

西双版纳雨季次生林林窗定居种冠面温度特征^{*}

王进欣,张一平^{*},刘玉洪,马友鑫,李佑荣

(中国科学院西双版纳热带植物园,云南 昆明 650223)

摘 要:利用西双版纳雨季(7 月)次生林林窗叶表温的观测资料,探讨了林窗内定居种冠层温度的时空变化特征。结果表明,因林窗不同区域所接受太阳辐射的差异,加之林缘热力效应的综合作用,使得林窗定居种冠面在不同时段其最大热力作用区域是各异的;林窗各测点与中央的叶表温差区域分异显著,特别是中午的分异最为明显。植株叶表温度与气温平衡在 25.8 附近,但因受日照、林缘树木的综合影响,不同方位达平衡的时刻不同:林窗南侧边缘叶表温与气温整天基本处于平衡状态,下午 16 时后受阴天和树冠荫蔽的影响,各测点叶表温与气温均处于平衡状态;在晴好天气状况及不受荫蔽状况下,叶表温高于气温,波动范围为 0~3;15 时雨后初晴,叶面蒸发耗热,叶表温低于气温。这种“峰值动态位移现象”可能会影响不同时期物种的入侵、定居、繁殖,进而影响林窗物种的组成。

关键词:热带次生林;林窗;定居种;雨季;叶表温特征

中图分类号:S718

文献标识码:A

文章编号:1000-2006(2002)01-0078-05

The Leaf Temperature Characteristics of Colonists of the Secondary Forest Gap in the Rain Season in Xishuangbanna

WANG Jin-xin, ZHANG Yi-ping, LIU Yu-hong, MA You-xin, LI You-rong

(Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, CAS, Kunming 650223, China)

Abstract: Based on observation data of leaf temperature in secondary forest gap in rain season (July 1999) of Xishuangbanna, temporal and spatial variations of colonists' canopy surface temperature were discussed. The results indicated that: influenced by the solar radiation and thermal effect of forest edge, the maximum thermal active area of colonists' canopy surface was different in different period of time. The leaf temperature difference between observation sites and the center of the gap were significant, especially at the noon. When the air temperature was 25.8, the leaf temperature was equal to air temperature, however, the emergent time of balance temperature was different in various azimuth and south edge of gap kept balance status in the whole day, due to effects of sunlight and trees at the edge of gap. Influenced by overcast and shade effect of trees, leaf temperature was equal to air temperature on observation sites after 16 00 p. m. Whereas in clear day and no shade effect, leaf temperature was higher than air temperature, with the difference ranging between 0 to 3. At the time 15 00 p. m. when the rain stopped and the sun appeared, leaf temperature was lower than air temperature because of leaf surface vaporizing water and consuming heat. This maximum displayed dynamic displacement may have a profound effect on species invading, colonizing and reproducing, further on species composing within the gap.

Key words: The tropical secondary forest; Forest gap; Colonists; Rain season; The characteristic of leaf tem-

^{*} 收稿日期:2000-10-13 修回日期:2001-07-20

基金项目:云南省自然科学基金资助项目(98C098M),中国科学院“九五”重大项目(KZ951-A1-104-01),中国科学院“院长基金”和人事部“非教育系统留学回国人员科技活动择优资助经费”资助项目

作者简介:王进欣(1971-),男,河北廊坊人,现为徐州师范大学教师,硕士。

^{*}通信作者(Corresponding Author)

perature

在森林动态及演替过程中,温度是影响热带雨林植物生长生存的众多环境因子中最常遇到的因子,影响着林窗及周边各生物学过程的变化^[1~5],对林窗的更新起着重要作用。植物的生理活动、生化反应必须在一定的温度条件下完成,由于叶表温与植物的光合、呼吸、蒸腾及极端温度对植物的作用等有直接关系,所以用叶表温度表示植物的温度状况更为客观;另一方面,对林窗定居种叶表温特征的研究有助于理解林窗小气候和群落变化规律,对深入研究林窗演替更新机制是必不可少的。J. H. Connell 认为林窗定居种(Colonists of forest gap)来源有(1)外界扩散:包括种子雨(Seed rain),动物传播,风传播等;(2)潜伏状态种:包括埋藏种(Buried seeds)如种子库(Seed bank),幼苗(Seedlings)、幼苗库(Seedling bank)),残缺状态树(Damaged trees)等。同时指出不同来源的林窗定居种所对应的过程及干扰强度是不同的^[6]。笔者根据 1999 年 7 月 20~27 日在西双版纳地区次生林林窗小气候观测资料,对林窗定居种冠面温度(叶表温度)特征进行分析,旨在为探讨林窗小气候形成机制及其对林窗生物多样性的影响等提供科学依据。

1 研究方法

研究样地及所选择的林窗情况见文献[7,8]。

1998 年 12 月对林窗内的植物进行了清伐。1999 年 5 月随雨季到来,潜伏状态植物(埋藏种、幼苗、幼树、残缺状态树)及周围群落植物扩散种子开始萌发,到 7 月份,植株平均高 1.2 m。

林窗中沿南-北、东北-西南、东-西、东南-西北设置 4 条观测样线,每条样线设 7 个观测点,考虑林窗边缘效应的作用,观测点为不等距分布,分别位于林窗中央、林窗边缘树冠冠缘垂直投影处,林缘乔木根基处、林内,使用红外辐射温度计(COMPAC3,日本国 Minolta 株式会社),于 1999 年 7 月 20~27 日进行了昼间(8~20 时)叶表温度观测,每测点读取 3 次,求平均值。同时正点时观测各测点 1.5 m 处气温。观测期间午后时有阵雨,持续时间约 30 min,具典型的热带天气特征。

2 结果与分析

2.1 林窗中央、林缘、林内定居种冠面温度对比

通过对林窗植物叶表温度的观测、分析,发现林窗中央及林内叶表温时间变化趋势为单峰型,上午 8 时以后太阳虽已升起,但因受雾的影响,太阳辐射较弱,叶表温变化较平缓,温度值较低;10~12 时雾消散后,受太阳辐射影响,叶表温迅速升高,12 时达峰值(28.1) ;其后降温过程开始,因午后受阵雨影响,于 13 时、15 时出现暂时性谷值。林窗各测点的叶表温时间变化趋势与中央相似(图 1),但由于各

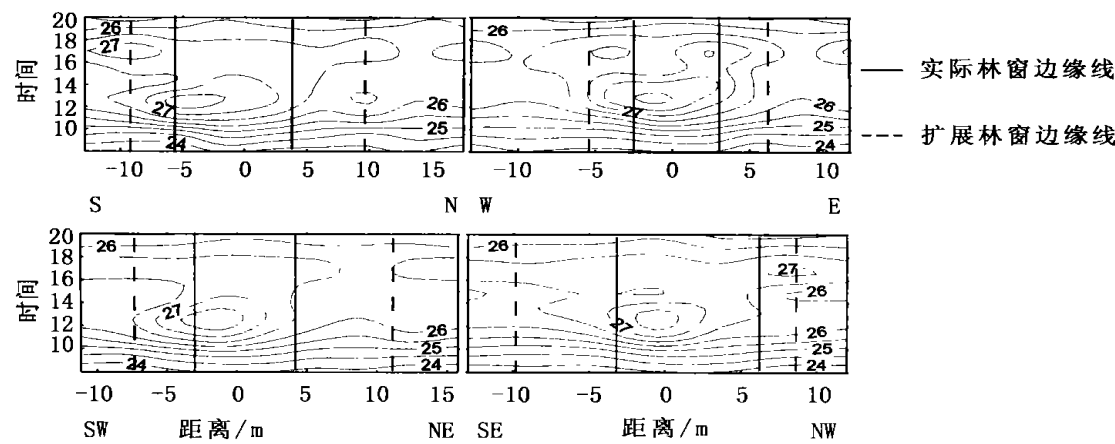


图 1 次生林林窗昼间叶表温时空变化

Fig. 1 The temporal-spatial variation of the leaf temperature of different sites in the day-time
方位受太阳辐射的影响不同,造成各测点叶表温变化趋势的峰值及出现时间不尽相同,在实际林窗西南

侧边缘、西侧、东侧的叶表温变化较大。

2.2 林窗各测点与中央的叶表温度差异特征

一般来说,林窗各测点与中央的叶表温度差异上午(8~11 时)较小($T_s \leq 1.0$),下午(16~20 时)次之,午间(12~15 时)差值最大(表 1),西侧、东测实际林窗边缘甚至可达 2.8 (西侧,13 时),2.3 (东侧,17 时)。另外,林窗各测点与中央的叶表温差区域分异显著,特别是中午的分异最为明显。这可

表 1 次生林雨季林窗不同位置与林窗中央定居种冠面温差的时空变化

Table 1 Temporal-spatial variation of difference to the colonists surface temperature between different site and the center in the secondary forest gap in rain season

测点	时 间												
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
N1	0.8	0.2	1.3	0.3	- 2.0	2.5	0.2	0.3	0.3	- 0.1	0.2	- 0.1	- 0.3
E1	0.5	0.4	- 0.5	- 0.7	- 4.4	1.2	- 0.2	0.2	- 0.1	0.2	- 0.1	- 0.1	- 0.2
S1	0.4	0.7	- 0.2	- 0.3	- 5.1	- 0.2	0.4	1.0	0.6	0.6	0.1	- 0.4	- 0.8
W1	0.3	0.2	- 0.2	- 0.5	- 4.3	- 0.3	- 0.6	0.5	- 0.6	0.4	0.1	- 0.2	- 0.6
NE1	0.3	0.8	- 0.4	- 0.4	- 3.4	5.1	2.2	1.2	0.4	1.0	0.3	0.1	- 0.2
SE1	0.7	0.1	0.0	- 0.3	- 5.3	0.5	1.0	0.7	0.4	0.1	- 0.3	- 0.5	- 0.8
SW1	0.3	0.4	1.0	3.6	- 4.9	- 0.7	- 0.3	0.3	- 0.2	0.2	0.2	- 0.4	- 1.0
NW1	0.6	0.4	0.3	0.1	0.1	- 0.4	- 0.1	0.4	- 0.2	0.1	0.4	0.1	- 0.2
N2	0.7	1.2	0.2	- 0.5	- 5.4	- 0.3	- 0.3	0.0	1.3	0.2	0.5	0.5	0.5
E2	0.6	0.4	- 0.7	- 0.8	- 5.4	0.8	2.9	1.2	0.8	0.5	0.3	0.0	- 0.2
S2	0.5	0.4	- 0.4	- 0.7	- 6.1	- 1.4	0.1	0.5	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0
W2	0.4	0.2	- 0.6	1.6	- 5.0	- 0.4	0.2	0.7	0.9	0.8	0.8	0.3	- 0.3
NE2	0.6	0.3	- 0.3	- 1.0	- 5.7	- 0.2	1.7	1.4	0.9	0.7	0.2	- 0.4	- 1.1
SE2	- 0.1	0.4	- 0.1	- 0.9	- 5.6	- 0.1	- 0.3	- 0.8	0.1	- 0.2	0.2	0.0	- 0.2
SW2	0.4	0.4	- 0.5	- 0.7	- 6.3	- 0.4	- 0.2	0.4	- 0.3	- 0.1	0.1	- 0.4	- 0.9
NW2	0.3	0.4	4.9	- 0.2	- 4.7	- 0.8	- 0.5	0.4	- 0.1	0.3	0.3	0.0	- 0.3
IN	0.1	0.7	- 0.3	- 0.8	- 5.4	0.2	0.7	0.9	0.6	0.4	0.2	- 0.2	- 0.6

能是由于西双版纳地区,在雨季上午仍有较浓的雾,在 10 时前后才消退,所以只有在中午,林窗偏东侧和西侧因受日照、加之林缘树木的综合影响,导致叶表温较高;与之相反,其他测点受方位影响,中午和下午仍处于荫蔽之中,叶表温度低于林窗中央($T_s < 0$)。已有研究表明林窗环境的异质性在维持森林物种多样性方面扮演着重要的角色^[6],林窗植物叶表温度的如此差异,势必导致林窗微环境的变异性,为植物的侵入、定居提供了许多潜在的生态位。

2.3 林窗各测点叶-气温差局地差异特征

植株叶表温与气温的平衡点在气温 25.8 附近,但受日照、林缘树木的综合影响,不同方位达平衡点的时刻不同(图 2)。林窗东侧边缘(E1、E2)、东北侧边缘(NE1、NE2)、西侧边缘(W1、W2)、南侧边缘(S1、S2)于 11 时左右达平衡,其后叶-气温差由正值转为负值;而林窗中央(C)、林窗北侧边缘(N1、N2)、于午后 14 方达平衡;林窗南侧边缘整天叶表温与气温基本处于平衡状态。午后 16 时受树冠荫蔽的影响,各测点叶表温与气温均处于平衡状态,在天气晴好状况及不受荫蔽状况下,叶温高于气温,波动范围为 0~3,午后 15 时雨过天晴,叶面蒸发耗热,叶温低于气温(图 3)。

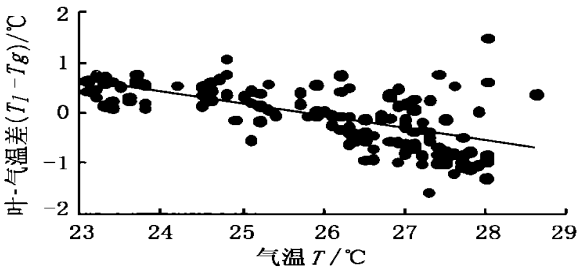


图 2 叶-气温差与气温的相关
Fig. 2 Correlative condition between leaf-air difference in temperature and air temperature

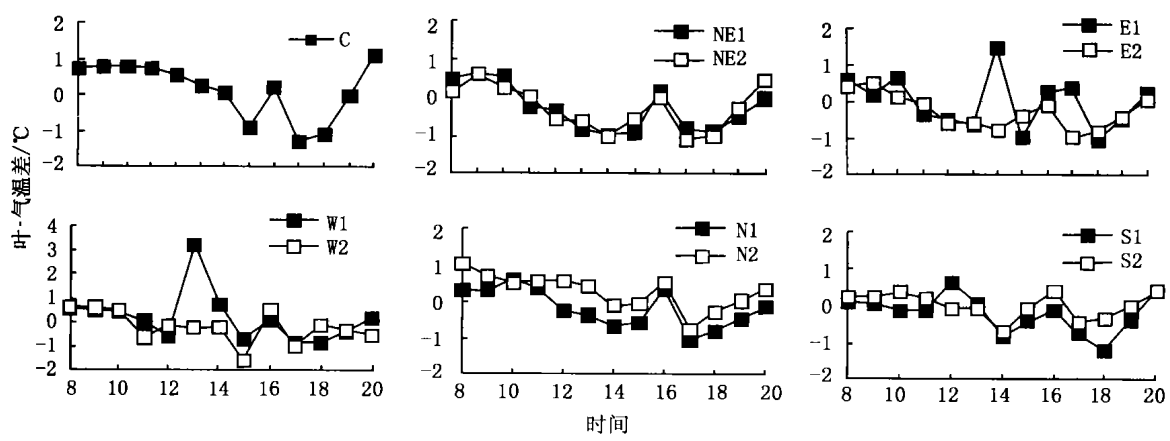


图 3 雨季次生林林窗不同方位叶-气温差时间变化

Fig. 3 Temporal variation of leaf-air difference in temperature ($T_l - T_g$) ($^{\circ}\text{C}$) of the gap in secondary forest on 8-azimuth in rain season

2.4 定居种叶表温时空态势

分别统计了各测点上午(8~11 时)、中午(12~15 时)和下午(16~20 时)的平均叶表温,其水平分布特征如图 4 所示。可见:上午由于大雾笼罩,没有直接辐射,林窗区的叶表温略高于林内,林窗中心的平均叶表温度为最高(25.2 $^{\circ}\text{C}$),叶表温水平梯度变化不明显;由于 10 时后雾散日出,中午受太阳辐射影响,林窗内各测点叶表温度均迅速上升;并且随着太阳的升高,太阳直接辐射主要集中在实际林窗区域,使得林窗西侧林缘增温最为突出,造成叶表温高值区由林窗中心区向西南侧林缘移动(27.3 $^{\circ}\text{C}$);同时叶表温的水平梯度趋于明显。下午由于太阳偏西,辐射受树木遮蔽,林窗内的日照减少,叶表温降低,叶表温均值的最大区域又回到林窗中央,且水平梯度变化也趋于和缓。林窗热区分布及其动态变化使得林窗小气候环境更富于变化,林窗小气候环境空间上的异质性和时间上的动态变化,可以满足不同特性物种的生长与更新生活史过程的需要。

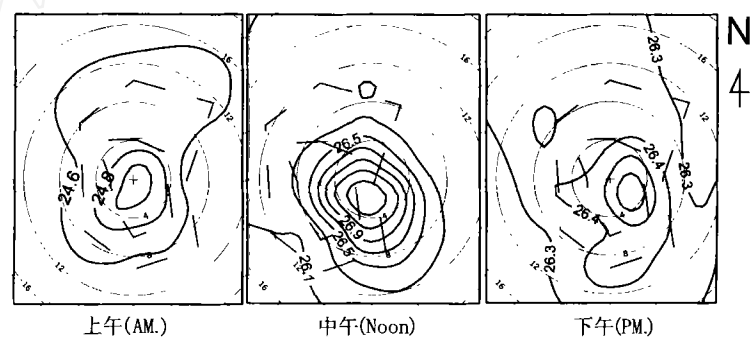


图 4 次生林林窗叶表温度时空动态变化

Fig. 4 Temporal and spatial variation of leaf surface temperature in secondary forest gap

3 结 语

在昼间气-叶温差出现正负交替,上午叶表温低于气温,中午、下午则出现叶表温高于气温;叶表温与气温平衡在 25.6 $^{\circ}\text{C}$ 左右,但受日照、林缘树木的综合影响,不同方位达平衡的时刻不同,林窗中央(C)、林窗北侧扩展林窗边缘(N2)在下午 14 时达平衡,其余测点基本上在 11 时前后达平衡。

对于“叶片等值点温度”(Equivalence point temperature)^[9],目前尚无定论^[10],笔者所得 25.8 $^{\circ}\text{C}$ 的结论与 Idso (1988)所指出的在暖湿季节叶-气温差由正值转变为负值(叶片相同点温度)发生在气温 28.3 $^{\circ}\text{C}$ 的结果基本相近,但还有待于进一步深入研究。

在西双版纳雨季,林窗内植物冠面表温在不同时段其最高值区域是不同的(上午和下午处于林窗中央(分别为 25.2 $^{\circ}\text{C}$ 、26.5 $^{\circ}\text{C}$),而中午则在林窗西南侧林缘处(其值为 27.3 $^{\circ}\text{C}$)).造成林窗区域的小气

候要素分布存在时间差异和空间上的不对称性。本研究未进行林窗微地貌和土壤特点小尺度变化的研究,但 Lutz H. J. (1940), Troedsson T., Lyford W. H. (1973), Stone E. L. (1975) 等人研究认为与土坑相比同一林分内根盘及根盘堆土壤的有机质、有效氮、钙、阳离子交换量、干树叶厚度、腐殖质层厚度等指标相对较低^[11~13]。Denslow (1998) 研究认为林窗对土壤 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 库的影响与林窗大小呈正相关,并且林窗中土壤 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 高于林内,而细根生物量林窗低于林内^[14];林窗的异质程度对植物生活史特征有决定性影响,本研究所得到的林窗小气候要素“峰值动态位移现象”可能会影响不同时期物种的入侵、定居、繁殖,进而影响林窗物种的组成。已有许多研究表明,热带地区种子的散布具有季节性^[15,16],唐勇 (1996) 通过对白背桐样地种子雨数量动态的研究发现,种子雨的高峰常常出现在干季,如此看来林窗环境的异质化是否存在对种子萌发的选择作用^[17]。物种在形态上和生理上作何响应,并采取何种生长对策(优势层(上层)树种生长对策、幼苗及幼树生长对策、种子对策)都是今后值得研究的问题,本研究结果可提供研究基础。

无论是从林窗中心到扩展林窗边缘,还是从林地作用层到林冠作用层,林窗生境都是相当异质的。由树根、树干、树冠所引起的空间异质性(光、温度、湿度、土壤矿质元素、土壤理化性质等的差异)可创造一定数量的潜在生态位^[18,19],但限于时间、人力、物力本论文不可能涉及所有方位及层次,仅重点对林地作用层不同方位小气候时空分布特征作了较为详尽的研究,作者曾对林窗内由林地作用层到林冠作用层环境异质性的开展过探索性研究,并认为林窗区域除已知的林冠面、林内地面和林窗地面3个热力作用面之外,还存在第4个热力作用面——林缘树干表面^[7],所有这些对于深入研究林窗环境异质性,把握和阐明林窗边缘生物的生长、发育及分布以及林窗的更新机制都是十分重要的,可为建立林窗模型和森林恢复提供理论基础。这将是今后主要研究的内容之一。

致 谢:本研究得到了中国生态系统研究网络西双版纳热带森林生态站的大力支持。

[参 考 文 献]

- [1] Augspurger C K. Light requirements of neo-tropical tree seeding: a comparative study of growth and survival[J]. *Journal of Ecology*, 1984, 72: 777 - 795.
- [2] Canham C D. Growth and canopy architecture of shade-tolerant tree: Response to canopy gaps[J]. *Ecology*, 1988, 69(3): 786 - 795.
- [3] Lawton R O & Putz F E. Natural disturbance and gap-phase regeneration in a wind-exposed tropical lower mountain rain forest[J]. *Ecology*, 1988, 69: 764 - 777.
- [4] Popma J, Bongers F. Pioneer species distribution in tree-fall gaps in neo-tropical rain forest: a gap definition and its consequences[J]. *Journal of Tropical Ecology*, 1988, 4: 77 - 88.
- [5] Brown N. The implications of climates and gap microclimate for seeding growth condition in a Bornean lowland rain forest[J]. *Journal of Tropical Ecology*, 1993, 9: 153 - 168.
- [6] Connell J H. Some processes affecting the species composition in forest gaps[J]. *Ecology*, 1989, 70: 560 - 562.
- [7] 张一平, 王进欣, 马友鑫, 等. 热带次生林林窗边缘树干表面温度时空分布特征[J]. *南京林业大学学报*, 1999, 23(6): 23 - 28.
- [8] 张一平, 刘玉洪, 马友鑫, 等. 西双版纳热带次生林林窗干热季气温分布特征的初步分析[J]. *植物资源与环境*, 1999, 8(2): 7 - 12.
- [9] 冯秀藻, 陶炳炎. 农业气象学原理[M]. 北京: 气象出版社, 1991.
- [10] 祖元刚. 能量生态学[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1990: 120 - 121.
- [11] Lutz H J. Disturbance of forest soil resulting from the up-rooting of trees[R]. *Yale University School of Forestry Bulletin*, 1940: 45.
- [12] Troedsson T, Lyford W H. Biological disturbance and small-scale spatial variations in a forested soil near Gerpenberg[Z]. Sweden: *Studia Forestalia Suecica Number*, 1973: 109.
- [13] Stone E L. Wind throw influence on spatial heterogeneity in a forest soil[J]. *Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt fur das Forestliche Versuchswesen*, 1975, 51: 77 - 87.
- [14] Denslow J S, Ellison A M, Sanford R E. Tree-fall gap size effects on above- and below-ground processes in a tropical wet forest[J]. *Journal of Ecology*, 1998, 86: 597 - 609.
- [15] Putz F E. Buried seeds newly dispersed seeds and the dynamics of a low-land forest in Malaysia[J]. *Biotropica*, 1987, 19(4): 326 - 333.
- [16] Whitmore T C. Secondary succession from seed in tropical rain forest[J]. *Forest Abstracts*, 1983, 44(12): 767 - 780.
- [17] 唐 勇. 西双版纳热带森林土壤种库和种子雨的研究[D]. 昆明: 中国科学院西双版纳热带植物园, 1996.
- [18] Connell J H. Diversity in tropical rain forest and coral reefs[J]. *Science*, 1978, 199: 1302 - 1310.
- [19] Denslow J S. Tropical rain forest gaps and tree species diversity[J]. *Ann Rev Ecol Syst*, 1987, 18: 431 - 451.

(责任编辑 郑琰焱)