

四川盆地紫色土温度状况的确定^{*}

张建辉 唐时嘉

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所 成都 610041)

提 要 以气象资料为基础,为土壤系统分类的需要,估计了四川盆地紫色土的温度状况。采用逐步回归方法,从与土温相关的10项气象因素中,筛选出6项主要影响因素。根据本区土层浅薄的特点,建立了不同深度土层的土温计算方程。计算结果表明,按土壤系统分类的土温状况诊断标准,本区拥有热性土壤温度状况。

关键词 四川盆地 紫色土 土壤温度 土壤系统分类

在土壤系统分类中,土壤温度状况被视为土壤自身属性之一。土壤温度状况的定义为土表下50cm深处的土壤或 ≤ 50 cm深处的石质或准石质接触面处的土壤温度。因此要获得现存土温资料并非易事,尤其是厚度 >40 cm的土层温度,就连气象部门也较少观测。目前在实际应用中多以气象资料为依据来估算土温,其方法有若干,但多数方法估算误差较大。有的虽然估算精度较高,但有一定的区域局限性¹⁾。

紫色土系岩性土,分布于低山丘陵区,土层厚度 <50 cm的土壤占有相当大的比例。紫色土温度状况应以石质或准石质接触面处为准。鉴此根据气象资料,拟对土层厚度不同的土壤,建立各自的土温与气象因素的关系方程,以估计紫色土温度状况。

1 研 究 方 法

1.1 数据的采集

根据四川省地面气候资料(1951—1980年),采集不同区域、不同类型紫色土上气象观测站的纬度、经度、海拔、气温、相对湿度、降水量、日照时数、蒸发量、风速、总云量及土壤温度等指标。采自14个台站,采得168组数据。

1.2 数据的处理

为了了解土温的年内各月变化和得到回归方程的最优效果(在研究区内各年月均气象数据的变幅比年均气象数据的变幅要大),在回归分析中气象指标和土温均采用月均数据。

在“地面气候资料”中,虽记载了土表以下多层次的地温状况,但在50cm处却未记录有温度,因此需据50cm上下的土温计算50cm处本身的土温。

从土表下5—320cm处的多年各月土温变化情况看,4—8月随土层下伸而土温递减,10月—次年2月随土层下伸而土温递增,而3、9两月土温则无递增或递减变化。3月

^{*} 国家自然科学基金重点资助项目和中国科学院特别支持资助项目之部分研究成果。

1) 杨学明,赵兰坡,罗晓红. 土壤温度状况确定中年均土壤温度的计算. 见:中国科学院南京土壤研究所. 中国土壤系统分类研究·1993年论文集. 1993. 194—201.

本文收稿日期:1994-01-28,改回日期:1995-02-16.

土温是上下两部高,中部低;9月土温是上下两部低,中部高. 它们的转折点大致在 40—80cm 处. 不同时期的 50cm 月均土温计算式如下:

4—8 月 $50\text{cm 月均土温}=40\text{cm 月均土温}-[(80\text{cm 月均土温}-40\text{cm 月均土温})/4];$
10 月—次年 2 月 $50\text{cm 月均土温}=40\text{cm 月均土温}+[(80\text{cm 月均土温}-40\text{cm 月均土温})/4];$
3,9 两月 $50\text{cm 月均土温}=[(40\text{cm 月均土温}+80\text{cm 月均土温})/2].$

对于土表下 30cm 处的土温,则取 20cm 处与 40cm 处土温的平均值.

2 结 果 与 讨 论

2.1 影响土温的相关因素

从表 1 可见,各控制层土温与气象因素间的相关性显著与否及作用方向十分类似. 在所考虑的 10 项因素中,与土温有显著相关性的是 6 项,按相关强弱依序为气温、蒸发量、降水量、日照时数、风速和相对湿度. 除纬度、海拔和总云量等 3 项因素对土温的影响为负效应外,其余均为正向作用.

表 1 土温与气象因素间的单相关

Table 1 Simple correlation between soil temperature and meteorologic factors

土温层	纬度	经度	海拔	气温 ¹⁾	相对湿度	降水量 ¹⁾	日照时数 ¹⁾	蒸发量 ¹⁾	风速 ¹⁾	总云量
10cm	-0.1299	0.0727	-0.1225	0.9956	0.0943	0.7941	0.7582	0.8837	0.2971	-0.1040
20cm	-0.1318	0.0684	-0.1200	0.9873	0.1218	0.7921	0.7339	0.8610	0.2683	-0.0922
30cm	-0.1382	0.0791	-0.1442	0.9877	0.1715 ²⁾	0.8010	0.7144	0.8419	0.2803	-0.0984
40cm	-0.1480	0.0872	-0.1640 ²⁾	0.9762	0.2163 ¹⁾	0.7996	0.6809	0.8105	0.2845	-0.0921
50cm	-0.1536 ²⁾	0.0893	-0.1702 ²⁾	0.9694	0.2435 ¹⁾	0.7986	0.6671	0.7930	0.2664	-0.0925
平 均	-0.1403	0.0793	-0.1442	0.9832	0.1695 ²⁾	0.7971	0.7109	0.8380	0.2793	-0.0829

1) $p \leq 0.01$; 2) $p \leq 0.05$.

2.2 土温的计算方程

以上是假定各因素间在相互独立的条件下,考查某一因素与土温间的相关程度. 但由于各因素间相互作用,有的因素的作用就可能被另一些因素所掩盖或削弱. 因此就需考查在诸多因素的综合作用下,影响土温变化的主要因素,从而建立土温与气象因素的关系方程.

以纬度 X_1 、经度 X_2 、海拔 X_3 、多年月均气温 X_4 、月均相对湿度 X_5 、月均降水量 X_6 、月均日照时数 X_7 、月均蒸发量 X_8 、月均风速 X_9 、月均总云量 X_{10} 分别为自变量,月均土温为因变量 Y ,采用逐步回归方法筛选出影响土温的主要因素,得到 50cm 内不同土层厚度土壤的土温与气象因素的回归方程如表 2.

表 2 回归方程及其显著性

Table 2 Regression equations and significance of their regression coefficients

土温层	回 归 方 程	R 值 ¹⁾	F 总值 ¹⁾	S_e
10cm	$Y = -0.3297X_1 + 1.0367X_4 - 1.1558X_9 + 12.4995$	0.9972	9787.97	0.5482
20cm	$Y = -0.4217X_1 + 1.0058X_4 - 1.7849X_9 + 16.5993$	0.9910	2994.51	0.9540
30cm	$Y = 1.0136X_4 + 0.0958X_8 - 0.0172X_6 - 0.5268X_{10} - 0.0842$	0.9944	3628.13	0.7038
40cm	$Y = 1.0242X_4 + 0.1159X_8 - 0.0276X_6 - 0.6593X_{10} + 0.3232$	0.9902	2055.94	0.8892
50cm	$Y = 0.9997X_4 + 0.1329X_5 - 0.0309X_8 - 0.7477X_{10} + 0.4268$	0.9891	1846.63	0.8967

1) $p \leq 0.01$, $R_{0.01}(4, 164) = 0.270$, $R_{0.01}(5, 163) = 0.290$, $F_{0.01}(3, 164) \approx 3.9$, $F_{0.01}(4, 163) \approx 3.4$.

表 2 表明,在多因素综合作用下,对土温影响较大的气象因素主要为纬度、气温、相对湿度、蒸发量、风速和总云量等 6 项。对土层厚度 $<30\text{cm}$ 的土壤,土温主要受 3 项因素的制约,反映自变量在回归中所起作用的各因素 F 值大小顺序是气温、风速、纬度;而对土层厚度 $\geq 30\text{cm}$ 的土壤,土温主要与 4 项因素密切相关,分别依次是气温、总云量、相对湿度、蒸发量。综观各回归方程,无论哪一温度控制层,气温对土温变化均起着决定性的作用。

从各因素在回归方程中的作用方向看,各方程均与客观实际相吻合。随纬度增高,温度降低,作用方向趋于负向。气温增高,反映了太阳辐射量的增大,后者增大,又必然导致土温上升,故气温的作用方向趋于正向。相对湿度大,土壤散热慢,土温上升,即作用方向趋于正向。总云量大,则日照时数短,土温随之而低,作用方向趋于负向。至于蒸发量的作用方向,似乎存在一个矛盾问题,即土温与蒸发量间的关系在单相关分析(见表 1)中为正相关,而在复相关分析中为负相关。事实上,单考虑土温与蒸发量间的关系时,两者并非互为因果关系。当风速增大时,蒸发量也增大,而土温则会下降(因为蒸发是一个吸热过程)。因此在综合考虑各气象因素的作用时,蒸发量这一指标实际上隐含了风速的作用。蒸发量的作用方向趋于负向。

其实按土温变化的物理机制来说,纬度和日照时数(或总云量)两者是影响土温的最重要因素。但由于在逐步回归中选取了气温这一指标[气温是地面接受太阳辐射量的反映,而太阳辐射量又与纬度和日照时数(或总云量)有关],故在不同深度土层的回归方程中,纬度和日照时数(或总云量)的作用地位均较气温的作用地位低,乃至不是日照时数(或总云量)、就是纬度未能入选。

3 土温的预测效果

3.1 预测方程的精度和稳定性

从数理统计原理可知,影响多元线性回归方程的精度有两个参量:1. 预测值平均数的波动情况;2. 各偏回归系数的波动情况^[1]。预测值平均数波动范围小,回归方程的预测精度就高。至于波动的程度多大才对回归方程的精度和稳定性有显著影响,这可通过 t 检验法来检验。

表 3 回归方程的精度和稳定性检验

Table 3 Tests of precision and stability of regression equations

土 温 层	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm
平均值的置信区间($p \leq 0.01$)	18.78 ± 0.11	18.83 ± 0.19	18.99 ± 0.14	19.13 ± 0.18	19.12 ± 0.18
偏回归系数的波动性检验 ¹⁾	$t(X_1) = 6.94$	$t(X_1) = 5.10$	$t(X_4) = 36.16$	$t(X_4) = 28.92$	$t(X_4) = 27.99$
	$t(X_4) = 163.51$	$t(X_4) = 91.16$	$t(X_5) = 5.48$	$t(X_5) = 5.25$	$t(X_5) = 5.97$
	$t(X_9) = 8.75$	$t(X_9) = 7.77$	$t(X_6) = 3.98$	$t(X_6) = 5.06$	$t(X_6) = 5.62$
			$t(X_{10}) = 5.92$	$t(X_{10}) = 5.89$	$t(X_{10}) = 6.60$

1) $p \leq 0.01$, $t_{0.01}(164) \approx t_{0.01}(163) \approx 2.61$ 。

从表 3 可见,土温平均值的波动范围为 $\pm 0.11 \sim \pm 0.19^\circ\text{C}$,这在 1% 水准上显出显著性。偏回归系数的波动 t 检验结果也表明,各方程的 t 值 $\geq t_{0.01}$ 。因此预测方程是稳定的,精度达到显著水准。

需要指出的是,紫色土土表下 50cm 深处的石质或准石质接触面,严格地说对土温有一定影响. 因此当用相同深度土层温度推估各层土温时,估计精度可能有所变化.

3.2 土温计算值与实测值的比较

选取四川盆地不同区域紫色土,根据年均气象数据,计算出不同厚度土壤的年均温度,并与实测值比较,兹列于表 4.

表 4 年均土壤温度的计算值与实测值比较
Table 4 Comparison between calculation and determination values of annual mean soil temperature

土 温 层		10cm		20cm		30cm		40cm		50cm	
		计算	实测	计算	实测	计算	实测	计算	实测	计算	实测
盆 东	北碚沙坪坝	20.3	20.1	20.4	20.1	20.3	20.0	20.4	19.9	20.4	19.9
		20.2	20.0	20.2	20.0	20.1	20.1	20.2	20.2	20.2	20.2
盆 南	泸 州	19.9	20.1	19.8	20.1	20.4	20.2	20.6	20.2	20.6	20.2
		19.2	19.4	19.3	19.3	19.1	19.4	19.3	19.6	19.3	19.6
盆 西	金 堂	18.5	18.1	18.5	18.1	18.6	18.4	18.7	18.6	18.7	18.6
盆 北	平 武	16.3	17.0	16.6	17.0	16.1	16.8	16.2	16.6	16.2	16.6
	北 川	16.8	16.4	16.6	16.6	17.3	16.8	17.4	16.9	17.4	17.0
	绵 阳	18.3	18.4	18.5	18.3	18.3	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4
盆 中	简 阳	18.5	19.1	18.4	19.2	18.6	19.3	18.7	19.4	18.7	19.4
	资 阳	19.5	19.2	19.7	19.2	19.2	19.2	19.4	19.2	19.4	19.2
	遂 宁	19.1	18.9	19.2	19.0	19.7	19.3	20.0	19.6	20.1	19.6
	阆 中	18.8	18.6	18.7	18.6	18.9	18.8	18.9	18.9	18.8	19.0
	南 充	19.3	19.2	19.2	19.2	19.8	19.2	20.0	19.3	20.0	19.3
土温绝对误差(℃)	最大值	0.7		0.8		0.7		0.7		0.7	
	最小值	0.1		0		0		0		0	
	平 均	0.33		0.26		0.32		0.32		0.34	
土温平均相对误差(%)		1.75		1.38		1.69		1.68		1.78	

表 4 显示,年均土温计算值与实测值均较接近. 各温度控制层的绝对误差最大 0.7—0.8℃,最小 0℃,平均值 0.26—0.34℃. 平均相对误差 1.38—1.78%,以 20cm 处最小,50cm 处最大.

从实际应用的角度考虑,总是希望预测方程应尽量简化,使用方便. 换言之,方程所涉及的因素应尽量减少,计算才会简便. 在对四川盆地紫色土的温度状况进行估计时,最多只需 4 项指标,对土层<30cm 的土壤只需 3 项,就可得出精度较理想的结果.

4 紫色土的温度状况

由表 4 还可见,随土层加厚,土壤温度总体上呈上升趋势,但变化范围较窄,极差大多<0.5℃.

从土温与气象因素的回归方程中可知,气温是与土温相关性最大的因素. 因而气温在地域上的分异也必然要反映到土温之中. 在四川盆地紫色土区(见表 4),土温大致上是南部高于北部,东部高于西部,盆地中部则介于南北之间,而南部与东部土温又十分相近. 从 50cm 深度处年均土温状况看:南部的泸州 20.6℃(实测 20.2℃);北部的平武、北川、绵阳分别为 16.2, 17.4, 18.4(℃)[实测 16.6, 17.0, 18.4(℃)];东部的重庆北碚、沙坪坝分别为 20.4, 20.2(℃)[实测 19.9, 20.2(℃)];西部的金堂 18.7℃(实测 18.6℃);中部的资阳 19.4℃(实测 19.2℃). 从其他土温控制层的温度看,土表下 50cm 深度内,无论

哪一层次土温均系北部最低,估计土温 16.1—18.5℃(实测 16.4—18.4℃);以南部最高, 19.1—20.6℃(实测 19.3—20.2℃)。因此综观四川盆地紫色土的温度,按土壤系统分类的诊断指标,应属热性土壤温度状况。

参 考 文 献

- [1] 杨永岐. 农业气象中的统计方法. 北京:气象出版社,1983. 102—104.

DETERMINATION TO TEMPERATURE REGIME OF PURPLE SOILS IN SICHUAN BASIN

Zhang Jianhui Tang Shijia

(*Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences*
& *Ministry of Water Conservancy Chengdu 610041*)

Abstract

Based on meteorologic data the temperature regime of purple soil in Sichuan Basin was estimated for the application of soil taxonomic classification. Mean annual values being taken as variables, 168 series of data were collected from 14 meteorologic observation stations. 6 major factors were chosen out of 10 meteorologic ones by means of the successive regression method. In the light of the fact that the thickness of soil layer is thin in most of the region, the calculation equations of soil temperature for different controlled temperature soil layers within 50cm depth beneath soil surface were established. For the soils of ≥ 30 cm in thickness, their temperature can be calculated in accordance with mean annual air temperature, relative humidity, evaporation capacity and total cloud cover; whereas, for those of < 30 cm in thickness, the same can be done only with the latitude, mean annual air temperature and wind velocity.

Compared with other methods of soil temperature estimate, the present method is characterized by the following: 1. Temperature regime for different soil layers was estimated, which was of significance to hilly regions with thin soil layer. 2. It provided a reference for some places in which the monthly change of soil temperature needs to be known, for the prediction equations can be not only used to calculate mean annual soil temperature, but also to calculate mean monthly soil temperature. 3. So far as the application of soil taxonomic classification is concerned, the prediction equations were of high precision, while they contained fewer factors.

It was concluded that the present region belonged to the thermic soil temperature regime (15—22℃) from the results of soil temperature in different parts of Sichuan Basin.

Key words Sichuan Basin, purple soil, soil temperature, soil taxonomic classification