

桉叶面积与生物量对干湿季变化的响应

李玲菱 李 明 郑茹敏 程希平*
(西南林业大学生态旅游学院,昆明 650224)

摘 要 树叶是植物进行光合作用与呼吸作用的重要器官,叶面积与其生物量是树木参与生理过程的重要参数,直接影响树木的生物学结构。研究通过对昆明地区干湿两季与不同叶龄的桉叶采样与测量,利用 Image J 软件分别对干季和湿季的叶面积与生物量进行对比分析,结果表明:湿季和干季对桉叶面积的影响存在较大差异,尤其是湿季对一年生桉叶面积的影响较大;生物量对干季与湿季的响应也呈现出明显的不同。该研究可为桉树的生理特征与物候规律提供理论参考。

关键词 桉叶 叶面积 生物量 干湿季

中图法分类号 S718.3; **文献标志码** B

林木叶片作为植物光合和呼吸作用的发生体,其面积的大小直接关系到作用的强弱^[1]。研究不同季节叶面积与生物量的差异能够为植物生长战略提供理论借鉴。在叶面积与生物量关系的系统性研究方面,Modified Logistic 模型、Log Normal 模型和 Modified Gaussian 模型都已成熟的运用到叶面积与生物量的建模^[2]。此外,在相关物种的叶面积与生物量研究方面,也有较为详细的论述,如穿山龙叶面积与自身生物量、地上与地下生物量以及叶片数与株高之间有极显著的直线关系^[3]。茶秆竹林叶面积指数与生物量关系的研究也表明,叶面积指数与生物量紧密相关^[4]。郭治远等对淮北相山5种主要优势植物叶面积与生物量的研究中,探讨了生物量积累能力的相对大小以及叶面积与生物量之间的动态变化关系,反映了不同物种对于环境资源的利用和适应性的差异^[5]。目前,对于叶面积与生物量的关系的研究报道主要集中于两者的相关性,而鲜有关于叶面积与生物量对季节变化的响应研究。因此,本文在不同季节同同样地采样的基础上,研究桉叶面积及生物量与干湿季变化的关联性,明确叶面积与生物量在不同季节的生长与积累机制,以期为实际生产和进一步的研究提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 研究地概要

2016年2月29日收到 国家自然科学基金(31360164);
云南省高校重点建设学科(风景园林学)建设项目资助
第一作者简介:李玲菱,(1993—)女,硕士研究生。研究方向:自然地理。E-mail:506431143@qq.com。
* 通信作者简介:程希平(1982—),男,博士,副教授。研究方向:森林生态学。E-mail:xipingcheng2012@163.com。

采集的桉树单叶均来自于云南省昆明市(25°04'N,102°46'E),该区域位于亚热带地区,年平均气温为16.5℃,年平均降水量为1450mm。四季温差小,干湿季分明。湿季为5~10月,温度在19~22℃,降雨量在1200mm左右;干季为11月至次年4月,温度在6~8℃,降雨量在300mm左右。全年日照2250h,无霜期230d,土壤为酸性红壤和砖红壤。主要植被类型为亚热带常绿阔叶林,云南松(*Pinus Yunnanensis* Lamb)、马尾松(*Pinus Massoniana* Lamb)等常绿针阔叶混交林。

1.2 数据采集与分析

采样的时期分别定于昆明的干季(2015年3月)与湿季(2015年8月),并于不同的时期分别随机从健康的桉树上选取一年生与多年生桉叶,带回实验室运用数字图像处理法对叶片进行数字化成像,利用叶面积仪结合 Image J 软件技术计精准得出叶面积^[6,7],并采用精密至0.001g的电子天平称量对象叶片的湿重与干重,得到桉叶的基础信息数据(表1)。

2 结果与分析

2.1 一年生桉叶对干、湿季的响应

通过筛选采集到的一年生的桉树单叶,得到一年生桉叶干、湿两季的叶面积与生物量关系的变化趋势。从干、湿季的叶面积与生物量斜率关系可以看出,干、湿季生物量基本随其叶面积的增长而增加,且干季的增加趋势明显快于湿季。另外,在同一水平叶面积下,干季桉叶比湿季的生物量高,表明干季桉叶面积偏小时可以保持较大的生长量(图1)。

表 1 桉叶的主要信息数据
Table 1 Main information data of Eucalyptus leaves

季节	叶龄	参数	干重/g	湿重/g	叶面积/cm ²	数量
干季	一年生	平均值	0.177 ± 0.091	0.578 ± 0.274	6.596 ± 3.147	105
		min	0.025 1	0.155 1	1.650 3	
		max	0.590 9	1.166 7	19.955 3	
	多年生	平均值	0.625 ± 0.291	1.393 ± 0.585	9.608 ± 3.358	84
		min	0.270 6	0.646 8	4.695 2	
		max	0.637	3.307 3	21.503 6	
湿季	一年生	平均值	0.513 ± 0.294	1.159 ± 0.620	44.114 ± 23.529	65
		min	0.02	0.12	9.273	
		max	1.12	2.59	116.419	
	多年生	平均值	0.625 ± 0.344	1.257 ± 0.646	36.769 ± 20.132	67
		min	0.22	0.47	10.9	
		max	1.34	2.65	57.095	

从一年生干、湿季分析结果中可以看出,湿季的叶面积与生物量分布广泛(图 1),最大叶面积高达 116.419 cm²,最大生物量高达 1.12 g;而干季叶面积均在 20 cm² 以下,生物量最大只有 0.6 g(表 1),表明湿季一年生桉叶多大叶,而干季多小叶。

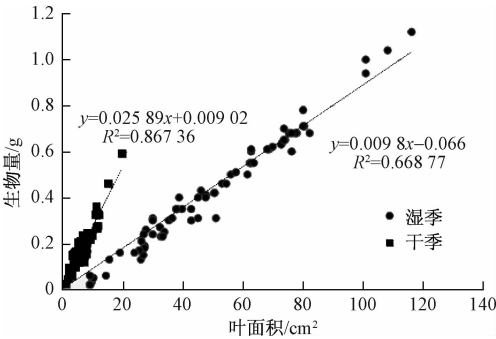


图 1 不同季节一年生桉叶面积与生物量的关系
Fig. 1 Relationship between area and biomass of annual Eucalyptus leaves in different seasons

由于干季光照强度低,气温低,相对湿度也较小,蒸腾效率很低,所以桉叶光合速率不高。因此一年生桉叶生长缓慢,导致叶片普遍短小,面积与生物量差异小,测量得出的面积值波动也较小。而在湿季,尤其是到了 8~9 月份,降水量大、气候温暖湿润,土壤水分含量高,桉叶蒸腾和光合作用均较高,蒸腾效率也较高,光合速率达最大值^[8,9]。因此一年生桉叶处于急速生长或稳定生长的状态,所以叶片生长态势良好,叶面积与生物量大。

2.2 多年生桉叶对干、湿季的响应

从干、湿季的叶面积与生物量分布趋势可以看出,干、湿季生物量基本随其叶面积的增长而增长,且干、湿季的增长速率相当(图 2)。在多年生桉叶面积与生物量关系比较中,干湿两季斜率的离差非常接近,表明多年生桉叶在不同季节叶面积生长与生物量的积累水平的趋势相当。

从多年生干、湿季分析结果中可以看出,湿季的叶面积与生物量分布广泛(图 2),最大叶面积为 57.095 cm²;最小叶面积为 10.9 cm²,并且均值为 36.769 cm²;另外,多年生干季桉叶的叶面积与生物量分布域较小,生物量在 0.6 g 以上的没有分布(表 1),表明多年生桉叶在干湿季的分布存在差异。

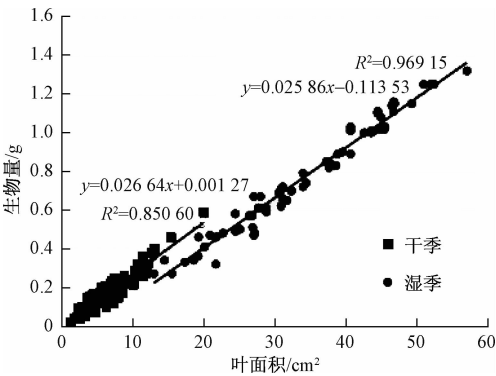


图 2 不同季节多年生桉叶面积与生物量的关系
Fig. 2 Relationship between area and biomass of perennial Eucalyptus leaves in different seasons

由于多年生桉叶经过长期的适应与生长,在干、湿季均处于生物学上的稳定生长状态,因而生长环境对多年生桉叶生长的干扰影响较小,表现为桉叶在干湿两季的生长趋势近同。另外由于受到集中降水以及光照强度的影响,迅速响应环境的桉叶在湿季还是表现出强于干季的生长迅速发育较快的特点,因此多年生桉叶在湿季的叶面积与生物量明显大于干季。但也正是由于蒸腾效率与光合速率的共同作用,导致蒸腾作用强的湿季的含水率小于蒸腾作用弱的干季的含水率。

3 结论与讨论

干湿两季对不同叶龄叶面积生长于生物量的积累均存在较大差异,本研究通过对比发现:干季桉叶

的干重、湿重、叶面积,多年生的均值均大于一年生的均值、最大值与最小值(表1)。王孟本等在研究树木蒸腾作用和光合效率的研究中提出:不同植物响应于大气和土壤干旱因子的影响,植物的蒸腾生理调控机制亦可能随之开始运作,以降低蒸腾作用,节约水分^[10]。由于在干季,桉叶受到大气和土壤干旱因子的影响,多年生桉叶处于停滞生长状态,并保持其叶片的水分;虽然一年生桉叶在干季也保持相应的机制,但因其生长时间短,叶片形态小,因此干季多年生桉叶面积与生物量在总体上大于一年生的桉叶。

对昆明地区干、湿季桉叶的叶面积与生物量分析发现,且一年生与多年生桉叶湿季的生物量与叶面积总体上优势明显。湿季气候温暖,光照强度高,气温高,相对湿度大,桉叶蒸腾效率与光合速率高。一年生桉叶在这样的因素下,叶面积尤其突出,因此一年生桉叶在叶面积方面对湿季的响应非常明显,在生物量上,湿季一年生与多年生相当。

以上研究的发现将对桉树及其他树种的种伐时间与生长环境提供参考,相关学者利用建模发现,桉叶生物量与叶面积在不同叶龄上存在一定的关联性^[1,11],干湿季节生物量与叶面积在不同叶龄水平下的相关性较高,决定系数 R^2 最高可达 0.97,最小也为 0.67(图1,2),本研究的结果也得到进一步认证。该研究的结果可为不同季节条件下桉树的生理生长机制提供思路与借鉴。另外,为了确认影响桉叶生长的机理,还应该考虑不同光密度、光质、土壤营养元素、降雨量以及桉树自身生理特征等,此类问题有待于在后续研究中进一步加强完善。

参 考 文 献

1 Cheng Xiping, Wang Yanfang, Ma Yuewei. Single leaf-level measurement and estimation of eucalyptus based on functional-structural model. *Advances in Energy Science and Equipment Engineering*, 2015; 1: 51—54

2 王瑞军,李世清,王全九,等. 半干旱农田生态系统春玉米叶面积及叶生物量模拟的比较研究. *中国生态农业学报*, 2008; 16(1): 139—144

Wang Ruijun, Li Shiqing, Wang Ouanjiu, *et al.* Evaluation of simulation models of spring-maize leaf area and biomass in semiarid agro-ecosystems. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2008; 16(1): 139—144

3 姚运生,孙光伟,黄晓丹. 穿山龙叶面积与生物量的相关性研究. *作物杂志*, 2008; 6: 38—40

Yao Yunsheng, Sun Guangwei, Huang Xiaodan. Correlation between leaf area and biomass in *dioscorea nipponica* makino. *Crops*, 2008; 6: 38—40

4 郑金双,曹永慧,代全林,等. 茶秆竹林叶面积指数与生物量关系的研究. *竹子研究汇刊*, 2001; 20(1): 53—57

Zheng Jinshuang, Cao Yonghui, Dai Quanlin, *et al.* A study on relationship between biomass and leaf area index of *pseudosasa amabilis*. *Journal of Bamboo Research*, 2001; 20(1): 53—57

5 郭治远,何俊洁,周济源,等. 淮北相山主要优势植物叶面积与生物量的初步研究. *安徽林业科技*, 2013; 39(3): 14—16

Guo Zhiyuan, He Junjie, Zhou Jiyuan, *et al.* Preliminary study on the leaf area and biomass of the dominant plant species in Xiangshan Mountain of Huaibei City. *Anhui Forestry Science and Technology*, 2013; 39(3): 14—16

6 马 丽,陶 佳,杜秋菊. 基于图像处理的植物叶面面积计算算法研究. *安徽农业科学*, 2011; 39(25): 15812—15814

Ma Li, Tao Jia, Du Qiuju. Study oil calculation algerthm of plant leaf area based oil image processing. *Journal of Anhui Agri*, 2011; 39(25): 15812—15814

7 刘关君,王大海,郭晓瑞,等. 植物叶面积的快速精确测定方法. *东北林业大学学报*, 2004; 32(5): 82—83

Liu Guanjun, Wang Dahai, Guo Xiaorui, *et al.* A Rapid and accurate method for determining leaf area. *Journal of Northeast Forestry University*, 2004; 32(5): 82—83

8 王力朋,何 茜,齐 涛,等. 桉树人工林生长与光合特性的季节变化. *广东林业科技*, 2011; 27(5): 63—66

Wang Lipeng, He Qian, Qi Tao, *et al.* Seasonal variations of growth and photosynthetic characteristics of eucalyptus plantation. *Guangdong Forestry Science and Technology*, 2011; 27(5): 63—66

9 张永贺,陈文惠,郭乔影,等. 桉树叶片光合色素含量高光谱估算模型. *生态学报*, 2013; 33(3): 876—887

Zhang Yonghe, Chen Wenhui, Guo Qiaoying, *et al.* Hyperspectral estimation models for photosynthetic pigment contents leave's of eucalyptus. *Acta Ecologica Sinica*, 2013; 33(3): 876—887

10 王孟本,李洪建,柴宝峰,等. 树种蒸腾作用、光合作用和蒸腾效率的比较研究. *植物生态学报*, 1999; 23(5): 43—54

Wang Mengben Li Hongjian, Chai Baofeng, *et al.* A comparison of transpiration, photosynthesis and transpiration efficiency in four tree species in the loess region. *Acta Phytocologica Sinica*, 1999; 23(5): 43—54

11 Diao Jun, Lei Xiangdong, Hong Lingxia, *et al.* Shi Qiang Single leaf area estimation models based on leaf weight of eucalyptus in southern China. *Journal of Forestry Research*, 2010; 21(1): 73—76

Response of Eucalyptus Leaf Area and Biomass to Wet and Dry Season

LI Ling-ling, LI Ming, CHENG Ru-min, CHENG Xi-ping*

(Faculty of Ecotourism in Southwest Forestry University, Kunming 650224, P. R. China)

[**Abstract**] With the function of photosynthesis respiration, leaves are vital organs. The area and biomass of leaves are important parameters involved in the physiological process in trees and directly affects the biological structure of trees. The samples of eucalyptus leaves were studied which have different ages in dry and wet season in Kunming. Image J software was used to compare and analyze leaf area and biomass in dry and wet season. The result shows that the climate has an important effect on the eucalyptus leaves' area, especially the wet season. In addition, biomass also shows obvious difference according to the change between wet season and dry season. The study can be used as theoretical reference for physiological characteristics of eucalyptus and the laws of phenology.

[**Key words**] eucalyptus leaf area biomass wet and dry season

(上接第 138 页)

NO Removal from Simulated Flue Gas by UV-irradiated Sodium Hypochlorite Solution

HAN Zhi-tao, YANG Shao-long, ZHENG De-kang, YU Jing-qi, XIA Peng-fei, SONG Yong-hui,
SONG Li-guo, YAN Zhi-jun, PAN Xin-xiang

(Marine Engineering College, Dalian Maritime University, Dalian 116026, P. R. China)

[**Abstract**] Nitric oxide (NO) removal from simulated flue gas by wet scrubbing using UV-irradiated sodium hypochlorite (UV/NaClO) was conducted in a lab-scale scrubbing reactor. Effects of UV irradiation time, free chlorine concentration and initial pH value of NaClO solution were investigated on NO oxidation efficiency. The results showed that when the UV irradiation time increased, the NO oxidation efficiency of UV/NaClO solution increased, which was significantly enhanced by UV irradiation. Under the same UV irradiation condition, the enhancing rate of NO oxidation efficiency increased with the decrease of free chlorine concentration of NaClO solution. The initial pH value of NaClO solution played an important role in removing NO. The reaction pathways of the NO removal by UV/NaClO solution were discussed preliminary.

[**Key words**] sodium hypochlorite nitric oxide wet scrubbing ultraviolet light oxidation