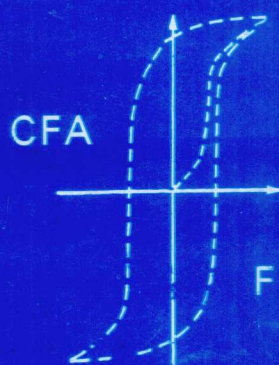


刘志强论文选集

第一辑



SELECTED
THESES OF
LIU ZHIQIANG

重庆昊首生物磁技术研究所

1995. 10



序

西南农业大学资环学院刘志强同志是一位坚持真理、开拓进取、勤学善思、勇于实践,教书育人的好老师,是我们教学科研的良师益友。

刘老师从事土壤、土壤物理、土壤生态、磁混肥等教学科研工作四十余年。在教学上,编写了二门教材和两部专著,先后为研究生、本科生开出5门课程,受到学生好评,获得优秀党员、先进工作者称号。科研方面,先后承担国家、省、市、校级科研课题十余项,获国家、省科技进步奖一项,省、市优秀论文奖五项,联合国奖一项。撰写论文85篇,其中40余篇论文在《西南农业大学学报》、《中国柑桔》、《磁性材料及器件》等10余家杂志社发表。其中多篇有理论和实用价值的论文被《中华新论、全国优秀科技理论研究成果信息库》、《中国经济文库》、《中国教育大精典》等10余家收录,“磁混肥开发应用技术”选入《世界优秀专利技术精选》并获联合国 Tips“发明创新科技之星”金质奖章和证书。个人业绩被《中国专家大辞典》、《当代中国科学家发明家大辞典》等20余家辞典选入。

刘老师这本论文选集,收集的文章主要是90年代前撰写发表的,(90年代以后的文章已编入《刘志强论文选集(第二辑)》)主要包括:Ⅰ、理论方面,如土温日变化的新模型—阻尼波动方程;农业治理开发的双综合理论和多砾有序原则。Ⅱ、实用技术,如南方红黄壤地区持续农业发展研究;丘陵坡瘠地综合治理及开发利用研究。Ⅲ、专利技术,如磁混肥的研制与生产工艺。这些研究成果,有的填补了学科研究空白。既丰富了教学内容,又用于指导生产。很有学术价值。几十年来,刘老师开拓进取,勇于拼搏,在教学科研上业绩显著。退休后,余热生辉、继续战斗,并对自己的科研教学进行全面总结,现择其精华,编入《刘志强论文选集(第一辑)》,向西南农业大学50周年校庆献礼,精神可贵,实属难得,值得赞扬。

石光森

2000年9月20日于重庆

自序

时间过得真快,回忆经历,从求学到工作,无论是作兼职干部或是做专任教师,奋进都是我的生活轨迹,奋进中的苦与乐,令我充实和欣慰。几十年来,科研方面,参加过国家、省、市、校下达及企业委托科研课题十几项,获国家、省级科技进步奖一项,省、市优秀论文奖五项,研究中填补了土温微变化研究的学科空白,找到了土温日变化的新模型——阻尼波动方程,提出了关于农业治理开发的双综合理论和多环有序原则,研创出磁混肥等。曾撰写过论文报告 85 篇,正式发表论文 40 余篇;教学方面,教书育人,作过党、团工作,进行过教育和教学法的研究,曾为研究生、本科生等开设过 5 门课程,编著过四门教材,其中两本专为研究生课程开设而作。

92 年后,再次激起我的奋进,在继续主持国家八五攻关科研课题——南方红黄壤地区持续农业发展研究、重庆市八五重点科研课题——丘陵坡瘠地综合治理及开发利用研究的同时,运用专长与搭档一道研创的磁混肥已转化成生产力,获得较好的三效益,并获联合国 Tips“发明创新科技之星”奖,入选《世界优秀专利技术精选》。95 年后“丘陵坡瘠地综合治理及开发应用的理论与实践”等多篇论文,已被《中华新论·全国优秀科技理论研究成果信息库》、《中国经济文库》、《中国教育大精典》等 10 余家收录。从 97 年以来,个人业绩,先后应国家人事部专家服务中心、中国科学院文献情报中心、中国科技报研究会等 20 余家的邀请入选专家名人辞典。

置校庆 50 周年之际,择部分论文汇集成册表示祝贺。

2000.5

目 录

土温日变化的新模型——阻尼波动方程.....	(1)
土壤温度微变化研究.....	(7)
气候对农业生态系统生产力的贡献	(12)
水稻半旱式栽培增产机理研究 I	(16)
浅论垫稻沟鱼水田生态系	(22)
土壤肥力指标研究	(26)
贝宁(BENIN)共和国土壤调查研究	(31)
射洪县土地资源与土壤区划	(36)
涪江流域老冲积姜石黄泥考	(46)
四川紫色丘陵区排水改造冬水、下湿田的若干技术问题探讨.....	(50)
重庆市丘陵坡瘠地综合治理及开发利用研究(I)试验区工程规划设计	(58)
水敏性土壤湿度传感器对土壤水基质势和温度的校正	(62)
坡改梯与水土保持效益试验 I	(65)
紫色土丘陵坡瘠地改梯土后土层厚度与小麦产量的关系	(67)
磁活复混花肥肥效研究	(70)
柑桔梢、果生长和环境关系的研究.....	(73)
水稻垄作起源考	(77)
加强实践全面提高学生综合能力	(79)

土壤温度日变化的新模型——阻尼波动方程

刘志强 李航 刘天兵

摘要:通过对数百幅土壤温度日变化的实测曲线的分析,我们发现土壤温度曲线可用阻尼波动方程来描述。在给定的边界条件下,通过对热流方程的求解,我们还得到用来描述土体中不同深度土壤温度日变化的阻尼波动方程。在此基础上,我们分别采用一个旱地土和一个水稻土的不同深度的实测曲线与相应的理论曲线进行了比较,发现它们吻合很好。

关键词:日变化,土壤温度,阻尼波动方程

引言

长期以来,人们采用热传导方程来处理土壤温度的变化,并假定表土温度的日变化为一正弦波形(Baver et al, 1972; marshall, 1979; Hillel, D. 1980)。然而事实表明土温日变化并非一个简单的正弦波。虽然有用富里叶级数和某些数学模型来描述,但均感繁难和吻合度不理想。在我们的研究中,通过对大量实验数据的分析,提出了一个新的描述土壤温度日变化的数学模型——阻尼波动方程。

实验方法

实验地点设在中国重庆,西南农业大学校内,地形为四川盆地的一个丘陵谷地。我们采用XQC—300电子温度记录仪测定温度,测温探头分别设在距离地表0厘米及地表下3, 5, 10, 20, 30, 50厘米和地上150厘米处。对不同气候季节条件下的土壤温度日变化进行了长达数年的连续自动记录。

实验结果与讨论

图(1)为晴天条件下连续三天的土表温度日变化的一个典型的记录曲线。但这里,我们先讨论由图(2)所示的两个典型的日变化记录曲线。一个是旱地土;另一个是水稻土(其水层厚度13毫米)。

1 表土温度日变化模型

图(2)可以看出,表土温度的日变化曲线非常类似于一个振荡器的阻尼振荡曲线,而这种阻尼振荡曲线可用如下的阻尼波方程来描述:

$$T = T_{\pi} + Ae^{-\beta\tau} \sin(\omega\tau) = T_{\pi} + Ae^{-\beta(t+24\delta(t)-t_{\pi})} \sin[\omega(t+24\delta(t)-t_{\pi})] \quad (1)$$

(1)中的 $\tau = t + 24\delta(t) - t_{\pi}$; 当 $t < t_{\pi}$ 时, $\delta(t) = 1$, 当 $t \geq t_{\pi}$; $\delta(t) = 0$; τ 是方程中的自变量,

t 是测定温度的时间, T 是温度, A 是常数, β 是阻尼系数, T_π 与 t_π 定义为: 在阻尼波动曲线上凸半周上作一条长度为 12 小时且平行于 t 轴的弦, 该弦与曲线相交的左交点所对应的 T 值与 t 值为 T_π 和 t_π (参见图 3)。

应用图(2)中的实验数据, 采用作图的方法可确定 T_π 及 t_π 之值; 由于周期为 24 小时, 在三角函数中频率 $\omega = \frac{2\pi}{24h} = \frac{2 \times 180}{24h} = 15hr^{-1}$, 然后再一次应用图(2)中的实验数据, 通过回归分析的方法可确定出方程(1)中 A 及 β 之值。于是这两种土壤的阻尼波动方程可表示为:

旱地土:

$$T = 18.2 + 36.65e^{-0.0944(t+24\delta(t)-9)} \sin\{15[t + 24\delta(t) - 9]\} \cdots \cdots \delta(t) = \begin{cases} 1, t < 9 \\ 0, t \geq 9 \end{cases} \quad (2)$$

水稻土:

$$T = 11.5 + 14.48e^{-0.0668(t+24\delta(t)-10.5)} \sin\{15[t + 24\delta(t) - 10.5]\} \cdots \cdots \delta(t) = \begin{cases} 1, t < 10.5 \\ 0, t \geq 10.5 \end{cases} \quad (3)$$

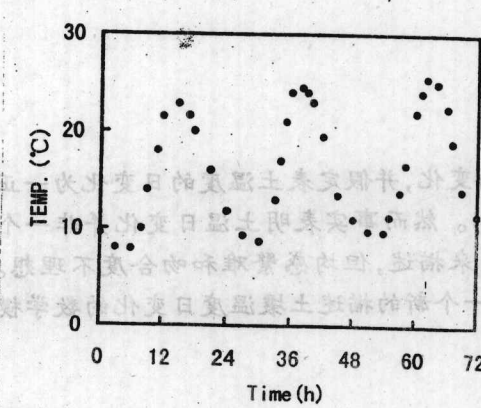


图 1 实测旱地土连续三天表土温度日变化曲线

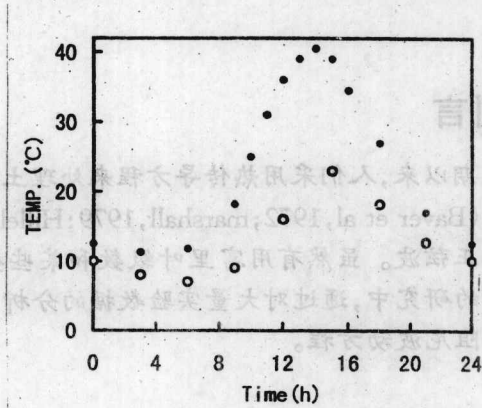


图 2 表土温度日变化实测曲线

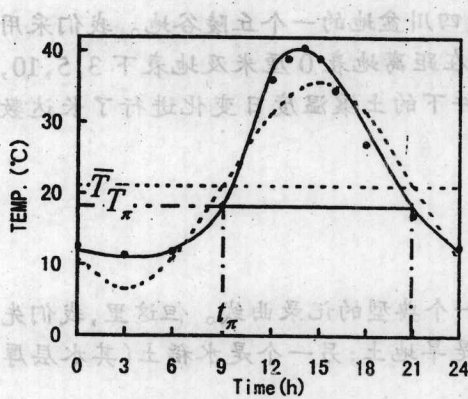


图 3 旱地土表土温度日变化实测值与阻尼波动曲线、正弦波动曲线理论值比较

..... 实测值 —— 阻尼波动曲线理论值
 ----- 正弦波动曲线理论值

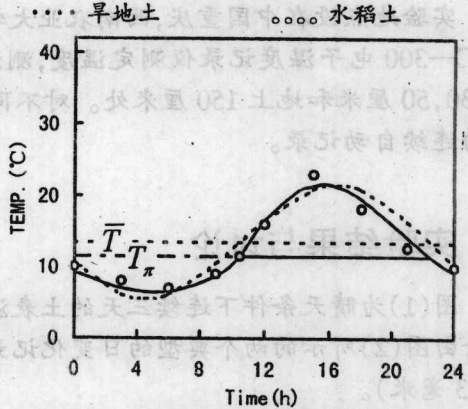


图 4 水稻土表土温度日变化实测值与阻尼波动曲线、正弦波动曲线理论值比较

..... 实测值 —— 阻尼波动曲线理论值
 ----- 正弦波动曲线理论值

图(3)和图(4)分别给出了旱地土和水稻土的阻尼波动曲线和正弦波动曲线与实验值的吻合情况。显然土壤温度日变化的阻尼波动曲线比传统的正弦波动曲线更与实验值相吻合。

2 土体中不同深度的土壤温度日变化规律

土壤中热的传导可看成是仅与深度(Z)有关的一维传导,热传导方程可表示成如下形式:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = D \frac{\partial^2 T}{\partial Z^2} \quad (4)$$

(4)中 Z 是土壤深度, D 是土壤热扩散系数, T, t 表意同前,求解(4)的边界条件和初始条件是:

$$T = T_{\pi} + Ae^{-\beta(t+24\delta(t)-t_{\pi})} \sin[\omega(t+24\delta(t)-t_{\pi})], \dots Z = 0 \quad (5)$$

$$T = T(Z), \dots t = 0 \quad (6)$$

由于 $T(Z)$ 是一未知数,所以只求满足条件(5)的一个特解。

根据 Euler 公式,有如下关系:

$$ie^{-ix} = \sin x + i \cos x$$

如果在右边的复数中只取其实部(这是物理学领域中经常使用的方法)得:

$$\sin x = ie^{-ix}$$

按照这个方程可将边界条件(5)转变成复数形式:

$$T - T_{\pi} = Aie^{-(\beta+i\omega)(t+24\delta(t)-t_{\pi})}, \dots Z = 0 \quad (7)$$

同样方程(4)可以表示成:

$$\frac{\partial(T - T_{\pi})}{\partial t} = D \frac{\partial^2(T - T_{\pi})}{\partial Z^2} \quad (8)$$

对方程(8),可用分离变量法进行求解,得:

$$T = T_{\pi} + Aie^{-(\beta+i\omega)(t+24\delta(t)-t_{\pi}) - \sqrt{-(\frac{\beta}{D} + \frac{\omega}{D}i)}Z} \quad (9)$$

假定:

$$\sqrt{-(\frac{\beta}{D} + \frac{\omega}{D}i)} = a - bi \quad (10)$$

对方程(10)两边平方得:

$$-\frac{\beta}{D} - \frac{\omega}{D}i = a^2 - b^2 - 2abi \quad (11)$$

由于两个复数相等时,其实部和虚部分别相等,所以有:

$$\begin{cases} a^2 - b^2 = -\frac{\beta}{D} \\ 2ab = \frac{\omega}{D} \end{cases}$$

求解得:

$$a = \left[\frac{-\beta + (\beta^2 + \omega^2)^{\frac{1}{2}}}{2D} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$b = \frac{\omega}{(2D)^{\frac{1}{2}}} [-\beta + (\beta^2 + \omega^2)^{\frac{1}{2}}]^{-\frac{1}{2}}$$

将 a, b 值代入方程(10)和(9)中得:

$$T = T_{\pi} + Aie^{-\beta(t+24\delta(t)-t_{\pi}) - \left[\frac{-\beta + (\beta^2 + \omega^2)^{\frac{1}{2}}}{2D} \right]^{\frac{1}{2}}Z} \cdot e^{\left\{ -\omega(t+24\delta(t)-t_{\pi}) + \frac{\omega Z}{(2D)^{\frac{1}{2}}} \left[-\beta + (\beta^2 + \omega^2)^{\frac{1}{2}} \right]^{-\frac{1}{2}} \right\} i}$$

将方程恢复成实函数形式得:

$$T = T_{\pi} + Ae^{-\beta(t+24\delta(t)-t_{\pi}) - \left[\frac{-\beta + (\beta^2 + \omega^2)^{\frac{1}{2}}}{2D} \right]^{\frac{1}{2}} Z} \cdot \sin \left\{ \omega \left((t+24\delta(t)) - t_{\pi} - \frac{Z}{(2D)^{\frac{1}{2}}} \left[-\beta + (\beta^2 + \omega^2)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{2}} \right) \right\} \quad (12)$$

方程中 T_{π} , A 及 β 可以采用前面的方法获得: 在三角函数中 $\omega = 15\text{hr}^{-1}$; 在非三角函数中, 由于 $\pi = 3.1416$, 所以 $\omega = (2\pi)/(24\text{hr}) = 0.2617\text{hr}^{-1}$ 。这样将土壤中某一深度、某一时间的实测数据代入方程(12), 采用尝试逼近法就可确定出热扩散系数 D 。在这里我们得到该旱地土的 $D = 11.5\text{cm}^2\text{hr}^{-1} = 3.19 \times 10^{-3}\text{cm}^2\text{s}^{-1}$, 该水稻土的 $D = 39.50\text{cm}^2\text{hr}^{-1} = 1.10 \times 10^{-2}\text{cm}^2\text{s}^{-1}$ 。于是得到该两种土壤不同深度的土温日变化方程为:

旱地土:

$$T = 18.2 + 36.65e^{-0.0944(t+24\delta(t)-9)-0.0894Z} \cdot \sin\{15[(t+24\delta(t)-9)-0.4864Z]\}$$

$$\text{当 } \delta(t) = \begin{cases} 1 & t < 9 \\ 0 & t \geq 9 \end{cases} \quad (13)$$

水稻土:

$$T = 11.5 + 14.48e^{-0.0668(t+24\delta(t)-10.5)-0.0507Z} \cdot \sin\{15[(t+24\delta(t)-10.5)-0.2495Z]\}$$

$$\text{当 } \delta(t) = \begin{cases} 1 & t < 10.5 \\ 0 & t \geq 10.5 \end{cases} \quad (14)$$

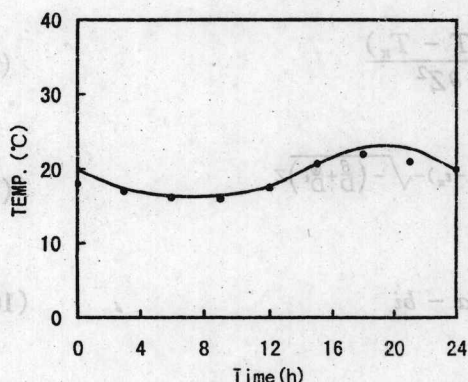


图5 旱地土 $Z=10\text{cm}$ 处土温日变化实测值与阻尼波动理论值比较

..... 实测值, ——— 阻尼波动理论值。

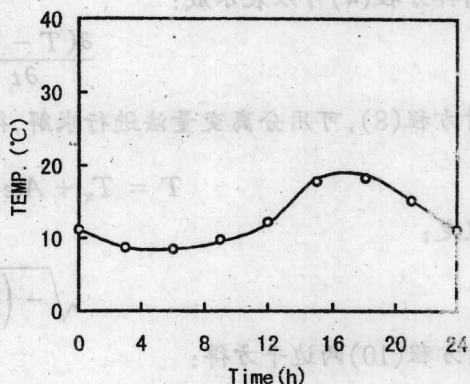


图6 水稻土 $Z=5\text{cm}$ 处土温日变化实测值与阻尼波动理论值比较

oooo. 实测值, ——— 阻尼波动理论值。

图(5)和图(6)是理论曲线和实验值的比较, 由此可以看出两者吻合很好。

土壤温度阻尼波的物理机制的定性讨论

大量的实验数据表明, 土壤温度日变化适宜于用阻尼波动方程来描述, 因此我们要问: 为什么土壤温度日变化会表现出阻尼波动?

众所周知, 振荡系统中的阻力将导致阻尼波。那么阻碍土壤温度波动的“阻力”是什么呢? 实际上土壤的确具有一种保持其温度稳定少变的趋势。比如白天, 当一潮湿的土壤, 在接收太阳辐射后, 由于前者有比较高的热容量, 以及其中土壤水份的蒸发和热量向土壤内部传输等都阻碍了潮湿土壤, 表土温度的升高。到了夜间, 地面无太阳辐射, 表土温度随之下降, 但因土壤内部的温度高于表土, 土体内部的热量将传输到表土从而阻碍表土温度的下降, 所有这些都导

致了阻尼波的出现。同时,在土壤温度阻尼波动曲线上,如果其夜间的振幅远低于白天的振幅,则表明一天之内热量的收支是不平衡的,表明土壤的热量收入大于支出,土壤就会出现热量的积累,导致阻尼波动的发生。

1 连续晴天的土温日变化的特点

根据前面的讨论,在晴天条件下,白天吸收的热量不会在夜间全部释放掉,由此导致热量的积累并表现出阻尼波动。这样阻尼波动曲线上的最低温度必然高于相应的简单正弦波动曲线上的最低温度。

对于正弦波动,我们假定:

$$T_s = T_0 + A\sin(15t) \quad (15)$$

相应地阻尼波方程为:

$$T_D = T_0 + Ae^{-\beta t}\sin(15t) \quad (16)$$

其最低温度的温度之差为:

$$\Delta T_{\min} = A(1 - e^{-\beta t})$$

由于 $t=18$ (上述方程中出现最低温度温度的时间), 所以

$$\Delta T_{\min} = A(1 - e^{-18\beta}) \quad (17)$$

根据上式,当 $\beta > 0$ 时, $\Delta T_{\min} > 0$, 表明有热量的积累; 当 $\beta = 0$, $\Delta T_{\min} = 0$, 表明没有热量的积累; 当 $\beta < 0$, $T_{\min} < 0$, 表明热量的支出大于收入。

显然 $\beta > 0$, 积累起来的热量必影响第二天土壤温度的变化, 第二天的同一时间的土壤温度必将高于前一天的土壤温度。如果天数 (n) 不太多, 我们可以假定高出的这一部分温度正比于最低温度的差值 $\Delta T_{\min}$ 。于是可得:

$$T_n = a(n-1)\Delta T_{\min} + T_\pi + Ae^{-\beta t}\sin(15\tau) \quad (18)$$

(18) 中 a 是常数, n 表天数如第一天 $n=1$, 第二天 $n=2$, ……,

将方程(17)代入(18)得:

$$T_n = T_\pi + a(n-1)A(1 - e^{-18\beta}) + Ae^{-\beta t} \cdot \sin(\omega t) \quad (19)$$

应用图 1 中的实验数据, 我们可以求得方程(19)中的 $T_\pi = 14$, $A = 10.65$, $\beta = 0.0319$, $a = 0.214$, $\tau = t + 24\delta(t) - 9$, 当 $t < 9$ 时 $\delta(t) = 1$, 当 $t \geq 9$ 时 $\delta(t) = 0$, 其它符号表意同前。

图(7)是实验曲线和理论曲线的比较, 可见吻合也很好。显然由于方程(19)中的 $\beta > 0$ (即有热量的积累) 才使同一时间的土壤温度高于前一天的土壤温度。相反, 如果(19)式中的 $\beta = 0$ (此时(19)式变成了简单正弦波动曲线), 则图(1)中所反映的温度一天比一天高的实验现象将无法得到解释。

根据在中国西北部黄土高原上冬、春两季的测定数据, 我们还发现不论是大气温度的日变化还是土壤温度的日变化的确有可能出现 $\beta < 0$ 的情况。而在地处亚热带的四川盆地的丘间谷地, 这种情况还未发现。这反映了不同热量带的土壤温度变化的特点。有关这方面

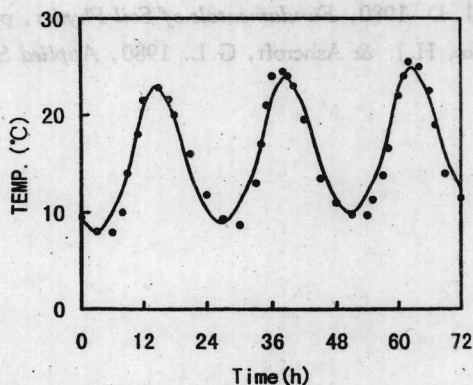


图 7 旱地土连续三天表土温度日变化实测值与阻尼波动曲线理论值比较

····· 实测值 ——— 阻尼波动曲线理论值

的问题还有待于进一步研究。

2 不同地形、气候和土壤覆盖条件对阻尼系数 β 的影响

根据前面的讨论, β 可能反映了土壤的另一种热性质, 即 β 值的高低与土壤所具有的阻碍其温度变化的能力有关, 而这又与地形、气候、地表覆盖特别是与土壤性质密切相关。表(1)反映了 β 值与地形、气候和土壤覆盖条件之间的关系。

表 1 β 与气候、地形、覆盖条件之间的关系

地形	黄土高原				四川盆地	
气候	温带				亚热带	
覆盖条件	裸地		植被覆盖		裸地	
	空气	土壤	空气	土壤	空气	土壤
β	0	0.0159	0	0.045	0.0764	0.0944

通过对表(1)数据的比较, 我们可以发现

- 1) 在四川盆地, 阻碍温度变化的阻力 ($\beta=0.0944$) 大于黄土高原 ($\beta=0.0159$)。
- 2) 在四川盆地丘陵谷地, 大气温度的日变化也表现为阻尼波动, 其 $\beta=0.0764$ 。
- 3) 植物覆盖增强了土壤温度日变化的阻尼性。
- 4) 正弦波是 $\beta=0$ 的特殊情况。

关于土壤性质与 β 的关系, 我们将在以后作进一步进行研究。

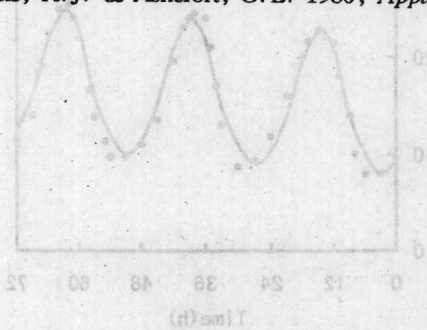
参考文献

1. Baver, L.D. Gardner, W.H. & Gardner, W.R. 1972, *Soil Physics*, pp. 252~283, 4 th ed. John Wiley & Sons, New York.

2. Marshall, T.J. & Holmes, J.W. 1979, *Soil Physics*, pp. 275~282, Cambridge University Press, Cambridge.

3. Hillel, D. 1980, *Fundamentals of Soil Physics*, pp. 287~313, Academic Press, New York.

4. Hanks, H.J. & Ashcroft, G.L. 1980, *Applied Soil Physics*, pp. 125~144, Berlin Heidelberg, New York.



土壤温度微变化研究

刘志强

【摘要】本试验用电子温度计,在重庆对田间旱作土、受控旱作土、水稻土的土温微变化,进行原位、原态、连续、自记测试,结果证明了作者1978年5月发现的土温微变化存在的事实。进而分析讨论了土温微变化的特点和可利用性,丰富了土壤温度研究的内容。

土温微(分、秒)变化,主要受日照、天气状况、云片移动和土性、地形、被裸情况的影响。旱地土壤的 $T_{\text{气}}$ 、 $T_{\text{表}}$ 与太阳辐射呈同步微变, $T_{-0.5}$ ~ T_{-5} 与太阳辐射呈随步微变,往下随土壤深度的增加土温变化逐渐迟缓,并过渡到滞后时变。土温微变化明显的土层,一般为0~2(最大为5)厘米,出现时间多在9~19时(重庆时间)。土温微变分升温微变和降温微变,它们的分变化最大幅值不同,最大者可达 $5^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 。表土、气温微变组合状况与即将来临的某种天气有很好的相关性,可作天气预报参数,为农业生产服务。

引言

土壤温度变化是早被公认的事实。远在1875年,努库斯(42.5°N , 9.6°E)就有过气温和不同深度土温日变化的观测^①。尔后,很多国家和地区,都将土壤温度规定为气象台站的观测项目,并逐渐引起土壤学家们的关注和研究。继而,诸如土壤温度变化^②,土温时变化对土壤速效养分含量时变化的影响^③,从气温求知土温^④,光(热)源对土温变化、分布的影响^⑤,土壤含水量对土温变化的影响^⑥以及土壤温度变化的数学模型^⑦等等的研究报导,日趋增多,并获得不少令人满意的成果。然而,有关土温微(分、秒)变化的研究报导,甚少见闻。1978年我们在进行“土壤肥力指标”研究中,观察到表土温度瞬时迅速变化的现象。在这种现象的启示和辩证唯物主义思想的指导下,选定和设计了本研究课题,试图探索土温微变化的规律。现据1980年连续一年的田间实测^⑧和以后的一些受控测试结果,综合报导于后。

试验设计,仪器和场地

本试验仍以太阳辐射为土壤的主要热源。田间实测布置在重庆市北碚区天生桥的紫色土上,即本院园艺场矮化密植柑桔园内。测温探头分别布置在柑桔树滴水线处土壤的不同深度,即 $(+150)^{\circ}$ 、0、-10、-20、-30、-50厘米处。受控测试摆放在本院盆栽试验场的盆钵内,测温探头分别置于盆内旱作土(土壤为黄壤)的不同深度即 $(+75)^{\circ}$ 、0、-0.5、-1.5、-2、-2.5、-3、-3.5、-4、-5厘米处,和盆内水稻土(土壤为紫色土)的不同深度即 $(+75)^{\circ}$ 、0、-2、-4、-5、-10厘米处,然后控制盆内旱作土的含水量、盆内水稻土的水层厚度和水面作养

萍、不养萍处理。按非电量的电测法原理,选用铂电阻作土壤温度变化的感应变送器,经导线输入置于室内的 XQC-300 型电子温度计,在不同天气状况下,进行原位、原态、连续、自记测试土温变化。

结果及分析

对以时间为横座标,温度为纵座标的 200 多幅土壤日温变图线的原始记录分析归纳,整理出如下结果:

一、土壤日温变图线类型

土壤日温变图线,有人称为土壤日温波,它是非正弦波,波形多姿多样,振幅有大有小,甚至接近于零,波形近似直线。为了弄清土壤日温变图线发生的原因和在生产上的意义,按其波形形状,可将土壤日温变图线分为晴天型、雨天型、阴天型三种,如图 1(略)。

土壤日温变图线的这些类型各有特点。晴天型的特点表现在 $T_{气}$ 、 $T_{表}$ 、 T_{-10} 特别是 $T_{表}$ 图线的日凸夜凹极为显著;土层越深处,土壤日温变图线越平直,振幅越小。雨天型的特点表现出整个日温变图线低平稳定,而且,在降雨时刻表土温度总是低于亚表土温度。阴天型的特点,表现出 $T_{表}$ 图线白天略微凸起,夜里低平稳定,表土以下的图线更是平直。显著,这些日温变图线类型,之所以有周期性变化和非周期性变化的差异,完全是由于温变策动能——太阳辐射的日周期性受气象要素的干扰、破坏造成的。所以,即使是同类型的日温变图线,也不可能一模一样。

二、日平均土温与观测次数

某土层某天的土温,一般是以它的日平均土温代表。为获得日平均土温,通常采用定次(每日四次)、定时(02、08、14、20 时)的观测值平均求得。但因地表和浅层土壤温度具有微变特点和各瞬时值存在着明显差异,所以,表土日平均温度值的准确性,随观测次数的增加而提高。以表土日平均温度值为例列于表 1

表 1 表土日平均温度值计算

观测日期	天气	最高温 (℃)	最低温 (℃)	振幅 (℃)	表 土 日 平 均 温 度 值 (℃)									
					4*		12*				24*		1440*	
					均值	误差	均值 (双时)	误差	均值 (单时)	误差	均值	误差	均值	误差
1980年 2月1日	雨	7.1	3.2	3.9	4.2	+0.09	4.05	-0.06	4.12	+0.01	4.08	-0.03	4.11	0
1980年 6月2日	晴	41.3	15.7	25.6	22.65	-0.8	23.0	-0.45	23.47	+0.02	23.24	-0.21	23.45	0
1980年 7月24日	晴	59.1	23.4	35.7	34.48	+1.37	32.58	-0.53	33.35	+0.24	32.97	-0.14	33.11	0

*表示每日观测记录次数。误差,指不同观测次数的均值与分温度值的均值比较

如以分温度值的平均值为准,从表 1 看出表土日平均温度值与观测次数的关系,即随观测次数的增多,而温度值的准确性逐渐提高。当观测次数相同时,土壤日平均温度值误差的大小,又受土壤温波振幅大小支配,一般表现为温波振幅大的误差大,温波振幅小的误差小。因此,为要反映表土日平均温度的真实情况,我们认为,至少要取每小时一次的观测值或每两时(奇数时)一次的观测值来计算,才比较可靠。如果只取每日四次的观测值来计算表土日平均温度值,就应进行订正,特别是对于晴天或日温波振幅大于 10℃ 的天气或土层更应如此。

三、表土温变极端值

土壤温变极端值,是指在一定时间内,土壤温度的最高值和最低值。实际上极端值也是某一时刻的瞬时值。土壤温变极端值,以表土为最甚。土壤温变极端值有年、月、日、时、分极端值之分。土壤温变年极端值的出现,受地球公转和天气状况的影响。重庆地区表土温变年极端值,最高值多出现在七月下旬(大暑前后),最低值多记录于二月上旬立春前后),如图 2 (略)。

土壤温变日极端值的高低,受地球自转和天气状况的支配。土壤温变的时、分极端值,在受地球公转和自转影响的基础上,主要受天气状况,特别是云层移动的影响。

当然,由于土温变化还受土性、地形、被裸情况等的影响,所以,各种土壤的表土温变极端值又不相同。

四、土壤温度微变化的特点

(一)土温微变化的深度 土温微变化的深度,如图 3(略),表 2。

表 2 土温微变特点记载表

特 土	气温和各深度土温微变凹值(℃)及凹值出现时间(t)										备 注								
	T _气		T _表		T _{-0.5}		T _{-1.5}		T ₋₂			T _{-2.5}		T ₋₃		T ₋₄		T ₋₅	
	点 气	凹 值 t	点 表	凹 值 t	点 凹	凹 值 t	点 凹	凹 值 t	点 凹	凹 值 t		点 凹	凹 值 t	点 凹	凹 值 t	点 凹	凹 值 t	点 凹	凹 值 t
旱 作 土	含水量 10%	晴		2 点 45 分	11 点 46 分	1.2	11 点 48 分	0.3				0	11 点 49 分						图 3 (a)
	含水量 20%	晴	2.6	15 点 23 分	6.8	15 点 23 分						0.8	15 点 26 分			0	15 点 30 分		图 3 (b)
水 稻 土	水层厚 3mm	晴	3.9	12 点 28 分	4.4	12 点 30 分			1.4	12 点 41 分					0	13 点 04 分			图 3 (c)
	水层厚 13mm	晴	2	14 点 20 分															图 3 (d)

图 3、表 2 同时说明,旱地土温微变,以表土最剧烈;随着土层加深,土温微变逐渐减弱以至消失。土温微变深度一般是 2 到 3 厘米(最大深度可达 4 至 5 厘米),并具有气温、表土温微变,同时与太阳辐射微变呈同步微变。表土之下的 0.5~5 厘米的土温微变与太阳辐射微变,呈随步微变。5 厘米以下的土温变化与太阳辐射变化呈滞后时变,直至温变消逝等特征。然而,由于空气和表土的本质差异,同步微变之外,还有 T_气 的时变比较稳定,分变比较不稳定;T_表 的时变不稳定,分变更不稳定。至于随步微变,由于热梯度的存在和热传导过程中热量的损失,则随土层加深逐渐减弱,并过渡为滞后时变。

据此,我们将旱地土壤剖面划分为土温微变的同步层(0~0.5 厘米)、随步层(0.5~5 厘米,又称太阳辐射热敏感层)、滞后层(5~20 厘米,又称热感缓层)、滞后滞后层(20 厘米以下,又称热感钝层),50(或 60)厘米以下视为土温日定值层。

而且,这很可能是 0~2(最大到 5)厘米及 20 厘米以下土层的旱作根系的须根、根毛分布

少,5~20厘米土层内,旱作根系的须根、根毛分布很多^①的主要原因之一。然显,这是由于热感敏层的温变十分频繁,忽高忽低,须根、根毛尤其是根毛易遭受烧伤、冻坏、干死,不适宜须根、根毛生长。20厘米以下的热感钝层,则因土壤温变的日较差小,时间滞后推迟甚久,致使处在这段深度土层范围内的旱作根系的生理功能比植株的生理功能之间步调落后,不甚协调,也不适宜须根、根毛生长。只有在5~20厘米热感缓层内,恰好避免了热感敏层(上部)和热感钝层(下部)的缺陷,使土温变化、土性变化、日照变化等与作物根系、植株的生理功能变化相互协调一致^②,这正是5~20厘米这段土层内,旱作根系的须根、根毛分布甚多的主要原因。

在试验中,我们还观测到0.5~5厘米段土层内随土壤含水量增加而温变曲线逐步靠拢,土温梯度逐渐减少的现象。如0.5厘米与3.5厘米处,土壤含水量为6%,最大差值为7℃;当土壤含水量为18~25%时,最大差值只有4℃。这是控水调温,将热感敏层转变为热感缓层,减少了土温剧烈变化,确保旱作根系正常生长,分布土层变浅的原因。这与我们1983年观察到的,重庆地区夏季多雨时期,0.5~5厘米段土层内,旱作根系的须根分布偏多的情况是完全吻合的。

至于水稻土的土温微变,主要受水层厚度的影响,而与旱作土有所不同。比如在水层厚3毫米时,没有同步微变,只有随步微变和缓和的滞后时变。当水层厚13毫米时,既无同步微变,也没有随步微变,只有缓和的滞后时变。显然,这就是水稻土中,水稻根系分布土层更浅和深水田土温低易坐苑的原因。如果在水层厚13毫米面上种植绿萍(试验是在83年2月进行的),则土温变化除与同厚水层的基本相同外,还表现出白天总是 $T_{表} \leq T_{气}$,夜间总是 $T_{表} \geq T_{气}$ 的特点,这说明绿萍有降温、保温作用。

(二)土温微变的最大幅值 土温微变的最大幅值包括升温微变最大幅值和降温微变最大幅值,如图4(略)。从图4可看出,表土温、气温升温微变的最大幅值, $T_{表}$ 4℃/分, $T_{气}$ 为2.8℃/分;降温微变的最大幅值, $T_{表}$ 为5℃/分, $T_{气}$ 为2.4℃/分。从全年看,夏、秋降温微变最大幅度值 $\geq$ 升温微变最大幅值;冬、春降温微变最大幅值 $<$ 升温微变最大幅值。显然,这是由于夏、秋季节,重庆地区的太阳辐射很强^③,如有云片移动,遮挡了阳光,表土温变热源的热量迅减,或表土与周围物质的温差大,失热快,所以,表土降温微变的最大幅值就大。到了冬、春季节,重庆地区的太阳辐射较弱,只要一有太阳光照射,表土的热量激增,形成“热堆效应”,升温微变的最大幅值就大。

(三)土、气温微变组合状况与天气预报 表土温度、空气温度微变组合状况不同,预示着未来天气状况。图5是行将降雨的 $T_{表}$ 、 $T_{气}$ 微变组合例子。

从图5看出,晴天之夜,如果发现 $T_{气} > T_{表}$,且 $T_{气}$ 微变波动频繁、剧烈(20分钟内温变 $\geq 2^{\circ}\text{C}$,最大值为1℃/分),即称为锯齿状波动的组合特征时,预示着未来一、二、三天内有雨。据全年记录图线分析统计,有这种组合特征时,三天内发生降雨的概率 >0.9 。这是“地”里有“天”,从土壤了解气候的例证。

参考文献

- ① 么枕生:农业气象学原理 1954.4,中国科学院出版。
- ② Penrod, E.B. Elliott, J.M. and Brown, W.K. Soil Temperature Variation(1952~1956) at Lexington, Kentucky. Soil Sci., 1960,90:275~283.
- ③ 侯光炯:农业土壤生理性,1960.

④Toy, T.J. Kuhaida, A.J. J.R., and Munson, B.E. The prediction of Mean Monthly Soil Temperature from Mean Monthly Air Temperature, Soil Sci., 1978, 126:181~189.

⑤Mehals, G.R. Stolzy, L.H. and Letey, J., Temperature Distributions under Stones Submitted to a Diurnal Heat Wave, Soil Sci., 1975, 120:437~441.

⑥Gardner, Robert, Relation of Temperature to Moisture Tension of Soil, Soil Sci., 1955, 79:257~265.

⑦Hanks, R.J. Austin, D.D. and Ondrechen, W.T., Soil Temperature Estimation by a Numerical Method. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1971, 35:665~667.

⑧刘志强:土温动态测定自动化和土温微变化的研究(摘要), 1981.4。

⑨M·r·达拉诺夫斯卡娅,根系研究法,科学出版社,1982。

⑩侯光炯:中国农业土壤概论,农业出版社,1982。

⑪刘志强:太阳辐射微变化的观测(资料), 1983。

RECHERCHE SUR LA VARIATION MENUE DE LA TEMPERATURE DU SOL(French)

Liu Zhiqiang

(faculté de la chimie agricole et du sol de l'institut
d'agronomie sud-ouest)

Résumé

Cet article a disserte que le mesurage la variation menue de la température du sol, le mesurage a employe thermomètre électrique de record continu automatique et mainrenit premier état, primitive place du sol à Chongqing sur sol aride champêtre, par domptes sol aride et sol champ de riz, le resutat du mesurage a justifié le variation menue de la température du sol découverte par l'auteur en Mai 1978.

la variation menue (minute, seconde) de la température du sol ont influencons en grande partie par les soleil éclaire, il fait état, nuage en couches déplacement et sol naturel, configuration du terrain, le, sol nu ou couvert, la variation menue de la température du sol aride de 0 à 0.5 cm synchronisation par rayonnement solaire et de 0.5 à 5 cm suivre le rayonnement solaire la température du sol de au-dessous de 5 cm transition par variation heure, la variation menue de température de sol se divise deux type de l'ascendance et de la descente, maximum nombre varié par 5°C/minute.

il exist un lien étroit de combinaidon état de la variation menue de la température du sol entre apparence sol et atmosphérique et il fait sérémite ou pluie future réciprocite tres bien qui pourra employer paramètre des previsions temps serviront les agricultures productions.

注:本文载于《西南农学院学报》1984.1 15~24 页。

气候对农业生态系统生产力的贡献

刘志强

(土化系)

尹克林

(园艺系)

陈绍兰

(编辑出版部)

【摘要】在重庆地区,气候对农业生态系统生产力的贡献,丘陵比低山高 12% (经济肥力)和 30% (自然肥力),并推测出气候组合因子对农业生态系统生产力贡献的最佳值限。

主 题 词:气候:生态系:生产能力

中国分类号: S162.5

气候是农业生态系统组分之一^[1],但多属定性描述。在极少数的定量研究中^[2],也往往忽视了土壤子系统的差异。我们于 1981 年以杂交玉米为试材,进行了气候、土壤、地貌等对农业生态系统生产力贡献的研究。

1 材料与方法

试验在重庆北碚的丘陵(海拔 230m)和低山(海拔 550m)地区的 5 种土壤(表 1)上进行。每盆各装试土 50kg,施厩肥 1kg 作基肥,各以尿素 17g、过磷酸钙 32g、氯化钾 12g,分 3 次作追肥,以不施肥为对照,每盆留杂交玉米(Va35×1)苗 2 株,重复 2 次。处理及观测项目见表 3 注。将试验处理数据组成 20 行,观测项目组成 51 列,并按对应因子分析法(AFC)^[3]经计算机进行处理分析作图。

2 结果与分析

2.1 特征值的分布和相关性

表 2 表明,按 X^2 定律,试验数据值总和 $102148.41 \times$ 特征值总和 $0.458 = 46738 >>$ 自由度 $(20-1)(51-1) = 950$,说明原始数据表中的处理与观测项目之间的相关性显著。元素总数对各轴的贡献率,反映每个轴的相关程度。按照最小均分贡献率的经验原则,凡 > 5.2632 (即 $100/(20-1)\%$ 的轴均有贡献。所以,5 个轴均应保留。再按每两个轴可组成一个相关关系图,则能组合成 10 幅相关关系图。根据本文的需要,取 1、2 轴和 4、5 轴分别组成行、列相关关系图,已能反映行、列间 77% 的相关关系。

2.2 因子元素与变量元素的轴上的贡献率

表 3 中的各元素点是轴的主要构成成分,对分析解释行、列关系有重大作用。不同气候、土壤组分的数值都是影响因子,它们共同作用于玉米的产量(C)、生物产量(CS)、穗位叶面积(MH)和根长(g)等。

表 1 供试土壤的基本性质

土壤类型 及编号	质地	pH 值	有机质 (%)	有效养分(ppm)			肥力等级
				碱解氮	P ₂ O ₅	K ₂ O	
1 灰棕紫泥	粘土	7.0	1.2	50.8	22.0	180	2
2 石灰岩黄壤	轻粘	6.4	1.5	80.5	10.6	212	1
3 暗紫泥	砾质壤土	6.0	1.2	80.0	15.0	136	3
4 灰棕潮土	轻壤	7.5	1.3	40.7	58.0	89	4
5 老冲积红壤	粘土	5.5	1.0	52.0	51.0	78	5

表 2 特征值分布

项 目	轴 序				
	1	2	3	4	5
特征值	0.0216	0.0075	0.0040	0.0034	0.0031
元素总数对各轴的贡献率(信息量%)	47.1	16.3	8.6	7.4	6.8
累计贡献率(%)	47.1	63.4	76.0	79.4	86.2

表 3 处理和观测项目中贡献率分别大于 5% 和 2% 的元素点

相关性	轴 序									
	1		2		3		4		5	
	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
处理项目 (因子 元素)	QS ₂	QB ₄	QS ₁	QS ₂	QB ₂	QS ₂	QS ₁	LB ₁	QB ₃	QS ₃
	LS ₁	QB ₅	QB ₁	QS ₄	QB ₄	LS ₁	QS ₄	LB ₂	LS ₂	QB ₃
	LS ₂	LS ₄	QB ₅	LS ₂		LS ₃	QS ₅	LB ₃	LB ₅	LB ₃
		LB ₄	LB ₅	LS ₄		LS ₅		LB ₄		
		S _{B5}		LB ₄		LB ₃				
观测项目 (变量 元素)	C	TL ₁	TL ₂	CS	Td ₃	CS	C	Td ₁	MH	C
	CS	TL ₃	Tj ₂	TL ₃	TL ₃	MH	CS	Tj ₁	Td ₂	CS
	MH	TL ₄	Tj ₃	TL ₄	Tj ₁	FS	MH	Qj ₂	Td ₃	G
	G	Qw ₁	Tj ₄		Tj ₂	Qj ₂	FS	Qj ₃	TL ₂	Tj ₂
	Td ₂	Qw ₂			Tj ₄	Tq ₃	TL ₁	g	Tj ₃	
	TL ₂	Qw ₃				Qj ₁	Tj ₄	Qj ₁	Tj ₄	
	Tj ₁	Qw ₄				Qj ₄		Qj ₄		
	Tj ₂									

注:丘陵(Q),低山(L)和有肥(S),无肥(B),产量(C)、生物产量(CS)、株高(Cg)、叶展(YC)、好叶(Hy)、坏叶(by)、穗位叶面积(MH)、茎粗(jc)、根长(g)、占土壤体积(VT)、占空间体积(VK),土壤有机质(Ty),有效氮(苗期(Td₁、叶丝期 Td₂、黄熟期 Td₃),有效磷(苗期 TL₁、拔节期 TL₂、吐丝期 TL₃、黄熟期 TL₄),有效钾(Tj₁、Tj₂、Tj₃、Tj₄),土壤温度(出苗 Tw₁、三叶期 Tw₂、拔节期 Tw₃、叶丝期 Tw₄、黄熟期 Tw₅),土壤水分(TS₁、TS₂、TS₃、TS₄、TS₅),土壤容气量(出苗 Tq₁、拔节期 Tq₂、叶丝期 TL₃、黄熟期 Tq₄),日平均气温月总和(4月 Qw₁、5月 Qw₂、6月 Qw₃、7月 Qw₄),月降水量(4月 Qj₁、5月 Qj₂、6月 Qj₃、7月 Qj₄),日照时数月总和(4月 r₁、5月 r₂、6月 r₃、7月 r₄),施肥(FS),不施肥(O)。

2.3 处理与观测项目的相关性

图 1(略)表明,圈内为相对贡献率>2%和>5%的观测和处理项目中的产量(C)、生物产