

# 黄土丘陵区油松人工林温度效应的研究

杨会蒲<sup>1</sup>, 韩冰<sup>2</sup>

(1 铜川市水保工作站, 陕西铜川 727007; 2 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

**摘要:** 通过研究黄土丘陵区油松人工林内空气温度和土壤温度的变化规律后认为, 白天林内气温低于林外, 夜间高于林外。晴天, 林内外气温差异较大, 阴天则较小; 生长季林内平均气温高于林外, 其最大差值出现在6月, 最小差值出现在10月; 林内气温梯度变化明显, 日平均气温、日最高气温平均和日最低气温平均, 林冠层中部均比林地表层和林冠表层大。林分和枯枝落叶层覆盖对土壤温度的影响主要表现在2个方面, 即降低林内土壤温度和土壤温度的较差; 日平均土壤温度, 东坡较西北坡高0.48。

**关键词:** 黄土丘陵区; 油松人工林; 温度效应; 生长季

中图分类号: S 791.254.02

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2002)01-0151-04

## Effect of Artificial Chinese Pine Stands on Temperature in Loess Hilly and Gully Region

YANG Hui-pu<sup>1</sup>, HAN Bing<sup>2</sup>

(1 Tongchuan Soil and Water Conservation Station, Tongchuan 727007, Shaanxi Province, China;

2 Institute of Soil and Water Conservation, the Chinese Academy of Sciences and  
Ministry of Water Resources, yangling 712100, Shaanxi Province, China)

**Abstract:** The variation laws of air temperature and soil temperature in artificial Chinese stands in loess hilly and gully region are studied, the results showed as follows. Air temperature in the stand is higher in daytime and lower in nighttime compared with the open field. The discrepancy of air temperature in the stand and open field is large in sunshine day and little in cloudy day. Mean air temperature of the growing season in the stand is higher than that in open field in which the biggest discrepancy value occurs in June and the smallest in October. Perpendicular variation of air temperature in the stands is obvious, mean, the highest mean and the lowest mean values of daily air temperature in the middle of canopy are higher than that on the surface of the canopy and in the 1.5 m height of the stand. The effects of the stands and litter layer on soil temperature result in the reduction of soil temperature and its amplitude. Daily mean soil temperature on eastern slope is 0.48 higher than that on northwestern slope.

**Key words:** the loess hilly and gully region; artificial Chinese pine stands; effect on temperature; the growing season

### 1 研究区自然概况

研究区设在陕西宜川县铁龙湾林场富曲营林区, 该区地处黄龙山林区东侧, 地理位置为北纬 35° 39', 东经 110° 06'。地貌属梁状丘陵, 海拔 860 ~

1 200 m, 土壤为灰褐色森林土。年平均降水量 584.0 mm, 年平均气温 9.7℃。研究区油松林为 1964 ~ 1966 年建造, 初植密度 6 000 株/hm<sup>2</sup>, 1983 年经抚育间伐, 现保存 2 100 ~ 2 400 株/hm<sup>2</sup>。林内枯枝落叶层厚 3 ~ 5 cm。

<sup>1</sup> 收稿日期: 2001-12-20

作者简介: 杨会蒲, 女, (1967-), 工程师, 铜川市水保工作站站长, 从事水土保持管理、技术与推广工作。

## 2 研究方法

### 2.1 空气温度

在林内外 1.5 m 高度安置百叶箱, 用自记温度计观测空气温度。林内气温的梯度观测按距地表 1.5 m 高、枯枝层中部(3.5 m)、林冠层下部(5.0 m)、林冠层中部(7.5 m)、林冠表层(11.0 m)五个高度安置百叶箱, 箱内悬置有温度计, 放置有最高和最低温度计, 每月的 5、15、25 日的 7、13、19 时进行观测; 日变化选择典型天气, 按月份和天气型进行昼夜测定, 从上午 7 时起每 2 h 一次。

### 2.2 土壤温度

分 0, 5, 10, 15, 20 cm 五个层次观测林内外的土壤温度, 观测时间为生长季(4~10月)的每月的 5, 15, 25 日的 7, 13, 19 时; 日变化观测方法同上。

## 3 结果与分析

### 3.1 林分对气温的影响

#### 3.1.1 林内气温的日变化

(1) 不同季节的林内气温日变化。由于林冠层对日辐射的反射和吸收作用, 白天到达林内的日辐射

热量被减弱, 使得林内气温低于林外。夜间则因林分减低了风和乱流的交换速率, 阻碍了林内和林外及林冠上下之间的热量和水汽交换, 林内的热量损失小于林外, 表现出林内气温高于林外的特征。表 1 观测结果也充分表现出这一规律。各月林内日平均气温均大于林外, 只是月份不同其差值不同, 以 7 月最大, 相差 0.89, 1 月最小, 为 0.19。林分具有明显地降低气温日振幅的作用, 以 1 月份作用最大, 林内外日振幅相差 2.1, 4 月份最小, 相差 1.4。说明林分具有减少热量损失和缓和气温变化的作用。

(2) 不同天气型气温日变化。林分对气温的影响与天气变化密切相关。图 1 为 8 月份林内外 1.5 m 高处连续二个晴天和阴天气温的日变化特征。由图可看出: 在气温日变化中, 晴天林内外气温差异较大, 一日中的温差最大值出现在 21~23 时, 差值可达 3.3, 日平均气温林内较林外高 0.6。阴天林内外气温变化差异较小, 一日中温差最大值出现在 13 时左右, 差值仅为 1.1 左右, 日平均气温林外反比林内高 0.4。其原因是由于林外易于受到短时光照的影响, 且和周围暖空气的乱流交换强度较大, 提高了空气温度。

表 1 油松林内外 1.5 m 高处气温的日变化

测点	时间	1 时	3 时	5 时	7 时	9 时	11 时	13 时	15 时	17 时	19 时	21 时	23 时	日平均	日振幅
林内	1 月	-9.43	-10.34	-11.26	-11.89	-11.75	-6.60	-3.31	-2.38	-2.64	-4.48	-6.51	-8.30	-7.41	9.51
	4 月	7.41	6.03	5.04	4.50	9.00	13.47	15.33	15.67	15.11	14.26	11.32	8.91	10.50	11.17
	7 月	19.05	18.06	17.29	17.37	21.20	25.40	26.04	25.90	25.21	24.18	21.93	20.03	21.81	8.75
	10 月	6.62	5.79	5.00	4.46	6.81	12.44	14.64	15.17	14.61	12.10	9.44	7.63	9.56	10.71
林外	1 月	-10.36	-11.12	-12.02	-12.75	-12.01	-5.02	-2.23	-1.14	-1.53	-5.82	-7.93	-9.29	-7.60	11.61
	4 月	6.11	5.02	4.16	3.94	9.68	14.14	15.75	16.51	15.94	13.50	9.92	7.47	10.18	12.57
	7 月	17.37	16.57	15.96	16.77	21.17	24.68	26.59	26.12	25.55	22.15	19.74	18.42	20.92	10.63
	10 月	5.57	4.88	4.26	3.77	7.52	13.60	15.73	16.43	15.46	10.24	7.89	6.44	9.32	12.66

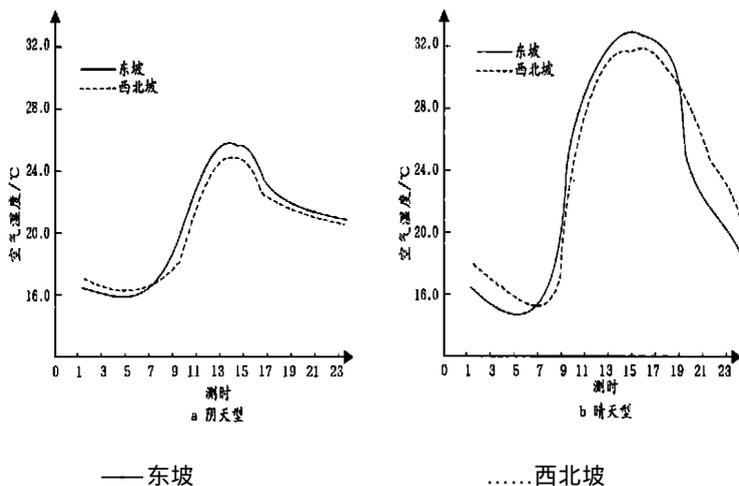


图 1 不同天气型油松林内外气温日变化

3.1.2 林分生长季气温的变化规律 油松林在该区的生长季为 4~10 月。表 2 资料表明,油松生长季的林内各月平均气温均高于林外,其中,生长季平均气温差值为 0.97。林内和林外气温在生长季的变化规律一致,即以 7 月份平均气温最高,分别为 21.71 和 20.60,向两边气温均逐渐降低,以 10 月为最低,气温分别为 9.54 和 8.90;林内林外的气温最大差值出现在 6 月,为 1.31,最小差值出现在 10 月,为 0.64。这可能与 6 月气候比较干旱有关。

表 2 油松人工林生长季空气温度的变化

测点	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	平均
林内	11.93	16.24	19.65	21.71	20.69	16.23	9.54	16.57
林外	10.94	14.98	18.34	20.60	19.94	15.52	8.90	15.60
林内-林外	0.99	1.26	1.31	1.11	0.75	0.71	0.64	0.97

3.1.3 林分对梯度气温的影响 林内气温的梯度变化,反映了林内不同高度接收太阳辐射热量的多少。它对于油松林的光合作用、呼吸作用、油松的生长发育等均有重要的生理和生态意义。

(1)对梯度气温日变化的影响。表 3 结果表明:6 月份油松林内日平均气温、日最高气温平均和日最低气温平均,林冠层中部均比林地表层和林冠表层大;受林冠层作用面的影响,日平均气温随高度增加呈增大的趋势;日最高气温除林冠表层外,由两个作用面(林冠层、地表层)向中间逐渐减小,以枯枝层中部为最低;日最低气温则由于夜间林冠层上部冷空气下沉及林地表层的乱流交换散失,由两个作用面向中间有增大的趋势,以枯枝层中部最高。

表 3 油松林气温梯度分布

项目	0	1.5 m	3.5 m	5.0 m	7.5 m	11.0 m
	林地表层		枯枝层中部	林冠层底部	林冠层中部	林冠表层
日平均	17.3	17.8	18.9	19.2	19.3	18.9
日最高平均	28.0	27.8	27.4	27.7	28.2	27.6
日最低平均	10.9	11.5	12.0	11.7	11.7	11.2
日振幅	17.1	16.3	15.4	16.0	16.5	16.4

(2)林内气温梯度变化的预测。油松人工林内气温梯度变化在观测中受许多因素的限制,要取得实测资料有一定难度,而林外空旷地气温观测则易于进行。一般来说,林内、林外的气温分布有其自身的变化规律,而另一方面,它们之间又有一定的相关性。为了探索这种相关关系,我们采用林外 1.5 m 高处的气温、林内高度二个因子对林内梯度气温进行线性回归分析。结果表明:梯度气温变化与林外空旷地 1.5 m 高处的气温、林内高度二因子均呈正相关关系,且预测效果很好,复相关检验达显著水平,

预测值和实测值误差均小于 1.0。回归方程如下:

$$Y = 4.1941 + 0.7460X_1 + 0.0352X_2$$

$$\text{复相关系数 } R = 0.9669 > R_{0.01}$$

式中:Y——林内气温(°C); $X_1$ ——林外 1.5 m 高处气温(°C); $X_2$ ——林内高度(m)。

### 3.2 林分对土壤温度的影响

3.2.1 对生长季土壤温度的影响 由表 4 可以看出,林分对土壤温度的影响主要表现在 2 个方面:即降低林内土壤温度及其较差。4~10 月,林内 0, 5, 10, 15, 20 cm 土层平均温度分别较林外降低 5.1, 5.3, 5.4, 4.9, 5.0, 土壤温度的较差分别较林外降低 3.6, 4.3, 5.3, 5.3, 4.8。

表 4 油松林内外生长季土壤温度垂直月变化

土层深/cm	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	平均	较差
林外	18.9	20.0	25.6	28.2	27.5	19.8	10.5	21.5	17.7
0 林内	16.3	16.7	17.8	21.8	20.0	14.7	7.5	16.4	14.1
林外-林内	2.6	3.3	7.8	6.4	7.5	5.1	3.0	5.1	3.6
5 林外	17.6	20.0	23.3	27.8	25.5	18.9	11.1	20.6	16.7
林内	11.4	14.5	17.1	20.6	19.9	15.0	8.3	15.3	12.4
林外-林内	6.2	5.5	6.2	7.2	5.6	3.9	2.9	5.3	4.3
林外	17.0	19.7	23.2	27.4	25.2	19.0	11.0	20.4	16.4
10 林内	10.9	13.9	16.7	19.8	19.5	15.3	8.7	15.0	11.1
林外-林内	6.1	5.8	6.5	6.6	4.7	3.7	2.3	5.4	5.3
林外	15.9	19.2	22.4	26.9	24.6	18.8	11.0	19.8	15.9
15 林内	10.3	13.3	16.6	19.6	19.3	15.6	9.0	14.9	10.6
林外-林内	5.6	5.9	5.8	7.3	5.3	3.2	2.0	4.9	5.3
林外	15.2	19.2	22.7	26.0	24.1	18.7	10.9	19.5	15.1
20 林内	9.7	12.6	16.2	19.2	20.0	16.4	9.8	14.6	10.3
林外-林内	5.5	6.6	6.5	6.8	4.1	2.3	1.1	5.0	4.8

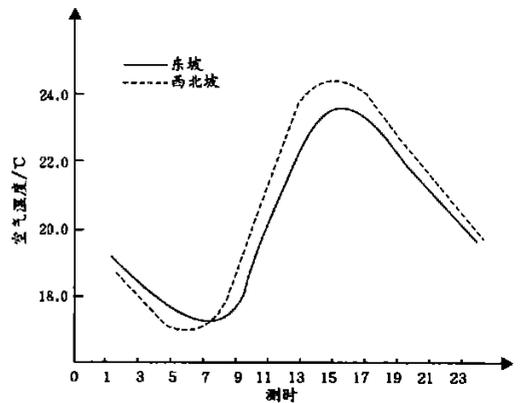


图 2 7 月份不同坡向平均土壤温度日变化

3.2.2 枯枝落叶层对土壤温度的影响 枯枝落叶层覆盖对土壤温度的影响主要表现在白天减少林地表层吸收太阳辐射热量,夜间减少土壤表层热量的损失。由表 5 可以看出,在不同土壤层次中,去掉枯枝落叶层的日平均土壤温度均较覆盖 3 cm 和 5 cm

厚枯枝落叶层的大,且其由大到小的次序为  $0\text{ cm} > 3\text{ cm} > 5\text{ cm}$ ; 枯枝落叶层覆盖对土壤温度日振幅也有显著影响,随着枯枝落叶层厚度的增加,土壤温度日振幅逐渐减小。随着土层厚度的增加,枯枝落叶层对土壤温度日平均和日振幅的影响作用减小,日平均土壤温度最大差值表层为  $1.17$ ,  $20\text{ cm}$  土层深处为  $0.12$ ; 日振幅最大差值表层为  $7.6$ ,  $20\text{ cm}$  土层深处为  $0.4$ 。

表 5 枯枝落叶层覆盖对土壤温度日平均和日振幅的影响

土层深/cm	日平均土壤温度				土壤温度日振幅			
	0 cm	3 cm	5 cm	最大差值	0 cm	3 cm	5 cm	最大差值
0	14.36	13.94	13.19	1.17	20.7	16.2	13.1	7.6
5	13.18	12.73	11.23	1.95	10.0	9.9	6.3	3.7
10	11.63	11.38	10.84	0.75	7.3	6.3	4.0	3.3
15	10.87	10.52	10.18	0.69	3.9	3.7	3.5	0.4
20	10.34	10.24	10.22	0.12	2.6	2.4	2.0	0.4

3.2.3 坡向对林内土壤温度的影响 坡向不同受日照的时间和太阳辐射的总量不同。图 2 反映了一日中坡向对林内  $0 \sim 20\text{ cm}$  土层平均温度的影响变化。由图可看出,东坡平均土壤温度日变化  $1 \sim 7$  时较西北坡小,最大差值出现在 5 时左右,相差  $0.8$ ,其他时刻则比西北坡大,最大差值出现在 13 时,相差约  $1.3$ 。日平均土壤温度东坡较西北坡高  $0.48$ 。坡向对土壤温度最大值的出现时间影响不显著,二者均在 15 时左右,但对最小值的出现有一定影响,东坡出现在 5 时,西北坡出现在 7 时,这是由于东坡受日照较早造成的。

表 6 林内土壤温度随气温变化方程

层深度/cm	回归方程	相关系数	相关检验
0	$Y_{(t)} = 5.1192 + 0.7560X_{(t)}$	0.9573	$r_{0.01} = 0.685$
5	$Y_{(t)} = 9.7258 + 0.5421X_{(t)}$	0.9685	
10	$Y_{(t)} = 13.5757 + 0.3209X_{(t+2)}$	0.9706	
15	$Y_{(t)} = 16.5623 + 0.1840X_{(t+2)}$	0.9613	
20	$Y_{(t)} = 17.2542 + 0.1073X_{(t+2)}$	0.9829	
平均	$Y_{(t)} = 10.9635 + 0.4668X_{(t+2)}$	0.9802	

注:  $Y_{(t)}$ :  $t$  时的土壤温度( );  $X_{(t)}$ :  $t$  时的气温( );  $X_{(t+2)}$ :  $t+2$  时的气温( );  $t$ : 小时。

3.2.4 气温对林内土壤温度的影响 太阳辐射热量在林内的积累,首先反映在林内气温的变化上。为

了探讨林内气温对土壤温度的影响,我们在同一测点同时观测了林内气温和土壤温度的日变化。经资料分析表明,林内土壤温度与气温呈密切的线性正比关系,只是  $10 \sim 20\text{ cm}$  土层中的温度变化较气温变化滞后 2 小时,回归方程见表 6。

## 4 结 论

(1) 林内气温日变化是白天低于林外,夜间高于林外,各月林内日平均气温均大于林外,其中 7 月份差值最大,1 月最小。晴天林内外气温差异较大,阴天则较小。生长季林内各月平均气温均高于林外,其最大差值出现在 6 月,最小差值出现在 10 月。

(2) 林内气温梯度变化明显,6 月份日平均气温、日最高气温平均和日最低气温平均,林冠层中部均比林地表层和林冠表层大;受林冠层作用面的影响,日平均气温随高度增加呈增大趋势,日最高气温平均由两个作用面向中间逐渐减少,以枯枝层中部最低;日最低气温平均由两个作用面向中间有增大趋势,以枯枝层中部最高。林内梯度气温变化与林外空旷地  $1.5\text{ m}$  高处的气温、林内高度二因子均呈正相关关系,回归方程

$$Y = 4.1941 + 0.7460X_1 + 0.0352X_2$$

可作为林内梯度气温变化的预测模式。

(3) 林分对土壤温度的影响主要表现在 2 个方面:即降低林内土壤温度及其较差:  $4 \sim 10$  月林内  $0, 5, 10, 15, 20\text{ cm}$  土层平均温度分别较林外降低  $5.1, 5.3, 5.4, 4.9, 5.0$ , 土壤温度较差分别较林外降低了  $3.6, 4.3, 5.3, 5.3, 4.8$ 。不同土层深度,去掉枯枝落叶层的日平均温度均较覆盖  $3\text{ cm}$  和  $5\text{ cm}$  厚枯枝落叶层的大;随着枯枝落叶层厚度的增加,土壤温度日振幅逐渐减小。随着土层厚度的增加,枯枝落叶层对土壤温度日平均和日振幅的影响作用减小。东坡平均土壤温度日变化  $1 \sim 7$  时较西北坡小,其他时刻则比西北坡大。日平均土壤温度东坡较西北坡高  $0.48$ 。

### 参考文献:

[1] 王正非,等. 森林气象学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985.  
 [2] 郭中升,等. 柠条灌木林小气候研究初报[J]. 中国科学院西北水土保持研究所集刊, 1991, 12: 84- 95.  
 [3] 陈云明,等. 黄土丘陵区油松人工林水热效应的研究[J]. 水土保持学报, 1995, 9(4): 69- 74.  
 [4] Richard, Lee. 森林小气候学[M]. 北京: 气象出版社, 1986.