

DOI: 10. 3969/j. issn. 1000-3142. 2013. 05. 019

王宁, 汤丽昌, 姚海萍, 等. 岭南山竹子叶化学成分研究 [J]. 广西植物, 2013, 33 (5): 691–694

Wang N, Tang LC, Yao HP, et al. Chemical constituents from the leaves of *Garcinia oblongifolia* [J]. *Guihaia*, 2013, 33 (5): 691–694

岭南山竹子叶化学成分研究

王宁^{1,2}, 汤丽昌^{1,2}, 姚海萍^{1,2}, 杨先会^{1,2}, 邓世明^{1,2*}

(1. 海南大学 热带生物资源教育部重点实验室, 海口 570228; 2. 海南大学 海洋学院, 海口 570228)

摘要: 采用色谱技术分离岭南山竹子叶的化学成分, 根据理化性质和波谱数据鉴定化合物的结构。从岭南山竹子叶提取物中分离了 11 个化合物, 鉴定为异植物醇 (I), α -Tocospiro B (II), 正十一烷 (III), 棕榈酸 (IV), (+)-(3R)-3-hydroxy-4, 4-dimethyl-4-butyrolactone (V), 苯甲酸 (VI), 3, 4-Dihydroxy-acetophenone (VII), 反式对羟基桂皮酸 (VIII), 3-甲氧基-4-羟基-苯甲酸 (IX), β -谷甾醇 (X), 胡萝卜苷 (XI)。以上化合物均为首次从该种植物中分离得到。

关键词: 藤黄属; 岭南山竹子叶; 化学成分

中图分类号: Q946 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142 (2013) 05-0691-04

Chemical constituents from the leaves of *Garcinia oblongifolia*

WANG Ning^{1,2}, TANG Li-Chang^{1,2}, YAO Hai-Ping^{1,2}, YANG Xian-Hui^{1,2}, DENG Shi-Ming^{1,2*}

(1. Key Laboratory of Tropic Biological Resources, MOE, Hainan University, Haikou 570228, China; 2. College of Ocean, Hainan University, Haikou 570228, China)

Abstract: The compounds of the leaves of *Garcinia oblongifolia* were isolated by column chromatography, and their structures were identified by the basis of physicochemical evidence and spectroscopic analysis. Eleven compounds were obtained and identified, which were Isisphytol (I), α -Tocospiro B (II), hendecane (III), Palmitic acid (IV), (+)-(3R)-3-hydroxy-4, 4-dimethyl-4-butyrolactone (V), Benzoic acid (VI), 3, 4-Dihydroxy-acetophenone (VII), Trans-p-hydroxycinnamic acid (VIII), 4-Hydroxy 3-methoxy-benzoic acid (IX), β -Sitosterol (X), Daucosterol (XI). All the compounds were isolated from this plant for the first time.

Key words: *Garcinia*; leaves of *Garcinia oblongifolia*; chemical constituents

藤黄科藤黄属约有 450 种, 主产于热带亚洲, 非洲南部及波利尼西亚西部。我国有藤黄属植物 21 种, 产台湾南部, 福建, 广东, 海南, 广西南部, 云南南部、西南部至西部, 西藏东南部, 贵州南部及湖南西南部 (中国科学院中国植物志编辑委员会, 1990)。该属的多种植物在我国的临床应用和民间用药都极为普遍; 该属植物化学成分种类丰富, 一直是天然产物研究的热点领域之一。从 20

世纪 50 年代开始 (Carpenter *et al.*, 1969), 到现在科研工作者对该属的 50 余种植物进行了化学成分和药理活性的研究, 从中分离得到 400 多个化合物。

岭南山竹子 (*Garcinia oblongifolia*) 为藤黄科 (Gluciaceae) 藤黄属 (*Garcinia*) 植物, 分布于广东、广西、海南、越南等地 (邓世明, 2006)。目前, 已从岭南山竹子树皮中发现 11 个具有活性

收稿日期: 2013-01-01 修回日期: 2013-04-16

基金项目: 国家自然科学基金 (31160078)

作者简介: 王宁 (1986-), 男, 海南琼海人, 在读硕士生, 主要从事天然产物研究, (E-mail) wning1986@gmail.com。

* 通讯作者: 邓世明, 教授, 主要从事新药研究与开发工作, (E-mail) dsm701@126.com。

的新化合物, 其中 8 个新的多异戊烯基取代的苯甲酮 (oblongifolins A-G、30-*epi*-cambogin)、3 个新的吡酮 (oblongixanthonones A-C); 15 个已知的多异戊烯基取代的苯甲酮和吡酮类化合物, 其中包括多异戊烯基取代的苯甲酮 camboginol、guttiferone B (Doan *et al.*, 2008; Hamed *et al.*, 2006; Huang *et al.*, 2009)。岭南山竹子皮中含有的 guttiferone F、oblongifolin A、30-*epi*-cambogin 的抗氧化活性强于作为阳性对照的 α -tocopherol ($IC_{50} = 14.8 \mu\text{mol/L}$); 同时这几个化合物对人肺腺癌细胞株 A549 和皮肤鳞状细胞癌细胞系 A431 有细胞毒活性抗癌活性。30-*epi*-cambogin 在 DPPH 抗氧化实验中 $IC_{50} = (9.1 \pm 0.78) \mu\text{mol/L}$; 在 A549 和 A431 细胞系中细胞毒活性分别为 $IC_{50} = (14.8 \pm 0.8) \mu\text{mol/L}$ 、 $(14.3 \pm 0.5) \mu\text{mol/L}$ (Doan *et al.*, 2008)。岭南山竹子树叶已被广西地方药材标准 (广西壮族自治区卫生厅, 1996) 收载, 具有消炎止痛、收敛生肌功效。该植物叶的化学成分尚未明确, 鉴于该植物在学术上以及人类经济活动上具有特殊重要价值, 我们对其叶的化学成分进行研究。

1 仪器和材料

Sephadex LH-20 是 Pharmacia 公司产品。柱层析硅胶 (200~300 目) 和薄层色谱硅胶板为青岛海洋化工厂产品, 所有试剂均为分析纯。NMR 由 Bruker AM-400 型 (TMS 为内标) 核磁共振谱仪测定。TG328A (S) 型分析天平 (上海精科天平厂) 称量。质谱由 VG Auto Spec-300 质谱仪 (英国质谱仪公司) 测定。熔点由数字显示显微熔点测定仪测定, (X-4, 北京泰克仪器有限公司, 温度未校正)。

岭南山竹子 (*Garcinia oblongifolia*) 干燥叶 10.5 kg, 2010 年 3 月采于海南省琼海市中原镇, 对照广西地方药材“山竹子叶”标准各项指标检测, 经邓世明博士鉴定为藤黄属岭南山竹子。凭证标本存放于海南大学海洋学院。

2 提取与分离

取岭南山竹子干燥叶 10.5 kg, 粉碎, 用 85% 乙醇渗漉, 连续 1 周, 至提取完全。减压浓缩 (低于 55 °C) 回收乙醇, 得浸膏 1 kg。浸膏用 200~300 目硅胶 2 倍量拌样至散, 依次用石油醚、乙

酸乙酯洗脱完全, 浓缩各段, 得石油醚洗脱物 195 g, 乙酸乙酯洗脱物 300 g。

取石油醚洗脱段 (180 g) 经硅胶干柱层析, 以石油醚: 乙酸乙酯 (25:1) 洗脱, 根据薄层色谱检识合并为 5 个组分, A-1~5。取 A-2 (30.5 g) 段, 经硅胶层析, 石油醚: 乙酸乙酯 (200:1~70:1) 梯度洗脱, 薄层色谱检识后相同斑点合并, 得馏分 A-2.1 和 A-2.3、A-2.4。A-2.1 (520 mg) 经硅胶柱层析, 以石油醚: 乙酸乙酯 (100:1~40:1) 梯度洗脱, 得化合物 I (17 mg), A-2.3 (3.403 g) 经反复硅胶柱层析, 得化合物 III。A-2.4 (5.699 g) 经真空硅胶柱层析, 以石油醚: 乙酸乙酯 (150:1~40:1) 梯度洗脱, 再经 Sepadex LH-20 (氯仿: 甲醇 1:1), 得化合物 X (800 mg)、IV (30 mg)。

取乙酸乙酯洗脱段 (290 g) 经硅胶干柱层析, 以氯仿: 甲醇 30:1 洗脱, 薄层色谱检识合并相同斑点, 分为 3 个组分, B-1~3。B-1 (3.772 g) 经硅胶柱层析, 以石油醚: 乙酸乙酯 (100:1~25:1) 梯度洗脱, 得化合物 II (26 mg)。B-2 (100 g) 经反复硅胶柱层析, 再经甲醇、乙酸乙酯、氯仿等溶剂反复抽滤, 得化合物 XI (1.5 g)。B-3 (80 g) 经干柱层析, 氯仿: 甲醇 (35:1) 洗脱, 分为 3 个馏分: B-3.1~3.3。B-3.1 (17.4 g) 经反复硅胶柱层析和 Sepadex LH-20 (氯仿: 甲醇 1:1), 得化合物 VI (12 mg)、V (20 mg)、VII (14 mg)。B-3.2 (31.1 g) 经反复硅胶柱层析和 Sepadex LH-20 (氯仿: 甲醇 1:1), 得化合物 VIII (19 mg)、IX (48 mg)。

3 结构鉴定

化合物 I 透明油状物, 5% 硫酸-乙醇显紫红色。EI-MS [m/z]: 319 [$M + Na$]⁺。¹H-NMR ($CDCl_3$, 400.13 Hz) δ : 5.91 (1H, dd, $J = 10.8, 17.2$ Hz, H-2), 5.04 (1H, d, $J = 10.8$ Hz, H-1), 5.19 (1H, d, $J = 17.2$ Hz, H-11), 0.83~0.87 (m, $5 \times CH_3$); ¹³C-NMR ($CDCl_3$, 100.6 MHz) δ : 111.4 (t, C-1), 145.3 (d, C-2), 73.3 (s, C-3), 42.7 (t, C-4), 21.4 (t, C-5), 37.3 (t, C-6), 32.8 (d, C-7), 37.4 (t, C-8), 24.5 (t, C-9), 37.4 (t, C-10), 32.8 (d, C-11), 37.2 (t, C-12), 24.8 (t, C-13), 39.4 (t, C-14), 28.0 (d, C-15), 22.7 (q, C-16), 22.6 (q, C-17), 19.7 (q, C-18), 19.7 (q, C-18), 28.0 (q, C-20)。以上波谱数据及理化性

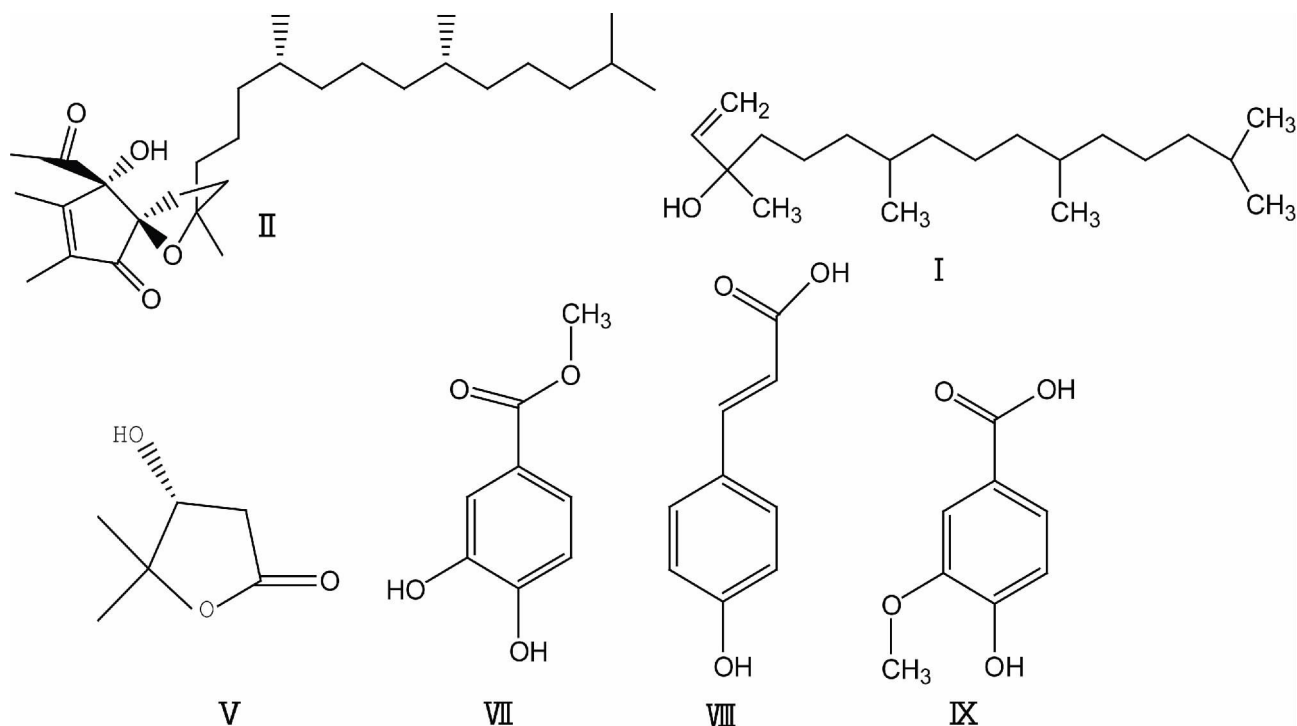


图 1 化合物结构图

Fig. 1 Structures of compounds

质与徐娟华等 (2007) 完全一致, 故确定为异植物醇 (isophytol)。

化合物 II 无色油状物, 5% 硫酸-乙醇显橙色。 $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 400.13 MHz) δ : 0.82 (3H, d, $J=6.4$ Hz, H3-17a), 0.83 (3H, d, $J=7.2$ Hz, H3-13a), 0.85 (6H, d, $J=4.4$ Hz, H3-21a, H3-22), 1.30 (3H, s, H3-9a), 1.72-1.78 (2H, m, H-2, 8), 1.81 (3H, s, H3-5a), 1.83 (3H, s, H3-6a), 2.01 (3H, s, H-3a), 2.37 (1H, m, H-7), 4.68 (1H, s, OH); $^{13}\text{C-NMR}$ (CDCl_3 , 100.6 MHz) δ : 205.1 (s, C-1), 92.6 (s, C-2), 206.9 (s, C-3), 89.4 (s, C-4), 163.1 (s, C-5), 139.5 (s, C-6), 33.4 (t, C-7), 36.8 (t, C-8), 87.2 (s, C-9), 42.1 (t, C-10), 22.3 (t, C-11), 37.4 (t, C-12), 32.8 (d, C-13), 37.5 (t, C-14), 24.8 (t, C-15), 37.5 (t, C-16), 32.7 (d, C-17), 37.3 (t, C-18), 24.5 (t, C-19), 39.4 (t, C-20), 28.0 (d, C-21), 22.6 (q, C-22), 25.4 (q, C-3a), 11.7 (q, C-5a), 8.7 (q, C-6a), 27.6 (q, C-9a), 19.6 (q, C-17a), 19.7 (q, C-13a), 22.7 (q, C-21a)。以上波谱数据及理化性质与 Chiang *et al.* (2003) 完全一致, 故确定为 α -Tocospiro B。

化合物 III 无色油状液体, 5% 硫酸-乙醇显红色, mp: 287~288 °C。EI-MS [m/z]: 156 [M^+], 99, 57, 43, 29。 $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 400.

13 MHz) δ : 0.88 (6H, m, $2 \times \text{CH}_3$), 0.92~1.14 (4H, m, $2 \times \text{CH}_2$), 1.26 (14H, s, $7 \times \text{CH}_3$); $^{13}\text{C-NMR}$ (CDCl_3 , 100.6 MHz) δ : 14.1 (q, C-1, C-11), 22.7 (t, C-2, C-10), 29.4 (C-3, C-7), 29.7 (C-4, C-5, C-6), 31.9 (C-3, C-9)。以上理化性质和数据与邱桂华等 (2006) 一致, 故鉴定为正十一烷 (hendecane)。

化合物 IV 白色粉末状结晶, 5% 硫酸乙醇溶液显红色, mp: 60~62 °C。EI-MS [m/z]: 255 [M-H^-] $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 400.13 MHz) δ : 2.34 (2H, t), 1.63 (2H, m), 1.25 (24H, brs), 0.88 (3H, t); $^{13}\text{C-NMR}$ (CDCl_3 , 100.6 MHz) δ : 180.3 (s, C-1), 34.1 (t, C-2), 32.0 (t, C-4), 29.1~29.7 (t, C-5~14), 24.6 (t, C-3), 22.7 (t, C-15), 14.1 (q, C-16)。以上波谱数据及理化性质与姜哲等 (2009) 一致, 故鉴定为棕榈酸。

化合物 V 黄色油状液体, 5% 硫酸-乙醇显黄色。 $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 400.13 MHz) δ : 1.35 (3H, s, H-6), 1.42 (3H, s, H-7), 2.52 (1H, dd, $J=3.5, 18.0$ Hz, H-3b), 2.91 (1H, dd, $J=6.5, 18.0$ Hz, H-3a), 4.20 (1H, dd, $J=3.5, 6.5$ Hz, H-4)。 $^{13}\text{C-NMR}$ (CDCl_3 , 100.6 MHz) δ : 21.2 (q, C-6), 26.2 (q, C-7), 38.4 (t, C-3), 73.7 (d, C-4), 88.4 (s, C-5), 175.8 (s, C-2); 该化合物理化性质及波谱数据与 Ahmed A. Ahmed *et al.*

(2004) 完全一致, 确定化合物 12 为 (+)- (3R)-3-hydroxy-4, 4-dimethyl-4-butyrolactone.

化合物 VI 无色针晶, 5% 硫酸乙醇溶液显淡黄色, mp: 123~124°C. $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 400. 13 MHz) δ : 7. 26~8. 11 (5H, Ar-H). $^{13}\text{C-NMR}$ (CDCl_3 , 100. 6 MHz) δ : 128. 4 (d, C-2, 6), 130. 1 (d, C-3, 5), 133. 7 (d, C-4), 171. 2 (s, C-7). 该化合物理化性质及波谱数据与斯建勇等 (1996) 完全一致, 故确定为苯甲酸.

化合物 VII 白色针晶, 5% 硫酸-乙醇显橙色, mp: 116~117°C. EI-MS [m/z] 153 [$M+H$] $^+$; $^1\text{H-NMR}$ (MEOD, 400. 13 MHz) δ : 2. 46 (3H, s, H-8), 6. 78 (1H, d, $J=8. 4$ Hz, H-5), 7. 41 (m, 2H, Ar-H, H-2, 6); $^{13}\text{C-NMR}$ (MEOD, 100. 6 MHz) δ : 130. 7 (s, C-1), 116. 1 (d, C-2), 146. 5 (s, C-3), 152. 4 (s, C-4), 123. 6 (d, C-6), 115. 8 (d, C-5), 199. 7 (s, C-7), 26. 3 (q, C-8). 以上波谱数据与 Ruan *et al.* (2011) 一致, 故鉴定为 3, 4-dihydroxy-acetophenone.

化合物 VIII 淡黄色粉末, 5% 硫酸-乙醇显黄色, mp: 194~195°C. EI-MS [m/z] 164 [M] $^+$. $^1\text{H-NMR}$ (MEOD, 400. 13 MHz) δ : 6. 33 (1H, d, $J=16$ Hz, H-8), 6. 88 (2H, d, $J=8. 8$ Hz, H-3, 5), 7. 54 (2H, d, $J=8. 8$ Hz, H-2, 6), 7. 60 (1H, d, $J=16$ Hz, H-7); $^{13}\text{C-NMR}$ (MEOD, 100. 6 MHz) δ : 127. 3 (s, C-1), 131. 1 (d, C-2, 6), 116. 8 (d, C-3, 5), 161. 1 (s, C-4), 146. 6 (d, C-7), 115. 8 (d, C-8), 171. 1 (s, C-9). 以上数据与魏健等 (2008) 数据一致, 确定化合物 15 为反式对羟基桂皮酸.

化合物 IX 无色针晶. 5% 硫酸-乙醇显黄色, mp: 198~200°C. $^1\text{H-NMR}$ (MEOD, 400. 13 MHz) δ : 7. 55 (2H, m, H-2, 6), 6. 82 (1H, d, $J=8. 7$ Hz, H-5), 3. 88 (3H, s, 3-OCH₃); $^{13}\text{C-NMR}$ (MEOD, 100. 6 MHz) δ : 123. 2 (s, C-1), 117. 5 (d, C-2), 152. 9 (s, C-3), 148. 7 (s, C-4), 115. 9 (d, C-5), 125. 3 (d, C-6), 170. 1 (s, C-7), 56. 5 (q, C-8). 以上数据和王晓飞等 (2007) 数据一致, 故鉴定为 3-甲氧基-4-羟基-苯甲酸.

化合物 X 白色针状晶体, 5% 硫酸乙醇显红色, mp: 136~137°C. 质谱 EI-MS 显示准分子离子峰为 [m/z] 414 [M] $^+$. TLC 中, 其与 β -谷甾醇对照品, 在 3 种溶剂系统下比较, R_f 值及显色行为一致, 与对照品混合后测熔点不下降, 故鉴定该化合物为 β -谷甾醇.

化合物 XI 白色无定形粉末, 5% 硫酸-乙醇显

紫红色, mp: 290~292°C. $^{13}\text{C-NMR}$ (DMSO, 100. 6 MHz) δ : 38. 2 (t, C-1), 29. 2 (t, C-2), 76. 8 (d, C-3), 40. 7 (t, C-4), 140. 3 (s, C-5), 121. 0 (d, C-6), 33. 2 (t, C-7), 31. 2 (d, C-8), 49. 5 (d, C-9), 25. 5 (s, C-10), 20. 5 (t, C-11), 28. 6 (t, C-12), 41. 7 (s, C-13), 56. 0 (d, C-14), 23. 7 (t, C-15), 41. 7 (t, C-16), 55. 3 (d, C-17), 11. 7 (q, C-18), 19. 6 (q, C-19), 36. 7 (d, C-20), 19. 4 (q, C-21), 35. 4 (t, C-22), 36. 7 (t, C-23), 45. 0 (d, C-24), 29. 1 (d, C-25), 19. 0 (q, C-26), 19. 6 (q, C-27), 22. 4 (t, C-28), 11. 5 (q, C-29), 100. 7 (d, C-1'), 73. 4 (d, C-2'), 76. 6 (d, C-3'), 70. 0 (d, C-4'), 76. 6 (d, C-5'), 61. 0 (t, C-6'). $^1\text{H-NMR}$ (DMSO, 400. 13 MHz) δ : 5. 33 (1H, s, H-6), 4. 41 (1H, t, H-3), 4. 22 (1H, d, $J=7. 6$ Hz, H-1'). 以上波谱数据及理化性质与张正付等 (2004) 完全一致, 故确定为胡萝卜苷.

4 结论与讨论

本研究从岭南山竹子 (*Garcinia oblongifolia*) 叶中分离鉴定出 3 个酚类化合物、2 个甾体化合物、1 个 α -生育酚类化合物、1 个羟基内酯类化合物、1 个二萜类化合物、1 个有机酸和 1 个烷烃. Huang *et al.* (2009) 对该植物树皮研究报道的化合物类型为: 吡酮类化合物、多异戊烯基取代的苯甲酮类; 通过以上研究, 发现岭南山竹子叶与该植物树皮化合物类型对比较差异明显. 化合物 I 为 α -生育酚的合成原料, α -生育酚 (α -tocopherol) 是由主环 2, 3, 6-三甲基氢醌和植物醇或异植物醇缩合制得的, α -生育酚经生物转化得到化合物 II. 故化合物 I 和化合物 II 可能存有生源关系, 值得进一步探讨. 以上研究为进一步的研究提供参考.

参考文献:

- 广西壮族自治区卫生厅. 1996. 广西中药材标准 (第 2 册) [M]. 广西科学技术出版社: 20
- 中国科学院中国植物志编辑委员会. 1990. 中国植物志第五十卷, 第 1 分册 [M]. 科学出版社: 89
- 邓世明. 2006. 海南常用中草药名录 [M]. 中国科学技术出版社: 19
- Ahmed AA, Taha AH, Ahmed AM, *et al.* 2004. Nor-entkaurane diterpenes and hydroxylactones from *Antemaria geyeri* and *Anaphalis margaritacea* [J]. *Phytochemistry*, 65: 2 539-2 543
- Carpenter I, Locksley HD, Scheinmann F. 1969. Xanthones in (下转第 632 页 Continue on page 632)

1994. Cultivation techniques of early shooting and high yielding for Lei bamboo sprout (雷竹早高产栽培技术) [J]. *J Zhejiang For Coll* (浙江林学院学报), **11** (2): 121-128
- Güsewell S. 2004. N:P ratios in terrestrial plants: variation and functional significance [J]. *New Phytol*, **164** (2): 243-266
- Liu L (刘丽), Chen SL (陈双林). 2009. Research summary of the negative influences of the mulched ecosystem of *Phyllostachys praecox* f. *prevernalis* forests with organic materials (有机材料林地覆盖对雷竹林生态系统的负面影响研究综述) [J]. *Guihaia* (广西植物), **29** (3): 327-330
- Liu L (刘丽), Chen SL (陈双林), Li YH (李艳红). 2010. Stand structure and bamboo shoot number production based assessment of degradation degree of *Phyllostachys praecox* covered with organic materials (基于林分结构和竹笋产量的有机材料覆盖雷竹林退化程度评价) [J]. *J Zhejiang For Coll* (浙江林学院学报), **27** (1): 15-21
- Sun X (孙晓), Zhuang XY (庄舜尧), Liu GQ (刘国群), et al. 2009. Effect of Lei bamboo plantation on soil basic properties under intensive cultivation management (集约经营下雷竹种植对土壤基本性质的影响) [J]. *Soils* (土壤), **41** (5): 784-789
- Sun D (孙达), Huang F (黄芳), Cai RR (蔡荣荣), et al. 2007. Temporal and spatial variation of soil phosphorus in *Phyllostachys praecox* stands under intensive cultivation management (集约经营雷竹林土壤磷素的时空变化) [J]. *J Zhejiang For Coll* (浙江林学院学报), **24** (6): 670-674
- Tian HQ, Chen GS, Zhang C, et al. 2009. Pattern and variation of C:N:P ratios in China's soils: a synthesis of observational data [J]. *Biogeochem*, **98** (1): 139-151
- Wang WQ (王维奇), Tong C (仝川), Jia RX (贾瑞霞), et al. 2010. Ecological stoichiometry characteristics of wetland soil carbon, nitrogen and phosphorus in different water-flooded frequency (不同淹水频率下湿地土壤碳氮磷生态化学计量学特征) [J]. *J Soil Wat Cons* (水土保持学报), **24** (3): 238-242
- Yu SQ (余树全), Jiang CQ (姜春前), Zhou GM (周国模), et al. 2003. Study on *Phyllostachys praecox* forest ecosystem health (雷竹林生态系统健康的研究) [J]. *J Beijing For Univ* (北京林业大学学报), **25** (5): 15-19
- Zhang JJ (张金锦), Duan ZQ (段增强). 2011. Preliminary study on classification and grading standards and causes and hazards of secondary salinization of facility vegetable soils (设施菜地土壤次生盐渍化的成因、危害及其分类与分级标准的研究进展) [J]. *Soils* (土壤), **43** (3): 361-366
- Zhang LX, Bai YF, Han XG. 2003. Application of N:P stoichiometry to ecology studies [J]. *Acta Bot Sin*, **45** (9): 1 009-1 018
- Zheng RH (郑仁红). 2006. Allelopathy of cover planting on decline of *Phyllostachys praecox* stand (覆盖栽培对雷竹林衰退的化感效应研究) [D]. CAF (中国林业科学研究院): 28-37
- Zhou GM (周国模), Jin AW (金爱武), Zheng BS (郑炳松), et al. 1998. Preliminary study on composition of Lei bamboo in protected plot (雷竹保护地栽培林分立竹结构的初步研究) [J]. *J Zhejiang For Coll* (浙江林学院学报), **15** (2): 111-115
- Ågren GI. 2008. Stoichiometry and nutrition of plant growth in nature communities [J]. *Ann Rev Ecol Evol Syst*, **39** (1): 153-170
- Álvarez E, Fernández-Marcos ML, Fernández-Sanjurjo MJ. 2005. Application of aluminium toxicity indices to soils under various forest species [J]. *For Ecol Manag*, **211**: 227-239

(上接第 694 页 Continue from page 694)

- higher plants; biogenetic proposals and a chemotaxonomic survey [J]. *Phytochemistry*, **8**: 2 013-2 026
- Chiang YM, Kuo YH. 2003. Two novel α -tocopheroids from the aerial roots of *Ficus microcarpa* [J]. *Tetrahedron Lett*, **44**: 5 125-5 128
- Doan TN, Kim EK, Qui HJ, et al. 2008. Antioxidant and cytotoxic activities of compounds isolated from stem bark of *Garcinia oblongifolia* (Clusiaceae), a vietnamese medicinal plant [J]. *Plant Med*, **74** (9): 1 034-1 034
- Hamed W, Brajeul S, Mahuteau-Betzer F, et al. 2006. Oblongifolins A-D, polyprenylated benzoylphloroglucinol derivatives from *Garcinia oblongifolia* [J]. *J Nat Prod*, **69** (5): 774-777
- Huang SX, Feng C, Zhou Y, et al. 2009. Bioassay-guided isolation of xanthenes and polycyclic prenylated acylphloroglucinols from *Garcinia oblongifolia* [J]. *J Nat Prod*, **72** (1): 130-135
- Jiang Z (姜哲), LI XZ (李雪征), LI N 李宁, et al. 2009. Chemical constituents in *Dioscorea septemloba* (绵萆薢化学成分研究) [J]. *Chin Trad Herb Drugs* (中草药) **40** (7): 1 024-1 026
- Qiu GH (邱桂华), Zuo WJ (左文健), Wang JH (王金辉). 2006. Studies on the chemical constituents of *Ledum palustre* L. (杜香化学成分的研究) [J]. *Mod Chin Med* (中国现代中药), **8** (6): 18-20
- Ruan X, Li ZH, Wang Q. 2011. Autotoxicity and allelopathy of 3, 4-Dihydroxyacetophenone isolated from *Picea schrenkiana* needles [J]. *Molecules*, **16**: 8 874-8 893
- Si JY (斯建勇), Li GQ (李国清), Guo J (郭剑), et al. 1996. Water-soluble constituents of *Clerodendranthus spicatus* (肾茶水溶性成分的研究) [J]. *Chin Trad Herb Drugs* (中草药), **27** (7): 393-394
- Wang XF (王晓飞), Wang XJ (王晓静). 2007. Study on chemical constituents of *Ixeris chinensis* Nakai (中华苦苣菜化学成分研究) [J]. *Chin Trad Herb Drugs* (中草药), **38** (8): 1 151-1 152
- Wei J (魏健), Yang XS (杨小生), Zhu HY (朱海燕), et al. 2008. Chemical constituents of *Vaccinium carlesii* (短尾越橘化学成分研究) [J]. *Guihaia* (广西植物), **28** (4): 558-560
- Xu JH (徐娟华), Lu QH (卢启洪), Zhao Y (赵昱). 2007. Studies on chemical constituents of green algae *Ulva pertusa* (绿藻孔石莼脂类化学成分研究) [J]. *Chin J Chin Mat Med* (中国中药杂志), **32** (15): 1 536-1 538
- Zhang ZF (张正付), Bian BL (边宝林), Yang J (杨健), et al. 2004. Studies on chemical constituents in roots of *Jasminum samba* (茉莉根化学成分的研究) [J]. *Chin J Chin Mat Med* (中国中药杂志), **29** (3): 237-239