

热带雨林林缘不同热力作用面热力特征初探^{*}

张一平^{**}

马友鑫 刘玉洪 窦军霞 郭 萍

王进欣

(中国科学院西双版纳热带植物园)

(徐州师范大学城环系)

摘要 片断化森林林缘不仅具有水平空间特征,同时也具有立体空间特征.为探讨立体林缘壁面的热力效应是否存在,该热力效应与林内外地面、林冠的差异,该文利用西双版纳热带雨林南向边缘的表温观测资料,采用同期资料对比方法,分析了片断化热带雨林林缘不同热力作用面表面温度的水平、垂直分布特征及其差异.指出在片断化热带雨林林缘,林缘壁面的热力效应是不可忽视的.在林缘区域,除了公认的林外地表面、林冠面和林内地表面 3 个热力作用面之外,林缘壁面构成了一个新的第 4 热力作用面.对其进行深入细致的研究,将有助于解释森林边缘的小气候效应和生物效应.

关键词 林缘, 林缘壁面, 表温, 热力作用面

中图分类号 P4631.22

Zhang Yiping; Ma Youxin; Liu Yuhong; Dou Junxia; Guo Ping; Wang Jinxin. Temperature characteristics of different thermal active surfaces near edge of tropical rain forest. Journal of Beijing Forestry University (2001) 23(6) 22~ 26[Ch, 14 ref.] Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, CAS, 650223, P. R. China.

Fragmented forest edges have both horizontal space and tridimensional space characteristics. In order to explore whether thermal effect of vertical active surface exist or not, and to compare it with that of soil surface in and out forest, forest canopy surface, this paper choose contrasting data of the corresponding period method to analyze horizontal and vertical distribution characteristics and differences of surface temperature of different thermal active surfaces in fragmented forest edges by using surface temperature measurement data of south edge of fragmented tropical rain forest in Xishuangbanna. The findings showed that: thermal effect of vertical active surface of edge could be neglected at the edge of fragmented forest; vertical active surface of edge was a new thermal active surface with the exception of forest canopy surface, soil surface in and out the forest. This kind of study will help to understand microclimatic and biological effect of forest edge.

Key words forest edge, vertical active surface of edge, surface temperature, thermal active surface

热带地区的自然雨林以其生物多样性丰富而著称,但是由于人口的增加、对资源需求不断扩大,使热带自然雨林大面积消失,连片的森林变成支离破碎的片断森林,导致森林外边缘增加,边缘效应对森林的影响程度加大.林缘的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^[1~9],张一平等^[10]在西双版纳地区,马友鑫等^[9]探讨了不同片断化热带雨林的林缘小气候效应的水平分布特征,张一平等^[10]探讨了橡胶林边缘小气候效应的

水平分布特征,但是对片断化森林边缘效应垂直分布的研究尚不多见.

另一方面,张一平等^[11]在对西双版纳热带次森林林窗研究时发现,林窗林缘壁面具有不可忽视的热力作用,成为林窗区域除了林冠面、林内地面、林窗地面之外,第 4 个新的热力作用面.而在片断化森林的外部边缘,林缘壁面的热力效应如何?强度和影响范围多大?是否同样构成森林边缘第 4 个热力作用面等?乃是值得深入探讨的问题.

2001204221 收稿

<http://www.chinainfo.gov.cn/periodical/bjlydx/bp>

^{*} 国家自然科学基金项目(39770141)、中国科学院/九五0重大项目(KZ95DA1210401)和云南省自然科学基金项目(97C093M, 98C098M)部分研究结果

^{**} 第一作者:张一平,男,1957年生,博士,研究员.主要研究方向:生态气候.传真:087125160916, Email: yipingzh@xtbg.ac.cn 工作单位: 650223, 昆明市学府路 50 号,中国科学院西双版纳热带植物园昆明分部

本文根据 1998 年 12 月在西双版纳地区片断化热带雨林林缘表面温度的小气候观测资料, 试对林缘各热力作用面的热力特征进行初步分析, 为进一步探讨林缘小气候形成机制和林缘生物多样性等提供科学依据。

1 研究地概况与研究方法

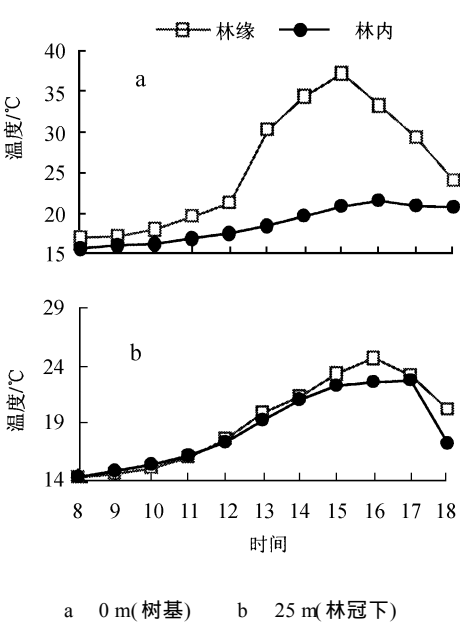
观测样地选在云南省西双版纳州勐腊县勐仑镇曼娥村, 作为/ 龙山0 保存至今的片断化热带雨林 (21b56N, 101b14E), 海拔 550 m, 面积约 3. 0 hm². 乔木层树高约在 20~ 35 m, 主要由毛麻炼(*Chukrasia tabularis*), 箭毒木(*Antiaris toxicaria*), 小叶红光树(*Knema globularis*), 湄公硬核(*Sdrophvlum wallichii*), 樟叶朴(*Cellis timorensis*), 大叶藤黄(*Garcinia xan2thochymus*), 海红豆(*Adenanthera pavonina*), 酸苔菜(*Ardisia solanacea*), 谷木(*Memecylon ligustrifolium*), 银钩花(*Mitrophora thorelii*), 披针叶楠(*Phoebe lanceola2ta*), 鹊肾树(*Streblus asper*), 布渣叶(*Microcos panicu2lata*) 等构成; 灌木主要由弯管花(*Chamlia curriflore*), 荎草(*Arthraxon lanceolatus*), 露兜树(*Pandanus tectri2us*), 亮叶龙船花(*Lxore fulgans*), 薄叶山柑(*Capparis terera*), 双子棕(*Arenga caudata*) 等构成; 草藤本主要有弯刺山黄皮(*Randia bispinosa*), 多花山壳骨(*Pseu2doranthemum polyanthum*), 鳞花草(*Lepidagathis incur2va*), 大花山牵牛(*Thunbergia grandiflora*), 蛇藤(*Celastrus angulatus*), 肾苞草(*Phaulopsis dorsiflora*), 石柑子(*Pothos chinensis*), 飞机草(*Eupatorium odora2tum*) 等; 在林缘广布有飞机草。

观测在南向林缘进行, 在林外) 林缘) 林内水平方向设置 11 个观测点, 观测要素为太阳辐射(TRL 型管状辐射表, 澳大利亚 DELTA2T 公司)、干湿球温度(TR271 自记温度仪, 日本 T and D 株式会社)、地表面温度(红外辐射温度计, COMPAC3, 日本国 Minolta 株式会社)、风速(VF21 微风风速表, 长春气象仪器研究所)、风向、天气状况等, 考虑到边缘效应的作用, 观测点为不等距分布。另外, 在林缘和林内观测了树木不同高度的表面温度(红外辐射温度计, COMPAC3, 日本国 Minolta 株式会社)。观测期间为 1998 年 12 月 22 日~ 30 日昼间(8: 00~ 18: 00), 每小时正点进行。

本文使用各水平测点的地表面温度、林缘和林内不同高度树木表面温度的 9 d 观测平均值, 主要对上午(8: 00~ 12: 00)、下午(13: 00~ 18: 00) 以及昼间(8: 00~ 18: 00) 的平均状况进行分析。

2 结果与分析

2. 1 平均表温的变化特征



a 0 m(树基) b 25 m(林冠下)

图 1 树表面温度的时间变化

FIGURE 1 Temporal variation of surface temperature of tree

2. 1. 1 平均表温的时间变化 林缘和林内树基和林冠下的表面温度时间变化如图 1 所示, 可见上午 12: 00 以前由于受地方天气现象(浓雾)的影响, 太阳辐射较弱, 林缘、林内的树基表温和林冠下表温的时间变化均不大, 而下午(12: 00 以后) 时间变化增加; 最大值林缘树基出现在 15: 00(37. 4 e), 而林内则在 16: 00, 其值(21. 6 e) 低于林缘。而林缘、林内和林外的地表温(图 2) 也显示了相似的变化规律。因此, 以下将对上午(8: 00~ 12: 00)、下午(13: 00~ 18: 00) 和昼间(8: 00~ 18: 00) 的表温特征进行讨论。

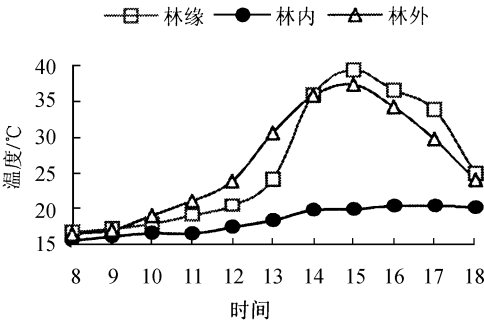


图 2 林缘区域地表温时间变化

FIGURE 2 Temporal variation of soil surface temperature at edge area

2. 1. 2 平均树表温的垂直变化 林缘和林内不同高度的平均树表温分布如图 3 所示。可见上午(图 3a), 林缘和林内的平均树表温随高度增加呈现降低趋势, 近地层(1 m 高度) 温度最高, 树冠(25 m 高度) 温度最低, 显示了垂直方向上, 热量从地面向上传输。而下午(图 3b), 平均树表温的高度分布与上午

有显著区别,林缘在太阳直接辐射和林缘壁面附近空气温度共同作用下,树表温呈现下层温度较高,上层较低的分布特征,并且最大值出现在 4 m 高度,4 m 以下树表温随高度呈现增温趋势,垂直方向热量的传递为由上向下;而 4 m 高度以上,树表温随高度增加呈现降低趋势,垂直方向热量的传递为由下向

上. 而林内由于基本没有太阳直接辐射,主要受林冠下传热量的影响,树表温呈现上层温度较高的趋势,最大值出现在 20 m 高度,热量由上向下传递. 昼间林缘和林内树表温垂直分布与下午相近,但是数值和变率均小于下午.

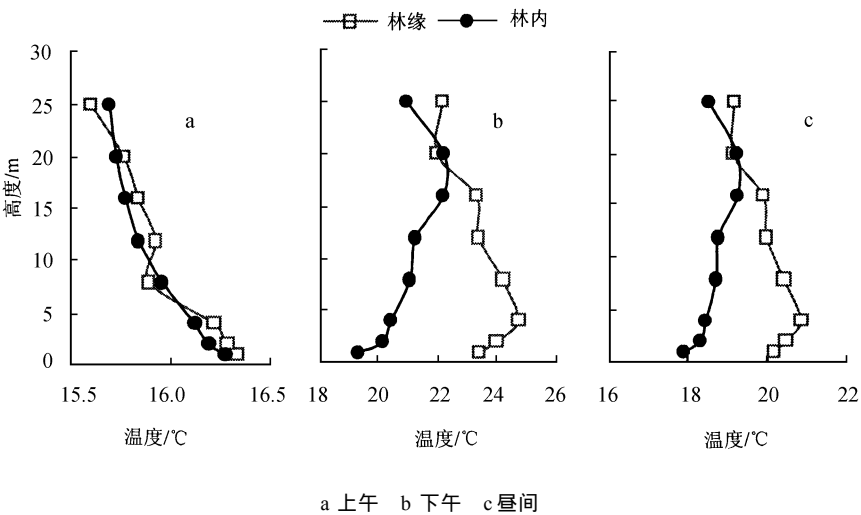


图 3 林缘和林内树表面温度垂直分布

FIGURE 3 Vertical variation of surface temperature of tree on the edge and interior

2.1.3 平均地表温的水平空间变化 林外) 林缘) 林内地表温的水平分布如图 4 所示, 总的趋势为林外的地表温度较高, 林内地表温较低. 上午, 由于雾的影响, 太阳直接辐射较弱, 地表温的林内外差异较小; 而下午, 太阳直接辐射较多的林外, 地表温远高于林内, 并且最大值出现在林缘(32.5 e).

较小. 昼间的林缘与林内树表温差的垂直分布与下午相似. 林缘与林内树表温在不同高度如此差异, 势必导致林缘附近热量传输强度的差异, 特别是下午, 在下层热量水平方向是从林缘向林内传递, 强度随高度增加而减弱, 到上层, 水平方向热量传递强度进一步减弱, 甚至出现弱逆转现象(20 m 高度).

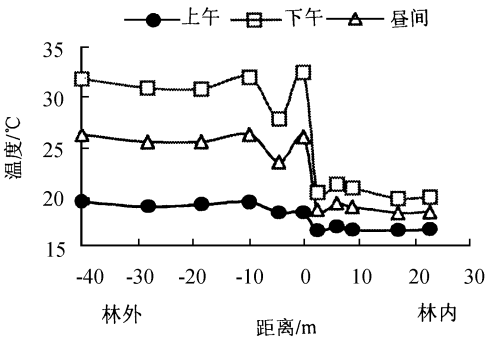


图 4 林缘地表温水平分布

FIGURE 4 Horizontal variation of soil surface temperature at edge area

2.2 林缘与林内树表温的差异特征

由不同高度树表温林缘与林内(22.6 m 高度)差值(图 5)可见, 在上午各高度的差异均较小, 显示了水平热量传输很小; 而下午, 由于林缘、林内树表温的呈现不同的垂直分布(图 3), 导致树表温差随高度变化十分显著, 在下层差异较大, 差值为正, 林缘树表温高于林内, 最大可达 4 e 以上, 而上层差异

结合 2.1.2 的分析结果, 可知在下午林缘附近的林内, 同时受到两方面的热源影响, 其一是林冠面, 其二是林缘壁面, 前者由上向下传输热量, 而后者由外向内传输热量. 如此不同的热量传输, 势必

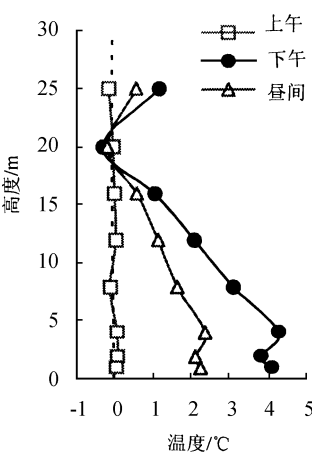


图 5 林缘与林内树表面温度差垂直分布

FIGURE 5 Vertical variation of difference of surface temperature of tree between the edge and interior

造成林缘区域的小气候在水平和垂直方向的不同, 进而导致林缘生物多样性的差异.

2.3 不同热力作用面表温差异

以上分析显示了林缘附近的热力作用十分复杂, 为了定量地比较不同热力作用面的热力效应差异, 取林内各点(22.6~2.5 m)地表温的平均值为基准, 求算其它热力作用面与它的差值, 对不同热力作用面的热力效应进行探讨.

2.3.1 林缘壁面作用面 从表 1 可见上午, 除林缘树基(0 m)之外, 林缘不同高度树表温的差值均为负值, 显示了在上午, 林内地表面的热力作用大于林缘壁面, 但是绝对差值不大; 而下午, 林缘壁面树表温均高于林内平均地表温, 林缘壁面的热力作用大于林内地面, 并且差值除了在树基处出现最大值(6.9 e)之外, 在 4 m 处呈现次最大值(4.2 e), 显示了在林缘壁面的某一高度存在热力作用的次最大区域, 说明林缘壁面的热力作用强度已是不可忽视. 这与张一平等^[11]对林窗林缘壁面研究的结果相一致.

2.3.2 林冠作用面 由于条件限制, 没有对林冠面表温进行观测, 取林冠下方的观测资料对林冠作用面的热力效应进行分析. 从表 1 可见, 上午, 林缘和林内的林冠下方树表温与林内平均地表温的差均为负值, 说明在上午林冠作用面的热力作用小于林内地表面; 而下午, 林缘和林内的林冠下树表温与林内平均地表温的差均为正值, 显示林冠作用面的热力作用大于林内地表面; 而林缘林冠的温差值大于林内林冠, 说明林缘林冠的热力作用大于林内林冠. 另外, 从林内不同高度树表温与林内平均地表温的差值来看, 上午差值均为负值, 说明上午林地地面的热力作用大于林内各植被层; 而下午在 8 m 高度以上差值为正, 4 m 高度以下差值为负, 说明在林内, 不仅林冠的热力作用大于林内地表面, 在林冠的热力影响下, 植被上层的热力作用也大于林内地表面; 而在植被下层, 由于植物与附近的空气热交换, 导致其热力作用小于林内地表面. 这显示了林内立体空间热力效应的复杂性.

2.3.3 林外地面作用面 从表 2 可见, 在上午, 林外各测点的地表温略高于林内平均地表温, 显示了林外地表面的热力作用大于林内地表面, 但差异较小, 最大值为 3.0 e (-40.0 m 处); 林内各测点的地表温与林内平均地表温相近, 差异很小.

下午林外各测点的地表温与林内平均地表温的差异十分显著, 大部分测点的差值大于 10.0 e 以上, 最大值出现在林缘处(12.0 e); 显示了林外地面热力作用十分强盛; 而林内各测点地表温与林

内平均地表温的差异仍很小($r_{STsr} < 1.0e$). 昼间的分布趋势与下午相近, 林外地表温的差值的数值略有减小.

表 1 林缘、林内不同高度树表温与林内平均地表温的差值

TABLE 1 The difference of surface temperature between different heights of tree at edge and interior and mean soil surface temperature of interior

林冠 下Pm	林缘			林内		
	上午	下午	昼间	上午	下午	昼间
25	- 1.1	1.7	0.4	- 1.0	0.4	- 0.2
20	- 1.0	1.5	0.4	- 1.0	1.7	0.5
16	- 0.9	2.8	1.1	- 0.9	1.7	0.5
12	- 0.8	2.9	1.2	- 0.9	0.7	0.0
8	- 0.8	3.7	1.6	- 0.8	0.5	- 0.1
4	- 0.5	4.2	2.1	- 0.6	- 0.1	- 0.3
2	- 0.5	3.4	1.7	- 0.5	- 0.4	- 0.5
1	- 0.4	2.9	1.4	- 0.5	- 1.2	- 0.9
树基(0)	1.9	11.0	6.9	- 0.2	- 0.1	- 0.2

表 2 林内外地表温与林内平均地表温的差值

TABLE 2 The difference of soil surface temperature between different stations at field, edge and interior and mean soil surface temperature of interior

距 离Pm	林内					林缘		林外			
	22.6	16.9	8.7	5.9	2.5	0.0	24.4	29.7	218.3	228.0	240.0
上午	- 0.1	- 0.1	- 0.0	0.3	- 0.1	1.7	1.7	2.18	2.16	2.14	3.10
下午	- 0.6	- 0.7	0.4	0.8	- 0.0	12.0	7.4	11.5	10.4	10.5	11.5
昼间	- 0.4	- 0.4	0.2	0.6	- 0.1	7.13	4.18	7.16	6.19	6.18	7.16

2.3.4 林缘区域各热力作用面热力效应的比较 表 3 显示了各热力作用面的平均表温值. 其中, 林外地表温为林外各测点(0~40 m)的地表温平均值; 林缘树表温为林缘壁面(1~20 m 高度)的树表温平均值; 林冠下树表温为林缘和林内树冠下树表温平均值; 而林内地表温为林内各测点(2.5~22.6 m)的地表温平均值.

比较各热力作用面的平均表温, 可以初步看出不同时段, 各热力作用面的热力作用的强度大小顺序, 上午为林外地表面>林内地表面>林缘壁面>林冠下方表面, 而下午和昼间为林外地表面>林缘壁面>林冠下方表面>林内地表面; 另外, 从各热力作用面间表温差异的大小, 可知下午各热力作用面的热力效应差异大于上午.

表 3 各热力作用面平均表面温度 e
TABLE 3 The mean surface temperature
on different thermal active surfaces

	林外地表温	林缘树表温	林冠下树表温	林内地表温
上午	19.1	16.0	15.7	16.7
下午	31.0	23.5	21.5	20.5
昼间	25.6	20.1	18.9	18.8

从以上分析说明,在片断化森林林缘,林缘壁面的热力效应是不可忽视的.特别是受太阳直接辐射较强时,其热力作用仅次于林外旷地.所以可以认为,在片断化森林林缘区域除了公认的林外地表面、林冠面和林内地表面 3 个热力作用面之外,林缘壁面构成了一个新的第 4 热力作用面.

3 结 论

通过对西双版纳片断化热带雨林南向边缘林内、林外地表温和林缘树表温观测资料的分析,初步得到以下结果:

上午,由于受地方天气现象(浓雾)的影响,各热力作用面的表面温度时间变化较小,下午受太阳辐射影响,各热力作用面表面温度时间变化较大.

林缘和林内树表温的垂直分布在上午和下午呈现不同的分布趋势.上午,林缘和林内的树表温均呈现随高度增加树表温降低的趋势,并且林缘与林内的差异较小;下午,林缘和林内树表温均是曲线分布,林缘树表温下层较高,在 4 m 呈现最大值.而林内树表温则是上层较高,在 20 m 出现最大值.显示了下午林缘热量是从下向上传递,而林内则反之.

各高度热量的水平传输,在上午均较小;下午下层热量的水平传输较强,而上层较弱;由此可知,下午林缘附近的林内,同时受到两热源(林冠面和林缘壁面)影响,前者由上向下传输热量,而后者由外向内传输热量.

通过比较各热力作用面的平均表温,可知各热力作用面的热力作用的强度大小顺序在不同时段存在差异,上午为林外地表面>林内地表面>林缘壁

面>林冠下表面,而下午和昼间为林外地表面>林缘壁面>林冠下表面>林内地表面.另外,下午各热力作用面的热力作用大于上午.

通过分析,可以认为在片断化森林林缘,林缘壁面的热力效应是不可忽视的,即在林缘区域除了公认的林外地表面、林冠面和林内地表面 3 个热力作用面之外,林缘壁面构成了一个新的第 4 热力作用面.对其进行深入细致的研究,将有助于解释森林林缘小气候效应和生物效应.

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,在观测中使用了部分该站的观测仪器,该站的段文平、刘梦楠等同志参加了观测,在此表示感谢.

参 考 文 献

1 Lee R. Forest Microclimatology. New York: Columbia University Press, 1978. 276

2 Mucia C. Edge effects in fragmented forest: implications for conservation. 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 Appl Eco, 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.生物多样性,1997,5:126~ 131

5 Chen J. Edge Effects: Microclimatic Pattern and Biological Responses in Old-growth Douglasfir Forests, PhD Thesis, University of Washington, Seattle, WA, USA. 1991

6 Kapos V. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. J Trop Eco, 1989. 5:173~ 1850

7 Canargo J L C, Kapos V. Complex edge effects on soil moisture and microclimate in central Amazonian forest. J Trop Eco, 1995, 11: 205~ 221

8 Sizer N C. The edge effect and natural regeneration in lowland tropical rain forest, Central Amazonia. PhD Thesis, University of Cambridge, 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.植物生态学报,1998,22(3):250~ 255

10 张一平,马友鑫,刘玉洪,等.中国热带静风区林缘水平热力特征的初步分析.应用生态学报,2000,11(2):205~ 20

11 张一平,王进欣,刘玉洪,等.西双版纳热带次生林林窗边缘树表温度时空分布.北京林业大学学报,2000,22(3):8~ 13