

山区马尾松可能生产力的气候模式研究

霍 治 国

(气象科学研究院)

提 要

山区马尾松气候生产力模式综合考虑山区不同坡向、高度光热水农业气候资源匹配关系及马尾松自身发育规律,并考虑到山区温度、降水、日照等气象要素随高度的变化。估算结果表明:模式估算的马尾松气候生产力最大值出现高度与最大生长势高度相吻合,并确定了山区马尾松适宜生长高度。

一、引言

马尾松是亚热带适生树种,根系发达固土能力强,既是造林的先锋树种,又是水土保持林的优良树种。在我国主要分布于 $21^{\circ}41'—33^{\circ}51'N$, $103^{\circ}—122^{\circ}E$ 之间的广大地区,占南方各省立木总蓄积量的半数以上,为重要的用材和产脂树种^[1]。马尾松喜温湿,不耐低温,要求年平均温度 $13—20^{\circ}C$,年雨量 $800mm$ 以上,极端最低温度 $>-15^{\circ}C$,在 $-13^{\circ}C$ 以下可使幼林针叶梢受冻

枯萎。据研究,马尾松最适宜在山区中海拔地区生长,在低海拔地区长势较差^[2]。文献^[3]、^[4]利用 Miami 模型和 Thornthwaite Memorial 模型估算了我国生物生产量,但模式不适用于山区不同高度,也无法计算马尾松纯林的气候生产力。

本文应用大别山、雪峰山三年(1983年4月—1986年3月)气象梯度观测资料 and 马尾松物候期观测资料*,建立不同山区、坡

*《亚热带东部丘陵山区农业气候资源及其合理利用》课题组资料

向、高度马尾松气候生产力估算模式，并研究其在垂直方向上的变化。为山区不同高度的林业布局及建立高产稳产的森林生态系统提供科学依据。

二、山区马尾松气候生产力估算模式

应用山区不同坡向气象梯度资料和马尾松发育期资料，以太阳辐射能为基本函数，影响马尾松生长发育和干物质累积过程的温度和水分因子作为订正函数，建立山区马尾松气候生产力估算模式：

$$y = k \cdot \sum_{j=1}^36 f(Q) \cdot f(T) \cdot f(W) \quad (1)$$

式中 y 为山区马尾松气候生产力； $f(Q)$ 为马尾松生育过程中接受到的太阳辐射能； $f(T)$ 为温度订正函数，其值介于 0—1 之间； $f(W)$ 为水分订正函数，其值介于 0—1 之间； k 为比例系数， $j = 1, 2, \dots, 36$ 旬。

影响 k 值及 $f(Q)$ 、 $f(T)$ 、 $f(W)$ 函数的因素很多，在目前条件下，可以通过山区马尾松气候生产力边界约束条件，求得 k 、 $f(Q)$ 、 $f(T)$ 、 $f(W)$ 的近似解。

1. k 值

由 (1) 式，当 $f(T)$ 、 $f(W)$ 函数同时取得最大值 1 时， $f(Q)$ 、 y 也同时取得最大值

$f(Q) \rightarrow Q_0$ ， $y \rightarrow y_0$ ， $f(Q)$ 的最大值取年太阳辐射总量 Q_0 ，马尾松气候生产力的最大值 y_0 ，据文献 [5] 取为 3000 克/米²·年。

$$y_0 = k \cdot Q_0 \quad k = y_0 / Q_0 \quad (2)$$

2. $f(Q)$ 函数

应用亚热带东部山区不同高度的太阳辐射能推算公式 [6]，其通式为：

$$Q_i = Q_0 (a_0 + a_1 S_i + a_2 H) \quad (3)$$

$$i = 1, 2, \dots, 12$$

式中 Q 为山区不同坡向、高度上太阳辐射能推算值，单位为兆焦耳/米²； Q_0 为某一纬度天文辐射月总量，单位为兆焦耳/米²； S 为山区不同坡向、高度的月日照百分率， H 为海拔高度，单位为百米；下标 i 为月分。

根据山区不同坡向、高度的日照百分

率，即可推算出山区不同坡向、高度的太阳总辐射能。考虑日照时数和日照百分率随高度的变化：

$$S_{nj} = S_{n0j} + r_{sj}(H - H_0) \quad j = 1, 2, \dots, 36, \quad (4)$$

$$S_i = \sum_{j=3i-2}^{3i} [S_{n0j} + r_{sj}(H - H_0)] / N_i \quad (5)$$

$$i = 1, 2, \dots, 12$$

式中 S_n 为山区不同坡向、高度 (H) 的日照时数； S_{n0} 为山区不同坡向、基点高度 (H_0) 的日照时数； r_s 为山区不同坡向日照时数随高度的变化率； N 为可能日照时数。下标 j 为旬。将 (4)、(5) 式代入 (3) 式得到山区不同坡向、高度马尾松生长发育过程中可接受到的太阳辐射能 $f(Q)$ ：

$$f(Q) = Q_0 \cdot \left\{ a_0 + a_1 \sum_{j=3i-2}^{3i} [S_{n0j} + r_{sj}(H - H_0)] / N_i + a_2 H \right\} \quad (6)$$

$$i = 1, 2, \dots, 12; j = 1, 2, \dots, 36$$

3. $f(T)$ 函数

林木的生长发育和温度条件密切相关，温度不仅改变着林木的生理条件，同时也影响着林木对温度的反应。温度决定了不同林种的分布上限 [7]，这与温度对一年生的作物气候生产力的影响具有显著的差异 [8]，必须考虑极端最低温度对林线分布的影响。 $f(T)$ 函数反映在自然条件下温度对马尾松生长发育和干物质累积过程的影响 [用 $f(t)$ 表示] 及极端最低温度对马尾松的伤害程度和高山林线分布的影响 [用 $f(t_m)$ 表示]。

$$f(T) = f(t) \cdot f(t_m) \quad (7)$$

式中 t 为平均温度， t_m 为年极端最低温度。

据不同高度马尾松物候期观测资料，其

$f(t)$ 、 $f(t_m)$ 函数分别采用下列公式：

$$f(t) = \begin{cases} 1 - \frac{16-t}{16-13} & 13 \leq t < 16^\circ\text{C} \\ 1 & 16 \leq t \leq 22^\circ\text{C} \\ 1 - \frac{t-22}{28-22} & 22 < t \leq 28^\circ\text{C} \\ 0 & t < 13 \text{ 或 } t > 28^\circ\text{C} \end{cases} \quad (8)$$

$$f(t_m) = \begin{cases} 1 & t_m \geq -10^\circ\text{C} \\ 1 - \frac{t_m + 10}{-15 + 10} & -10 > t_m \geq -15^\circ\text{C} \\ 0 & t_m < -15^\circ\text{C} \end{cases} \quad (9)$$

考虑山区温度随高度的递减

$$t_j = t_{0j} + \gamma_{tj}(H - H_0)$$

$$j = 1, 2, \dots, 36 \quad (10)$$

$$t_m = t_{m0} + \gamma_m(H - H_0) \quad (11)$$

式中 t 为山区不同坡向、高度(H)的平均温度; t_0 为山区不同坡向、基点高度(H_0)的平均温度; γ_t 为不同坡向温度随高度的递减率; t_m 为山区不同坡向、高度(H)的年极端最低温度; t_{m0} 为山区不同坡向、基点高度的年极端最低温度; γ_m 为年极端最低温度随高度的递减率。

将(8)一(11)式代入(7)式得到山区马尾松气候生产力温度订正函数 $f(T)$ 的解析式。

4. $f(W)$ 函数

水分影响着林木体内营养物质的吸收和运转。 $f(W)$ 函数反映在自然条件下水分收支状况对马尾松生长发育和干物质累积的影响。降落在山区林地上的降水,一部分直接落于林地的地表,另一部分则被林冠截留,蒸发又回到大气中去。故林地内地面降水量:

$$p_j = p_{0j} + \gamma_{pj}(H - H_0)$$

$$j = 1, 2, \dots, 36 \quad (12)$$

$$p_i = p_j - p_j \cdot \sigma$$

$$j, J = 1, 2, \dots, 36 \quad (13)$$

式中 p 为山区不同坡向、高度(H)的降水量; p_0 为山区不同坡向、基点高度(H_0)的降水量; γ_p 为不同坡向降水量随高度的递增率; p_i 为不同坡向、高度(H)林地内实际水量; σ 为林冠截留降水的百分率,据文献[9]马尾松 $\sigma = 0.20$ 。马尾松的 $f(W)$ 函数用下式表达:

$$f(W) = \begin{cases} \frac{p_i}{E_{0j}} & p_i \leq E_{0j} \\ 1 & p_i > E_{0j} \end{cases} \quad (14)$$

式中 E_{0j} 为山区不同坡向、高度(H)的旬蒸散量,据文献[8]可用修正后的彭曼公式求得。

5. 山区马尾松气候生产力模式

将马尾松的 $f(Q)$, $f(T)$, $f(W)$ 函数解析式及 k 值代入(1)式,乘以单位换算系数,得到山区不同坡向、高度马尾松气候生产力估算模式:

$$\begin{aligned} y &= \frac{666.67 \times 15}{10^8} \cdot \frac{3000}{Q_0} \sum_j f(Q) \cdot f(T) \cdot f(W) \\ &= \frac{30}{Q_0} \cdot f(t_m) \cdot \sum_j f(Q) \cdot f(t) \cdot f(W) \end{aligned} \quad (\text{吨/公顷} \cdot \text{年}) \quad (15)$$

三、计算结果

根据大别山、雪峰山不同坡向气象考察资料和马尾松物候期资料,得到山区不同坡向、高度马尾松气候生产力(见表1)。

表1 亚热带山区不同坡向高度马尾松气候生产力(吨/公顷年)

山区	大别山		雪峰山	
坡向	南坡 潜山	北坡 霍山	东坡 隆回	西坡 怀化
基点高度(米)	34.5	68.1	265.6	254.1
生产力				
高度(米)	9.0	7.2	10.5	10.7
100	9.3	7.1	—	—
200	10.0	6.6	—	—
300	11.0	6.2	10.5	11.1
400	11.9	5.6	11.8	12.0
500	12.6	4.9	12.6	12.8
600	12.3	3.5	13.2	13.5
700	10.7	2.6	14.2	14.0
800	9.0	1.7	15.0	14.4
900	—	—	15.1	14.8
1000	—	—	12.9	15.0
1100	—	—	11.5	14.9
1200	—	—	8.8	14.8

由表1可见,大别山南坡马尾松气候生产力在9—13吨/公顷·年之间,300—600米间生产力大于11吨/公顷·年,适宜于马尾松生长。其中以500米处最大,向上、向下逐渐减小。300米以下生产力相对较低,最大值与最小值的差异接近4吨/公顷·年,可见选择马尾松适生层对于发展马尾松生产非常重要。北坡由于受低温影响,其气候生产力均小于8吨/公顷·年,为马尾松的次适生区。北坡海拔500m处生产力已小于5吨/公顷·年,到800m生产力还不到2吨/公顷·年,故大别山北坡500m以上不宜发展马尾松生产。

雪峰山东坡400—1100m,西坡300—1200m马尾松气候生产力都在11吨/公顷·年以上,宜于马尾松生长。最大值分别出现在900和1000m,其值超过15吨/公顷·年,以此为转折点,向上、向下逐渐减小,最大值出现在适生层的较高海拔,这一结论与文献[2]的研究成果相吻合。雪峰山东坡400m以下,1100m以上,西坡300m以下,生产力相对较低。表明马尾松在低海拔生产受高温影响大,在高海拔则主要受低温影响。东坡马尾松气候生产力随高度的递减率大于西坡,尤其在1000m以上,东坡明显大于西坡,到1200m,东坡生产力仅为西坡的59.5%。这主要是由于东坡阴雨天多,日照不足,温度较低所致。

用(15)式估算的亚热带山区不同坡向、高度马尾松气候生产力,反映了自然条件下气候资源所提供的最大可能产量。亚热带

表2 亚热带山区马尾松分布上限及适宜生长高度(米)

山区	分布上限	适宜生长	高山林线处生态群落特征	资料来源
大别山南坡	800	300—600	600—800米处黄山松、马尾松混生,600米以下有马尾松纯林分布。	潜山县天桂山林场实验资料,岳西县林业区划报告。
雪峰山	>1400	300—1200	1400米以上马尾松与其它林木混生,300米以下长势较差。	文献[1]

带山区不同高度马尾松生态资料(表2)表明模式估算的最大生产力出现高度与马尾松生态群落特征相吻合。大别山区坡向间气候生产力差异与目前林业生产情况基本一致*。

大别山南坡马尾松胸径年增长为北坡的2倍(见表3),考虑株高增长,换算成材积量为北坡的2—3倍。经计算南坡460m处马尾松气候生产力为12.3吨/公顷·年,北坡465m处为5.1吨/公顷·年,南坡为北坡的2.4倍,结果基本一致。表明模式(15)对马尾松年生长量拟合较好。

表3 大别山区马尾松年生长量

坡向	测点	经度	纬度	高度(m)	株高(m)	胸径(cm)
南坡	潜山县天桂山	116°28'	30°43'	160	0.530	0.6
北坡	霍山县百家山	116°22'	31°13'	465	0.580	0.3

四、结 语

1. 山区马尾松气候生产力模式,综合考虑了山区光热水农业气候资源匹配关系及林木自身发育规律,并考虑到山区温度、降水、日照等气象要素随高度的变化。估算结果基本反映了亚热带山区不同坡向、高度气候因子对马尾松生长发育的影响程度。

2. 模式计算的马尾松气候生产力最大值出现高度与实际最大生长势出现高度相吻合。马尾松在低海拔主要受高温影响,在高海拔则受低温影响大。

3. 雪峰山东、西坡,大别山南坡都是马尾松适生区,大别山北坡为次适生区。大别山南坡300—600m,雪峰山东坡400—1100m,西坡300—1200m为马尾松适生层,大别山北坡500m以下为次适生层。

参考文献

- (1) 沈国权等,亚热带东部丘陵山区农业气候资源及农业发展利用研究,中国亚热带东部丘陵区农业气候资源研究,科学出版社,1989年。
- (2) 姚介仁等,亚热带东部丘陵山区林木物候的观测分析,中国亚热带东部丘陵山区农业气候资源研究,科学出版社,1989年。

*安徽省潜山县、霍山县林业区划报告。

- [3] 贺庆棠, 中国植物的可能生产力——农业和林业的气候产量, 北京林业大学学报, 1986年 第2期。
- [4] 陈国南, 用迈阿密模型测算我国生物生产量的初步尝试, 自然资源学报, 1987年第2卷第3期。
- [5] Lieth. H., Modelling the primary productivity of the world. Nature and resources. UNESCO. Paris. 5—10, 1972.
- [6] 周天增等, 我国东部亚热带地区太阳总辐射推算方法探讨, 大别山区农业气候资源论文集, 气象出版社, 1989年。
- [7] W. 特兰奎利尼著, 李文华等译, 高山林线生理生态, 1—12, 51—42页, 中国环境科学出版社, 1986年。
- [8] 霍治国等, 亚热带东部丘陵山区作物生产力研究, 气象科学出版社, 1989年第4卷第3期。
- [9] 中野秀章著, 李云森译, 森林水文学, 58—78页 中国林业出版社, 1983年。

A study on the climatic model for potential productivity of masson pine in the mountainous areas

Huo Zhiguo

(Academy of Meteorological Science)

Abstract

Taking into account the matched relationship between sunlight, heat and water resources and growing law of masson pine itself, a new comprehensive model with climate factors is established for the productivities of masson pines in various elevations and different side of the mountains. In the model, the variations of the meteorological elements, such as temperature, precipitation and sunshine, in the mountainous areas are amended. The results show that the optimum height for climatic productivity is agreeable to the optimum growing potential of masson pines. The optimum height for the growth of masson pines is determined in the mountainous areas.