

文章编号: 1009-4882(2000)03-0254-05

橡胶林缘热力垂直特征的初步分析

张一平, 马友鑫, 刘玉洪, 张克映

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南昆明 650223)

摘要: 利用西南向橡胶林缘附近的气温观测资料, 探讨了 昼间橡胶林内、外热力垂直梯度和 3 个作用面的热力特征和相互作用, 分析了森林片断林缘的气温垂直规律, 以及林内、外差异, 指出林冠是林缘最主要的热力作用面; 林冠面、林内地面、林外地面的热力特征和相互作用制约了林缘附近的热力变化. 其结果为进一步研究林缘小气候形成机制提供了研究基础, 并为研究森林片断化对生物多样性影响提供了科学依据.

关键词: 边缘效应; 气温; 热力作用面; 垂直梯度; 橡胶林

中图分类号: S718.51⁺2.1 **文献标识码:** A

林缘已成为自然景观主要特征之一, 其物理和生物显著变化(即边缘效应)的重要性已引起广泛关注^[1~4]; Chen^[5]等, Kapos^[6], Camargo^[7], Sizer^[8]和马友鑫等^[9]曾对温带至热带的不同类型森林的边缘热力效应进行过研究, 但这些研究主要集中于给定单一高度的水平梯度变化, 而对垂直变化则少有报道.

森林边缘的热力效应除对林缘下层的幼苗、幼树的生长产生影响之外, 对林缘植物的侧向生长(Lateral extension growth)作用也是不可忽略的. 另一方面, 森林边缘附近的热力作用可能是森林与空地之间热量和水蒸气等的水平输送和垂直扩散的重要驱动力. 而且温度、湿度状况直接影响植物的生命活动, 间接影响其它多种生态条件; 森林边缘的热力状况势必对植物, 特别是森林边缘不同高度植物的生长、发育有着影响. 所以对森林边缘热力作用面的热力状况(气温、地表温)开展研究, 有助于从立体空间探讨森林边缘环境特征和边缘植物更新机制; 并可为深入研究森林边缘不同热力作用面相互作用以及森林边缘的生物多样性等提供参考.

本文根据 1998 年 1 月, 在西双版纳地区橡胶林小气候观测资料, 试对中国热带地区森林边缘的热力作用特征进行初步分析.

1 样地和方法

观测样地选在位于云南省西双版纳州勐宽镇的一块橡胶林地(21°55'N, 101°06'E), 面积 6.8 hm², 定植 12 a, 平均树高约 14 m, 平均胸径 0.166 m, 株距 2.5 m, 行距 8.0 m, 密度 450 株/hm². 橡胶林与林外旷地基本处在相同水平面上.

在橡胶林西南侧距林缘 28.3 m 林内和 28.4 m 林外, 各设一高约 15 m 简易观测架, 采用吊挂式^[10]将自记干、湿球温度计的传感器置于遮光罩内, 固定在可垂直运动的牵引绳上, 观测时林内、外同时拉动牵引绳按顺序使仪器至相同指定高度(0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 12.0, 14.5 m), 待仪器稳定后(5 min)开始记录, 然后拉到另一指定高度观测. 与此同时, 观测林内和林外距地面 1.0 m 高处空气温、湿度和 1.2 m 高处风速和风向, 以及林内、林缘和林外太阳总辐射、红外辐射、光合有效辐射和地面温度. 观测在 1998 年 1 月 10~24 日昼间(08~19时)整时进行. 观测期间天气晴好无云, 午后偶有阵风.

为了使资料具有统一性, 根据各高度温度与地上 1.0 m 高度用阿斯曼观测的同时温度所得到的线性

收稿日期: 2000-02-14

基金项目: 中国科学院“九五”重大项目(KZ95-A-104-01); 国家自然科学基金(39770141); 云南省自然科学基金项目(97C093M, 98C098M)部分研究成果

作者简介: 张一平(1957-), 男, 博士, 研究员, 主要从事森林气象、城市气候、农业气象研究.

回归方程, 将各高度温度统一订正到正点时间.

2 结果与分析

2.1 气温垂直变化

典型天气不同时刻橡胶林内外的气温垂直分布如图 1 所示. 可见在 10 时前, 各层气温均是林外高于林内, 特别在 10 时, 由于林外受太阳直接照射, 温度增加大于林内, 使林内、外温差增大, 其中受树冠遮蔽较大的林下气温差异大于遮蔽较小林冠. 随后由于林冠在太阳辐射影响下, 温度迅速升高, 并向下传递, 林内上层的气温垂直分布转变为随高度增高而增加(逆温分布), 其中上部的气温高于林外相同高度; 而下部的气温仍低于林外相同高度. 随时间推移, 在林冠向下传递和林外旷地平流的热量影响下, 林内、外气温等温点的高度逐渐下降, 到 19 时几乎林内整层气温均高于林外.

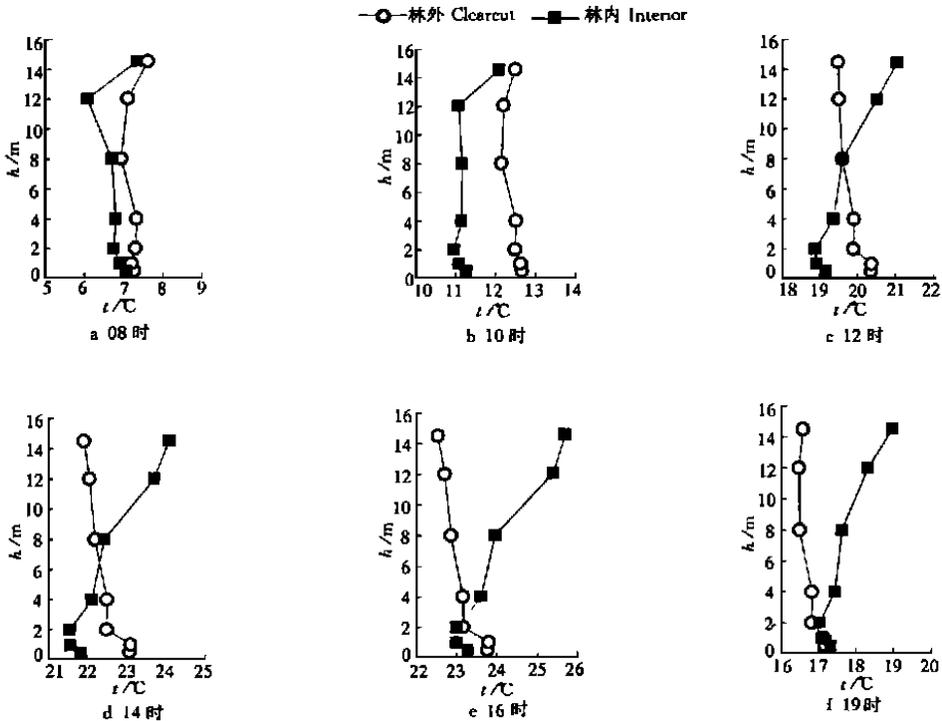


图 1 橡胶林内外气温垂直变化

Fig. 1 Vertical variation in air temperature in clearcut and interior of rubber forest

另外, 从图 1 还可看出, 昼间林内的气温垂直分布在 10 时后虽然在上层是逆温分布, 但是在下层(约 2 m 以下) 仍然是正常分布(气温随高度增高而降低). 这是橡胶林在昼间存在 2 个加热面(林冠面和林内地面) 结果所致. 而林外昼间气温基本上随高度增高而降低, 即在林外地面是主要加热面.

图 2 给出了不同时刻林外与林内气温差值 (Δt) 的垂直分布. 在 10 时前, 各高度 $\Delta t > 0$; 其后虽然各时刻分布有所不同, 但是基本是上部温差为负, 下部温差为正, 其中 16 时上下差异最大, 在 14.5 m 高处(林冠上), Δt 为 $-3.1\text{ }^{\circ}\text{C}$, 而地面附近高度(0.5 m) Δt 为 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

由此可见, 橡胶林边缘的 3 个热力作用面(即林内地面、林冠面、林外地面) 通过温度差异使感热平移或垂直运动, 进而影响林缘附近热力状况. 此外, 林缘附

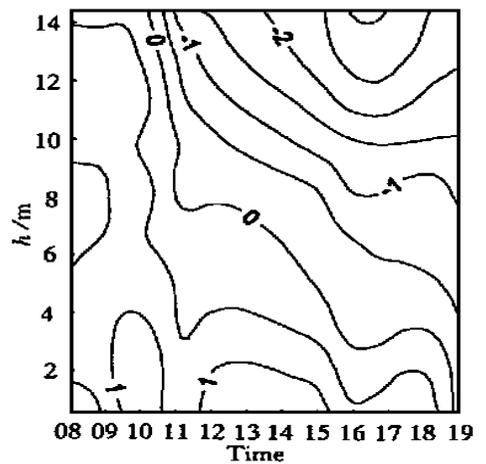


图 2 橡胶林内外气温差(Δt) 时空变化
Fig. 2 Vertical variation in difference of air temperature (Δt) in clearcut and interior of rubber forest

近林墙热力面也是重要影响因素,这可以防风林带的热力效应为佐证(曹新孙,1983)。

2.2 各热力作用面气温变化

橡胶林内、外地表面温度时间变化由图3a所示。昼间林外地表温度变化较大,在14时达最高(33.3℃);而林内地表面温度变化较缓,最大值出现时间比林外晚1h,达20.6℃,明显低于林外。除08,19时,林外地表面温度低于林内(图3b),昼间林外地表面温度均高于林内,在14时差异达最大(13.3℃)。说明对于地表热力面来说,林外热力作用大于林内。

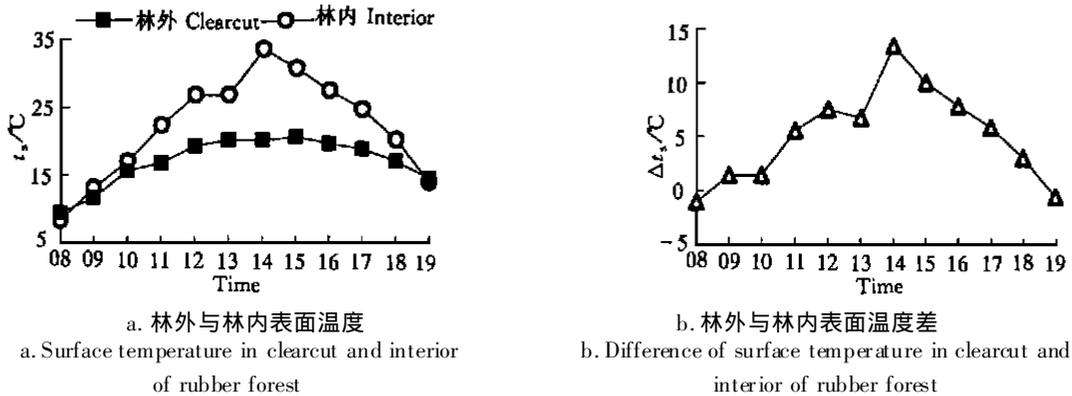


图3 橡胶林林缘地表温度时间变化

Fig. 3 Time variation in surface temperature near edge of rubber forest

由于观测条件限制,未能观测林冠表面温度。现用14.5 m高度(林冠上0.5 m)和地上0.5 m高度的林外与林内的气温差值(Δt)来进行讨论。由图4a可见,在林冠高度,除10时以前外,大多数时间均是 $\Delta t > 0$,午前较小,午后较大, Δt 最大可达3.1℃(16时);而近地面(0.5 m)的气温则与地表面温度相似,基本上是林内低于林外,差值多在-0.5~-1.3℃之间。

通过比较林冠热力面上0.5 m(14.5 m高处)与林外地表热力面上(0.5 m高处)的气温差值(图4b)可以看出,在08,09时林冠上的气温与林外地上基本相同(差值趋于零);其后除10时差值为-0.6℃,林冠上气温略低于林外地上之外,其余的大部分时间,林冠上的气温均高于林外地上的气温(0.8~1.9℃),其差异午后大于午前,最大差值为1.9℃(16时),显示了林冠面显著的热力作用。

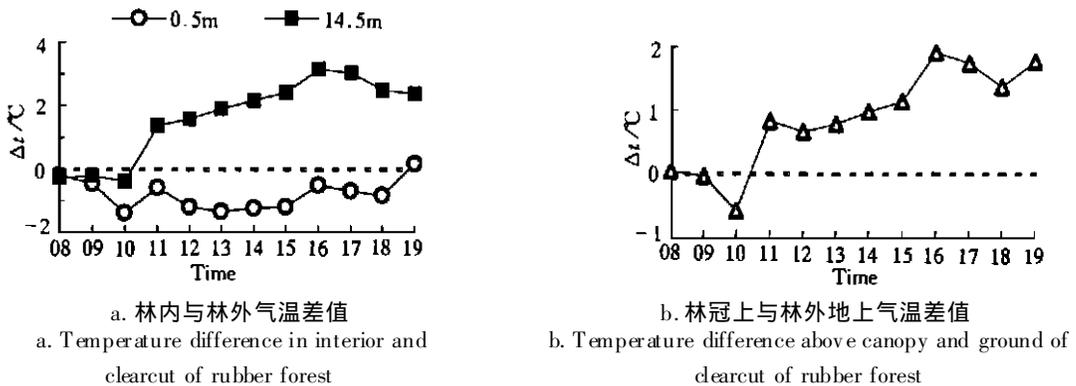


图4 橡胶林林内外气温差值时间变化

Fig. 4 Temporal change of temperature difference (Δt) in interior and clearcut of rubber forest

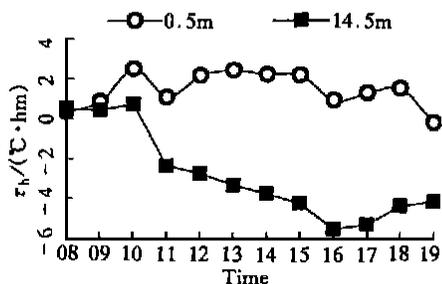
由图4可知,在昼间,橡胶林林冠面的热力作用不仅大于林内地表面,并且大于林外地表面,显示了在昼间橡胶林林冠面是有别于地表面的热力作用面,并且其热力作用效果比地表面更为显著。

2.3 林缘温度梯度特征

由气温水平梯度和垂直递减率可以反映热能在水平和垂直方向的传递状况,所以分别计算了0.5 m和14.5 m高处,林内与林外的气温水平梯度[$\tau_h = (t_{out} - t_{in}) \times 100 / (28.3 + 28.4)$](图5a)和林内、外的气温垂直递减率[$\tau_v = (t_{14.5} - t_{0.5}) \times 100 / (14.5 - 0.5)$](图5b)。

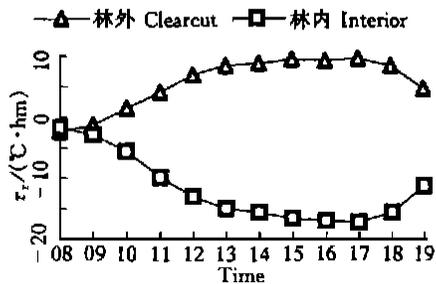
在水平方向(图5a),昼间地上(0.5 m)的气温水平梯度为正,热量从林外向林内传递;而在林冠上(14.5 m)除10时前外,气温水平梯度大多为负值,即热量由林冠上向林外传递;在垂直方向(图5b),昼间

林外气温垂直递减率(除10时前)为正,热量由地面向上输送,而对于林内,气温垂直递减率均为负值,热量是由林冠向下输送.比较图5a,b,可以发现水平气温梯度在0.5 m高处为 $2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{hm}$ 左右,在14.5 m高处其绝对值小于 $6\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{hm}$;而气温垂直梯度则多为 $5\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{hm}$ (林外)和 $10\sim 17\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{hm}$ (林内),均比水平方向的气温变化大 $2\sim 5$ 倍(林外)和 $2\sim 8$ 倍(林内).这显示了垂直方向的热量梯度要大于水平方向,即垂直方向的热力作用较大.



a. 林外与林内气温水平梯度

a. Temperature horizontal in clear cut and interior of rubber forest



b. 林内外气温递减率

b. Temperature vertical gradients in clear cut and interior of rubber forest

图5 橡胶林林缘气温变化率

Fig. 5 Rate of temperature change near edge of rubber forest

进一步比较图5a,b可以看出,与林冠有关的温度梯度均较大,如果结合图4考虑,可以认为:昼间、林冠面为热力作用显著区域(气温最高、温度梯度最大),不仅向下层,而向周围输送热量,如果考虑受热空气的浮力作用,可以推论林冠同样向其上方输送热量,因此可以认为林冠是林缘附近小气候形成的最主要的影响因子.

林缘附近存在如此的热力作用面,所形成的热力状况差异将使林缘附近空气流动,形成局地小环流.

3 讨论与小结

1) 在橡胶林缘附近,林内地面、林冠面、林外地面3个热力作用面通过温度差异使感热平移或垂直运动,进而影响林缘附近热力状况,是形成林缘小气候的主要原因.本文未观测林缘附近林墙热力状况,但因其受太阳直射加热影响,也将是形成林缘小气候的重要因素之一.

2) 在3个热力作用面中,林冠面的热力作用最为显著,不仅大于林内地表面,而且大于林外地表面,是影响林缘附近热力状况的主要因子.

3) 昼间由于太阳辐射对各热力作用面影响不同,气温垂直分布在林内上层呈现逆温分布,而下层为正常分布;林外基本上是正常分布,致使林外与林内相同高度的气温差在上部和下部呈现相反结果.林内、外等温高度随时间增加而不断下降.

4) 对于各热力作用面来说,水平方向气温梯度在近地0.5 m高度为 $2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{hm}$ 左右;林冠上绝对值小于 $6\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{hm}$;垂直方向的气温变化则多为 $5\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{hm}$ (林外)和 $10\sim 17\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{hm}$ (林内),比水平方向的气温变化高 $2\sim 5$ 倍(林外)和 $2\sim 8$ 倍(林内),显示了垂直方向的热力作用的显著性.

5) 林缘的这种热力效应将深刻影响林缘地上动植物生长发育及分布、土壤理化性质、营养元素的分解以及土壤动物变化和微生物活性等.这些都有待进一步研究.

参考文献:

- [1] Lee, R. Forest Microclimatology [M]. New York: Columbia University Press, 1978. 276.
- [2] Mucia, C. Edge Effects in Fragmented Forests: Implications for Conservation [J]. Trends in Ecology and Evolution, 1995, 10: 58~ 62.
- [3] Tuner, I. M. Species Loss in Fragments of Tropical Rain Forest: a Review of the Evidence [J]. Journal of Applied Ecology, 1996, 33: 200~ 209.
- [4] 王庆锁,王襄平,罗菊春,等.生态交错带与生物多样性[J].生物多样性,1997,(5):126~ 131.

131.

- [5] Chen, J. Edge Effects: Microclimatic Pattern and Biological Responses in Old-growth Douglas-fir Forests [M]. Washington: Seattle, WA, USA, 1991.
- [6] Camargo, J. L. C. & Kapos, V. Complex Edge Effects on Soil Moisture and Microclimate in Central Amazonian Forest [J]. *Journal of Tropical Ecology*, 1995, 11: 205~ 221.
- [7] Kapos, V. Effects of Isolation on the Water Status of Forest Patches in the Brazilian Amazon [J]. *Journal of Tropical Ecology*, 1989, (5): 173~ 185.
- [8] Sizer, N. C. The Edge Effect and Natural Regeneration in Lowland Tropical Rain Forest, Central Amazonia [D]. Cambridge: University of Cambridge, UK. 1992.
- [9] 马友鑫, 刘玉洪, 张克映. 西双版纳热带雨林片断小气候边缘效应的初步研究 [J]. *植物生态学报*, 1998, 22(3): 250~ 255.
Ma Youxin, Liu Yuhong, Zhang Keying. On Microclimate Edge Effects of Tropical Rainforest Fragments in Xishuangbanna [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 1998, 22(3): 250~ 255.
- [10] 王正非, 朱廷曜, 朱劲伟, 等. 森林气象学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1985. 11~ 12.
Wang Zhengfei, Zhu Tingyao, Zhu Jinwei, *et al.* *Forest Meteorology* [M]. China Forestry Press, 1985. 11~ 12.

Thermal Vertical Characteristics near to Edge of Rubber Forest

Zhang Yiping, Ma Youxin, Liu Yuhong, Zhang Keying

(*Xishuangbanna Tropical Botanic Garden, CA S, Yunnan Kunming 650223*)

Abstract: Microclimatic measurements were conducted near to edge (facing southwest) of rubber forest in Xishuangbanna, Yunnan Province in Winter in 1998. The daytime thermal vertical characteristics at the clearcut and the interior of rubber forest and the thermal characteristics and interaction of three active surfaces were discussed in this paper. Vertical changes in air temperature and its differences between clearcut and interior of forest near to the edge were also analyzed. The findings showed that canopy was a key thermal active surface of the forest edge and the thermal variation was controlled by the thermal characteristics of the canopy, the interior and the clearcut grounds, and the interaction. The results supplied a research basis for understanding microclimatic formation of forest edges, and also for studying impacts of forest fragmentation on biodiversity.

Key words: Edge effect; Air temperature; Thermal active surface; Vertical gradient; Rubber forest