

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201407026

石贵玉, 梁士楚, 曾小彪, 等. 桉树与针叶树、阔叶树生理生化指标季节变化的比较[J]. 广西植物, 2016, 36(7):783-787

SHI GY, LIANG SC, ZENG XB, et al. Comparative study on seasonal changes in physiological characteristics of *Eucalyptus*, broad-leaved and coniferous tree species [J]. Guihaia, 2016, 36(7):783-787

# 桉树与针叶树、阔叶树生理生化指标季节变化的比较

石贵玉<sup>1,3</sup>, 梁士楚<sup>2,3</sup>, 曾小彪<sup>1</sup>, 黄雅丽<sup>2</sup>

( 1. 百色学院 农业与食品工程学院, 广西 百色 533000; 2. 广西师范大学 生命科学学院, 广西 桂林 541004;  
3. 珍稀濒危动植物生态与环境教育保护教育部重点实验室, 广西 桂林 541004 )

**摘要:** 该文对广西桂林灵田乡桉树、针叶树和阔叶树生理生化季节变化进行了比较研究。结果表明: 桉树与其它 4 个针阔叶树种的生理生化指标因季节更替而呈现不同的变化规律, 其中 5 个树种叶片的比叶面积是在夏季最高、冬季最低, 其均值依次为桉树>红锥>紫荆>杉木>马尾松; 叶片叶绿素含量为夏季>秋季>春季>冬季, 总叶绿素含量四季平均值为桉树>紫荆>红锥>杉木>马尾松; 叶片可溶性糖含量的季节变化为夏季>春季>冬季>秋季, 桉树的平均可溶性糖最高; 叶片蛋白质含量都在春季最高、夏季最低, 阔叶树种的蛋白质含量显著高于针叶树种, 桉树的平均蛋白质含量最高; 叶片硝酸还原酶活性顺序为夏季>春季>秋季>冬季, 桉树的平均硝酸还原酶活性最高。综上所述, 在自然生长环境下, 这 5 个树种的生理生化等指标对季节的响应机制不同, 但桉树的生理指标大于其他几个树种。这反映了人工种植的桉树具有高生产力和生长优势。

**关键词:** 桉树, 针叶树, 阔叶树, 季节变化, 生理生化指标, 比较分析

中图分类号: Q948 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2016)07-0783-05

## Comparative study on seasonal changes in physiological characteristics of *Eucalyptus*, broad-leaved and coniferous tree species

SHI Gui-Yu<sup>1,3</sup>, LIANG Shi-Chu<sup>2,3</sup>, ZENG Xiao-Biao<sup>1</sup>, HUANG Ya-Li<sup>2</sup>

( 1. Department of Chemistry and Life Sciences, Baise University, Baise 533000, China; 2. College of Life Sciences, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China; 3. Key Laboratory of Ecology of Rare and Endangered Species and Environmental Protection (Guangxi Normal University), Ministry of Education, Guilin 541004, China )

**Abstract:** The seasonal changes in physiological and biochemical characteristics of *Eucalyptus*, coniferous and broad-leaved tree species were studied at Lingtian Village of Guilin City, Guangxi Zhuang Autonomous Region. The results showed that the physiological and biochemical norms changed according to seasons in *Eucalyptus* and other four tree species. The SLA of five species was the highest in the summer and lowest in winter. The average SLA values were *Eucalyptus* > *Castanopsis hystrix* > *C. fissa* > *Cunninghamia lanceolata* > *Pinus massoniana*. Leaf chlorophyll of seasonal changes was as follows: summer > autumn > spring > winter. The average of total chlorophyll in four seasons were: *Eucalyptus* > *Castanopsis fissa* > *C. hystrix* > *Cunninghamia lanceolata* > *Pinus massoniana*. The SS with seasonal changes were: sum-

收稿日期: 2014-07-17 修回日期: 2015-03-24

基金项目: 国家自然科学基金(31160156); 广西科学基金北部湾基础研究重大专项(2010GXNSFE013003); 广西环境工程与保护评价重点实验室项目(桂科能 0802K011)[Supported by the National Natural Science Foundation of China (31160156); Key Special Fund for Beibu Gulf Fundamental Research of Guangxi Science Foundation (2010GXNSFE013003); Guangxi Key Laboratory of Environmental Protection Engineering and Evaluation (0802K011)].

作者简介: 石贵玉(1953-), 男, 广西百色人, 教授, 主要从事植物生理生态研究, (E-mail) gshigy@163.com.

mer > spring > winter > autumn; the SP contents of the five species were the highest in spring and the lowest in summer, and the SP in coniferous were much higher than the broad-leaved species. The average SS and SP were the highest in *Eucalyptus*. Seasonal trends showed arched leaf RNA variation, the order of change was summer > spring > autumn > winter, with average maximum NRA in *Eucalyptus*. To sum up, in a natural environment for the growth, physiological and biochemical indices of these five species response to season were different, but the physiological indicators of *Eucalyptus* were generally higher than other species, which inflected that the artificial *Eucalyptus* forest had high productivity and growth advantage.

**Key words:** *Eucalyptus*, coniferous tree species, broad-leaved tree species, seasonal change, biochemical index, comparative analysis

桉树(*Eucalyptus*)为世界上3大造林树种之一,具有生长速度快、躯干直而挺,耐寒性好,但抗风力弱,易倒伏的特点,是华南等地区最重要的纸浆材和纤维素材树种,它具有高生产力和强碳固定能力(盛炜彤,1999)。人工桉树林多数是在砍伐原有松树、杉木、红锥和黧蒴栲等树种而建成的,目前有人质疑人工桉树林比松树、杉木、红锥和黧蒴栲等树种在全球气候变化减缓和林业碳汇中是否更有优势?因此有必要开展比较人工桉树林和其它优势树种的碳汇能力、碳循环的研究(徐大平和张宁南,2006),而研究桉树相对于其它针、阔叶林在光合、生理生化指标方面的不同是这个方向的主要内容之一。

目前,桉树人工林光合特性和生理生化特性的研究主要集中在不同桉树种源上,对桉树的林分或个体植株叶片进行光合日进程、光响应和相关生理等方面(李志辉等,2005;邱权等,2014)。利用不同桉树种源间光合作用性状和生理特性的比较筛选出光合速率高的优势种源(阚文靖等,1995)。而桉树人工林与其它树种光合特性和生理生化特性的比较研究尚少。本研究以桉树与黧蒴栲、红锥、马尾松、杉木为材料,比较5个树种叶片生理生化指标在四季中的变化,从生理生化指标上了解人工桉树林是否具有高生产力和生长优势,为我国广泛种植桉树,发展人工桉树林提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地与材料

样地设在桂林市灵田乡,位于桂林市北面,灵川县城东面,距桂林市35 km,气候温和,年均气温18.6℃,年降雨量1 614 mm,4-6月为降雨高峰期,占全年降雨量的51%,秋季干燥少雨,全年相对湿度76%,无霜期309 d,最冷在1、2月。山体为土

山生境,土壤肥沃。样地中有人工种植的桉树林、杉木林及自然生长的马尾松、黧蒴栲和红锥混交林等。

选取样地中两年生人工桉树林的巨尾桉(*Eucalyptus grandis* × *E. urophylla*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*),附近自然林的马尾松(*Pinus massoniana*)和黧蒴栲(*Castanopsis fissa*)、红锥(*C. hystrix*)。分别于春季(4月12日)、夏季(7月16日)、秋季(10月10日)和冬季(1月20日),随机选取代表性的5种标准木,中上部4个朝向生长状况一致、无病虫害的当年成熟叶片12张各3份,将其混合剪碎后装入50 mL的离心管,立即置于液态氮生物容器中冷冻保存,将其带回实验室测定各项生理指标。

### 1.2 方法

叶片比叶面积(叶面积与叶干重之比, Specific Leaf Area, SLA)的测定参照 Garnier et al(2001)方法;叶绿素(Chlorophyll, Chl)含量测定采用分光光度法(李玲等,2010);用蒽酮比色法测定可溶性糖(Soluble Sugar, SS)含量(李玲等,2010);用NR(Nitrate Reductase)试剂盒(南京建成生物工程研究所生产)测定硝酸还原酶(NR)活性;用考马斯亮蓝蛋白质试剂盒(南京建成生物工程研究所生产)测定可溶性蛋白SP(Soluble protein)含量。

采用SPSS17.0软件对试验数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 叶片比叶面积(SLA)的季节变化

从图1可见,5个树种叶片的SLA都在夏季达到最大,而冬季降到最低。由于阔叶树种和针叶树种叶片形态上存在较大差异,造成针阔叶树种间的SLA存在显著差异,其中马尾松SLA明显低于其它3种阔叶植物,占桉树SLA的47.72%。通过显著性

方差分析可知,随着季节变化,桉树和蕈蕨类叶片的 SLA 有显著变化 ( $P < 0.05$ ),而红锥、马尾松和杉木叶片的 SLA 变化不显著 ( $P > 0.05$ );就平均值的比较依次为桉树>红锥>蕈蕨类>杉木>马尾松,说明桉树叶片的光合作用能力高于其它 4 个树种。

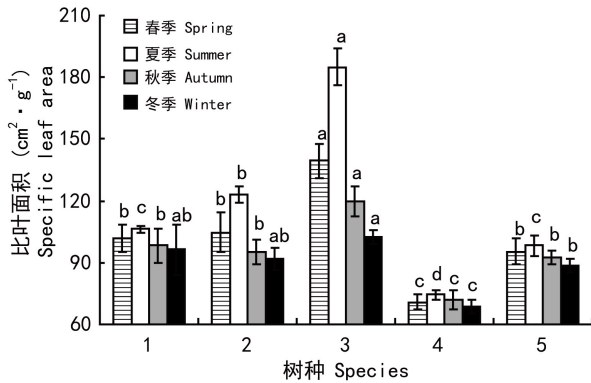


图 1 叶片比叶面积的季节变化

1. 蕈蕨类; 2. 红锥; 3. 桉树; 4. 马尾松; 5. 杉木。下同。

Fig. 1 Seasonal changes of specific leaf area 1. *Castanopsis fissa*; 2. *C. hystrix*; 3. *Eucalyptus*; 4. *Pinus massoniana*; 5. *Cunninghamia lanceolata*. The same below.

## 2.2 叶片总叶绿素 (Chl) 含量的季节变化

由图 2 可知,5 个树种叶片平均 Chl 含量四季变化顺序为夏季>秋季>春季>冬季。通过显著性方差分析,这 5 个树种 Chl 含量随着季节变化表现出明显差异,其中以蕈蕨类总 Chl 含量随着季节变化其差异最为显著 ( $F = 60.027$ ),而在夏季这 5 个树种之间的差异达到最显著 ( $F = 46.432$ );5 个树种总 Chl 含量变化顺序为桉树>蕈蕨类>红锥>杉木>马尾松,分别为  $(2.22 \pm 0.63)$ 、 $(1.85 \pm 0.54)$ 、 $(1.75 \pm 0.39)$ 、 $(1.53 \pm 0.35)$ 、 $(1.19 \pm 0.38) \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

## 2.3 叶片可溶性糖 (SS) 的季节变化

从图 3 可以看出,SS 的变化趋势为夏季>春季>冬季>秋季。在同一季节 5 个树种 SS 也存在着差异,比较 5 个树种四季 SS 含量平均值的大小顺序为桉树>杉木>马尾松>蕈蕨类>红锥,分别为  $(27.66 \pm 5.65)$ 、 $(25.69 \pm 4.21)$ 、 $(24.76 \pm 5.72)$ 、 $(24.57 \pm 4.27)$ 、 $(21.01 \pm 5.02) \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

## 2.4 叶片可溶性蛋白含量 (SP) 的季节变化

图 4 表明,5 种树种的 SP 的动态变化趋势基本一致,表现为在春季时植株叶片 SP 达到最高、而夏季降到最低、秋冬季节又缓慢上升的变化趋势,具体为蕈蕨类、桉树和杉木叶片 SP 的变化规律是春

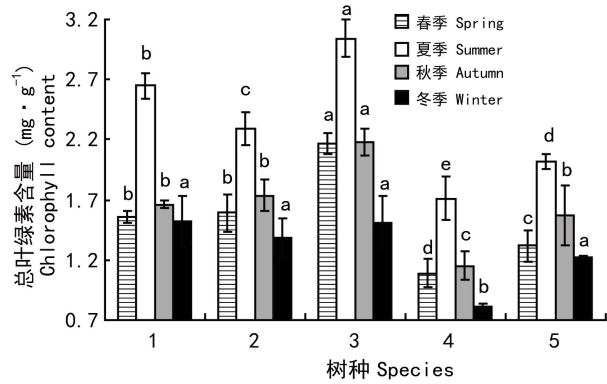


图 2 叶片总叶绿素含量的季节变化

Fig. 2 Seasonal changes of chlorophyll content

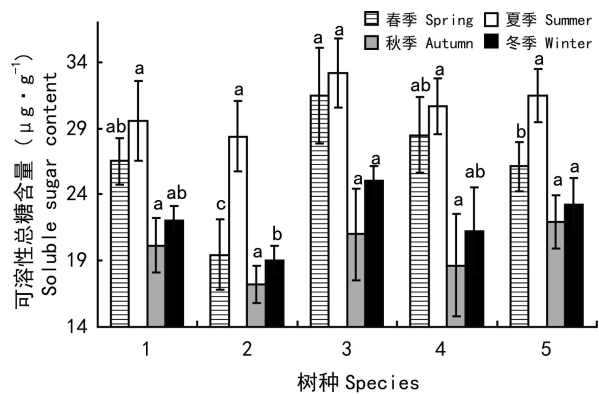


图 3 叶片可溶性总糖的季节变化

Fig. 3 Seasonal changes of soluble sugar

季>秋季>冬季>夏季,而红锥、马尾松为春季>冬季>秋季>夏季,其中以春季桉树 SP 最高 ( $1.17 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ),夏季松树的 SP 最低 ( $0.138 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ );5 个树种四季平均 SP 从大到小排列为桉树 ( $0.63 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ )>红锥 ( $0.56 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ )>蕈蕨类 ( $0.55 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ )>杉木 ( $0.32 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ )>马尾松 ( $0.29 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ )。

## 2.5 叶片硝酸还原酶活性 (NRA) 的季节变化

图 5 显示,5 个树种叶片 NRA 的四季变化趋势先升后降,在不同季节间差异显著 ( $P < 0.05$ ),说明季节变化对各树种叶片中 NRA 的影响显著。夏季这 5 个树种的 NRA 达最大值,且以桉树最高 ( $287.62 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ ),比其它树种 NRA 平均值高出 76.58%;5 个树种季节变化规律为夏季>春季>秋季>冬季。四季平均 NRA 排列为桉树 ( $182.11 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ )>红锥 ( $117.39 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ )>蕈蕨类 ( $103.40$

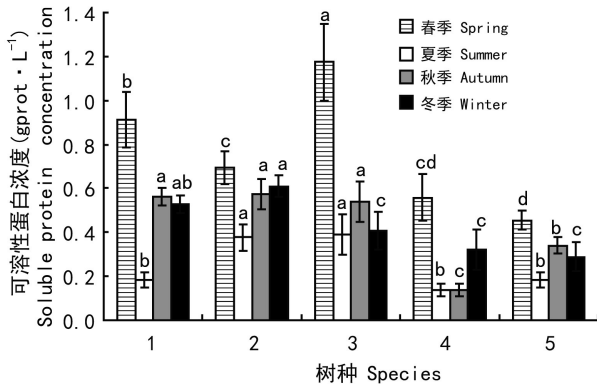


图4 蛋白质含量的季节变化

Fig. 4 Seasonal changes of soluble protein

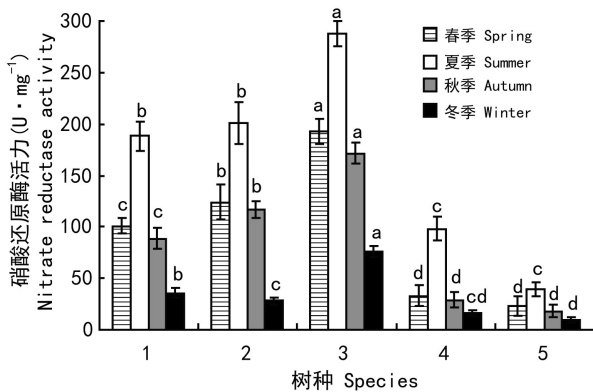


图5 叶片硝酸还原酶活性的季节变化

Fig. 5 Seasonal changes of nitrate reductase activity

$U \cdot mg^{-1}$ ) > 马尾松 ( $44.15 U \cdot mg^{-1}$ ) > 杉木 ( $22.35 U \cdot mg^{-1}$ )。

### 3 讨论与结论

5个树种叶片的SLA、Chl含量和NR都在夏季达到最大,而冬季降到最低,桉树平均值大于其它4个树种;5个树种叶片内主要营养物质SS含量的季节的变化趋势为夏季>春季>冬季>秋季,其中以桉树叶片的平均SS含量最高;5个树种叶片的SP含量都在春季最高,而夏季最低,且阔叶树种的SP显著高于针叶树种,桉树大于其他4个树种;SLA是表现植物叶片形态特征的主要指标,在一定程度上反映了叶片截获光的能力和在强光下的自我保护能力(曾小平等,2008),也反映不同生育期光合作用制

造有机物质及其分配趋势(张林等,2008)。由于阔叶树种叶片形态上存在较大差异,造成它们之间的SLA存在显著差异。SLA在夏季达到最大,原因可能与夏季光合速率高、光合产物积累较多相关,冬季外界光合有效强度为全年的最低值,光合速率低,有机物的积累最低,导致植物叶片的SLA降至最低。Reich et al(1998)分析了包括北美、南美多种不同生物群系和功能群在内的几十种植物的SLA,结果表明非禾本科草本植物的SLA最高,灌木和乔木较低,针叶树最低。本研究SLA结果反映了阔叶树种桉树SLA最高、针叶树最低,与前人结果一致。

叶绿素是植物叶绿体内主要光合作用色素,可吸收、传递、分配和转化光能用于光合作用,可作为反映植物光合能力的一个重要指标,其含量高低会直接影响植物叶片捕获光的能力(石贵玉等,2013),影响植物的生长发育(宜丽娜等,2012)。四季变化中,桉树总Chl含量明显高于其它4个树种,再加上桉树的Pn(净光合速率)显著高于其它4个树种。由此可推断出植物Chl含量的季节变化与其Pn有一定的相关性,同时反映出与其他树种相比,桉树快速生长的优势与其强光合能力有关。

可溶性糖是植物进行光合作用的主要产物,也是一种碳源,植物体内SS含量受可溶性糖合成和分解共同影响(吉增宝,2009)。5个树种春季的SS比夏季低,可能由于各植物叶片同化产物大量输出供营养生长所需,导致叶片光合产物的累积并不明显。春季植物从发芽生长旺盛期到盛夏期,这一时期叶片中SS均保持在较高水平,变化幅度不大,进入秋季,伴随叶片的衰老,叶片中SS急剧降低。其原因一方面为叶片衰老促使SS急剧外运,另一方面为叶片、枝条、根系等器官为了度过冬季的低温环境,把大量的SS储存起来(余承忠,2008)。但为使植物能安全越冬,叶片中的SS会在冬季略有所上升。

可溶性蛋白是植物所有蛋白质组分中最活跃的一部分,包括各种酶原、酶分子和代谢调节物,其含量是了解植物体总代谢的一个重要指标(蔡柏岩等,2007)。本研究中各个季节的可溶性蛋白含量,桉树比其它4个树种大,这可能也是桉树生长速率比其它树种快的原因之一。

硝酸还原酶在植物氮素代谢过程中起关键作用,氮素是植物生长需求量最大的矿质营养元素,从现有文献报道NRA与光合速率呈显著正相关(赵洪祥,2007;张小全等,2000),NRA越强,植物的氮

素代谢作用越旺盛,影响着植物的生长发育及产量形成(Mertens et al, 2000)。本研究中 NRA 在日照时间相对较长、PAR 较强的夏季和春季活性较大,而在秋冬季植物叶片 NRA 较低,这印证了 NRA 与光合作用呈现显著正相关的这一生理特点(赵洪祥, 2007)。本研究中阔叶树种四季平均 NRA 显著高于针叶树种,其中在各个季节中以桉树的 NRA 最大,针叶树种杉木的 NRA 最低,也可从这个方面去解释桉树的生长速率比其它树种快的原因。

综上所述,5个树种4个季节的 Chl、SS、SP 含量和 SLA、NR 变化,桉树均比其他4个树种大,说明桉树的氮素代谢能力、有机物积累等都高于其它4个针阔叶树种,这一现象可能与桉树具有较强的光合能力关系密切,反映了人工种植的桉树具有高生产力和强碳固定能力以及生长优势。文中反映这5个树种在春季各项光合和生理指标都处于最活跃状态,对土壤中各种营养物质的需求量也是全年最大的,因此建议在春季前对人工林进行合理施肥,以期获得更多的木材产量及其纸浆产量。

## 参考文献:

CAI BY, GE JP, ZU W, 2007. Soluble protein content in leaves and seeds of different soybean genotypes as affected by different phosphorus supplies[J]. *Plant Nutr Fert Sci*, 13(6): 185-188. [蔡柏岩, 葛菁萍, 祖伟, 2007. 施磷水平对不同基因型大豆叶片及子粒可溶性蛋白含量的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 13(6): 185-188.]

CHENG HT, 1999. The long-term productivity of the problems in our country[J]. *For Sci Technol Manag*, (3): 23-26. [盛炜彤, 1999. 我国人工林生产力长期保持问题[J]. *林业科技管理*, (3): 23-26.]

GARNIER E, SHIPLEY B, ROUMET C, et al, 2001. standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content[J]. *Funct Ecol*, 15: 688-695.

JI ZB, 2009. Effects of Water stress and rewatering on organic osmotic adjustment substances of *Platyclus Orientalis* and *Robinia Pseudoacacia* seeding [J]. Yangling: Northwest A & F University. [吉增宝, 2009. 干旱及旱后复水对刺槐和侧柏苗木有机渗透调节物质的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学.]

KAN WJ, SU DM, QIU YL, et al, 1995. Photosynthetic characteristics of several kinds of eucalyptus[J]. *Hunan For Sci & Technol*, 22(1): 5-10. [阚文靖, 苏冬梅, 邱运亮, 等, 1995. 几种桉树光合特性的研究[J]. *湖南林业科技*, 22(1): 5-10.]

LI L, LI NH, JIANG SM, et al, 2010. Plant physiology experiment module[M]. Beijing: Science Press. [李玲, 李娘辉, 蒋素梅, 等, 2010. 植物生理学模块实验指导[M]. 科学出版社.]

LI ZH, YANG MH, HUANG LQ, et al, 2005. Measurement and Analysis of the photosynthesis velocity of fast growing species such as *Eucalyptus* [J]. *J Centr S For Univ* (中南林学院学报), 25(2): 7-11. [李志辉, 杨模华, 黄丽群, 等, 2005. 桉

树等速生树种光合速率测定分析[J]. *中南林学院学报*, 25(2): 7-11.]

MERTENS JA, SHIRAIISHI N, CAMPBELL WH, 2000. Recombinant expression of molybdenum reductase fragments of plant nitrate reductase at high levels in *Pichia pastoris* [J]. *Plant Physiol*, 123(2): 743-756.

QIU Q, PAN X, LI JY, et al, 2014. Comparison on photosynthetic and roots characteristics of *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* and bamboo-willow seedlings[J]. *J Centr S Univ For & Technol*, 34(1): 53-60. [邱权, 潘昕, 李吉跃, 等, 2014. 速生树种尾巨桉和竹柳幼苗的光合特性和根系特征比较[J]. *中南林业科技大学学报*, 34(1): 53-60.]

REICH PB, WALTERS MB, ELLSWORTH DS, et al, 1998. Relationships of leaf dark respiration to leaf N, SLA and lifespan: a test across biomes and functional groups[J]. *Oecologia*, 1998, 114: 471-482.

SHI GY, HUANG YL, WANG QZ, et al, 2013. Effects of Se on photosynthetic characteristics of *Siraitia grosvenorii* seedling under Cd<sup>2+</sup> stress[J]. *Guihaia*, 33(4): 435-438. [石贵玉, 黄雅丽, 王巧贞, 等, 2013. 镉胁迫下硒对罗汉果组培苗光合特性的影响[J]. *广西植物*, 33(4): 435-438.]

XU DP, ZHANG NN, 2006. Research progress of eucalyptus plantation ecological effect [J]. *Guangxi For Sci*, 35(4): 179-201. [徐大平, 张宁南. 桉树人工林生态效应研究进展[J]. *广西林业科学*, 35(4): 179-201.]

YI LN, BAI KD, LI MX, et al, 2012. The comparison of physiology and biochemical index of some evergreen and deciduous broad-leaved species in Mao'er Mountain, Guangxi[J]. *J Guangxi Norm Univ*, 30(1): 83-88. [宜丽娜, 白坤栋, 李明霞, 等, 2012. 广西猫儿山几种常绿和落叶阔叶树抗性生理生化指标的比较研究[J]. *广西师范大学学报*, 30(1): 83-88.]

YU CZ, 2008. Physiological and biochemical characteristics study of potted and ground-planted *peony* [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University. [余承忠, 2008. 盆栽和地栽牡丹的生理生化特性研究[D]. 武汉:华中农业大学.]

ZENG XP, ZHAO P, RAO XQ, et al, 2008. Measurement of leaf area index of three plantations and their seasonal changes in Heshan hilly land[J]. *J Beijing For Univ*, 30(5): 34-40. [曾小平, 赵平, 饶兴权, 等, 2008. 鹤山丘陵3种人工林叶面积指数的测定及其季节变化[J]. *北京林业大学学报*, 30(5): 34-40.]

ZHANG L, LUO TX, DENG KM, et al, 2008. Vertical variations in specific leaf area and leaf dry matter content with canopy height in *Pinus yunnanensis* [J]. *J Beijing For Univ*, 30(1) 40-44. [张林, 罗天祥, 邓坤枚, 等, 2008. 云南松比叶面积和叶干物质含量随冠层高度的垂直变化规律[J]. *北京林业大学学报*, 30(1): 40-44.]

ZHANG XQ, XU DY, ZHAO MS, et al, 2000. The responses of 17-years-old Chinese fir shoots to elevated CO<sub>2</sub> [J]. *Acta Ecol Sin*, 20(3): 390-397. [张小全, 徐德应, 赵茂盛, 等, 2000. CO<sub>2</sub> 增长对杉木中龄林针叶光合生理生态的影响[J]. *生态学报*, 20(3): 390-397.]

ZHAO HX, 2007. Studies on changes of nitrate reductase activity in the leaves of soybean cultivars with the year of release in Jilin Province [D]. Changchun: Jilin Agricultural University. [赵洪祥, 2007. 吉林省不同年代大豆品种硝酸还原酶活性变化研究[D]. 长春:吉林农业大学.]