

# 漆树的现代研究进展

潘宇<sup>1</sup>, 李顺祥<sup>1</sup>, 傅超凡<sup>2</sup>

1. 湖南中医药大学药学院, 长沙 410208
2. 湖南慈豆农林科技有限公司, 长沙 410004

**摘要** 漆树是中国的重要经济树种,其汁液、漆籽、材质等都可以加工利用,广泛用于化工、建筑、医疗、食品等行业领域,具有很大的潜在开发利用价值,但是在医学、食品、生物等领域应用不足。本文主要从资源分布、化学成分、提取分离、开发现状、研究展望等方面对 10 年来漆树的国内外相关文献报道进行综述,重点展望今后漆树在医学领域与生物领域的研发方向。

**关键词** 漆树;资源分布;化学成分;生漆;应用开发

**中图分类号** R932

**文献标志码** A

**doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2013.26.013

## Development of Lacquer Tree Studies

PAN Yu<sup>1</sup>, LI Shunxiang<sup>1</sup>, FU Chaofan<sup>2</sup>

1. School of Pharmacy, Hunan University of Chinese Medicine, Changsha 410208, China
2. Hunan Handou Agricultural and Forestry Technology Ltd., Changsha 410004, China

**Abstract** Lacquer tree is an important economic tree of China, with significant potential values in various applications. The lacquer juices, lacquer seeds and lacquer materials can be processed so as to widely be applied to chemical industry, medicine industry, food industry, architecture industry and other fields, but the medicine industry, food industry and architecture fields remain to be explored. This paper summarizes the literature during the last 10 years regarding the resource distribution, the chemical composition, the extraction and the current situation of lacquer tree studies, with emphasis on the future applications of lacquer tree in medicine and biology fields.

**Keywords** lacquer tree; resources distribution; chemical composition; chinese lacquer; applicaiton

### 0 引言

漆树 [*Toxicodendron Acifluum* (Stokes) F. A. Barkley] 是漆树科 (Anacardiaceae), 漆树属 (*Toxicodendron*) 的一种重要经济树种, 原产中国, 在中国的大部分地区均有分布, 且在亚洲地区分布广泛。从其漆树皮层中割取的次生代谢产物生漆是一种优良天然涂料, 素有“涂料之王”的誉称, 常用作名贵漆器的漆膜。鉴于漆树的重要利用价值, 有必要对分布在亚洲不同地区的漆树种质资源进行评估, 充分利用现代的液质联用技术鉴定不同品种漆树化学标记物, 分析不同品种漆树的次生代谢产物的差异及如何提高生漆成膜的品质。药用价值是漆树的另一重要特征, 民间本草书籍记载漆树的叶、

花、根、皮、果实、干漆和木心均可入药, 具有止咳、化痰、通经、杀虫、消肿等功效。最近国内外研究发现, 漆树籽加工的漆油和漆蜡具有延缓衰老、增强记忆力、降血糖等独特的食用保健功效, 特别是漆树的漆树汁提取物含有丰富的黄酮类化合物, 具有明确的抗肿瘤、抗炎、抑菌等药理作用, 值得深入开发; 漆树的大分子物质如漆酶、漆树多糖、漆树蛋白具有丰富的生物功能, 提示漆树大分子物质在生物医药、生物农业、食品保健方面具有潜在的应用前景。但是, 国内外对漆树的次生代谢产物的提取分离技术研究不多, 降低了漆树产品的利用价值。国内外尚未见到漆树在这些方面的综述, 因此本文对相关研究成果进行总结, 可为进一步挖掘漆树的潜在开发

收稿日期: 2013-04-02; 修回日期: 2013-07-01

基金项目: 国家中医药管理局“药用植物学”重点学科课题(国中医药发[2009]30号); 湖南省高校科技创新团队资助项目(湘教通[2010]212号); 湖南省“十二五”中药学重点学科资助(湘教发[2011]76号)

作者简介: 潘宇, 博士研究生, 研究方向为中药资源与成分, 电子邮箱: panyu1226@126.com; 李顺祥(通信作者, 中国科协所属全国学会个人会员登记号: S300000383M), 教授, 研究方向为中药有效成分与资源, 电子邮箱: li.shunxg@yahoo.com.cn

前景提供理论依据。

## 1 漆树资源

### 1.1 资源分布

漆树在植物分类中属于被子植物无患子目(Sapindales)、漆树科(Anacardiaceae)漆树属(*Toxicodendron*)。目前漆属植物主要分布在亚洲,中国(*Rhus vernicifera*)、日本(*Rhus vernicifera*)、朝鲜(*Rhus vernicifera*)、越南(*Rhus succedanea*)、柬埔寨(*Melanorrhoea laccifera*)、泰国(*Melanorrhoea laccifera*)、老挝(*Melanorrhoea usitata*)和缅甸(*Melanorrhoea usitata*)等国均有分布。中国共有漆树资源5亿多株,发现漆树品种200多个,鉴定漆树栽培品种130多个,依据产漆量大小、漆酚含量高低等指标筛选出优良品种46个,特优品种14个<sup>[1]</sup>。此外,还发现一些中国特产的珍稀树种<sup>[2]</sup>:陕西秦岭分布的自然变异的三倍体漆树——“大红袍”,生长快、产漆量高;浙江分布的“金漆”树所产的生漆自然氧化干燥后显天然金黄色,且对人体无过敏反应<sup>[3]</sup>;贵州发现有单叶漆树和多叶小漆树;云南分布有大花漆树、喙果漆树。

虽然有些漆树品种的分布和种群数量稀少,却具有非常宽泛的遗传多样性以及产生丰富数量性状变异的潜力,对丰富东亚地区漆树资源具有重要意义,值得进一步调查研究。

### 1.2 种质资源评价

赵喜萍等<sup>[4]</sup>运用分子标记扩增片段长度多态性(Amplified Fragment Length Polymorphism, AFLP)技术对陕西8个漆树栽培品种和6个野生居群进行分析和鉴定,研究品种之间的遗传相关性,并表征漆树种内遗传变异,对AFLP在漆树品种研究中的适用性进行评价。魏朔南等<sup>[5]</sup>根据陕西8个漆树栽培品种和5个野生居群的漆酚含量差异,运用高压液相色谱法(High Performance Liquid Chromatography, HPLC)对不同品种的HPLC指纹图谱进行分析。Wan等<sup>[6]</sup>利用热解-气相-质谱法(Py-GC/MS)鉴定广西东兰出产漆树的种类,发现东兰漆树归属于越南与台湾地区的*R. succedanea*,并不属于中国大陆地区的*R. vernicifera*,其生漆干燥时间比越南产漆树更短。Frade等<sup>[7]</sup>利用Py-GC/MS检测漆树汁液,可高效快速地鉴定漆树科的漆树(*R. vernicifera*)、木蜡树(*R. succedanea*)和缅甸漆树(*M. usitata*)3个种属的分类归属,实验表明儿茶酚(catechol)可作为漆树种属鉴定标记物,并认为Py-GC/MS是一种快速有效的鉴定漆属植物的方法<sup>[7]</sup>。Le Hô等<sup>[8]</sup>利用Py-GC/MS对*R. verniciflua* Stokes、*R. succedanea*、*M. usitata* 3个不同种属的漆树的漆膜进行分析,证实了Frade的观点。Niimura<sup>[9]</sup>也认为Py-GC/MS是一种非常有效的分析方法,能利用漆酚的特征快速鉴别真品与伪品漆膜,并比较了傅里叶变换红外光谱(Fourier Transform Infrared, FT-IR)、热分析质谱联用技术(TG/DTA-MS)、Py-GC/MS 3种分析方法,结果表明FT-IR、TG/DTA-MS不能分析出不同种属漆膜的差异,Py-GC/MS则可以分析出不同种属漆膜的差异<sup>[9]</sup>。

上述研究表明,国内外对漆树科种属鉴定的相关研究报

道不多,需进一步加强。根据已有文献推测,Py-GC/MS可能是一种最准确有效的鉴定手段,不同种属的漆属植物可能含有相同的专属化学标记物,但其结构有所不同。

## 2 生漆主要成分

生漆是漆树(*R. verniciflua* Stokes/*R. vernicifera*)的主要次生代谢产物,主要由漆酚、漆酶、多糖、糖蛋白以及水分、脂肪酸、少量金属离子等物质组成。

### 2.1 漆酚

漆酚是生漆的主要成分,其结构含有多个末端乙烯基,是一种具有15~17个碳原子的不同饱和度和长度侧链的单元酚、邻苯二酚或间苯二酚的混合物,在漆液中漆酚约占其总量的50%~80%,也是漆液干燥成膜的主要成分<sup>[1]</sup>。漆酚类化合物主要有15-碳邻苯二酚结构(漆酚、虫漆酚、锡蔡酚)、单元酚结构(腰果酚、银杏酚、新漆酚)、强心酚(腰果二酚、银杏二酚)等类型<sup>[2]</sup>,此类化合物同时具有芳烃化合物与脂肪族化合物的特性,漆酚类化合物的含量差异、结构差异与树种、部位与季节呈显著性相关<sup>[3]</sup>。

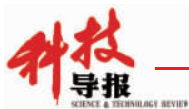
由于漆酚是生漆成膜的主要成分,具有重要的生物特性,成为当今学者研究的热点。Lu等<sup>[4]</sup>利用Py-GC/MS对漆酚(urushiol)、虫漆酚(laccol)、缅甸漆酚(thitsiol)进行鉴别,实验结果表明,3-15-烷基儿茶酚,3-14-烷基儿茶酚和3-17-烷基儿茶酚分别是*R. vernicifera*、*R. succedanea*与*M. usitata*的主要分解产物。Harigaya等<sup>[5]</sup>利用二维质谱(2D-NMR)鉴定了*R. vernicifera* DC的虫漆酚的单元酚与二元酚的结构。Choi等<sup>[6]</sup>的实验表明,漆酚的不饱和酚类化合物能有效清除生物淤积影响。

生漆漆膜是现代涂料工业的重要原料,部分学者对漆膜的特性进行了深入研究。Yoshimi等<sup>[7]</sup>利用UV/Py-GC/MS鉴定漆树漆膜的不稳定性物质,结果表明,UV照射下的生漆漆膜的挥发性成分分解是氧化分解反应引起的。Lu等<sup>[8]</sup>利用Py-GC/MS鉴定出日本Jōmon漆器的漆膜成分来源于漆树(*R. verniciflua*)的树汁。Yutaka等<sup>[9]</sup>利用原子间力显微镜(AFM)观察了漆膜的表面结构,实验表明漆膜原子的水相部分对漆膜的纳米结构具有影响作用。Honda等<sup>[10]</sup>利用紫外光谱(UV)、红外光谱(IR)、质谱(NMR)鉴定来源于泰国、中国、越南、日本等地的生漆,实验结果表明泰国生漆成膜品质最好。

上述研究表明,不同种属漆属植物的漆酚结构、种类、含量等有所不同,开展漆膜特性相关研究对提高漆膜品质具有积极意义。

### 2.2 漆酶

漆树漆酶(Laccase, EC1.10.3.2)是目前受到广泛关注的少数酶种之一,其分子量为120~140kDa,含糖量为45%,占生漆总量小于1%,是含铜的一种多酚氧化酶,每个漆酶蛋白质分子含铜量为4个,与人体血浆铜蓝蛋白(EC1.10.3.1)和植物抗坏血酸氧化酶(EEL 10.3.3)同源,同属铜蓝氧化酶蛋白家族<sup>[1]</sup>,Augustine等<sup>[2]</sup>实验表明漆树(*R. Vernicifera*)漆酶的铜1



是最强的活性位点,在生漆干燥和成膜过程中具有重要的催化作用。

组成漆酶的各种同工酶皆为糖蛋白(含有10%~80%糖残基),植物漆酶中的同工酶相关报道不多,大多集中在白腐菌系统中漆酶方面。韦建学等<sup>[23]</sup>首次报道中国漆树漆酶的两种同工酶,万云洋等<sup>[24,25]</sup>的实验证实各种同工酶的差异可能主要体现在糖链部分。

除同工酶外,漆酶其他方面做了较多研究,已有文献报道主要集中在酶的固定化作用,酶的催化氧化反应,外源性离子对酶促反应的抑制作用,酶的稳态动力学模型,漆树漆酶同功酶的催化机理、酶学性质、组成分析与异同比较,氨基酸组成等方面<sup>[26-28]</sup>。

漆树漆酶具有很大的开发利用前景,如Robert等<sup>[21]</sup>从日本漆树中提取漆酶,通过生物突变方法合成工程酶,可用于指导药物合成、生物传感器与生物燃料电池;李成基等<sup>[29]</sup>的实验表明日粮中添加漆树粉能保持解冻后牛肉肉色稳定。

### 2.3 漆树多糖

漆树多糖(Lacquer Polysaccharide)约占生漆总量的3%,是优良的天然催化剂和稳定剂,能使生漆中各种成分保持稳定均匀的乳液,在生漆快速干燥与成膜过程中具有重要作用。漆树多糖是具有高度分枝结构的水溶性酸性杂多糖,有两种组分,分子量分别为84000和27000kDa。主要的单糖结构单元为半乳糖(65%),其他为阿拉伯糖、鼠李糖、葡萄糖和己糖醛酸等,己糖醛酸为最常见的带负电荷的结构单糖。另外,漆树多糖中还存在与非还原性末端葡萄糖醛酸(24%)结合在一起的Ca、Mg和Na(3:2:1)等离子<sup>[30]</sup>。Lu等<sup>[31]</sup>用NMR分析数据表明,生漆多糖是一种由半乳糖通过 $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3)和 $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 6)糖苷键构成骨架和支链,葡萄糖醛酸位于链末端的,具有多层分枝、结构复杂的酸性杂多糖。Lu等<sup>[32]</sup>实验表明东亚地区(中国台湾、日本、缅甸、柬埔寨、越南)的漆树多糖的结构与分子量差别较大。Yang等<sup>[33]</sup>利用凝胶色谱、IR、UV多种鉴定手段分析出不同溶剂体系中的漆树的硫酸化多糖的分子量有所差异。Kotake等<sup>[34]</sup>的实验表明,漆多糖糖苷键连接位置为 $\beta$ -GlcUA-(1 $\rightarrow$ 6)-Gal, $\beta$ -GlcUA-(1 $\rightarrow$ 6)- $\beta$ -Gal-(1 $\rightarrow$ 6)-Gal,4-Me- $\beta$ -GlcUA-(1 $\rightarrow$ 6)-Gal,4-Me- $\beta$ -GlcUA-(1 $\rightarrow$ 6)- $\beta$ -Gal-(1 $\rightarrow$ 6)-Gal,4-Me- $\beta$ -GlcUA-(1 $\rightarrow$ 6)- $\beta$ -Gal-(1 $\rightarrow$ 6)- $\beta$ -Gal-(1 $\rightarrow$ 3)-Gal。

### 2.3 糖蛋白

漆树糖蛋白含量占生漆总量的1%~5%,分子量约为20000kDa,通常大木漆中含量较多,参与生漆的乳化作用,对稳定生漆与催化漆酶具有重要作用,同时具有明确的药理活性。在生漆糖蛋白分子构成中,碳水化合物约占10%,主要由半乳糖含量构成;此外,还有果糖(5.4%)、阿拉伯糖(11.6%)、葡萄糖(3.5%)、甘露糖(42.6%)、半乳糖(27.5%)、含有氨基葡萄糖的甘露糖以及葡萄糖糖胺(9.5%)等<sup>[30]</sup>。

以上研究表明,漆酶、漆树多糖与漆树糖蛋白属于大分子物质,且具有明确的药理活性,应积极研究这些大分子物

质的药理活性,以便深入挖掘漆树的应用价值。

### 3 漆蜡与漆油

漆树的果实与种籽含有丰富的漆蜡与漆油,是重要的化学成分,具有很高的营养保健价值。张冲等<sup>[35]</sup>研究表明,漆蜡主要成分是饱和脂肪酸(棕榈酸、硬脂酸与油酸),而漆油含有多种不饱和脂肪酸(亚油酸与油酸),不同品种之间的含油率、含蜡率、脂肪酸的构成存在明显差异,与果皮质量具有一定的相关性<sup>[36,37]</sup>。

关于漆蜡与漆油研究,国内研究居多,国外目前尚未见到公开报道。在食用级生物蜡方面国外主要是研究巴西棕榈蜡<sup>[38,39]</sup>的相关作用,可能是因为漆蜡的理化性质不如巴西棕榈蜡,需要对其理化性质进行改造,才能提高漆蜡的食用价值。

### 4 提取分离技术

目前,关于生漆主要成分的分离纯化报道不多,主要是对漆酶、漆酚与漆多糖3大类物质的相关研究,分离纯化技术主要有传统溶剂法<sup>[40]</sup>、连续梯度洗脱色谱法(CGEC)<sup>[41]</sup>、高速逆流色谱法(HSCCC)<sup>[42]</sup>,其中现代分离技术多根据色谱柱条件、溶剂体系、进样量、流速等参数考察分离效率与纯度。Wan等<sup>[43]</sup>利用CGEC分离漆酶,Lu等<sup>[40]</sup>利用CM-葡聚糖凝胶C-50层析柱(CM-sephadex C-50 chromatography column)从中国漆树树汁的丙酮粗提取物中分离出两种不同的漆酶。目前,国内有关漆树漆籽中漆蜡、漆油的提取工艺研究多是通过正交组合设计研究萃取溶剂、粉碎度、萃取温度和萃取时间等单因素对野漆树籽油提取率的影响<sup>[44-46]</sup>,其化学成分鉴定分离多采用气相-质谱联用技术(GS-MS)结合索氏提取法<sup>[47]</sup>。

### 5 开发现状

漆树应用开发主要集中在精细化工、建筑、家具行业,而医学、生物行业相对而言则涉及较少,因此,需加强这两方面的深入研究,提高漆树产品的药用价值与食用价值。

#### 5.1 医药应用

生漆经炮制所得干漆(主要成分为漆酚)可入药。现代研究表明,干漆在临床上对治疗冠心病有一定疗效<sup>[48,49]</sup>;干漆提取液能明显延长凝血时间,具有抗凝血酶作用<sup>[50]</sup>;干漆对治疗慢性盆腔炎和子宫内膜异位的有效率达94%左右<sup>[51]</sup>;以干漆组方的平消片在临床主要用于肿瘤的辅助治疗,具有缓解症状、缩小瘤体、抑制肿瘤生长、提高人体免疫力以及延长患者生命等作用<sup>[51]</sup>;以干漆组方的大黄蟪虫丸具有祛瘀生新的功效,临床主要用于慢性肝炎、肝硬化、脂肪肝、脑血栓以及静脉曲张等疾病的治疗<sup>[52]</sup>。

现代药理研究表明,漆树提取物特别是黄酮类物质具有明确的抗癌<sup>[53-55]</sup>、抗氧化<sup>[56,57]</sup>、抗炎<sup>[58,59]</sup>、抑菌<sup>[60]</sup>、保护神经细胞<sup>[61,62]</sup>、治疗糖尿病<sup>[63,64]</sup>等作用。

#### 5.2 食品保健

漆籽油为半干性或近干性油,无毒、味香可食用,含60%

以上亚油酸,与花生油和芝麻油类似,具有降血脂,抗动脉粥样硬化作用,有较高的食用价值与保健价值。亚油酸为人体必需脂肪酸,具有抗癌、降低血液和肝脏胆固醇、抗氧化、改善脂肪代谢、改善骨组织代谢、使过氧化物酶体增殖以及改善耐糖能力、调节免疫功能等功能<sup>[4]</sup>。爆炒、煎炸后的漆油对皮肤无致敏与毒副作用。因漆油益气补虚功效显著<sup>[65]</sup>,中国云南傣族自古以来常用漆油炖鸡,作为产妇的营养滋补品;国内民间常将熔化的漆蜡倒入加热的白酒中制成漆蜡酒或制成漆蜡茶,饮服可治胃病;韩国民间偏方常用漆树与母鸡同煮治疗腹部不适或者消化不良症状。

### 5.3 生物农业

漆饼渣(漆籽制蜡榨油后的剩余物)含有极其丰富的粗蛋白、粗脂肪以及粗纤维。实验表明<sup>[66]</sup>,用漆饼制作的混合饲料喂养家畜,可使兔、猪等家畜重量渐增,生长正常。漆酚类化合物是一种很好的异株克生剂<sup>[66]</sup>,同时它经氧化而成的酯型化合物具有抑菌、杀虫的功效,常用于田间作物农药防治。漆蜡中含有0.5%~1.5%的三十烷醇,可作为植物生长调节剂,广泛应用于农作物、蔬菜和水果栽培方面,促进植物生长<sup>[65]</sup>。

## 6 研究展望

目前,尽管对漆树的资源分布、化学成分、开发利用等方面已有大量研究,也取得了长足进步,但漆树相关研究主要集中在精细化工领域,在医学、食品保健以及生物方面相对涉足不深,并未充分体现漆树在这两大领域的利用价值,其深入研究尚待挖掘。研究漆树需要充分利用多学科技术手段,特别是加强生物学技术与天然产物现代提取分离技术在生物医学领域的渗透,比如可从漆树生漆进一步筛选更具独特疗效的活性成分,作为新药开发的先导物;或者从漆籽油中开发营养保健食用油、婴儿配方牛奶、高效无毒的生物防治农药与植物生长调节剂等,这些都是未来的研究热点,其开发利用价值会随着科学技术的持续进步以及研究的不断深入而增加,漆树产业化的巨大前景会越来越受到世人的重视。

### 参考文献 (References)

- [1] Wan Y Y, Lu R, Du Y M, et al. Does Donglan lacquer tree belong to *Rhus vernicifera* species? [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2007, 41(5): 497-503.
- [2] 李林. 漆树树皮结构与树皮及生漆化学成分研究[D]. 西安: 西北大学, 2008.  
Li Lin. Studies on structure of bark and chemical component of lacquer and the bark in *Toxicodendron vernicifuum* (Stokes) F.A.Barkley [D]. Xi'an: Northwest University, 2008.
- [3] 张飞龙, 刘立. “金漆”溯源[J]. 中国生漆, 2001, 20(1): 38-40.  
Zhang Feilong, Liu Li. Journal of Chinese Lacquer, 2001, 20(1): 38-40.
- [4] 赵喜萍, 魏朔南. 漆树品种的 AFLP 分析及评价[J]. 分子细胞生物学报, 2007, 40(4): 262-266.  
Zhao Xiping, Wei Shuonan. Journal of Molecular Cell Biology, 2007, 40(4): 262-266.
- [5] 魏朔南, 李林, 赵喜萍. 漆树 8 个品种和 5 个野生居群 HPLC 指纹图谱分析[J]. 西北植物学报, 2011, 31(3): 620-627.  
Wei Shuonan, Li Lin, Zhao Xiping. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2011, 31(3): 620-627.
- [6] 魏朔南, 赵喜萍, 田敏爵, 等. 应用植物形态学和 AFLP 分子标记鉴别陕西漆树品种[J]. 西北植物学报, 2010, 30(4): 665-671.  
Wei Shuonan, Zhao Xiping, Tian Minjue, et al. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2010, 30(4): 665-671.
- [7] Frade J C, Isabel R, José G, et al. Chemotaxonomic application of Py-GC/MS: Identification of lacquer trees [J]. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2010, 89(1): 117-121.
- [8] Le Hô A S, Regent M, Marescota O, et al. Molecular criteria for discriminating museum Asian lacquerware from different vegetal origins by pyrolysis gas chromatography/mass spectrometry[J]. Analytica Chimica Acta, 2012, 710: 9-13.
- [9] Niimura N. Thermogravimetry-linked scan mass spectrometry-Detection of unshiol from an East Asian lacquer film[J]. Thermochimica Acta, 2012, 532: 164-167.
- [10] Niimura N. Structural study of oriental lacquer films during the hardening process[J]. Talanta, 2006, 70(1): 146-152.
- [11] 傅淑颖. 漆树树皮的结构和生漆中漆酚含量随季节变化规律的研究[D]. 西安: 西北大学, 2007.  
Fu Shuying. Studies on change of unshiol content in raw lacquer and the structure of bark of *Toxicodendron vernicifuum* (Stokes) F. A. Barkley in different seasons[D]. Xi'an: Northwest University, 2007.
- [12] 周光龙. 漆酚类化合物及其应用展望[J]. 中国生漆, 2004, 23(2): 38-43.  
Zhou Guanglong. Journal of Chinese Lacquer, 2004, 23(2): 38-43.
- [13] 魏朔南, 傅淑颖, 胡正海. 不同季节漆树树皮结构与漆酚含量变化及其相关性[J]. 林业科学, 2009, 45(1): 67-72.  
Wei Shuonan, Fu Shuying, Hu Zhenghai. Scientia Silvae Sinica, 2009, 45(1): 67-72.
- [14] Lu R, Yukio K, Miyakoshi T. Applied analysis of lacquer films based on pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry [J]. Talanta, 2006, 70(2): 370-376.
- [15] Haigaya S, Honda T, Rong L, et al. Enzymatic dehydrogenative polymerization of urushiols in fresh exudates from the lacquer tree, *Rhus vernicifera* DC [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(6): 2201-2208.
- [16] Choi Y H, Jin C K, Jeong K A, et al. Anti-biofouling behavior of natural unsaturated hydrocarbon phenols impregnated in PDMS matrix[J]. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2008, 14(3): 292-296.
- [17] Yoshimi K, Shihori T, Chuichi W, et al. Characterization of volatile products from raw lacquer film during ultraviolet irradiation using on-line micro ultraviolet Pyrolysis-GC/MS[J]. Bunseki Kagaku, 2011, 60(3): 269-274.
- [18] Lu R, Takayuki H, Yoshimi K, et al. Analysis of Japanese Jōmon lacquer-ware by pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry [J]. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2013, 103: 68-72.
- [19] Yutaka K, Makoto K, Masahiro S, et al. AFM observation of surface structure of unshi (oriental lacquer) films[J]. Wood Preservation, 2006, 32(6): 251-258.
- [20] Honda T, Lu R, Sakai R, et al. Characterization and comparison of Asian lacquer saps[J]. Progress in Organic Coatings, 2008, 61(1): 68-75.
- [21] Robert V, Mekmouche Y, Pailley P R, et al. Engineering laccases: In search for novel catalysts [J]. Current Genomics, 2011, 2(12): 123-129.

- [22] Augustine A J, Kragh M E, Sarangi R, et al. Spectroscopic studies of perturbed T1 Cu sites in the multicopper oxidases *Saccharomyces cerevisiae* Fet3p and *Rhus vernicifera* laccase: Allosteric coupling between the T1 and trinuclear Cu sites[J]. *Biochemistry*, 2008, 47(7): 2036-2045.
- [23] 韦建学, 张飞龙, 魏朔南. 漆树漆酶同功酶研究[J]. *中国生漆*, 2000, 19(4): 9-12.  
Wei Jianxue, Zhang Feilong, Wei Shuonan. *Journal of Chinese Lacquer*, 2000, 19(4): 9-12.
- [24] 万云洋, 杜予民. 漆酶来源与绿色化学应用[J]. *林业化学与工业*, 2008, 28(6): 100-108.  
Wan Yunyang, Du Yumin. *Chemistry and Industry of Forest Products*, 2008, 28(6): 100-108.
- [25] 万云洋, 杜予民, 杨建红. 漆树漆酶两种同工酶分离纯化与特性研究[J]. *武汉大学学报: 理学版*, 2003, 49(2): 201-204.  
Wan Yunyang, Du Yumin, Yang Jianhong. *Journal of Wuhan University: Natural Science Edition*, 2003, 49(2): 201-204.
- [26] 蓝虹云, 雷福厚, 黄道战. 聚合松香铜对漆树漆酶的固定化研究[J]. *化学与生物工程*, 2009, 26(2): 42-44.  
Lan Hongyun, Lei Fuhou, Huang Daozhan. *Chemistry & Bioengineering*, 2009, 26(2): 42-44.
- [27] 蓝虹云, 刘祖广, 雷福厚. 聚马来松香乙二醇酯 Cu(II) 配合物固定化漆树漆酶的研究[J]. *离子交换与吸附*, 2007, 23(5): 415-420.  
Lan Hongyun, Liu Zuguang, Lei Fuhou. *Ion Exchange and Adsorption*, 2007, 23(5): 415-420.
- [28] 蓝虹云, 雷福厚, 蓝柳柳. 漆树漆酶催化单宁酸的氧化反应研究[J]. *化学与生物工程*, 2006, 23(8): 24-26.  
Lan Hongyun, Lei Fuhou, Lan Liuli. *Ion Exchange and Adsorption*, 2006, 23(8): 24-26.
- [29] 李成基, 梁成云, 姜善文, 等. 日粮中漆树粉水平对解冻牛肉肉色和氧化稳定性的影响[J]. *吉林农业大学学报*, 2007, 29(4): 450-454.  
Li Chengji, Liang Chengyun, Jiang Shanwen, et al. *Journal of Jilin Agricultural University*, 2007, 29(4): 450-454.
- [30] 张飞龙. 生漆成膜的分子基础-I 生漆成膜的物质基础 [J]. *中国生漆*, 2010, 29(1): 26-45.  
Zhang Feilong. *Journal of Chinese Lacquer*, 2010, 29(1): 26-45.
- [31] Lu R, Yoshida T, Nakashimab H T, et al. *Carbohydrate Polymers*, 2000, 43(1): 47-54.
- [32] Lu R, Yoshida T. Structure and molecular weight of Asian lacquer polysaccharides[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2003, 54(1): 419-424.
- [33] Yang J, Yumin D, Yan W, et al. Sulfation of Chinese lacquer polysaccharides in different solvents [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2003, 52(1): 397-403.
- [34] Kotake T, Dina S, Konishi T, et al. Molecular cloning of a  $\beta$ -Galactosidase from radish that specifically hydrolyzes  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3)- and  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 6)-Galactosyl residues of amabinogalactan protein[J]. *Journal of Plant Physiology*, 2005, 138(3): 1563-1576.
- [35] 张冲, 罗仓学, 卢亚婷. GC-MS 分析漆蜡和漆油脂肪酸组分[J]. *粮油与油脂*, 2011(3): 15-17.  
Zhang Chong, Luo Cangxue, Lu Yating. *Cereals & Oils*, 2011(3): 15-17.
- [36] 余江帆, 谢碧霞, 胡亿明, 等. 漆树果实性状研究 (II) 漆籽的含油率 [J]. *中南林业科技大学学报*, 2009, 29(1): 10-14.  
Yu Jiangfan, Xie Bixia, Hu Yiming, et al. *Journal of Central South University of Forestry and Technology*, 2009, 29(1): 10-14.
- [37] 余江帆, 谢碧霞, 胡亿明, 等. 漆树果实性状研究 (I) 果实蜡质层的含蜡率[J]. *中南林业科技大学学报*, 2008, 28(6): 35-39.  
Yu Jiangfan, Xie Bixia, Hu Yiming, et al. *Journal of Central South University of Forestry and Technology*, 2008, 28(6): 35-39.
- [38] Chiunarelli M, Hubinger M D. Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples[J]. *Food Hydrocolloids*, 2012, 28(1): 59-67.
- [39] Mehyar G F, Al-Ismai K, Han J H, et al. Characterization of edible coatings consisting of pea starch, whey protein isolate, and carnauba wax and their effects on oil rancidity and sensory properties of walnuts and pine nuts[J]. *Journal of Food Science*, 2012, 77(2): 52-59.
- [40] Lu R, Miyakoshi T. Studies on acetone powder and purified thus laccase immobilized on zirconium chloride for oxidation of phenols[J]. *Enzyme Research*, 2012, 2012: 1-8.
- [41] Wan Y, Du Y, Yang F, et al. Purification and characterization of hydrosoluble components from the sap of Chinese lacquer tree *Rhus vernicifera*[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2006, 38(3-5): 232-240.
- [42] Choi S J, Lee M Y, Jo H, et al. Preparative isolation and purification of neuroprotective compounds from *Rhus verniciflua* by high speed counter-current chromatography[J]. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 2012, 35(4): 559-567.
- [43] Lee J, Lim K, Jang Y. Identification of *Rhus verniciflua* Stokes compounds that exhibit free radical scavenging and anti-apoptotic properties [J]. *Biochimica et Biophysica Acta*, 2002, 1570(3): 181-191.
- [44] 胡亿明. 漆树种子油的提取工艺及理化性质研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2010.  
Hu Yiming. *Extraction process and physiochemical properties in seed oil of Toxicodendron vernicifluum*[D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology, 2010.
- [45] 刘伟. 日本野漆树漆蜡溶剂萃取及理化特性的研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2008.  
Liu Wei. *The research on Toxicodendron succedaneum wax in solvent extraction and physical-chemical properties* [D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology, 2008.
- [46] 唐丽, 王森, 傅超凡, 等. 野漆树籽油提取工艺条件的优化[J]. *贵州农业科学*, 2011, 39(9): 198-200.  
Tang Li, Wang Sen, Fu Chaofan, et al. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2011, 39(9): 198-200.
- [47] 王森, 谢碧霞, 何方, 等. 秦岭山区漆树种籽含油率与脂肪酸成分分析[J]. *中南林业科技大学学报*, 2011, 31(3): 97-101, 129.  
Wang Sen, Xie Bixia, He Fang, et al. *Journal of Central South University of Forestry and Technology*, 2011, 31(3): 97-101, 129.
- [48] 孙雪梅, 刘红艳, 王光林, 等. 肝复乐对肝纤维化大鼠神经递质受体表达的调节作用[J]. *华中科技大学学报: 医学版*, 2009(2): 173-176.  
Sun Xuemei, Liu Hongyan, Wang Guanglin, et al. *Journal of Huazhong University of Science and Technology: Medical Science Edition*, 2009 (2): 173-176.
- [49] 许苟芳, 许静亚, 谭宫屏. 干漆治疗冠心病的实验研究[J]. *中国生漆*, 2002, 21(1): 5-6.  
Xu Shaofang, Xu Jingya, Tan Gongping. *Journal of Chinese Lacquer*, 2002, 21(1): 5-6.
- [50] 金莲花. 中药干漆的药理作用及临床应用 [J]. *现代医药卫生*, 2007, 23(16): 2467-2468.  
Jin Lianhua. *Modern Medicine & Health*, 2007, 23(16): 2467-2468.
- [51] 程嘉艺, 阎醒予, 刘守义. 平消片主要药效学研究[J]. *中成药*, 2008, 30(3): 350-352.  
Cheng Jiayi, Yan Xingyu, Liu Shouyi. *Chinese Traditional Patent Medicine*, 2008, 30(3): 350-352.

- [52] 梅全喜, 刘铁球. 大黄蟪虫丸的临床新用途[J]. 中药材, 2001, 24(10): 779-780.  
Mei Quanxi, Liu Tieqiu. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2001, 24(10): 779-780.
- [53] Lee S, Kim K, Jung H, et al. Efficacy and safety of standardized allergen-removed *Rhus verniciflua* Stokes extract in patients with advanced or metastatic pancreatic cancer: A Korean single-center experience[J]. Oncology, 2011, 81(5-6): 312-318.
- [54] Kim H R, Kim K S, Jung H S, et al. A case of recurred hepatocellular carcinoma refractory to doxorubicin after liver transplantation showing response to herbal medicine product, *Rhus verniciflua* Stokes extract[J]. Integrative Cancer Therapies, 2010, 9(1): 100-104.
- [55] Huang C P, Fang W H, Lin L I, et al. Anticancer activity of botanical alkyl hydroquinones attributed to topoisomerase II poisoning[J]. Toxicology and Applied Pharmacology, 2008, 227(3): 331-338.
- [56] Kim J S, Kwon Y S, Chun W J, et al. *Rhus verniciflua* Stokes flavonoid extracts have anti-oxidant, anti-microbial and  $\alpha$ -glucosidase inhibitory effect[J]. Food Chemistry, 2010, 120(2): 539-543.
- [57] Zou C, Du Y, Yan L, et al. Preparation and in vitro antioxidant activity of lacquer polysaccharides with low molecular weights and their sulfated derivatives[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2010, 46(2): 140-144.
- [58] Lee D S, Jeong G S, Li B, et al. Anti-inflammatory effects of sulfuretin from *Rhus verniciflua* Stokes via the induction of heme oxygenase-1 expression in murine macrophages[J]. International Immunopharmacology, 2010, 10(8): 850-858.
- [59] Oh P S, Lee S J, Lim K T. Glycoprotein isolated from *Rhus verniciflua* Stokes inhibits inflammation-related protein and nitric oxide production in LPS-stimulated RAW 264.7 cells [J]. Biological & Pharmaceutical Bulletin, 2007, 30(1): 111-116.
- [60] Suk K T, Baik S K, Kim H S, et al. Antibacterial effects of the urushiol component in the sap of the lacquer tree (*Rhus verniciflua* Stokes) on *Helicobacter pylori*[J]. Helicobacter, 2011, 16(3): 434-443.
- [61] Cho N, Choi J H, Yang H, et al. Neuroprotective and anti-inflammatory effects of flavonoids isolated from *Rhus verniciflua* in neuronal HT22 and microglial BV2 cell lines[J]. Food and Chemical Toxicology, 2012, 50(6): 1940-1945.
- [62] Sapkota K, Kim S, Kim M, et al. A detoxified extract of *Rhus verniciflua* Stokes upregulated the expression of BDNF and GDNF in the rat brain and the human dopaminergic cell line SH-SY5Y[J]. Bioscience Biotechnology Biochemistry, 2010, 74(10): 1997-2004.
- [63] Jeong G, Lee D, Song M, et al. Butein from *Rhus verniciflua* protects pancreatic  $\beta$ -cells against cytokine-induced toxicity mediated by inhibition of nitric oxide formation[J]. Biological & Pharmaceutical Bulletin, 2011, 34(1): 97-102.
- [64] Lee E H, Song D, Lee J Y, et al. Inhibitory effect of the compounds isolated from *Rhus verniciflua* on aldose reductase and advanced glycation endproducts [J]. Biological & Pharmaceutical Bulletin, 2008, 31(8): 1626-1630.
- [65] 张瑞琴, 张飞龙. 漆树果实资源开发态势分析[J]. 中国生漆, 2000, 19(3): 23-30.  
Zhang Ruiqin, Zhang Feilong. Journal of Chinese Lacquer, 2000, 19(3): 23-30.
- [66] 贺娜, 张飞龙, 张瑞琴. 漆树资源、环境与人类文化—漆树与科学技术[J]. 中国生漆, 2011, 30(3): 28-38.  
He Na, Zhang Feilong, Zhang Ruiqin. Journal of Chinese Lacquer, 2011, 30(3): 28-38.

(责任编辑 王媛媛)

## · 学术动态 ·



## 中国科技论坛探讨农业现代化战略机遇和挑战

2013年8月17日,由中国科协主办、中国国土经济学会等承办,主题为“我国农业现代化战略机遇和挑战”的第26次中国科技论坛在哈尔滨市召开,80余位专家、学者参加会议。

针对产业、教学、研发和政府决策部门普遍关心的现代农业发展和国家粮食安全问题,专家、学者分别从宏观理论、综观产业发展及县域微观经济社会层面,对影响中国农业发展和保障国家粮食安全及农产品有效供给的重大问题进行了深入探讨。其中,“加快农业现代化的理性思考”、“论农产品的有效供给与食品安全”、“论实施两大平原农业综合配套改革试验区国家战略的主要预期目标”、“论中国大豆产业的可持续发展”等报告得到了与会者的关注和好评。

详见中国科协网 <http://www.cast.org.cn/n35081/n35548/n38620/14951052.html>。