

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2013.04.027

杨银河, 叶焯, 李成云, 等. 长序虎皮楠内生真菌 *Penicillium* sp. DCS82 的化学成分[J]. 广西植物, 2013, 33(4): 571-574

Yang YH, Ye Y, Li CY, et al. Chemical constituents of endophyte *Penicillium* sp. DCS82 from *Daphniphyllum longercemosum* [J]. *Guihaia*, 2013, 33(4): 571-574

长序虎皮楠内生真菌 *Penicillium* sp. DCS82 的化学成分

杨银河^{1,2}, 叶焯², 李成云^{1*}, 曾英², 赵沛基²

(1. 云南农业大学 农业生物多样性与病虫害控制教育部重点实验室, 昆明 650201; 2. 中国科学院昆明植物研究所 植物化学和西部资源可持续利用国家重点实验室, 昆明 650201)

摘要: 采用色谱技术从长序虎皮楠内生真菌 *Penicillium* sp. DCS82 菌株的 PDA 平板发酵物中分离纯化得到 5 个化合物。通过波谱数据分析及与文献对照进行结构解析, 分别鉴定为: verrucosidinol acetate (1), verrucosidinol (2), viridicatin (3), fructigenine A (4), 3-(dimethylaminomethyl)-1-(1,1-dimethyl-2-propenyl) indole (5)。所有化合物都是首次从该菌中分离里得到。

关键词: 长序虎皮楠; 内生真菌; 化学成分

中图分类号: Q936 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2013)04-0571-04

Chemical constituents of endophyte *Penicillium* sp. DCS82 from *Daphniphyllum longercemosum*

YANG Yin-He^{1,2}, YE Ye², LI Cheng-Yun^{1*}, ZENG Ying², ZHAO Pei-Ji²

(1. Key Laboratory of Agro-biodiversity and Pest Management of Ministry of Education, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 2. State Key Laboratory of Phytochemistry and Plant Resources in West China, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China)

Abstract: Five compounds were separated and purified from PDA plate cultures of *Penicillium* sp. DCS82, an endophyte from *Daphniphyllum longercemosum* by chromatographic techniques. They were identified as verrucosidinol acetate (1), verrucosidinol (2), viridicatin (3), fructigenine A (4), and 3-(dimethylaminomethyl)-1-(1,1-dimethyl-2-propenyl) indole (5) respectively on the basis of spectroscopic analysis and NMR comparison with literatures. All compounds were isolated from this endophyte for the first time.

Key words: *Daphniphyllum longercemosum*; endophyte; chemical constituents

虎皮楠属 (*Daphniphyllum*) 植物属于虎皮楠科 (*Daphniphyllaceae*) ,是单科单属的植物,多为长绿灌木或乔木。全世界约有 30 种,主要分布在东南亚,我国有 10 种,主要生长在长江以南的四川、云南、贵州、广西、广东等省区(郑万钧,1985)。虎皮

楠属植物中的生物碱成分俗称“虎皮楠生物碱”,是虎皮楠属植物所特有的一类化学成分,具有复杂的多环结构(Saito *et al.*, 2007; Morita *et al.*, 2004)。有关该类成分的化学结构、仿生合成、生物合成以及化学全合成是具有挑战性的研究领域(Heathcock *et*

收稿日期: 2012-12-29 修回日期: 2013-02-14

基金项目: 云南省后备人才培养项目(2009CI071)

作者简介: 杨银河(1986-),女,云南大理人,硕士,植物病理学专业(E-mail) 971460984@qq.com。

* 通讯作者: 李成云,教授,博士生导师,主要从事农业生物技术和植物病理学的研究(E-mail) licheng_yun@163.com。

al. ,1995; Niwa *et al.* ,1973) ,但迄今尚未发现该类生物碱显著的生物活性(李震宇等 2007)。内生真菌长期与药用植物共同相互共生,有可能产生与宿主相同或相似生理活性的化学成分(Gunatilaka , 2006) ,从植物内生菌中寻找新型的天然产物和活性物质是目前一个重要的研究方向(Tan & Zou , 2001) 。近年来,从长序虎皮楠的叶、果实中已发现不同类型的生物碱(Li *et al.* , 2006; Li *et al.* , 2009;

Yang *et al.* 2011) 。长序虎皮楠具有虎皮楠属植物的特征化学成分,多为不同类型的虎皮楠生物碱,此外,虎皮楠属植物还具有黄酮、萜类、酚类等化学成分(许明峰 2008) 。本课题组曾对长序虎皮楠内生真菌 *Penicillium* sp. DCS523 的化学成分进行研究,获得两个新的色原烷衍生物(李俊天等 2011) 。本文报道了另一株长序虎皮楠内生真菌 *Penicillium* sp. DCS82 的化学成分。

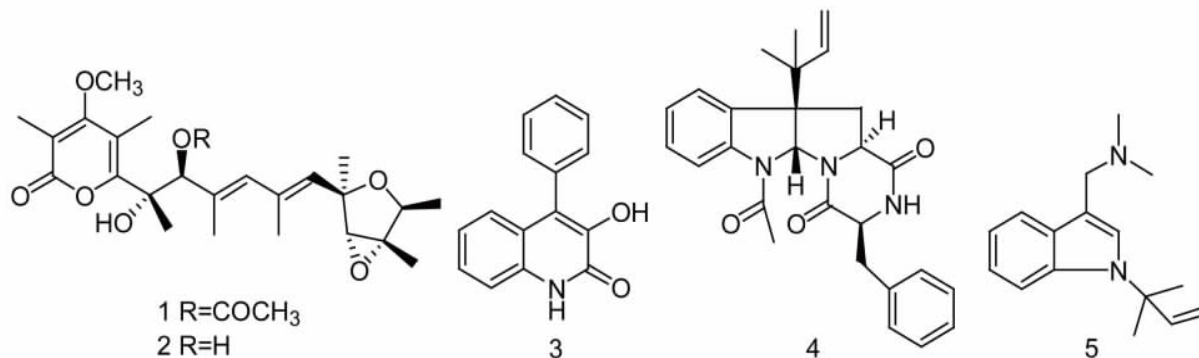


图 1 化合物 1~5 的化学结构

Fig. 1 Chemical structures of compounds 1-5

1 材料与仪器

1.1 菌种来源、鉴定和发酵

长序虎皮楠(*Daphniphyllum longracemosum*) 的分支组织于 2009 年 8 月采集于中国科学院昆明植物研究所植物园。内生真菌 DCS82 分离自长序虎皮楠的树皮韧皮部,菌种保存于中国科学院昆明植物研究所植物化学与西部植物资源持续利用国家重点实验室。

1.2 仪器与试剂

Bruker Avance III 600 型核磁共振仪; Finnigan LCQ-Advantage 型质谱仪; 薄层层析用 GF254 硅胶板; 柱层析用硅胶 80~100 目、200~300 目、GF254 (青岛海洋化工厂)、Merk-H(Merck 公司)、Sephadex LH-20 葡聚糖凝胶(Amersham Pharmacia 公司); Waters 996 型-高效液相色谱仪; 碘和 5% 浓硫酸乙醇溶液为 TLC 显色剂; 除 HPLC 分析用色谱纯外,其余所用溶剂为工业纯,重蒸后使用。

DCS82 的总 DNA 根据文献采用肌氨酸钠法(Sambrook *et al.* , 2001) 。实验所用的 ITS4 与 ITS5 引物是真菌系统学研究中设计的通用引物 ITS4(5'

>TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC< 3') 和 ITS5(5'>GGA AGT AAA AGT CGT AAC AAG G< 3') 。PCR 程序为 95 °C 预变性 15 min(加酶); 95 °C 变性 40 s; 55 °C 退火 40 s; 72 °C 延伸 90 s, 30 个循环; 72 °C 延伸 10 min。PCR 后回收到大约 700 bp 的核酸片段,测序后通过与 GenBank 数据库序列比对,DCS82 与青霉属(*Penicillium*) 的同源性达 99% ,因此鉴定为青霉属真菌,并命名为 *Penicillium* sp. DCS82。

将 DCS82 在 PDA(马铃薯 200 g,去皮煮沸 0.5 h 后取滤液;葡萄糖 20 g;琼脂 15 g;自来水 1000 mL, pH 自然)平板上活化培养 3~5 代后,用竹签挑取小块带菌培养基接至新鲜 PDA 固体培养基上,共发酵培养 10 L 28 °C 黑暗条件下培养 3 周。

2 提取与分离

将采用 PDA 固体培养的 DCS82 发酵物连同琼脂块划成 1 cm 见方小块,用配比溶剂乙酸乙酯: 甲醇: 冰醋酸(80:15:5 v:v:v) 浸泡提取 3 次,依次间隔 3、2、1 d,所得提取液用旋转蒸发仪 45 °C 蒸干浓缩,得到粗浸膏。将粗浸膏水溶,用乙酸乙酯萃取,乙酸乙酯萃取液减压浓缩后得到浸膏 66 g。

将总浸膏用甲醇和氯仿溶解, 80~100 目硅胶 30 g 拌样, 200~300 目硅胶 250 g 进行柱层析。依次用石油醚: 乙酸乙酯(7:3~6:4) 和氯仿: 甲醇(100:5~2:1) 梯度洗脱, 得到 7 部份洗脱样品(Fr. A~Fr. G)。Fr. B(389 mg) 进行 GF254 硅胶柱层析, 用石油醚: 丙酮(100:1~8:2) 梯度洗脱, TLC 检测, 合并相同成分, 共分为 6 份样品(Fr. B-1~Fr. B-6)。其中 Fr. B-4 经过反复硅胶柱层析, 得到的样品先后用丙酮、氯仿-甲醇混合溶剂溶解分离, 从氯仿-甲醇溶解部分得到化合物 3(3.4 mg)。Fr. D(801 mg) 经 Sephadex LH-20 柱层析以氯仿: 甲醇(1:1) 洗脱, 得到 8 份样品(Fr. D-1~Fr. D-8)。Fr. D-3 经反复硅胶柱层析并未达到理想的分离效果。摸索 HPLC 条件: 流动相: 甲醇: 水(含 0.5% 甲酸); 流速: 2 mL/min; 进样量: 20 μ L。使用半制备柱: Waters 公司产品 XterraTM RP-C₁₈ 7 μ m 7.8 \times 300 mm。检测波长为 254 nm。经甲醇: 水(47%:53%)(+0.5% 甲酸) 洗脱 55 min 依次分离得到化合物 2(8.0 mg) 和 1(5.0 mg)。化合物 2 的保留时间为 34.5 min; 化合物 1 的保留时间为 44.8 min。Fr. E(725 mg) 经 GF254 硅胶柱层析, 以氯仿: 甲醇(200:1~7:3) 梯度洗脱, TLC 检测, 合并共得到 13 份样品(Fr. E-1~Fr. E-13)。Fr. E-5(127 mg) 经 GF254 硅胶柱层析, 以石油醚: 丙酮(100:1~6:4) 进行梯度洗脱; 再经 Merk-H 硅胶柱层析, 以氯仿: 甲醇(100:0.3~100:0.5) 进行梯度洗脱, 分离得到化合物 4(4.4 mg)。Fr. E-9(91 mg) 经 Sephadex LH-20 柱层析以氯仿: 甲醇(1:1) 洗脱, 得到 7 份样品(Fr. E-9-1~Fr. E-9-7)。Fr. E-9-5 经 Merk-H 硅胶柱层析, 以石油醚: 丙酮(9:1~8:2) 梯度洗脱, 得到化合物 5(7.0 mg)。

3 结构鉴定

化合物 1 verrucosidinol acetate 无色固体, 分子式 C₂₆H₃₆O₈, ESI-MS m/z : 476 [M+1]⁺; ¹H NMR (CD₃OD 600 MHz) δ_{H} : 5.30(1H, s, H-7), 5.83(1H, s, H-9), 5.67(1H, s, H-11), 3.57(1H, s, H-13), 4.04(1H, q, $J=6.7$ Hz, H-15), 2.03(3H, s, H-16), 2.09(3H, s, H-17), 1.63(3H, s, H-18), 1.78(3H, s, H-19), 2.09(3H, s, H-20), 1.31(3H, s, H-21), 1.43(3H, s, H-22), 1.10(3H, d, $J=6.8$ Hz, H-23), 3.86(3H, s, H-24), 2.05(1H, s, H-25); ¹³C NMR (CD₃OD, 150 MHz) δ_{C} : 167.5(s, C-1), 111.0(s, C-2), 171.5(s, C-3), 113.

4(s, C-4), 162.1(s, C-5), 78.2(q, C-6), 83.7(d, C-7), 133.8(s, C-8), 135.1(d, C-9), 136.1(s, C-10), 132.4(d, C-11), 81.3(s, C-12), 68.4(d, C-13), 68.7(s, C-14), 78.4(d, C-15), 11.2(q, C-16), 10.5(q, C-17), 27.8(q, C-18), 14.8(q, C-19), 21.1(q, C-20), 21.9(q, C-21), 13.8(q, C-22), 19.3(q, C-23), 61.4(q, C-24), 21.1(q, C-25), 171.7(s, C-26)。上述数据与 Yu *et al.* (2010) 报道的基本一致, 故鉴定该化合物为 verrucosidinol acetate。

化合物 2 verrucosidinol 淡黄色油状, 分子式 C₂₄H₃₄O₇, ESI-MS m/z : 435 [M+1]⁺; ¹H NMR (CD₃OD 600 MHz) δ_{H} : 4.32(1H, s, H-7), 5.67(1H, s, H-9), 5.40(1H, s, H-11), 3.53(1H, s, H-13), 4.05(1H, q, $J=6.8$ Hz, H-15), 2.27(3H, s, H-16), 1.99(3H, s, H-17), 1.46(3H, s, H-18), 1.81(3H, s, H-19), 1.84(3H, s, H-20), 1.36(3H, s, H-21), 1.46(3H, s, H-22), 1.16(3H, d, $J=6.8$ Hz, H-23), 3.83(3H, s, H-24); ¹³C NMR (CD₃OD, 150 MHz) δ_{C} : 167.7(s, C-1), 110.9(s, C-2), 171.9(s, C-3), 114.0(s, C-4), 162.2(s, C-5), 80.6(s, C-6), 82.3(d, C-7), 136.7(s, C-8), 134.1(d, C-9), 136.8(s, C-10), 133.0(d, C-11), 81.5(s, C-12), 68.83(d, C-13), 68.78(s, C-14), 78.3(d, C-15), 10.5(q, C-16), 10.4(q, C-17), 23.0(q, C-18), 15.0(q, C-19), 19.0(q, C-20), 22.3(q, C-21), 14.0(q, C-22), 19.3(q, C-23), 61.2(q, C-24)。上述数据与 Yu *et al.* (2010) 报道的基本一致, 故鉴定该化合物为 verrucosidinol。

化合物 3 viridicatin 无色不规则晶体, 分子式 C₁₅H₁₁NO₂, ESI-MS m/z : 238 [M+1]⁺; ¹H NMR (C₅D₅N, 600 MHz) δ_{H} : 13.5(s), 7.62(1H, m, H-5), 7.14(1H, dt, $J=7.9$ 0.7 Hz, H-6), 7.41(1H, d, $J=8.1$ Hz, H-7), 7.61(3H, m, overlap, H-8), 7.70(1H, d, $J=7.3$ Hz, H-13, 15), 7.39(1H, d, $J=7.5$ Hz, H-14), 7.49(1H, t, $J=7.5$ Hz, H-12, 16); ¹³C NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ_{C} : 145.2(s, C-2), 160.4(s, C-3), 123.6(s, C-4), 129.4(d, C-5), 122.7(d, C-6), 127.2(d, C-7), 116.0(d, C-8), 125.3(s, C-9), 135.0(s, C-10), 135.6(s, C-11), 128.5(d, C-12, 16), 125.9(d, C-14), 131.3(d, C-13, 15)。上述数据与 Kobayashi *et al.* (2009) 报道的基本一致, 故鉴定该化合物为 viridicatin。

化合物 4 fructigenine A 无色固体, 分子式 C₂₇H₂₉N₃O₃, ESI-MS m/z : 444 [M+1]⁺; ¹H NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ_{H} : 4.22(1H, brd, $J=8.9$ Hz, H-3),

6.00(1H brs, H-5a) 7.23(1H m, H-7) 7.30(1H m, H-8) 7.99(1H s, H-9) 7.12(1H t, $J=6.8$ Hz, H-10) 2.79(1H dd, $J=10.6, 14.3$ Hz, H-11) 3.52(1H, d, $J=14.3$ Hz, H-11) 3.80(1H m, H-11a) 2.57(1H, dd, $J=5.6, 12.5$ Hz, H-12) 2.27(1H t, $J=11.9$ Hz, H-12) 7.33(2H t, $J=7.2$ Hz, H-14, 18) 7.27(1H, m, H-16) 7.17(2H, d, $J=7.2$ Hz, H-15, 17) 2.65(3H s, H-20) 1.11(3H s, H-22) 0.94(3H s, H-23) 5.77(dd, $J=10.8, 17.2$ Hz, H-24) 5.12(2H d, $J=10.7$ Hz, H-25); ^{13}C NMR(CDCl_3 , 150 MHz) δ_{C} : 164.9(s, C-1) 56.0(d, C-3) 168.2(s, C-4) 79.6(d, C-5a) 143.3(s, C-6a) 124.5(d, C-7) 127.8(d, C-8) 119.3(d, C-9) 124.6(d, C-10) 132.0(s, C-10a) 61.0(s, C-10b) 36.9(t, C-11) 59.2(d, C-11a) 36.0(t, C-12) 135.3(s, C-13) 129.4(d, C-14) 129.2(d, C-15) 127.7(d, C-16) 129.2(d, C-17) 129.4(d, C-18) 170.2(s, C-19) 23.7(q, C-20) 40.4(s, C-21) 22.4(q, C-22) 23.2(q, C-23) 143.1(d, C-24) 114.7(t, C-25)。上述数据与 Arai *et al.* (1989) 报道的基本一致, 故鉴定该化合物为 fructigenine A。

化合物 5 3-(dimethylaminomethyl)-1-(1,1-dimethyl-2-propenyl) indole 无色固体, 分子式 $\text{C}_{16}\text{H}_{22}\text{N}_2$, ESI-MS m/z : 243 $[\text{M} + 1]^+$; ^1H NMR(CDCl_3 , 600 MHz) δ_{H} : 7.48(1H d, $J=8.5$ Hz, H-2), 7.64(1H d, $J=7.0$ Hz, H-4) 7.10(1H m, H-5) 7.06(1H m, H-6) 7.24(1H s, H-7) 6.14(1H, dd, $J=10.7, 17.5$ Hz, H-2') 5.19(2H, dd, $J=10.7, 27.1$ Hz, 3'-CH₂) 1.72(6H s, H-4', H-5') 3.60(2H s, H-1'') 2.27(6H s, H-3'', H-4''); ^{13}C NMR(CDCl_3 , 150 MHz) δ_{C} : 125.0(d, C-2) 111.1(s, C-3) 119.1(d, C-4) 119.3(d, C-5) 120.8(d, C-6) 113.9(d, C-7) 130.0(s, C-8) 135.6(s, C-9) 59.1(s, C-1') 144.4(d, C-2') 113.6(t, C-3') 28.1(q, C-4', C-5') 54.6(t, C-1'') 45.7(q, C-3'', C-4'')。上述数据与 Lam *et al.* (1994) 报道的基本一致, 故鉴定该化合物为 3-(dimethylaminomethyl)-1-(1,1-dimethyl-2-propenyl) indole。

4 结论与讨论

植物内生菌是一种新型的微生物资源, 具有重大的研究意义和潜在的应用价值, 近年来成为微生物资源研究的热点之一。从药用植物内生菌寻找天

然活性产物, 拓宽了新药发现的途径。本研究以富含新奇虎皮楠生物碱的长序虎皮楠中的内生菌为对象, 以期发现结构新颖的活性化合物。从长序虎皮楠内生真菌 *Penicillium* sp. DCS82 分离得到的这 5 个化合物, 是与宿主植物长序虎皮楠不同的天然产物, 并非为长序虎皮楠特有的化学成分。viridicatin (3) 具有抗革兰氏阳性菌和抑制水稻幼苗生长的生理活性(Taniguchi *et al.*, 1970), Fructigenine A (4) 具有免疫抑制活性(Chang *et al.*, 2004)。

参考文献:

- 许明峰. 2008. 狭叶虎皮楠的化学成分和生物活性研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 1-72
- 郑万钧. 1985. 中国树木志(第二卷) [M]. 北京: 中国林业出版社: 1950-1954
- Arai K, Kimura K, Mushirola T *et al.* 1989. Structures of fructigenines A and B, new alkaloids isolated from *Penicillium fructigenum* Takeuchi [J]. *Chem Pharm Bull* 37(11): 2937-2939
- Chang JH, Moon HS. 2004. Synthesis and anti-inflammatory activity of fructigenine A derivatives [J]. *Biotechnol Bioproc Eng*, 9: 59-61
- Gunatilaka AAL. 2006. Natural products from plant-associated microorganisms: distribution, structural diversity, bioactivity and implications of their occurrence [J]. *J Nat Prod* 69: 509-526
- Heathcock CH, Kath JC, Ruggeri RB. 1995. *Daphniphyllum* alkaloids. 16. Total synthesis of (+) - codaphniphylline [J]. *J Org Chem* 60: 1120-1130
- Kobayashi Y, Harayama T. 2009. A concise and versatile synthesis of viridicatin alkaloids from cyanoacetanilides [J]. *Org Lett* 11(7): 1603-1606
- Lam YKT, Dai P, Borris R *et al.* 1994. A new indole from *Penicillium daleae* [J]. *J Antibiot* 47(6): 724-726
- Li CS, Di YT, Zhang Q *et al.* 2009. Alkaloids from the leaves of *Daphniphyllum longracemosum* Rosenth [J]. *Helv Chim Acta*, 92: 653-659
- Li L, He HP, Di YT *et al.* 2006. Daphnilongerine, an unprecedented fused pentacyclic ring system alkaloid from *Daphniphyllum longracemosum* Rosenth [J]. *Tetrahedron Lett* 47: 6259-6262
- Li JT(李俊天), Fu XL(付小莉), Tan C(谭春) *et al.* 2011. Two new chroman derivations from the endophytic *Penicillium* sp. DCS523(内生青霉菌 DCS523 中的两个新吡喃衍生物) [J]. *Molecules (分子)* 16: 686-693
- Li ZY(李震宇), Guo YW(郭跃伟). 2007. Progress in the study of *Daphniphyllum* Alkaloids(虎皮楠生物碱研究进展) [J]. *Chin J Org Chem (有机化学)* 27(5): 565-575
- Morita H, Takatsu H, Shen YC *et al.* 2004. Daphniglaucine C, a novel tetracyclic alkaloid from *Daphniphyllum glaucescens* [J]. *Tetrahedron Lett* 45: 901-904
- Niwa H, Hirata Y, Suzuki KT. 1973. Biosynthesis of daphnilactone-B [J]. *Tetrahedron Lett* 14: 2129-2132
- Saito S, Kubota T, Fukushi E *et al.* 2007. Calyciphylline C, a novel *Daphniphyllum* alkaloid from *Daphniphyllum calycinum* [J]. *Tetrahedron Lett* 48: 1587-1589
- Sambrook J, Russell DW. 2001. *Molecular Cloning: A Laboratory* (下转第 570 页 Continue on page 570)

表 1 小叶石楠果实低极性化学成分

Table 1 Low-and-middle polarity components from the fruit of *Photinia parvifolia*

峰号 Serial number	化合物 Compound	分子式 Molecular formula	分子量 Molecular weight	保留时间 Retention time (min)	相对含量 Relative content (%)
1	4-hydroxy-4-methyl-2-Pentanone 4-羟基-4-甲基-2-戊酮	C ₆ H ₁₂ O ₂	116	3.611	2.78
2	propyl-Benzene 丙苯	C ₉ H ₁₂	120	5.583	0.66
3	1-ethyl-2-methyl-1-Benzene 乙基-2-甲基苯	C ₉ H ₁₂	120	5.730	3.79
4	1,2,3-trimethyl-Benzene 连三甲苯	C ₉ H ₁₂	120	6.273	1.02
5	Indane 二氢茛茝	C ₉ H ₁₀	118	6.907	1.85
6	Naphthalene 萘	C ₁₀ H ₈	128	9.239	1.73
7	Hexadecane 十六烷	C ₁₆ H ₃₄	226	12.785	0.50
8	Heptadecane 十七烷	C ₁₇ H ₃₆	240	17.765	0.91
9	Octadecane 十八烷	C ₁₈ H ₃₈	254	19.183	2.80
10	2,6,10,14-tetramethyl-Hexadecane 四甲基十六烷	C ₂₀ H ₄₂	282	19.337	1.76
11	Nonadecane 十九烷	C ₁₉ H ₄₀	268	20.440	8.03
12	Hexadecanoic acid methyl ester 棕榈酸甲酯	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270	20.564	5.49
13	(Z,Z,Z)-9,12,15-Octadecatrienoic acid methyl ester 亚麻酸甲酯	C ₁₉ H ₃₂ O ₂	292	22.372	13.11
14	Phytol 叶绿醇	C ₂₀ H ₄₀ O	296	22.614	4.62
15	Octadecanoic acid methyl ester 硬脂酸甲酯	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	298	22.720	4.90
16	Heneicosane 二十一烷	C ₂₁ H ₄₄	296	24.477	0.55
17	Palmitic acid beta.-monoglycerid 棕榈酸单甘油酯	C ₁₉ H ₃₈ O ₄	330	25.982	0.70
18	Di-n-octyl phthalate 邻苯二甲酸二辛醇酯	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	390	26.323	10.13
19	1-Nonadecene 1-十九烷烯	C ₁₉ H ₃₈	266	26.916	0.71
20	All-trans-Squalene 角鲨烯	C ₃₀ H ₅₀	410	28.673	9.19
21	Nonacosane 二十九烷	C ₂₉ H ₆₀	408	29.399	4.27
22	1-bromo-Tetracosane 1-溴-二十四烷	C ₂₄ H ₄₉ Br	416	30.663	2.98
23	10-Nonadecanol 10-十九烷醇	C ₁₉ H ₄₀ O	284	31.563	2.63
24	Vitamin E 维生素 E	C ₂₉ H ₅₀ O ₂	430	31.753	8.67
25	1,2-dibromo-Decane 1,2-二溴癸烷	C ₁₀ H ₂₀ Br ₂	298	31.850	2.26

Chen QH(陈谦海). 2000. Supplemental description of three species of *Photinia* Lindl. from Guizhou(贵州石楠属三个种的补记 [J]. *Guihaia*(广西植物) **20**(4):319-322

Feng YF(冯毅凡),Guo XL(郭晓玲),Han L(韩亮). 2006. Study on chemical constituents of volatile oil from *Photinia pyunifolia* Lindl. (瑶药石斑树根挥发性成分 GC-MS 分析) [J]. *J Med & Pharm Chin Minorit*(中国民族医药杂志) **3**:50-51

Li Y(李媛),Zhang DM(张东明),Geng SS(庚石山). 2004. Study on chemical constituents from stem of *Photinia parvifolia* (小叶石楠的化学成分研究) [J]. *Chin Trad Herb Drugs*(中草药) **35**(3):241-242

Shen WX(申万祥),Yao M(姚默),Zhao B(赵兵) et al. 2011. Overview of pharmaceutical research on *Photinia* Lindl(石楠属

药学研究概况 [J]. *Anim Husb Feed Sci*(畜牧与饲料科学), **11**:58-60

Wang H(王慧). 2012. Cultivation technology and management guidelines on *Photinia serrulata*(红叶石楠栽培技术及管理要点) [J]. *Xiandai Horti*(现代园艺) **3**:38-39

Zhang DM(张东明),Li Y(李媛),Geng SS(庚石山). 2004. Glycosides from the stems of *Photinia parvifolia*(小叶石楠中萜类化学成分的研究) [J]. *Nat Prod Res & Dev*(天然产物研究与开发) **16**(6):496-500

Zhou Y(周玉),Ren XM(任孝敏),Wu YZ(吴雨真) et al. 2011. Chemical compositions of the volatile oil extracted from *Photinia serrulata* Lindl by CO₂(超临界 CO₂ 流体萃取石楠叶挥发油化学成分的研究) [J]. *Super Fluid Extr*(农产品加工) **6**:71-73

(上接第 574 页 Continue from page 574)

Manual. [M]. 3rd ed. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press

Tan RX,Zou WX. 2001. Endophytes: a rich source of functional metabolites [J]. *Nat Prod Rep* **18**:448-459

Taniguchi M,Satomura Y. 1970. Isolation of viridicatin from *Penicillium crustosum* and physiological activity of viridicatin and its 3-carboxymethylene derivative on microorganisms and plants [J]. *Agric Biol Chem* **34**(4):506-510

Yang TQ,Di YT,He HP et al. 2011. Further alkaloids from the fruits of *Daphniphyllum longracemosum* [J]. *Helv Chim Acta*, **94**:397-403

Yu K, Ren B, Wei JL, et al. 2010. Verrucosidinol and verrucosidinol acetate, two pyrone-type polyketides isolated from a marine derived fungus *Penicillium aurantiogriseum* [J]. *Mar Drugs* **8**:2744-2754