

海南岛尖峰岭热带天然林主要 树种生长过程的探讨*

李善淇

(中国林业科学研究院热带林业研究所)

摘 要

尖峰岭热带天然林,树种繁杂,林木生长存在较大的差异。根据65株不同树种的解析木,按树高和胸径的年生长量划分为三种类型,即年平均生长量大于0.5(m或cm)者为速生型,0.2—0.5者为中生型,小于0.2为慢生型,其中83.1%属于中生型,对各类型分别调制了生长过程的回归估测模型。材积生长量在三个类型中仍继续增长,数量成熟龄尚难确定。从缩短经营周期出发,可考虑采用工艺成熟龄作为择伐的回归年。据回归估测,速生型40年,中生型140年,慢生型180年,胸径可达32cm,树高23—24m,平均单株材积达0.9m³以上,符合锯材原木标准,可考虑作为择伐回归年的依据。

关键词 生长类型; 生长量; 生长模型

利用树干解析了解林分的生长规律,虽然具有极大的片面性,但是,对缺乏系统观测的林分,无疑是一个行之有效的简捷方法。尖峰岭的热带天然混交林,乔木树种不下百种,树龄结构异常复杂,每一树种由于遗传基因和生长的立地环境具有不同的生长特点和生长过程,尽管如此,但他们在同一的生态环境下生长发育,不同树种间在树高、直径和材积的生长仍具有一定的共同性,探讨这些树种的生长规律,无疑对热带林的合理经营极有裨益。

一、样木的分类

解析木数量共65株,隶属36科64种,经初步计算分析,按其总平均生长量进行分类,划分为三种类型,即树高年平均生长量 $>0.5\text{m}$,胸径生长量 $>0.5\text{cm}$ 为速生类型;年平均生长量在0.2—0.5之间为中生类型;小于0.2者为慢生类型,各树种的归属见表1。计速生型2株,占3.1%;中生型54株,占83.1%;慢生型9株,占13.8%,样木按龄组分配见表2。

* 资料来源于1958—1960年原综合调查队所收集的资料及部分热林所的资料。

表1 不同生长类型解析木

类型	$\Delta H(m)$ $\Delta D(cm)$	树	种
速生型	>0.5 >0.5	红 锥 <i>Castanopsis hystrix</i>	闽 粤 栲 <i>C. fissa</i>
中 生 型	$0.2-0.5$ $0.2-0.5$	海南红豆 <i>Ormosia pinnata</i>	山 龙 眼 <i>Helicia hainanensis</i>
		荔枝红豆 <i>O. semicastrata</i>	长柄梭罗木 <i>Reevesia longipetiolata</i>
		光叶红豆 <i>O. glaberrima</i>	大叶山油柑 <i>Acronychia pligophlebia</i>
		石 葵 木 <i>Photinid benthamiana</i>	毛叶泡花树 <i>Meliosma pannosa</i>
		海南暗罗 <i>Poigalthia laui</i>	多花山竹子 <i>Gorcinia multifolora</i>
		木 荷 <i>Schima superba</i>	剑 叶 灰 木 <i>Symplocos lancifolia</i>
		绿 楠 <i>Menglietia hainanensis</i>	水 石 梓 <i>Sarcospermum laurinum</i>
		光叶玉兰 <i>Magnolia nitida</i>	小 叶 鬃 脂 <i>Artocarpus styracifolius</i>
		山 杜 英 <i>Elaeocarpus sylvestris</i>	猴 欢 喜 <i>Sloanea sinensis</i>
		毛 荔 枝 <i>Nephelium topeni</i>	长序厚壳桂 <i>Cryptocarya metcalfeana</i>
		青 皮 <i>Vatica hainanensis</i>	椭圆叶新木姜 <i>Neolitsea ellipsoidea</i>
		陆 均 松 <i>Dacrydium pierrei</i>	黄 樟 <i>Cinnamomum parthenoxylon</i>
		竹 叶 松 <i>Podocarpus neriifolius</i>	香 楠 <i>C. ovatum</i>
		八 角 <i>Illicium verum</i>	肉 桂 <i>C. cassia</i>
		麻 栎 <i>Quercus acutissima</i>	阴 香 <i>C. burmanni</i>
		南 岛 栎 <i>Q. insularis</i>	柳 叶 楠 <i>Machilus salicina</i>
		铁 罗 <i>Lithocarpus amygdalius</i>	楨 楠 <i>M. sp</i>
		野 漆 树 <i>Rhus succedanea</i>	木 胆 <i>Platea parvifolia</i>
		尖 峰 栲 <i>Castanopsis jianfengensis</i>	鸭 脚 木 <i>Scheffera octophylla</i>
		阿 丁 枫 <i>Altingia opovata</i>	白 颜 <i>Gironniera subaetualis</i>
		白 槐 <i>Canarium album</i>	枝 花 李 槐 <i>Linociera ramiflora</i>
		厚 皮 香 <i>Ternstroemia gymnanthera</i>	詹 氏 蒲 桃 <i>Syzygium championi</i>
		苦 梓 <i>Michelia balansae</i>	冬 青 <i>Ilex sp.</i>
		黄 桐 <i>Endospermum chinensis</i>	樟 <i>Melia sp.</i>
海南瓦香 <i>Acuilaria sinensis</i>	槭 树 <i>Acer sp.</i>		
鸡 毛 松 <i>Podocarpus imbricatus</i>	海 南 木 犀 <i>Osmanthus hainanensis</i>		
第 伦 桃 <i>Dillenia pentagyna</i>			
慢 生 型	<0.2 <0.2	阿 斯 木 <i>Alstonia scholaris</i>	大 叶 琼 楠 <i>Beilschneidia laevis</i>
		黄 果 榕 <i>Ficus championii</i>	盘 壳 栎 <i>Quercus patelliformis</i>
		韩 氏 蒲 桃 <i>Syzygium hancei</i>	黄 杞 <i>Engelhardtia chrysolepsis</i>
		黄 叶 树 <i>Xanthophyllum hainanensis</i>	油 丹 <i>Alseodaphne hainanensis</i>
		海南杨桐 <i>Adinandra hainanensis</i>	

表2 解析木按龄组分配数量

龄 组	31-40	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100	101-110	111-120	121-130
株 数	2	3	5	7	8	2	6	11	4
%	3.1	4.6	7.7	10.8	12.3	3.1	9.2	16.9	6.2
龄 组	131-140	141-150	151-160	161-170	181-190	211-220	260-270	合 计	
株 数	5	3	4	2	1	1	1	65	
%	7.7	4.6	6.2	3.1	1.5	1.5	1.5	100	

二、不同类型树木生长进程

现将速生、中生和慢生三个类型分述如下。

(一) 速生型树种

本类型样木仅 2 株，在常绿季雨林中广为分布，可上延到山地雨林和沟谷雨林。它们早期生长迅速，树高总平均年生长量 60cm 以上，30 年生高达 20m，20 年生以后连年生长与平均生长两曲线即相交，以后生势锐减，生长量急剧下降，见图 1。

直径生长也很快，总平均年生长量近 1.0cm，连年生长量 30 年以后急剧下降，32 年时与平均生长曲线相交，见图 2。

材积生长目前处于旺盛期，其数量成熟期一般比直径数量成熟晚得多，现仍无下降趋势，见图 3。

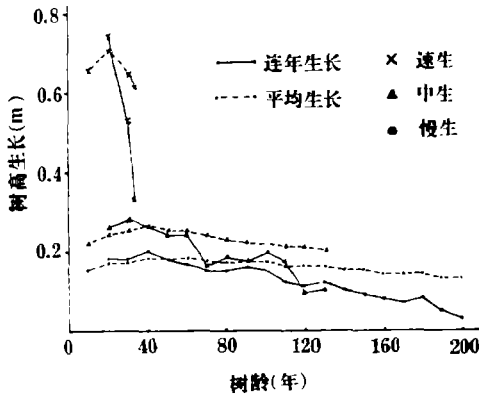


图1 树高生长量变化过程

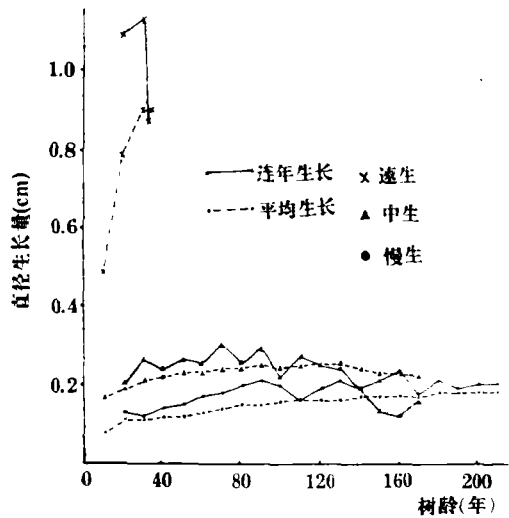


图2 直径生长量变化过程

(二) 中生型树种

本类型树种占绝大部分，共54株。除极少数生态习性局限分布在特定的环境以外(如白榄喜生于阴湿的沟谷雨林中，陆均松常生长在比较干燥的山脊上)，其余树种广为分布(如青皮从海边潮水线以上直至海拔900m的山地都能生长)，但以300—500m的热带常绿季雨林生长最为良好。壳斗科的柯、栎、栲、木荷、冬青、蒲桃等树种，分布范围都比较广，在各植被带中都能找到。

本类型树高平均生长量最大值出现在40年，也是与连年生长量曲线相交之年龄，比速生类型晚一个龄阶。在此类型中，包括的树种繁多，生长上也存在较大的差异，其中生长较快的有长柄梭罗木、海南沉香、毛叶

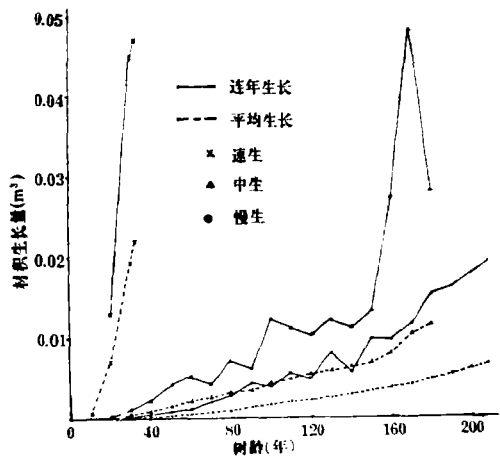


图3 材积生长量变化过程

泡花树、海南木犀等,这些树种50年生超过15m;生长稍慢的树种如香楠、海南红豆、黄柄樟、冬青、水石梓、海岛栎、八角楠、山肉桂、杜英、小叶胭脂等等,50年生才11—12m。香楠50年生时10.6m,到100年生高达24.5m,表现出早期生长慢,后期生长快的特性。生长较慢的树种,如毛荔枝、麻栎、青皮、竹叶松、山竹子等,10年生只有0.6—0.9m,50年生平均亦只有7.5m。詹氏蒲桃、光叶木兰、铁罗等树种,50年生也在10m以下。这些树种受上层速生林木的压抑,早期生长比较缓慢,中、后期树高生长明显加快,100年生以后仍显示出旺盛的生命力。

直径生长量变化复杂,平均连年生长量波动较大,与总平均生长曲线多次相交。分析其原因,除林木本身遗传特性不同及群落内部的阶段演化可能引起生长上的差异外,还有气候的年际差异及周期性变化,尤其是降水的周期性变化及其与林木生长规律的谐和度,也许是直径生长阶段性波动的根源所在。

从54个树种的总平均生长量分析,许多树种在90年生时已达极值,并一直延续到130年才稍有下降。陆均松、毛荔枝、铁罗、栎类、小叶胭脂、光叶木兰、詹氏蒲桃等25个树种120年时连年生长与平均生长两曲线尚未相交,而桢楠、香楠、山肉桂、山竹子、第伦桃、木荷等树种100年就相交。青皮、倒卵阿丁枫、竹叶松则在120年,水石梓135年相交。厚皮香、尖峰栲则迟至150年才相交。两曲线相交最早的树种要算长柄梭罗木、海南木犀、光叶红豆、毛叶泡花树等生长较快之树种。它们的直径数量成熟在45—60年之间,各树种间差异很大。因此对本类型确定一个较为客观的直径数量成熟的平均年龄是比较困难的。从目前所掌握的资料可以认为,90—120年都可视为这个类型树种直径数量成熟龄的平均年龄,因为此时林木的平均胸径已达24cm以上。

材积生长依存于树高、直径和干形三个因子的变化。自幼苗开始,在相当长一段时期内,树干材积的增长极缓慢。30年生时,平均树高7.6m,直径6.3cm,平均材积仅 0.0133m^3 ;进入40年生后,林木转入生长旺盛期,材积生长加快;100年生的材积达 0.40m^3 ,为30年生的30倍;直到180年,平均单株材积达到 2.0m^3 ,而材积的连年生长量仍未急剧下降,要达到数量成熟将超越200年。由于缺乏资料,目前尚难估测。

(三) 慢生型树种

慢生型树种寿命较长,生长缓慢。如黄杞、光叶琼楠、韩氏蒲桃、盘壳栎等,20年生树高不足2m,50年生也只有8m多,100年时可达16m左右。其树高的年平均生长量50年时才达峰值,比中生类型晚一个龄阶,而光叶琼楠和盘壳栎则晚了许多,分别在144年和150年才达峰值。

直径生长量与中生型的树种颇相似,两曲线在110年和170年分别相交两次,而且直至210年连年生长量仍大于平均生长量。总平均生长量在100年前增长还稍快,以后增长缓慢。从100—130年、140—170年和180年以后分成三个梯度,每向上增长一次就保持一定的年限。从目前生势来判断,直径的数量成熟可能出现在200—250年之间。

由于树高和直径增长比较缓慢,材积增长也极缓慢。据分析20年生材积生长率为12%,120年下降至2%,210年则为1.5%,90年间材积生长率变化甚微,但比较稳定。目前连年生长和平均生长仍继续增长,材积的数量成熟可能出现在200—250年之间。

三、树高、直径、材积的回归估测

利用现有的65株解析木,对尖峰岭热带天然林不同生长类型的林木的生长过程进行了回归估测的尝试。目的在于通过回归估测,了解某种类型的林木到达某一限定年龄时,其树高、直径和材积可能达到的数量,作为热带林经营管理中确定回归年的参考。

(一) 树高的回归估测

在选择树高生长模型的过程中,做了多种尝试,采用的回归式如下:

- (1) $H = a + b \log A$
- (2) $H = a + bA + c \log A$
- (3) $H = a + bA + cA^2$
- (4) $H = \frac{1}{a + be^{-A}}$
- (5) $H = aA^b$
- (6) $H = ae^{bA}$

式中: H = 树高, A = 林龄

a 、 b 、 c = 回归方程系数, e = 自然对数

上述模型经计算分析和比较,树高与年龄的相关关系以二次抛物线方程拟合最佳,对于速生类型(2)式效果较好,中生和慢生类型(3)式较优。各类型的回归方程如表3。

表3 各类型树高回归方程

类 型	回 归 方 程	相 关 系 数	系 统 误 差 (%)	标 准 差 (%)
速 生	$H = 14.964925 + 0.154793A + 20.006047 \lg A$	0.999	0.04	± 0.77
中 生	$H = -0.924993 + 0.310532A - 8.28 \times 10^{-4}A^2$	0.992	-0.50	$\pm .215$
慢 生	$H = -1.059092 + 0.223767A - 4.65 \times 10^{-4}A^2$	0.975	0.17	± 1.33

• 各回归方程经F检验均达极显著

(二) 直径的回归估测

在直径回归估测中,选用了幂函数和二次抛物线两种模型,即:

- (1) $D = aA^b$
- (2) $D = a + bA + cA^2$

分析比较结果,二次抛物线方程能更好地反映速生和中生类型直径生长过程,而幂函数对慢生类型拟合较好。各类型的回归方程如下:

- 速生类型 $D = -6.56082045 + 1.15710361A - 1.55382 \times 10^{-3}A^2$ $r = 0.999$
 中生类型 $D = -0.93787405 + 0.24652823A + 4.622 \times 10^{-5}A^2$ $r = 0.999$
 慢生类型 $D = 4.100931 \times 10^{-2}A^{1.283547}$ $r = 0.999$

系统误差与标准差分别为0.21%、0.15%、0.15%, $\pm 1.02\%$ 、 $\pm 3.96\%$ 、 $\pm 4.70\%$ 。回归检验均达极显著。

应该说明,中、慢生类型的树种在20年生以前生长特别缓慢,在10年生时有25个树种,

如黄杞、盘壳栎、光叶琼楠、青皮、陆均松等树种的树高还不到1.3m,根本没有胸径,具体到每个树种的树高达到1.3m时,该需要多少年?由于没有专门收集这方面的数据,无法深入分析。因此各类型胸径生长一律从10年生开始估测。中生类型10年生的回归估测值,比实际平均值偏低,虽然其离差的绝对值仅为-0.2cm,但其相对误差值达11.76%,这只是幼龄期的个别现象,其他龄阶的误差均未超过一倍标准差范围,可以认为该模型还比较理想。

(三) 材积的回归估测

材积的回归估测主要采用幂函数方程。

$$\text{即: } V = aA^b$$

计算结果得回归方程如下:

$$\text{速生类型 } V = 8.7259065 \times 10^{-7} A^{3.849848712} \quad r = 0.999$$

$$\text{中生类型 } V = 2.1628481 \times 10^{-6} A^{2.83037842} \quad r = 0.996$$

$$\text{慢生类型 } V = 4.1176652 \times 10^{-8} A^{3.261413472} \quad r = 0.999$$

上述三个材积回归估测模型,相关系数都很高, F 检验回归方程均达极显著。在精度检查中,三个方程的系统差都很小,分别为1.75%、-0.16%、-0.36%,但标准差较大,分别为 $\pm 8.25\%$ 、 $\pm 10.68\%$ 、 ± 7.69 ,这说明在同一类型中,同一龄阶各树种的平均材积离差较大。

在速生类型中,幂函数方程在30年前的回归估测中,尚属正常,但30年以后,该模型的估测值偏高。在40年时,平均直径估测值为37.2cm,树高为22.2m,圆柱体体积为 2.4129m^3 ,材积估测值为 1.8565m^3 ,胸高形数达0.769,已属偏高;50年时,胸径和树高的估测值分别为47.4cm和22.8m,而材积估测达 4.4821m^3 ,胸高形数达1.114,显然不合理。为使模型更符合速生类型树种材积的生长进程,对多种模型又作了探求,最后认为二次抛物线方程效果较优,精度较高,系统差1.75%,标准差 $\pm 4.38\%$,回归检验也达极显著。但二次抛物线方程不适合中生和慢生类型。最后确定速生类型的回归方程为:

$$V = 0.21306471 - 0.03706138A + 0.00165532A^2 \quad r = 0.963$$

(四) 树高、材积与胸径的回归估测

胸径是林分测定中最易实施,而且量测精度又比较高的因子,根据两个变量都与同一变量相关,它们本身也互相相关这一原理及热带天然林树龄测定之困难,拟建立树高、材积与胸径之间的数学模型来表达他们之间的关系,只要分别类型测定立木的胸径,就能简捷地导出其树高和材积。

在树高与胸径回归估测中,选用了以下几种模型:

$$(1) \quad H = aD^b$$

$$(2) \quad H = a + bD + c \log D$$

$$(3) \quad H = a + bD + cD^2$$

$$(4) \quad H = a + b \log D$$

$$(5) \quad \log H = a + b \log D$$

经分析比较,(2)、(4)、(5)三式在小径级部分均出现负值,拟合效果欠佳;(1)、(3)式拟合较优,但(1)式离差大,标准差也大,而且在28cm以上的径级,树高生长量接近一个常数,使树高曲线成直线上升,不符合林木在近熟期后树高生长随胸径增大而减缓的生长规律;

只有(3)式接近实际并最后被采用作为树高与胸径的回归估测方程。

$$\text{速生类型} \quad H = 2.51847671 + 0.88043917D - 9.42153 \times 10^{-3}D^2 \quad r = 0.994$$

$$\text{中生类型} \quad H = 0.45525994 + 1.21345399D - 1.37987 \times 10^{-2}D^2 \quad r = 0.988$$

$$\text{慢生类型} \quad H = 1.23063072 + 1.24689867D - 1.63634 \times 10^{-2}D^2 \quad r = 0.969$$

精度检查: 三个模型的系统差分别为0.13%、0.85%、-0.80%, 标准差分别为±0.26%、±4.16%、±3.33%, 精度都较高。各类型树高的估测值从2cm开始到40cm, 40cm以后, 树高估测值变化不大, 在44—46cm时已经达到抛物线的顶点, 此后直径增大, 树高估测值反而下降, 因此模型的有效估测范围不应大于40cm。各类型径级的平均树高如表4。

表4 各径级平均树高

(单位: m)

类 型	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
速 生	4.2	5.9	7.5	9.0	10.4	11.7	13.0	14.2	15.3	16.4
中 生	2.8	5.1	7.2	9.3	11.2	13.0	14.7	16.3	17.8	19.2
慢 生	3.7	6.0	8.1	10.2	12.1	13.8	15.5	17.0	18.4	19.6
类 型	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
速 生	17.3	18.2	19.0	19.8	20.5	21.0	21.6	22.0	22.4	22.7
中 生	20.5	21.6	22.7	23.6	24.4	25.2	25.8	26.3	26.6	26.9
慢 生	20.7	21.7	22.6	23.3	23.9	24.4	24.7	24.9	25.0	25.0

材积与胸径的回归估测, 采用了幂函数方程, 即 $V = aD^b$, 经回归推导, 得下列三个参数方程:

$$\text{速生类型} \quad V = 1.26324 \times 10^{-4} D^{2.54988723} \quad r = 0.999$$

$$\text{中生类型} \quad V = 1.80984 \times 10^{-4} D^{2.41786094} \quad r = 0.999$$

$$\text{慢生类型} \quad V = 9.48134 \times 10^{-5} D^{2.64814189} \quad r = 0.999$$

经检查, 系统差分别为0.15%、-0.63%、0.02%, 标准差分别为±3.73%、±6.52%、±4.74%, 除了中生类型个别超过一倍标准差范围外, 余皆在一倍标准差范围之内。回归检验, 三个类型都达极显著。各类型径级平均材积的估测值如表5。

表列数字在相同径级内, 各类型之间材积相差不大, 16cm径级的材积非常接近, 16cm以上速生和慢生类型的材积逐渐超过中生类型。据材积与年龄的回归估测, 要达到胸径50cm时之材积, 中生类型的树种仅需200年, 而慢生类型的树种却需300年以上。

三个类型各径级中估测的材积既然很接近, 如能合并成一个共同的回归方程, 在实际应用中将会简易得多, 为此进行了剩余方差的齐性检验。

$$S_{\delta_1}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{1i} - \bar{y}_{1i})^2}{n_1 - 2}; \quad S_{\delta_2}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{2i} - \bar{y}_{2i})^2}{n_2 - 2}; \quad S_{\delta_3}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{3i} - \bar{y}_{3i})^2}{n_3 - 2}$$

式中: $S_{\delta_1}^2$ 、 $S_{\delta_2}^2$ 、 $S_{\delta_3}^2$ 分别代表速、中、慢三个类型的剩余方差。 y_1 、 y_2 、 y_3 代表三个类型材积实测值。 \bar{y}_{1i} 、 \bar{y}_{2i} 、 \bar{y}_{3i} 为三个类型材积估测值。 n_1 、 n_2 、 n_3 为三个类型平均材积实测值的组数。

表5 各径级平均材积

单位: m³

类	型	2	4	6	8	10	12	14		
速	生	0.0007	0.0043	0.0122	0.0254	0.0448	0.0713	0.1057		
中	生	0.0010	0.0052	0.0138	0.0276	0.0474	0.0736	0.1069		
慢	生	0.0006	0.0037	0.0109	0.0233	0.0420	0.0680	0.1023		
类	型	16	18	20	22	24	26	28	30	32
速	生	0.1485	0.2006	0.2624	0.3346	0.4177	0.5122	0.6188	0.7378	0.8698
中	生	0.1476	0.1960	0.2531	0.3187	0.3934	0.4774	0.5710	0.6747	0.7886
慢	生	0.1456	0.1988	0.2628	0.3382	0.4257	0.5261	0.6401	0.7683	0.9114
类	型	34	36	38	40	42	44	46	48	50
速	生	1.0152	1.1745	1.3481	1.5365					
中	生	0.9132	1.0485	1.1949	1.3527	1.5221	1.7033	1.8965	2.1021	2.3201
慢	生	1.0700	1.2447	1.4362	1.6449	1.8716	2.1168	2.3810	2.6648	2.9688

计算结果: $S_{\delta_1}^2 = 0.0001779$; $S_{\delta_2}^2 = 0.0034795129$; $S_{\delta_3}^2 = 0.0002944683$

分别求算 F_1 、 F_2 、 F_3 进行 F 检验

$$F_1 = S_{\delta_1}^2 (S_{\delta_2}^2)^{-1} = 0.051128; K_1 = 2;$$

$$F_2 = S_{\delta_1}^2 (S_{\delta_3}^2)^{-1} = 0.60414; K_2 = 17;$$

$$F_3 = S_{\delta_2}^2 (S_{\delta_3}^2)^{-1} = 11.816; K_3 = 18;$$

查 F 分布表, α 值取 0.01

$$F_{1(K_1, K_2)} = 6.11 > 0.051 \quad \text{差异不显著}$$

$$F_{2(K_1, K_3)} = 6.01 > 0.604 \quad \text{差异不显著}$$

$$F_{3(K_2, K_3)} = 3.13 < 11.816 \quad \text{差异极显著}$$

$S_{\delta_2}^2$ 与 $S_{\delta_3}^2$ 失去齐性, 亦即中生类型与慢生类型不能合并。

F_1 与 F_2 差异不显著, 可将剩余方差合并, 求算共同的剩余方差。其式为:

$$S_{\delta'} = \sqrt{\frac{K_1 S_{\delta_1}^2 + K_3 S_{\delta_3}^2}{K_1 + K_3}}, \quad S_{\delta''} = \sqrt{\frac{K_1 S_{\delta_1}^2 + K_2 S_{\delta_2}^2}{K_1 + K_2}}$$

式中: $S_{\delta'}$ 、 $S_{\delta''}$ 分别代表速生与慢生和速生与中生类型的共同剩余方差。

计算结果: $S_{\delta'} = 0.01681699$, $S_{\delta''} = 0.05596$

在此基础上检验回归系数 b_1 与 b_3 、 b_1 与 b_2 差异是否显著。为此要求出 $|t|$, 其式为:

$$|t_1| = \frac{|b_1 - b_3|}{S_{\delta'} \sqrt{\frac{1}{\sum(x_{1i} - \bar{x}_1)^2} + \frac{1}{\sum(x_{3i} - \bar{x}_3)^2}}}$$

式中: $\sum(x_{1i} - \bar{x}_1)^2$ 、 $\sum(x_{3i} - \bar{x}_3)^2$ 分别代表速生类型和慢生类型回归线自变量余差的平方和。 \bar{x}_1 、 \bar{x}_3 为速生型与慢生型回归线自变量 x_1 及 x_3 的平均数。

计算结果, $|t_1| = 3.213$, $K = K_1 + K_3 = 20$, α 取 0.01, 查 t 分布表, $t_{20} = 2.845$, t_1 超过临界值为差异显著, 因此 b_1 与 b_3 不能合并, 亦即速生类型与慢生类型两回归线不能合并。

用同样方法检验 b_1 与 b_2 差异是否显著, 算得 $|t_2| = 1.261$, 以 $K = 19$, $\alpha = 0.01$ 查表得 $t_{19} = 2.861 > t_2$, 差异不显著, 两回归线可合并求取共同之“ b ”值, 其式为:

$$b = \frac{b_1 \Sigma(x_{1i} - \bar{x}_1)^2 + b_2 \Sigma(x_{2i} - \bar{x}_2)^2}{\Sigma(x_{1i} - \bar{x}_1)^2 + \Sigma(x_{2i} - \bar{x}_2)^2}$$

结果 $b = 2.45274259$

回归系数合并后, 还需检验回归常数 a_1 与 a_2 差异是否显著, 仍需求出“ t ”值进行比较。

$$|t| = \frac{|a_1 - a_2|}{S_{\delta} \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{\bar{x}_1^2}{\Sigma(x_{1i} - \bar{x}_1)^2 + \Sigma(x_{2i} - \bar{x}_2)^2} + \frac{1}{n_2} + \frac{\bar{x}_2^2}{\Sigma(x_{1i} - \bar{x}_1)^2 + \Sigma(x_{2i} - \bar{x}_2)^2}}}$$

结果 $|t| = 1.747$, 以 $K = 19$, $\alpha = 0.01$ 再查表得 $t_{19} = 2.681 > |t|$, 差异不显著, 乃将 a_1 与 a_2 合并求取共同之 a 值。

$$a = \frac{n_1 \bar{y}_1 + n_2 \bar{y}_2}{n_1 + n_2} - \frac{n_1 \bar{x}_1 + n_2 \bar{x}_2}{n_1 + n_2} b$$

最后求得新的回归常数 $a = 1.626847 \times 10^{-4}$

合并后的回归方程(代表速生和中生两类型)为:

$$V = 1.626847 \times 10^{-4} D^{2.46274259}$$

各径级平均材积的估测值如表 6。

表 6 各 径 级 材 积 估 测 值

(单位: m^3)

径 级	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	
材 积	0.0009	0.0049	0.0132	0.0267	0.0461	0.0722	0.1053	0.1461	0.1951	0.2526	0.3191	0.3950	
径 级	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
材 积	0.4807	0.5766	0.6829	0.8000	0.9283	1.0680	1.2194	1.3829	1.5587	1.7471	1.9483	2.1627	2.3905

四、结 语

尖峰岭热带天然林, 树种繁杂, 林木生长存在较大的差异, 按生长量将其划分为三种类型来研究其生长过程, 乃属初次尝试。其中属速生和慢生的树种仅占少数, 83%的树种其生长量界于此二类型之间, 其生长过程的数学模型分别为:

$$H = -0.924993 + 0.310532A - 8.28 \times 10^{-4} A^2$$

$$D = -0.93787405 + 0.24652823A + 4.622 \times 10^{-5} A^2$$

$$V = 2.1628481 \times 10^{-6} A^{2.63037842}$$

$$H = 0.45525994 + 1.21345399D - 1.379869 \times 10^{-2} D^2$$

$$V = 1.626847 \times 10^{-4} D^{2.46274259}$$

树高平均生长量的峰值, 速生型出现在20—30年, 中生型40年, 慢生型40—60年; 直径平均生长量的峰值, 速生型为30—40年, 中生型90—120年, 慢生型到200年生长量仍未下降。材积生长量在三个类型中仍继续上升, 虽然林分已达成熟阶段, 但其数量成熟龄尚难确定。从缩短经营周期出发, 可考虑采用工艺成熟龄作为择伐的回归年。据回归估测, 速生型

40年, 中生型140年, 慢生型180年, 胸径可达 32cm 以上(心材只占70%), 树高23—24m, 平均单株材积达 0.9m^3 以上, 符合锯材原木的标准, 可考虑作为择伐回归年的依据。

参 考 文 献

- [1] H. H. 阿努钦, 1955, 测树学, 中国林业出版社。
- [2] B. 胡希等, 1979, 测树学, 农业出版社。
- [3] 上海师范大学数学系概率统计教研组编, 1978, 回归分析及其试验设计, 上海教育出版社。
- [4] 北京林学院主编, 1980, 数理统计, 中国林业出版社。
- [5] 陆文杰, 1981, 幂指数生长方程及其在林木生长分析中的应用, 林业科学, 17(3):291—296。
- [6] S. N. Rai., 1979, Diameter/height, and diameter/girth relationship of some rain forest tree species of Karnlaka-India, Malaysia Forester, 42(1):53—58.
- [7] S. P. Singh., 1982, Provisional growth estimates of some species of mixed tropical forests, Indian Forester, 108(3):230—236.
- [8] Crow T. R., 1978, Common regression to estimate tree biomass in tropical stand, For. Sci., 21(1):110—114.

GROWING PROCESS OF THE MAJOR SPECIES OF TROPICAL FOREST AT JIANFENGLING, HAINAN ISLAND

Li Shanqi

(The Research Institute of Tropical Forestry C.A.F.)

Abstract

According to the mean annual increment in height and D. B. H. of 65 sample trees of different species, three growing types, i.e. fast-growing, medium and slow-growing, for the major species of tropical forest at Jianfengling area were classified. There are 83.1% of the total sample trees belonging to the medium-growing type and the growing process models in height, diameter and volume for the three types had been prepared separately. The volume increment in three types is still increasing and the age of quantitative maturity has not been found.

In order to shorten the selection felling cycle, technical maturity is need to be consideration. The regressive estimation shows that the increment of D. B. H., tree height and the individual tree volume would have reached 32 cm, 23m, 0.9m^3 respectively at the age of 40 in the fast-growing type, 140 in the medium and 180 in the slow-growing type, these ages might be considered as a cutting cycle of selection.

Kew words: growing type; increament; growth model.