

热带季节雨林林窗不同热力作用面的热力特征

张一平, 窦军霞, 马友鑫, 刘玉洪, 王进欣
(中国科学院西双版纳热带植物园, 中国云南 昆明 650223)

[摘 要] 利用热带季节雨林林窗区域小气候要素的观测资料, 探讨了昼间林窗区域不同热力作用面的热力特征. 在西双版纳雾凉季, 热带季节雨林与次生林相似, 其林窗边缘壁面具有不可忽视的热力作用, 是林窗区域除林冠面、林窗地表面和林内地表面之外的新的热力作用面. 由于林窗边缘树木高度的影响, 其东侧、北侧林缘壁面热力效应最大区域出现位置高于次生林林窗, 而热力效应强度小于次生林林窗. 其结果可为进一步研究林窗小气候形成机制提供研究基础, 为研究林窗更新及生物多样性影响提供科学参考.

[关键词] 热带季节雨林; 林窗; 林窗边缘林墙壁面; 热力作用面; 西双版纳

[中图分类号] S716 [文献标识码] A

Thermal Characteristics of Different Thermal Active Surfaces of the Canopy Gap in Tropical Seasonal Rain Forests of Xishuangbanna

ZHANG Yiping, DOU Junxia, Ma Youxin, LIU Yuhong, WANG Jinxin
(Xishuangbanna Tropical Botanic Garden of CAS, Kunming 650223, Yunnan, China)

Abstract: Based on the measurement of microclimatic elements of the canopy gap in tropical seasonal rain forests in fog-cool season in Xishuangbanna, the daytime thermal characteristics of different thermal active surfaces in the canopy gap were analyzed and discussed. The findings show that it is not only in the secondary forest but also in tropical seasonal rain forests that the vertical thermal active surface becomes a new thermal active surface besides forest canopy surface and soil surfaces of the canopy gap and the forest, and its thermal effect cannot be neglected. However, influenced by the height of trees that form the edge of gap, the position with maximum thermal effect on the vertical thermal active surface at the east and north edge of gap in tropical seasonal rain forests is higher than that in the secondary forest. The results would supply a research basis for understanding the microclimatic formation of canopy gap and for studying forest succession and the effect of forest biodiversity.

Key words: tropical seasonal rain forests; canopy gap; vertical thermal active surface

因林窗的发生而导致的环境异质性, 对林窗内物种分布、种群动态以及物种多样性所产生的影响, 以及各种森林类型的演替和更新所起的重要作用早已被广泛关注^[1~6]. 但对林窗环境异质性的研究, 主要集中在各种环境要素水平方向的时空变化上^[4, 7]. 由于树木具有一定高度(特别是热带森林), 因此, 在林窗区域构成了立体空间, 而在立体空间上太阳辐射形成的差异, 将引起林窗区域的各热力作用面(林冠面、林缘壁面、林内地表面和林窗地表面等)热力效应时空分布的不同, 使得林内与林窗空地之间热量的水平输送和垂直扩散产生差异, 形成不同的小气候微环境, 将对林窗内, 特别是林窗边缘附近的种子萌发、幼苗生长、发育, 林缘树木的侧向生长以及各种生理过程等产生影响. 因而忽略林窗作为一个立体空间, 其垂直方向上也存在环境异质性这一问题, 对全面认识林窗环境异质性和深入开展林窗研究是十分不利的. 但在此领域的研究报道尚不多见^[10~12], 对作为热带雨林原生植被的研究尚未见报道.

本文中根据 1998 年 12 月在西双版纳地区热带季节雨林林窗小气候观测资料, 对林窗区域各热力作用面的热力特征进行初步分析, 为进一步探讨林窗更新、林窗小气候形成机制和林窗内生物多样性等问题提供科学依据。

1 研究地概况与研究方法

1.1 研究地概况

西双版纳位于云南省南部, 终年受西南季风控制, 属热带季风气候。一年中有干热季(3~4 月)、湿热季(5~10 月)和雾凉季(11~2 月)之分^[7]。本研究在雾凉季的晴天进行。在雾凉季的晴天, 雾浓且维持时间长, 一般夜间 22 时后逐渐起雾, 到次日中午 12 时才逐渐消散。

本次观测的样地位于云南省西双版纳州勐腊县勐仑镇的热带季节雨林自然保护区内(21°50'N、101°12'E, 海拔 750 m)。雨林群落高度一般为 30~35 m, 结构复杂, 分层现象明显。乔木层即可分为三层: 上层优势种主要为千果榄仁 *Terminalia myriocarpa*、番龙眼 *Pometia tomentosa*, 中下层类型主要是云南玉蕊 *Barringtonia macrostachya*、细罗伞 *Ardisia tenera*、窄序岩豆藤 *Millettia leptobotrya* 等。

1.2 研究方法

本文中所选择的林窗是 1997 年掘根倒木形成。该林窗东北—西南向长(约 34 m), 东南—西北向短(约 18 m), 近似纺锤形(图 1)。轮廓图的内圈线为实际林窗边缘(林窗边缘树冠垂线处), 外圈线为扩展林窗边缘(林窗边缘树干处)。实际林窗的面积约 116 m², 扩展林窗面积约 449 m²。林窗边缘树木(观测样木)的高度为: 东侧 22 m, 北侧 26 m, 西侧 32 m, 南侧 32 m。

在林窗中沿 S—N、E—W 设置 2 条观测样线, 每条样线设置 7 个观测点, 考虑到边缘效应的作用, 观测点为不等距分布, 分别位于林窗中央、实际林窗边缘、扩展林窗边缘和林内。观测要素为地上 1.5 m 高处最高、最低气温和气温(最高、最低温度表), 光照(数字式照度计)以及地表面温度。在林窗边缘的东(E)、南(S)、西(W)、北(N)侧(以林窗中央为基准, 下同)和林内观测了树干不同高度(0、0.5、1、2、4、8、12、16、20 m、林冠下)的表面温度(红外辐射温度计, COMPAC3, 日本国 Minolta 株式会社)。观测时间为 1998 年 12 月 19~20 日的昼间(9~17 时), 每小时正点观测一次。

本文乃是利用各观测点的地表面温度以及 4 方位林窗边缘和林内不同高度树干表面温度昼间观测值, 对林窗区域不同热力作用面的热力特征进行分析所得的初步结果。

2 结果与分析

2.1 树干表面温度的时空分布

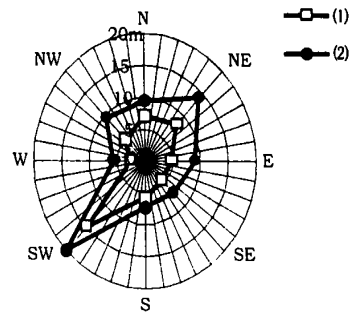
2.1.1 林窗边缘树干表面温度的时空分布

由于受雾和太阳辐射的影响, 林窗 4 方位边缘不同高度表面温度的(图 2a~d)分布在不同时刻和不同方位具有显著差异。

上午 12 时前, 由于浓雾的影响, 4 方位林窗边缘树干表面温度随着树干高度增加变化不明显, 并且随着时间的推移, 增温幅度也不大。各方位间的差异也不大。

中午 12 时后, 雾散日出, 受太阳辐射的影响, 不同方位林窗边缘树干表面温度的垂直分布表现出明显差异。受太阳直接照射的东侧边缘, 在树干 8 m 及 20 m 附近形成表面温度高值区, 且两个表面温度高值区的温度最大值均出现在 15 时, 但 20 m 处温度最大值为 19.8℃, 高于树干 8 m 处的温度最大值 18.8℃。

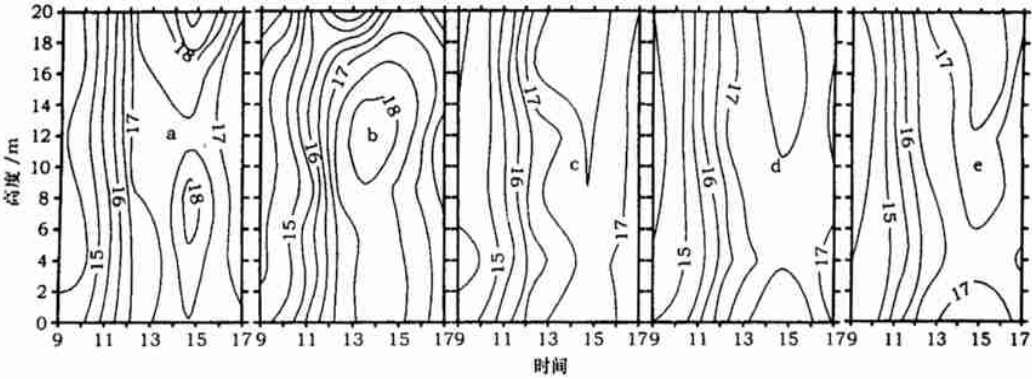
太阳直接照射的北侧边缘, 不同高度的树干表面温度均有显著升高, 以树干 12 m 处为中心, 形成表面温度高值区, 温度最高值为 18.9℃, 出现在 13 时。



(1) 实际林窗边缘; (2) 扩展林窗边缘

图 1 热带季节雨林林窗轮廓

Fig. 1 The out-line of tropical seasonal rain forest canopy gap



a 东侧; b 北侧; c 西侧; d 南侧; e 林内
图 2 雾凉季林窗边缘及林内树表温时间变化

Fig. 2 Temporal variation of surface temperature of boles at the edge of gap and in the interior of forest in the fog-cool season

林窗南侧和西侧边缘, 由于基本上没有太阳的直接照射, 树表温低于受太阳直接辐射的林冠, 并且树冠所获得的热量向下传递, 因而在林窗南侧和西侧边缘形成逆温分布, 最大值出现在林缘壁面上层。

2. 1. 2 林内树表温的时空分布

林内树表温的时空年变化(图 2e) 与已有研究报道的规律相同, 上午受雾的影响, 树表温的垂直变化不明显, 下午, 受太阳直接辐射的树冠层温度最高, 热量下传, 形成树表温的逆温分布。其温度最大值为 17.9 , 15 时出现在 20 m 处。与此同时, 因受林内地表面的影响, 在树基(0 m) 处也存在次高值区, 导致在 1 m 高度以下的树表温随高度的增加而降低。

2. 2 林窗边缘与林内树表温差特性

图 3 为林窗边缘与林内树表温差的分布情况。从图 3 可见, 4 方位林窗边缘各高度树干表面温度普遍高于林内, 特别是下午 12 时后, 东侧和北侧林窗边缘表现尤为突出, 形成了树表温差值的高值区。林窗边缘东侧差值的高值区有两处, 分别出现在树干 20 m 和 8 m 处。20 m 处最大差值为 1.9 (15 时), 高于 8 m 处的差值最大值 1.5 (15 时)。林窗边缘北侧 2~14 m 均可看作高值区, 在 8 m 处出现最大差值 2.0 (13 时)。西侧和南侧各高度树表温与林内的差值都不大, 最大差值均为 0.9 , 但出现高度和时间有差异, 西侧出现在 16 m 处(13 时), 而南侧为 2 m 处(15 时)。

季节雨林林窗边缘东侧和北侧壁面树表温与林内树表温的差值在一定高度出现高值区的现象, 与文献[10~12] 在同一地区对树高约为 18 m 的次生林林窗研究的结果一致。而季节雨林林窗边缘树表温高值区出现的区域(约 4~14 m) 大于次生林林窗, 出现位置的高度也高于次生林林窗, 但是其强度小于次生林林窗。其原因主要是雾凉季太阳倾斜较大, 一日之中, 只有太阳高度角较高时才能直接照射到林窗内, 而季节雨林林窗边缘树木较高, 使得东侧和北侧的树表温差最大值区域高于次生林林窗, 而高大树木的遮蔽作用造成太阳辐射的不足, 导致其树表温差较小, 造成季节雨林林窗东侧和北侧的热力效应强度小于次生林林窗。以上分析说明林窗边缘壁面的热力效应除与太阳高度角、太阳辐射的时间长短和强度有关外, 林窗边缘树木高度也是不可忽视的影响因子。

2. 3 不同热力作用面的表温差异

为定量比较季节雨林林窗区域不同热力作用面热力效应的差异, 取林内地表面温度的平均值为基准, 求算其他热力作用面表面

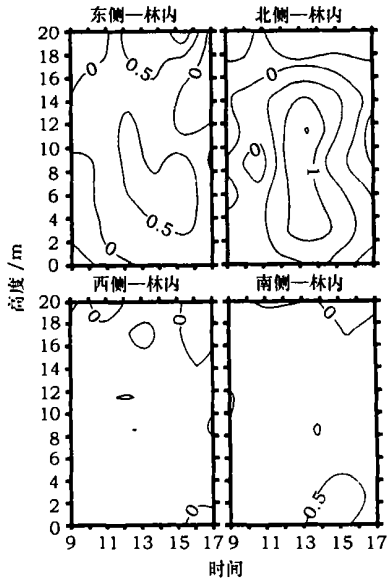


图 3 4 方位林窗边缘与林内树表温差的时空分布
Fig. 3 Temporal and spatial distribution of difference of surface temperature of boles between 4 azimuth edge of canopy gap and forest interior

温度与它的差值, 对不同热力作用面的热力特征进行分析.

2. 3. 1 林窗边缘林墙壁面

图 4 为林窗边缘树表温与林内地表温差的分布情况. 从图 4 可见, 上午 12 时前, 4 方位林窗边缘各高度树表温均低于林内地表温, 其绝对差的最大值都出现在林缘壁面的下部, 表明上午林内地表面的热力效应大于林缘壁面. 12 时后, 随着太阳辐射的增强, 差值逐渐由负转正. 到下午 13 时, 除西侧边缘部分高度树表温略低于林内地表温之外, 其它方位林窗边缘各高度树表温都已经超过林内地表温. 13 时后, 4 方位林窗边缘各高度树表温与林内地表温之间的差异进一步增大, 并先后在不同高度形成差值高值区. 东侧的差值高值区出现在树干 20 m 和 8 m 处, 其中, 20 m 处的差值最大值为 2.5 (15 时), 8 m 处的差值最大值为 1.5 (15 时). 北侧在树干 12 m 处形成差值高值区, 最大值为 2.2 (13 时). 西侧和南侧在树干上部形成差值高值区, 但差值最大值小于东侧和北侧, 西侧差值最大值为 1.2 (13 时, 20 m 处), 南侧则为 0.8 (15 时, 16 m 处). 其结果与文献[10 ~ 12] 对西双版纳次生林林窗边缘壁面研究的结果相一致, 但同样由于林窗边缘树木高度的影响, 季节雨林林窗边缘树表温与林内地表温差值高值区的位置高于次生林林窗, 而强度小于次生林林窗. 季雨林林窗边缘树表温与林内地表温差值高值区的存在, 进一步说明了林窗边缘壁面具有不可忽视的热力作用.

2. 3. 2 林冠面

由于条件所限, 未能对林冠面的表面温度进行直接观测, 以 4 方位林窗边缘和林内林冠下表面温度的平均值代表林冠面的热力效应进行分析. 由图 5 可见, 上午林冠下表面温度低于林内地表面, 说明上午林冠面热力作用小于林内地表面; 而下午除 17 时外, 林冠下表面温度均高于林内地表面温, 最大差值为 2.6 (15 时). 表明当林冠面接受到太阳直接辐射后, 升温速度快于林内地表面, 下午绝大部分时间的热力效应强于林内表面.

2. 3. 3 林窗地表面

由图 5 可知, 昼间(9 ~ 17 时) 林窗地表面温均高于林内地表面温, 最大差值为 1.6 (13 时). 表明昼间林窗地表面的热力作用大于林内地表面. 这主要是因为林窗地表面没有树冠的遮蔽, 能够接受到更多的太阳辐射, 获得更多的热量, 因而表现出更强的热力效应.

另外, 从图 5 还可看出, 林冠下树表温和林窗地表面与林内地表面温的差值存在较大的位相差, 林冠下树表温与林内地表面温最大差值出现在 15 时, 比林窗地表面温与林内地表面温最大差值(13 时) 滞后约 2 h.

2. 3. 4 林窗区域各热力作用面热力效应的比较

为了进一步比较林窗区域不同热力作用面的热力效应, 求算了各热力作用面的表面温度的平均值(表 1). 其中, 林冠下树表温为 4 方位林窗边缘树冠下和林内林冠下树表温平均值; 林

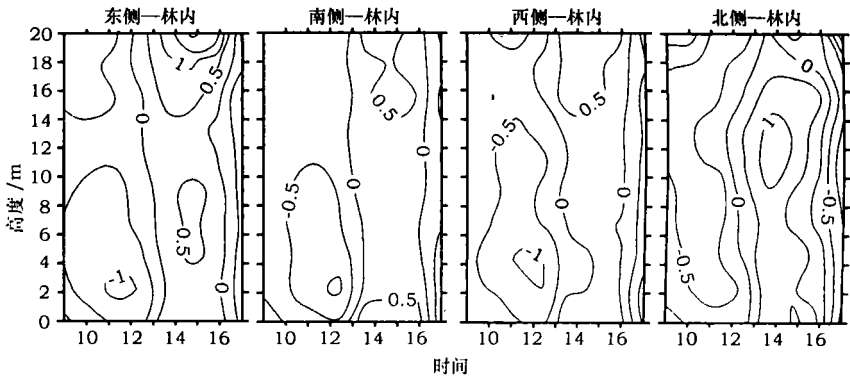


图 4 4 方位林窗边缘树表温与林内地表温差的时空分布
Fig. 4 Temporal and spatial distribution of difference of surface temperature between holes at 4 azimuths edge of gap and soil surface in the interior of forest

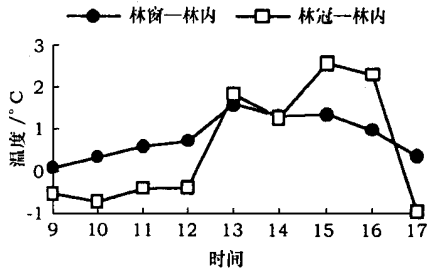


图 5 林窗地表面、林冠面与林内地表面温差
Fig. 5 Difference of surface temperature between soil surface of canopy gap and soil surface in the interior of forest and between forest canopy surface and soil surface in the interior of forest

表 1 不同热力作用面表面温度平均值
Table 1 Mean surface temperature of different thermal active surfaces

	上午	下午	昼间	下午- 上午
林内地表面温	15.9	17.1	16.6	1.2
林窗地表面温	16.3	18.2	17.4	1.9
林冠下方树表温	15.4	18.5	17.1	3.1
林墙壁面树表温	15.2	17.2	16.3	2.0

窗地表面温为林窗中央和 4 方位实际林窗边缘地表面温的平均值; 林窗边缘树表温为 4 方位林窗边缘各高度(0.5 ~ 20 m) 树表温的平均值。

比较各热力作用面的平均表温, 可以看出不同时段各热力作用面的热力效应强度的大小顺序: 上午为林窗地表面> 林内地表面> 林冠下方表面> 林缘壁面; 而下午为林冠下方表面> 林窗地表面> 林缘壁面> 林内地表面, 并且, 下午各热力作用面的热力效应强度均大于上午。另外, 从各热力作用面平均表面温度上、下午的差值可看出, 受太阳辐射影响最大的林冠面增温速率最大, 热力作用最强; 而林缘壁面的增温速率仅次于林冠面, 与林窗地面增温速率相近, 超过了林内地表面, 也表现出了很强的热力效应, 其作用是不可忽视。以上结果与同地区次生林^[20]的研究结果相同, 进一步确认了林窗边缘壁面是林窗区域除林冠面、林窗地面以及林内地表面之外的一个新的热力作用面。

3 小 结

通过对西双版纳雾凉季热带季节雨林林窗的小气候要素的观测, 初步得到以下结果。

上午由于区域性天气现象(浓雾)的影响, 4 方位林窗边缘和林内树干表面温度随树干高度的增加, 温度变化较小, 并随时间的推移, 其增温幅度也不大。而下午由于太阳辐射的影响, 与林内树表温相比, 不同方位林窗边缘树干的不同高度, 形成了树表温差的高值区, 并且由于林窗边缘树高的影响, 季节雨林林窗边缘树表温差的高值区出现的位置高于同一地区的次生林林窗, 但是强度低于次生林林窗。

通过各热力作用面平均表温的比较可知, 各热力作用面的热力强度大小顺序在不同时段存在差异, 上午为林窗地表面> 林内地表面> 林冠下方表面> 林墙壁面, 而下午为林冠下方表面> 林窗地表面> 林墙壁面> 林内地表面, 并且各热力作用面的热力作用均大于上午。

由于以上分析结果与同地区次生林林窗的研究结果一致, 因此, 进一步确认了林窗边缘壁面具有不可忽视的热力作用。林墙壁面是林窗区域除林冠面、林窗地表面和林内地表面之外的、一个新的、重点的热力作用面。

林墙壁面的热力作用可能对林窗边缘树木的侧向生长起着重要作用。各热力作用面热力时空分布的异同, 可能影响林窗内植物的生长、发育和各种生理过程, 以及林内与林窗空地之间热量和水汽等的水平输送和垂直扩散。

对林窗区域各热力作用面热力作用的进一步深入细致的研究, 有助于更好地解释林窗小气候形成机制、生物多样性及林窗的更新等问题, 这方面的研究将是今后工作的重点。

[参 考 文 献]

- [1] Bazzaz F A, Wayne P M. Coping with environmental heterogeneity. The physiological ecology of tree seedling regeneration across the gap-understory continuum[A]. In: Caldwell M M, Pearcy R W. Physiological ecology—a series of monographs texts and treatises[C]. San Diego: Academic Press, 1994. 349-390.
- [2] Bongers F, Popma J. Tree and gaps in a Mexican tropical rain forest. Species differentiation in relation to gap-associated environmental heterogeneity[D]. University of Utrecht, 1988, 185.
- [3] Brokaw N V L. Treefalls, regrowth and community structure in tropical forest[A]. In: Pickett S T A, White P S eds. Ecology of Nature Disturbance and Patch Dynamics[C]. Orlando: Academic Press, 1985. 53-69.
- [4] Canham C D. Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forest[J]. Canada Journal Forest Resource, 1990, 20: 620-626.
- [5] Clark D B. The role of disturbance in the regeneration of neotropical moist forest[A]. In: Bawa K S, Hadley M. Reproductive ecology of tropical forest plants[C]. MAB-UNESCO Series, UNESCO, Paris, 1990, 7: 291-315.
- [6] Denslow J S. Gap partitioning among tropical rainforest trees[J]. Tropical succession, 1980, 12: 47-55.
- [7] Nunez-Farfan J, Dirzo R. Witin-gap spatial heterogeneity and seedling performance in a Mexican tropical forest[J]. Oikos, 1998, 51: 274-284.
- [8] Platt W J, Strong D R. Special Feature-Gaps in forest ecology[J]. Ecology, 1989, 70(3): 535.
- [9] Zhang Keying. Abecedarian analyses on the characteristics and take shape factors of climate in the south of Yunnan[J]. Acta meteorological Sinica, 1966, 33(2): 210-230.
- [10] 张一平, 王进欣, 刘玉洪, 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): 7-10.
- [11] 张一平, 王进欣, 马友鑫, 等. 西双版纳干季次生林林窗边缘树表温时空分布特征初步分析[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(3): 8-13.
- [12] 张一平, 王进欣, 马友鑫, 等. 热带次生林林窗不同热力作用面特征分析[J]. 应用生态学报, 2001, 12(2): 179-184.