

# 秦岭火地塘林场气候要素随海拔高度的变化

董立民 刘淑明 辛继红

(西北林学院·陕西杨陵·712100)

**摘 要** 据研究秦岭火地塘林场的气候要素中,太阳的直接辐射、总辐射、净辐射和风速均随海拔高度的升高而增大,其中直接辐射和总辐射随海拔高度的升高按指数规律增大。散射辐射、地面有效辐射、气温、水汽压、降水量和蒸发力随海拔高度的升高而减小,其中散射辐射和水汽压是随海拔高度的升高按指数规律减小。地面有效辐射和降水量随海拔高度的升高呈抛物型变化,即最初随海拔高度的升高而增大,到一定高度后转为随高度的升高而减小。最大有效辐射出现的海拔高度为 2 500m,最大降水量出现的海拔高度为 2 000m(相对高度 1 200m)。

**关键词** 海拔高度 辐射 垂直递减率

## Variations of the Climatic Elements With Elevation at Huoditang Forest Farm in Qinling Mountain Range

*Dong Limin Liu Shuming Xin Jihong*

*(Northwestern Forestry College, Yangling, Shaanxi, 712100)*

**Abstract** It is studied that, among the climatic element at Huoditang forest farm in Qinling mountain range, increase of direct solar radiation, gross solar radiation, net radiation and wind speed are accompanied by the progressive going up of elevation, and direct solar radiation and gross radiation increase with elevation by the law of exponential function. However, scattered radiation, ground effective radiation, temperature, moisture pressure precipitation and evaporation capacity are going down with the increase of altitude. Scattered radiation and moisture pressure decrease exponentially with the elevation going up, while ground effective radiation and precipitation vary parabolically with the elevation, which means when elevation goes up both elements increase at the beginning, but turn to decrease in a certain elevation later. The elevation is 2 500m when the maximum effective radiation appears, 2 000m when the maximum precipitation emerges.

**Key words** elevation solar radiation vertical decrease rate

## 1 研究方法

### 1.1 地方海拔起始高度的选择

宁陕县位于 33°19' N, 108°19' E, 海拔 801.9m。在火地塘林场山下西南方向 27km 处, 因具

有相关性和代表性,故选择宁陕县为火地塘林场气候要素随海拔高度垂直变化的地方海拔起始高度。

## 1.2 资料来源

夏季7月份的辐射资料来源于陈明荣的观测值<sup>[1]</sup>。气温、水汽压、降水量、风和蒸发力资料来源于宁陕县气象站的实测值。

## 1.3 实验计算式的选择

傅抱璞先生30多年从事山地气候的研究,并对秦岭气候进行过考察和研究。本文的计算式均选自傅抱璞先生晴天下的实验式,其实验式月计算相对误差均在10%<sup>[2,3]</sup>以内。各实验式如下:

$$S_z = S_0 - (S_0 - S_n)e^{-0.000194(Z-h)} \quad (1)$$

$$D_z = D_h e^{-0.000229(Z-h)} \quad (2)$$

$$Q_z = Q_0 - (Q_0 - Q_h)e^{-0.000177(Z-h)} \quad (3)$$

$$E_z = E_n + 1.96 \times 10^{-6}[(5000 - Z)Z - (500 - h)h] \quad (4)$$

$$B_z = (S_z + D_z)(1 - \alpha) - E_z = Q_z(1 - \alpha) - E_z \quad (5)$$

$$e_z = e_n \cdot 10^{-0.000129(Z-h)} \quad (6)$$

$$P_z = P_h + 8.729 \times 10^{-5}[(2H - Z)Z - (2H - h)h] \quad (7)$$

$$U_z = U_n(3.6 - 2.2e^{-0.00113\Delta H}) \quad (8)$$

式中: $S_0$ ——大气上界的直接辐射, $Q_0$ ——大气上界的总辐射,二者均为天文辐射。 $S_h$ 、 $D_h$ 、 $Q_h$ 、 $E_h$ 、 $e_h$ 、 $p_h$ 和 $S_z$ 、 $D_z$ 、 $Q_z$ 、 $E_z$ 、 $e_z$ 、 $p_z$ 、 $U_z$ ——均为某一固定高度 $h$ 和任意高度 $Z$ 处的直接辐射、散射辐射、总辐射、有效辐射、水汽压、降水量和风速。 $B_z$ ——净辐射(即辐射平衡); $\alpha$ ——反射率(0.18~0.20); $\Delta H$ ——相对高差。

## 2 计算结果与分析

### 2.1 直接辐射 $S_z$ 随海拔高度的变化

从辐射平衡方程(5)式中可以看出,直接辐射是辐射平衡重要的组成部分。由于大气层厚度随海拔高度的升高而变薄,空气的密度、水汽和灰尘杂质的含量随海拔高度的升高而减小,太阳的直接辐射随海拔高度的升高而增大,并且按指数规律增大。从计算结果表1中可以看出,宁陕县山下的直接辐射为312.091W·m<sup>-2</sup>,而海拔高度2500m处的平河梁直接辐射为608.366W·m<sup>-2</sup>,后者比前者大95%。平均而言,每上升100m直接辐射增大5.6%。

表1 7月份不同海拔高度的辐射平衡分量

单位:W·m<sup>-2</sup>

海拔高度 $Z$ (m)	直接辐射 $S_z$	散射辐射 $D_z$	总辐射 $Q_z$	有效辐射 $E_z$	净辐射 $B_z$
801.9	312.091	386.698	698.789	169.624	403.383
1000	351.890	369.547	712.837	177.939	420.045
1500	445.795	329.567	776.540	180.389	463.720
2000	531.020	293.912	826.609	181.859	504.011
2500	608.366	262.114	872.438	182.349	541.249
3000	678.562	233.756	914.385	180.859	575.668

### 2.2 散射辐射 $D_z$ 随海拔高度的变化

由于与上述相同的原因,散射辐射随海拔高度的升高而减小,并且按指数规律减小。从计算

结果表 1 中可以看出,宁陕县山下的散射辐射为  $386.698W \cdot m^{-2}$ ,而海拔高度 2 500m 处的平河梁散射辐射为  $262.114W \cdot m^{-2}$ ,后者比前者小 32%,平均而言每上升 100m,散射辐射减小 1.9%。

### 2.3 总辐射 $Q_z$ 随海拔高度的变化

到达地面的太阳总辐射由直接辐射和散射辐射组成。直接辐射随海拔高度按指数规律增大,散射辐射随海拔高度按指数规律减小。由于直接辐射增大速率大于散射辐射减小的速率,因此总辐射随海拔高度的升高仍按指数规律增大。从表 1 可看出,宁陕县山下总辐射为  $698.789W \cdot m^{-2}$ ,而海拔高度 2 500m 处总辐射为  $872.438W \cdot m^{-2}$ ,后者比前者大 25%,平均而言,每上升 100m,总辐射增大 1.5%。图 1 是直接辐射、散射辐射和总辐射随海拔高度的变化情况。

### 2.4 有效辐射 $E_z$ 随海拔高度的变化

地面有效辐射是地面辐射与被地面吸收的大气逆辐射之差。地面有效辐射受地面辐射和大气逆辐射二者共同影响。由于大气逆辐射随高度比地面辐射递减的快,所以地面有效辐射最初随海拔高度的升高而增大。到达一定高度后由于地面温度和地面辐射随高度的升高而减小,地面有效辐射随海拔高度的升高也随之而减小。从表 1 可看出,宁陕县山下的有效辐射为  $169.624W \cdot m^{-2}$ ,海拔 2 500 处为  $182.349W \cdot m^{-2}$ ,海拔 3 000m 处为  $180.859W \cdot m^{-2}$ 。最大有效辐射出现的海拔高度为 2 500m。地面有效辐射随海拔高度的升高呈抛物线型变化,如图 2 所示。

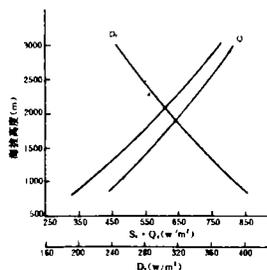


图 1 直接辐射  $S_z$  总辐射  $Q_z$  散射辐射  $D_z$  随海拔高度的变化

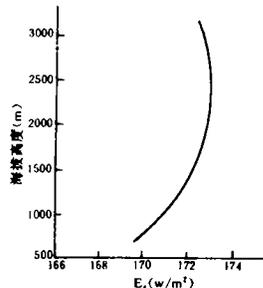


图 2 有效辐射随海拔高度的变化

### 2.5 净辐射 $B_z$ 随海拔高度的变化

从(5)式中可以看出,在高山净辐射的收入项中,太阳辐射是起着决定性的主导作用。净辐射与海拔高度成正相关,随海拔高度的升高而增大。从表 1 中可以看出,宁陕县山下的净辐射为  $403.383W \cdot m^{-2}$ ,而海拔高度 2 500m 处的净辐射为  $541.249W \cdot m^{-2}$ ,后者比前者大 34%。平均而言每上升 100m,净辐射增大 2.0%。图 3 是净辐射随海拔高度的变化情况。

### 2.6 气温随海拔高度的变化

气温随海拔高度的升高而下降。夏季秦岭南

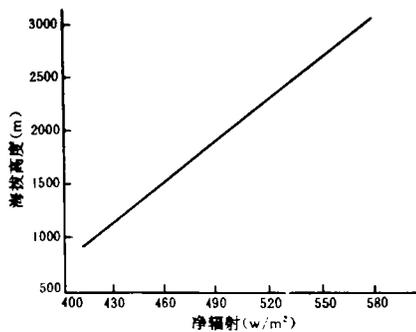


图 3 净辐射随海拔高度的变化

坡的平均气温、最高气温、最低气温的垂直递减率分别为  $0.61^{\circ}\text{C} \cdot (100\text{m})^{-1}$ ,  $0.78^{\circ}\text{C} \cdot (100\text{m})^{-1}$ ,  $0.40^{\circ}\text{C} \cdot (100\text{m})^{-1}$ 。从表2中可以看出,7月份宁陕县山下的平均气温为  $23.9^{\circ}\text{C}$ ,而海拔高度2500m处的平均气温为  $13.5^{\circ}\text{C}$ ,高度升高1700m,温度下降了  $10.4^{\circ}\text{C}$ 。从垂直递减率的大小可以看出,随海拔高度的升高,最高气温下降的速度最快,平均气温次之,最低气温下降的速度最慢。

表2 7月份不同海拔高度气候要素

海拔高度(m)	气温( $^{\circ}\text{C}$ )	水汽压(hPa)	降水量(mm)	风速( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )	蒸发力(mm)
801.9	23.9	23.2	196.3	1.3	175.6
1000	22.9	21.9	231.6	2.4	167.6
1500	19.6	18.9	297.1	3.4	147.5
2000	16.6	16.4	318.9	3.9	127.3
2500	13.5	14.2	297.1	4.3	107.2
3000	10.5	12.3	213.6	4.4	87.0

## 2.7 水汽压随海拔高度的变化

水汽压随海拔高度的升高而减小,并且按指数规律减小。从表2中可以看出,宁陕县山下的水汽压为23.2hPa,而海拔高度2500m处的水汽压为14.22hPa,后者比前者小40%,平均而言,每上升100m,水汽压减小2.4%。图4是水汽压随海拔高度的变化情况。

## 2.8 降水量随海拔高度的变化

夏季秦岭南坡是迎风坡,暖湿气流北上,由于地形的强迫抬升作用,在南坡形成比较充沛的降水。降水最初随海拔高度的升高而增大,到达一定高度后,转为随高度的升高而减小。从表2中可以看出,宁陕县山下的降水量为196.3mm,海拔2000m处的为318.9mm,海拔3000m处的为213.6mm,最大降水量出现的海拔高度为2000m(相对高度1200m)。降水量随海拔高度的变化呈抛物线型。如图5所示。

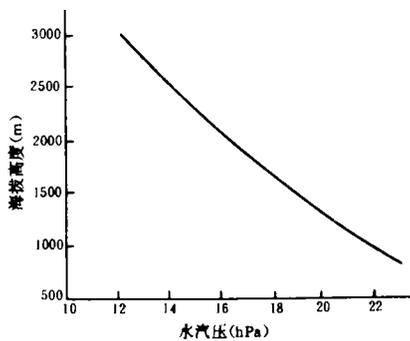


图4 水汽压随海拔高度的变化

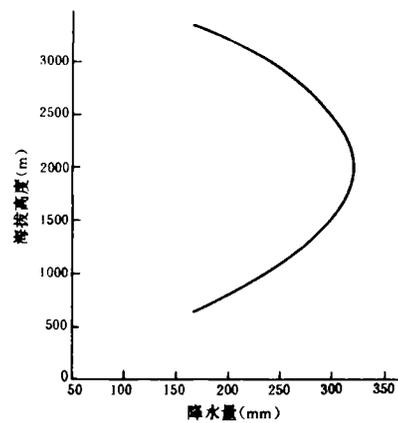


图5 降水量随海拔高度的变化

## 2.9 风速随海拔高度的变化

风速随海拔高度的升高而增大。从表2中可以看出,宁陕县山下的风速为  $1.3\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,而海拔高度2500m处的风速为  $4.3\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。而海拔高度2500m处的风速是山下宁陕县的3.3倍。

(下转第27页)