

## 江西 4 刨花楠种源苗木叶片表型性状与生物量分配的比较

徐朝斌<sup>1</sup>, 钟全林<sup>1,2\*</sup>, 程栋梁<sup>1,2</sup>, 胡松竹<sup>3</sup>, 胡波<sup>1</sup>, 伍伯妍<sup>1</sup>, 孙晓媚<sup>1</sup>, 张佩生<sup>1</sup>

(1. 福建师范大学地理科学学院, 福州 350007; 2. 湿润亚热带山地生态国家重点实验室培育基地, 福州 350007;

3. 江西农业大学林学院, 南昌 330045)

**摘要:** 采用实验地调查与统计分析方法对江西 4 种源刨花楠(*Machilus pauhoi*)苗木叶片长(LL)、宽(LW)、厚(LT)、重(LH)、叶面积(LA)及比叶面积(SLA)等表型性状与生物量分配进行比较, 4 种源的种子分别来自江西崇义(CY)、遂川(SC)、泰和(TH)和永新(YX)4 县。结果表明: (1) 刨花楠不同种源间苗木的 LL、LW、LT、LH、LA 与 SLA 存在显著差异( $P < 0.05$ ), 其中, LL 大小为 TH>SC>YX>CY, LW 为 CY>TH>SC>YX, LT 为 SC>YX>TH>CY, LH 为 TH>CY>SC>YX, LA 为 TH>CY>SC>YX, SLA 为 YX>SC>CY>TH。(2) 叶片的 LL、LW、LH 与 LA 四者间呈极显著正相关( $P < 0.01$ ); 而 SLA 与 LL、LW、LH、LA 四者均呈极显著的负相关( $P < 0.01$ ), 与 LT 虽呈负相关, 但相关不显著( $P > 0.05$ )。(3) 不同种源间苗木生物量存在显著差异( $P < 0.05$ ), 其大小为 SC>TH>CY>YX; 4 种源苗木各构件的生物量占总生物量比都为叶>茎>根。(4) 不同种源间苗木各相同构件间的相对生物量结构虽存在差异, 但相差不显著( $P > 0.05$ ), 其中叶相对生物量大小为 TH>SC>YX>CY, 茎相对生物量为 CY>SC>TH>YX, 根相对生物量为 YX>CY>TH>SC。(5) 不同种源间苗木的根冠比大小为 YX>TH>CY>SC, 但相差不显著( $P > 0.05$ )。

**关键词:** 叶片表型性状; 比叶面积; 构件生物量; 种源; 刨花楠苗木

中图分类号: S792.05

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2012)06-0920-05

### Comparison of leaf phenotypic traits and biomass allocation of different provenances of *Machilus pauhoi*

XU Chao-bin<sup>1</sup>, ZHONG Quan-lin<sup>1,2</sup>, CHENG Dong-liang<sup>1,2</sup>, HU Song-zhu<sup>3</sup>,

HU Bo<sup>1</sup>, WU Bo-yan<sup>1</sup>, SUN Xiao-mei<sup>1</sup>, ZHANG Pei-sheng<sup>1</sup>

(1. College of Geographical Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou 350007;

2. State Key Laboratory Breeding Base of Humid Subtropical Mountain Ecology, Fuzhou 350007;

3. College of Forestry, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045)

**Abstract:** In order to understand the variations of leaf phenotypic traits and biomass allocation in different provenances of *Machilus pauhoi*, leaf phenotypic traits, including leaf length (LL) and leaf width (LW), leaf thick (LT), leaf heavy (LH), leaf area (LA), specific leaf area (SLA), and biomass allocation of 4 provenances of *Machilus pauhoi* were measured and analyzed by using the experimental survey and statistics analysis method. The seeds of *Machilus pauhoi* from Jiangxi Chongyi (CY), Suichuan (SC), Taihe(TH) and Yongxin (YX). The comparative study results of leaf phenotypic traits and biomass allocation were as follows. (1)The LL, LW, LT, LH, LA and SLA of *Machilus pauhoi* were significantly different between provenances ( $P < 0.05$ ), and the rank for LL: TH>SC>YX>CY; LW: CY>TH>SC>YX; LT: SC>YX>TH>CY; LH: TH>CY>SC>YX; LA: TH>CY>SC>YX; SLA: YX>SC>CY>TH. (2) Pearson correlation analysis showed that high significant positive correlation occurred within the LL, LW, LH and LA ( $P < 0.01$ ), while the SLA and LL, LW, LH, LA showed a very significant negative correlation ( $P < 0.01$ ); the SLA and LT were negatively related, but not significantly correlated ( $P > 0.05$ ). (3) The

收稿日期: 2012-05-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(30901151, 31170374, 31170596), 国家农业科技成果转化资金项目(2011GB2C400005), 福建省科技厅重点项目(2010I0004)和福建省高等学校新世纪优秀人才支持计划(JA12055)共同资助。

作者简介: 徐朝斌, 男, 硕士研究生。E-mail: xuchaobin2010@163.com

\* 通讯作者: 钟全林, 男, 博士, 教授, 博士生导师。E-mail: qlzhong@126.com

biomass was significantly different between provenances ( $P<0.05$ ), and the size of each component biomass of different provenances of *Machilus pauhoi* was leaf>stem>root. (4) The structure of the relative biomass was different between provenances, but the difference was not significant ( $P>0.05$ ); the size order of the leaf relative biomass was TH>SC>YX>CY; stem relative biomass was CY>SC>TH>YX; root relative biomass was YX>CY>TH>SC. (5) The root shoot ratio in size order was YX>TH>CY>SC, but the difference was not significant ( $P>0.05$ ).

**Key words:** leaf phenotypic traits; specific leaf area (SLA); component biomass; provenance; *Machilus pauhoi*

植物叶片表型性状是遗传特性与环境适应性的综合体现,是生物多样性与生物系统学的重要内容。通过形态学或表型性状检测遗传变异是最古老、最简便易行的方法,叶片表型性状和基因型之间存在着基因表达、个体发育、调控等复杂的中间环节,以叶片表型差异表达基因型差异具有重要意义<sup>[1-3]</sup>。相关文献显示,已有学者采用叶片表型性状比较方法选择并确定优良品种<sup>[2,4-6]</sup>。因此,研究植物叶片表型性状与生物量分配特征,可以了解不同叶片表型特征状态下根、茎、叶等不同植物构件的生物量分配,为选择优良基因型物种提供理论依据与方法参考。

刨花楠(*Machilus pauhoi*)是生长于亚热带常绿乔木阔叶林树种,它树冠翠绿,既是珍贵的工业原料树种,又可用于庭园观赏。随着近年国内外对该树种资源需求的不断扩大,对于刨花楠的研究也越来越多,其主要集中于刨花楠的生长特性<sup>[7-8]</sup>、木材特性<sup>[9]</sup>、空间分布<sup>[10]</sup>、生物量<sup>[11-12]</sup>、人工扦插繁殖及培育技术<sup>[13-15]</sup>、叶片光响应特性<sup>[16]</sup>、外界因素对刨花楠的生长的影响<sup>[17-18]</sup>等。但缺乏对刨花楠苗木

叶片表型性状与生物量分配方面的研究。为此,本研究通过对刨花楠不同种源间苗木叶片表型性状与其不同构件间的生物量分配的比较,了解不同种源刨花楠叶片表型性状和构件生物量分配特征,旨在为刨花楠优良种源和种源内优良个体选择提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地概况

试验样地位于江西省南昌市江西农业大学苗圃园(115°49'59" E,28°45'35"N),海拔约 44 m。实验地属中亚热带湿润季风气候,气候湿润温和,日照充足,一年中夏冬季长,春秋短。夏天非常炎热,冬天又比较寒冷。年平均气温 17~17.7℃,极端最高气温 40.9℃,极端最低气温 -15.2℃,≥10℃的年积温为 4 480~4 590℃。年降雨量 1 600~1 700 mm,降水日为 147~157 d,年平均暴雨日 5.6 d,年平均相对湿度为 78.5%。年日照时间 1 723~1 820 h,日照率为 40%。年无霜期 251~272 d。冬季多偏北风,夏季多偏南风。土壤为红壤。

表 1 不同种源观测样木基本生长特征

Table 1 Basic growth characteristics of observation trees (mean±SE)

不同种源 Different provenances	样本数 N	地径/cm Diameter at ground level	株高/cm Tree height	冠幅/cm Tree crown width
崇义 (CY)	19	0.338 4±0.020 2 <sup>b</sup>	26.29±0.939 0 <sup>b</sup>	18.78±0.780 2 <sup>b</sup>
遂川 (SC)	76	0.406 0±0.007 4 <sup>a</sup>	31.06±0.541 5 <sup>a</sup>	21.73±0.475 2 <sup>ab</sup>
泰和 (TH)	13	0.391 1±0.008 2 <sup>ab</sup>	27.38±1.449 0 <sup>ab</sup>	23.43±0.928 8 <sup>a</sup>
永新 (YX)	8	0.318 3±0.016 6 <sup>b</sup>	20.40±1.386 0 <sup>c</sup>	18.15±1.199 7 <sup>b</sup>

注: 同列数据后不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。

Note: Values within the same column followed by different letters are significantly different at the 0.05 level.

### 1.2 试材与试验方法

分析材料为 1 年生刨花楠小苗,其种子分别产自江西崇义 (CY)、遂川 (SC)、泰和 (TH) 和永新 (YX) 4 县。苗木株行距为 5 cm×20 cm,能够满足苗木的正常生长。分别种源随机选取生长状况中等的刨花楠苗木若干株(按半同胞家系(采种母树)

数量确定,每家系选取 4~5 株,具体见表 1。对所取样木各选取 3 片完全伸展、没有病虫害、生长状况中等的叶片,测量株高(H),地径(D),冠幅(C),叶长(LL),叶宽(LW),叶厚(LT),叶重(LH),叶面积(LA)和根、茎、叶器官的生物量。地径、叶厚用游标卡尺测量,叶长、叶宽及冠幅(分南北和

东西方向测量,并取平均值)用钢卷尺测量。叶重用奥豪斯公司生产的电子天平测量(在70℃下烘干至恒质量后称,精确到0.001g);用LI-3100测定其叶面积(分别测量5次取平均值)。挖出所取样木,按根、茎、叶分别在70℃下烘干至恒质量后测定生物量。比叶面积(specific leaf area, SLA)按公式计算,即:  $SLA(m^2 \cdot kg^{-1}) = \text{叶面积}(m^2) / \text{叶干重}(kg)$ 。于2010年8月植物达到最大生物量时对试验地苗木进行调查。试验地地势平坦,光照充足,排水通畅,适于刨花楠播种育苗,并进行统一的常规管理。

1.3 数据处理

采用Excel软件与SPSS17.0统计软件对调查数据进行方差分析、LSD检验与相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同种源间苗木叶片表型特征的比较

2.1.1 不同种源间苗木叶长、叶宽、叶厚和单叶重的比较 从图1可以看出,生长在同一立地环境的不同种源间刨花楠苗木的LL、LW、LT和LH存在显著差异 ( $P < 0.05$ )。4种源间苗木LL大小排序为  $TH > SC > YX > CY$ , LW为  $CY > TH > SC > YX$ , LT为  $SC > YX > TH > CY$ , LH为  $TH > CY > SC > YX$ 。其中TH、

SC与YX、CY种源间苗木LL显著差异;CY与TH、SC、YX, TH和SC、YX种源间苗木LW差异显著;苗木的LT仅CY种源与其余3个种源存在显著差异,以SC种源为最大,分别是YX、TH、CY种源的1.63倍、1.65倍、2.09倍;TH与CY、SC、YX, CY、SC和YX种源间苗木LH差异显著。另由图1可知,CY、TH、YX种源的LL与SC、YX种源的LT标准误差相差较大,说明CY、TH、YX种源内的LL与SC、YX种源内的LT存在较大差异。

2.1.2 不同种源刨花楠叶面积和比叶面积的比较

4种源苗木的LA和SLA的测定结果表明,LA为  $TH > CY > SC > YX$ , SLA为  $YX > SC > CY > TH$  (图1)。其中,TH种源的LA显著大于SC和YX种源 ( $P < 0.05$ ),分别高出22.96%和52.14%,CY、SC和YX种源间差异显著 ( $P < 0.05$ );YX和SC、CY、TH种源的SLA显著差异 ( $P < 0.05$ ),且SC、CY种源的SLA与TH种源显著差异 ( $P < 0.05$ )。另从图中还可以看出,CY、TH、YX种源刨花楠的LA和YX种源刨花楠SLA的标准误差较大,说明在种源内个体之间的LA和SLA也存在较大差异。

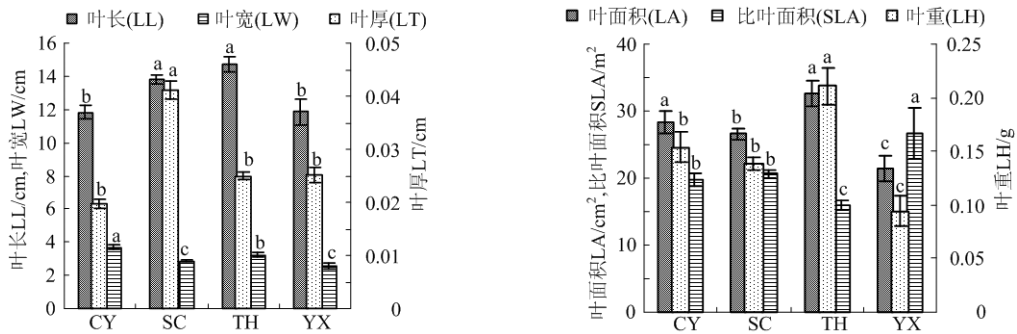


图1 不同种源刨花楠叶长、叶宽、叶厚、叶重、叶面积和比叶面积的比较

Figure 1 Comparison of LL, LW, LT, LH, LA and SLA of different provenances of *Machilus pauhoi*

表2 叶性因子之间的相关性系数

Table 2 Pearson correlation coefficients among leaf traits

变量 Variable	LW	LT	LA	LH	SLA
LL	0.282**	0.112	0.780**	0.697**	-0.522**
LW		-0.147**	0.744**	0.715**	-0.414**
LT			-0.037	0.005	-0.153
LA				0.947**	-0.596**
LH					-0.681**

注: \* 表示  $P < 0.05$ , \*\*表示  $P < 0.01$ ; LL 为叶长; LW 为叶宽; LT 为叶厚; LH 为叶重; LA 为叶面积; SLA 为比叶面积。

Note: \* represents significant difference at the 0.05 level, and \*\* represents significant difference at the 0.01 level. LL, leave length; LW, leave width, LT, leave thickness; LH, leave heavy; LA, leave area; SLA, specific leaf area.

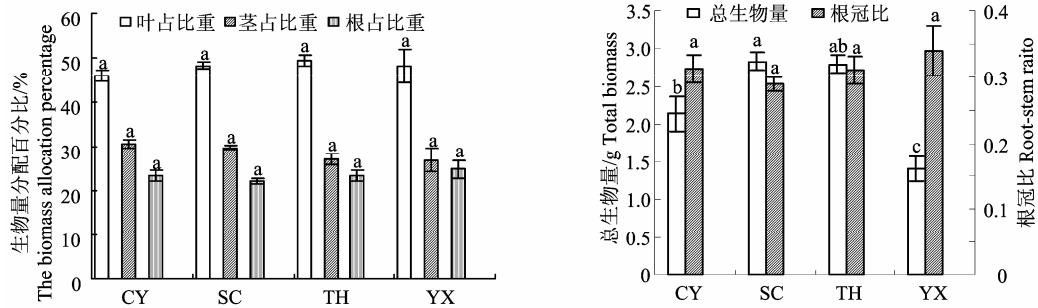


图 2 不同种源刨花楠生物量分配的比较

Figure 2 Comparison of biomass of different provenances of *Machilus pauhoi*

## 2.2 刨花楠苗木叶片表型特征因子间相关性分析

对刨花楠苗木 6 个叶片表型性状进行 Pearson 相关分析(表 2), 叶片的 LL、LW、LA 与 LH 四者间呈极显著正相关( $P < 0.01$ ), 表明叶面积随叶片长与宽的增加而增大, 叶片质量也随叶片长、宽、面积的增加而增加; 而 SLA 与 LL、LW、LA 与 LH 四者均呈极显著的负相关( $P < 0.01$ ), 与 LT 虽呈负相关, 但相关性不显著 ( $P > 0.05$ )。

## 2.3 刨花楠不同种源间构件生物量比较

不同种源间的苗木总生物量存在显著差异 ( $P < 0.05$ ), 其大小为 SC>TH>CY>YX, 其中, SC 与 CY、YX, TH 和 YX, CY 和 YX 种源总生物量显著差异; 在生物量分配方面, 4 种源苗木各构件的生物量占总生物量比的大小次序都为叶>茎>根(图 2)。

苗木相对生物量(各构件生物量占总生物量的比例)是苗木自身的遗传特性和外界环境共同作用的结果。由图 2 可知: 4 种源间苗木各相同构件间的相对生物量结构虽存在差异, 但差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 其中叶相对生物量大小为 TH>SC>YX>CY, 茎相对生物量为 CY>SC>TH>YX, 根相对生物量为 YX>CY>TH>SC。

在苗木生物量各成分分析中, 根冠比(地下部分生物量/地上部分生物量)是一项重要的评定指标, 能够较好地反映苗木地下部分和地上部分的平衡, 反映苗木对水分和营养物质的吸收及平衡作用。4 种源间苗木的根冠比为 YX>TH>CY>SC(图 2), 但其差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

## 3 小结与讨论

对刨花楠 4 个种源间苗木叶片表型性状进行比较发现, 刨花楠不同种源间苗木的 LL、LW、LT、LH、LA 与 SLA 存在显著差异( $P < 0.05$ ), 其中, LL 大小为 TH>SC>YX>CY, LW 为 CY>TH>SC>YX,

LT 为 SC>YX>TH>CY, LH 为 TH>CY>SC>YX, LA 为 TH>CY>SC>YX, SLA 为 YX>SC>CY>TH(图 1)。苗木 LL、LW、LT、LH、LA、和 SLA 都是与叶面积和叶光合能力密切相联系的指标, 反映苗木捕获光照资源的能力和相对生长速率。刨花楠不同种源间苗木叶片对环境的可塑性, 说明不同种源刨花楠对同一生长环境的适应能力不同。

叶片的 LL、LW、LA 与 LH 四者间呈极显著正相关( $P < 0.01$ )。叶片面积随叶片长与宽的增加而增大, 叶片质量也随叶片长、宽、面积的增加而增加。SLA 与 LL、LW、LA、LH 四者均呈极显著的负相关( $P < 0.01$ ), 与 LT 虽呈负相关, 但相关性不显著, 与刘金环等<sup>[19]</sup>研究得出的结论一致。进一步对分析叶片表型性状与其种子来源地主要气候因子进行相关性分析, 发现苗木 LL、LT 与年无霜期呈极显著正相关 ( $P < 0.01$ ), LW、LH、LA 与年降水量呈极显著正相关 ( $P < 0.01$ ), LH 与年平均气温呈显著正相关 ( $P < 0.05$ ), SLA 与年降水量呈极显著负相关 ( $P < 0.01$ )。

生物量的大小, 综合反映了外部因素对苗木生长的影响和苗木对外界环境的适应能力。4 种源间的苗木生物量存在显著差异( $P < 0.05$ ) (图 2), 反映了刨花楠不同种源间生长速度的差异。4 种源苗木各构件的生物量占总生物量比都为叶>茎>根(图 2), 说明刨花楠在幼苗时期, 倾向于将更多的有机物质分配给叶片, 以满足苗木利用光合作用固定更多的营养物质的需求。这与茎、叶生物量的增大, 增加了光合面积, 提高了有机物质的积累, 从而保证苗木生长的需要<sup>[20-21]</sup>的研究结果一致。

苗木相对生物量体现了植物生理代谢和物质循环之间的动态平衡, 这种平衡既包括植物体内物质代谢的平衡, 也包括植物与环境的平衡。4 种源间苗木各相同构件间的相对生物量结构虽存在差异, 但差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

植物的根冠比很大程度上影响着植物个体的生态型和对光能资源的捕获策略,它能较好地反映苗木地下部分和地上部分的平衡,以及苗木对水分和营养物质的吸收及平衡作用,是生物量分配分析中的一项主要的研究指标。根冠比值高,表明植物对土壤水分和营养物质具有比较强的竞争能力,能够生活在比较贫瘠恶劣的环境中;反之,则表明植物能够利用较多的日光能,具有较高的生产能力。本试验中4种源间苗木的根冠比大小次序为YX>TH>CY>SC,说明YX种源对水分和营养物质具有较强的吸收能力,而SC种源则具有较强的光合生产能力与生物生产力。

对种源间苗木LL、LW、LT、LA、SLA等表型性状及根冠比指标,结合构件生物量分配特征进行综合分析可以得出,4种源间苗木以SC、TH两种源较好,其具有相对较高光合生产能力及较强的对水分与养分的吸收能力。

由于刨花楠种子存在结实不稳、结实率低、且通常2~3年结果1次等特点,当年仅搜集到江西4种源地的种子,未搜集到浙江、湖南与广东等省份的种源种子,因此,更大范围的不同种源间刨花楠叶片表型性状与生物量分配的差异研究还需作进一步探讨。

### 参考文献:

- [1] 刘晓,岳明,任毅. 独叶草叶片性状表型多样性研究[J]. 西北植物学报, 2011, 31(5): 861-867.
- [2] 张凤良,张方秋,潘文,等. 17个红锥种源叶片性状变异分析[J]. 广东林业科技, 2011, 27(3): 20-26.
- [3] 周连第,兰彦平,曹庆昌,等. 板栗叶片性状表型多样性研究[J]. 中国农学通报, 2005, 21(9): 136-139.
- [4] 李梅,韩海荣,康峰峰,等. 山西灵空山辽东栎种群叶性状表型变异研究[J]. 北京林业大学学报, 2005, 27(5): 10-16.
- [5] 吴万波,朱益川,韩华柏,等. 油橄榄不同品种叶片表型性状浅析[J]. 经济林研究, 2005, 23(1): 60-61.
- [6] 姜荣波,刘军,姜景民,等. 红楠主要表型和苗期性状地理种源变异[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(5): 9-23.
- [7] 钟全林,胡松竹,黄志强,等. 刨花楠生长特性及其生态因子影响分析[J]. 林业科学, 2002, 38(2): 165-168.
- [8] 廖龙泉. 刨花楠生长规律的初步研究[J]. 江苏林业科技, 1997, 24(1): 39-41.
- [9] 郭晓敏,牛德奎,孙科辉. 优良阔叶树种—刨花楠木材构造性质及用途的研究[J]. 江西农业大学学报, 1999, 21(3): 392-394.
- [10] 肖立生,游水生,孙邦均. 炼山干扰对米槠林分布格局的影响[J]. 福建林学院学报, 2000, 20(1): 79-81.
- [11] 钟全林,张振瀛,张春华,等. 刨花楠生物量及其结构动态分析[J]. 江西农业大学学报, 2001, 23(4): 533-536.
- [12] 邓仕坚,廖利平,汪思龙,等. 湖南会同红栲-青冈-刨花楠群落生物生产力的研究[J]. 应用生态学报, 2000, 11(5): 651-654.
- [13] 胡松竹,钟全林,黄志强,等. 刨花楠人工栽培技术初探[J]. 江西农业大学学报, 2001, 23(3): 332-335.
- [14] 何贵平,黄海泳,骆文坚,等. 刨花楠、花梨木、乐东拟单性木兰嫩枝扦插繁殖试验[J]. 浙江林业科技, 2004, 24(3): 30-32.
- [15] 徐奎源,徐永星,徐裕良. 红楠等4种楠木树种的栽培试验[J]. 江苏林业科技, 2005, 32(2): 26-27.
- [16] 钟全林,程栋梁,胡松竹,等. 刨花楠和华东润楠叶绿素含量分异特征及与净光合速率的关系[J]. 应用生态学报, 2009, 20(4): 271-276.
- [17] 鲁美娟,江洪,李巍. 模拟酸雨对刨花楠幼苗生长和光合生理的影响[J]. 生态学报, 2009, 29(11): 5986-5994.
- [18] 汪炎明. 杉木萌芽林中套中刨花楠经营技术及生长效应[J]. 林业科技开发, 2009, 23(5): 119-121.
- [19] 刘金环,曾德慧. 科尔沁沙地东南部地区主要植物叶片性状及其相互关系[J]. 生态学杂志, 2006, 25(8): 921-925.
- [20] 杨利平,薛建华,金淑梅. 细叶百合生物量的生殖分配[J]. 东北林业大学学报, 2001, 29(5): 42-44.
- [21] Niinemets U, Portsmouth A, Tobias M. Leaf size modifies support biomass distribution among stems, petioles and mid-ribs in temperate plants [J]. New Phytologist, 2006, 171(1): 91-104.