

不同种源青钱柳幼苗生长及生理生化特性的比较

刘盈盈^{1,2}, 张珍明^{1,2}, 康超¹, 贺红早¹, 张玉武¹

(1. 贵州省生物研究所 植物研究室, 贵州 贵阳 550008; 2. 贵州大学 林学院, 贵州 贵阳 550025)

摘要:以3个不同种源的青钱柳幼苗为试材,对其生长、生理及生化特征进行了比较研究,以期对不同培育目标选择具有优良性状的青钱柳种源。结果表明:3个种源生长性状表现为花溪种源>石阡种源>江口种源;不同种源相对电子传递速率(ETR)、光系统II的最大量子产量(Fv/Fm)、光化学淬灭系数(qP)表现为花溪种源>石阡种源>江口种源;不同种源青钱柳叶片可溶性总糖含量和还原糖含量达差异显著水平,表现为江口种源>花溪种源>石阡种源;不同种源铁(Fe)元素含量达差异显著水平,表现为石阡种源>花溪种源>江口种源;锰(Mn)元素含量达差异显著水平,表现为花溪种源>石阡种源>江口种源;不同种源铜(Cu)元素含量达差异显著水平,表现为石阡种源>江口种源>花溪种源;不同种源锌(Zn)元素含量达差异显著水平,表现为花溪种源>石阡种源>江口种源。

关键词:青钱柳;种源;叶绿素荧光特性;糖含量;微量元素

中图分类号:S 792.12 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)15-0057-05

自然选择压力和遗传变异等因素会使不同种源的同一树种产生遗传性差异,其差异可表现在生长发育、形态解剖、生理生态等方面。在相同的栽培条件下,不同种源树种的生产力和适应性会表现出显著的差异^[1]。通过对不同种源间林木树种的生长和生理生化等指标的比较,可以选择具有稳定遗传优良性状的个体或种群。近年来,关于青钱柳(*Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinsk.)种源研究的论文不断增多^[2-7],主要围绕青钱柳苗期生长特征、光合指标特征和叶片内含物指标3个方面开展。研究表明,以苗高、地径、复叶面积等作为生长指标,种源间差异达到显著或极显著水平;以光合速率、气孔导度、蒸腾速率等作为光合特征指标,种源间差异达到显著或极显著水平;以微量元素、次生代谢物等作为生化指标,种源间有较大差异。已有研究表明,青钱

柳的确已经分化、产生了种内有差别的地理种源。青钱柳是中国特有的珍稀植物,有植物界的“大熊猫”之称,其叶片内含物具有明显地降血糖^[8-16]、降血脂^[17-19]等用药价值,且其材质长成后具有很高的材用价值^[20]。为了更好地发展青钱柳产业,必须开展大量的种源试验,筛选出不同培育目标(药用、材用、观赏用等)的人工林优良的种源。青钱柳在贵州分布范围较广,但关于贵州的种源研究较少,主要涉及的种源有贵州黎平种源和贵州剑河种源。该试验选择贵州花溪、贵州石阡和贵州江口种源的青钱柳为试验材料,对不同种源的生长、生理及生化特征进行比较研究,以期对不同培育目标选择具有优良性状的青钱柳个体或种群,为青钱柳的进一步开发利用提供参考数据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于贵州大学林学院苗圃大棚内进行,地处亚热带季风湿润气候区,海拔1100 m,年平均气温15.2℃,相对湿度77%,无霜期278 d。

1.2 试验材料

选用铜仁江口、铜仁石阡和贵阳花溪3个分布区内种源,以当年生花溪、石阡、江口的播种苗作为试验材料。

1.3 试验方法

2015年6月20日选取3个种源苗高地径基本一致

第一作者简介:刘盈盈(1979-),女,博士研究生,副研究员,现主要从事苗木培育与生物技术等研究工作。E-mail:229312608@qq.com.

责任作者:张玉武(1962-),男,硕士,研究员,现主要从事植物学和森林生态学等研究工作。E-mail:871960170@qq.com.

基金项目:贵州省科技厅社发攻关资助项目(黔科合SY字[2013]3157号);贵州省科技厅国际省校区域合作协议资助项目(黔科合省院合[2014]7002号)。

收稿日期:2016-04-18

的当年生实生幼苗进行移栽,每个种源设3次重复,每个重复样本数为10株。移栽基质腐殖土和黄土配比为1:1, pH 5.26, 有效氮 $44.24 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有效磷 $1.52 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有效钾 $30.12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 基质装填距离容器上缘3 cm。缓苗14 d后,每株青钱柳幼苗施用4 g 国产三元复合肥(N,P,K 各含15%)。

1.4 项目测定

生长指标的测定:于9月20日测定,苗高采用卷尺测定,地径采用游标卡尺测定。

叶绿素荧光特性的测定:选择晴天14:00—17:00,采用德国WALZ基础型调制叶绿素荧光仪(Junior-PAM)测定相对电子传递速率(ETR)、实际光能转化效率(Y(II))、光化学淬灭系数(qP)和非光化学淬灭系数(qN)。光合有效辐射(PAR)设定8个梯度:125、190、285、420、625、820、1150、1500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。分别以光合有效辐射度(PAR)为横坐标,ETR、Y(II)、qP和qN为纵坐标,绘制相关光响应曲线。对快速光响应曲线进行拟合,得到初始斜率(α)、最大电子传递速率(ETRm)及最小饱和光强(Ek)3个主要参数。将植株进行1 h 暗反应,采用 Junior-PAM 基础型调制叶绿素荧光仪测定活体叶绿素荧光参数 F_o 、 F_m 和 F_v/F_m ,每植株取1片叶片,取各参数的平均值进行分析。

采用比色法测定青钱柳叶片可溶性总糖和还原糖含量。采用中华人民共和国林业行业标准中原子吸收分光光度法测定青钱柳叶片中铁、锰、铜、锌的含量。

1.5 数据分析

采用 SPSS 20.0 和 Excel 2007 软件对试验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同种源青钱柳幼苗的生长特性比较

苗高可以反映苗木的生长量,由表1可知,花溪种源青钱柳幼苗最高,比江口种源增大22%,比石阡种源增大6%,江口种源苗高生长量表现最差。地径可以反映苗木的质量,与苗木的抗性有关,由表1还可知,3个种源地径生长量的表现与苗高相同,花溪种源青钱柳幼苗地径最大,比江口种源增大34%,比石阡种源增大

表1 3个种源苗木苗高、地径生长量

Table 1 The growth of seedling height and ground diameter among different provenances

种源 Provenance	苗高生长量 Growth of seedling height/cm	地径生长量 Growth of ground diameter/mm
花溪 Huaxi	$76.11 \pm 4.35b$	$6.48 \pm 0.36c$
江口 Jiangkou	$62.46 \pm 4.19a$	$4.85 \pm 0.39a$
石阡 Shiqian	$71.93 \pm 2.99b$	$5.64 \pm 0.35b$

注:同列不同小写字母表示差异达显著性水平($P < 0.05$)。下同。

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference ($P < 0.05$). The same as below.

15%,江口种源地径生长量表现最差。花溪、石阡种源与江口种源的苗高达差异显著水平,但花溪种源和石阡种源间的苗高未达差异显著水平;3个种源间地径生长量的均达差异显著水平。综合来看,3个种源生长性状表现为:花溪种源>石阡种源>江口种源。

2.2 不同种源青钱柳叶绿素荧光特性比较

2.2.1 快速光响应 ETR 反映了不同光强下青钱柳叶片光系统II(PSII)的相对电子传递效率。由图1可以看出,青钱柳叶片的快速光响应曲线变化趋势一致,在开始时随光合有效辐射(PAR)的增加,ETR值也在相应地增大,当PAR达到一定值后,青钱柳快速光响应曲线逐渐趋于平缓。在 $125 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光合有效辐射下,不同种源青钱柳 PSII 的相对电子传递效率基本相同,但随着光合有效辐射的增加,青钱柳叶片 PSII 的 ETR 出现差异,总体表现为花溪种源>石阡种源>江口种源。初始斜率可用来表示光化学反应的启动速率。3个种源的初始斜率间的未达到差异显著水平,表明3个种源的光化学反应的启动速率没有明显差异。最大电子传递速率(ETRm)种源间差异显著,花溪种源和石阡种源分别比江口种源高32%和29%。最小饱和光强(Ek)反映的是样品对强光的耐受能力,由表2可知,3个种源的Ek值差异不显著,表明这3个种源青钱柳苗木对强光的耐受能力相差不大。

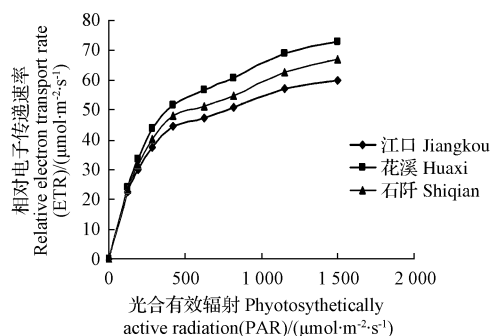


图1 不同种源快速光响应曲线

Fig. 1 The rapid light-response curves of three different provenances of *Cyclocarya paliurus*

表2 不同种源快速光响应指标

Table 2 The rapid light-response parameters of different provenances

种源 Provenance	初始斜率 Initial slope /(Electrons/Photons)	最大电子传递速率 Maximum electron transfer rate(ETRm) /($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	最小饱和光强 Minimum saturated light intensity(Ek) /($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
花溪 Huaxi	$0.17 \pm 0.01a$	$67.27 \pm 5.06b$	$385.02 \pm 15.29a$
江口 Jiangkou	$0.16 \pm 0.03a$	$50.99 \pm 1.37a$	$317.93 \pm 49.19a$
石阡 Shiqian	$0.17 \pm 0.03a$	$65.97 \pm 4.45b$	$401.91 \pm 54.05a$

2.2.2 种源间青钱柳叶片 F_o 、 F_m 和 F_v/F_m 的差异 不同种源初始荧光(F_o)的大小如图2所示,3个种源中

F_o 值最高的为花溪种源,其次为石阡种源,江口种源 F_o 值最低。花溪种源 F_o 值比石阡种源和江口种源分别大 9% 和 18%。最大荧光产量(F_m)可以反映通过青钱柳叶片 PSII 的电子传递情况^[21],是受光照后叶片电子反应程度的体现。花溪种源的 F_m 值最大,比石阡种源和江口种源分别大 9% 和 18%。说明在受到光照后花溪种源青钱柳叶片的电子反应程度最大,在弱光下的适应能力

要比其它种源强,江口种源 F_m 值最低,说明江口种源受到光照后电子不够活跃,不适应在弱光下生长。最大光化学量子产量(F_v/F_m)可以反映青钱柳叶片 PSII 反应中心内禀光能转换效率(或称 PSII 的最大光能转换效率)^[21]。由图 2 进一步分析,花溪种源的 F_v/F_m 值最高,比石阡种源和江口种源分别大 5% 和 9%。

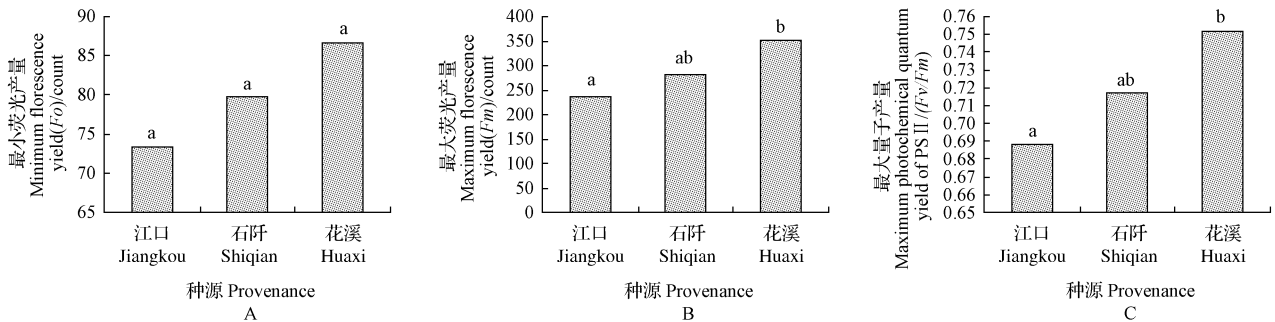


图 2 不同种源 F_o (A)、 F_m (B)和 F_v/F_m (C)差异

Fig. 2 The differences of F_o (A), F_m (B) and F_v/F_m (C) in different provenances

2.2.3 不同种源实际光能转化效率的光响应 光下叶片的实际光能转化效率 $Y(II)$,能够反映青钱柳叶片利用光能的能力。因为在弱光强下卡尔文碳同化过程可能无法正常运转,所以只有光照强度达到一定水平时, $Y(II)$ 值才能真实的反映光合的状态。从图 3 可以看出,各种源青钱柳叶片的实际光能转化效率的光响应趋势一致,均呈现 $Y(II)$ 随着光合有效辐射 PAR 的增加先急剧下降后平稳的趋势。花溪种源实际光能转化效率最高,石阡种源次之,江口种源最差。

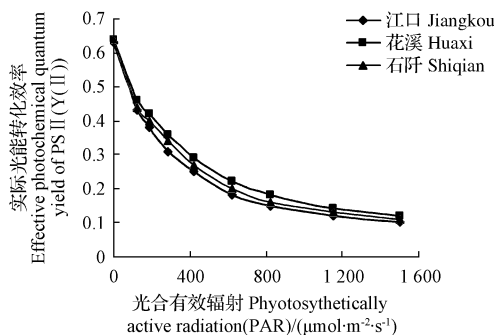


图 3 不同种源实际光能转化效率 $Y(II)$ 的光响应

Fig. 3 The $Y(II)$ curves of different provenances

2.2.4 不同种源荧光淬灭分析 荧光淬灭包括光化学淬灭和非光化学淬灭。光化学淬灭系数(qP)表示青钱柳叶片 PSII 天线色素吸收的光能用于光化学电子传递的份额,在一定程度上反映了青钱柳叶片 PSII 反应中心开放程度, qP 值越大青钱柳叶片 PSII 的电子传递活性越大^[21]。从图 4 可以看出,在 125~1 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 光合有效辐射照射下, qP 值不断降低,说明随着光合有效

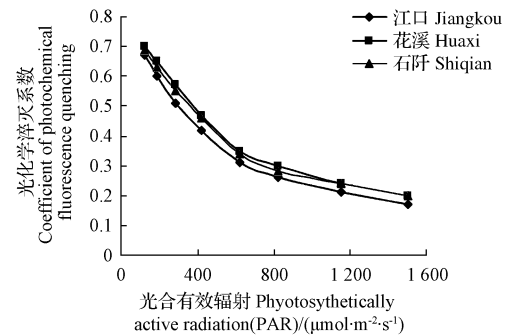


图 4 不同种源光化学淬灭系数(qP)的光响应

Fig. 4 The qP curves of different provenances

辐射的增强,青钱柳叶片 PSII 的电子传递活性降低。在同一光强下,花溪种源 qP 值最高,石阡种源次之,江口种源 qP 值最小,说明花溪种源青钱柳叶片 PSII 天线色素吸收的光能用于光化学电子传递的份额高,PSII 的电子传递活性大。非光化学淬灭(qN)反映的是青钱柳叶片 PSII 天线色素吸收的光能以热的形式耗散掉的光能部分,当叶片 PSII 反应中心天线色素吸收了过量的光能时,如不能及时地耗散将对叶片的光合机构造成失活或破坏,所以非光化学淬灭也是一种自我保护机制,对光合机构起一定的保护作用^[21]。从图 5 可知,在 125~1 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 光合有效辐射下,各种源的 qN 值不断上升,说明随着光强的增强,青钱柳叶片也相应提高了热耗散能力,避免光强对光合机构造成失活或破坏。在同一光合有效辐射下,花溪种源的 qN 值最小,江口种源次之,石阡种源最大,说明花溪种源吸收光能后热耗散掉的光能要少,光利用能力强。

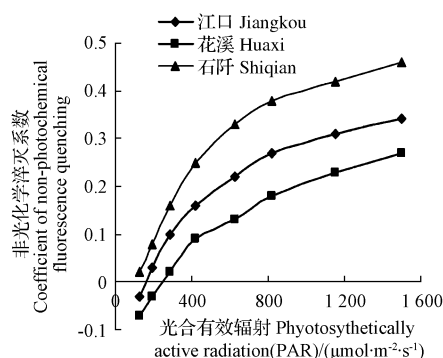


图5 不同种源非光化学淬灭系数(qN)的光响应

Fig. 5 The qN curves of different provenances

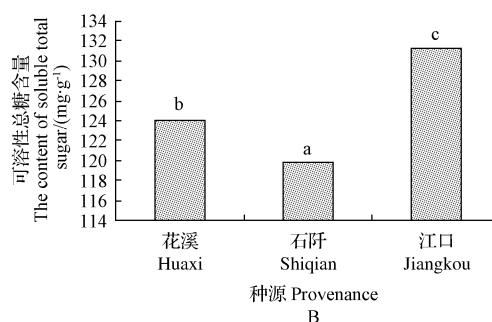
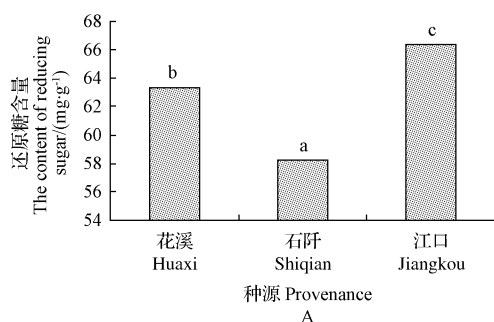


图6 不同种源还原糖含量(A)和可溶性总糖含量(B)

Fig. 6 The content of reducing sugar(A) and soluble total sugar(B) of different provenances

2.3.2 不同种源青钱柳叶片微量元素含量比较 由表3不同种源青钱柳叶片Fe、Mn、Cu、Zn含量的差异可知,不同种源Fe、Mn、Cu、Zn含量均达差异显著水平。Fe元素含量石阡种源最高,分别是花溪种源和江口种源的1.2倍和2.0倍,表现为石阡种源>花溪种源>江口种源;Mn元素含量花溪种源最高,分别是石阡种源和江口种源的1.4倍和1.6倍,表现为花溪种源>石阡种源>江口种源;Cu元素含量石阡种源最高,分别是江口种源和花溪种源的1.4倍和2.0倍,表现为石阡种源>江口种源>花溪种源;Zn元素含量花溪种源最高,分别是石阡种源和江口种源的1.6倍和2.5倍,表现为花溪种源>石阡种源>江口种源。

表3 不同种源青钱柳叶片微量元素含量

Table 3 The content of trace elements in leaves of different provenances mg·kg⁻¹

种源 Provenance	铁含量 Fe content	锰含量 Mn content	铜含量 Cu content	锌含量 Zn content
花溪 Huaxi	47.75±1.25b	362.55±4.28c	8.47±0.99a	149.35±4.28c
江口 Jiangkou	27.92±2.11a	227.42±5.89a	12.34±1.40b	60.70±2.66a
石阡 Shiqian	56.96±1.76c	261.68±6.10b	16.66±1.04c	90.57±2.89b

3 讨论与结论

植物吸收光能后进一步传递、转换,以3种途径释放能量:光化学反应、热能和荧光。3种途径间彼此竞争,存在着密切的关系,植物的叶绿素荧光特性能够直

2.3 不同种源青钱柳生化指标的比较

2.3.1 不同种源青钱柳叶片可溶性总糖和还原糖含量比较 从图6可以看出,江口种源青钱柳叶片可溶性总糖含量最高,花溪种源次之,石阡种源最小,种源间达差异显著水平,江口种源分别比花溪种源和石阡种源大6%和10%;不同种源青钱柳叶片还原糖含量达差异显著水平,江口种源最高,花溪种源次之,石阡种源最小,江口种源分别比花溪种源和石阡种源大5%和14%。不同种源青钱柳叶片可溶性总糖含量达差异显著水平:江口种源>花溪种源>石阡种源;不同种源青钱柳叶片还原糖含量达差异显著水平,江口种源>花溪种源>石阡种源。

接反映植物自身对光能的利用和光合效率,与光合作用的关系十分密切^[22]。

ETR是青钱柳叶片快速光响应的直接表达方式,可以反映当前状态下青钱柳的光合作用信息。在高的光合有效辐射下,青钱柳叶片的ETR值出现差异,3个种源的光合作用能力表现为花溪种源>石阡种源>江口种源,与其生长性状表现一致。 F_v/F_m 可以反映青钱柳叶片PSII的最大光能转换效率^[21],其值在各种源间的表现为花溪种源>石阡种源>江口种源,与ETR和生长性状值表现一致。 qP 与PSII反应中心的开放程度呈一定程度的正相关^[21],在同一光强下, qP 值表现为花溪种源>石阡种源>江口种源,与生长性状、ETR和 F_v/F_m 值表现一致。 F_o 是PSII反应中心处于开放状态时的荧光产量,一般来讲, F_o 值越低说明光能利用越高,但是该试验中 F_o 值没有表现出这一趋势,相反,光能利用能力越强 F_o 值越大,这与张晓娜等^[23]、陶文文等^[24]和刘宝等^[25]的研究结果一致,但与其它研究不一致^[26-28],推测 F_o 值可能与光化学反应无关。ETR、 F_v/F_m 、 qP 等多个叶绿素荧光参数可用来进行青钱柳种源筛选的研究。

青钱柳叶片具有重要的降血糖、降血脂等药用作用,这些药用作用与青钱柳叶片内有机质含量和微量元素含量密切相关^[8,10-11,29]。研究认为,3个种源间可溶性总糖含量和还原糖含量的变化趋势一致,微量元素变化趋势不一致。

参考文献

- [1] BOBOLA M S, ECKERT R T, KLEIN A S. Restriction fragment variation in the nuclear ribosomal DNA repeat unit within and between *Picea rubens* and *Picea matiana* [J]. Can J For Res, 1992(22): 255-263.
- [2] 杨瑞卿, 楚秀丽, 杨万霞, 等. 不同种源青钱柳苗期光合特征及变异分析[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2012(4): 41-45.
- [3] 栗君, 方升佐, 李彦. 温度及种源对青钱柳多糖含量的影响[J]. 林业科技开发, 2011(2): 52-55.
- [4] 楚秀丽, 杨万霞, 方升佐, 等. 不同种源青钱柳叶黄酮类物质含量的动态变化[J]. 北京林业大学学报, 2011(2): 130-133.
- [5] 栗君, 尚旭岚, 方升佐, 等. 栽培温度及种源对青钱柳 β -谷甾醇含量的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2011(3): 1-5.
- [6] 余诚棋, 杨万霞, 方升佐, 等. 青钱柳种源间苗期性状变异分析[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2010(1): 34-38.
- [7] 姚瑞玲, 方升佐. 不同种源青钱柳幼苗叶片形态、生理特征的差异性比较[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2007(1): 106-110.
- [8] 范冰舵, 魏颖, 李沧海, 等. 青钱柳化学成分及降血糖活性研究概况[J]. 中国实验方剂学杂志, 2014(13): 239-242.
- [9] 李婷婷, 吴彩娥, 方升佐, 等. 青钱柳冲剂对糖尿病小鼠的降血糖功效[J]. 食品科学, 2012(15): 287-290.
- [10] 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.
- [11] 施利仙, 上官新晨, 王文君, 等. 青钱柳多糖对四氧嘧啶糖尿病小鼠的降血糖作用[J]. 营养学报, 2009(3): 263-266.
- [12] 黄鑫, 黄敏, 童雪燕, 等. 青钱柳降血糖药效物质基础研究进展[J]. 安徽农业科学, 2009(23): 11005-11014.
- [13] 徐明生, 沈勇根, 吴海龙, 等. 青钱柳水提物降血糖作用的研究[J]. 营养学报, 2004(3): 230-231.
- [14] 上官新晨, 陈锦屏, 吴少福, 等. 青钱柳提取物对家兔实验性糖尿病模型降血糖作用的研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2003(6): 117-120.
- [15] 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.
- [16] 易醒, 谢明勇, 温辉梁, 等. 青钱柳对四氧嘧啶糖尿病小鼠降血糖作用的研究[J]. 天然产物研究与开发, 2001(3): 52-54.
- [17] 刘姚. 青钱柳多糖对 3T3-L1 脂肪细胞的细胞增殖及脂肪代谢的影响[D]. 南昌: 江西农业大学, 2013.
- [18] 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.
- [19] 赵宇新. 青钱柳对脂肪负荷小鼠的降血脂作用[J]. 国外医学(中医中药分册), 2005(1): 38-39.
- [20] 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.
- [21] 张守仁. 叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论[J]. 植物学通报, 1999(4): 444-448.
- [22] 许大全. 光合作用效率[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2002: 58-60.
- [23] 张晓娜, 李捷, 葛晶, 等. 两种微生物有机肥对枸杞叶绿素荧光参数变化的影响[J]. 四川农业大学学报, 2014(4): 388-392.
- [24] 陶文文, 蒋文伟, 赵丽娟. 3 个钓钟柳品种叶绿素荧光特性比较[J]. 浙江农林大学学报, 2011(3): 367-371.
- [25] 刘宝, 陈存及, 林达定, 等. 21 个闽楠种源叶片光合色素含量及叶绿素荧光参数分析[J]. 江西农业大学学报, 2014(1): 115-121.
- [26] 杜研, 杨文忠, 孙林琦, 等. 不同施肥处理对核桃叶片光合作用和叶绿素荧光特性的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2015(4): 97-102.
- [27] 李畅, 苏家乐, 刘晓青, 等. 一品红不同品种叶片叶绿素荧光特性比较[J]. 园艺学报, 2009(10): 1519-1524.
- [28] 张红梅, 金海军, 丁小涛, 等. 分次施肥对黄瓜生长、产量以及叶绿素荧光特性的影响[J]. 上海农业学报, 2014(6): 29-33.
- [29] 吴凡, 王晨, 严七秀, 等. 青钱柳降血糖功能因子研究概况[J]. 光明中医, 2014(10): 2245-2247.

The Variation Comparison of Seedling Growth and Physiological and Biochemical Characteristics Among Different Provenances of *Cyclocarya paliurus* Seedlings

LIU Yingying^{1,2}, ZHANG Zhenming^{1,2}, KANG Chao¹, HE Hongzao¹, ZHANG Yuwu¹

(1. Botany Laboratory, Guizhou Institute of Biology, Guiyang, Guizhou 550008; 2. College of Forestry, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025)

Abstract: The variation of seedling growth and physiological and biochemical characteristics among three different provenances of *Cyclocarya paliurus* seedlings were compared with the aim of selecting superior provenances according to different goals. The results showed that the growth performance was as Huaxi provenance > Shiqian provenance > Jiangkou provenance. The performances of relative electron transport rate(ETR), maximum photochemical quantum yield of PSII (Fv/Fm), coefficient of photochemical fluorescence quenching (qP) of different provenances were as Huaxi provenance > Shiqian provenance > Jiangkou provenance. There were significant differences in the content of soluble total sugar and reducing sugar among different provenances, the performance was as Jiangkou provenances > Huaxi provenance > Shiqian provenance. There were significant differences in the content of iron (Fe) among different provenances, the performance was as Shiqian provenance > Huaxi provenance > Jiangkou provenance. There were significant differences in the content of manganese (Mn) among different provenances, the performance was as Huaxi provenance > Shiqian provenance > Jiangkou provenance. There were significant differences in the content of copper (Cu) among different provenances, the performance was as Shiqian provenance > Jiangkou provenance > Huaxi provenance. There were significant differences in the content of zinc (Zn) among different provenances, the performance was as Huaxi provenance > Shiqian provenance > Jiangkou provenance.

Keywords: *Cyclocarya paliurus*; provenance; chlorophyll fluorescence parameter; sugar content; trace element