

林隙光照对广州市风景林林下植物分布的影响

孙东¹, 朱纯², 熊咏梅², 区余端¹, 柳泽鑫¹, 苏志尧¹

(1 华南农业大学 林学院, 广东 广州 510642; 2 广州市园林科学研究所, 广东 广州 510405)

摘要:以广州市3个地点合计3 hm²的风景林样地调查数据为基础,对林隙光照与林下植物分布的关系进行了研究.多响应置换过程(MRPP)分析揭示了林下植物与林冠开度、林下直射光、林下散射光和林下总光照4种林隙光照都密切相关($P < 0.01$).指示种分析(ISA)表明了林冠开度的指示种为15种,林下总光照的指示种为9种,林下直射光和林下散射光的指示种各5种.通过典范对应分析(CCA)也进一步说明了林冠开度、林下总光照、林下直射光和林下散射光均对林下植物分布有重要的影响.研究结果对今后研究林隙光照与林下植被分布有重要的理论意义.

关键词:城市风景林;林下植物;林隙光照;典范对应分析(CCA)

中图分类号:Q948.112.1

文献标志码:A

文章编号:1001-411X(2011)04-0063-04

Effect of Gap Light Factors on Understory Plant Species Distribution in Urban Scenic Forests of Guangzhou

SUN Dong¹, ZHU Chun², XIONG Yong-mei², OU Yu-duan¹, LIU Ze-xin¹, SU Zhi-yao¹

(1 College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2 Guangzhou Institute of Landscape Gardening, Guangzhou 510405, China)

Abstract: The relationships between gap light factors and understory plant species were investigated based on field survey data collected from three sample plots in urban scenic forests of Guangzhou, with a total area of 3 hm². Multi-response permutation procedures (MRPP) revealed that understory plant species were significantly influenced ($P < 0.01$) by four gap light factors, i. e., canopy openness, understory direct radiation, understory diffuse radiation and understory total radiation. Indicator species analysis (ISA) detected 15 species for canopy openness, 9 species for understory total radiation, and 5 species for understory direct radiation and understory diffuse radiation, respectively. Canonical correspondence analysis (CCA) also showed that canopy openness, understory direct radiation, understory diffuse radiation, as well as understory total radiation, had significant effects on understory plant species. Findings from this study have implications for future research on patterns of understory plant species in response to gap light factors.

Key words: urban scenic forest; understory plant species; gap light factors; canonical correspondence analysis (CCA)

林冠是由森林上部郁闭的枝叶和层内空气所组成的,是某一范围内所有树冠(包括枝叶)的集合体.林冠结构(Canopy structure)是指地上植物部分在时空里的组织结构^[1-3].冠层结构和林冠造成的林下光

环境对于树木的生长和更新有着重要的作用和意义^[4-6].光照因子是生态因子的重要组成部分,也是林下植物的主要限制因子之一,因此会对林下植物的分布造成很大的影响,其中很多林下植物对光产

收稿日期:2011-03-31

作者简介:孙东(1984—),男,硕士研究生;通信作者:苏志尧(1963—),男,教授,博士,E-mail: zysu@scau.edu.cn

基金项目:广东省科技计划项目(2008B021500004);广州市科技计划项目(2009Z1-E571)

生的生理特征表现得也不一样,也可以说物种对光的耐性决定了该地区的植物类型分布和结构^[7].而林下植物是森林群落的一部分,在维持森林物种多样性和揭示植被演替特征等方面具有不可忽视的作用^[8,9].因此,以广州市风景林 3 hm²样地调查数据为研究基础,再由不同的林隙光照因子出发,对其林下植被结构及组成进行深入分析,旨在探讨林下植物对不同林隙光照的响应和揭示不同的林隙光照与林下植物分布的关系,分析了林下植被对林隙光照的指示作用,明确了不同林隙光照的指示种,对于森林的林下植被恢复研究有重要的理论意义.

1 材料与方 法

1.1 研究区域概况

选取广州市 3 处森林公园进行研究,分别是帽峰山森林公园、莲塘风水林和白云山风景名胜区.帽峰山森林公园位于广州市白云区太和镇、良田镇和沙田农场的交界(23°16'9"~23°19'26"N,113°22'5"~113°29'32"E),距广州市区 25 km,总面积约为 5 362 hm²,亚热带湿润季风气候,年平均气温 21 ℃,年平均降水量约 1 700 mm^[10-11].

莲塘风水林位于广州市白云区九佛镇莲塘村村后(23°07'03"~23°25'53"N,113°08'36"~113°34'52"E),面积约 6 hm².该区地处白云山山麓,为南亚热带海洋季风气候,年平均降雨量 1 655 mm^[12].

白云山是广州东北部著名的风景区(23°09'~23°13'N,113°16'~113°19'E).白云山风景区属丘陵地貌,山体呈东北-西南走向,最高海拔 382 m,整个白云山风景名胜区面积 2 800 hm².地带性土壤为赤红壤,土壤呈强酸性.气候属于南亚热带季风海洋性气候,温暖湿润,雨热同期.年均气温为 21.7 ℃,年平均降水量 1 689~1 876 mm^[13].

1.2 样地设计与调查

在 3 个森林公园各设置 1 hm²的样地,分别划分成 100 个 10 m×10 m 的样方,共 3 hm².再在每个样方的中间和四角分别选取 1 个 2 m×2 m 的小样方(共 5 个),详细记录各小样方内草本、灌木、乔木幼树(胸径≤3 cm)的种类、数量、盖度、平均高度等.

选用数码相机(型号为 Nikon 4500)外接 Nikon FC-E8 鱼镜头在每个 10 m×10 m 的样方中心点获取一张冠层影像,拍摄时利用三脚架把相机支撑于离地面 1.3~1.6 m 处并且放置于水平位置.

1.3 数据统计与分析

把每个样方拍摄到的冠层影像,采用 GLA(Gap light analyzer)软件进行分析,得出林冠开度、林下直

射光、林下散射光和总光照等林隙光照因子.

地表植被物种组成与林隙光照因子间的差异性采用多响应置换过程(Multi-response permutation procedures, MRPP)分析方法进行检验.该方法是一种用于 2 个或多个样本差异性分析的非参数检验方法,并不要求数据正态分布和方差齐性. MRPP 不仅能提供检验统计量 T (Test statistic),还有一致性统计量 A (Agreement statistic)和 P 值(P -value). T 是描述组间分离的检验统计量, T 负得越多,组间分离越强. A 是与随机预测值相比较,描述组内同质性的一致性统计量^[14].

指示种分析(Indicator species analysis, ISA)可检验组间无多元差异,描述每个物种组间的分离情况^[14].

通过典范对应分析(Canonical correspondence analysis, CCA)对物种与环境因子的关系进行排序,用蒙特卡罗(Monte Carlo)检验度量各个环境变量与物种之间关系是否显著^[15].

使用软件 PC-ORD 5.0 完成 MRPP 及 ISA 指标的分析,使用 Canoco for windows 4.5 进行典范对应分析.

2 结果与分析

2.1 各林隙光照因子不同分组的物种组成的差异

MRPP 分析结果(表 1)表明, T 较大的林下直射光与林下散射光分组界限不明显,林下总光照处于中间值,林冠开度则分组界限最为明显.从 A 来看,林冠开度的组内一致性最高,林下总光照次之,林下直射光及林下散射光最低.4 种因子的 P 均小于 0.01,说明 4 种林隙光照因子对林下植物的分布都具有极显著差异性.

表 1 林下植物与林隙光照因子变量的多响应置换过程(MRPP)分析

Tab. 1 Multi-response permutation procedures (MRPP) of understory plant species and gap light factors

林隙光照因子	T	A	P
林冠开度	-9.98	0.023	0.000 0
林下直射光	-5.33	0.013	0.000 3
林下散射光	-5.33	0.013	0.000 3
林下总光照	-8.67	0.020	0.000 0

2.2 各林隙光照因子的指示种

视指示值 ≥ 45 且 $P \leq 0.01$ 的物种为林隙光照因子的指示种(表 2~5).指示种分析表明,林冠开度的指示种为 15 种,其中:草本 4 种,为淡竹叶 *Lophatherum gracile*、扇叶铁线蕨 *Adiantum flabellula*

tom、黄独 *Dioscorea bulbifera*; 木本 9 种, 为玉叶金花 *Mussaenda pubescens*、小盘木 *Microdesmis caseariifolia*、鲫鱼胆 *Maesa perularius*、小罗伞 *Ardisia lindleyana*、斑叶朱砂根 *Ardisia punctata*、草珊瑚 *Sarcandra glabra*、银柴 *Aporosa dioica*、黄毛五月茶 *Antidesma fordii*、黄果厚壳桂 *Cryptocarya concinna*; 藤本 1 种, 为角花乌荑莓 *Cayratia corniculata*; 蕨类 1 种, 为有柄三叉蕨 *Tectaria decurrens*; 禾本科 1 种, 为弓果黍 *Cyrtococcum patens*. 林下直射光与林下散射光的指示种均为 5 种, 即阴香 *Cinnamomum burmanii*、鬼灯笼 *Clerodendrum fortunatum*、银柴、淡竹叶和草珊瑚. 林下总光照的指示种为 9 种, 即阴香、剑叶鳞始蕨 *Lindsaea ensifolia*、鲫鱼胆、草珊瑚、扇叶铁线蕨、银柴、斑叶朱砂根、梅叶冬青 *Ilex asprella*、鬼灯笼 *Clerodendrum fortunatum*. 其中银柴和草珊瑚为 4 种林隙光照因子的共有指示种.

表 2 林冠开度的指示种分析¹⁾

Tab.2 Indicator species analysis (ISA) of canopy openness

物种	最大指示值组	指示值(IV)	P
弓果黍	3	68.0	0.000 2
扇叶铁线蕨	3	63.3	0.000 2
玉叶金花	3	60.7	0.000 2
淡竹叶	3	58.2	0.002 0
小盘木	1	57.7	0.000 2
鲫鱼胆	3	56.1	0.000 2
小罗伞	1	56.1	0.000 8
斑叶朱砂根	3	52.5	0.000 8
角花乌荑莓	3	51.5	0.000 2
有柄三叉蕨	1	50.8	0.001 0
草珊瑚	3	50.8	0.002 2
银柴	3	50.6	0.005 6
黄独	3	49.9	0.000 4
黄毛五月茶	1	47.9	0.001 0
黄果厚壳桂	1	46.5	0.002 8

1) P 是取自 4 999 次随机检验(蒙特卡罗检验).

表 3 林下直射光的指示种分析¹⁾

Tab.3 Indicator species analysis (ISA) of understory direct radiation

物种	最大指示值组	指示值(IV)	P
阴香	3	88.9	0.000 4
鬼灯笼	3	69.1	0.004 6
银柴	3	69.2	0.005 4
淡竹叶	3	69.3	0.009 2
草珊瑚	3	67.1	0.009 2

1) P 是取自 4 999 次随机检验(蒙特卡罗检验).

表 4 林下散射光的指示种分析¹⁾

Tab.4 Indicator species analysis (ISA) of understory diffuse radiation

物种	最大指示值组	指示值(IV)	P
阴香	3	88.9	0.000 2
银柴	3	69.2	0.005 4
鬼灯笼	3	69.1	0.007 6
淡竹叶	3	69.3	0.008 0
草珊瑚	3	67.1	0.008 0

1) P 是取自 4 999 次随机检验(蒙特卡罗检验).

表 5 林下总光照的指示种分析¹⁾

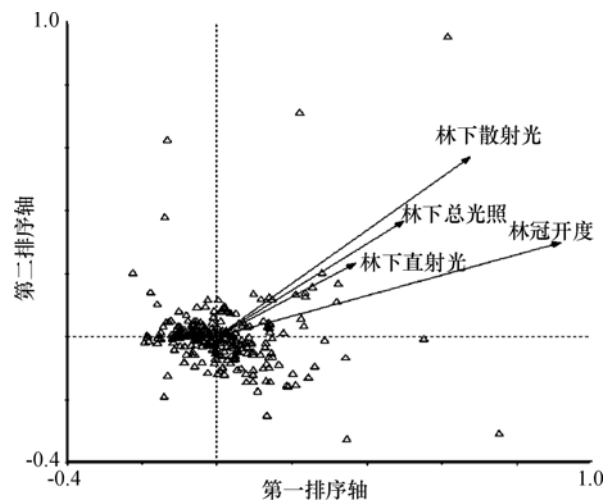
Tab.5 Indicator species analysis (ISA) of understory total radiation

物种	最大指示值组	指示值(IV)	P
阴香	3	71.5	0.000 2
剑叶鳞始蕨	3	64.7	0.000 4
鲫鱼胆	3	66.1	0.000 4
草珊瑚	3	72.3	0.000 4
扇叶铁线蕨	3	64.6	0.001 4
银柴	3	68.5	0.002 2
斑叶朱砂根	3	57.1	0.002 2
梅叶冬青	3	48.7	0.004 2
鬼灯笼	3	51.9	0.006 4

1) P 是取自 4 999 次随机检验(蒙特卡罗检验).

2.3 物种分布与林隙光照因子相关性的典范对应分析

上述 MRPP 和 ISA 得到的结果说明了林隙光照因子对物种的分布有显著的影响, 因此进一步用排序的方法对物种的分布进行分析. 以调查所获得的林下植物种类组成及环境因子构成数据矩阵, 应用典范对应分析(CCA)方法, 输出 CCA 二维排序图(图 1). 环境因子的排序轴特征值分别为 0.204、



△: 林下植物物种.

图 1 林下植被与林隙光照因子的 CCA 排序

Fig.1 CCA ordination for understory plant species and gap light factors

0.046、0.032 和 0.678;4 种林隙光照均与第一排序轴的相关性较强,其中林冠开度的相关性最强. 4 种因子与第一排序轴的夹角均小于与第二轴的夹角,因此表明各物种的多度在林隙光照因子梯度上的变化趋势在第一排序轴表现出来. 林隙光照强的地方,林下植物的相对多度较高,林冠开度、林下直射光、林下散射光和林下总光照对广州市林下植物物种分布有较强的影响.

3 讨论与结论

林隙光照因为有林冠的变化,所以光的组成和变化也更加复杂^[16-17],因此也影响到了土壤的有机物质分解及代谢和植物的光合作用等,进而影响到了土壤的肥力及林下植物的发育和生长,以及物种的分布及结构. 相关研究表明,林隙光照是影响物种生长及发育的最主要因素之一^[18-19].

目前,国内关于光环境因子对林下植被的研究还很少,大部分都是从光环境因子单方面进行分析,或者是从森林群落方面进行分析^[1,6]. 因此,本文在着重研究了光环境因子与林下植被之间的关系,并确定了林隙光照的指示种. 从结果中可以看出,林冠开度、林下直射光、林下散射光和林下总光照 4 种林隙光照因子对林下植物的分布具有明显的指示作用,且对该地区植物群落与分布有着重要影响,它们的相对增加会有利于林下植物的多样性及其分布区域最大化. MRPP 与 ISA 的结合,很好地揭示了植物分布与林隙光照的相互关系,以及植物对林隙光照的指示作用. 林冠开度的指示种达到 15 种,其中木本占有 9 种,草本为 4 种,林下总光照的指示种也有 9 种,其中 7 种为木本,2 种为草本,说明了林冠开度和林下总光照对木本植物具有的影响是最大的,如阴香、银柴等,其中弓果黍喜温暖湿润气候,耐阴性极强,因此对林冠开度较小的指示值组具有很好的指示作用,阴香喜阳光,因此对林下总光照较大的指示值组有较好的指示作用. CCA 排序也进一步说明了 4 种光影响因子对林下植物分布的重要性,尤其是林冠开度对于林下植被分布影响最强,对今后研究森林的林下植被恢复有重要的理论意义.

参考文献:

[1] 陈厦,桑卫国. 暖温带地区 3 种森林群落叶面积指数和林冠开度度的季节动态[J]. 植物生态学报,2007,31(3):431-436.

[2] 黎孟昭. 基于半球面影像技术的冠层分析方法比较研究[D]. 广州:华南农业大学林学院,2009.

[3] PETERSON D W, REICH P B. Fire frequency and tree canopy structure influence plant species diversity in a forest-grassland ecotone[J]. *Plant Ecology*, 2008, 194: 5-16.

[4] BELLOW J G, NAIR P K R. Comparing common methods for assessing understory light availability in shaded- perennial agroforestry systems[J]. *Agriculture and Forest Meteorology*, 2003, 114(3/4):197-211.

[5] ZHU J J, MATSUZAKI T, GONDA Y. Optical stratification porosity as a measure of vertical canopy structure in a Japanese coastal forest[J]. *Forest Ecology and Management*, 2003, 173:89-104.

[6] 陈高,代力民,周莉. 受干扰长白山阔叶红松林林分组成及冠层结构特征[J]. *生态学杂志*,2004, 23(5): 116-120.

[7] KERNS B K, THIES W G, NIWA C G. Season and severity of prescribed burn in ponderosa pine forests: Implications for understory native and exotic plants [J]. *Ecoscience*, 2006, 13: 44-55.

[8] KLINKA K, CHEN HAN Y H, WANG Qing-li, et al. Forest canopies and their influence on understory vegetation in early-seral stands on West Vancouver Island [J]. *Northwest Science*, 1996, 70:193-200.

[9] 区余端,王华南,张璐,等. 南岭国家级自然保护区林下植物分布的地形相关性[J]. *武汉植物学研究*,2009, 27(1): 41-46.

[10] 张璐,林伟强,陈北光,等. 广州帽峰山次生林群落结构特征[J]. *华南农业大学学报:自然科学版*,2003, 24(3): 53-56.

[11] 肖以华,陈步峰,潘勇军,等,广州帽峰山常绿阔叶林森林生态系统水文环境效应[J]. *东北林业大学学报*, 2010,38(3):78-81.

[12] 廖宇红,陈传国,陈红跃,等. 广州市莲塘村风水林群落特征及植物多样性[J]. *生态环境*,2008, 17(2):812-817.

[13] 尹爱国,苏志尧,陈北光,等. 广州白云山常绿阔叶林区系成分分析[J]. *华南农业大学学报*,2002, 23(4):45-48.

[14] McCUNE B, MEFFORD M J. PC-ORD Multivariate Analysis of Ecological Data; Version 4.0[M]. 5th ed. Glenden Beach, Oregon, USA: MjM Software Design, 1999: 184-209.

[15] LEPS J, SMILAUER P. Multivariate Analysis of Ecological Data Using CANOCO[M]. New York:Cambridge University Press, 2003:149-167.

[16] 李焯,褚国英. 林下光环境研究进展及其对经济植物生长的影响[J]. *山东林业科技*,2009, 2:131-133.

[17] 于海业,张蕾. 人参生长光环境研究进展[J]. *生态环境*,2006, 15(5):1101-1105.

[18] MIYAJIMA Y, TAKAHASHI K. Changes with altitude of the stand structure of temperate forests on Mount Norikura, central Japan [J]. *The Japanese Forest Society*, 2007, 12:187-192.

[19] 王荣,郭志华,木荷幼苗对常绿阔叶林不同光环境的光合响应[J]. *林业科学研究*. 2007, 20(5):688-693.