

山东赤松种群的个体生长规律

张 伟¹, 赵善伦²

(1. 华东师范大学地理系, 上海 200062; 2. 华东师范大学人口·资源与环境学院, 山东 济南 250014)

摘要: 利用 Logistic 增长模型对山东赤松(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.)种群个体生长规律进行了初步研究。结果表明,赤松个体生长密切符合 Logistic 方程;人工林个体生长好于天然次生林;人工林与次生林个体生长规律一致;树高成熟龄和连年生长量最大时年龄出现最早,胸径成熟龄和连年生长量最大时年龄出现较晚,材积成熟龄和连年生长量最大时年龄出现最迟。

关键词: 赤松种群;个体生长规律;Logistic 方程

中图分类号: S791.245 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2002)01-0029-06

On the individual growth disciplinarian of *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. population in Shandong Province ZHANG Wei¹, ZHAO Shan-lun² (1. Department of Geography, East China Normal University, Shanghai 200062, China; 2. College of Population, Resources and Environment, Shandong Normal University, Ji'nan 250014, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2002, 11(1): 29-34

Abstract: With Logistic growth equation, the individual growth disciplinarian of *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. population in Shandong Province has been preliminarily analyzed. The results indicated that individual growth of the species was closely consonant with Logistic equation. Although the individual of *Pinus densiflora* forest in a state of plantation grew stronger than that of natural secondary forest, both the individual growth disciplinarians were coincident. For individual *Pinus densiflora*, the age of height-maturity and maximum height growth amount in successive years appeared early, then the age of diameter breast height-maturity and maximum amount, finally the age of wood volume-maturity and maximum amount.

Key words: *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. population; individual growth disciplinarian; Logistic growth equation

赤松(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.)天然分布于我国的黑龙江东南部、吉林东部、辽东半岛经山东半岛至江苏北部云台山区,山东为主要分布区,是山东温性针叶林的主要建群种之一^[1,2]。

山东的赤松林在 20 世纪 70 年代中期受到松毛虫和松干蚧的严重危害而大量死亡,到 20 世纪 90 年代前后又通过天然更新逐渐得到恢复,但由于大面积营造人工黑松(*Pinus thunbergii* Parl.)林,对赤松生境形成严重破坏,恢复的赤松林呈岛屿状分布^[3,4]。本文对山东主产区赤松林种群的个体生长规律进行了初步研究,旨在为正确认识赤松在山东森林植被中的地位,科学评价其在山东植被恢复与重建中的作用和前途提供种群学方面的依据。

1 研究地概况和研究方法

1.1 研究地概况

山东的赤松主要分布于鲁东丘陵区 and 鲁中南山

地丘陵区,其中鲁东丘陵区为自然分布,鲁中南山地丘陵区为人工栽植,因此选择这两个地区及与山东毗邻的苏北为研究地。

鲁东丘陵地区构造上属断块隆起,区内山地丘陵大部分由变质岩及中生代花岗岩组成,地面起伏和缓,除昆嵛山(923 m)、崂山(1 133 m)等海拔较高,山峰尖峭,地势险峻外,绝大部分为海拔 300m 以下的广谷浅丘。土壤主要为棕壤及山地棕壤。由于濒临海洋,气候的海洋性较强,年平均气温为 10~13℃,年平均降水量 600~900 mm,春季多大雾,有利于植物的生长。

鲁中南山地丘陵区构造上属断块差异隆起地区,地势居山东省最高,自中部向四周逐渐降低,地

收稿日期: 2000-12-11

基金项目: 山东省教委资助项目(项目编号:96H02)

作者简介: 张 伟(1970-),男,山东泰安人,在职博士,讲师,从事植物生态、GIS 方面研究。现工作单位: 山东师范大学。

面起伏较大,泰、鲁、沂山脉东西绵亘,海拔 400~1 500 m,成为全省的脊部,周围为逐渐降低的丘陵环绕。土壤以棕壤与褐土为主。年均气温 12~13℃,年降水量 700~900 mm,多集中在 6~9 月,水、热资源较丰富,四季分明,雨热同季,适宜植物生长。

江苏省云台山由一系列侵蚀孤山所组成,岩石多为片麻岩系组成。气候既有暖温带又有亚热带的特点,具有过渡性。年平均气温 14.1℃,年降水量 943 mm,7~9 月 3 个月的雨量占全年的 60% 以上,月分配极不均匀。

1.2 样地的选择

表 1 调查样地的自然环境和赤松种群的主要特征

Table 1 The natural environment of the sample plots and the main feature of *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. population in Shandong Province

样地号 Number of sample plot	地点 Locality	海拔高度 Elevation (m)	坡度 Grade	坡向 Direction of hillside	pH	土壤类型 Agrotype	密度 Density (tree/hm ²)	郁闭度 Degree of cover	林龄 Age of wood (a)	平均胸径 ¹⁾ Average diameter breast high ¹⁾ (cm)	平均树高 Average height (m)
1	牟平 Muping	390	30	SE 25°	5.21	酸性棕壤	3 274.95	0.83	25~26	7.14	3.71
2	牟平 Muping	610	24	S	5.06	酸性棕壤	2 725.05	0.59	25~26	8.88	4.56
3	荣成 Rongcheng	170	25	SW30°	7.40	褐土	5 137.50	0.66	20~21	2.32	1.64
4	海阳 Haiyang	200	22	SW32°	7.70	褐土	3 418.80	0.19	22~23	2.32	1.76
5	平邑 Pingyi	360	23	SW60°	6.83	棕壤	825.00	0.92	45~46	12.80	8.23
6	平邑 Pingyi	305	25	NE22°	6.04	棕壤	856.20	0.96	45~46	15.00	7.98
7	蒙阴 Mengyin	490	24	SE75°	6.18	棕壤	1 266.60	0.93	40~41	10.82	7.17
8	五莲 Wulian	350	37	NW35°	6.15	棕壤	8 676.90	0.73	23~24	5.14	3.20
9	江苏新浦 Xinpū, Jiangsu	200	24	SE40°	5.89	棕壤	2 281.20	0.9	43~44	8.72	4.74

¹⁾ 树高大于 1.3 m 的胸径平均值 Average diameter breast high of trees with more than 1.3 m of height.

1.3 群落调查

乔木层采用中心点四分法 (Pointed-centered quarter method), 计测胸径大于 8 cm 的四个象限内最近的 4 株乔木的树种、胸径、株高及到中心点的距离。每标准地测 10 个点以上, 点距为 10 m, 样线间距为 10 m, 分别测定各象限内距中心点最近的 1 株胸径大于 3 cm 的乔木的树种、胸径、冠幅及到中心点的距离。每标准地至少设置 5 个 5m × 5m 灌木样方, 10 个 1m × 1m 草本样方, 按传统记录法分别记录种类、盖度、频度和多度等。

1.4 种群统计

在赤松分布区内, 设置 7 个调查地点, 分 9 个标准样地, 进行调查和统计, 获取原始数据。在典型的抽样群落内, 采用相邻格子法设置种群标准样地, 即在地形条件一致的地段, 设置 40m × 40m 的样地, 然后将样地分割成 64 个 5m × 5m 的小样方, 注明样方间的相互位置。记录每个小样方所有各乔木树种个

根据赤松在山东的分布及生长情况, 在其分布区内设定 7 个调查地点, 选择人为保护好、赤松林生长较好的群落, 设置标准地, 进行群落调查及种群统计。共设置 9 个标准地, 基本能客观反映其生态条件。调查地点及样地分布情况为: 牟平昆崮山 (样地 1、2)、荣成俚岛伟德山 (样地 3)、海阳招虎山 (样地 4)、平邑蒙山万寿宫林场 (样地 5、6)、蒙阴蒙山天麻林场 (样地 7)、五莲大青山 (样地 8)、江苏新浦花果山 (样地 9)。其中, 样地 1、2、3、4、8 为天然次生林, 样地 5、6、7、9 为人工林。各调查样地的环境状况和赤松种群的主要特征见表 1。

体的种名、树高、年龄及胸径、冠幅等指标。在样方的右下角设置 1m × 1m 的小样方, 记录草本的种名、高度及覆盖度。把每个样方内赤松按年龄 $Y \leq 10$ 、 $10 < Y \leq 20$ 和 $Y > 20$ 分株统计。另外, 把样方扩大到 10m × 10m, 得到一组新的数据, 便于不同样方大小之间的比较, 从而选择出最佳样方大小。

1.5 拟合方法

关于单木及种群的生长规律, 林学家及植物生态学家近二百年来一直在探讨这个问题, 提出了许多理论和生长模型^[5]。其中, 种群及个体在有限空间内的逻辑斯谛增长模型 (Logistic growth) 应用最广, 获得了人们一致认可^[6]。本文应用 Logistic 增长模型研究赤松个体 (胸径、树高、材积) 的生长规律。

设 $y(t)$ 为树木 (胸径、树高或材积等) 生长量, 树木单位时间生长量 (瞬时生长速度) 为 dy/dt , 相对生长速度为 $(dy/dt)/y$, 环境条件所允许的最大生长量为 k , 称环境容纳量或负荷量 (carrying capacity)。

当 $y(t) = k$ 时,生长量不再增大, $dy/dt = 0$ 。

树木阻滞生长方程为:

$$\frac{dy}{dt} = r - y\left(\frac{r}{k}\right) = ry\left(1 - \frac{1}{k}\right) \quad (1)$$

式中, r 为在无限环境中恒定的瞬时增长率。

该方程的积分式为:

$$y = \frac{k}{1 + me^{-rt}} \quad (2)$$

长期以来,人们运用 Logistic 方程处理数据,得出了多种拟合方法。但一般方法是对原方法线性化以后,用线性最小二乘法的方法拟合,该方法并不是最优的,因为求得的参数只是其变量 y 的残差最小二乘解。本文应用麦夸方法 (Marquardt's Method) 来模拟,求得 k, m, r 的近似值^[7]。通过 BASIC 语言编制电算程序,在微机上进行,求得赤松个体胸径 D 、树高 H 、材积 V 的 Logistic 方程。其中,胸径、树高的数据为实测,材积量依据胸径、树高求得,其计算公式:

$$V = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot H$$

即为与其相同直径、高度的圆柱体的体积的一半。

根据拟合获得的 Logistic 模型,可求得生长特征值:

A. 平均连年生长量

以 Logistic 方程的参数 k 值作为生长的平均极限值,由积分方程可求出平均连年生长量,即平均生长速度 Z :

$$Z = \frac{1}{k} \int_0^k \left(\frac{dy}{dt}\right) dy = \frac{1}{k} \int_0^k \left(yr - \frac{ry^2}{k}\right) dy = \frac{1}{6} \cdot k \cdot r \quad (3)$$

B. 平均生长率 P

$$P = \frac{1}{k} \int_0^k p(t) dy = \frac{1}{k} \int_0^k \left(r - \frac{r}{k}y\right) dy = \frac{r}{2} \quad (4)$$

C. 连年生长量最大时的年龄 t_z

$$t_z = -\frac{1}{r} \ln \frac{1}{m} \quad (5)$$

D. 数量成熟龄 t_0

在测树学上,数量成熟龄 (age of quantitative-maturity) 指平均生长量最高的年龄,根据连年生长量及平均生长量的生长规律,可以证明二者相等时的年龄,即为数量成熟龄,即

$$\frac{dy}{dt} = \frac{y}{t}$$

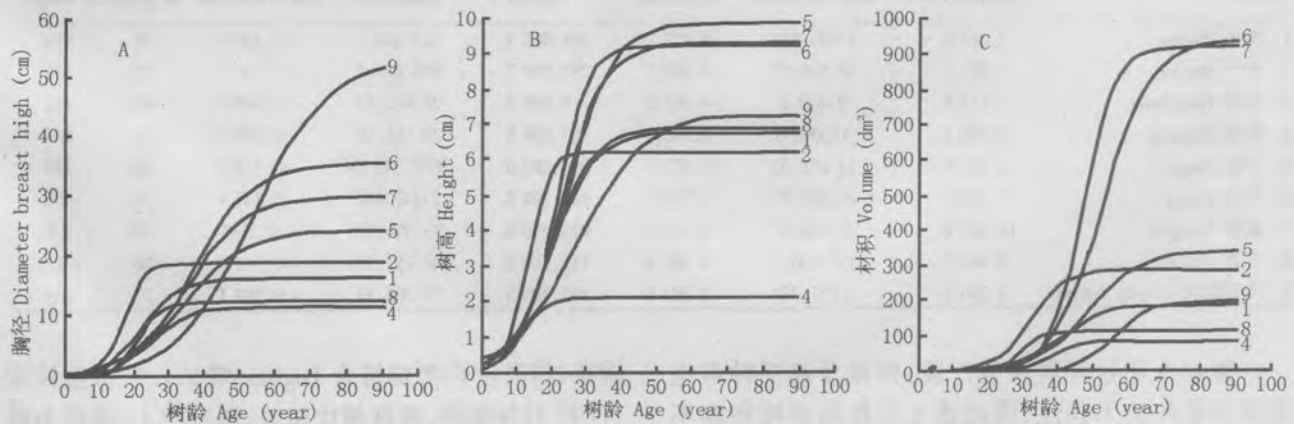
将(1)、(2)式代入,上式化为

$$t_0 \cdot r \cdot \left(\frac{me^{-rt_0}}{1 + me^{-rt_0}}\right) = 1 \quad (6)$$

利用牛顿迭代法解出此方程,求得 t_0 较为精确的解。

2 结果与分析

根据前述拟合方法,由求得的赤松个体胸径 D 、树高 H 、材积 V 的 Logistic 方程,作出赤松个体胸径、树高、材积的生长曲线(图 1),其拟合结果见表 2、表 3 和表 4,生长特征值见表 5、表 6 和表 7。



1. 牟平 Muping; 2. 牟平 Muping; 3. 荣成 Rongcheng; 4. 海阳 Haiyang; 5. 平邑 Pingyi; 6. 平邑 Pingyi; 7. 蒙阴 Mengyin; 8. 五莲 Wulian; 9. 江苏新浦 Xinpu, Jiangsu
A. 胸径生长曲线 growth curve of diameter breast high; B. 树高生长曲线 growth curve of height; C. 材积生长曲线 growth curve of wood volume

图 1 不同样地赤松生长曲线

Fig. 1 Growth curve of *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. at different sample plots in Shandong Province

表 2 山东赤松胸径逻辑斯谛拟合结果

Table 2 The simulative results of Logistic growth of the diameter breast high of *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. in Shandong Province

样地 Sample plots	剩余标准差 S Surplus standard error	残差平方和 Q Quantity of error-squariance	相关系数 R Relativity coefficient	环境容纳量 k Carrying capacity	初始参数 m Initiative parameter	瞬时增长率 r Instantaneous rate of increase	组数 Number of groups	样本容量 Capacity of sample
1. 牟平 Muping	0.692 2	250.092 3	0.987 1	16.112 1	76.713 7	-0.195 7	38	524
2. 牟平 Muping	1.218 9	644.815 1	0.958 8	18.879 1	252.753 1	-0.330 7	29	436
3. 荣成 Rongcheng	0.294 4	35.458 5	0.974 6	7.050 7	87.031 7	-0.239 3	25	411
4. 海阳 Haiyang	0.378 7	78.176 7	0.961 9	11.343 5	114.274 4	-0.189 3	28	547
5. 平邑 Pingyi	0.949 9	117.292 2	0.989 2	24.203 6	53.823 7	-0.116 9	26	13
6. 平邑 Pingyi	1.392 0	261.569 1	0.981 2	35.484 9	87.643 7	-0.121 9	27	137
7. 蒙阴 Mengyin	1.252 7	295.015 6	0.983 6	29.986 5	74.432 1	-0.123 0	34	190
8. 五莲 Wulian	0.153 8	26.644 3	0.998 8	12.279 5	792.319 2	-0.318 2	24	1 128
9. 江苏新浦 Xinpu, Jiangsu	0.558 4	113.172 4	0.994 8	52.944 3	186.670 5	-0.098 52	27	365

表 3 山东赤松树高逻辑斯谛拟合结果

Table 3 The simulative results of Logistic growth of the height of *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. in Shandong Province

样地 Sample plots	剩余标准差 S Surplus standard error	残差平方和 Q Quantity of error-squariance	相关系数 R Relativity coefficient	环境容纳量 k Carrying capacity	初始参数 m Initiative parameter	瞬时增长率 r Instantaneous rate of increase	组数 Number of groups	样本容量 Capacity of sample
1. 牟平 Muping	0.302 9	47.890 9	0.987 1	6.849 9	21.992 2	-0.162 4	38	524
2. 牟平 Muping	0.311 5	42.111 6	0.984 6	6.297 3	73.388 2	-0.338 2	29	436
3. 荣成 Rongcheng	0.195 6	15.654 4	0.933 5	2.310 5	5.960 4	-0.181 5	25	411
4. 海阳 Haiyang	0.193 2	20.333 1	0.956 9	2.172 7	8.283 1	-0.226 2	28	547
5. 平邑 Pingyi	0.387 7	19.539 8	0.994 7	9.928 3	34.519 7	-0.152 8	26	132
6. 平邑 Pingyi	0.296 9	11.897 6	0.995 9	9.283 0	41.357 5	-0.172 2	27	137
7. 蒙阴 Mengyin	0.652 6	80.056 2	0.985 9	9.321 4	78.354 9	-0.216 7	34	190
8. 五莲 Wulian	0.134 1	20.253 1	0.996 7	6.899 7	27.492 4	-0.172 8	24	1 128
9. 江苏新浦 Xinpu, Jiangsu	0.243 2	21.474 8	0.995 0	7.347 9	16.922 9	-0.105 7	27	365

表 4 山东赤松材积逻辑斯谛拟合结果

Table 4 The simulative results of Logistic growth of the wood volume of *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. in Shandong Province

样地 Sample plots	剩余标准差 S Surplus standard error	残差平方和 Q Quantity of error-squariance	相关系数 R Relativity coefficient	环境容纳量 k Carrying capacity	初始参数 m Initiative parameter	瞬时增长率 r Instantaneous rate of increase	组数 Number of groups	样本容量 Capacity of sample
1. 牟平 Muping	3.063 9	4 900.334	0.977 1	186.961 3	554.642 5	-0.158 3	38	524
2. 牟平 Muping	7.052 2	21 584.52	0.932 3	285.989 7	658.666 1	-0.207 5	29	436
3. 荣成 Rongcheng	0.151 8	9.429 1	0.961 5	2.809 3	28 842.17	-0.526 4	25	411
4. 海阳 Haiyang	0.306 1	51.049 0	0.940 4	83.699 8	24 113.15	-0.270 4	28	547
5. 平邑 Pingyi	9.261 8	11 151.62	0.972 9	342.097 6	629.248 8	-0.133 9	26	132
6. 平邑 Pingyi	17.729 0	42 432.79	0.940 9	938.799 8	2 040.444	-0.147 4	27	137
7. 蒙阴 Mengyin	18.600 6	65 044.86	0.925 5	920.476 6	23 504.75	-0.2185	34	190
8. 五莲 Wulian	0.407 7	187.141 5	0.995 8	112.166 2	40 357.58	-0.367 4	24	1 128
9. 江苏新浦 Xinpu, Jiangsu	3.293 6	3 937.731	0.984 5	194.300 5	77 765.33	-0.203 1	27	365

样地 3 赤松种群虫害严重,样地 9 赤松种群也曾受虫害并被采伐过,因此该 2 个样地赤松种群不能反映正常赤松林种群的个体生长规律,在分析结果时不予考虑。

表 1 和表 2 的拟合结果很好,相关系数 R 值均在 0.95 以上(样地 3 赤松种群除外),说明赤松个体

胸径、树高生长密切符合 Logistic 增长。材积生长拟合(表 3)与胸径、树高相比稍差,误差稍大,是因为材积量值并非实测,但 R 值也均在 0.92 以上,这样的精度对于分析赤松个体生长规律是可以信赖的。

从表 4、表 5 和表 6 可以看出,赤松次生林与人工林的个体生长规律是一致的,即树高成熟龄早于

表 5 山东赤松种群材积生长特征值

Table 5 The growth eigenvalue of the wood volume of *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. population in Shandong Province

样地 Sample plots	平均连年生长量 Average growth volume in successive years (dm^3/a)	平均生长率 Average growth rate (%)	连年生长量最大时年龄 Age of maximum growth volume in successive years (a)	达成熟龄时的总生长量 Total growth volume at mature age (dm^3)	数量成熟龄 Age of quantitative- maturity (a)
1. 牟平 Muping	4.932 8	7.915 2	39.912 7	164.455 3	52.476 2
2. 牟平 Muping	9.890 8	10.375 4	31.279 1	252.367 2	40.990 9
3. 荣成 Rongcheng	0.246 5	26.321 1	19.508 3	2.588 6	24.185 7
4. 海阳 Haiyang	3.772 7	13.522 4	37.310 4	77.023 1	46.352 7
5. 平邑 Pingyi	7.632 7	6.693 4	48.140 8	301.627 8	63.145 4
6. 平邑 Pingyi	23.073 5	7.373 3	51.679 3	842.956 2	66.423 0
7. 蒙阴 Mengyin	33.513 0	10.922 5	46.074 4	846.885 5	57.257 9
8. 五莲 Wulian	6.867 5	18.367 9	28.869 7	103.603 0	35.656 3
9. 江苏新浦 Xipu, Jiangsu	6.576 1	10.153 4	55.456 3	180.232 8	68.015 4

表 6 山东赤松种群树高生长特征值

Table 6 The growth eigenvalue of the height of *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. population in Shandong Province

样地 Sample plots	平均连年生长量 Average growth volume in successive years (dm^3/a)	平均生长率 Average growth rate (%)	连年生长量最大时年龄 Age of maximum growth volume in successive years (a)	达成熟龄时的总生长量 Total growth volume at mature age (dm^3)	数量成熟龄 Age of quantitative-maturity (a)
1. 牟平 Muping	0.185 4	8.118 2	19.035 6	5.248 7	26.347 5
2. 牟平 Muping	0.355 0	16.911 1	12.701 0	5.226 5	17.388 4
3. 荣成 Rongcheng	0.069 9	9.079 9	9.830 1	1.278 9	11.013 5
4. 海阳 Haiyang	0.081 9	11.310 3	9.346 4	1.322 9	11.303 6
5. 平邑 Pingyi	0.252 9	7.641 7	23.172 3	7.903 5	32.082 8
6. 平邑 Pingyi	0.266 4	8.608 5	21.619 6	7.478 3	29.876 7
7. 蒙阴 Mengyin	0.336 7	10.835 5	20.124 9	7.758 2	27.517 6
8. 五莲 Wulian	0.198 7	8.640 0	19.177 6	5.397 5	26.578 9
9. 江苏新浦 Xipu, Jiangsu	0.129 4	5.285 1	26.760 7	5.458 9	36.800 3

表 7 山东赤松种群胸径生长特征值

Table 7 The growth eigenvalue of the diameter breast high of *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. population in Shandong Province

样地 Sample plots	平均连年生长量 Average growth volume in successive years (dm^3/a)	平均生长率 Average growth rate (%)	连年生长量最大时年龄 Age of maximum growth volume in successive years (a)	达成熟龄时的总生长量 Total growth volume at mature age (dm^3)	数量成熟龄 Age of quantitative-maturity (a)
1. 牟平 Muping	0.525 5	9.783 9	22.179 7	13.398 2	30.339 7
2. 牟平 Muping	1.040 6	16.535 5	16.728 9	16.323 2	22.335 6
3. 荣成 Rongcheng	0.281 2	11.966 7	18.661 2	5.893 8	25.464 1
4. 海阳 Haiyang	0.358 0	9.467 2	25.026 3	9.579 6	33.962 8
5. 平邑 Pingyi	0.471 7	5.846 2	34.088 0	19.792 4	46.926 8
6. 平邑 Pingyi	0.720 9	6.094 9	36.697 0	29.670 7	50.067 7
7. 蒙阴 Mengyin	0.614 8	6.150 6	35.036 0	24.903 1	47.953 4
8. 五莲 Wulian	0.651 3	15.911 0	20.976 0	10.871 1	27.398 1
9. 江苏新浦 Xipu, Jiangsu	0.869 4	4.926 2	53.076 5	45.408 1	71.305 2

胸径成熟年龄。

样地 5、6、7 赤松种群为人工林,树高成熟龄为 30 a 左右,其胸径成熟龄则在 46~50 a。达成熟龄的赤松树高近 8 m,距离其 k 值(9.9、9.3 和 9.3 m)还有一定潜力。树高连年生长量最大时年龄为 20 多年,胸径则要 35 a 左右其连年生长量才达最大值,也

明显晚于树高,而且达成熟龄时,胸径为 19.8、29.7 和 24.9 cm,接近其 k 值 24.2、35.5 和 30 cm,无太大生长潜力。材积成熟龄为 63、66 和 57 a,比树高、胸径成熟都要晚,达成熟龄时的材积量为 301.6、843 和 846.9 dm^3 ,与其 k 值 342、938 和 920 dm^3 相比,也无太大生长潜力。材积连年生长量最大时年龄为 48、

51和46 a,也比胸径、树高推迟,比胸径连年生长量最大时年龄(34、36和35 a)晚10多年。

样地1、2、4、8赤松种群为天然次生幼龄林,虽然其数量成熟龄、连年生长量最大时年龄等特征值比样地5、6、7赤松种群的对应特征值要小,但它们的个体生长规律却是一致的,即赤松个体生长的树高连年生长量最先达到最大值,树高也最先达到数量成熟龄,胸径次之,其连年生长量最大时年龄和数量成熟龄要晚于树高,与胸径、树高相比,材积量达数量成熟龄和连年生长量达最大值均最迟。

分析以上规律出现的原因,以样地5、6、7赤松种群为例,处于更新层的赤松,种群密度较大,个体间对空间的竞争,促使其树高生长最快,并造成在由更新层向主林层演变过程中的高死亡率,这样引起种群密度下降,当其个体逐渐进入主林层后,随密度下降,光照条件、营养体得到改善,树高生长变慢,但胸径生长加速,这样持续生长20 a左右,方才达成熟龄,接近其环境容量 k ,但这时树高尚有一定生长潜力,要再经过大约10 a,树高接近 k 值,这时材积量才达到其数量成熟龄。

另外,从表5、表6和表7还可看出,人工林生长情况好于天然次生林,人工林树高、材积和胸径的平均连年生长量都大于次生林。其原因主要是人工林多生长在土层较厚、土壤水肥较好的地段,加之人为保护较好,管理措施得当,赤松群落及种群结构合理,从而促进赤松个体生长;而次生林由于种间竞争,常退缩到土层薄、土壤水肥条件差的山脊,群落及种群结构不合理,影响营养、光照等条件的获得,抑制赤松个体生长,降低了赤松个体的平均连年生长量。

3 讨论和建议

赤松耐干旱贫瘠,能够保持水土,改善森林生态

环境和立地条件。与作为长白山和日本温带针叶林建群种之一的赤松相比,山东省的赤松更侧重于为其他地带性落叶阔叶树种入侵、生长提供基础,创造适生条件,这对于在荒山秃岭科学地营造赤松林以及恢复山东省地带性落叶阔叶林群落有重大意义。基于本文对赤松种群个体生长规律的研究,建议应加强对赤松林的保护和人工管理:(1)实行封山育林,以降低赤松幼苗和幼龄个体的死亡率,促进更新,还可以增加赤松群落的生物多样性。(2)提倡赤松与其他树种的混交程度,既可以改善群落结构,增强群落稳定性,还可以促进群落演替,减轻或消除病虫害,增强赤松的生命力和生活力,提高赤松林的生产力。(3)促进赤松演替,可适当间伐、抚育、修枝,改善林下光照条件,使林内通风透气,湿度降低,改善林内小气候,提高幼树生活力,促使其由更新层顺利向主林层过渡。(4)遵循生态学规律,积极开展以生物治理为主、物理和化学治理为辅的虫害综合治理,做到有虫不成灾,将虫害维持在特定水平以下,实现生态系统的持续发展。

参考文献:

- [1] 《山东森林》编委会. 山东森林[M]. 北京:中国林业出版社, 1986.
- [2] 张伟,赵善伦. 山东赤松种群的数量动态[J]. 植物资源与环境学报, 2000, 9(3): 41-45.
- [3] 王仁卿,周光裕. 山东半岛赤松林的天然更新及其发展前途的研究[J]. 生态学杂志, 1989, 8(2): 18-22.
- [4] 王仁卿,张淑萍,张治国,等. 崑崙山天然赤松种群的数量特征及更新动态[J]. 生态学杂志, 2000, 19(3): 61-65.
- [5] 刘来福. 生态学数学模型的研究进展[J]. 生态学杂志, 1991, 10(2): 41-44.
- [6] 黄晋彪,张根海. Logistic、崔-Lawson 种群增长模型理论及实例拟合比较[J]. 应用生态学报, 1990, 1(4): 301-305.
- [7] 葛宏立. 麦夸尔特迭代法及其 BASIC 程序[J]. 湖南林业科技, 1987, (4): 43-56.

(责任编辑:惠红)