

## 鼎湖山亚热带季风常绿林不同林型下 土壤热量状况的研究\*

张秉刚 卓慕宁 骆伯胜 黄湘兰

(广东省土壤研究所)

### 摘 要

本文报道了1985—1988年鼎湖山亚热带季风常绿林三种林型下土壤的热量状况动态。根据各林型的林冠降水量、林下气温、地表温及土壤温度等参数划分土壤热量季节。具体分为凉季(12—2月)、热季(4—9月)、两个过渡季(3月及10—11月)等4个热量季节。

在不同的热量季节中,阔叶林下水化赤红壤的温度低,具有“稳温”特点;针叶林下赤红壤温度高而且变幅大,具有“易变”特点;混交林下赤红壤的热量状况,介于针叶林和阔叶林之间,具有过渡或中间状态的特点。

**关键词:** 温度; 土壤温度; 土壤温度季节

鼎湖山是我国建立的第一个自然保护区,自70年代加入联合国教科文组织的“MA-B”机构和中国科学院组建鼎湖山森林生态系统定位研究站以来,国内外一些地学、生物学工作者,对该地的光照热量与植被关系,作了大量的调查研究。吴厚水等曾在“保护区内的自然地理特征及其动态分析的研究”一文中,阐述了几种群落的土壤温度状况<sup>[1]</sup>。吴兴宏等对鼎湖山自然林小气候特点进行了两年的观测,取得系统的资料<sup>[2]</sup>。但对不同林型下的土壤的热量状况及其关系,未见有系统的论述。作者试从这些方面加以补充。

本研究采取定位定点定时观测,观测间距时间5天,重点观测时期视需要进行。由于采用人工观测方法在中午进行,所取得的温度数据只能代表中午。观测点的基本情况见本期“鼎湖山季风常绿林不同林型下土壤水分状况研究”一文。

\* 国家自然科学基金委员会资助课题。本课题研究蒙陆发熹教授、何金海研究员的指导,野外工作承中国科学院鼎湖山森林生态系统定位站黄玉佳、莫江明、郭贵仲同志大力协助,在此一并致谢。

# 一、温度的三维空间差异及三维空间温度的回归关系

从表1、表2可知：1. 植被覆盖度小，凋落物层薄的针叶林下的空间、地面及30cm

表1 气温、地表温、30cm土温差比较(°C)

Table 1 Difference of temperature among soil surface and atmosphere (°C)

林型 Vegetation type	气 温 Atmospheric temperature				地 表 温 Temperature of the soil surface				土 深 30 cm 30 cm soil temperature			
	年平均 Annual average	2月	8月	12月	年平均 Annual average	2月	8月	12月	年平均 Annual average	2月	8月	12月
针叶林 Coniferous forest	24.94	14.60	31.29	18.07	24.52	15.24	30.38	17.47	22.80	16.76	27.41	18.12
混交林 Mixed forest	23.78	14.48	30.34	16.14	23.07	15.12	29.72	15.09	21.71	15.91	26.81	15.80
阔叶林 Broadleaf forest	21.58	13.32	27.79	14.29	20.56	13.35	26.21	13.78	20.10	14.51	24.41	15.29

土壤的温度,分别比植被覆盖度大、凋落物层厚的阔叶林下高 3.33°C、3.69°C及2.86°C, 植被覆盖度一般、凋落物层厚的混交林,则介于上述两种林型之间。2. 气温最高的8月针叶林下的气温、地表温、30cm土温,分别比阔叶林下高 3.5°C、4.17°C、3.0°C,混交林下温度则介于两林之间。最冷的2月,针叶林下气温、地表温30cm土温比阔叶林分别高 1.28°C、1.89°C、2.25°C,混交林也介于两林之间。3. 针叶林是三种林型中三维空间温差最大,而且具有易变特点的林型;三维温差最小的阔叶林下,温度具有稳温特点;混交林虽介于中间状况,但倾向于易变。4. 不同林型下三维空间温度差异与林型结构有关,林冠面狭、林型结构稀疏的针叶林下,受阳光辐射空间广、时间长,气温>地表温>30cm土温的月份比阔叶林多2个月,即分别出现于4—12月及4—10月;气温>地表温<30cm土温的状况,则针叶林比阔叶林少2个月。

根据4年的观测资料,通过回归分析,得出表3资料,表中Y代表土温,X代表气温。

从三种林型下气温与土温的回归关系看,处于亚热带鼎湖山的赤红壤,其土温与气温之间的关系,总的趋势介于热带吊罗山砖红壤、北亚热带梅岭红壤之间<sup>[3]</sup>。说明砖红壤、赤红壤、红壤的热量状况有个过渡关系,可作为发生分类依据之一。

从土温与气温的相关系数看,三种林型下的气温与土温之间呈现明显的直线正相关关系,相关系数r均大于0.98,即气温升高时,土温也相应地升高。从土温对气温的变幅强度系数b值看,混交林和阔叶林下的土壤温度随深度加深而降低,即气温对土壤上层温度影响大于下层,而针叶林则略有不同,在15cm和30cm处比5cm、10cm、20cm等处略高,但其差值并不十分明显。值得指出的是:整个土体0—30cm的平均温度与气温的相关性,在不同林型中基本是一致的,即α值相差大大,而b值相同,说明不同林型之间的某些性质是相同的。

表 2 气温、地表温、土温月动态(°C)

Table 2 Monthly change of temperature among soil surface and atmosphere (°C)

项目 Item	1 Jan.	2 Feb.	3 Mar.	4 Apr.	5 May	6 Jun.	7 Jul.	8 Aug.	9 Sep.	10 Oct.	11 Nov.	12 Dec.	平均 Av.	
针叶林 Coniferous forest	气温 Atmospheric temperature	17.07	14.60	18.39	22.87	28.43	29.30	31.07	31.29	30.22	28.49	21.72	18.07	24.29
	地表温 Temperature of the soil surface	17.43	15.24	18.72	22.25	28.60	28.67	29.85	30.38	28.84	27.37	21.78	17.57	23.89
	5 cm	16.05	16.04	16.88	20.28	24.72	26.58	27.32	27.43	26.90	24.62	20.31	17.36	22.04
	10 cm	16.12	15.77	16.71	19.94	24.42	26.40	27.25	27.30	26.84	24.55	20.47	17.35	22.01
	15 cm	16.45	15.93	16.92	20.16	24.80	26.49	27.70	27.68	27.45	25.13	20.88	17.65	22.27
	20 cm	16.68	16.13	17.07	20.14	24.55	26.32	27.59	27.72	27.52	25.02	21.10	17.74	22.30
	30 cm	17.24	16.76	17.22	19.77	25.03	26.35	27.67	27.41	27.44	25.58	21.47	18.13	22.51
混交林 Mixed forest	气温 Atmospheric temperature	15.20	14.48	16.80	22.08	27.56	28.38	29.95	30.34	29.06	26.30	20.17	16.13	23.04
	地表温 Temperature of the soil surface	14.88	15.12	17.03	21.07	26.37	27.48	28.81	29.72	27.44	25.61	19.76	15.55	22.44
	5 cm	14.12	14.85	15.85	20.03	24.84	25.97	27.11	27.26	26.05	23.55	18.53	14.76	21.05
	10 cm	14.40	14.92	15.97	20.04	24.72	25.86	27.04	27.22	26.02	23.49	19.29	14.96	21.16
	15 cm	14.58	15.10	16.06	19.88	24.40	25.71	27.07	27.13	26.09	23.61	18.80	15.16	21.13
	20 cm	14.88	15.17	15.97	19.71	24.10	25.49	26.86	26.78	25.94	22.22	18.78	15.26	20.93
	30 cm	15.51	15.91	16.43	19.37	23.96	25.87	26.92	26.81	25.81	23.83	19.43	15.81	21.30
阔叶林 Broadleaf forest	气温 Atmospheric temperature	13.59	13.32	14.63	19.43	25.63	26.51	28.64	27.79	26.57	23.64	17.46	14.29	20.96
	地表温 Temperature of the soil surface	13.50	13.35	14.40	18.70	24.56	25.05	27.41	26.21	25.09	22.44	17.38	13.85	20.20
	5 cm	13.23	13.30	14.19	17.70	23.46	24.25	25.22	25.16	24.25	21.51	17.14	13.57	19.41
	10 cm	13.67	13.63	14.30	17.56	22.65	23.92	24.98	24.90	23.80	21.55	17.62	14.16	19.40
	15 cm	14.01	13.21	14.44	17.62	22.62	23.76	24.92	24.75	23.91	21.69	17.90	14.39	19.43
	20 cm	14.15	14.14	14.54	17.62	22.62	23.64	24.84	24.69	24.05	21.87	18.22	14.71	19.59
	30 cm	14.59	14.51	14.83	17.32	22.02	23.38	24.92	24.41	23.90	21.91	18.72	15.30	19.65

表 3 气温与地表温、土温的回归关系

Table 3 Regression correlation of temperature among soil, soil surface and atmosphere

林型 Vegetation type	深度 Depth (cm)	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient
针叶林 Coniferous forest	0	$Y=1.7425+0.9117x^*$	0.9971
	5	$Y=1.7468+0.7530x$	0.9910
	10	$Y=3.6864+0.7508x$	0.9905
	15	$Y=3.7678+0.7626x$	0.9920
	20	$Y=4.2100+0.7446x$	0.9888
	30	$Y=5.0859+0.7170x$	0.9841

林型 Vegetation type	深度 Depth (cm)	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient
混交林 Mixed forest	0	$Y=1.0162+0.9302x$	0.9981
	5	$Y=1.6528+0.8431x$	0.9972
	10	$Y=2.2433+0.8212x$	0.9971
	15	$Y=2.4712+0.8098x$	0.9972
	20	$Y=3.0936+0.7742x$	0.9934
	30	$Y=4.1680+0.7439x$	0.9921
阔叶林 Broadleaf forest	0	$Y=1.1852+0.9054x$	0.9993
	5	$Y=2.1229+0.8251x$	0.9979
	10	$Y=3.3024+0.7680x$	0.9965
	15	$Y=3.5695+0.7570x$	0.9951
	20	$Y=4.3634+0.7266x$	0.9935
	30	$Y=5.3770+0.6819x$	0.9870

\*  $x$ —Atmospheric temperature.

$Y$ —Soil temperature.

## 二、土壤温度的动态特征

不同林型下土壤温度的高低及其升降速度，受林型结构、土壤性能制约，现分几个问题加以讨论。

### (一) 土壤垂直深度的温度动态特征

植被覆盖度是影响土壤温度的主要因素，不同林型的覆盖度差异较大，土壤接受光能的机会不等，导致温度有异。针叶林结构简单，林冠狭，枝叶稀疏，光斑数目多，林下草本植被分布不均，凋落物层薄，白天阳光直接辐射土壤的时间长，土壤吸热、导热快，土温容易随气温而上升；晚间也容易随气温而下降，土壤温度容易变化；阔叶林层次多，结构复杂，冠层郁闭度达 80% 以上，阳光大都为林冠吸收和反射，能照射到凋落物层和土壤表层的阳光弱而少，土壤吸热少，导热、散热慢，土壤温度低且稳；属次生型的混交林，以针叶林为主，土壤对光能的吸收和传导状况，倾向于针叶林土壤，但凋落物层厚，不利于土壤的吸热、导热，土壤特性处于针、阔叶林型之间，属中间或过渡类型。

从表 2 可知，地表下至 30cm 土壤月平均温度高低的总趋势是针叶林土壤 > 混交林 > 阔叶林。各林型下土温的最高月份均出现于 7—8 月，最低温月出现于 1—2 月。土壤垂直变化的特点可归纳为：1. 土温随土壤深度加深而升高或降低的月份因林型而异。针叶林下土温总的变化趋势随深度加深而上升；阔叶林下 5—9 月间，0—15cm 土温随深度加深而上升；混交林 5cm 以下土温随深度加深而降低。2. 阔叶林、混交林下 10—12 月至翌年 3 月土温随深度加深而上升。3. 三个林型下土温垂直变化的共同特点是：4 月份均随深度加深而下降。从 4 年土温总平均看，针叶林、阔叶林下土温随深度加深而升高，5cm 与 30cm 处温差值大小的顺序是针叶林 > 混交林 > 阔叶林。

## (二) 土壤温度的季节性特征

从表4可看出：鼎湖山不同林型土壤温度可分为4个季节。凉季自12月至翌年2月

表4 季节土温比较 (月平均)

Table 4 Seasonal temperature (°C)(monthly average)

林型 Vegetation type	气温 Atmospheric temperature				地表温 Temperature of the soil surface				土温 30 cm soil temperature			
	C	T <sub>1</sub>	W	T <sub>2</sub> *	C	T <sub>1</sub>	W	T <sub>2</sub>	C	T <sub>1</sub>	W	T <sub>2</sub>
针叶林 Coniferous forest	16.58	18.39	28.86	25.10	16.74	18.72	28.10	24.57	17.37	17.22	25.61	23.52
混交林 Mixed forest	15.27	16.80	27.89	23.23	15.18	17.03	26.81	22.68	15.74	16.43	24.79	21.63
阔叶林 Broadleaf forest	13.73	14.63	25.76	20.55	13.56	14.40	24.50	19.91	14.80	14.83	22.66	20.31

\* C: 凉季 Cool season; T<sub>1</sub>: 第一过渡季 Transitional season 1;  
W: 热季 Warm season; T<sub>2</sub>: 第二过渡季 Transitional season 2.

底3月初,是全年最低温的季节;第一过渡季自3月初至4月初,是由凉季向热季过渡的季节;热季自4月初至9月底10月初,是一年中最热的季节;第二过渡季自10月初至11月底12月初,是由热季向凉季过渡的季节。土壤的热能随着对太阳辐射能的吸收和消耗状况而变化,由于各林型结构不同,土壤吸热、导热、散热速度也有异。各个季节中,针叶林土温比阔叶林高2—4°C左右。

从各个季节看,各季的气温、地表温及土温的高低顺序是针叶林>混交林>阔叶林,但各个季节不同林型下的温度各有不同特点。1. 在凉季,针叶林下气温<地表温<土温;混交林下气温>地表温<土温;阔叶林下气温>地表温<土温。2. 在第一过渡季,针叶林及混交林气温<地表温>土温;阔叶林下气温>地表温<土温。针叶林下气温、地表温、土温分别比阔叶林下高3.76°C、4.32°C及2.39°C。3. 在热季,三种林型下的气温>地表温>土温,但不同林型的差异较明显,其中针叶林下气温、地表温、土温比阔叶林下分别高3.1°C、3.6°C、2.95°C。本季的另一个特点是,三种林型下的三维空间温差较小。4. 在第二过渡季,针叶林、混交林下气温>地表温>土温;阔叶林下气温>地表温<土温。本季的另一个特点是,三种林型间的三维空间温差均增大,例如,针叶林下气温、地表温、土温比阔叶林下分别高4.55°C、4.66°C、3.21°C,这是一年中三种林型间的三维温差最大的季节。4个温度季节的变化,表现了阔叶林对调节三维空间温度有明显作用。

## (三) 不同季节温度的周动态

鼎湖山不同林型的土壤温度,常常遭受季风、寒潮影响,短时间内的温度变化呈波浪型。

从表5可看出:无论是热季的7月,还是凉季的12月,针叶林下的气温比混交林、阔叶林下高。在遭受寒潮或台风影响情况下,温度的变化与林型土壤有密切关系。如12月5日遭受寒潮袭击后,气温突降,地表温也随之下降,而土温则比气温、地表温高。寒

表 5 各季节中的周温动态(°C)

Table 5 Change of weekly temperature in different seasons (°C)

林型 Vegetation type	项 目 Item	1987 December				July			
		5日	9日	10日	20日	2日	6日	12日	18日
针叶林 Coniferous forest	气 温 Atmospheric temperature	10.0	18.3	17.6	14.8	31.8	31.3	32.3	30.1
	地 表 温 Temperature of the soil surface	10.3	18.5	17.5	16.5	31.0	30.1	31.2	29.4
	30 cm 土温 30 cm soil temperature	12.8	16.5	18.5	17.0	29.5	29.0	29.5	29.0
混交林 Mixed forest	气 温 Atmospheric temperature	7.8	14.8	15.7	13.3	31.0	30.1	31.2	28.5
	地 表 温 Temperature of the soil surface	8.0	14.5	14.5	14.3	30.3	29.3	30.0	27.2
	30 cm 土温 30 cm soil temperature	11.5	13.5	16.2	15.8	29.0	28.5	29.8	27.0
阔叶林 Broadleaf forest	气 温 Atmospheric temperature	7.0	12.5	13.8	11.8	28.4	27.3	27.8	27.0
	地 表 温 Temperature of the soil surface	12.0	12.5	12.3	15.0	27.5	26.4	26.7	25.7
	30 cm 土温 30 cm soil temperature	11.5	11.2	14.8	14.6	26.0	25.6	25.0	25.3

潮过后的 12 月 9 日, 针叶林下气温、地表温、土温又急剧分别上升  $8.3^{\circ}\text{C}$ 、 $8.2^{\circ}\text{C}$  及  $3.7^{\circ}\text{C}$ , 但阔叶林下只分别上升  $5.5^{\circ}\text{C}$ 、 $0.5^{\circ}\text{C}$ 、 $0.3^{\circ}\text{C}$ , 据此可以认为, 短暂的寒潮, 尽管可以使针叶林、混交林下的气温、地表温、土温急剧下降, 但对阔叶林的地表温、土温影响甚小。充分说明阔叶林的生态功能在保温方面的作用是突出的。反之, 针叶林、混交林的调节温度作用则较阔叶林差。

#### (四) 不同季节中的日温动态特征

各种林型的林冠层次、枝叶分布疏密程度及凋落物层厚薄不同, 影响土壤吸热、导热、散热性能的幅度、程度也不同, 因而导致温度变幅大小各异。

表6指出: 在凉季、热季期间, 白天温度的变化受制于林型。例如, 12 月 5 日 8—14 时, 林型结构复杂、层次多、透光度低的阔叶林, 在太阳的辐射后, 气温、地表温、土温开始稳定地以  $0.2^{\circ}\text{C}$  幅度上升。在热季, 针叶林下温度变幅大, 8 时和 18 时气温、地表温、土温差值分别为  $4.6^{\circ}\text{C}$ 、 $4.4^{\circ}\text{C}$ 、 $4.4^{\circ}\text{C}$ , 阔叶林下差值分别为  $2.0^{\circ}\text{C}$ 、 $1.8^{\circ}\text{C}$ 、 $1.2^{\circ}\text{C}$ , 相差 2—3 倍, 可见日温的变化因林型而异, 阔叶林下日温变化显得稳定, 针叶林下显出不稳定的特征。

表 6 不同季节日温动态(°C)

Table 6 Change of diurnal temperature in different seasons(°C)

林型 Vegetation type	项 目 Item	时 间 (h)											
		1987 12.5 8时	10	12	14	16	18	1987 7.2 8时	10	12	14	16	18
针叶林 Coniferous forest	气 温 Atmospheric temperature	8.0	8.5	10.0	10.4	10.0	8.0	28.5	30.5	31.8	32.0	30.0	27.4
	地 表 温 Temperature of the soil surface	8.0	8.7	10.3	10.5	9.5	7.0	27.0	30.0	31.0	31.2	30.5	26.8
	30 cm 土温 30 cm soil tem- perature	9.5	11.5	12.8	13.0	12.0	11.0	26.5	27.0	29.5	29.4	26.5	25.0
阔叶林 Broad- leaf forest	气 温 Atmospheric temperature	6.5	6.8	7.0	7.2	7.0	6.5	26.0	27.5	28.4	28.5	28.0	26.5
	地 表 温 Temperature of the soil surface	7.0	6.9	12.0	12.0	11.0	9.8	26.0	27.0	27.5	27.8	27.0	26.0
	30 cm 土温 30 cm soil tem- perature	7.5	9.7	11.5	11.5	11.0	10.5	24.5	25.0	26.0	26.2	25.5	25.0

### 三、结 语

鼎湖山季风常绿林生态系统中的热状况,是诸多生态因素中的重要因素,其中不同林型的蒸散作用,对常绿林生态的热量平衡起着明显的调节作用。因此,不同林型下的热量状况,在很大程度上反映了林型下热量对太阳辐射能量的吸收与支付间的差值。观测表明,由于各种林型具有不同的结构、层次和厚薄不等的凋落物层,以及不同林型下土壤的不同性能,都直接影响土壤的吸热、导热与散热速度、程度,表现出不同林型对调节土壤热量功能的差异。

#### (一) 阔叶林—水化赤红壤

组成林的植物种类繁多,林冠既密集又重叠,能透过枝叶直射地表的阳光少,林下吸收光照的空间小、时间短,土壤吸热量低;林下深厚的凋落物层和松软的土层,吸收和贮存的大量水分,能满足强烈的蒸散作用所需,加速了水分循环,缓冲了温度,土壤常年呈现稳湿、稳温状态,充分显示了阔叶林调节气温、地表温和土温的功能。

#### (二) 针叶林—赤红壤

组成林的植物种类较少,林型层次单纯,阳光直接辐射林下的空间大、时间长,凋落物层浅薄,土层紧实,通透性差,土壤温度易升、降,土温表现高而不稳。

#### (三) 混交林—赤红壤

组成林的植物特点,既有利于土壤吸收和贮存水分,也有利于阳光辐射地面,土壤

的吸热、导热与散热性能介于上述两林型土壤之间。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 吴厚水等, 1982: 鼎湖山自然地理特征及其动态分析。热带亚热带森林生态系统研究, 第1集, 8—9页。
- [ 2 ] 吴兴宏等, 1985: 鼎湖山自然林小气候的特点。热带亚热带森林生态系统研究, 第3集, 12—17页。
- [ 3 ] 何国球等, 1988: 我国热带亚热带森林土壤的水热动态。土壤, (3); 225—231页。

## A STUDY ON SOIL THERMAL REGIME UNDER DIFFERENT TYPES OF SUBTROPICAL MONSOON EVERGREEN FOREST IN DINGHU SHAN\*

Zhang Binggang, Zhuo Muning, Luo Bosheng  
and Huang Xianglan

*(Institute of Soil Science of Guangdong Province)*

### Abstract

The paper presents the soil thermal dynamic regime under three types of subtropical monsoon evergreen forest in Dinghu Shan from 1985 to 1988. Based on some parameters such as atmospheric temperature under forest, temperature in the soil surface and soil itself etc, the soil thermal season can be divided into the cool season (December to the next February), warm season (April to September) and the transitional season in between above two seasons (March and October to November).

On the different soil thermal seasons, the temperature of hydrous lateritic red earth under broad leaf forest leans to low it is of the characteristics of stable temperature. The temperature of lateritic red earth under coniferous forest leans to high, and easily changeable; The thermal regime of lateritic red earth under mixed forest is characterized transitional or middle status between coniferous and broad leaf forest.

**Key words:** Temperature, Soil temperature, Soil temperature season

---

\*The subject is supported by the Science Fund of the Commission of National Natural Science.