

热带雨林片断植物叶温边缘效应的初步分析*

郭 萍 马友鑫 张 一平 刘玉洪 窦军霞

(中国科学院西双版纳热带植物园)

摘要 在西双版纳地区一块面积为 3 hm^2 热带干性季节性雨林片断的南向林缘, 观测了林内至林外水平样带上的植物叶温及其它小气候要素. 结果表明, 植物叶温的边缘效应影响范围从林内 20 m 至林外 16 m, 这种水平变化梯度尤以林缘附近(林内 12 m 至林外 8 m) 最大. 从林内至林外, 植物叶温(T_l) 依次表现出气温(T_a) 型($T_a > T_l$)、中间型($T_a = T_l$) 和辐射型($T_l > T_a$). 探讨了植物叶温与气温的关系, 并讨论了植物叶温边缘效应的生态学影响.

关键词 植物叶温, 边缘效应, 热带雨林, 生境片断化, 西双版纳

中图分类号 S718.43

Guo Ping; Ma Youxin; Zhang Yiping; Liu Yuhong; Dou Junxia. **Plant temperature edge effects of tropical rain-forest fragment in Xishuangbanna.** *Journal of Beijing Forestry University* (2003) **25** (1) 19~ 22[Ch, 9 ref.] Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, 650223, P. R. China.

Edge is an important landscape feature of fragmented tropical forest landscapes in Xishuangbanna, Southwest China. Little is known about the edge effect of plant temperature that plays a key role in growth and development of plants. The primary objective of this study is to characterize the changes in plant leaf temperature from a forest interior to the outside. Leaf temperatures and other microclimatic elements were measured along a transect extending from the interior to the open field at south-facing edge of a 3 hm^2 tropical dry seasonal rainforest fragment in Xishuangbanna. The findings showed that the influence range of edge effect of the leaf temperature (T_l) was 20 m into the forest and 16 m into the open field from the edge. The greatest horizontal change in the leaf temperature occurred near the edge ranging from - 8 m to 12 m into the interior. From the interior to the open, the leaf temperature was found, comparing with air temperature (T_a), to show three categories of air temperature pattern ($T_a > T_l$), middle pattern ($T_a = T_l$) and radiation pattern ($T_a < T_l$). The relations of T_l to T_a were created at the interior, the edge and the open. The ecological impacts of the edge effect of the leaf temperature were also discussed.

Key words leaf temperature, edge effect, tropical rainforest, habitat fragmentation, Xishuangbanna

连续森林的片断化导致林缘面积相对倍增, 而林缘地带特殊的物理环境及由此所产生的生物变化使得边缘效应成为森林生态学的研究热点^[1~5]. 在以往研究林缘植物对环境温度响应中, 人们普遍采用气温(T_a), 忽略了真正制约植物生长发育及地理分布的植物温度. 植物温度是由土壤- 植被- 大气连续体(SPAC) 内的能流与水汽流的收支平衡状况所决定, 明显不同于无日射、荫蔽条件下测定的 T_a , 它既是植物对环境综合因子反应的一个重要指标,

也是与植物生理过程密切相关的一个重要因子. 因此, 研究植物温度的边缘效应不仅为生物与非生物效应相互影响研究提供了一个有力的连接手段, 也是从机制上进一步了解片断化森林生态系统结构与功能改变的原因.

本文根据 2000 年 12 月在西双版纳热带雨林片断边缘的植物叶温及小气候观测资料, 来探讨林缘附近叶温的水平变化及其影响范围, 并讨论植物叶温与气温的相互作用关系, 为片断化森林的保护、生物多样性管理及生态恢复提供科学依据.

2002-05-14 收稿

<http://www.wanfangdata.com.cn>

* 国家自然科学基金资助项目(39770141)、云南省自然科学基金资助项目(97C092M)和中国科学院重大资助项目.

第一作者: 郭萍, 女, 1976 年生, 硕士生. 主要研究方向: 生态气候. 电话: 0871-5160916 Email: guop@xtbg.ac.cn 地址: 650223 昆明市学府路 88 号中国科学院西双版纳热带植物园昆明分部.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

1 研究地概况与研究方法

西双版纳位于云南省南部,即在 21°09′~22°36′N,99°58′~101°50′E 之间,终年受西南季风控制,属热带季风气候,1 年中有干热季(3~4 月)、湿热(雨季)(5~10 月)和雾凉季(11~2 月)之分^[3].观测样地设该区由傣族传统文化所保存的热带干性季节性雨林片断(低丘常绿季节雨林)——曼娥“龙山”林.曼

娥“龙山”林面积约 3 hm²,分布在海拔 550 m 的缓坡低丘,其群落高度为 30 m,群落总盖度为 80%.由于受人为干扰,与典型的低丘季节雨林原始林相比,曼娥“龙山”林的群落层次结构已不完整,主要表现为上、中层乔木个体数和覆盖度明显较小,高度 10 m 以下的小树和幼树个体丰富,附生植物和草本植物减少,藤本植物明显增多^[9].

表 1 所观测的不同生活型植物种类
TABLE 1 Plants list measured in this study

生活型	种 名
乔木	大叶藤黄 <i>Garcinia xanthochymus</i> 、海红豆 <i>Adenanthera pavonina</i> 、酸苔菜 <i>Andisa solanacea</i> 、箭毒木 <i>Antiaris toxicaria</i> 、黄檀 <i>Dalbergia hupaina</i> 、银钩花 <i>Miraphora thordii</i> 、谷木 <i>Menecylon ligustrifolium</i> 、披针叶楠 <i>Phoebe lanceolata</i> 、鹊肾树 <i>Sreblus asper</i> 、菲岛桐 <i>Mallotus philippinensis</i> 、布渣叶 <i>Microcos paniculata</i> 、毛紫葳 <i>Lagerstroemia tomentosa</i> 、露兜树 <i>Pandanus furcatus</i>
藤本	大花山牵牛 <i>Thunbergia grandiflora</i> 、蛇藤 <i>Acaia pennata</i> 、弯刺山黄皮 <i>Randia bispinosa</i>
草本	多花山壳谷 <i>Pseudoranthemum polyantha</i> 、肾苞草 <i>Phaulopsis darsiflora</i> 、飞机草 <i>Eupatorium aloratum</i> 、玉龙鞭 <i>Stachytarpheta jamaicensis</i> 、胡椒 <i>Piper nigrum</i> 、辣椒 <i>Capsium annuum</i>
附生	石柑 <i>Dphtos chinensis</i>

小气候的观测样带设在边缘效应较为强烈的南向林缘.鉴于边缘效应,观测布点采用林缘附近较密、其它处较稀不等距原则.以林缘为测点中心,从林外到林内共设 9 个观测点,即林缘(0 m)至林内 5、12、18、24 m,至林外 4、8、20、32 m.观测内容:地上 1.5 m 高处空气温、湿度(TR 型自记温度计,日本 T&D 株式会社产)、风速、风向(VF-1 微风仪,长春气象仪器研究所产)、地表面温度(红外辐射温度计,COMPAC3,日本国 Minolta 株式会社)和光照(照度计,德国 GOSSEN 公司产);林内、林缘和林外的太阳总辐射、红外辐射、光合有效辐射(管状辐射表,英国 DeltaT 公司产);此外,在距林缘 18、12、5 m 处(林内)及 8、32 m 处(林外),各设一高约 16 m 简易观测架,进行空气温、湿球温度垂直观测(TR 型自记温度计,日本 T&D 株式会社产).观测在 2000 年 12 月 28~31 日昼间(8:00~18:00)进行,每 5 min 测 1 次,其它项目则每小时测 1 次.另外,用红外辐射温度计(COMPAC3,日本国 Minolta 株式会社)观测植物叶温(T_l),每种植物每次观测重复 3 次,本次观测中选取了 23 种不同生活型植物(表 1),因受观测条件限制,均选择高度在 10 m 以下植物的向阳叶,观测中同时纪录天气状况.

2 结 果

2.1 植物叶温的水平变化

由图 1 林缘昼间平均叶温的水平分布看出:林内外叶温差异较大,林外明显高于林内 4~5℃,但

与林缘叶温的差异较小,在林缘外侧 4 m 处有一低值.从林缘到林内,随着距离的增加, T_l 值迅速降低,到林内约 20 m 之后,叶温趋于平缓,这与气温变化基本一致^[1].从林缘到林外 16 m 植物叶温渐增,但其变化小于林内.这种叶温水平梯度主要发生在林缘附近(从林外 8 m 至林内 12 m),其值高达 0.168℃/m.

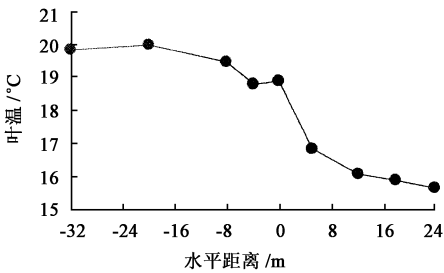


图 1 曼娥林缘昼间各测点平均叶温的水平分布
FIGURE 1 Variation in mean daytime leaf temperature with distance from forest interior to the outside at Man'e

图 2 显示出昼间不同时间各观测点叶温与林内 24 m 处的叶温差值(ΔT_l)的水平变化.由于观测时正值雾凉季,受浓雾影响,上午 8:00、9:00 林内外差异不大, $\Delta T_l < 0.5^\circ\text{C}$; 10:00 过后,随着雾抬升及雾层变薄,林外接受较多阳光,叶温上升较快, ΔT_l 在 1.3~2.3℃之间;而林内因林冠遮蔽,获得的太阳辐射相对较少,叶温升高缓慢,使得林内叶温差基本不变.中午 12:00 过后,雾完全消散,林缘的增温作用

随着时间的推移逐渐增强, 14: 00 林外、林缘与林内的叶温差值达最大, 在林外 ΔT_1 将近 10°C , 在林缘处也达 7.7°C . 从图中还可看出, 林内的增温效应要大于林外, 尤其是距林缘 8 m 以内, ΔT_1 从 12: 00、13: 00 的 0.8°C 迅速上升到 14: 00 的 2.7°C . 下午, 光照渐

弱, 林外叶温随之降低, 而林内因林冠的阻断和风速较低, 叶温下降缓慢, 使得 ΔT_1 随时间增加逐步减小, 到 18: 00 林内叶温普遍高于林外, 林外 ΔT_1 出现负值. 林缘的增温作用仍较明显, 依然保持较高的叶温差.

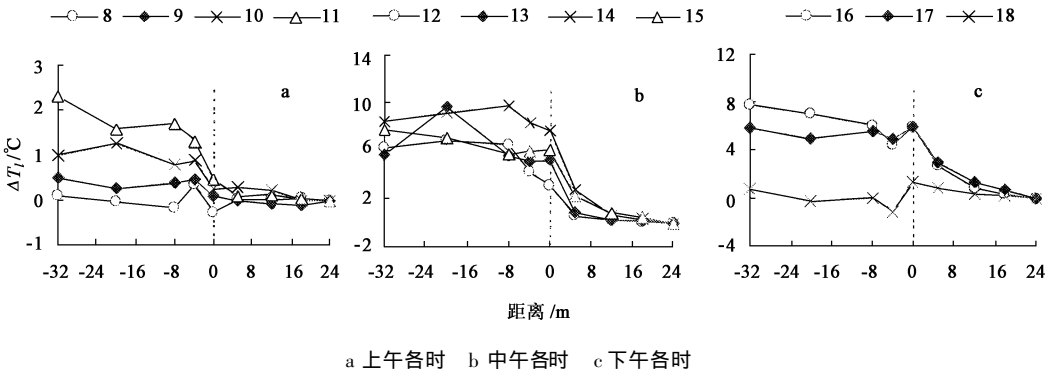


图 2 各测点与林内 24 m 处叶温差的水平分布
FIGURE 2 Variation in leaf temperature difference (ΔT_1) between at each point and at 24 m in forest interior

2.2 植物叶温的日变化

从图 3 可见, 林外、林缘叶温的日变化曲线要比林内剧烈, 特别是从 11: 00 开始, 林外、林缘叶温陡升, 12: 00~ 14: 00 期间二者叶温的增幅分别为林内的 1.4 倍和 1.9 倍. 林外、林缘均于 14: 00 达最大, 其峰值分别为 27.8°C 和 26.4°C . 林内叶温日变化曲线平缓, 与林外、林缘一样具有单峰曲线特征, 但其相位落后, 峰值滞后 2 h, 即于 16 时达到最大, 其值也降为 21.2°C .

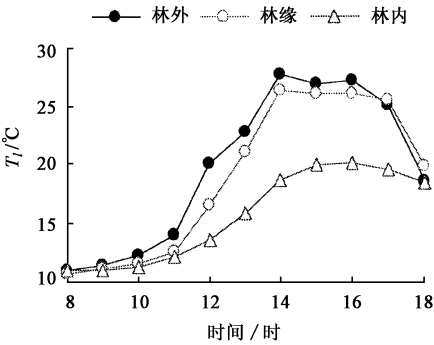


图 3 曼娥林外、林缘及林内叶温的时间分布
FIGURE 3 Daytime variation in leaf temperature at forest interior, edge and the outside at Man'e

2.3 植物叶温与气温的关系

在 8: 00~ 10: 00, 雾削弱了太阳辐射, 加之空气较潮湿, T_1 与 T_a 相差不大, T_a 略高于 T_1 , 林缘附近及林内的叶气温差为负 ($T_1 - T_a < 0$) (见图 4). 在昼间, 林内 (距林缘 8 m 以外) T_1 随 T_a 涨落, 叶气温差始终在 $-1 \sim 0^{\circ}\text{C}$ 之间; 而距林缘 8 m 以内, 因受林缘影响较强及林缘附近林冠遮蔽度较小, 使得叶气

温差在 11: 00 之后就转为正值. 林外和林缘处 T_1 在午后急剧上升, 其与气温之差于 14: 00 达最大, 分别为 3.9°C 和 4.8°C . 可见, 在林外、林缘除气温影响植物温度以外, 午后强烈的太阳辐射是引起 T_1 变化加剧的主要原因. 另外, 从图中还可看出, 林缘附近 17: 00, 18: 00 T_1 下降加快, 叶-气温差转为负值, 究其原因可能来自两方面: 一方面是由于辐射减弱; 另一方面是湿度增大.

通过统计分析得出, T_1 与 T_a 之间具有显著线性正相关, 其关系表达式如下:

$$T_1 = 1.055 4T_a - 0.708 \quad r = 0.957 \quad n = 99$$

其中, 林缘: $T_1 = 1.147 2T_a - 1.766 2 \quad r = 0.964$
 $n = 33$
林内: $T_1 = 0.928 8T_a + 0.443 2 \quad r = 0.986$
 $n = 33$
林外: $T_1 = 1.102 1T_a - 0.533 6 \quad r = 0.949$
 $n = 33$

从上述统计关系中可看出, 叶温随气温的变化斜率是林缘> 林外> 林内, 反映出林缘附近温度变化最强烈.

3 讨 论

世界各地观测到的森林片断边缘效应影响深度在 10~ 500 m 之间, 而大多数则发生在林缘至林内 100 m 内^[6]. 在热带雨林地区, 影响深度则变化于 20 ~ 60 m^[1, 7] 之间. 本研究表明, 叶温水平变化主要出现在从林缘至林内 20 m、至林外 16 m, 其中林外 8 m 至林内 12 m 变化尤为剧烈, 该结果类似于马友鑫等 (1998) 在该样地对其它小气候要素的观测.

在午后,叶-气温差在林缘附近存在一个较高的正值区(图4),这可能与南向林缘的蓄热窝风降湿机制有密切联系.试验中观察到林缘部分植物(如飞机草 *Eupatorium odoratum*、玉龙鞭 *Stachytarpheta jamaicensi*、鹊肾树 *Streblus asper* 和大花山牵牛 *Thunbergia grandiflora* 等)叶片于午后出现轻度萎蔫现象,表明这些植物处于水分胁迫状态下,气孔开度变小或关闭,叶气孔阻力加大,从而减少蒸腾耗热使叶温升高.这种小气候变化将影响植物分布及某些生

态学特征,如林缘植物的小叶级比例通常较高(周虹霞, 2001)正是对这种变化的一种响应.

从林内到林外,植物叶温表现出三种类型,即气温型($T_a > T_l$)、中间型($T_a = T_l$)和辐射型($T_l > T_a$).中间型出现在距离林缘 8 m 的林内,从该处到林外为辐射型,反之为气温型.这种类型变化的主要原因是太阳辐射、湿度、风速及植物特征参量的改变,这些因子的影响将另文讨论.值得指出,在林内由于林窗的存在会使植物叶温表现出辐射型.

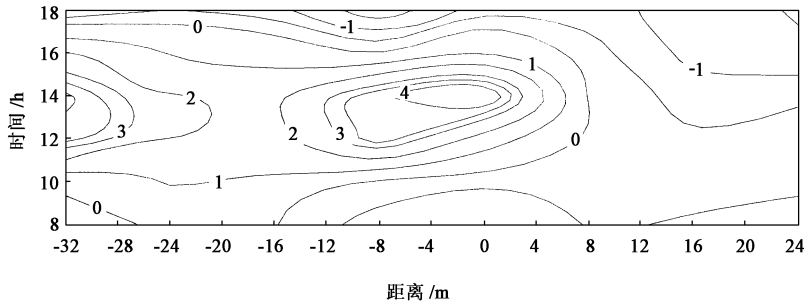


图4 各测点叶-气温差($T_l - T_a$)的时空分布

FIGURE 4 Temporal-spatial distribution of difference between T_l and T_a

本文主要探讨了植物叶温变化及其与气温之间的关系,没有详细地讨论其他小气候因子、土壤要素对植物叶温的影响.此外,不同种植物因生理构造、生态习性不同,植物叶温也会有差异,这些都有待进一步研究.因植物叶温观测要求技术高,且植物种类繁多,给长期实测带来困难,为获取林缘植物叶温的详尽资料,应从能量平衡角度出发,建立林缘植物叶温模型,进一步从理论上阐述林缘小气候边缘效应机理.

致谢 本研究得到中国科学院西双版纳热带生态研究站大力支持,并使用了部分观测仪器.另外观测中刘文杰同志给予许多帮助,段文平同志参加观测工作,谨此致谢.

参 考 文 献

1 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
2 马友鑫,张一平,刘玉洪,等. 森林片断的边缘效应及对物种的

影响. 见: 许智宏主编. 面向二十一世纪的中国生物多样性保护. 北京: 中国林业出版社, 2000. 276- 385
3 张克映. 滇南气候的特征及其形成因子的初步分析. 气象学报, 1966, 33(2): 210- 230
4 朱华,许再富,王洪,等. 西双版纳片断热带雨林的构造、物种组成及其变化的研究. 植物生态学报, 2000, 24(5): 560- 568
5 Canargo J L C, Kapos V. Complex edge effects on soil moisture and microclimate in central Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology*, 1990, 11: 205- 221
6 Chen J. Edge effects: microclimatic pattern and biological responses in old-growth Douglas fir forests: [PhD Thesis]. Seattle, WA, USA: University of Washington, 1991
7 Fox B J, Taylor J E, Fox M D, *et al.* Vegetation changes across edges of rainforest remnants. *Biological Conservation*, 1997, 82: 1- 13
8 Matlack G R. Microenvironmental variation within and among forest edge sites in the eastern United States. *Biological Conservation*, 1993, 66: 185- 194
9 Williams-Linera G. Vegetation structure, and environmental conditions of forest edges in Panama. *Journal of Ecology*, 1990, 78: 356- 373

(责任编辑 胡 涌)