosia candida* [J]. Journal of Natural Products, 2011, 74(5): 937-942.

[18] Chang L C, Chavez D, Song L L, et al. Absolute configuration of novel bioactive flavonoids from *Tephrosia purpurea* [J]. Organic Letters, 2000, 2(4): 515-518.

[19] Rao E V, Prasad Y R. Prenylated flavonoids from *Tephrosia spinosa* [J]. Phytochemistry, 1993, 32(1): 183-185.

[20] Gomez-Garibay F, Arciniega M D, Cespedes C L, et al. Chromene chalcones from *Tephrosia carrollii* and the revised structure of Oaracacin[J]. Z Naturforsch C, 2001, 56(11/12): 969-972.

[21] Andrei C C, Ferreira D T, Faccione M, et al. C-prenylflavonoids from roots of *Tephrosia tunicata* [J]. Phytochemistry, 2000, 55(7): 799-804.

[22] Gomez-Garibay F, Calderon J S, Arciniega M D, et al. Flavonoids from *Tephrosia* species part 9—An unusual isopropenyldihydrofuran biflavanol from *Tephrosia crassifolia* [J]. Phytochemistry, 1999, 52(6): 1159-1163.

[23] Ganapaty S, Srilakshmi G V K, Pannakal S T, et al. A pyranochalcone and prenylflavanones from *Tephrosia pulcherrima* (Baker) *drumm* [J]. Natural Product Communications, 2008, 3(1): 49-52.

（责任编辑：尹　闯）