

桐花树及其内生菌的化学成分与生物活性研究进展

江蕾^{1,2,3}, 易湘茜¹, 徐谱^{1,3}, 周桂^{2*}, 高程海^{1*}

¹广西中医药大学海洋药物研究所 广西中药药效研究重点实验室, 南宁 530200; ²广西民族大学海洋与生物技术学院 广西高校微生物与植物资源利用重点实验室, 南宁 530006;

³广西科学院 广西海洋天然产物与组合生物合成化学重点实验室培育基地, 南宁 530007

摘要: 桐花树(*Aegiceras Corniculatum*)为真红树植物,其内生菌物种多样性丰富。目前已经从桐花树及其内生菌发酵提取物中获得 105 个化合物,类型包括萜类、醌类、甾醇类、有机酸、黄酮类等,其中包括 25 个新化合物,醌类化合物居多。桐花树化学成分的主要生理生化活性有抗菌、抗氧化、抗衰老、抗肿瘤等。本文综述了过去 60 年来国内外学者从桐花树及其内生菌中发现的化学成分及其生物活性,为红树植物桐花树今后的天然产物化学研究与开发提供科学依据和理论基础。

关键词: 桐花树;红树;化学成分;生物活性;内生菌

中图分类号: O629.9

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2018.S.033

Chemical Constituents and Biological Activities of Mangrove *Aegiceras Corniculatum* and Endophytic Microorganism

JIANG Lei^{1,2,3}, YI Xiang-xi¹, XU Pu^{1,3}, ZHOU Gui^{2*}, GAO Cheng-hai^{1*}

¹Guangxi University of Chinese Medicine, Institute of Marine Drugs/ Guangxi Key Laboratory of Efficacy Study on Chinese Materia Medica, Nanning, 530200, China; ²School of Marine

Sciences and Biotechnology, Guangxi University for Nationalities/Guangxi Colleges and Universities Key

Laboratory of Utilization of Microbial and Botanical Resources, Nanning 530006, China; ³Guangxi Key Laboratory of Marine Natural Products and Combinatorial Biosynthesis Chemistry, Guangxi Academy of Sciences, Nanning 530007, China

Abstract: *Aegiceras corniculatum* was a true mangrove plant and riched in endophytic microorganisms. So far, 105 compounds were reported that isolated from *A. Corniculatum* and its endophytic microorganism's fermentations, which exhibited biological activities such as antibacterial, antioxidant, anti-aging and antitumor. 25 compounds were identified as new compounds and quinones were predominant. This paper reviewed the chemical constituents and biological activities have been found in recent 60 years, which could provide scientific and theoretical basis for the study and develop of natural products of medicinal value.

Key words: *Aegiceras Corniculatum*; mangrove; chemical constituents; biological activities; endophytic microorganism

桐花树俗称黑榄、黑枝(广西)、黑脚梗(海南岛)、浪柴、红葫(广东),是紫金牛科(*Myrsinaceae*)蜡烛果属(*Aegiceras*)植物^[1]。桐花树主要分布于热带亚热带海岸,为常见的优势红树植物,在我国常见于广东、广西、福建及南海诸岛等南部沿海地区,有防风减灾、保护堤岸、净化海岸环境的作用,是维护

海岸生态平衡的重要因素之一。桐花树中营养成分丰富,其多糖成分为杂多糖^[2],且含 15 种微量元素,在叶子提取液中发现 17 种氨基酸,其中 7 种为人体必需氨基酸^[3]。桐花树的树皮有毒鱼的作用^[4]。民间也有关于桐花树入药的记载,其树皮、叶或根具有镇痛、驱虫和抗菌的功效^[5]。经现代药理研究发现,桐花树各部位提取物及内生菌发酵提取物对植物病原真菌具有很好的抑制性作用。桐花树叶和皮的乙醇或水浸提液对 *F. oxysporum*、*Heminthosporium sp.* 和 *Hemphyllium sp.* 3 种植物病原真菌^[6]及其内生真菌的发酵提取物对茄丝核菌、尖孢镰刀菌和新月弯孢霉等 3 种植物病原真菌都有不用程度的抑

收稿日期: 2017-06-19 接受日期: 2018-01-25

基金项目: 国家自然科学基金(21662006); 广西自然科学基金(2015GXNSFB139195); 广西高校科学技术研究重点项目(ZD2014041); 广西中药药效研究重点实验室项目(17-259-20-K2)。

* 通讯作者 Tel: 86-771-2503975; E-mail: gaochenghai@gxas.cn; 13077739608@163.com

制作用^[7]。

1 桐花树及其内生菌的化学成分

1.1 桐花树中的萜类化合物

萜类化合物是由异戊二烯(C5)为基本结构单位,根据异戊二烯结构单元的数目划分为不同类型的萜。萜类中的三萜皂苷具有溶血功能,对鱼和贝类有一定的毒性作用。桐花树中的萜类化合物最早是20世纪50~60年代被印度学者 Rao等^[8-11]在其树皮的石油醚萃取部位分离得到,分别为 aegiceradienol (**1**), genin-A (**2**), aegicerin (**3**), aegicetadiol (**4**)。2005年,张道敬等^[12,13]在桐花树树皮的乙酸乙酯萃取部位中获得了6个三萜化合物,分别为 aegicerin (**3**), protoprimumlageni (**5**), 16 α -hydroxy-13,28-epoxyoleanan-3-one (**6**), prinulagenin A (oleana-12ene-3 β ,16 α ,28-triol) (**7**), embelinone (**8**), schinpefinone (**9**),其中化合物**6**为新化合物。此外,张道敬等^[14]在2007年又从同一部位中获得了1个新三萜化合物 16 α ,28-dihydroxy-3-oxo-12-oleanene (**10**),并命名为桐花树素(aegicornin)。2010年,李勇^[15]等在桐花树小枝的石油醚萃取部位分离得到三萜 taraxerol (**11**)。

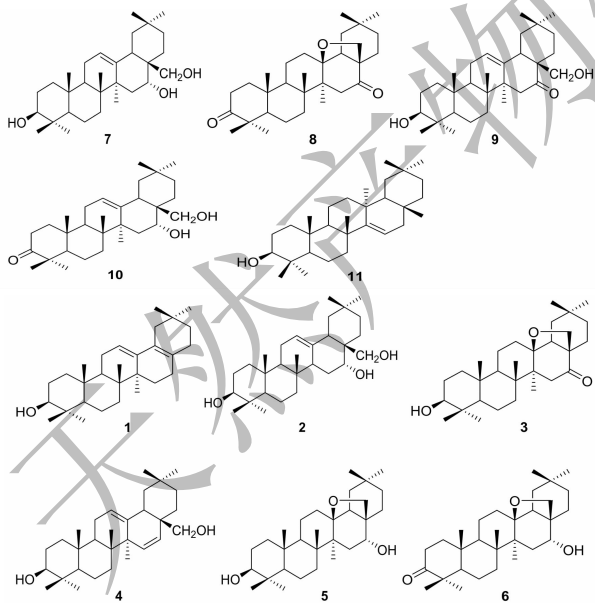


图1 桐花树中存在的三萜化合物结构

Fig. 1 Constitutional formula of triterpenoid in *A. corniculatum*

1.2 桐花树中的醌类化合物

醌类化合物是一类含有两个双键的六碳原子环状二酮结构的芳香族有机化合物。Hensens等^[16]在

桐花树树皮的石油醚萃取部位发现了2个醌类化合物 hydroquinone (**12**) 和 rapanone (**13**)。2004年, Xu等^[17]也在桐花树树皮的石油醚萃取部位发现了10个醌类化合物 (**14**~**23**),其中化合物**14**~**20**为新化合物。此外, Gomez等^[18]在桐花树茎叶的石油醚萃取部位获得了2,5-dihydroxy-3-undecyl-1,4-benzoquinone (**24**), 5-*O*-ethylbenbelin (**21**) 和 3,5-dihydroxy-3-tridecyl-1,4-benzoquinone (**25**) 等3个化合物。李勇等^[15]于2010年在桐花树小枝的石油醚萃取部位中发现11个醌类化合物 (**15**, **21**, **24**, **26**~**33**),其中化合物**28**, **31**和**32**是新化合物。王继栋等^[19]在桐花树枝叶的乙酸乙酯萃取部位得到1,5-二羟基-3-甲氧基-7-甲基蒽醌 (**34**) 和 1,3,5-三羟基-7-甲基蒽醌 (**35**)。

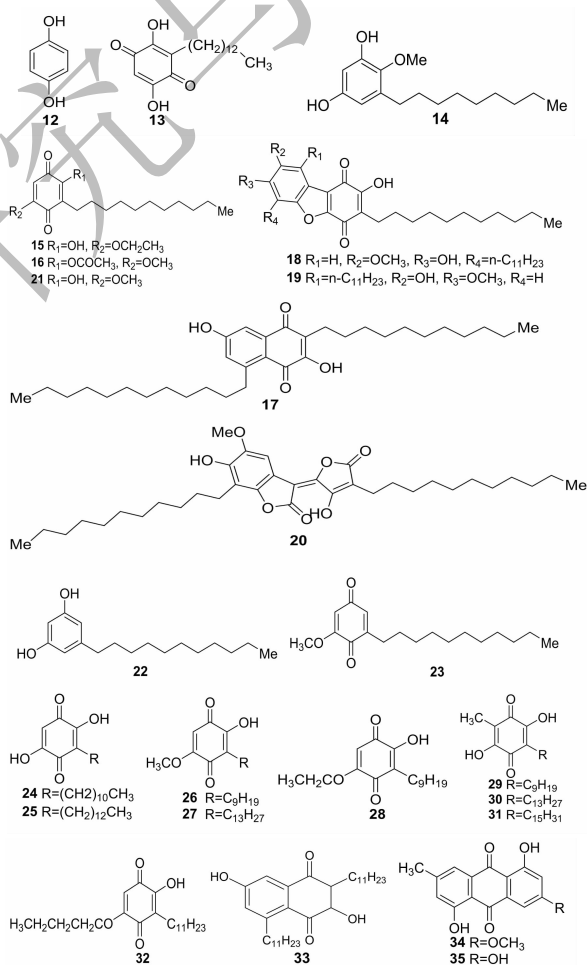


图2 桐花树中存在的醌类化合物结构

Fig. 2 Constitutional formula of quinones in *A. corniculatum*

1.3 桐花树及其内生菌中的甾醇类化合物

甾醇类化合物存在于包括桐花树在内的大多数

红树植物。Rao 等^[8]从桐花树树皮的石油醚萃取物中分离得到 α -菠菜甾醇(36)和豆甾醇(37)。2014年,王海鸣等^[20]也在相同部位的乙酸乙酯萃取部位除了发现 α -菠菜甾醇和豆甾醇外,另外还分离了 β -谷甾醇(38)和岩藻甾醇(39)。2015年,鞠志冉^[21]通过大米发酵桐花树内生真菌 NAcFL10,从中得到了麦角甾醇(40)。

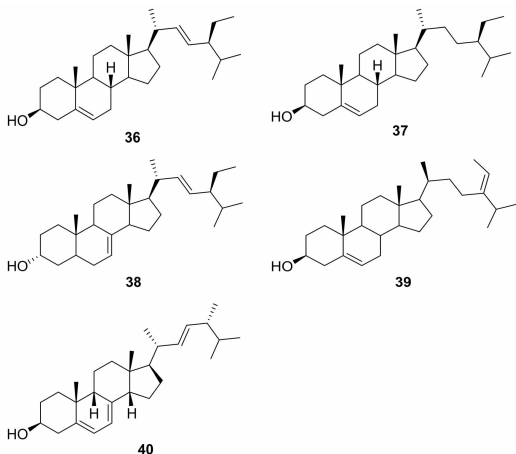


图3 桐花树中存在的甾醇类化合物结构

Fig. 3 Constitutional formula of sterols in *A. corniculatum*

1.4 桐花树及其内生菌中的有机酸类

有机酸已被证实存在于植物根系分泌物中,大部分为多元羧酸^[22]。2005年,张道敬等^[12,13]在桐花树树皮的乙酸乙酯萃取部位分离得到没食子酸(41)、丁香酸(41)、十六碳酸(43)、原儿茶酸(44)和香草酸(45)。2007年,张道敬等^[14]又在相同部位分离得到棕榈酸(46)。2009年,徐佳佳等^[23]在桐花树茎皮的乙醇提取物中分离得到齐墩果酸(47)。2004年,徐庆妍^[24]从桐花树树皮中分离出内生真菌小孢盘多毛孢(*Pestalotiopsis microspora*),并在其发酵代谢产物中分离得到亚麻酸(48),对羟基苯甲酸(49),2,5-二羟基苯甲酸(50)。2010年,王芳芳^[25]在桐花树内生菌 *Streptomyces sp.* 发酵液中分离出8个有机酸类化合物(51~57),其中化合物51~54为新化合物。2014年,廖日权^[26]等在桐花树内生真菌 ME-3 次生代谢产物中分离得到了苯甲酸(58)。

1.5 桐花树中的黄酮类化合物

黄酮类化合物是以2-苯基色原酮为母核而衍生的一类黄色色素,是红树植物中主要化学成分之一。Rao 等^[27]在桐花树树皮中得到了异鼠李素(59)。张道敬等^[12]也从同一部位分离得到该化合

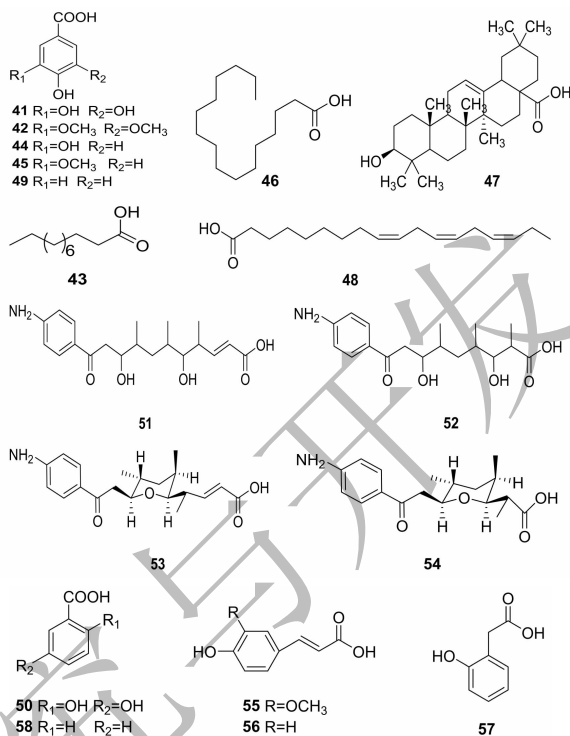


图4 桐花树中存在的有机酸类化合物结构

Fig. 4 Constitutional formula of organic acids in *A. corniculatum*

物,另外还发现了异鼠李素 3-O- α -L-呋喃鼠李糖-(1 \rightarrow 6)- β -D-吡喃葡萄糖(60)。近十年在桐花树中新发现的黄酮类化合物仅有槲皮素(61)^[19]。

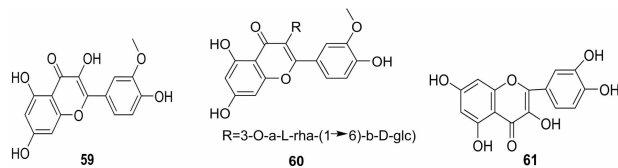


图5 桐花树中存在的黄酮类化合物结构

Fig. 5 Constitutional formula of flavonoids in *A. corniculatum*

1.6 桐花树及其内生菌中的酯类化合物

酯类是由无机酸或有机酸与醇进行酯化反应缩去水而形成的一类化合物。2004年,徐庆妍^[24]从桐花树树皮内生真菌 *Dothiorella sp.* 的发酵液中分离得到5个结构相似的酯类化合物(62~66),其中化合物62~65为新化合物。同时,徐庆妍在内生真菌 *P. microspora* 的发酵液中分离得到1,2-二亚油酸-3-硬脂酸-甘油三酯(67)。2009年,林诚^[28]从拟诺卡氏菌的发酵液中分离得到邻氨基苯甲酸甘油酯(68)和乙酸甘油酯(69)。2010年,王芳芳^[25]在桐花树内生菌 *Streptomyces sp.* 发酵液中分离出甲酯-2-

(2-羟基苯)-乙酸(70)。2014年,廖日权等^[26]在桐花树内生真菌 ME-3 的发酵液中获得了东茛菪内酯(71)和邻苯二甲酸二丁酯(72)。2015年,鞠志冉^[21]在内生真菌 NAcFL10 的发酵液中也分离到了邻苯二甲酸正丁酯,另外还有3,5,6-三甲基-2,4-二羟基-苯甲酸乙酯(73)。除此之外,还有王继栋等^[19]从桐花树枝叶中分离得到的茴香酸对羟苯乙酯(74)和邻苯二甲酸二辛酯(75),李勇^[15]在桐花树的石油醚部分分得1个新的杂环烯类化合物2-十二酰-4-羟基-4-氢-3-羧酸甲酯(76)。

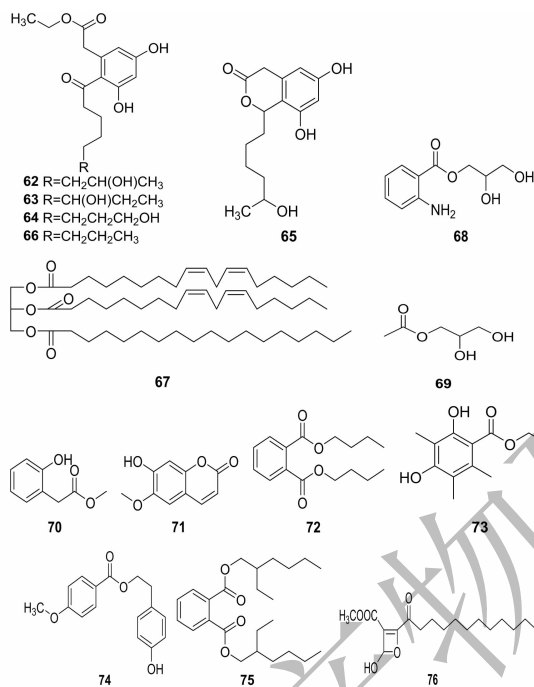


图6 桐花树中存在的酯类化合物结构式

Fig. 6 Constitutional formula of esters in *A. corniculatum*

1.7 桐花树内生菌中的肽类及衍生化合物

肽类化合物是由氨基酸通过肽键联接而成的一类化合物。2009年,林诚^[28]从拟诺卡氏菌的发酵液中分离得到8个肽类化合物,分别为乙酰色胺(77)、甲酰色胺(78)、4-色胺-4-氧代丁酸(79)、4-色胺-4-氧代丁酸甲酯(80)、N-(1,3-二羟基异丙基)邻羟基苯甲酰胺(81)、乙酰酪胺(82)、cyclo(D-cis-HyPro-L-Phe)(83)和cyclo(L-Pro-L-Tyr)(84)。2010年,王芳芳^[25]在桐花树内生菌 *Streptomyces* sp. 发酵液中分离得到的环(D-苯丙氨酸-L-丝氨酸)(85)。2015年,鞠志冉^[21]在内生真菌 NAcFL10 的发酵液中分离得到的 Leptosphaerin(86)和二氢-4-羟基-5-羟甲基-2-咪喃酮(87)。

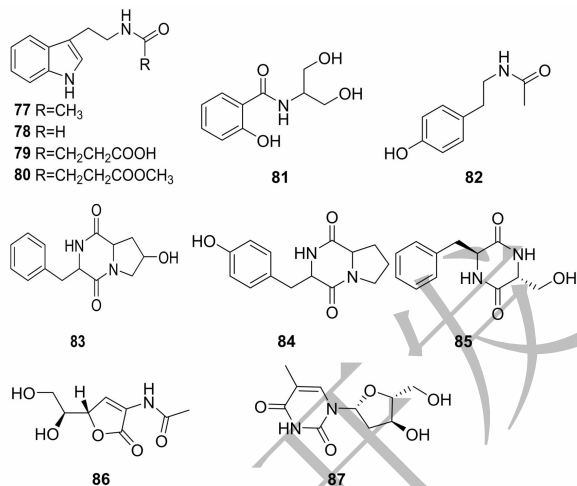


图7 桐花树中存在的肽类化合物结构

Fig. 7 Constitutional formula of peptides in *A. corniculatum*

1.8 桐花树及其内生菌中的其它化合物

除上述化学成分,桐花树中也存在其它类型的化合物。王继栋等^[19]分离得到镰叶芹二醇(88)、羽扇豆醇(89)、白藜芦醇(90)、正三十一烷醇(91)。徐佳佳等^[23]分离得到正三十二烷醇(92)和正三十四烷醇(93)。徐庆妍^[24]从桐花树内生菌中获得了2,5-二羟基苯甲醛(94)。鞠志冉^[21]在内生真菌 NAcFL10 中获得了二氢-4-羟基-5-羟甲基-2-咪喃酮(95)、5-羟甲基糠醛(96)和对羟基苯乙醇(97)。林诚^[28]从拟诺卡氏菌(*Nocardopsis*)中获得了6-(4-羟基-2-基-2-戊烯)-3,5-二甲基-2-酮-2H-吡喃(98)、6-(2-基-2-戊烯)-5-羟甲基-3-甲基-2-酮-2H-吡喃(99)、6-(2-基-2-戊烷)-5-羟甲基-3-甲基-2-酮-2H-吡喃(100),其中98~100为新化合物。王芳芳^[25]在桐花树内生菌 *Streptomyces* sp. 分离到5个吡啶类化合物(101~105),其中105为新化合物。

2 桐花树及其内生菌提取物的生物活性

2.1 桐花树及其内生菌提取物的抑菌活性

黄燕等^[29]发现桐花树叶的水/醇提取物对金黄色葡萄球菌和耐甲氧西林金黄色葡萄球菌的抑菌圈直径都分别达到20 mm和12 mm, MIC值和MBC值都分别为25 mg/mL和50 mg/mL,分属高度敏感和中度敏感。覃亮^[30]等发现其桐花树杂多糖对大肠杆菌、枯草芽孢杆菌、黑曲霉菌均有抑制作用, MIC值分别为2、2、4 mg/mL。缪莉^[31]通过测试获得的35株内生真菌对枯草杆菌、大肠杆菌、金葡萄球菌、镰

刀菌和假丝酵母的拮抗活性发现,有 8 株具有抑菌活性,其中 3 株具有高抑菌活性(抑菌圈为 8 ~ 12 mm)。徐庆妍^[24]从桐花树树皮内生真菌 *Dothiorella* sp. 中分离得到的 2-[3',5'-二羟基-2'-辛酮基苯基]-乙酸乙酯对常见的植物致病菌木霉、枝孢霉、镰刀菌、红色脉孢菌和交链孢霉都有不同程度的抑制作用,其中以对木霉和镰刀菌的作用最强, MIC 为 0.0625 mg/mL。

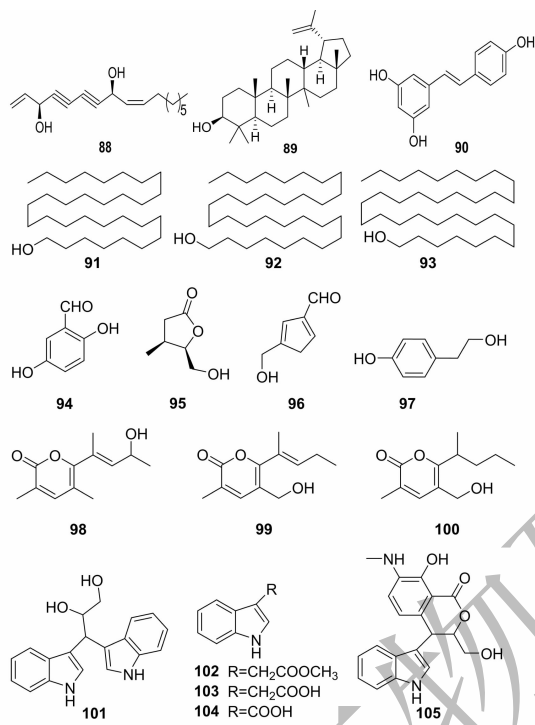


图 8 桐花树中存在的其它化合物结构

Fig. 8 Constitutional formula of other compounds in *A. corniculatum*

2.2 桐花树提取物的抗氧化活性

徐佳佳等^[32]对桐花树茎皮的乙酸乙酯萃取物、桐花树叶的正丁醇萃取物和乙酸乙酯萃取物均做了抗氧化活性研究,结果显示其清除 H_2O_2 的 IC_{50} 分别为 0.101、0.238 mg/mL 和 0.293 mg/mL,其中树叶的乙醇总浸膏的抗氧化活性优于维生素 C ($IC_{50} = 0.295$ mg/mL)。黄晓冬^[33]、蔡建秀^[34]等发现桐花树叶及其树根的多酚提取物有较强的抗氧化活性,但两个部位之间的多酚提取物有何异同或联系有待深究。同时,蔡建秀等^[35]还发现桐花树果实乙酸乙酯部位也有较强的抗氧化活性,清除 DPPH 自由基和羟自由基能力的 EC_{50} 值分别为 0.135 和 0.1993 mg/mL。在细胞与组织体外抗氧化体系中,

也验证了该部位对 H_2O_2 诱导小鼠红细胞氧化溶血具有较强的抑制作用。

2.3 桐花树提取物的抗衰老活性

黄晓冬等^[36]利用桐花树叶的醇提取物进行抗衰老研究,结果发现 2.0% 的桐花树叶乙酸乙酯萃取物处理组的大鼠皮肤组织总超氧化物歧化酶 (T-SOD) 活性、羟基自由基清除能力、羟脯氨酸 (HYP) 和胶原蛋白含量均极显著高于阴性对照组、阳性对照组 (2.0% 熊果普膏状体) 与 1.0%、0.5% 乙酸乙酯部位膏状体处理组 ($P < 0.01$),表明桐花树叶醇提取物的乙酸乙酯萃取部分具有一定的抗氧化作用。

2.4 桐花树及其内生菌提取物的抗肿瘤活性

Xu 等^[17]发现在以秋水仙碱 (colchicine) 作为阳性对照的条件下,除了 5-O-methylmbdin 和 5-O-ethylmbelin 之外的 8 个化合物均呈阴性反应 ($IC_{50} > 0.295$ μ g/mL),只有 5-O-methylmbdin 和 5-O-ethylmbelin 对 HL-60, Bel7402, U937 和 HeLa 有细胞毒性作用。2002 年,缪莉^[31]以人白血病 HL-60 细胞和人口腔皮样癌 KB 细胞为指示,采用 MTT 法从分离到的 35 株内生真菌中筛选得到 2 株活性菌株。2004 年,徐庆妍^[24]以 KB 细胞和人 B 淋巴瘤 Raji 细胞作为指示,用 MTT 法检测后发现化合物 2-[3',5'-二羟基-2'-辛酮基苯基]-乙酸乙酯抗肿瘤活性较强,对 KB 细胞和 Raji 细胞的 IC_{50} 分别为 4 μ g/mL 和 0.0625 μ g/mL。2017 年,侯小涛^[37]、罗花^[38]等发现桐花树叶石油醚提取物对人前列腺癌细胞 PC3、DU145 和人结肠癌 HT6229、SW480、DLD621 细胞具有增殖抑制作用,并可明显抑制这些细胞的克隆形成,在制备治疗前列腺癌与结肠癌药物方面具有潜在应用前景。

2.5 桐花树提取物的其他活性

蔡建秀等^[39]发现桐花树叶乙酸乙酯部位及其水部位对 α -葡萄糖苷酶均有抑制作用,且抑制作用均优于阿卡波糖,乙酸乙酯部位具有强抑制活性,推测与其具有较高的多酚与总黄酮含量有关。另外,蔡建秀等^[40]还发现桐花树根多糖在浓度 0.2 ~ 1.0 mg/mL 时,桐花树根中性多糖、碱性多糖对酪氨酸酶活性具有双向调节作用,但酸性多糖对酪氨酸酶活性仅表现为激活作用。

3 小结与展望

桐花树生长在热带亚热带的沿海地区,桐花树

生长地区的特殊性决定了桐花树与其他木本植物相比,其化学成分和生物理化活性方面都有较大的差别。桐花树各部分提取物与其内生菌发酵后所得化合物相比,只有醇类、有机酸类、酯类和甾醇类等有相似化合物,萜类和醌类仅存在于桐花树各部分提取物中,肽类仅存在于内生菌发酵产物中。活性研究表明,桐花树叶在各部位与内生菌发酵提取物中的活性最为突出。随着桐花树等红树植物成为保护植物,在对红树植物各个部位中的化学成分进行药用研究中,应主要针对可再生部位如落叶、花、果实等进行研究,尽量不选择根、茎、树干等作为研究对象。除此之外,桐花树中丰富的内生菌资源也蕴藏着许多具有药用价值的化合物。目前已经有研究指出,一些植物的内生菌株产生的代谢产物是其活性成分的来源或前体,并且对其内生菌的研究降低了对红树植物的破坏,应优先考虑作为研究对象。桐花树化学成分的研究已经从 20 世纪 50-60 年代持续至今,已发现化合物 105 种,包括 25 种新化合物,但目前对桐花树及其内生菌相对系统的化学成分相关性研究尚未开展。在代谢产物活性研究领域,虽然已有众多文献表明桐花树各部位与内生菌发酵提取物具有抗肿瘤、抗衰老等多种活性,但究竟是单一化合物或多个化合物联合起作用还需进一步的研究,且现阶段有关活性都为分部位研究,不同部位存在相同活性时并未寻找其联系,故在之后的研究中需要寻找其异同点或有何联系。现如今,对桐花树各领域和各层次的研究仅仅是刚开始,深入开展探索桐花树及其内生菌的化学成分及其生物活性的任务,对桐花树的物种保护和对桐花树及其内生菌所含药用化学成分等潜在资源正当的开发利用具有非常重要的价值。

参考文献

- Zhao Y(赵亚), *et al.* The proceeding of chemical constituents and pharmacological activities of mangrove[J]. *Chin J Nat Med*(中国天然药物), 2004, 3: 10-15.
- Qin L(覃亮), *et al.* Study on the polysaccharide extraction and constitution from *Aegiceras corniculatum*[J]. *Strait Pharmaceut J*(海峡药学), 2011, 23: 63-65.
- Song WD(宋文东), *et al.* Analysis of the aminoacids and trace elements come from the leaves of the mangrove plant *Aegiceras corniculatum*[J]. *Food Res Dev*(食品研究与开发), 2008, 29: 106-108.
- Lin P(林鹏). A review on the mangrove research in China [J]. *J Xiamen Univ: Nat Sci*(厦门大学学报, 自科版), 2001, 2: 592-603.
- Ning XQ(宁小清), *et al.* Study on the species of medicinal mangroves in Guangxi and its folk medicinal efficacy[J]. *Guide China Med*(中国医药指南), 2013, 11: 73-75.
- Huang Liang YL(黄梁绮龄), *et al.* Study of mangrove plants resources in Hong Kong(I) —evaluation of antifungal activity of the four common mangrove plants[J]. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发), 1994, 6: 5-9.
- Deng ZJ(邓祖军), *et al.* Study on the antibacterial and antifungal activities of mangrove fungi endophytes[J]. *J Guangdong Coll Pharm*(广东药学院学报), 2007, 23: 563-567.
- Rao K V, *et al.* Chemistry of *Aegiceras majus Gaertn.* IV. some minor constituents[J]. *Ann Biochem Exp Med*, 1961, 21: 355-358.
- Rao K V, *et al.* Chemistry of *Aegiceras majus Gaertn.* II b. Isolation of 28-norolean-12, 17-dien-3 β -ol[J]. *J Org Chem*, 1962, 27: 1470-1472.
- Rao K V, *et al.* Chemistry of *Aegiceras majus Gaertn.* III. structure of aegiceradiol[J]. *Tetrahedron*, 1962, 18: 461-464.
- Rao K V. Chemistry of *Aegiceras majus Gaertn.* V. structure of the triterpene aegicerin[J]. *Tetrahedron*, 1964, 20: 973-977.
- Zhang D J, *et al.* Oleanane triterpenes from *Aegiceras corniculatum*[J]. *Fitoterapia*, 2005, 76: 131-133.
- Zhang D J(张道敬), *et al.* Chemical constituents from mangrove: *Aegiceras corniculatum*[J]. *Chin Tradit Pat Med*(中成药), 2005, 27: 1308-1310.
- Zhang D J(张道敬), *et al.* Chemical constituents of mangrove plant *Aegiceras corniculatum*[J]. *Chin Herb Med*(中草药), 2007, 11: 1601-1603.
- Li Y(李勇). Studies on chemical constituents of mangrove plant *Aegiceras corniculatum*[D]. Taiyuan: Shanxi medical University(山西医科大学), 2010.
- Hensens OD, *et al.* Extractives of the bark of *Aegiceras corniculatum*[J]. *Aust J Chem*, 1966, 19: 169-174.
- Xu MJ, *et al.* Chemical constituents from the mangrove plant *Aegiceras corniculatum*[J]. *J Nat Prod*, 2004, 67: 762-766.
- Gomez E, *et al.* Toxicants from mangrove plants, V. Isolation of the piscicide, 2-hydroxy-5-methoxy-3-undecyl-1, 4 benzoquinone (5-O-methylembelin) from *Aegiceras corniculatum*[J]. *J Nat Prod*, 1989, 52: 649-651.
- Wang JD(王继栋), *et al.* Chemical constituents of mangrove plant *Aegiceras corniculatum*[J]. *Chin J Nat Med*(中国天然药物), 2006, 4: 275-277.
- Wang HO(王海鸣), *et al.* Chemical constituents from the bark of *Aegiceras Corniculatum*[J]. *Guangdong Chem*(广东

- 化工), 2014, 4: 26-27.
- 21 Ju ZR(鞠志冉). Studies on the secondary metabolites and bioactivities of two endophytic fungal strains isolated from mangrove plants[D]. Guangzhou: Jinan University(暨南大学), 2015.
- 22 Liu Y(刘玉), *et al.* Composition and contents of organic acids in root exudates of mangrove *Aegiceras corniculatum* and *Kandelia candel*[J]. *Chin J Appl Environ Biol*(应用与环境生物学报), 2014, 5: 850-855.
- 23 Xu JJ(徐佳佳), *et al.* Study on chemical constituents from *Aegiceras corniculatum*[J]. *W China J Pharmaceut Sci*(华西药理学杂志), 2009, 2: 120-123.
- 24 Xu QY(徐庆妍). Metabolites from two mangrove endophytic fungi and their antimicrobial and antitumor activities[D]. Xiamen: Xiamen University(厦门大学), 2004.
- 25 Wang FF(王芳芳). Studies on the chemical constituents of the fermentation broth from mangrove *Aegiceras corniculatum* endophyte *Streptomyces* sp[D]. Taiyuan: Shanxi medical University(山西医科大学), 2010.
- 26 Liao RC(廖日权), *et al.* Study on the chemical constituents of endophytic fungus ME-3 from the *Aegiceras corniculatum*[J]. *J Qinzhou Univ*(钦州学院学报), 2014, 11: 9-11.
- 27 Rao K V, *et al.* Genin-A and isorhamnetin from the bark of *Aegiceras majus Gaertn*[J]. *J Indian Chem*, 1959, 36: 358-360.
- 28 Lin C(林诚). Study on the isolation, identification, bioactivity and secondary metabolites of mangrove actinomycetes[D]. Xiamen: Xiamen University(厦门大学), 2009.
- 29 Huang Y(黄燕), *et al.* Study on *in vitro* antibacterial activities of six kinds of pharmacognostic mangroves[J]. *J Guangxi Univ Chin Med*(广西中医药大学学报), 2014, 3: 38-40.
- 30 Qin L(覃亮), *et al.* Study on the extraction polysaccharide of *Aegiceras corniculatum* and its antibacterial activity[J]. *Chin Tradit Pat Med*(中成药), 2012, 34: 1367-1369.
- 31 Miu L(缪莉). Primary studies on antimicrobial and antitumor agents of endophytic fungi isolated from mangroves[D]. Xiamen: Xiamen University(厦门大学), 2002.
- 32 Xu JJ(徐佳佳). Studies on chemical constituents and biological activity of *Aegiceras corniculatum*[D]. Nannig: Guangxi Medical University(广西医科大学), 2007.
- 33 Huang XD(黄晓冬), *et al.* Antioxidant activities of polyphenol extract from *Aegiceras corniculatum* and its influencing factors[J]. *J Quanzhou Norm Univ*(泉州师范学院学报), 2014, 2: 1-6.
- 34 Cai JX(蔡建秀), *et al.* Study on *in vitro* inhibitory and antioxidant activities of polyphenol extracts from *Aegiceras corniculatum* roots on α -glucosidase[J]. *Chin Hosp Pharm J*(中国医院药学杂志), 2015, 24: 2193-2196.
- 35 Cai JX(蔡建秀), *et al.* Antioxidant Activity *in vitro* of the ethylacetate fraction from *Aegiceras corniculatum* fruit[J]. *Chin Agr Sci Bull*(中国农学通报), 2015, 31: 13-17.
- 36 Huang XD(黄晓冬), *et al.* Effect of the ethyl acetate fraction from ethanol extract of *Aegiceras corniculatum* leaves on antioxidant and anti-senescence ability in rat skin[J]. *Planta Sci J*(植物科学学报), 2015, 4: 536-544.
- 37 Hou XT(侯小涛), *et al.* *Aegiceras corniculatum* petroleum ether extract, preparation and application of the treatment of prostate cancer, CN 107095889 A[P]. 2017.
- 38 Luo H(罗花), *et al.* Application of *Aegiceras corniculatum* petroleum ether extract preparation and treatment of colon cancer, CN 107095890 A[P]. 2017.
- 39 Cai JX(蔡建秀), *et al.* Study on α -glucosidase inhibitory activity of the ethyl acetate extract from leaves of *Aegiceras corniculatum*[J]. *Food Res Dev*(食品研究与开发), 2015, 36: 1-6.
- 40 Cai JX(蔡建秀), *et al.* Study on extraction, physicochemical properties and anti-tyrosinase activity of polysaccharides in *Aegiceras corniculatum* root[J]. *Chin Agr Sci Bull*(中国农学通报), 2015, 31: 12-18.