

西双版纳人工雨林土壤温度变化规律

刘文杰 李红梅

(中国科学院西双版纳热带植物园生态室 云南勐仑 666303)

摘要 以旷地、单层橡胶林及自然雨林作为对照, 分析了人工雨林土壤温度及土壤热通量的日、年变化规律。结果表明:(1) 土壤温波振幅减小幅度表现为旷地>单层橡胶林>人工雨林>自然雨林, 位相滞后则是旷地<单层橡胶林<人工雨林<自然雨林。(2) 地面最高温度表现为旷地>单层橡胶林>人工雨林>自然雨林, 地面最低温度相反, 以自然雨林最高, 旷地最低。(3) 土壤热通量的绝对值以旷地>单层橡胶林>人工雨林, 而位相依次滞后。

关键词 人工雨林 土壤温度 热通量

热带雨林结构上的多层次特性, 导致了其功能上的高生产力和高稳定性, 是自然植被的最佳组合。热带人工雨林则是模拟热带雨林的结构, 以不同生态类型植物代替自然雨林内各层植物, 创造既有高生态效应又有高生产力的人工植被类型, 这是热带森林生态系统研究结合生产实践的新探索。

1 实验概况

实验地设在西双版纳州勐腊县勐仑镇, 本区属北热带北缘西南季风气候区。人工雨林以热带地区大面积种植的巴西橡胶树为上层乔木, 行间种植萝芙木、金鸡纳、大粒咖啡、可可、木奶果等经济植物为中层小乔木, 林下种植千年健、砂仁、肾茶等萌生草本及小灌木经济植物。在乔木的树干上配置具有经济或观赏价值的香荚兰、兰花等藤本及附生植物。经多年配置管理, 已建成结构多层、种类多样的人工雨林0.3ha。上层乔木橡胶树为1962年种植, 下层植物为逐年引进。靠近人工雨林的单层橡胶林为同年种植。其中, 橡胶树高约20m, 第二层乔木高5m—8m, 草本层高0.5m—1.0m。

在单层橡胶林、人工雨林内于1993年8月至1994年12月进行了常规气象观测, 每日三次与旷地同步, 项目有1.5m高处温、湿度及风速, 地面及地中至80cm处土壤温度。旷地另有

160cm、320cm地温及太阳辐射同步观测。同时在各季节代表天气里, 在各测点及自然雨林内又进行每小时一次的连续观测。

2 结果与讨论

2.1 土壤温度变化

2.1.1 土壤温度日变化

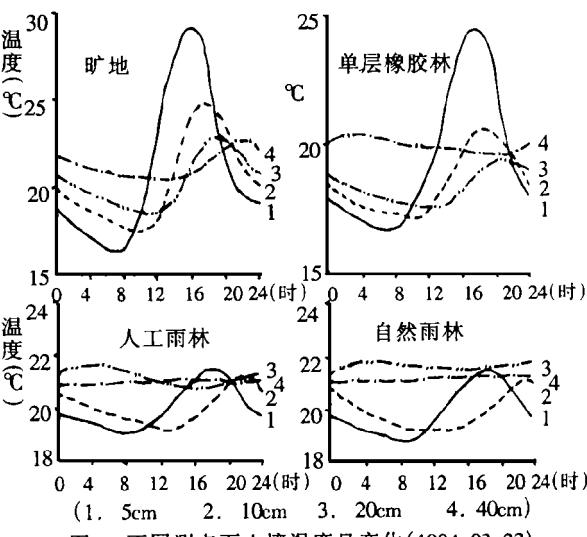


图1. 不同测点下土壤温度日变化(1994.03.23)

通过对以上各测点各层土温连续观测, 结果如图1, 可看出, 各测点土温具有明显的日变化。随着土壤深度的增加, 温波振幅减小及位相滞后相当快, 但各测点又有差异。其中单层橡胶林与旷地相比较, 5cm—20cm深层温波, 除振幅减小

及位相滞后外, 波形大致相似, 但 40cm 深处单层橡胶林变化已不明显, 其位相滞后与地同深度约 5h。人工雨林、自然雨林的土温与地相比更是不同, 其中 5cm—10cm 土温振幅减小、位相滞后更明显, 20cm—40cm 土温变化很小, 尤其是 40cm 处几乎无变化。但是, 人工雨林与自然雨林各层土温变化却大致相似, 随深度增加, 温波振幅减小、位相滞后的波形大致相同。

表 1 和表 2 为各测点土壤不同深度温度振幅及位相滞后时数的 $6d$ 平均。可见, 各测点随着离地表深度的增加, 温度振幅急剧减小, 同深度层相比, 减小幅度以地> 单层橡胶林> 人工雨林> 自然雨林, 且同深度温度振幅也是此种规律, 而 80cm 深处各测点均无温度变化。

表 1 不同测点下各层土壤温度振幅()
(1994. 03. 20—25)

测定深度 (cm)	0	5	10	15	20	40	80
地	29.3	15.2	7.5	5.8	4.2	1.5	0.0
单层橡胶林	16.5	8.8	4.4	2.6	1.7	0.3	0.0
人工雨林	4.8	2.2	1.8	1.1	0.9	0.1	0.0
自然雨林	4.6	2.0	1.6	0.8	0.3	0.1	0.0

表 2 不同测点下各层土壤温度的位相滞后时间(h)
(1994. 03. 20—25)

测定深度 (cm)	5	10	15	20	40	80
地	2.08	5.16	8.25	11.47	17.62	—
单层橡胶林	3.11	5.67	9.40	12.21	19.14	—
人工雨林	3.65	6.05	10.77	16.10	21.71	—
自然雨林	3.67	6.10	10.90	16.17	21.82	—

由表 2 可见, 随深度的增加, 温波位相较地表滞后增长, 各测点同深度相比, 以地< 单层橡胶林< 人工雨林< 自然雨林, 且均以 40cm 处位相滞后最长。80cm 处因无温度变化, 故无位相而言。同时由表中也可看出, 无论振幅减小幅度, 还是位相滞后时数, 以人工雨林与自然雨林表现最相似, 这也说明, 人工雨林的部分生境条件接近自然雨林。

上述现象不难理解。由于投射到地表面上的太阳辐射远大于受林冠层阻挡、吸收、散射、反射后到达林下地面的太阳辐射, 因而其温度和温度的日振幅比地低。在林内又由于林分结构与土壤的热力特性不同, 温度的变化也各异。单层橡胶林内, 太阳辐射到达林地仅需林冠层的一次分配, 而人工雨林和自然雨林为多层乔木、灌木组成, 太阳辐射要经多次反射、吸收方可到达林地, 因而太阳辐射量又较单层橡胶林地要小。同时, 人工雨林与自然雨林内土壤湿度、空气湿度比地大, 上午太阳辐射能多用于蒸发耗热, 热量下传很弱很慢, 远不及地(图 3), 结果致使温度振幅减小及位相滞后。

观测发现各测点距地表 1.5m 高处最低气温与地面最低温度同时出现, 但最高温度却是气温滞后约 1h。同时各测点地面最低温度表现为地> 单层橡胶林> 人工雨林> 自然雨林; 地面最高温度相反, 以地最高, 自然雨林最低。

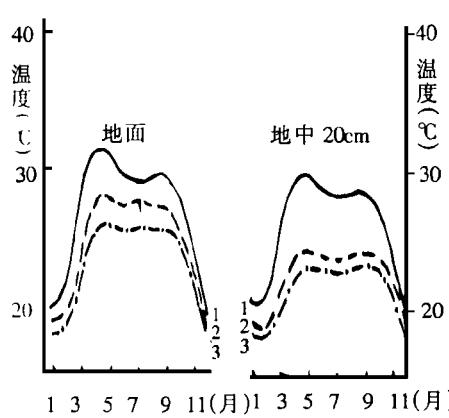
2.1.2 土壤温度年变化

由各测点地面及地中 20cm 温度年变化情况(图 2)可看出, 全年各月均是地> 单层橡胶林> 人工雨林。其中, 雨季 6 月—10 月各测点温度变化均较小, 此时期雨水多, 天空多阴雨, 太阳辐射总量各月差别不大。干季 1 月—5 月, 由于太阳高度角的逐日增大, 土壤每日吸收的热量增多, 故地面及地中温度上升很快, 地中 20cm 处温度上升较地面滞后, 滞后时数以人工雨林最长。

但地面最高、最低温度及深层土温表现却不同。如表 3, 地面最高各月均是地> 单层橡胶

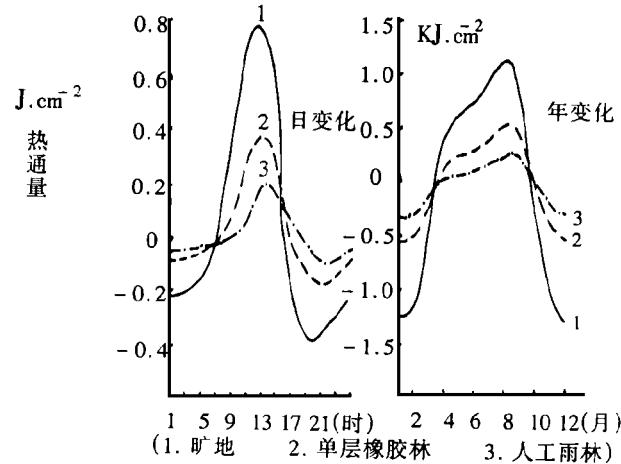
林>人工雨林,以干热季3月—5月差别最大。单层橡胶林较旷地小5.2,人工雨林较单层橡胶林又小21.2。单层胶林与旷地差别小的原因是橡胶树行带间的不荫闭,太阳辐射入射林地表,使地面升温,加之林内风速(0.1m/s)较旷地(0.6m/s)小,减小了近地层的湍流失热,而人工雨林内受到层层阻挡,几乎无直接太阳辐射入射地表,故人工雨林最高温度远小于旷地和单层橡胶林。雾季11月—2月和雨季,受早晚雾及降水

影响,温度差别相应变小。地面最低温度除1月、10月旷地与单层橡胶林相同外,均是旷地<单层橡胶林<人工雨林。至于地中40cm处温度,干热季和雨季均是旷地>单层橡胶林>人工雨林,雾季则表现出不同规律,其中1月份以人工雨林最高、旷地最低,12月份则以旷地最高、人工雨林最低。这主要是各测点全年土壤贮热及热传导量不同所致。



(1. 旷地 2. 单层橡胶林 3. 人工雨林)

图 2. 不同测点下土壤温度年变化



(1. 旷地 2. 单层橡胶林 3. 人工雨林)

图 3. 不同侧点下土壤热通量日及年变化

表 3 不同测点下土壤温度比较()

月 份		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
地面 最高	旷 地	35.4	39.6	47.8	52.9	49.7	42.1	40.4	41.6	41.2	43.5	39.4	35.6	42.4
	单层橡胶林	24.5	36.1	42.6	48.0	44.2	37.1	36.2	36.4	36.0	37.4	36.1	24.7	36.6
	人工雨林	18.0	19.7	22.7	24.4	24.0	28.5	27.2	27.4	27.2	23.6	20.5	19.1	23.5
地面 最低	旷 地	14.5	13.1	15.1	18.1	22.2	24.2	24.4	24.1	23.0	22.0	18.9	13.6	19.4
	单层橡胶林	14.5	14.2	15.4	18.2	22.4	24.7	24.5	24.4	23.2	22.0	19.1	13.9	19.7
	人工雨林	14.8	14.6	16.1	18.6	22.4	24.8	24.6	24.5	23.4	22.1	19.4	14.2	20.0
地中 40cm	旷 地	20.5	20.3	23.0	26.2	28.1	28.5	27.9	28.1	28.0	27.2	24.8	21.3	25.3
	单层橡胶林	20.7	20.3	21.8	23.8	24.4	24.5	23.7	23.6	23.4	22.5	21.6	20.9	22.6
	人工雨林	20.9	20.4	21.7	23.6	24.1	24.2	23.6	23.5	23.1	22.3	21.6	21.1	22.5

为计算土壤中温度变化恒温层深度, 利用文献^[1]中土壤温度的谐波方程, 并规定温度日(年)较差等于地温表的观测误差(±0.1)的深度, 为日(年)变化的恒温层深度, 则结果如表4。可见, 年、日变化恒温层深度均是旷地>单层橡胶林>人工雨林, 这是因为旷地地面温度日振幅远大于后两者, 其热量下传较多、深度较深。但恒温

层深度各季节表现不同, 除人工雨林雾季与干热季相同, 其余均是雾季<干热季<雨季。这与土壤湿度及地面温度状况有关, 因为雨季土壤湿度大, 导温率高^[2], 易于传热, 加之地表温度不断升高, 故恒温层较深。而干热季地面温度振幅远大于雾季, 因而其热量下传自然比雾季深。

表4 各季节不同测点下土壤温度日变化及年变化恒温层深度(m)

季 节	雾季(11月—2月)		干热季(3月—5月)		雨季(6月—10月)		年平均	
	日变化	年变化	日变化	年变化	日变化	年变化	日变化	年变化
旷 地	0.48	9.17	0.52	9.93	0.60	11.46	0.53	10.12
单层橡胶地	0.42	8.02	0.45	8.60	0.46	8.79	0.44	8.40
人工雨林	0.40	7.64	0.40	7.64	0.43	8.21	0.41	7.83

2.2 土壤热通量的变化

由于太阳辐射强度、总量的日、年变化及各测点地面获得太阳辐射量的不同, 致使热量下传量不同, 从而引起各层温度变化。为比较各测点地面热通量变化, 利用热平衡台站规范方法^[1]计算了热通量的日变化, 利用土柱含量法^[1]计算了年变化(如图3)。可见, 热通量日变化的绝对值, 旷地远大于单层橡胶林, 人工雨林次之。最大热通量的出现时刻依次滞后, 以人工雨林出现最晚(较旷地滞后约1h), 但均比各自地面最高温度出现时刻提前约2h。同时, 曲线有二次过0。日变化中, 以单层橡胶林与人工雨林差别较小, 尤其是夜间, 这是因为林冠阻挡了太阳辐射及地面长波有效辐射而使土壤热通量较低, 即获得和失去的热量均较小。

对于热通量年变化, 由图3可见, 热通量绝对值仍以旷地最大、人工雨林最小, 且最大热通量及过0时刻依次滞后。就旷地而言, 从3月—

4月开始至9月底为正的时期, 此后为负值, 并在12月达负最大值。因3月—4月间, 地表温度开始上升, 且速度较下层快(图2), 热量不断下传, 热通量由负转正。进入雨季后, 由于土壤湿度增大, 土壤导热率增强, 热通量逐渐增大, 至8月热通量达最大。9月—10月间因地面温度已下降, 热通量由正变负, 到11月—12月, 地面温度降低最快, 因而出现负最大值。单层橡胶林与人工雨林变化基本相似, 只是人工雨林热通量更小、位相更滞后。

3 结语

人工雨林与自然雨林土壤温度、土壤热通量变化状况均较相近, 这也表明, 人工雨林的生境条件接近于自然雨林, 为进一步向人工雨林内引进自然雨林植物创造了先决条件。因人工雨林结构提高土、光、热、水等环境资源的空间及时间利用率, 故为热带地区资源开发提供了一条捷径。

参考文献

- 翁笃鸣, 陈万隆等. 小气候和农田小气候. 北京: 农业出版社, 1981: 41—59
- 么枕生. 农业气象学原理. 北京: 科学出版社, 1958: 136—153.

Laws of Temperature Variation of Artificial Rainforest Soil in Xishuangbanna

Liu Wenjie Li Hongmei

(Ecological Laboratory of Xishuangbanna Tropical Botanical Garden of the Academy of Sciences of China
Menglun 666303)

Abstract It were analysed Laws of temperature variation and heat flux of artificial rainforest soil during day and year as compared with bare land, pure rubbe forest and natural rainforest. The results show : (1) extent of soil temperature fluctuation in bare land> that in pure rubber forest > that in artificial rainforest > that in natural rainforest, and the phase hysteresis of bare land< that of pure rubber forest< that of artificial rainforest< that of natural rainforest; (2) the highest surface temperature on bare land> that on pure rubber forest> that on artificial rainforest> that on natural rainforest; (3) the absolute value of soil heat flux of bare land> that of pure rubber forest > that of artificial rainforest, but their phases hysteresis appear in turn.

Key words artificial rainforest soil temperature heat flux

老一辈科技工作者黄卓泉同志去逝

原云南农垦红河热带作物研究所所长, 高级农艺师黄卓泉同志因车事故, 于 1996 年 10 月 6 日不幸遇难, 享年 59 岁。

黄卓泉同志, 广东省兴宁县人, 1959 年 7 月毕业于云南省玉溪农校农作物栽培专业, 分配到云南省农业展览馆任布馆员, 同年 11 月调到红河热带作物研究所从事热作技术研究及推广工作。历任技术员、副所长、所长。

黄卓泉自参加工作以来, 先后从事红河垦区“橡胶北移及新区试种”、“热带经济作物引种及适应性试种”、“河口县二十年气候资料整编”、“河口县农业气候资料整编”、“三叶橡胶树与河口地区农业气候条件的研究”、“红河州热带作物种植业区划”、“河口县综合农业区划”、“云南省肉桂种植区划”等研究工作。为红河垦区橡胶和热带作物事业的发展和经济振兴作出了贡献。

黄卓泉同志的不幸遇难, 使我们失去了一位科技战线上的老同志、好同志。让我们把悲痛化为力量, 学习黄卓泉同志的好思想好作风, 为推动热作事业的发展和经济繁荣作贡献。

云南农垦红河热带作物研究所供稿