

# 黎蒴二代半同胞家系在广州的早期生长表现\*

冯蔚<sup>1</sup> 陈一群<sup>2</sup> 连辉明<sup>2</sup> 汪迎利<sup>2</sup>  
何波祥<sup>2</sup> 张谦<sup>2</sup>

(1. 广东省龙眼洞林场, 广东广州 510520; 2. 广东省林业科学研究院 / 广东省森林培育与保护利用重点实验室, 广东广州 510520)

**摘要** 以选育出的 37 个黎蒴 *Castanopsis fissa* 优良家系最优单株的二代半同胞子代作为材料, 在广州市广东省龙眼洞林场进行生长测定。造林 7 m 后调查分析树高和地径的生长表现, 发现黎蒴二代家系间树高和地径存在极显著差异 ( $P < 0.01$ ), 其变异系数分别为 29.8% 和 36.1%, 表明蕴含丰富的遗传变异。运用生长量比较法筛选到二代优良家系 11 个, 其树高较普通生产种增加了 63.6%~109.2%, 地径提升了 52.7%~86.7%, 两个性状综合提高了 58.0%~97.6%, 说明黎蒴二代优良家系在南亚热带具有较好的早期生长表现。

**关键词** 黎蒴; 二代家系; 生长性状

中图分类号: S792 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2021) 06-0010-06

## Early Growth Performance of Second-Generation Half-sib Families' Progenies of *Castanopsis fissa* in Guangzhou

FENG Wei<sup>1</sup> CHEN Yiqun<sup>2</sup> LIAN Huiming<sup>2</sup> WANG Yingli<sup>2</sup>  
HE Boxiang<sup>2</sup> ZHANG Qian<sup>2</sup>

(1. Longyandong Forest Farm of Guangdong Province, Guangzhou, Guangdong 510520, China; 2. Guangdong Academy of Forestry/Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

**Abstract** The second-generation half-sib progenies from the top individuals of 37 genetically-selected superior families of *Castanopsis fissa* were planted in Longyandong Forest Farm of Guangdong province at Guangzhou city for growth testing. Investigation was conducted on two growth traits after planting for 7 months. The second generations displayed significant differences ( $P < 0.01$ ) in both height growth and collar diameter, and had 29.8% and 36.1% of coefficients of variations for two traits respectively, indicating the existence of vast genetic variations. The selection based on growth comparison screened out 11 superior families from the second-generation progenies. The selected families' height, collar diameter and both traits increased by 63.6%-109.2%, 52.7%-86.7% and 58.0%-97.6% respectively when compared with the control, which strongly suggested that these superior progenies had outstanding early growth performance in south subtropics.

**Key words** *Castanopsis fissa*; second generation family; growth traits

\* 基金项目: 广东省林业科技创新项目 (2018KJCX015), 广州市科技计划项目 (201803020010)。

第一作者: 冯蔚 (1970—), 女, 工程师, 主要从事森林资源培育和管护研究, E-mail: 183901855@qq.com。

通信作者: 张谦 (1976—), 男, 研究员, 主要从事林木遗传改良研究, E-mail: zhangq7610@sinogaf.cn。

黎蒴 *Castanopsis fissa* 是壳斗科栲属常绿乔木，适生于北纬 24°~35° 和海拔 700~2 800 m 的区域，在我国广东、广西、福建、贵州、湖南南部、江西南部、云南大部等地均有分布<sup>[1-2]</sup>。黎蒴生长速度快、萌芽力强、根系发达，在丰富森林群落和改善生态系统中作用显著，常用作山地和丘陵次生林重建的先锋树种<sup>[3-5]</sup>。现阶段的绿化造林中，黎蒴营造林常采用实生种子苗，其遗传品质良莠混杂，致使林分质量参差不齐，严重制约了黎蒴的发展<sup>[5]</sup>。为了提高营造林质量，广东、广西等省区系统开展了种质资源收集保存与良种选育研究，评选出一批高产、优质的种源、家系和无性系<sup>[1, 6-8]</sup>。经开放授粉育种试验，广东已成功培育出黎蒴二代家系种苗，在粤北中亚热带地区呈现出良好的早期生长表现<sup>[9]</sup>，但有关二代家系在南亚热带的生长表现仍未见报道。本研究以选育出的 37 个黎蒴二代优良家系为材料，在南亚热带营建试验示范林，观测二代种苗的早期生长表现。

## 1 试验地概况

试验地设在广州市广东省龙眼洞林场帽峰山工区，位于 113°27'E，23°13'N，地处我国亚热带近海区域，属海洋性湿润季风型气候。年平均气温 21.4~21.9 °C，最热 7 月的平均气温 28.7 °C，年均降水量 1 623.6~1 899.8 mm，年平均相对湿度 77%，年均日照时数约 1 608 h。试验地为低山丘陵，海拔 120~160 m，坡度 14°~19°，坡向东南。土壤为山地红壤，pH 5.4，土层厚度 80 cm，腐殖土 8~12 cm。

## 2 材料与方法

### 2.1 试验材料

试验材料来源于黎蒴一代半同胞子代测定林。依据前期遗传测定结果，选定一代测定林中 37 个优良家系的最优单株为对象，采集各优良家系最优单株的种子，培育谱系清晰的二代家系苗木，为遗传测定做准备。对照 (CK) 材料为黎蒴生产种苗。

### 2.2 试验方法

2.2.1 试验设计 2019 年 12 月在广州播种育苗，2020 年 5 月完成试验林营建。试验材料为 37 个二代家系苗木和对照 (CK) 生产种苗，二代家系苗木均来自梅南林场一代优良家系最优单株。为

降低试验地的环境误差，试验苗木栽种在同一坡向林地。试验林以家系为单元，采用完全随机区组设计，4 株小区，8 次重复，栽植密度为 2.5 m × 2.5 m。

2.2.2 调查方法 2020 年 12 月对试验林进行每木调查。测定每木树高 HT (单位: m) 和地径 CD (单位: cm)。

### 2.3 数据分析

采用 SAS 9.4 软件的 GLM、CORR、MIXED、IML 和 REG 模块分别进行方差分析、相关性分析、遗传参数估算以及性状回归分析 (SAS Institute Inc, Cary, NC)<sup>[10]</sup>。测算参试群体树高和地径的指标参数和 pearson 相关系数，估算家系水平的方差分量、变异系数等遗传参数<sup>[11, 9]</sup>。数据分析模型为： $Y_{ij} = \mu + F_i + B_j + FB_{ij} + E_{ij}$

上式中  $Y_{ij}$  为观测值， $\mu$  为总体均值， $F_i$  为第  $i$  个家系的随机效应， $B_j$  为第  $j$  个区组的随机效应， $FB_{ij}$  为第  $j$  个区组与第  $i$  个家系的互作效应， $E_{ij}$  为剩余误差。

依据上述数据分析模型，分别计算单地点家系遗传力 ( $h_f^2$ ) 和单株遗传力 ( $h_i^2$ )，计算公式为：

$$h_f^2 = \frac{\sigma_f^2}{\sigma_f^2 + \sigma_e^2 / n_h b + \sigma_{fb}^2 / b}$$

$$h_i^2 = \frac{4\sigma_f^2}{\sigma_f^2 + \sigma_{fb}^2 + \sigma_e^2}$$

上两式中，4 为半同胞家系单株遗传的估算系数， $n_h$  为各区组内平均单株数量， $b$  为区组数量， $\sigma_f^2$  为家系方差， $\sigma_{fb}^2$  为家系与区组的互作方差， $\sigma_e^2$  为剩余方差。

优良家系的筛选采用生长量比较法<sup>[8]</sup>。为了规避性状间观测数据的数量级差异，先计算目标性状观测值的校正值，即家系均值与群体均值的比值，再计算各家系单个性状校正值或两个性状校正值较对照校正值的生长百分率。本文中树高和地径的经济权重取相同值，即均为 0.5。

## 3 结果与分析

### 3.1 黎蒴二代群体的生长量分析

黎蒴幼苗生长 7 m 后，平均树高和地径分别

达到 1.24 m 和 1.73 cm, 呈现出良好长势。树高分布在 0.14~2.80 m, 地径分布在 0.30~4.7 cm, 变异系数分别达到 29.84% 和 36.13% (表 1), 呈现出较大的遗传分化, 表明黎蒴二代仍然具有较大的选育和改良潜力。群体分析发现, 树高和地径的数据均呈正态分布 (图 1)。树高在 1.05~1.35 m 之间的单株数量最多, 占比超过 45%, 树高小于 0.3 m 和大于 2.25 m 的单株数量少于 5%; 地径位于 1.35~2.25 cm 之间的单株数量最多, 占比超过 60%, 地径小于 0.45 cm 和大于 3.45 cm 的单株少于 5%。Pearson 分析结果显示, 树高和地径具有极显著的正相关关系, 相关系数  $R^2$  达到 0.855 ( $P < 0.001$ ); 性状间回归分析显示, 在 95% 置信区间内, 树高与地径的回归方程为:  $HT = 33.363 + 52.398 \times CD$ 。

### 3.2 黎蒴二代家系生长表现

表 2 列出了黎蒴二代家系生长性状的方差分析和遗传力分析结果。树高和地径在家系水平上均存在极显著差异 ( $P < 0.01$ ), 进一步证实参试二代家系蕴含丰富的遗传变异, 其遗传改良潜力较大。两个性状的家系与区组互作效应均达到极显著水平 ( $P < 0.01$ ), 其区组效应分别达到显著水平和极显著水平, 表明试验地的立地环境对家系生长具有显著影响。遗传分析发现, 黎蒴 37 个二代家系具有较高的家系遗传力和单株遗传力, 其中树高的两种遗传力分别高达 0.774 和 0.838, 地径的两种遗传力亦分别达到 0.700 和 0.669, 而其遗传力的标准误差仅为 0.05~0.18, 处于较低水平。这些数据说明, 黎蒴高生长和径生长受较强的遗传控制, 且遗传控制较为稳定。

各家系树高和地径的数据分布范围、平均值

表 1 黎蒴二代群体树高与地径的指标参数

Table 1 Indicative parameters of height and collar diameter for secondary generation of *C. fissa* population

性状 Trait	单位 Unit	最小值 Min	最大值 Max	平均数 Average	中位数 Median	标准误差 SE	变异系数 / % CV
树高 / m	14.000	280.000	123.930	124.000	41.589	29.835	29.835
地径 / cm	0.300	4.700	1.728	1.700	0.684	36.133	36.133

注: Min = minimum, Max = maximum, SE = standard error, CV = coefficient of variation

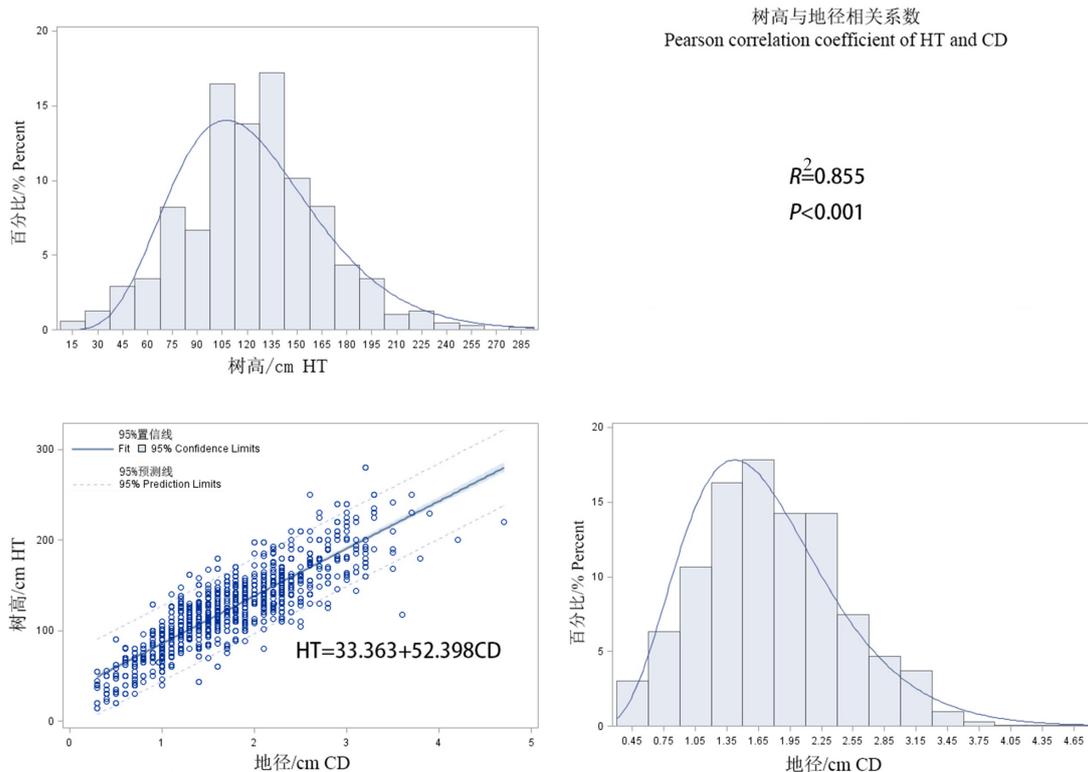


图 1 黎蒴二代群体树高与地径的数据分布及相关性

Fig. 1 Data distribution and Pearson correlations of height and collar diameter for secondary generation of *C. fissa* population

和中位数差异明显（图2），表明各家系的生长量 L04、L06、L07、L10、L18、L19、L20、L23、性状遗传分化程度参差不齐。就树高而言，L03、L26、L34、L35、L36和L37等14个家系数据分

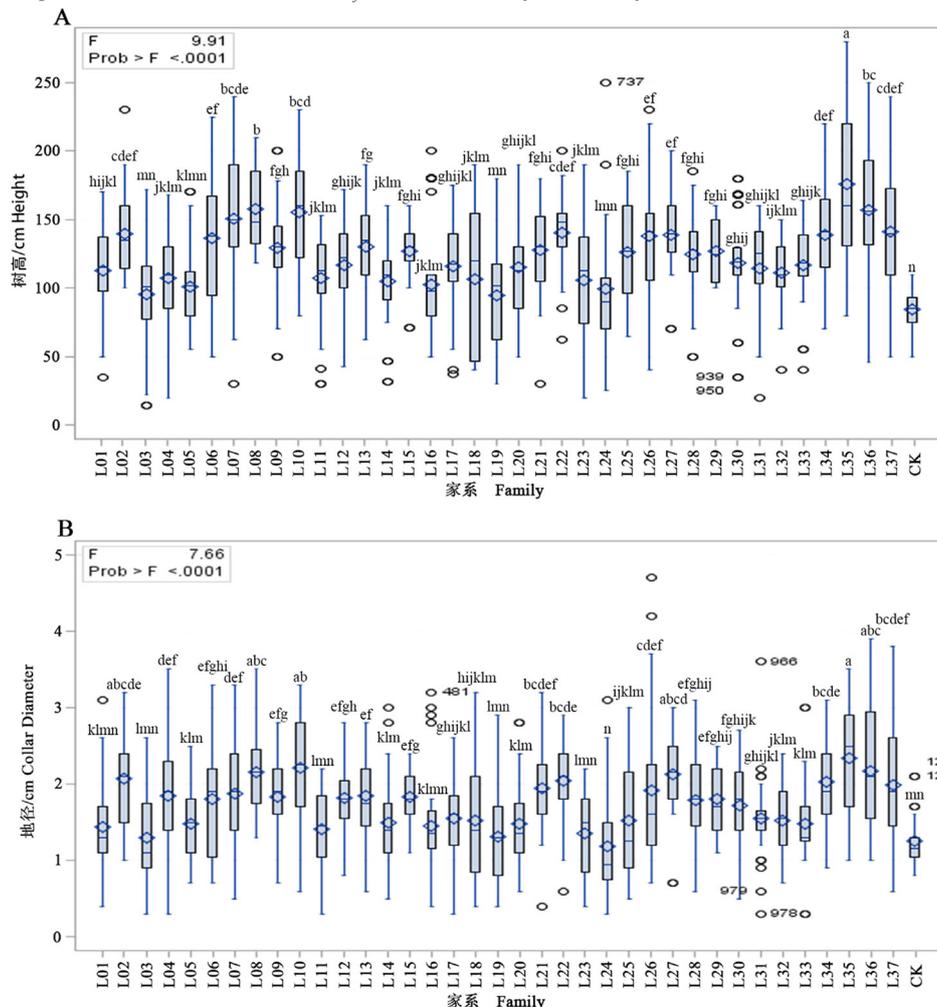
表2 黎蒴二代家系生长性状方差分析和遗传力估算

Table 2 Variance analysis and heritability estimation of growth traits for secondary generation of *C. fissa* families

性状 Trait	变异来源 Source of variance	自由度 Degree of freedom	均方 Mean square	F 值 F value	P 值 P value	家系遗传力 $h_j^2$	单株遗传力 $h_i^2$
树高 /m	家系	37	13 573	7.97	<0.001		
	区组	7	4 048.697	2.39	0.022	0.774(0.050)	0.838(0.179)
	家系 × 区组	259	1 703.181	1.35	0.001		
地径 /cm	家系	37	2.996	5.72	<0.001		
	区组	7	3.480	6.67	<0.001	0.700(0.063)	0.669(0.160)
	家系 × 区组	259	0.524	1.59	<0.001		

注：括号里数据为标准误。

Note: the numbers in parentheses are standard errors.  $h_j^2$  = half-sib family heritability,  $h_i^2$  = half-sib individual heritability.



注：图中 L01~L37 为家系编号，CK 为对照；蓝色柱的上沿和下沿分别表示数据集的 1/4 和 3/4 分界线，柱体内菱形为平均值，横线为中位数；柱体外椭圆圈表示异常值，数字为异常值的单株株号；不同英文字母表示在  $\alpha=0.01$  水平上差异显著。

Note: L01~L37=family name; CK=control; upper and bottom margins of blue column indicate data boundary of 1/4 and 3/4, respectively; diamonds and lines within blue column are data averages and medians, respectively; oval rings and numbers outside blue column are outlier data and individual reference numbers, respectively; various letters indicate significant differences at the level of  $\alpha=0.01$ .

图2 黎蒴二代家系树高与地径的数据分布

Fig.2 Data distribution of height and collar diameter for secondary generation of *C. fissa* families

布范围大, 遗传分化明显; L01、L05、L09、L11、L12、L13、L17、L21、L24、L25、L27、L28 和 L32 等 13 个家系分布范围次之, 遗传分化程度处于中等水平; L02、L08、L14、L15、L16、L22、L29、L30、L32 和 L33 等 10 个家系分布范围较窄, 遗传分化程度较低。家系 L07、L08、L10、L35 和 L36 生长表现优异, 其平均树高超过 1.5 m; 家系 L03、L05、L19、L24 生长表现不佳, 平均树高未到 1.0 m。

地径的数据分布与树高较为相似, L04、L06、L07、L10、L18、L19、L26、L35、L36 和 L37 等 10 个家系遗传分化明显; L15、L16、L27、L29、L31 和 L32 等 6 个家系遗传分化程度较低; 其余 30 家系处于中等遗传分化水平。家系 L02、L08、L10、L22、L27、L34、L35 和 L36 地径生长优异, 平均值超过 2.0 cm。相比之下, 对照 (CK) 的树高和地径分布范围较窄, 其平均值与中位数亦明显低于二代参试家系。

### 3.3 黎蒴二代优良家系评选

为了评选出黎蒴二代优良家系, 本文以普通生产种的生长量为对照, 选择树高和地径增长速度校正值均较对照提高 50% 以上的家系, 共计筛选出优良家系 11 个: L35、L10、L08、L36、

L27、L02、L22、L07、L34、L37 和 L26 (表 2)。与对照相比, 11 个优良家系的树高和地径均具有较大的优势, 其中树高增加了 63.6%~109.2%, 地径提升了 49.7%~86.7%, 两个性状综合提高了 58.0%~97.6%, 这进一步说明, 黎蒴二代优良家系具有优异的早期生长表现。

## 4 结论与讨论

4.1 二代家系源于一代遗传材料的开放授粉种子。在群体水平上, 树高和地径呈现出较大的遗传分化, 变异系数与一代家系接近, 分别达到 29.84% 和 36.13%, 表明黎蒴二代仍然具有较大的选育和改良潜力<sup>[1,11-12]</sup>。树高和地径具有极显著的正相关关系, 相关系数  $R^2$  达到 0.855, 亦与一代家系树高和胸径的表型相关近似<sup>[1]</sup>。

4.2 二代家系两个生长性状均具有较高的家系遗传力和单株遗传力, 树高的两种遗传力分别高达 0.774 和 0.838, 略高于一代家系的 0.511 和 0.678; 地径的两种遗传力分别为 0.700 和 0.669, 略低于一代家系胸径的 0.736 和 0.839<sup>[1]</sup>; 由此可见, 黎蒴高生长和径生长受较强的遗传控制。

4.3 各家系树高和地径的遗传分化程度参差不齐<sup>[8]</sup>。14 个家系树高分化明显, 13 个家系次之,

表 2 黎蒴优良家系区域试验的生长表现

Table 2 Selection index of multiple traits for superior families of *C. fissa* in regional trail

家系 Family	树高校正值		地径校正正值		两个性状校正正值		排序 Rank
	Correction value of height	$\Delta$ /%	Correction value of collar diameter	$\Delta$ /%	correction value of two traits	$\Delta$ /%	
L35	1.427	109.239	1.356	86.726	1.391	97.631	1
L10	1.258	84.526	1.283	76.728	1.271	80.505	2
L08	1.277	87.198	1.254	72.728	1.265	79.737	3
L36	1.268	85.937	1.259	73.480	1.264	79.514	4
L27	1.123	64.638	1.236	70.225	1.179	67.518	5
L02	1.134	66.234	1.203	65.729	1.168	65.974	6
L22	1.137	66.693	1.184	63.074	1.160	64.827	7
L07	1.218	78.590	1.087	49.731	1.153	63.710	8
L34	1.126	65.121	1.176	61.978	1.151	63.500	9
L37	1.141	67.309	1.153	58.850	1.147	62.948	10
L26	1.116	63.599	1.109	52.731	1.112	57.995	11
CK	0.682		0.726		0.704		38

注: “ $\Delta$ ” 表示优良家系较对照选择指数提高的百分率。

Note:  $\Delta$  means promoted percentage of selection index for comparison of superior families to control.

10个家系分化程度较低；10个家系地径分化明显，30家系具有中等水平分化，6个家系分化程度处于较低水平。

4.4 采用生长量对比法，筛选出二代优良家系11个。较对照而言，其树高增加了63.6%~109.2%，地径提升了52.7%~86.7%，两个性状综合提高了58.0%~97.6%。鉴于本研究37个二代家系尚在生长早期，其生长性状的演变有待深入长期的观测研究。

### 参考文献

- [1] 张谦, 曾令海, 何波祥, 等. 速生乡土树种黎蒴优树半同胞家系子代测定[J]. 广东林业科技, 2010, 26(3): 1-8.
- [2] 蔡静如, 张谦, 连辉明, 等. 黎蒴良种选育和繁育的研究进展[J]. 广东林业科技, 2010, 26(1): 97-101.
- [3] 薛立, 李燕, 屈明, 等. 火力楠、荷木和黎蒴林的土壤特性及涵养水源的研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(9): 1623-1627.
- [4] 孙丽静, 陈红跃. 不同施肥配比对黎蒴栲幼苗氮含量及其分布格局的影响[J]. 亚热带植物科学, 2017, 46(2): 142-146.
- [5] 郭智威, 洗丽铎, 鲍海泳, 等. 马尾松与5种乡土树种混交的光合效应研究[J]. 林业与环境科学, 2020, 36(6): 61-67.
- [6] 蒋焱, 黄荣林, 姜英, 等. 大叶栎优良家系选择[J]. 广西林业科学, 2015, 44(2): 93-99.
- [7] 李盛, 梁机. 乡土树种大叶栎遗传改良及繁育技术研究进展[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(3): 222-223.
- [8] 蒋焱, 王以红, 邱凤英, 等. 大叶栎优良种源早期选择研究[J]. 西部林业科学, 2011, 40(1): 1-7.
- [9] 钟灼坤, 梁邵华, 汪迎利, 等. 黎蒴二代优良家系在粤北的早期生长表现[J]. 广东林业科技, 2015, 31(6): 35-41.
- [10] 黄少伟, 谢维辉. 实用Sash编程与林业试验数据分析[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2001.
- [11] JIANG KB, XIE H, LIU TY, et al. Genetic diversity and population structure in *Castanopsis fissa* revealed by analyses of sequence-related amplified polymorphism (SRAP) markers [J]. Tree Genetics and Genomes, 2020, 16: 52.
- [12] 吴清, 何波祥. 黎蒴叶片形态的表型多样性分析[J]. 广东林业科技, 2014, 30(3): 8-13.