

桃茶人工复合系统土温变化特征分析*

黄寿波 周子康 傅懋毅 傅金和

摘要 在浙江省临安市,于1993年7、8月份对桃茶人工复合系统和普通茶园同步进行土温测定。结果表明:在桃茶人工复合系统和普通茶园内,土温变化的振幅随深度增加按几何级数减少,位相随深度增加按等差级数落后。土温梯度变化特点与土温变化相似。土温铅直分布可分日射型、辐射型、清晨转换型、傍晚转换型4类。与普通茶园比较,在桃茶人工复合系统内0 cm地温日振幅晴天减少18.2,阴天减少9.7;离地面5~20 cm深处土温日振幅,晴天减少1.3~6.2,阴天减少0.6~1.8,而且随植被覆盖度增加而增大。

关键词 人工复合系统 桃树 茶树 土温

在我国湿润亚热带地区,模拟茶树适宜的生态环境,建立林茶人工复合生态系统,对合理利用土地、气候资源,提高单位面积土地的经济、生态和社会效益有重要意义。不少人^[1-3]对林茶复合系统的小气候进行过研究,茶园小气候^[4]和裸露土壤小气候^[5]也有报道,但专门对农林系统内的土温变化特征进行分析还未见报道。本文根据桃茶人工复合系统内资料,对土温随深度和时间的变化特征进行了探讨。

1 材料与方 法

试验于1993年7、8月份在浙江省临安市横畈乡泉口综合农业实验场进行,该场位于30°16'N,119°45'E,海拔72 m,土壤为红壤。分3个试验区,即:桃(密植)茶人工复合系统、桃(稀植)茶人工复合系统和普通茶园,各小区面积3 hm²以上。茶树[*Camellia sinensis* (L.) Kuntze]高85~115 cm,条栽,树冠宽135 cm,17年生,鸠坑种。桃树(*Prunus persica* Batsch)18年生,黄桃种,树高350~400 cm,冠幅360~410 cm。桃树的树冠覆盖度密植园为75%,稀植园为30%。桃茶园树冠对地面的覆盖度密植园为90%,稀植园为75%;而普通茶园为55%。各小区土温观测于1993年7月21~26日和同年8月23~27日同步进行,其中晴天4个,阴天3个。昼夜每隔3 h测定1次,测定深度为0、5、10、15、20 cm。用套管式地面温度表、地面最高温度表、地面最低温度表测定地面(0 cm)温度、地面最高温度和地面最低温度,用沙维诺夫曲管地温表测定离地面以下5、10、15、20 cm深度的土温。

2 结果与分析

2.1 土温随深度的变化

2.1.1 土温振幅和位相随深度的变化 首先从理论上探讨土温振幅和位相随深度变化的数

1997—11—12 收稿。

黄寿波教授(浙江农业大学 杭州 310029);周子康(杭州大学);傅懋毅,傅金和(中国林业科学研究院亚热带林业研究所)。

* 本研究为加拿大国际发展研究中心(IDRC)资助的“中国农用林业系统综合研究亚热带丘陵坡地农用林业模式研究”项目的部分内容,亚林所曹群根参加部分野外观测,谨致谢意。

学模型。由于土温变化影响因素很多,诸如土壤的质地、颜色、湿度、孔隙度、腐殖质和草根层厚度、地面覆盖物、天气条件等^[6,7],对土温变化都有显著影响。因此假定土壤在水平方向是均匀的,水平温度梯度很小,且附近没有冻结和融解过程发生,并暂不考虑土壤导温率随深度的变化。土壤的热传导方程可用下式表示:

$$\partial\theta/\partial t = K(\partial^2\theta/\partial Z^2) \quad (1)$$

式中 θ 为土温, t 为以小时为单位的时间, K 为导温率, Z 为深度。为了求解(1)式,应给边界条件和初始条件。现设土温随深度分布为线性,即:

$$\theta(Z, 0) = \theta_0 - r_0Z \quad (2)$$

上式 $\theta(Z, 0)$ 为深度 Z 处的初始温度, θ_0 为地面初始温度; r_0 为初始的温度梯度。根据实测知道地面温度随时间变化为一周期函数,可用傅利叶级数表示:

$$\theta(0, t) = \theta_0 + \sum_n A_{on} \cdot \sin[(2n\pi/T)t + \psi_{on}] \quad (3)$$

式中 A_{on} 、 ψ_{on} 分别为地面温度波的振幅和位相; n 表示谐量; T 为温度变化的周期,如为日变化则 T 等于24 h。

利用(2)和(3)式,可以解方程(1)式,得:

$$\theta(Z, t) = \theta_0 - r_0Z + \sum_n A_{on} \cdot e^{-z \cdot \frac{n\pi k T}{T}} \cdot \sin(2n\pi/T)t + \psi_{on} - Z \cdot \frac{n\pi k T}{T} \quad (4)$$

如果令: $A_{zn} = A_{on} \cdot e^{-z \cdot \frac{n\pi k T}{T}}$ (5)

$$\psi_{zn} = \psi_{on} - Z \cdot \frac{n\pi k T}{T} \quad (6)$$

上式中 A_{zn} 和 ψ_{zn} 分别表示在深度 Z 处土壤温度波的第 n 阶谐量的振幅和位相。由此可见,从理论上推导得知,土壤温度变化的振幅随深度增加按几何级数减少,而位相随深度增加按等差级数落后,且谐波的阶数愈高(n 愈大),振幅随深度递减愈快,位相随深度落后也愈多。表1是桃茶人工复合系统和普通茶园内测土温日振幅随深度的变化状况。可见这种基本规律性,不仅见于裸露土壤,也见于桃茶人工复合系统和普通茶园内。

表1 桃茶人工复合系统和普通茶园内各深度土温的日振幅 (单位:)

深度 Z (cm)	桃(密植)茶复合系统		桃(稀植)茶复合系统		普通茶园	
	晴天	阴天	晴天	阴天	晴天	阴天
0	10.9	3.5	13.5	6.7	29.1	13.2
5	3.3	1.4	7.4	3.4	9.5	4.2
10	2.2	1.2	4.9	2.2	7.2	2.3
15	1.9	0.7	3.7	1.3	4.9	1.8
20	1.4	0.4	2.2	0.7	2.7	1.0

注: 1993—07—24(晴), 1993—07—22(阴)。

由表1可见,各深度土温日振幅均随深度增加而减小,但密度不同的桃茶系统内及不同天气条件下,其温度日振幅随深度减小的快慢是不同的,因此(5)式表示的是平均状况。

根据(5)式,如果要使在深度 Z 和在地面($Z=0$)的振幅之比为一常数 β 的话,则得

$$Z = \frac{kT/n\pi}{\beta} \cdot \text{Ln}(1/\beta) \quad (7)$$

根据(7)式可以估算土中恒温层的深度。如果假定地面与恒温层间土温年变化与日变化的振幅 β 相同,则对于年变化,恒温层深度 Z_y 为:

$$Z_y = \frac{k \cdot 365}{n\pi} \cdot \text{Ln}(1/\beta) \quad (8)$$

而日变化的恒温层深度 Z_d 为:

$$Z_d = \frac{k}{n\pi} \cdot \text{Ln}(1/\beta) \quad (9)$$

(8)和(9)式中的周期 T 都以日为单位。假定年、日的平均导温率相同,则有:

$$Z_y/Z_d = \frac{365}{1} = 19.1 \quad (10)$$

(10)式表明,土温年振幅所能达到的深度相当于日振幅达到的深度的19.1倍。一般来说,在我国亚热带地区,多数土壤温度日振幅接近0的深度为40~80 cm,平均为60 cm左右,土温年振幅消失的深度为11 m左右或以下。

2.1.2 土温随深度变化的类型 地表接受太阳辐射后,土壤上、下层要进行热量交换,由于白天和夜间土壤增热和冷却不同,产生了土温

随深度变化的多种类型。根据国内外各地观测结果,无论是裸露土壤还是植被覆盖下的土壤,其土壤温度的铅直分布可以分为4种基本类型^[6,7],并以典型晴天裸露的干燥土壤最为明显。根据我们在桃茶人工复合系统和普通茶园内测定的,土温的铅直分布也可分为4类(图1):(1)日射型:以14时为代表,其特点是温度随着深度增加而降低,最高温度在地表,最低温度在深层,热量自上向下输送。(2)辐射型:以05时为代表,其特点是温度随深度增加而增高,最高温度在土壤深层,最低温度在地表,热量自下向上输送。(3)清晨转换型:以08时为代表,上层温度为日射型,下层温度为辐射型,最高温度出现在离地表5~10 cm深度左右。(4)傍晚转换型:以20时为代表,上层是辐射型,下层是日射型,两层土壤邻近处,似有一个热源存在,热量由此向上和向下输送。

2.2 土温的时间变化

2.2.1 土温的日变化 从图2可见,1993年夏季在浙江省临安市桃茶人工复合系统和普通茶园内测得的不同深度土壤温度的日变化,0 cm地温的最高温度出现在14时左右,最低温度出现在日出前后。随着深度增加,最高温度和最低温度出现时间向后推移;温度日变化的振幅随着深度增加逐渐减小。地面覆盖度愈大,日变化的振幅愈小,如桃(密植)茶人工复合系统的温度日振幅小于桃(稀植)茶人工复合系统,也小于普通茶园。

2.2.2 土温梯度的日变化 土壤温度的变化与土壤中热量交换有关,而土中热交换变化完全取决于土壤温度梯度的变化。土温的铅直梯度,从理论上可以用下式表示:

$$\partial \theta / \partial Z = - [r_0 + \sum_n B_{on} \cdot e^{-z/n\pi kT} \cdot \sin(2n\pi T + \psi_{on} - Z/n\pi kT)] \quad (11)$$

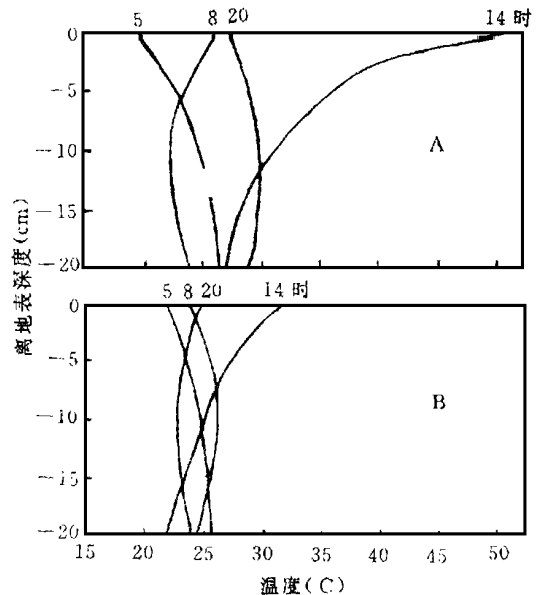


图1 桃(密植)茶复合系统(B)和普通茶园(A)土温铅直分布
(1993—07—23,晴,浙江临安)

式中 B_{ω} 为地面温度梯度振幅, ψ_{ω} 为地面温度的梯度位相, 其它符号同前。(11) 式表明, 土温梯度也象土温一样, 随深度增加按几何级数减少, 位相呈线性落后。但温度梯度位相, 不论在何种深度, 均较同深度的温度位相提前 $\pi/4$ 。另外, 还可以看出, 土壤温度梯度的振幅正比于土壤温度的振幅, 而与土壤导温率(K) 及振动周期(T/n) 的平方根成反比。因此, 地面温度变化的振幅愈大, 土壤导温率愈小及振动周期愈短, 则其土壤温度梯度的振幅也愈大。现以两个深度的温度差表征其梯度, 图 3 表明桃茶人工复合系统内土温梯度的日变化。由图 3 可见, 在我国亚热带地区盛夏的桃茶人工复合系统内, 0~10 cm 之间的土壤温度梯度日变化是很大的, 土壤温度梯度最大值的出现时间由上而下依次推迟, 但比之同深度的最高温度提前, 梯度日振幅随深度递减。

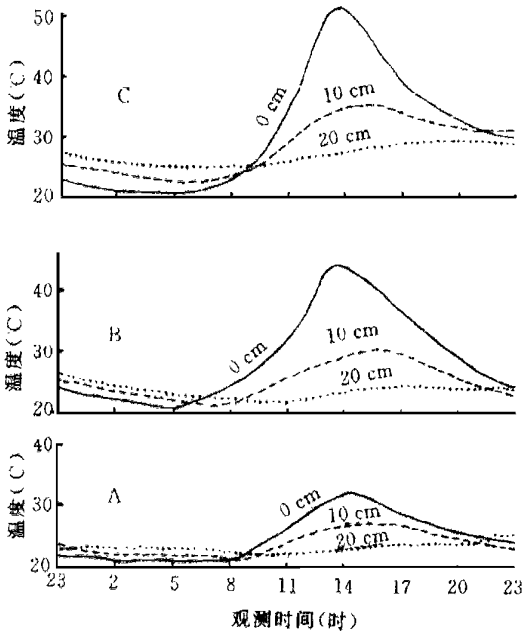


图2 桃(密植)茶复合系统(A)和桃(稀植)茶复合系统(B)和普通茶园(C)土温日变化 (1993—08—24, 晴, 浙江临安)

0~10 cm 之间的土壤温度梯度日变化是很大的, 土壤温度梯度最大值的出现时间由上而下依次推迟, 但比之同深度的最高温度提前, 梯度日振幅随深度递减。

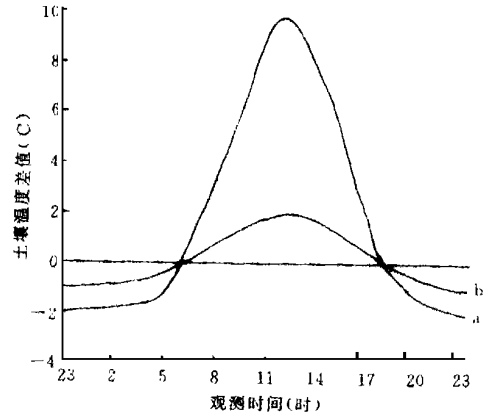


图3 桃(稀植)茶人工复合系统内 0~10 cm(a)和 10~20 cm(b) 土温梯度日变化 (1993—08—24, 晴, 浙江临安)

3 结果与讨论

(1) 象裸地一样, 夏季在桃茶人工复合系统和普通茶园, 土壤温度变化的振幅随深度增加按几何级数减少, 而位相随深度增加按等差级数落后; 土温梯度也与土温变化类似, 振幅随深度增加减少, 位相落后。桃茶人工复合系统内土温的铅直分布, 按其分布特点可分为 4 类: 辐射型、日射型、清晨转换型和傍晚转换型。上述土温随深度和时间变化的特点, 既在裸露的干燥土壤内出现, 也在桃茶人工复合系统和普通茶园中得到验证。

(2) 茶树与其它植物一样, 30%~70% 的年净光合产物分配在根部, 根系作为茶树吸收水分和营养元素的器官, 对茶树的生育起着重要作用。茶树根系生长的最适温度为 20~30^[8], 0~20 cm 深的土壤温度对其生长尤为重要。与普通茶园比较, 桃茶人工复合系统内土温日振幅减少, 10~20 cm 深处土温低于 30^{°C}。而普通茶园内土温日振幅较大, 夏季晴天 0~10 cm 土温在 30~50^{°C} 之间。我国主要生产茶叶的亚热带地区, 盛夏晴天午后的土温很高, 这对茶树

根系生长是不利的。桃茶人工复合系统减少了土温日振幅,使午后的最高温度降低,这对茶树根系正常生长极为有利。

参 考 文 献

- 1 黄晓澜,丁瑞兴. 亚热带丘陵区茶林复合系统小气候特征研究. 生态学报, 1991, 11(1): 7~12.
- 2 黄寿波,范兴海,傅懋毅,等. 不同林茶栽培模式小气候特征研究. 林业科学研究, 1994, 7(1): 93~100.
- 3 傅金和,傅懋毅,黄寿波. 桃茶人工复合生态系统小气候特征研究. 浙江农业大学学报, 1995, 21(3): 293~298.
- 4 Huang Shoubo. Meteorology of the tea plant in China. Agricultural and Forest Meteorology, 1989, 49(1): 19~30.
- 5 Oke T R. Boundary layer climates. London, 1978.
- 6 翁笃鸣,陈万隆,沈觉成,等. 小气候与农田小气候. 北京: 农业出版社, 1981.
- 7 傅抱璞,翁笃鸣,虞静明,等. 小气候学. 北京: 气象出版社, 1994.
- 8 黄寿波. 茶树生长的农业气象指标. 农业气象, 1981, 2(3): 54~57.

Study on the Change of Soil Temperature in Peach-tea Artificial Compound System and Tea Ecosystem

Huang Shoubo Zhou Zikang Fu Maoyi Fu Jinhe

Abstract The soil temperature observation in different density of peach-tea ecosystem and pure tea ecosystem have been made in the summer of 1993 in Linan City, Zhejiang Province. The result indicates that when the depth of the soil increases in the peach-tea ecosystem and pure tea ecosystem, the amplitude of temperature decreases in accordance with geometric series and the phase of temperature trailed in accordance with isogap series. The temperature gradiene variation of soil are similar as the variety character of soil temperature. According to the soil temperature variance with the depth of soil, four types of the vertical distribution of soil temperature were divided, namely: (1) solar type, (2) radiation type, (3) transitional type in early morning, (4) transitional type in evening. Compared with the pure tea ecosystem the daily amplitude of earth s surface temperature at 0 cm, that the tea ecosystem decreases 18.2 in the clear day and 9.7 in the cloudy day. Above changes are favourable for increasing fruit trees and tea plants.

Key words artificial compound system peach trees tea plants soil temperature

Huang Shoubo, Professor(Zhejiang Agricultural University, Hangzhou 310029); Zhou Zikang (Hangzhou University); Fu Maoyi, Fu Jinhe (The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF).