

• 综 述 •

柽柳属植物的化学成分和药理活性研究进展

廖 菁^{1,2}, 邢亚超³, 李 宁^{3*}, 张 娟², 倪 慧^{2*}, 贾晓光²

1. 新疆大学 生命科学与技术学院, 新疆 乌鲁木齐 830046

2. 新疆维吾尔自治区中药民族药研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002

3. 沈阳药科大学 中药学院 基于靶点的药物设计与研究教育部重点实验室, 辽宁 沈阳 110016

摘 要: 柽柳属植物是干旱、半干旱区沙荒地和盐碱化土地上生长的灌木, 含多种化学成分, 如黄酮、三萜、苯丙酸、甾体类以及有机酸、酚酸类等; 药理研究表明其具有保肝、抗氧化、抑菌、抑制 α -葡萄糖苷酶、抗肿瘤等活性。综述了柽柳属植物不同药用部位的化学成分和药理活性, 为进一步研究和开发柽柳属植物资源提供参考。

关键词: 柽柳属; 化学成分; 黄酮类; 药理活性; 保肝; 抗氧化; 抗肿瘤

中图分类号: R282.7

文献标志码: A

文章编号: 1674-5515(2012)04-0404-05

Advances in studies on chemical constituents in plants of *Tamarix* L. and their pharmacological activities

LIAO Jing^{1,2}, XING Ya-chao³, LI Ning³, ZHANG Juan², NI Hui², JIA Xiao-guang²

1. College of Life Science and Technology, Xinjiang University, Urumqi 830046, China

2. Xinjiang Institute of Chinese Materia Medica and Ethical Materia Medica, Urumqi 830002, China

3. Key Laboratory of Structure-Based Drug Design & Discovery, Ministry of Education, School of Traditional Chinese Materia Medica, Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang 110016, China

Abstract: The plants in *Tamarix* L. are shrub which usually distribute in arid or semiarid desert area and saline-alkali fields. A variety of chemical constituents, such as flavonoids, triterpenes, steroids, phenylpropanoids, organic acids and phenolic acids are isolated from the plants in *Tamarix* L. The pharmacological study reveals that plants in *Tamarix* L. show hepatoprotective, anti-oxidant, antibacterial, α -glucosidase inhibitive, and antitumor effects. The chemical components and pharmacological activities in different medicinal parts of the plants from *Tamarix* L. are reviewed in this paper, aiming at providing basis for further development and application of the plants in *Tamarix* L.

Key word: *Tamarix* L.; chemical constituents; flavonoids; pharmacological activities; hepatoprotection; anti-oxidant; antitumor

柽柳属 *Tamarix* L. 是柽柳科 (Tamaricaceae) 中分布最广、种类最多的属。本草文献始载于《日华子本草》, 名赤柽木, 以柽柳为名则见于《本草图经》“柳华”条下, 云: “杰柽木, 生河西沙地, 皮赤、叶细, 即是今所谓柽柳者, 又名‘春柳’, 味甘、辛、平, 归心、肺、胃经, 能散风、解表、透疹、凉血、解毒。柽柳分布的特有现象明显, 有许多种仅分布

于印度、巴基斯坦和我国西北干旱区。我国柽柳属植物有 20 种 1 变种, 占柽柳属总数的 29.4%, 集中在西北各省区的荒漠和半荒漠区, 其中以新疆、甘肃、内蒙古、青海和宁夏为最多。其药用价值也很高, 主要用于发麻疹, 外治皮肤瘙痒, 民间用来治疗癌症, 据《哈医药》书记载, 对于感冒、风湿性腰痛、牙痛、扭伤、创口坏死、脾脏疾病等均有

收稿日期: 2012-03-23

基金项目: 国际科技合作项目 (2010DFB30540)

作者简介: 廖 菁 (1988—), 女, 四川省遂宁市人, 食品科学硕士研究生, 研究方向为食品与药品分析。E-mail: liaojingn@sina.com

*通讯作者 李 宁, 女, 副教授, 硕士生导师。Tel: (024)23986475 E-mail: liningsypharm@163.com

倪 慧, 女, 研究员, 硕士生导师, 主要从事天然药物的分析及制剂。Tel: (0991)8855334 E-mail: xjnihui@163.com

很好的疗效^[1-3]。

该属植物因其独特的生物学构造,多数种具有抗旱、耐盐碱、耐水湿、耐贫瘠的特性,是优良的盐碱地造林树种和固沙先锋树种,在我国荒漠和盐碱地植被中占有重要地位^[4]。该属植物的主要化学成分为黄酮、三萜、苯丙酸、有机酸、甾体、鞣质等多酚类成分以及香豆素、木脂素、脂肪烷烃等^[5]。药理活性主要有保肝、抗氧化、抗炎、抗菌、DNA损伤、抗肿瘤作用,还用于治疗哮喘、风寒感冒和镇痛等症^[6],因此具有很重要的应用及利用价值。对柽柳属植物化学成分和药理活性进行综述,以期为其进一步研究与开发提供文献依据。

1 化学成分

《中华本草》记载柽柳属植物的化学成分多以脂肪酸、醚类化合物为主。到目前为止,柽柳属植物已分离鉴定的主要化学成分有黄酮类、三萜类、苯丙酸类、甾体类、有机酸等,其中多酚类成分是近年来天然产物研究的热点,具有很强的抗氧化、抗衰老活性^[5-8]。

1.1 黄酮类

黄酮类化合物存在于柽柳属植物的花、叶、茎枝中,主要有黄酮苷、黄酮苷元以及硫酸酯化黄酮等。从多枝柽柳 *T. ramosissima* Ledeb.^[9]、红花多枝柽柳 *T. hohenackeri* Bunge^[10]、刚毛柽柳 *T. hispida* Willd.^[11]、柽柳 *T. chinensis* Lour.^[12-13]的不同部位分离并鉴定了鼠李柠檬素、鼠李素、山柽酚、香橙素、(2 α ,3 β)-二氢鼠李素、7,4'-二甲氧基山柽酚、3-甲氧基山柽酚、槲皮素、3',4'-二甲基槲皮素、异鼠李素、山柽酚-4-甲醚。柽柳醇提物中分离得到山柽酚-4'-甲醚、山柽酚-7-甲醚、5-羟基-7,4'-二甲氧基黄酮^[10]。从尼罗河柽柳 *T. nilotica* (Ehrenb.) Bunge 叶子的正丁醇提取物中分离出槲皮素 3-O- β -D-吡喃葡萄糖苷和柽柳素^[14]。

从 *T. amplexicaulis* Ehrenb. 和 *T. tetragyna* Ehrenb. 花的醇提物中分离得到 3 个新的硫酸酯化黄酮,分别为 3-亚硫酸钾氧基-3',4'-二甲氧基槲皮素^[15]、3,3',4'-三亚硫酸钾氧基-7-甲氧基槲皮素^[16]和 3,5-二亚硫酸钾氧基-7,4'-二甲氧基山柽酚^[17]。并得到 6 个已知化合物,分别为 3,5-二亚硫酸钾氧基-7,4'-二甲氧基山柽酚,3,3,4-三亚硫酸钾氧基-7-甲氧基槲皮素^[15],3-亚硫酸钾氧基-7,4'-二甲氧基槲皮素^[15-17],3-亚硫酸钾氧基-7,4'-二甲氧基山柽酚^[17],3-亚硫酸钾氧基槲皮素^[15,17],3-亚硫酸钾氧基-4'-甲氧基山柽

酚^[17]。还从 *T. amplexicaulis* Ehrenb. 醇提物中分离得到了山柽酚-3-O-葡萄糖醛酸苷和槲皮素-3-O-葡萄糖醛酸苷^[17]。

1.2 三萜类

三萜类化合物存在于柽柳属植物干枝、叶中,主要有齐墩果烷型、乌苏烷型和羽扇豆烷型等。有文献报道,从多枝柽柳中分离得到 2 个三萜类化合物,分别为油桐酸和 3-羧基油桐酸^[9],从柽柳中分离鉴定了 12 个萜类化合物,分别为白桦脂醇、白桦脂酸、羽扇豆醇、2,4-亚甲基环阿尔廷醇、杨梅二醇、异杨梅二醇、异油桐醇酸、异油桐醇酸 3-对羟基肉桂酸酯、2 α -羟基齐墩果酸、植醇、柽柳醇、柽柳酮^[18-19]。刚毛柽柳和尼罗河柽柳中分离出 3 个新的三萜化合物,分别为 3- β -醇基-D-弗瑞德齐墩果-14-烯-28-酸甲酯^[20]、3-O-反式咖啡酰基异杨梅二醇^[21]、3 α -(3'',4''-二羟基-反式-肉桂酸酯)-D-弗瑞德齐墩果-14-烯-28-酸^[11,14,20]。

1.3 苯丙酸类

从多枝柽柳和红花多枝柽柳中分离出苯丙酸类化合物,分别为异阿魏酸^[9]、阿魏醛^[10]、2-羟基-4-甲氧基肉桂酸^[13]、3-亚硫酸钾氧基阿魏酸^[14]、3-亚硫酸钾氧基异阿魏酸^[15]、3-亚硫酸钾氧基-4,4'-二甲氧基鞣花酸^[15]、异阿魏醛^[20]、阿魏酸^[22]等。

1.4 甾体类

从柽柳中分离得到 6 个甾体类化合物,分别为 β -谷甾醇、豆甾-4-烯-3,6-二酮、麦角甾-4,24(28)-二烯-3-酮、豆甾烷-3,6-二酮、豆甾-4-烯-3-酮、胆甾醇^[12]。从柽柳干燥嫩枝叶和红花多枝柽柳中都分离出 β -谷甾醇- β -D-葡萄糖苷^[9,12,22]。

1.5 有机酸及其他

柽柳属植物中分离出各类有机酸、酚酸及各种挥发油等,从柽柳和尼罗河柽柳中分离出逆没食子酸 3,3'-二甲醚^[9]、没食子酸甲酯-3-甲醚^[13]、没食子酸^[13]、鞣花酸、双脱氢没食子酸、三脱氢没食子酸^[22]。

从无叶柽柳 *T. aphylla* (Linn.) Karst. 和 *T. tetragyna* Ehrenb. 中分离到新化合物 2-O-没食子酸-(α/β)-⁴C₁-吡喃葡萄糖^[16]、3,4,8-三羟基苯并吡喃-6,9-二酮^[23]和 2-氧-没食子酸-3-氧-(3,4,5,6,7-五对苯基苯酚醚-8a-羧酸-1-羧基)-4,6-(S)-六羟基苯二酚-(α/β)-⁴C₁-吡喃葡萄糖^[24],还从此植物中分离出新的酚酸类化合物 3,5 二羟基-4-(4'-羟基苯甲酰氧基)-苯甲酸、3,3'-二甲氧基-4,4'-双亚甲基氧-Z,Z-肉桂酸^[22]。

桉柳干燥嫩枝叶醇提物中分离得到脂肪族成分硬脂酸、正三十一烷、12-正三十一烷醇、三十二烷醇乙酸酯、桉柳酚^[11]。*T. hampeana* L.中还分离出新脂肪醇类化合物 laserine^[25]。

Saidana 等^[26]对 *T. boveana* Bunge 地上部分、花、树叶、茎不同部位挥发油的化学成分进行分离并鉴定了 62 个化合物。吉力等^[27]从桉柳的干枝叶中分析了挥发油的化学成分,鉴定了 63 个化合物,占挥发油总量的 81.76%。白红进等^[28]从桉柳花的乙醇提取物中,用 GC-MS 法对化学成分进行分离并鉴定了 48 种化合物,所鉴定化合物的量占提取物的 87.23%。王斌等^[29]采用 GC-MS 方法从桉柳属植物挥发油中分析鉴定了 26 种成分,占挥发油总量的 91.0%,采用 ICP-MS 法测定了无机元素成分,共检出 27 个元素。吴彩霞等^[30]从桉柳花的挥发油中分离鉴定了 36 个化合物。

2 药理活性

2.1 保肝

Assiri 等^[31]研究 *T. amplexicaulis* Ehrenb.种子的醇提物对四氯化碳 (CCl₄)、乙酰氨基酚和 D-半乳糖诱发的大鼠急性肝炎的作用,结果显示,血清谷丙转氨酶 (ALT) 和谷胱甘肽的活性提高,相反血清谷草转氨酶 (AST) 下降,肝脂质过氧化,表明醇提物对 CCl₄ 或乙酰氨基酚引起的肝损害具有护肝作用,并表现出剂量相关性。

Sehrawat 等^[32]研究红花多枝桉柳对硫代乙酰胺 (TAA) 诱发大鼠的肝内氧化应激反应的作用,结果表明红花多枝桉柳是一种有效的化学预防剂,能够抑制 TAA 诱导大鼠的肝内氧化应激反应和肝毒性。

Abouzid 等^[33]研究表明,尼罗河桉柳花的醇提物能显著降低糖尿病大鼠组织中的谷胱甘肽水平,同时能改善 CCl₄ 对肝脏的不利影响并使大鼠生化指标恢复正常。

2.2 抗氧化

Abouzid 等^[14]研究尼罗河桉柳叶的醇提物分离的 3 个化合物山柰酚-4-甲基乙醚、桉柳素和 3 α -(3",4"-二羟基-反式-肉桂酸酯)-D-弗瑞德齐墩果-14-烯-28-酸,在体外抗氧化实验中对 DPPH 自由基、超氧阴离子和铁离子螯合剂都有清除活性,且 IC₅₀ 值分别是 35.2、37.0、21.2 μ mol/L。

常星等^[34]对多枝桉柳嫩枝叶不同萃取层进行抗氧化活性追踪,结果显示桉柳的许多提取物都具有稳定的 DPPH 自由基清除能力,并且 3,5-二羟基-

7,4'-二甲氧基黄酮具有很好的抗氧化活性, IC₅₀ 为 14.645 μ g/mL。Ksouri 等^[35]研究红花多枝桉柳叶和花提取物的抗氧化活性,结果表明花比叶抗氧化活性高,且花提取物中酚类成分的总酚量最高 (135.35 mg/g),抗氧化和抗菌活性与多酚成分相关。Nawwar 等^[36]研究无叶桉柳花提取物,其主要成分异阿魏酸和阿魏酸可作为抗氧化剂和细胞活性刺激剂。

2.3 抑菌和抗炎

Sultanova 等^[11]研究发现,刚毛桉柳中分离的化合物鼠李柠檬素和异鼠李素具有明显的抑菌作用,并能抑制脯氨酰寡肽酶。姜岩青等^[18]研究了桉柳醇提物中的桉柳酮,发现桉柳酮对耐药金黄色葡萄球菌具有较强的抑制作用。Saidana 等^[26]研究 *T. boveana* Bunge 中提取的挥发油成分对除绿脓杆菌外的其他菌株测试都有抗菌活性。常星等^[34]研究了多枝桉柳对金黄色葡萄球菌 (SA)、 β -内酰胺酶阳性的金黄色葡萄球菌 (ESBLs-SA) 和耐甲氧西林的金黄色葡萄球菌 (MRSA) 3 种不同菌株的抗菌活性,结果表明不同萃取层对 SA 和 ESBLs-SA 有抑菌作用,其中石油醚层的抑菌活性最好,对 SA、ESBLs-SA 和 MRSA 均有抑制作用。

Barakat 等^[23]研究发现无叶桉柳中的酚酸类成分具有抗炎作用。陈发奎等^[37]研究发现桉柳中 3',4'-二甲基槲皮素具有很好的抗炎活性。

2.4 DNA 损伤活性

Sultanova 等^[38]研究发现多枝桉柳丁醇萃取物分离得到的桉柳素具有 DNA 损伤活性,以酵母菌酿酒酵母为供试菌株,桉柳素对 DNA 修复特定缺陷突变型酵母菌株酿酒酵母有毒性作用,其 IC₅₀ 为 50 μ g/mL,但对野生型酵母菌株却无明显的抑制作用。

2.5 抗肿瘤作用

王斌等^[12]研究发现桉柳醇提物在 50 μ g/L 质量浓度下,一些甾体化合物和三萜类化合物显示出对人肺癌细胞 A-549 有意义的细胞毒活性,并对不同的细胞株存在一定的选择性。王斌等^[18]分离的三萜化合物植醇对人肝癌细胞株 BEL-7402 显示出有意义的细胞毒活性。Sehrawat 等^[39]研究发现,红花多枝桉柳甲醇萃取物对二乙基亚硝胺 (DEN) 和 2-乙酰氨基芴 (2-AAF) 诱导的雄性大鼠肝脏癌变具有抑制作用。Parmar 等^[40]研究发现从桉柳属植物分得的化合物 gardening B 具有抗病毒活性和抗侵袭能力。

2.6 抑制 α -葡萄糖苷酶

常星等^[34]研究表明,多枝桉柳嫩枝叶不同萃取

层都具有 α -葡萄糖苷酶抑制作用,且甲醇层优于醋酸乙酯层。经过体外活性筛选发现3,5-二羟基-7,4'-二甲氧基黄酮能很好地抑制 α -葡萄糖苷酶活性,其 IC_{50} 为22.83 $\mu\text{g/mL}$ 。

常星等^[41]研究发现2种柽柳属植物的6种提取物对 α -葡萄糖苷酶的抑制效果均较好,其中正丁醇和醋酸乙酯提取物抑制活性最高,其 IC_{50} 分别为13.36、17.35 $\mu\text{g/mL}$,且多枝柽柳的抑制活性比柽柳的好。

2.7 对呼吸系统的作用

ip柽柳煎剂5 g/kg给氨水喷雾引咳的小鼠,有明显止咳作用,小鼠酚红法证明无祛痰作用^[42]。正常豚鼠离体气管喷雾磷酸组胺液致痉,5 min后加入不同剂量柽柳醇提物或水提物,记录引喘潜伏期,比较用药前后的变化,结果显示强大而持久的抗组胺作用,5 min内的对抗强度超过100%^[43]。

3 结语

作为一种优良的防风固沙、水土保持、可再生的速生能源植物,柽柳属植物在保护生态环境方面发挥不可替代的作用,同时也具有重要的药用价值,主要总结了柽柳属植物近些年来在化学成分和药理活性的研究进展。红花多枝柽柳、尼罗河柽柳、刚毛柽柳、多枝柽柳等柽柳属植物是近几年主要研究对象,化学成分侧重研究黄酮、三萜和苯丙素类、挥发油成分,药理作用的研究则侧重保肝、抗氧化、抗菌作用。随着色谱分离技术的不断发展和生物活性筛选的多样化、系统化,柽柳属植物的药效物质作用基础将会进一步被阐明。

参考文献

- [1] 张鹏云,张耀甲.中国植物志[M].第50卷2分册.北京:科学出版社,1979:142-143.
- [2] 中国药典[S].一部.2010:121.
- [3] 张道远,潘伯荣,尹林克.柽柳科柽柳属的植物地理研究[J].云南植物研究,2003,25(4):415-427.
- [4] 苟守华,乔来秋,康智,等.我国柽柳属植物种质资源及繁殖技术研究进展[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2007,35(9):97-102.
- [5] 张媛,屠鹏飞.柽柳属药用植物研究进展[J].中草药,2008,39(6):947-951.
- [6] 赵润洲,孙仕银,陈发奎,等.西河柳药理作用的研究[J].中草药,1995,26(2):84.
- [7] 黄时伟,梁敬钰.柽柳属植物研究进展[J].海峡药学,2007,19(3):5-9.
- [8] 牟欣,许志,刘安,等.柽柳研究现状及进展[J].国医论坛,2002,17(1):53-54.
- [9] 张媛,屠鹏飞.多枝柽柳化学成分研究[J].中草药,2006,37(12):1764-1768.
- [10] Pandey D P, Karnatak K B, Singh R P, et al. Phytochemical analysis of *Tamrix gallica* [J]. *Int J PharmTech Res*, 2010, 2(4): 2340-2342.
- [11] Sultanova N, Makhmoor T, Yasin A, et al. Isotamarixen - a new antioxidant and prolyl endopeptidase-inhibiting triterpenoid from *Tamarix hispida* [J]. *Planta Med*, 2004, 70(1): 65-67.
- [12] 王斌,任舒文,李国强,等.柽柳抗肿瘤甾体和黄酮类化合物研究[J].中国药学杂志,2009,44(8):576-580.
- [13] 张秀尧,凌罗庆,王惠康.西河柳化学成分的研究[J].中草药,1991,22(7):229-230.
- [14] Abouzid S F, Ali S A, Choudhary M I. A new ferulic acid ester and other constituents from *Tamarix nilotica* leaves [J]. *Chem Pharm Bull*, 2009, 57(7): 740-742.
- [15] Barakat H H. Contribution to the phytochemical study of Egyptian Tamaricaceous plants [J]. *Nat Prod Sci*, 1998, 4(4): 221-225.
- [16] El-Mousallami A M D, Hussein S A M, Nawwar M A M. Polyphenolic metabolites of the flowers of *Tamarix tetragyna* [J]. *Nat Prod Sci*, 2000, 6(4): 193-198.
- [17] Souleman A M. Sulfated flavonols of the flowers of *Tamarix amplexicaulis* [J]. *Nat Prod Sci*, 1998, 4(4): 221-225.
- [18] 王斌,姜登钊,李国强,等.柽柳抗肿瘤萜类成分研究[J].中草药,2009,40(5):697-701.
- [19] 姜岩青,左春旭.柽柳化学成分的研究[J].药学学报,1988,23(10):749-755.
- [20] Umbetova A K, Choudhary M I, Sultanovo N A, et al. Triterpenoids from plants of the genus *Tamarix* [J]. *Chem Nat Compd*, 2006, 42(3): 332-335.
- [21] Orfali R S, Ebada S S, El-Shafae A M, et al. 3-O-trans-caffeoylisomyricadiol: a new triterpenoid from *Tamarix nilotica* growing in Saudi Arabia [J]. *J Biosci*, 2009, 637-643.
- [22] Akhlap M, Mohammed A. New phenolic acids from the galls of *Tamarix aphylla* (L.) Karst [J]. *Int Res J Pharm*, 2011, 2(4): 222-225.
- [23] Barakat H H, Nada S A. Chemical and biological investigation of the constitutive phenolics of two Egyptian folk-medicinal plants; a novel phenolic from the galls of *Tamarix aphylla* [J]. *Nat Prod Sci*, 1996, 2(2): 96-101.
- [24] Nawwar M A M, Hussein S A M, Buddrus J, et al. Tamarixellagic acid, an ellagitannin from the galls of

- Tamarix aphylla* [J]. *Phytochemistry*, 1994, 35(5): 1349-1354.
- [25] Aykac A, Akgul Y. A new analogue of fatty alcohol from *Tamarix hampeana* L. [J]. *Nat Prod Res*, 2010, 24(1): 34-39.
- [26] Saidana D, Mahjoub M A, Boussaada O, *et al*. Chemical composition and antimicrobial activity of volatile compounds of *Tamarix boveana* [J]. *Microbio Res*, 2008, 163(4): 445-455.
- [27] 吉力, 徐植灵, 潘炯光, 等. 西河柳挥发油化学成分的 GC-MS 分析 [J]. 中国中药杂志, 1997, 22(6): 360-362.
- [28] 白红进, 周忠波, 汪河滨. 柽柳花乙醇提取物化学成分 GC-MS 分析 [J]. 中国野生植物资源, 2007, 26(3): 66-67.
- [29] 王斌, 李国强, 管华诗. 柽柳挥发油成分及无机元素的 GC/MS 和 ICP-MS 分析 [J]. 质谱学报, 2007, 28(3): 161-164.
- [30] 吴彩霞, 刘广河, 康文艺. 柽柳花挥发性成分研究 [J]. 中国药房, 2010, (15): 1406-1407.
- [31] Assiri A M A. Protective effect of *Tamarix amplexicaulis* seeds against hepatotoxicity induced by carbon tetrachloride, paracetamol, or *D*-galactosamine [J]. *J Saudi Chem Soc*, 2006, 10(3): 437-446.
- [32] Sehrawat A, Sultana S. *Tamarix gallica* ameliorates thioacetamide-induced hepatic oxidative stress and hyperproliferative response in Wistar rat [J]. *J Enzyme Inhib Med Chem*, 2006, 21(2): 215-223.
- [33] Abouzid S, Sleem A. Hepatoprotective and antioxidant activities of *Tamarix nilotica* flowers [J]. *Pharm Biol*, 2011, 49(4): 392-395.
- [34] 常星, 康文艺. 多枝柽柳和杏叶茴芹活性成分研究 [D]. 开封: 河南大学, 2011.
- [35] Ksouri R, Falleh H, Megdiche W, *et al*. Antioxidant and antimicrobial activities of the edible medicinal halophyte *Tamarix gallica* L. and related polyphenolic constituents [J]. *Food Chem Toxicol*, 2009, 47(8): 2083-2091.
- [36] Nawwar A M, Hussein A M, Ayoub N A, *et al*. Aphyllin, the first isoferulic acid glycoside and other phenolics from *Tamarix aphylla* flowers [J]. *Die Pharmazie*, 2009, 64(5): 342-347.
- [37] 陈发奎, 杨晓燕. 西河柳中抗炎活性成分槲皮素-3',4'-二甲醚的 HPLC 测定 [J]. 中草药, 1995, 26(9): 467-468.
- [38] Sultanova N, Makhmoor T, Abilov Z A, *et al*. Antioxidant and antimicrobial activities of *Tamarix ramosissima* [J]. *J Ethnopharmacol*, 2001, 78(2/3): 201-205.
- [39] Sehrawat A, Sultana S. Evaluation of possible mechanisms of protective role of *Tamarix gallica* against DEN initiated and 2-AAF promoted hepatocarcinogenesis in male Wistar rats [J]. *Life Sci*, 2006, 79(15): 1456-1465.
- [40] Parmar V S, Bisht K S, Sharma S K, *et al*. Highly oxygenated bioactive flavones from *Tamarix* [J]. *Phytochemistry*, 1994, 36(2): 507-511.
- [41] 常星, 崔维恒, 康文艺, 等. 内蒙古产柽柳和多枝柽柳 α -葡萄糖苷酶抑制活性 [J]. 天然产物研究与开发, 2011, 23: 146-148.
- [42] 王晓光, 傅江南. 常用中药药理研究与临床新用 [M]. 北京: 人民军医出版社, 2006: 305.
- [43] 董昆山, 王秀琴, 董一凡. 现代临床中药学 [M]. 北京: 中国中医药出版社, 1998: 167.