

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2018.03.001

## 青钱柳不同种源幼树生长特性及叶片性状差异分析

王海峰<sup>1</sup>, 严贤春<sup>1</sup>, 罗建勋<sup>2\*</sup>, 刘芙蓉<sup>2</sup>, 王澌璐<sup>1</sup>

(1. 西华师范大学生命科学学院, 四川 南充 637000; 2. 四川省林业科学研究院林业研究所, 四川 成都 610081)

**摘要:**为进行青钱柳优良种源的早期选择,对四川沐川、贵州黎平、湖南东安、湖北五峰和江西修水5个种源的青钱柳幼树生长特性和叶片性状进行分析。结果表明:青钱柳不同种源间幼树生长特性各指标均达到显著水平;幼树的小叶长度、小叶宽度、小叶面积的差异等均达到了显著水平,但叶片厚度和复叶叶柄粗度和复叶叶柄长度差异不显著。对不同种源青钱柳幼树的生长和叶片指标进行了相关性分析和主成分分析,结果表明:树高、地径、最长侧枝长度、最长侧枝粗度、侧枝数量间存在显著正相关关系;侧枝数量、小叶长度、小叶宽度、小叶面积间存在显著正相关关系;小叶长度、小叶宽度、小叶面积分别与复叶叶柄长度、复叶叶柄宽度显著正相关。通过主成分分析,前两个主成分的累积方差贡献率为97.18%。经综合评价,不同种源青钱柳幼树综合得分最高的为四川沐川、贵州黎平种源。

**关键词:**青钱柳;不同种源;生长特性;叶片性状;主成分分析

中图分类号:S792.12 文献标识码:A 文章编号:1003-5508(2018)03-0001-06

## Analysis of Growth and Leaf Characteristics of Different Provenances of *Cyclocarya paliurus* Saplings

WANG Hai-feng<sup>1</sup> YAN Xian-chun<sup>1</sup> LUO Jian-xun<sup>2\*</sup> LIU Fu-rong<sup>2</sup> WANG Si-lu<sup>1</sup>

(1. College of Life Sciences, China West Normal University, Nanchong 637000, China;

2. Research Institute of Forestry, Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China)

**Abstract:** For early selection of the excellent provenances of *Cyclocarya paliurus*, analysis was made of the growth characteristics and leaf traits of five saplings, which were from Muchuan of Sichuan, Liping of Guizhou, Dong'an of Hunan, Wufeng of Hubei and Xiushui of Jiangxi. The results showed that there were significant differences in growth characteristics among different provenances of *C. paliurus* saplings. And there were significant differences in leaflet length, width and area, with the exception of leaf thickness, compound leaf petiole diameter and compound leaf petiole length. The correlation analysis and principal component analysis method were applied to evaluate the growth characteristics and leaf traits of *C. paliurus* saplings. The results showed that there was an extremely significant positive correlation among the height of tree, the ground diameter and number of sub-branch, the length and diameter of the longest lateral branch; There was an extremely significant positive correlation among the number of sub-branch and leaflet area, length and width; The leaflet length and width, and area were respectively correlated positively with the compound leaf petiole diameter and compound leaf petiole length. The cumulative variance pro-

收稿日期:2018-02-07

基金项目:四川省林木种质资源平台建设与共享(2017TJPT0029), 国家林木(含竹藤花卉)种质资源平台。

作者简介:王海峰(1994-),男,四川乐山人,硕士研究生。研究方向:园林植物研究。

\*通讯作者:罗建勋(1964-),男,四川崇州人,博士,研究员,主要从事林木种质资源与林木遗传育种研究。

portion of the first two principal components was 97.18%. According to comprehensive evaluation, the higher comprehensive scores of *C. paliurus* saplings among different provenances were from Muchuan of Sichuan and Liping of Guizhou.

**Key words:** *Cyclocarya paliurus*, Different provenances, Growth characteristics, Leaf traits, Principal component analysis

青钱柳(*Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinsk)为胡桃科(Juglandaceae)青钱柳属(*Cyclocarya Iljinsk.*)植物,是我国特有的单属种植物,也是国家重点保护的濒危植物之一,被誉为“植物界的大熊猫”和“医学界的第三棵树”。该树种萌芽力强,生长中速<sup>[1]</sup>,喜光,稍耐荫,喜深厚、风化岩湿润土质,广泛分布于安徽、江苏、浙江、江西、福建、台湾、湖北、湖南、四川、贵州、广西、广东和云南东南部等地的海拔500 m~2 500 m的山区、溪谷、林缘、林内或石灰岩山地中<sup>[2~3]</sup>。青钱柳叶片富含多种有机或无机化学成分,如黄酮<sup>[4]</sup>、多糖<sup>[5]</sup>、三萜类化合物<sup>[6]</sup>及微量元素。2013年青钱柳叶被国家卫计委批准为新资源食品,具有降血糖<sup>[7]</sup>、降血压<sup>[8]</sup>、降血脂<sup>[9]</sup>等多种功能。其树皮鞣质,可提制栲胶,亦可做纤维原料;木材细致,可作家具及工业用材<sup>[10]</sup>;根系发达,与常绿树种混交,可改善土壤结构,提高土壤肥力,充分发挥涵养水源的功能<sup>[11]</sup>;树姿壮丽,枝叶舒展,果如铜钱,具有很高的庭院观赏价值。青钱柳是集药用、工业、用材和观赏等多种价值于一身,是很有开发前景的珍贵药食同源树种。

青钱柳种子具有深休眠特性,播种后隔年萌发,自然发芽率低,仅为0.1%~0.2%<sup>[12~13]</sup>,在一定程度上限制了青钱柳苗木的繁育。目前的青钱柳资源主要是天然林或天然次生林,数量稀少,多零星分布于自然保护区及一些深山老林中。因此选择优良青钱柳种源进行人工林定向培育是解决目前资源供应的有效途径之一。本文通过分析5个不同种源青钱柳幼树生长特性和叶片性状差异,旨在探索不同种源青钱柳在四川省南江地区的生长特性,并为当地选择适宜栽培的优良种源提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验地概况

试验地位于四川省巴中市南江县光雾山(经度106°43'18",纬度32°22'32"),地处四川盆地东北边缘地带,平均海拔1 100 m,属亚热带山地湿润季风气候。年平均气温16.2℃,最热月为7月~8月,月

均温为26.3℃,极端最高气温39.5℃;最冷月为1月,1月均温5.1℃,极端最低气温-7.0℃。年均无霜期259 d,年均日照数1 563.3 h,年均降水量1 198.7 mm,年均蒸发量1 438.8 mm,年均相对湿度75%。土壤类型为黄壤,pH值为6.0~7.5。

### 1.2 实验材料及处理

试验材料来自湖南东安、贵州黎平、江西修水、湖北五峰、四川沐川的地理种源。2014年秋季采集5个种源的青钱柳种子,经过1 a自然室内低温沙藏,2016年春季进行育苗。2017年3月上旬采用不同种源的1 a生苗,采用随机区组试验设计进行造林,参试种源苗木规格为:平均苗高 $\geq$ 50 cm,平均地径0.7 cm以上,造林株行距为1×1.5 m。2017年8月下旬对造林地的不同种源青钱柳幼树生长性状及叶片性状进行测定。

### 1.3 调查方法

对不同种源的青钱柳试验林样地进行调查,每个种源选择3行,每行10株,进行生长特性调查,测定树高、地径、侧枝数量、最长侧枝长度及侧枝粗度。然后,每株取中等大小的叶片,采用软件Image-J软件测定小叶长度、小叶宽度、小叶面积及复叶叶柄长度。

### 1.4 数据的处理与分析

利用Excel进行数据整理,DPS软件进行统计分析、方差分析、相关分析和主成分分析,对不同种源青钱柳的树高、地径、侧枝数量、最长侧枝长度、最长侧枝粗度、小叶长度、小叶宽度、小叶面积和叶片厚度指标进行降维分析,计算特征值、特征向量、各主成分的方差贡献率和累积方差贡献率,以累积贡献率大于85%为标准提取主成分<sup>[14]</sup>。利用主成分的得分,以每个主成分所对应的特征值占所提取主成分总特征值之和的比例作为权重,建立综合评价模型,对不同种源青钱柳幼树进行综合评价。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同种源青钱柳幼树生长特性分析

不同种源青钱柳幼树生长特性比较见表1,方

差分析结果见表 2。由表 1 可知,不同种源青钱柳的树高变幅为 91.58 cm ~ 126.20 cm,地径变幅为 12.32 mm ~ 21.44 mm,侧枝数量变幅为 6.22 枝 ~ 9.17 枝,最长侧枝长度变幅为 29.64 cm ~ 55.66 cm,最长侧枝粗度变幅为 5.77 mm ~ 8.11 mm,其中四川沐川种源的树高、地径、侧枝数量、最长侧枝长度及粗度分别为 126.20 cm、21.44 mm、9.17 枝、55.66 cm、8.11 mm,均显著高于其他 4 个地理种源,比江西修水种源的生长指标分别高出 37.80%、

74.03%、47.43%、87.79% 和 40.55%。贵州黎平种源的树高、地径、侧枝数量、最长侧枝长度及粗度处于中上水平,比江西修水种源的生长指标分别高出 16.16%、34.01%、37.14%、47.30% 和 18.89%。从青钱柳幼树生长性状上看,四川沐川种源存在着独特的优势,贵州黎平种源其次。方差分析表明:不同种源青钱柳幼树间的树高、地径、最长侧枝长度、最长侧枝粗度及侧枝数量的差异均达到了显著水平 ( $P < 0.05$ )。

表 1 不同种源青钱柳幼树生长特性

Tab. 1 The growth characteristics of *Cyclocarya paliurus* saplings from different provenances

种源	树高(cm)	地径(mm)	侧枝数量(枝)	最长侧枝长度(cm)	最长侧枝粗度(mm)
贵州黎平	106.38 ± 3.88b	16.51 ± 0.76b	8.53 ± 0.83ab	43.66 ± 2.82b	6.86 ± 0.12b
湖南东安	100.25 ± 10.15bc	14.30 ± 0.87c	7.57 ± 1.15bc	31.69 ± 13.71c	5.97 ± 0.92cd
湖北五峰	100.17 ± 1.34bc	17.22 ± 0.77b	6.70 ± 0.13cd	36.05 ± 2.01bc	6.72 ± 0.17bc
四川沐川	126.20 ± 3.79a	21.44 ± 1.81a	9.17 ± 0.64a	55.66 ± 1.54a	8.11 ± 0.34a
江西修水	91.58 ± 2.96c	12.32 ± 0.86d	6.22 ± 0.49d	29.64 ± 2.95c	5.77 ± 0.14d

表 2 不同种源青钱柳幼树生长特性方差分析

Tab. 2 Variance analysis of different provenances of *Cyclocarya paliurus* saplings growth characteristics

生长性状	变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
苗高	处理间	2 032.2728	4	508.0682	17.762	0.0002
	处理内	286.0396	10	28.604		
	总变异	2 318.3124	14			
地径	处理间	141.4991	4	35.3748	29.795	0.0001
	处理内	11.8725	10	1.1873		
	总变异	153.3716	14			
侧枝数量	处理间	18.1307	4	4.5327	8.454	0.003
	处理内	5.3617	10	0.5362		
	总变异	23.4923	14			
最长侧枝长度	处理间	1 345.6056	4	336.4014	7.974	0.0037
	处理内	421.8596	10	42.186		
	总变异	1 767.4652	14			
最长侧枝粗度	处理间	10.1882	4	2.547	12.373	0.0007
	处理内	2.0586	10	0.2059		
	总变异	12.2468	14			

## 2.2 不同种源青钱柳幼树叶片性状分析

不同种源青钱柳幼树叶片性状多重比较结果见表 3,方差分析结果见表 4。由表 3 可知,不同种源青钱柳幼树的小叶长度变幅为 7.39 cm ~ 11.45 cm,小叶宽度变幅为 2.95 cm ~ 4.61 cm,小叶面积变幅为 15.74 cm<sup>2</sup> ~ 37.29 cm<sup>2</sup>,叶片厚度变幅为 0.24 mm ~ 0.32 mm,复叶叶柄粗度变幅为 2.88 mm ~ 3.89 mm,复叶叶柄长度变幅为 15.84 mm ~ 21.12 mm。贵州黎平种源小叶长度、小叶宽度、小叶面积分别为 11.45 cm、4.61 cm、37.29 cm<sup>2</sup>,均显著高于其他 4 个种源;叶片厚度、复叶叶柄粗度及长度与其它种源间不存在显著差异。贵州黎平种源的小叶长

度、小叶宽度、小叶面积、复叶叶柄粗度及长度比江西种源的叶片指标分别高出 54.94%、56.27%、136.28%、35.07% 和 42.99%。此外,湖南东安种源其小叶长度、小叶宽度、小叶面积、复叶叶柄长度处于中上水平,比江西修水种源的叶片指标分别高出 34.51%、26.78%、72.62% 和 34.60%。从青钱柳幼树叶片性状指标上看,贵州黎平种源表现最佳;湖南东安种源相对较好。方差分析表明:不同种源青钱柳幼树之间的小叶长度、小叶宽度、小叶面积的差异均达到了显著水平 ( $P < 0.05$ ),而其叶片厚度、复叶叶柄粗度及长度没有显著差异 ( $P > 0.05$ )。

表3 不同种源青钱柳幼树叶片性状

Tab.3 The leaf traits of *Cyclocarya paliurus* saplings from different provenances

种源	小叶长度 (cm)	小叶宽度 (cm)	小叶面积 (cm <sup>2</sup> )	叶片厚度 (mm)	复叶叶柄粗度 (mm)	复叶叶柄长度 (cm)
贵州黎平	11.45 ± 1.89a	4.61 ± 0.57a	37.29 ± 11.32a	0.26 ± 0.05ab	3.89 ± 1.25a	21.12 ± 4.34a
湖南东安	9.94 ± 1.42ab	3.74 ± 0.68b	27.17 ± 9.57ab	0.26 ± 0.04ab	3.33 ± 0.45a	19.88 ± 2.07ab
湖北五峰	7.39 ± 0.99c	3.25 ± 0.23bc	18.59 ± 3.31b	0.26 ± 0.02ab	3.26 ± 0.04a	14.77 ± 3.31c
四川沐川	9.49 ± 0.86abc	3.53 ± 0.05bc	23.58 ± 1.05b	0.32 ± 0.06a	3.53 ± 0.41a	15.96 ± 1.60bc
江西修水	7.68 ± 0.90bc	2.95 ± 0.18c	15.74 ± 1.75b	0.24 ± 0.04b	2.88 ± 0.36a	15.84 ± 0.89bc

表4 不同种源青钱柳幼树叶片性状方差分析

Tab.4 Variance analysis of different provenances of *Cyclocarya paliurus* saplings leaf traits

叶片性状	变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
小叶长度	处理间	33.7294	4	8.4323	5.202	0.0158
	处理内	16.2097	10	1.621		
	总变异	49.9391	14			
小叶宽度	处理间	4.7891	4	1.1973	6.826	0.0064
	处理内	1.7539	10	0.1754		
	总变异	6.5429	14			
小叶面积	处理间	849.6014	4	212.4004	4.525	0.0241
	处理内	469.3422	10	46.9342		
	总变异	1318.9436	14			0
叶片厚度	处理间	0.0108	4	0.0027	1.4	0.3025
	处理内	0.0193	10	0.0019		
	总变异	0.0302	14			
复叶叶柄粗度	处理间	1.6508	4	0.4127	0.997	0.453
	处理内	4.1405	10	0.414		
	总变异	5.7913	14			
复叶叶柄长度	处理间	94.115	4	23.5287	3.143	0.0646
	处理内	74.8628	10	7.4863		
	总变异	168.9778	14			

### 2.3 不同种源青钱柳幼树生长特性和叶片性状相关性分析

植物的生长与叶片形态性状存在一定的关系。为了进一步探讨青钱柳幼树生长特性和叶片性状的相关性,对5个种源的青钱柳幼树生长性状和叶片性状进行相关分析,可以评价各性状间的相关程度,

相关分析结果见表5,结果表明苗高、地径、最长侧枝长度、最长侧枝粗度、侧枝数量间存在显著正相关关系;侧枝数量、小叶长度、小叶宽度、小叶面积间存在显著正相关关系;复叶叶柄长度、复叶叶柄宽度分别与小叶长度、小叶宽度、小叶面积显著正相关。

表5 不同种源青钱柳幼树生长性状和叶片性状的相关分析

Tab.5 Correlation analysis between seedling growth characteristics and leaf traits with different provenances of *Cyclocarya paliurus* saplings

性状	苗高 (cm)	地径 (mm)	最长侧枝 长度 (cm)	最长侧枝 粗度 (mm)	侧枝 数量 (枝)	小叶 长度 (cm)	小叶 宽度 (cm)	小叶 面积 (cm <sup>2</sup> )	叶片 厚度 (mm)	复叶叶 柄粗度 (mm)
地径(mm)	0.90**									
最长侧枝长度(cm)	0.94**	0.82**								
最长侧枝粗度(mm)	0.91**	0.87**	0.94**							
侧枝数量(枝)	0.67**	0.69**	0.54*	0.53*						
小叶长度(cm)	0.27	0.11	0.22	0.12	0.58*					
小叶宽度(cm)	0.17	0.12	0.15	0.09	0.57*	0.90**				
小叶面积(cm <sup>2</sup> )	0.17	0.10	0.14	0.07	0.56*	0.93**	0.98**			
叶片厚度(mm)	0.45	0.36	0.43	0.48	0.26	0.26	0.23	0.20		
复叶叶柄粗度(mm)	0.40	0.23	0.38	0.30	0.28	0.62**	0.54*	0.55*	0.28	
复叶叶柄长度(cm)	-0.02	-0.15	-0.07	-0.20	0.31	0.86**	0.80**	0.87**	-0.01	0.35

↑“\*\*\*”表示在0.01水平(双侧)上显著相关,“\*”表示在0.05水平(双侧)上显著相关。

“\*\*\*” indicates significant correlation at 0.01 level (2-tailed), and “\*” indicates significant correlation at 0.05 level (2-tailed).

## 2.4 不同种源青钱柳幼树主要性状的主成分分析

通过对不同种源青钱柳幼树生长性状和叶片性状的方差分析,选择了树高、地径、侧枝数量、最长侧枝长度、最长侧枝粗度、小叶长度、小叶宽度、小叶面积和叶片厚度进行主成分分析,分析结果见表 6。由表 6 知,前两个主成分的累积方差贡献率为 97.18%,表明前两个主成分已经代表了全部性状 97.18% 的综合信息,其他主成分在性状分析中所起的作用仅为 2.82%。其中,第 1 主成分的特征值为 6.18,方差贡献率为 68.71%,代表了全部性状 68.71% 的信息,是最重要的主成分;第 2 主成分的特征值为 2.56,方差贡献率为 28.47%,代表了全部性状 28.47% 的信息。

表 6 主成分的特征值和累积贡献率

Tab. 6 The feature value and contribution rate of main components

主成分	特征值	百分率(%)	累计百分率(%)
1.00	6.18	68.71	68.71
2.00	2.56	28.47	97.18
3.00	0.20	2.21	99.39
4.00	0.05	0.61	100.00

这两个主成分很好地评价了青钱柳的生长性状和叶片性状,提取前两个主成分,由表 7 可知,树高、地径、侧枝生长指标在第一主成分上有较高的系数,说明第一主成分基本反映了青钱柳生长特性的信息,小叶长度、小叶宽度及小叶面积在第 2 主成分上有较高系数,说明第 2 主成分主要反映了叶片大小的信息。

表 7 生长性状和叶片性状相关矩阵的特征向量

Tab. 7 The eigenvectors of the main components of growth characteristics and leaf traits

性状	特征向量	
	主成分 1	主成分 2
苗高	0.38	-0.17
地径	0.36	-0.25
最长侧枝长度	0.39	-0.14
最长侧枝粗度	0.37	-0.23
侧枝数量	0.39	0.10
小叶长度	0.25	0.48
小叶宽度	0.23	0.51
小叶面积	0.23	0.51
叶片厚度	0.35	-0.27

为综合评价不同青钱柳种源,以每个主成分所对应的特征值占所提取主成分总特征值之和的比例作为权重,建立主成分综合评价模型: $F = (6.18 * F1 + 2.56 * F2) / 8.74$ 。综合评价得分见表 8,5 个种源的生长性状和叶片性状的综合得分从高到低依次为:四川沐川、贵州黎平、湖南东安、湖北五峰、江西修水。评价结果客观地反映了参试种源的产量特征。

$F1 + 2.56 * F2) / 8.74$ 。综合评价得分见表 8,5 个种源的生长性状和叶片性状的综合得分从高到低依次为:四川沐川、贵州黎平、湖南东安、湖北五峰、江西修水。评价结果客观地反映了参试种源的产量特征。

表 8 生长特性和叶片性状的主成分分值

Tab. 8 The main component score of growth characteristics and leaf traits

种源	主成分 1(F1)	主成分 2(F2)	综合评分(F)
贵州黎平	1.69	2.51	1.93
湖南东安	-0.90	1.16	-0.30
湖北五峰	-1.23	-1.27	-1.24
四川沐川	3.80	-1.79	2.16
江西修水	-3.36	-0.60	-2.55

## 3 讨论

### 3.1 青钱柳幼树种源间生长和叶片性状差异

苗期性状是林木优良种源早期选择的重要研究内容,主要从生长性状及叶片性状等方面探讨<sup>[15]</sup>。本文通过对不同种源青钱柳幼树生长性状进行比较,筛选适宜盆周地区的优良种源进行栽培。结果表明:不同种源青钱柳幼树生长特性差异明显,不同种源的青钱柳幼树存在较显著的差异。生长较快的种源为四川沐川和贵州黎平种源,江西修水种源苗木生长相对较慢,在一定程度上说明了不同种源青钱柳对环境的适应能力存在较大差异。这与楚秀丽在江苏镇江地区的研究相一致,江西修水种源的青钱柳苗生长低于其他种源的苗,这可能由于对环境适应性强弱的原因造成<sup>[16]</sup>。叶片性状直接影响着苗木的生长发育,青钱柳叶片是药食同源食品,是进行人工林栽培的目标产品。通过对不同种源青钱柳幼树叶片性状进行分析,结果表明不同种源青钱柳幼树之间的小叶长度、小叶宽度、小叶面积的差异显著,而其叶片厚度、复叶叶柄粗度、复叶叶柄长度的差异不明显。其中贵州黎平种源的小叶长度、小叶宽度、小叶面积显著高于其它 4 个种源,总体上看,其叶片性状表现较好。余城棋在不同种源青钱柳复叶性状的研究中<sup>[15]</sup>,贵州黎平种源也表现出了较好的性状,这说明贵州黎平种源的叶片具有较好的稳定性、适应性。

### 3.2 青钱柳幼树种源生长和叶片性状的相关性

对不同种源青钱柳幼树生长和叶片性状相关性

分析显示,苗高、地径、最长侧枝长度、最长侧枝粗度、侧枝数量间存在显著正相关关系;侧枝数量、小叶长度、小叶宽度、小叶面积间存在显著正相关关系;复叶叶柄长度、复叶叶柄宽度分别与小叶长度、小叶宽度、小叶面积显著正相关。分析结果表明,生长指标之间相关性密切。此外,很多研究表明,植株叶面积与苗高、地径存在显著相关<sup>[17]</sup>,但本实验采用小叶面积等指标与苗高、地径相关性并不显著,虽然光合产物来自叶片,但还存在其它因素决定其产量。小叶长度、小叶宽度、小叶面积是决定了叶片大小的性状与侧枝数量存在极大的相关性,说明叶片大小对植物生长存在着促进作用。所以将叶片性状与生长特性指标相结合综合对青钱柳优良种源的进行初步筛选,更加具有科学性。

### 3.3 青钱柳优良种源初步选择

本文在不同种源青钱柳的生长特征和叶片性状的分析的基础上,通过主成分分析得到两个主成分,这两个主成分代表了青钱柳 9 个性状 97.18% 的信息,是综合的相互独立的指标,且具有科学性和准确性。根据不同种源青钱柳主成分分析的综合评分,结果表明四川沐川和贵州黎平种源在南江地区生长表现较好。四川沐川种源表现最佳,造成四川沐川种源与其他地理种源表现性状差异的原因可能是不同种源地生态环境气候的影响。从引种的地理环境来看,四川沐川与南江均为四川盆周山地区域,气候同属亚热带季风性湿润气候带,气候相似,加上沐川为四川乡土种源,故四川沐川种源生长表现较好。经综合评价,初步选定四川沐川和贵州黎平为优良的青钱柳种源。本次研究筛选出优良种源仅从 5 个青钱柳种源中选出,参试种源偏少,研究生长特性和叶片性状都是幼树 1 a 生性状,研究结果还需进一步观测研究。

**致谢:**本项目试验材料为国家林木种质资源平

台协助提供,特此致谢!

### 参考文献:

- [1] 谢明勇,谢建华.青钱柳研究进展[J].食品与生物技术学报,2008,(1):113~121.
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志(21卷)[M].北京:科学出版社,1979.
- [3] 中国药材公司.中国中药资源志要[M].北京:科学出版社,1994.
- [4] 谢明勇,王远兴,易醒,等.青钱柳叶中黄酮化合物结构及含量研究[J].分析化学,2004,(8):1053~1056.
- [5] 李磊,谢明勇,易醒,等.青钱柳多糖组分及其降血糖活性研究[J].江西农业大学学报,2001,(4):484~486.
- [6] 舒任庚,刘玉凤,陈杰,等.青钱柳植物中三萜成分的研究[J].中药材,2005,(7):558~559.
- [7] 上官新晨,陈木森,蒋艳,等.青钱柳多糖降血糖活性的研究[J].食品科技,2010,(3):82~84.
- [8] 黄敬耀,楼兰英,徐彭.摇钱树叶的药理研究(简报)[J].中药通报,1986,(11):61.
- [9] 黄明圈,上官新晨,徐明生,等.青钱柳多糖降血脂作用的研究[J].江西农业大学学报,2011,(1):157~161.
- [10] 洪俊溪.青钱柳人工林材性试验研究[J].福建林学院学报,1997,(3):214~217.
- [11] 连雷龙.青钱柳的栽培技术[J].林业科技开发,2003,(3):51~52.
- [12] 李海玲,方升佐.青钱柳繁殖技术研究进展[J].林业科技开发,2005,(6):3~5.
- [13] 徐庆,宋芸娟.青钱柳的研究概况[J].华夏医学,2004,(3):451~453.
- [14] 杜庆鑫,魏艳秀,刘攀峰,等.杜仲雄花氨基酸主成分分析与综合评价[J].华南农业大学学报,2017,(1):76~81.
- [15] 余诚棋.青钱柳种子形态特征、苗期性状及叶片化学成分的研究[D].南京林业大学,2008.
- [16] 楚秀丽.不同种源青钱柳苗年生长及叶内含物含量研究[D].南京林业大学,2009.
- [17] 曾祥艳,陈金艳,廖健明,等.广西多穗柯叶片性状变异及幼苗生长量研究[J].广西植物,2015,35(6):885~890.