

文章编号:1001-1498(2016)04-0529-07

不同种质杜仲叶中多酚和黄酮含量差异性分析

魏艳秀, 刘攀峰, 杜庆鑫, 杜红岩*

(中国林业科学研究院经济林研究开发中心, 国家林业局杜仲工程技术研究中心, 河南 郑州 450003)

摘要: [目的] 比较不同种质杜仲叶中多酚及黄酮含量的差异性, 合理评价与利用杜仲种质资源。 [方法] 利用高效液相色谱法和紫外分光光度计法对 105 份杜仲种质叶中多酚、总黄酮、异槲皮苷及槲皮素的含量进行测定。 [结果] 表明: 种质叶中槲皮素含量平均为 $0.33 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 变异系数最大, 为 42.42%; 总黄酮含量平均为 $15.92 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 变异系数最小, 为 19.35%; 异槲皮苷、多酚含量平均值分别为 3.37 、 $42.74 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 变异系数分别为 34.42%、23.72%。杜仲雌株和雄株叶中的多酚、总黄酮、异槲皮苷及槲皮素含量差异不显著。多酚及黄酮类物质在不同来源间均差异极显著 ($P < 0.01$), 其中, 河北地区杜仲叶片中的总黄酮、异槲皮苷和槲皮素平均含量均最高。相关性分析发现: 多酚、总黄酮、异槲皮苷含量彼此间均呈显著或极显著正相关, 而槲皮素含量与多酚含量间无显著相关性。综合评价 4 种成分含量高低, 可将杜仲种质资源分为 4 大类群, 其中, 类群 III (包括 13 份材料) 的多酚和黄酮类活性成分含量均高于其他类群。 [结论] 杜仲种质叶片中多酚和总黄酮含量较高, 且表现出丰富的多样性, 有很大的选择和改良潜力, 可为叶用杜仲资源的选育提供基础原材料。

关键词: 杜仲叶; 活性成分; 多酚; 黄酮; 差异分析

中图分类号: S794

文献标识码: A

Comparison in Contents of Polyphenol and Flavonoid in Leaves of *Eucommia ulmoides* Germplasm

WEI Yan-xiu, LIU Pan-feng, DU Qing-xin, DU Hong-yan

(Non-timber Forest Research and Development Center of Chinese Academy of Forestry, the Eucommia Engineering Research Center of State Forestry Administration, Zhengzhou 450003, He'nan, China)

Abstract: [Objective] To compare the content difference of polyphenol and flavonoid in *Eucommia ulmoides* leaves, so as to evaluate and utilize *E. ulmoides* germplasm reasonably. [Method] HPLC and spectrophotometric methods were used to measure the contents of polyphenol, total flavonoid, isoquercitrin and quercetin of 105 *E. ulmoides* germplasm. [Result] The mean content of quercetin was $0.33 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ with the highest variation coefficient of 42.42%, while the mean content of total flavonoid was $15.92 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ with the lowest variation coefficient of 19.35%; the mean content of isoquercitrin, total polyphenol was $3.37 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ and $42.74 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, respectively, with the variation coefficient of 34.42% and 23.72%. No significant correlation was found in the contents of these four components between male and female plant leaves. There was highly significant difference in the four components among different regions ($P < 0.01$). Hebei was the region where the mean contents of isoquercitrin, total flavonoid, total polyphenol were the highest contrast with the other regions. The results of correlation analysis showed that there existed significant positive correlation among the isoquercitrin, total flavonoid and total polyphenol whereas no significant correlation between quercetin and total polyphenol. *E. ulmoides* germplasm resources could be divided

收稿日期: 2015-12-08

基金项目: 国家“十二·五”农村领域科技计划课题研究任务合约(2012BAD21B0502)

作者简介: 魏艳秀(1988—), 女, 山东菏泽人, 硕士研究生。研究方向: 经济林育种栽培。Email: yanxiu1225@163.com

* 通讯作者: 杜红岩(1963—), 男, 河南中牟人, 研究员, 博士生导师。研究方向: 杜仲育种栽培与综合利用。E-mail: dhy515@126.com

into four groups according to the content difference of the four components, in which the contents of flavonoid compounds and polyphenol in group III including 13 materials were higher than that of the other groups. [Conclusion] The contents of polyphenol and flavonoid in leaves of *E. ulmoides* were high and abundant diversity and variation were found in different germplasms, which showed great potential for selection and improvement. Thus, it could provide basis materials for breeding *Eucommia ulmoides* germplasm.

Keywords: *Eucommia ulmoides* leaves; active ingredients; polyphenol; flavonoid; comparison

杜仲(*Eucommia ulmoides* Oliver.) 又名思仙、思仲、木棉、縹、玉丝皮、扯丝皮等,是地质史上第四纪冰川后仅留存于我国的孑遗植物,目前是国内重要的木本药用树种和木本油料树种^[1-3]。作为传统中药材,杜仲在我国经典药学巨著《神农本草经》、《本草纲目》及其它典籍中均有记载。现代研究表明,杜仲叶、皮和枝条中含有类似的化学组分^[4],以杜仲叶为生产原料的开发利用日益受到重视,相继在食品、保健品、饲料添加剂及化妆品等领域开发出系列产品^[5-7]。

杜仲叶内含有多种活性物质,主要包括酚类、木脂素类、环烯醚萜类、氨基酸及微量元素等^[8]。多酚指以苯环结构为母体,其不同位置被多个羟基取代而形成的酚类化合物总称^[9]。多酚是杜仲叶中的重要活性成分之一,来源于莽草酸途径和苯丙氨酸代谢途径,具有降血压、抗肿瘤、抗动脉粥样硬化、抑制蛇毒及除臭等多种功能,广泛应用在食品、化妆品、医药及保健品等领域^[10]。黄酮泛指2个苯环与环之间通过中央三碳链相互连接而成的一系列化合物^[9],具有降血脂、抗肿瘤及免疫调节等药理作用^[12]。杜仲黄酮类物质主要包括槲皮素、异槲皮素、山奈酚、紫云英苷、芦丁等^[13],其中,槲皮素是一种多羟基黄酮类化合物,具有清除自由基、抗癌、抗炎、抗菌、抗病毒、免疫调节及心血管保护等作用^[14]。异槲皮素基本结构为槲皮素-3-O-葡萄糖苷,具有降糖、降压、降脂、降酶、抗诱变、抗病毒等功效,在治疗心肌缺氧、脑缺氧、缺血疾病及抗血栓药物的制备中具有重要作用^[15]。

目前,有关杜仲叶活性成分的研究多集中在提取方法与药理分析方面,张琳杰等^[16]采用响应面法优化了杜仲叶中总多酚超声波辅助提取工艺;Kwan等^[17]研究发现,杜仲叶的水提物具有良好的降压功效;Kim等^[18]从杜仲叶中分离出3种黄酮类化合物,发现其能抑制糖基化终产物的产生,降低血糖浓度,效果可与氨基胍类相媲美;但对不同种质杜仲叶黄酮类与多酚化合物含量的差异未进行系统分析。

本研究通过测定分析105份杜仲种质叶中总黄酮、异槲皮素、槲皮素等3种黄酮类化合物和多酚的含量差异,以期对杜仲叶用资源评价、良种选育及产业开发提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料均采于中国林业科学研究院经济林研究开发中心(国家林业局杜仲工程技术研究开发中心)杜仲基因库。基因库采用6株小区,定植行间距为3 m×3 m。2015年7月利用混合取样法采集105份杜仲种质材料的成熟叶片,雌株58份,雄株47份,来源及种质份数见表1。样株要求长势旺盛、无病虫害,每份种质采摘20片杜仲叶,摘后低温保存至实验室备用。

表1 种质来源与数量

来源	总份数/份	雌株份数/份	雄株份数/份
湖南株洲	10	5	5
广西桂林	10	9	1
河北安国	9	4	5
浙江杭州	7	3	4
北京市	10	5	5
贵州遵义	10	5	5
河南洛阳	20	12	8
江苏响水	10	4	6
四川广元	10	6	4
山西运城	9	5	4
合计	105	58	47

1.2 主要试剂与仪器

1.2.1 试剂 槲皮素标品(HPLC≥98%,成都曼思特生物科技有限公司);异槲皮素标品(HPLC≥98%,成都曼思特生物科技有限公司);没食子酸标准品(HPLC≥98%,上海源叶生物科技有限公司);芦丁标准品(HPLC≥98%,上海源叶生物科技有限公司);Folin-ciocalteu试剂(美国sigma公司);甲醇为色谱纯;水为超纯水;其他试剂均为国产分析纯。

1.2.2 仪器 高相液相色谱仪(配water 1525泵、2998 PDA检测器、2707 Autosampler);紫外可见分光

光度计(Agilent CARY300);HT-300BQ型数控超声波清洗器(济宁恒通超声电子设备有限公司);AL204电子天平(梅特勒-托利多仪器上海有限公司)。

1.3 测定方法

1.3.1 杜仲叶多酚与总黄酮含量的测定 样品60℃干燥至恒质量,粉碎后过4目筛,精密称取2.000 g。用50 mL 60%乙醇超声波萃取30 min,减压抽滤后定容至100 mL,4℃冰箱保存备用。

多酚含量采用Folin-Ciocalteu法^[19]测定,以没食子酸为标准品。总黄酮含量采用AlCl₃显色法^[20]测定,以芦丁为标准品。

1.3.2 杜仲叶异槲皮苷和槲皮素含量的测定 样品60℃干燥至恒质量,粉碎后过4目筛,精密称取1.000 g,置50 mL锥形瓶中,加25 mL 50%甲醇溶液,准确称定锥形瓶质量,超声提取40 min后放至室温,再次称质量,用50%甲醇溶液补足失重后摇匀,过滤取滤液,用0.22 μm微孔滤膜过滤,即得供试品溶液。

异槲皮苷和槲皮素采用改进HPLC法^[21]测定。以BDS hypersil C18(250 mm×4.6 mm,5 μm)为色谱柱,甲醇(B)-0.5%磷酸水溶液(A)为流动相,进行梯度洗脱;检测波长255;流速1.0 mL·min⁻¹,柱温30℃,进样量7 μL。分别配制0.08、0.16 mg·mL⁻¹槲皮素和异槲皮苷标准品溶液,依次进样1.0、3.0、5.0、7.0、9.0、11.0和15.0 μL,计算峰面积。以

对照品进样质量为横坐标(X),其峰面积为纵坐标(Y),进行线性回归,槲皮素的回归方程为:

$$Y = 2.3 \times 10^6 X - 12\ 276 \quad (R^2 = 0.999\ 8)$$

异槲皮苷的回归方程为:

$$Y = 1.9 \times 10^6 X - 16\ 773 \quad (R^2 = 0.999\ 7)。$$

1.4 数据统计与分析

采用SPSS 20.0、Excel软件计算指标平均值、标准差、变异系数、Shannon-wiener指数,并绘制等级数量分布图。对不同来源杜仲种质进行单因素方差分析和Duncan多重比较;利用Pearson相关系数分析各指标间的相关性;采用组内欧式平方距离法进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 不同种质杜仲叶中多酚及黄酮含量的变化

表2表明:槲皮素含量均值为0.33 mg·g⁻¹,极小值为0.19 mg·g⁻¹,极大值为0.96 mg·g⁻¹,变异系数最大,为42.42%;异槲皮苷含量均值为3.37 mg·g⁻¹,极小值为1.16 mg·g⁻¹,极大值为6.92 mg·g⁻¹,其变异系数为34.42%;多酚含量均值为42.74 mg·g⁻¹,变异系数为23.72%;总黄酮含量均值为15.92 mg·g⁻¹,变异系数最小,为19.35%,极小值为6.70 mg·g⁻¹,极大值为22.53 mg·g⁻¹。从多样性指数可以看出,杜仲种质叶中多酚和黄酮类活性成分的多样性指数较高,除槲皮素为1.57外,其它成分均大于2.0。

表2 杜仲种质叶多酚和黄酮类活性成分的含量及变异系数和多样性指数

名称	均值	标准差	极小值	极大值	极差	变异系数/%	多样性指数
多酚	42.74	10.14	20.71	62.48	41.77	23.72	2.03
总黄酮	15.92	3.08	6.70	22.53	15.83	19.35	2.02
异槲皮苷	3.37	1.16	1.16	6.92	5.76	34.42	2.04
槲皮素	0.33	0.14	0.19	0.96	0.77	42.42	1.57

以遗传多样性测算的分级标准,分析了105份杜仲种质叶中多酚、总黄酮、异槲皮苷和槲皮素含量的分布状况(图1)。图1表明:总黄酮含量分布范围最广,在1~10级均有分布,主要集中在4~7级,占杜仲种质资源的73.33%;多酚和异槲皮苷的分布范围仅次于总黄酮,其含量分布主要集中在4~7级,分别占杜仲种质资源的66.67%和68.57%;槲皮素含量分布较集中,仅在4~10级有分布,而且4~6级占杜仲种质资源的77.14%。综合比较

发现,4种成分在不同种质间差异较大,分布范围广。

2.2 不同性别杜仲种质各成分含量的差异

由表3看出:杜仲雌株和雄株叶中的多酚、总黄酮、异槲皮苷及槲皮素含量差异不显著,但雄株叶中的4种成分含量均略高于雌株;雄株叶中多酚含量为43.24 mg·g⁻¹,仅比雌株叶中高0.88 mg·g⁻¹;雄株叶中总黄酮、异槲皮苷及槲皮素含量分别比雌株叶中的高0.15、0.08、0.01 mg·g⁻¹。

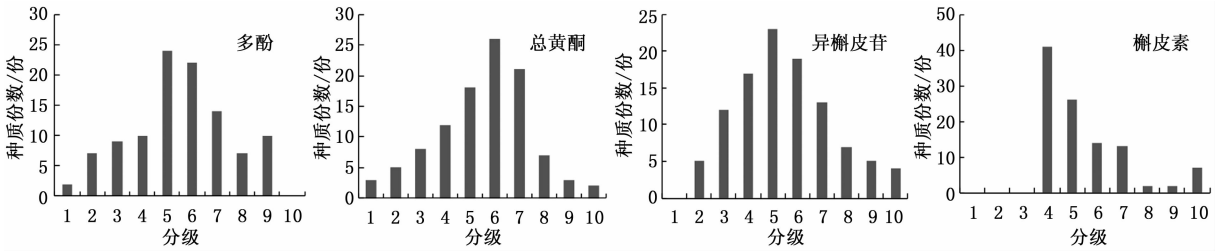


图1 105份杜仲种质叶中多酚和黄酮类活性成分含量的分布

表3 雌、雄株叶中各成分含量及差异性分析

成分	雌株	雄株	F	P
多酚/(mg·g ⁻¹)	42.36±9.42	43.24±11.09	0.132	0.717
总黄酮/(mg·g ⁻¹)	15.86±2.85	16.01±3.38	0.106	0.746
异槲皮苷/(mg·g ⁻¹)	3.34±1.10	3.42±1.25	0.061	0.806
槲皮素/(mg·g ⁻¹)	0.32±0.14	0.33±0.14	0.193	0.662

2.3 不同来源杜仲叶中各成分的差异性比较

由不同来源间各指标单因素方差分析及多重比较(表4)可看出:10个不同来源的杜仲种质叶中多酚、总黄酮、异槲皮苷及槲皮素含量存在极显著差异($P<0.01$);其中,湖南与贵州地区杜仲叶中多酚含量均值分别为49.16、48.76 mg·g⁻¹,显著高于河南、河北、广西、四川、山西地区,而与江苏、浙江、北京地区的差异不显著。河北地区杜仲叶总黄酮含量最高,均值达18.65 mg·g⁻¹,显著高于广西、贵州、山西、浙江等地区,而与北京地区的差异不显著;广

西地区的总黄酮含量最低,均值为13.91 mg·g⁻¹。河北、北京地区杜仲叶中异槲皮苷含量均值分别为4.02、3.91 mg·g⁻¹,显著高于山西、河南、浙江地区,而与江苏、四川等地的差异不显著。河北地区杜仲叶槲皮素含量最高,均值达0.46 mg·g⁻¹,除与山西资源差异不显著外,显著高于其它地区,而河南地区的槲皮素含量最低,均值为0.26 mg·g⁻¹,仅为河北地区的56.52%。综合比较分析发现,杜仲种质来源不同,其叶中各成分含量差异程度不同,其中,河北地区的杜仲种质叶中的槲皮素、异槲皮苷和总黄酮平均含量均最高,而湖南地区的多酚平均含量最高,河南地区的多酚平均含量最低。上述结果一定程度上反映了杜仲种质叶中成分含量具有较高的多样性,可根据不同用途有针对性的进行资源开发利用。

表4 不同来源杜仲种质间多酚和黄酮类化合物含量差异性分析

mg·g⁻¹

来源地	多酚	总黄酮	异槲皮苷	槲皮素
湖南	49.16±11.27c	16.21±3.58bc	3.30±0.99abc	0.36±0.16ab
广西	41.04±10.57ab	13.91±3.67a	3.32±1.59abc	0.31±0.13ab
河北	40.49±7.37ab	18.65±2.65d	4.02±1.20c	0.46±0.21c
浙江	44.62±7.38bc	15.55±3.10ab	3.03±1.06ab	0.35±0.21ab
北京	45.59±9.49bc	17.31±3.00cd	3.91±1.22c	0.35±0.13ab
贵州	48.76±12.85c	15.24±2.36ab	3.27±1.70abc	0.27±0.11ab
河南	37.31±12.53a	15.33±3.44ab	2.85±0.94a	0.26±0.09a
江苏	43.92±8.55bc	16.31±2.82bc	3.76±1.19bc	0.32±0.13ab
四川	41.05±6.89ab	16.18±2.09bc	3.71±0.71bc	0.32±0.10ab
山西	41.10±9.64ab	15.32±1.77ab	2.79±0.79a	0.37±0.24bc
F	5.093**	5.520**	3.665**	3.519**
P	0.003	0.003	0.009	0.009

注:表中字母表示在5%水平上多重比较结果,同列数据后不同字母表示差异显著,**代表在0.01水平差异极显著。

2.4 杜仲叶中各成分含量的相关性分析

各指标相关系数显著性检验结果(表5)表明:杜仲种质叶中多酚、总黄酮、异槲皮苷含量两两间均呈显著或极显著正相关,其中,异槲皮苷含量和总黄酮、多酚含量的相关系数分别为0.543和0.239,多酚含量和总黄酮含量的相关系数为

0.398,三者变化趋势一致,说明根据某一成分含量的高低,可以在一定程度上预测另外2种成分的情况;除多酚含量外,槲皮素含量与总黄酮含量、异槲皮苷含量均呈极显著正相关关系,其中,槲皮素含量与总黄酮含量、异槲皮苷含量相关系数分别为0.318和0.414。

表5 杜仲种质叶中各成分含量间相关分析

指标	槲皮素	异槲皮苷	总黄酮	多酚
多酚	0.107	0.239*	0.398**	1
总黄酮	0.318**	0.543**	1	
异槲皮苷	0.414**	1		
槲皮素	1			

注: **表示极显著差异($P < 0.01$), *表示显著差异($P < 0.05$)。

2.5 杜仲种质叶中多酚和黄酮含量的聚类分析

利用 SPSS 20.0 对参试的 105 份杜仲种质的 4 个经济性状进行聚类,以欧氏距离为遗传距离,采用 Ward 聚类法,在遗传距离 8.5 处将参试材料分为 4 类(图 2)。

第 I 类群包括 33 份材料,占总种质的 31.43%,该类群 4 种成分含量均较高,其中,多酚、总黄酮、异槲皮苷及槲皮素含量的均值分别为 45.04、17.47、3.88、0.33 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$,变异系数分别为 17.52%、11.45%、20.62% 和 27.27% (表 6)。第 II 类群包括 40 份材料,占总种质的 38.10%,是 4 类中种质资源数目最多的一个类群,但多酚及黄酮类活性成分的含量集中分布在中等水平,其多酚、总黄酮、异槲皮苷及槲皮素的均值分别为 39.23、16.22、2.98、0.27 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ (表 6)。第 III 类群包括 13 份材料,占总种质的 12.38%,多酚、总黄酮、异槲皮苷、槲皮素含量均值分别为 51.93、18.16、4.96、0.58 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$,此类群资源的 4 种成分含量综合最高(表 6)。

第 IV 类群包括 19 份材料,仅占总种质的 18.10%,其 4 种成分含量均最低。综合比较发现,4 大类群的成分含量优劣顺序为:类群 III > 类群 I > 类群 II > 类群 IV。

3 讨论

杜仲种质资源叶中多酚、总黄酮、异槲皮苷及槲皮素含量变异程度均较高,变异幅度较大,具有丰富的多样性,4 种成分的均值分别为 42.74、15.92、3.37、0.33 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。Zhang 等^[22]对中国传统草药中多酚含量的研究发现,槐花(*Sophora japonica* Linn.)多酚含量最高,为 91.33 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$,半夏(*Pinellia ternata* (Thunb.) Breit.) 中含量最低,为 1.09 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$;欧阳玉祝等^[23]对几种药用植物总多酚含量及其抗氧化活性比较发现,金银花(*Lonicera japonica* Thunb.)的多酚含量为 8.58 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$,连翘(*Forsythia suspensa* (Thunb.) Vahl.) 为 7.94 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。比较可见,杜仲种质资源叶中多酚含量与传统

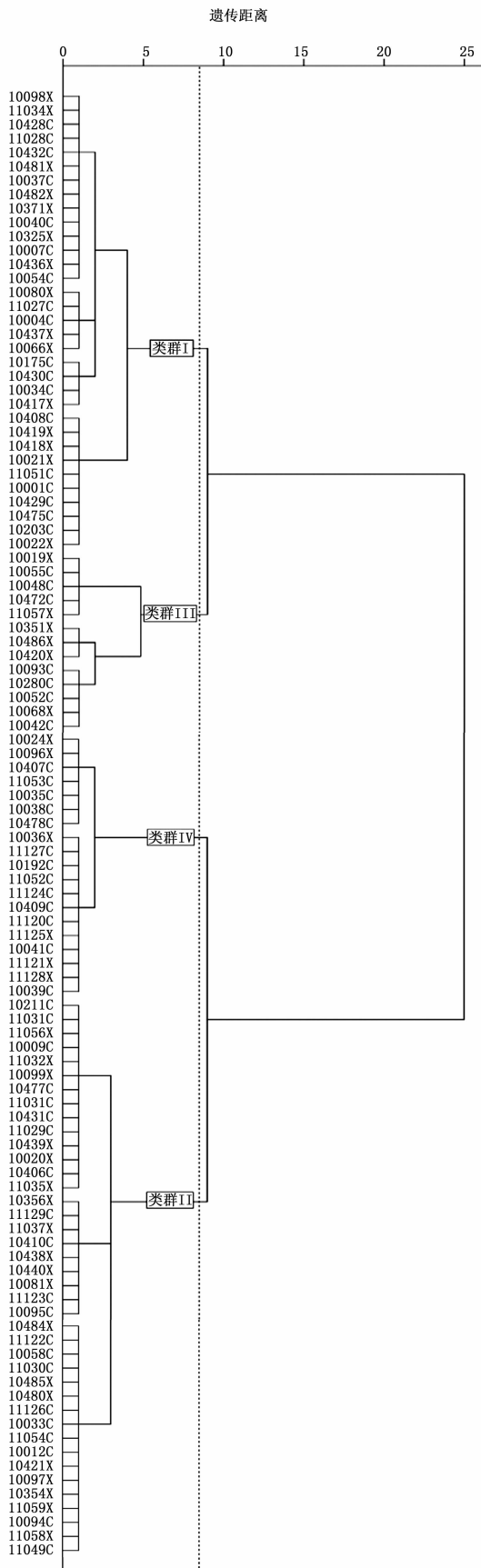


图2 杜仲种质资源多酚及黄酮含量聚类分析

表6 杜仲种质各类群性状特征

成分	性状	类群			
		类群 I	类群 II	类群 III	类群 IV
多酚	均值 ± 标准差/(mg · g ⁻¹)	45.04 ± 7.89	39.23 ± 6.97	51.93 ± 7.11	32.61 ± 7.95
	变异系数/%	17.52	17.77	13.69	24.38
	极小值/(mg · g ⁻¹)	33.92	23.19	36.8	20.71
	极大值/(mg · g ⁻¹)	62.48	54.58	62.31	46.38
总黄酮	均值 ± 标准差/(mg · g ⁻¹)	17.47 ± 2.00	16.22 ± 1.51	18.16 ± 2.90	11.08 ± 1.99
	变异系数/%	11.45	9.31	15.97	17.96
	极小值/(mg · g ⁻¹)	13.55	12.85	13.55	6.7
	极大值/(mg · g ⁻¹)	22.38	19.91	22.53	14
异槲皮苷	均值 ± 标准差/(mg · g ⁻¹)	3.88 ± 0.80	2.98 ± 0.76	4.96 ± 1.27	2.23 ± 0.57
	变异系数/%	20.62	25.5	25.6	25.56
	极小值/(mg · g ⁻¹)	2.48	1.55	3.06	1.16
	极大值/(mg · g ⁻¹)	5.34	4.42	6.92	3.22
槲皮素	均值 ± 标准差/(mg · g ⁻¹)	0.33 ± 0.09	0.27 ± 0.07	0.58 ± 0.19	0.25 ± 0.07
	变异系数/%	27.27	25.93	32.76	28
	极小值/(mg · g ⁻¹)	0.21	0.19	0.29	0.19
	极大值/(mg · g ⁻¹)	0.52	0.46	0.96	0.43

中药材含量相当,甚至显著高于金银花、连翘等一些常用药材。黄酮类化合物是杜仲叶中的重要活性成分,本研究发现,杜仲叶中总黄酮含量与枸杞(*Lycium chinense* Mill.)和党参(*Codonopsis pilosula* (Franch) Nannf.)中的含量相近,是白术(*Atractylodes macrocephala* Koidz.)的2倍,银杏(*Ginkgo biloba* Linn.)的4倍左右^[24]。杜仲叶中异槲皮苷与桑叶和罗布麻(*Apocynum venetum* Linn.)的含量相近,是川楝子(*Melia toosendan* Sieb.)的2倍左右^[25-27]。说明杜仲叶具有较高的药用价值,其开发利用潜力巨大。同时,不同有效成分在不同种质杜仲叶具有较高的遗传多样性,进而为优良种质选育提供了可能。

对黄连木雌、雄株叶片几种保护酶活性及主要内含物含量进行研究,发现丙二醛含量和可溶性蛋白含量在雌雄株叶片中无显著差异^[28]。本研究也得到相似的结论,即多酚、总黄酮、异槲皮苷及槲皮素在杜仲雌、雄株叶中的含量差异不显著。据文献报道^[29],在相关性极强的性状间进行选择时,对其中一个性状进行改良,可以同时影响其他性状。本研究通过4种成分间相关性分析发现,异槲皮苷、总黄酮和多酚之间呈显著或极显著的正相关关系。

本研究采用欧氏平方距离法将105份杜仲种质资源分为4大类群,聚类结果显示,杜仲种质资源叶中黄酮类化合物和多酚含量与种质来源无明显的规律性。孙建等^[30]对芝麻种质叶中叶绿素含量进行多样性分析,发现聚类结果与种质来源、种质类型间

无明显的规律性,这与本研究结果一致。

4 结论

杜仲种质资源叶中多酚、总黄酮、异槲皮苷及槲皮素含量具有丰富的多样性,且不同种质间4种成分含量存在明显的差异,这为优良种质资源的选择提供了可能。综合评价4种成分含量高低,可将杜仲种质资源分为4大类群,其中,类群Ⅲ为高含量类群,共有13份种质,不仅为后期优良叶用品种的开发利用提供基础原材料,也为杜仲活性成分的遗传改良提供了可能。

参考文献:

- [1] 杜红岩,胡文臻,俞锐.杜仲产业绿皮书[M].北京:社会科学文献出版社,2013.
- [2] 杜红岩,赵戈.论我国杜仲产业化与培育技术的发展[J].林业科学研究,2000,13(5):554-561
- [3] 黄海燕,杜红岩,乌云塔娜,等.基于SSR分子标记的杜仲遗传多样性体系建立[J].林业科学研究,2013,26(6):795-799.
- [4] 杜红岩.杜仲活性成分与药理研究的新进展[J].经济林研究,2004,21(2):58-61.
- [5] 王璐,杜兰英,杜红岩.杜仲饲料添加剂的研究进展[J].饲料研究,2014(19):29-31.
- [6] 艾伦强,李婷婷,何银生,等.杜仲的应用研究进展[J].亚太传统医药,2010(10):163-165.
- [7] 董尚胜,翁蔚,查森俊,等.杜仲茶风味化学的研究Ⅲ.复火对杜仲红茶品质成分的影响[J].林业科学研究,2001,14(1):93-96.
- [8] 冯晗,周宏灏,欧阳冬生.杜仲的化学成分及药理作用研究进展[J].中国临床药理学和治疗学,2015,20(6):713-720.

- [9] Danielle R, Paul P, Michael A. Applications of mass spectrometry to plant phenols [J]. Tr AC Trends in Analytical Chemistry, 1999, 18(5):362-372.
- [10] 刘迪,尚华,宋晓宇. 杜仲叶多酚体内和体外抗氧化活性[J]. 食品研究与开发, 2013(9):5-8.
- [11] 赵子龙,薛培凤,倪佩东,等. 天然药物中总黄酮的提取工艺研究进展[J]. 内蒙古医学院学报, 2012, 34(6):512-516.
- [12] 孙兰萍,马龙,张斌,等. 杜仲黄酮类化合物的研究进展[J]. 食品工业科技, 2009(3):359-363.
- [13] 李欣,刘严,朱文学,等. 杜仲的化学成分及药理作用研究进展[J]. 食品工业科技, 2012, 33(10):378-382.
- [14] 王艳芳,王新华,朱宇同. 槲皮素药理作用研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2003, 15(2):171-173.
- [15] 袁超. 异槲皮苷及其金属配合物的光谱特征、抗氧化特性及药代动力学研究[D]. 太原:山西大学, 2010.
- [16] 张琳杰,彭胜,张昌伟,等. 响应面法优化杜仲叶中总多酚超声波辅助提取工艺研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(8):228-232.
- [17] Kwan C Y, Chen Changxun, DEYAMA Takeshi, et al. Endothelium-dependent vasorelaxant effects of the aqueous extracts of the *Eucommia ulmoides* Oliv. leaf and bark: implications on their antihypertensive action [J]. Vascular Pharmacology, 2003, 40(5):229-235.
- [18] Kim H Y, Moon B H, Lee H J, et al. Flavonol glycosides from the leaves of *Eucommia ulmoides* O. with glycation inhibitory activity [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2004, 93(2-3):227-230.
- [19] Xican L, Xiaoting W, Ling H. Correlation between antioxidant activities and phenolic contents of radix *Angelicae sinensis* (Danggui). [J]. Molecules, 2009, 14(12):5349-5361.
- [20] Stankovic M S, Niciforovic N, Topuzovic M, et al. Total phenolic content, flavonoid concentrations and antioxidant activity, of the whole plant and parts extracts *Teucrium montanum* L. var. *Montanum*, F. Supinum (L.) Reichenb[J]. Biotechnology & Biotechnological Equipment, 2011, 25(25):2222-2227.
- [21] 徐兰波,张峰,丁艳霞,等. HPLC法同时测定杜仲叶中6个黄酮类成分的含量[J]. 药物分析杂志, 2014(8):1422-1425.
- [22] Zhang L, Ravipati A S, Koyyalamudi S R, et al. Antioxidant and anti-inflammatory activities of selected medicinal plants containing phenolic and flavonoid compounds[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2011, 59(23):12361-12367.
- [23] 欧阳玉祝,吴道宏,李勇. 几种药用植物总多酚含量及其抗氧化活性比较[J]. 中国野生植物资源, 2012, 31(2):20-23.
- [24] 仲凤维,王迎,万晓,等. 6个银杏新品种叶片黄酮内酯含量的测定[J]. 山东林业科技, 2013(5):20-22.
- [25] 贾冬冬,李淑芬,杨鸿玲. RP-HPLC法测定桑叶中的芦丁和异槲皮苷含量[J]. 食品科学, 2008, 29(8):499-501.
- [26] 李奇,张月婵,宋建平,等. 不同产地罗布麻叶黄酮类成分分析[J]. 中药材, 2009, 32(9):1359-1362.
- [27] 周浓,杨敏,王胤,等. 商品川楝子的品质评价[J]. 中药材, 2012, 35(7):1065-1070.
- [28] 马丽媛,齐国辉,李保国,等. 黄连木雌、雄株叶片几种保护酶活性及主要内含物含量的比较[J]. 河北农业大学学报, 2012, 35(2):48-52.
- [29] 辜夕容. 不同种源无患子的种子品质差异分析[J]. 西南大学学报:自然科学版, 2009, 31(6):51-54.
- [30] 孙建,刘红艳,赵应忠,等. 芝麻种质资源叶绿素含量的多样性分析[J]. 江西农业学报, 2009, 21(12):5-9.

(责任编辑:徐玉秀)

书 讯

《中国食用昆虫》一书是中国林业科学研究院资源昆虫研究所冯颖研究员、陈晓鸣研究员和赵敏博士撰写的专著,于2016年1月由科学出版社出版。

该书是作者多年对我国民间食用昆虫实地考察和研究,广泛收集相关研究资料的基础上写成。全书共分上、下2篇15章。上篇系统总结了我国食用昆虫研究和利用现状及国外进展,评价了昆虫的营养、保健价值和食用安全性,提出利用中的安全原则,概述了部分养殖技术。下篇记载了我国分属于11目64科173属的食用昆虫和已分析营养价值的昆虫共计324种,详细描述其食用习俗、方式及营养成分,记载部分种类的药用保健价值。书中配有彩图260张。书后附中国常见食用昆虫名录和部分昆虫食谱相关书籍介绍。

本书是迄今我国较为详尽的食用昆虫专著,可作为广大昆虫学和营养学科技工作者、食用昆虫爱好者、农村食用昆虫养殖者、农林院校学生和研究生们的参考书。(每册198元)

联系人:赵敏

电话:0871-63861234

汇款地址:云南省昆明市盘龙区白龙寺 中国林科院资源昆虫研究所

邮编:650224