

兴安落叶松天然林生物量及 生产力的研究*

刘志刚 马钦彦

(北京林业大学, 北京 100083)

潘向丽

(南宁郊区林业局, 南宁 530001)

摘要 依据生物量标准木 237 株、解析木 814 株以及 355 块标准地实测材料对内蒙古大兴安岭林区三个气候区兴安落叶松天然幼、中龄林的生物量和净初级生产力进行了分析比较。结果表明,兴安落叶松天然林的生物产量明显受热量带的影响。残差分析证实了 VAR 模型 $\ln W = \ln a + b \ln D + cD$ 或 $\ln W = \ln a + b \ln D^2H + CD^2H$ 在估测兴安落叶松天然林生物量方面的应用价值,该模型对相对生长率随 D 或 D^2H 呈线性变化的情况更为适合。本文还给出了各气候区适宜的林分密度和叶面积指数范围。

关键词 兴安落叶松; 生物量; 生产力

内蒙古大兴安岭林区是我国重要的木材生产基地之一。兴安落叶松 (*Larix gmelinii*) 是该区的主要用材树种。经过三十多年的开发利用,过熟林资源消耗量很大,面积日渐减少,而幼、中龄林的面积逐渐增加,是林区的希望所在。由于经营管理不够及时,又缺乏科学的经营措施,因而年平均生长量较低。加强这部分资源的经营,已成为林区急待解决的课题。对于该区兴安落叶松天然林生物量的研究,只有局部地区的报道^[1]。为了发挥兴安落叶松林的生产潜力,促进林分生长,本文就整个区域在分区的基础上分析和评价兴安落叶松天然幼、中龄林的生物量生产,为合理经营管理森林资源提供科学依据。

1. 研究地区概况

内蒙古大兴安岭林区位于东经 $119^{\circ}36'20''$ — $125^{\circ}19'10''$, 北纬 $47^{\circ}3'40''$ — $53^{\circ}20'$ 。海拔 300—1700m, 自北向南逐渐递升。气候为寒温带大陆性气候,冬季漫长而寒冷,夏季短促而温热多雨。年平均气温 -2 — -6°C , 极端最低气温 -50°C , 极端最高气温 39°C 。年降水量 350—500mm, 年蒸发量 900—1300mm。无霜期 76—120 天。主要土类为棕色针叶林土、暗棕壤、草甸土和沼泽土 4 类。大兴安岭林区属达乌尔植物区系,树种较少,乔木有 26 种,兴安落叶松是优势树种,其余为白桦 (*Betula platyphylla*)、樟子松 (*Pinus sylvestris* var. *mongolica*)、山杨 (*Populus davidiana*)、黑桦 (*Betula dahurica*) 和蒙古柞 (*Quercus mongolica*) 等。

依据气候等因子,研究地区被划分成 3 个区¹⁾: 东南部区、中部区和北部区(图 1)。

本文于 1992 年 11 月收到, 1993 年 5 月收到修改稿。

* 本文在北京林业大学关玉秀教授指导下完成, 谨致谢意。

1) 关玉秀等, 1988: 内蒙古大兴安岭林管局兴安落叶松天然林生产力分区, 北京林业大学。

2. 材料与方法

2.1 材料

本文研究范围是内蒙古大兴安岭林业管理局所辖地域内 17 个林业局兴安落叶松的天然幼、中龄林分。标准地调查资料引自“兴安落叶松幼、中龄林生长规律及经营措施研究”课题。其中生物量标准木 237 株，解析木 814 株，标准地 355 块。各林业局设置标准地的数量分别为：绰源 14 块，绰尔 42 块，阿尔山 12 块，吉文 5 块，莫尔道嘎 26 块，得耳布尔 10 块，根河 13 块，伊图里河 20 块，图里河 16 块，库都尔 20 块，乌尔旗汗 12 块，克一河 17 块，甘河 23 块，阿里河 9 块，金河 55 块，阿龙山 40 块，满归 21 块。

2.2 方法

标准地的选设标准是：兴安落叶松占 9 成以上，郁闭度 0.7 以上，近期未经人为干预的林木分布基本均匀的天然幼、中龄林分。

根据“兴安落叶松幼、中龄林生长规律及经营措施研究”，兴安落叶松天然林具有较强的异龄性，年龄分布呈山状，在林分平均年龄 ± 一个龄阶 (10 年) 范围内，集中的林木株数大约占 60—70%，林分平均木的年龄与林分平均年龄很接近，林分优势木与平均木年龄相差平均为 4 年左右，因此将林分平均木的年龄作为林分平均年龄，并把兴安落叶松天然林视为相对同龄林，按同龄林进行调查。

对每一标准地内的林木全部检尺，各径阶依株数比例选 2—5 株林木测高、枝下高和冠幅。

用等断面积径级法将全部林木分为 3 级，每级选标准木 1 株，另外加选平均木、优势木各 1 株。伐倒标准木，树干按 1m 长分段，称鲜重，于每一段的两端截取圆盘和树皮样品。树冠分为等长的 3 段，每段枝叶分别称鲜重并取样。在 105℃ 将样品烘干，计算干重率，推算各组分生物量干重。叶面积的计算是在各层中分别抽取 100 个叶片，把每个叶片近似看作矩形，量测其长度和中央宽度，按重量法推算各层的叶面积。

干、枝净初级生产力的推算方法请参阅文献[2]。

3. 相对生长关系的建立

在森林生物量估测中，相对生长方程 $Y = aX^b$ (Constant Allometric Ratio, 缩写为 CAR) 得到广泛的应用。笔者认为，在跨越林木不同的生长发育阶段建立统一的生物量估

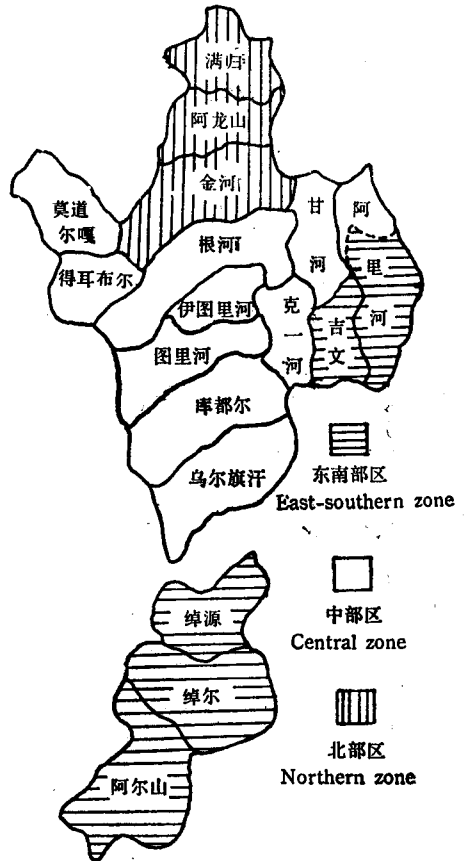


图 1 分区示意图

Fig. 1 A sketch map of the division zone

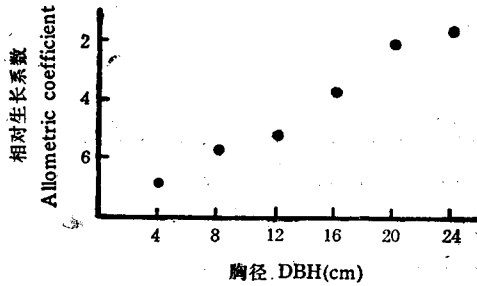


图2 中部区枝生物量相对生长系数随胸径的变动情况
 Fig. 2. Plot diagram of the allometric coefficient of the branch biomass as a function of DBH

测方程时, 不应忽视相对生长系数 b 是随林木大小而变动的 (图 2)。鉴于 b 随 X 大致呈线性变化, 得到下列关系:

$$\frac{dy}{Ydt} = (b + cX) \frac{dx}{Xdt}$$

式中 cX 通过线性调节 b 提供一个可变的相对增长率。

对上式积分有 $Y = aX^b e^{cX}$ 。在该式 (Variable Allometric Ratio, 缩写为 VAR) 中, 若 $c = 0$ 则成为 $\dot{Y} = aX^b$ 。

按气候区根据生物量标准木胸径 (D)、树高 (H) 和各组分生物量 (W) 实测值分别对 CAR 模型 ($\ln W = \ln a + b \ln D$ 和 $\ln W = \ln a + b \ln D^2H$) 及 VAR 模型 ($\ln W = \ln a + b \ln D + CD$ 和 $\ln W = \ln a + b \ln D^2H + CD^2H$) 进行了拟合, 各方程相关程度较高 (均在 0.9 以上), 经适合性 F 检验 ($\alpha = 0.05$) 全部被接受。限于篇幅, 生物量方程参数未在此文

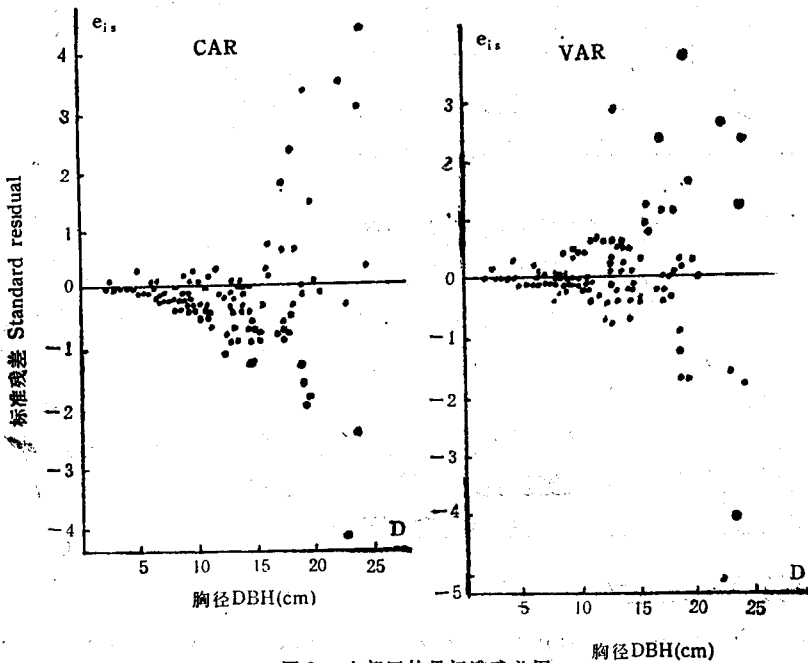


图3 中部区枝量标准残差图
 Fig. 3 Standard residual figure of branch biomass

中给出。

由于仅仅检查综合统计量不能发现数据式样中的差异,因此对 CAR、VAR 模型全部进行了残差分析,现仅以中部区枝量标准残差图(图 3)为例作一说明。图中横座标为胸径,纵座标为标准残差^[3]。从总体上看,CAR 模型的估计是有偏的,大部分散点都集中在零线以下,而 VAR 模型的残差分布式样有很大改进,估计基本上无偏。

4. 林分生物量

4.1 不同气候区生物量及分配的比较

依据各林型各组分平均生物量以各气候区各林型所占面积比例进行加权平均,将结果列于表 1。

表 1 不同气候区的生物量及其分配
Table 1 Aboveground biomass among different components of trees in different climatic zones

龄 组 Age group	气候区 Climate zone	林龄平均 Age mean	生物量/百分率 Biomass(t·ha ⁻¹)/Percentage (%)				
			地上部总量 Total aboveground	干 材 Bolewood	干 皮 Bolebark	树 枝 Branch	树 叶 Leaf
幼 Young age	东南部区 Southeastern zone	29	85.37 100	63.63 74.53	9.00 10.54	8.95 10.48	3.79 4.45
	中部区 Central zone	29	56.74 100	39.81 70.16	7.94 13.99	6.39 11.26	2.60 4.59
	北部区 Northern zone	34	41.81 100	29.14 69.70	5.94 14.20	4.38 10.48	2.35 5.62
中 Middle age	中部区 Central zone	54	72.34 100	52.17 72.12	9.42 13.02	7.85 10.85	2.90 4.01
	北部区 Northern zone	55	55.62 100	38.82 69.80	7.80 14.02	5.91 10.63	3.09 5.55

表 1 表明,东南部区以其优越的气候、土壤和立地条件保持着干材、干皮、枝、叶生物量上的优势,中部区其次,北部区最低。各组分生物量所占比例在东南部区有着较高的干材比例,中部区枝量所占比例较大,而北部区干皮、叶量比例占优势。

4.2 地上部生物量与密度的关系

根据各气候区兴安落叶松天然林年龄、立地分布特点,分区选择收集林龄、立地条件相近,基本上能代表和反映各区森林特点的部分标准地材料,用以探讨林分生物量随密度变化的规律。下面的分析是依据图 4—6 进行的。

东南部区: 对于 $H_T = 12.0$ 及 $H_T = 14.0$ 两组,样本的最低密度大致始于 3000 株/ha,随着林分密度(ρ)的增加,地上部总量($W_{\text{总}}$)保持着稳定的总趋势(图 4)。 $H_T = 16.0$ 组,密度低于 3000 株/ha 时, $W_{\text{总}}$ 随 ρ 而增大,超过 3000 株/ha 后, $W_{\text{总}}$ 趋于平稳。 $H_T = 18.0$ 组,在 2200 株/ha 至 3700 株/ha 的范围内, $W_{\text{总}}$ 迅速增加,超过 3700 株/ha 后, $W_{\text{总}}$ 不再增加。从现有资料来看,东南部区 25—35 年生的兴安落叶松天然幼龄林大致保持 3000—3700 株/ha 的林分密度即可获得较高的地上部生物量。

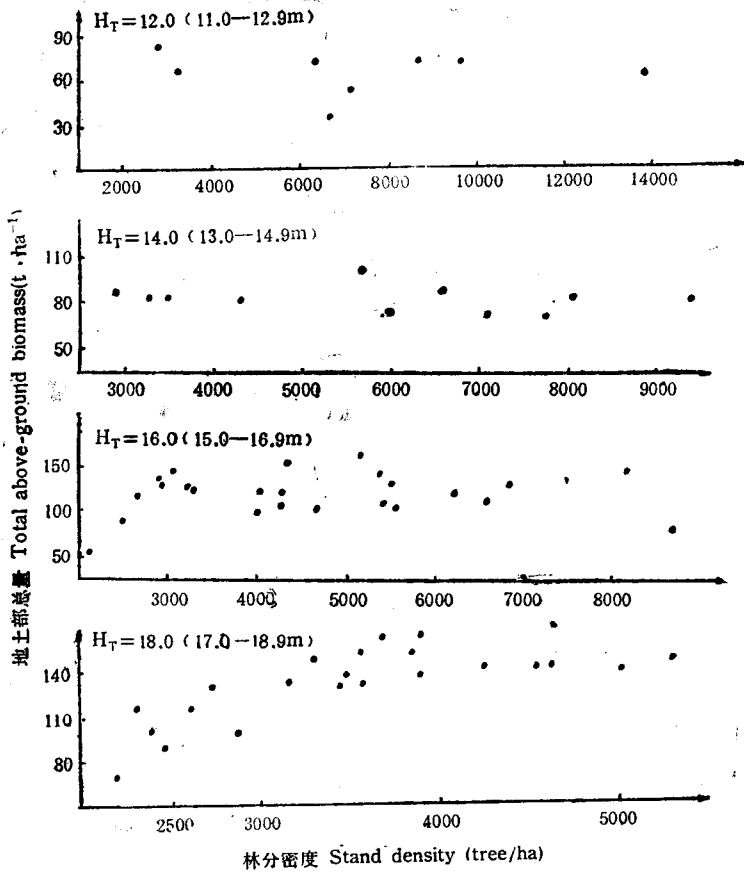


图4 东南部区25—35年生林分地上部生物量与密度的关系
 Fig. 4 Relationship between aboveground biomass and density of stands of 25—35 years old in the Southeastern Zone

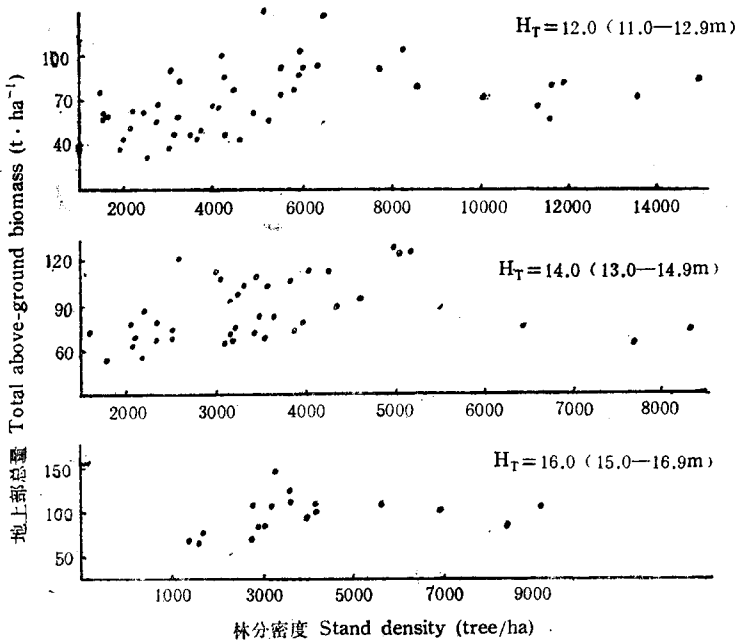


图5 中部区25—35年生林分地上部生物量与密度的关系
 Fig. 5 Relationship between aboveground biomass and density of stands of 25—35 years old in the Central Zone

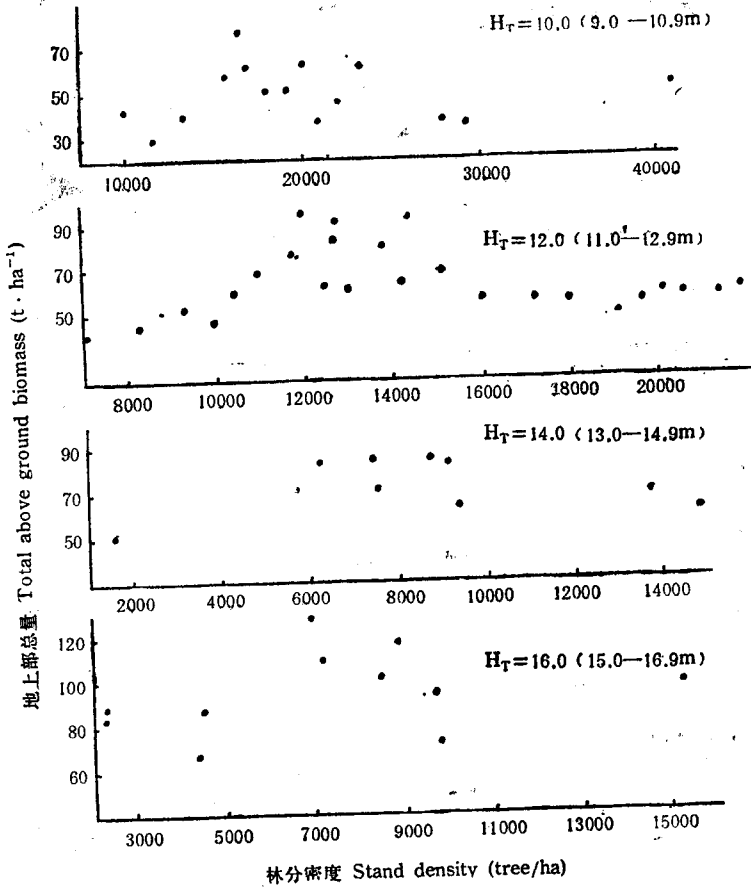


图 6 北部区 50—60 年生林分地上部生物量与密度的关系
Fig. 6 Relationship between aboveground biomass and density of stands of 50—60 years old in the Northern Zone

中部区: 图 5 反映出 $W_{\text{总}}$ 随 ρ 变化的过程中出现一个峰值, 对于 $H_T = 12.0$ 组, 在 6000 株/ha 左右, $H_T = 14.0$ 组, 大约在 5000 株/ha, 而对于 $H_T = 16.0$ 组, 则移到 3300 株/ha 附近。根据上面的分析可以认为, 在中部区中等的立地条件下, 兴安落叶松天然幼龄林 (25—35 年生) 适宜的密度大约在 5000—6000 株/ha 之间, 立地质量较高的地段可降至 3000—4000 株/ha 左右。

北部区: 由图 6 可知, 北部区的情况与中部区相似。不同的立地条件, $W_{\text{总}}$ 达最大值所对应的林分密度范围分别为: $H_T = 10.0$ 组, 约为 15000—20000 株/ha, $H_T = 12.0$ 组, 大致在 11000—15000 株/ha 之间, 对于 $H_T = 14.0$ 及 $H_T = 16.0$ 两组, 则落在 6000—9000 株/ha 范围内。这表明北部区兴安落叶松天然中龄林 (50—60 年生) 的适宜密度, 在中等立地条件下, 应在 15000 株/ha 左右, 若立地条件较好, 可降至 6000—9000 株/ha 的范围内。

5. 林分生产力

5.1 不同气候区净初级生产力的比较(表 2)

表 2 表明, 兴安落叶松天然林的净初级生产力明显受热量带的影响, 温暖指数愈大,

表2 不同气候区林分净初级生产力和叶的生产效率
Table 2 Net primary productivity (NPP) and leaf production efficiency of stands grown in different zones

气候区 Climate zone	龄组 ¹⁾ Age group	净初级生产力 Net primary productivity ($t \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$)					叶生产效率 Leaf production efficiency ($kg \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$)		叶面积指数 LAI
		地上部总量 Total above ground	干材 Bolewood	干皮 Bolebark	树枝 Branch	树叶 Leaf	树干 Bole	地上部总量 Total above ground	
东南部区 Southeastern zone	幼 Young age	9.86	4.86	0.58	0.63	3.79	0.0906	0.1643	6.00
中部区 Central zone	幼 Young age	7.29	3.57	0.61	0.51	2.60	0.0869	0.1515	4.81
	中 Middle age	6.26	2.59	0.40	0.37	2.90	0.0710	0.1486	4.21
北部区 Northern zone	幼 Young age	5.29	2.26	0.38	0.30	2.35	0.0665	0.1332	3.97
	中 Middle age	5.02	1.48	0.25	0.20	3.09	0.0349	0.1012	4.96

1) 平均林龄见表1 Mean ages can be seen in table 1

净初级生产力愈高。幼龄组东南部区地上部净初级生产力平均为 $9.86 t \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$ ，中部区 $7.29 t \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$ ，北部区 $5.29 t \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$ ，差异显著。中龄组中部区平均为 $6.26 t \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$ ，北部区 $5.02 t \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$ ，差异也很明显。叶的生产效率是东南部区 > 中部区 > 北部区。

5.2 净初级生产力、叶面积指数与密度的关系

同一气候区，年龄、立地质量相近的林分，林分地上部净初级生产力(NPP)、叶面积指数(LAI)与密度的关系见图7。

东南部区(25—35年组)：NPP随 ρ 而增加，当 ρ 超过3000株/ha以后，NPP便趋于稳定。LAI随 ρ 的变化趋势也大致如此，即当 ρ 达3000株/ha、LAI维持9左右即可获得较高的NPP。

中部区(25—35年组)：当 ρ 低于6000株/ha时，NPP、LAI都随 ρ 的增大而增加，当 ρ 超过6000株/ha以后，LAI基本上保持稳定，而NPP呈下降趋势。因此，在中等的立地条件下， ρ 大致保持6000株/ha、LAI维持8左右其NPP较高。

北部区(50—60年组)：大约在12000—14000株/ha的密度区域有着较高的LAI和NPP，低于或高于这个范围，LAI和NPP都较低。这说明在中等立地条件下大致保持12000—14000株/ha的密度、LAI在7左右比较适宜。

6. 结论

a. 对VAR模型($\ln W = \ln a + b \ln D + cD$ 或 $\ln W = \ln a + b \ln D^2H + cD^2H$)在估测兴安落叶松天然林生物量方面的应用价值进行了探讨。残差分析表明，VAR模型一般比CAR模型($\ln W = \ln a + b \ln D$ 或 $\ln W = \ln a + b \ln D^2H$)优越，对干皮尤其是对枝、叶

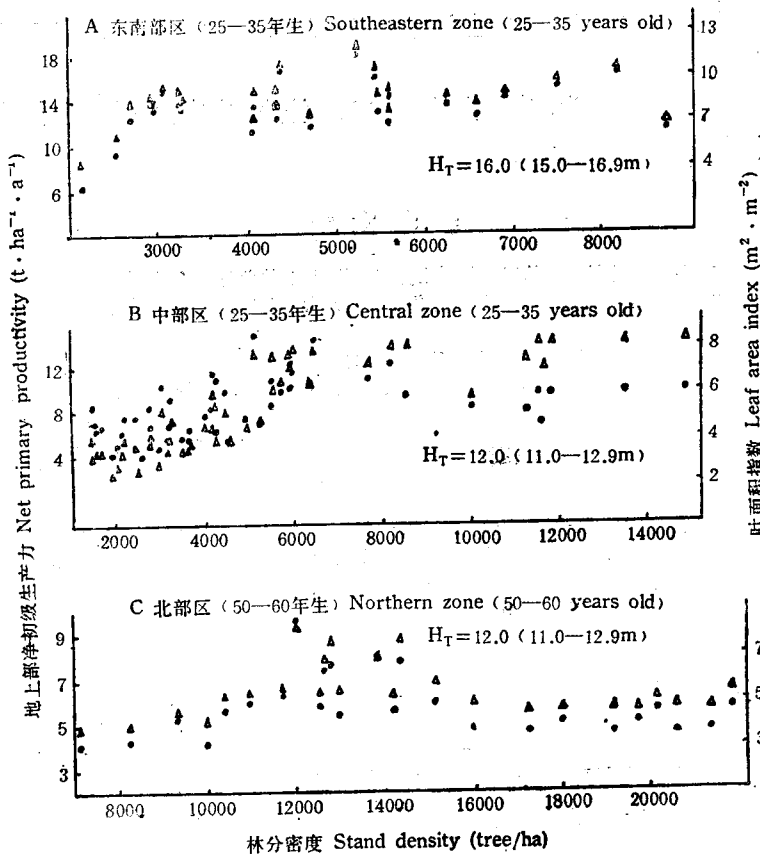


图7 不同气候区林分地上部净初级生产力、叶面积指数与密度的关系

Fig. 7 Relationships between net primary productivity, leaf area index (LAI) and density of stands grown in different zones

• 地上部净初级生产力 Net primary productivity △ 叶面积指数 Leaf area index

生物量及叶面积能不同程度地改进其估计的无偏性。VAR 模型对于相对增长率随 D 或 D²H 呈线性变化(增加或减少)的情况更为适合。

b. 内蒙古大兴安岭林区兴安落叶松天然林地上部生物量(t·ha⁻¹): 幼龄组东南部区 85.37, 中部区 56.74, 北部区 41.81, 平均 61.31; 中龄组中部区 72.34, 北部区 55.62, 平均 63.98。

c. 在地上部生物量中, 干材、干皮、枝、叶生物量所占比例(气候区平均)分别为: 幼龄组 71.46%、12.91%、10.74%、4.89%; 中龄组 70.96%、13.52%、10.74%、4.78%。

d. 兴安落叶松天然林的净初级生产力明显受热量带的影响。林分地上部净初级生产力(t·ha⁻¹·a⁻¹)分别为幼龄组东南部区 9.86, 中部区 7.29, 北部区 5.29, 平均 7.48; 中龄组中部区 6.26, 北部区 5.02, 平均 5.64。

e. 在中部区和北部区, 对于林龄、立地相近的兴安落叶松天然林, 过高的立木密度会降低其林分生物量和净初级生产力。各气候区适宜的林分密度和叶面积指数的参考范围如下。

I. 东南部区, 25—35年生, 中等立地, ρ 3000—3700 株/ha, LAI 9 左右。

II. 中部区, 25—35年生, 中等立地, ρ 5000—6000 株/ha, LAI 8 左右。较优立地, ρ 3000—4000 株/ha。

III. 北部区, 50—60年生, 中等立地, ρ 15000 株/ha 左右, LAI 7 左右。较优立地, ρ 6000—9000 株/ha。

参 考 文 献

- [1] 冯林等, 1985: 兴安落叶松原始林三种林型生物产量的研究, 林业科学, 21(1)86—91。
- [2] 刘志刚、马钦彦, 1992: 华北落叶松人工林生物量及生产力的研究, 北京林业大学学报, 14(增刊1): 114—123。
- [3] 盛承懋等编译, 1989: 应用回归分析, 上海科学技术文献出版社。
- [4] Kittredge. J., 1944: Estimation of amount of foliage of tree and shrubs. J. Forest, 42(11)905—912.
- [5] Ruark, G. A., G. L. Martin, and J. G. Bockheim., 1987: Comparison of Constant and Variable allometric ratios for estimating populus tremuloides biomass. Forest Science, 33(2)294—300.
- [6] Ruark, G. A., 1988: Estimating Crown biomass of shade tolerant and intolerant tree species with a variable allometric ratio. Forest Growth Modelling and Prediction, 2: 1045—1052.

A STUDY ON THE BIOMASS AND PRODUCTIVITY OF THE NATURAL *LARIX GMELINII* FORESTS

Liu Zhi-gang Ma Qin-yan

(Beijing Forestry University)

Pan Xiang-li

(Suburbs Forestry Bureau, Nanning)

Abstract

The distribution area of *Larix gmelinii* in the Da Xingan Mountain, Inner Mongolia, was divided into three zones. They are Southeastern Zone, Central Zone and Northern Zone, respectively. The biomass and net primary productivity of the natural young- and middle-aged stands of *Larix gmelinii* in the three zones were studied, based on the analysis of biomass from 237 sample trees, allometric dimension analysis of 814 trees, and field investigations conducted in 355 plots.

An allometric model, $\ln W = \ln a + b \ln D + cD$ or $\ln W = \ln a + b \ln D^2 H + cD^2 H$, which incorporates a variable allometric ratio (VAR), was used to fit to the biomass data of the bolewood, bole bark, live branch and leaf components of *Larix gmelinii*. Residual analysis showed that the VAR model significantly improved the estimation of live branch, leaf and bole bark biomass, and it provided less biased estimates compared with the CAR model, $\ln W = \ln a + b \ln D$ or $\ln W = \ln a + b \ln D^2 H$. The VAR model is superior to the CAR model, particularly when the allometric relationships change in a linear fashion with increasing stem sizes.

The aboveground biomass and net primary productivity of the stands were respectively $85.37 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ and $9.86 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ for young-aged group at the Southeastern Zone, $56.74 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ and $7.29 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ for young-aged group, $72.34 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ and $6.26 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ for middle-aged group at the Central Zone, and $41.81 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ and $5.29 \text{ t} \cdot \text{ha} \cdot \text{a}^{-1}$ for young-aged group, $55.62 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ and $5.02 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ for middle-aged group at the Northern Zone. These data showed that the biomass and net primary productivity of the stands tended to decrease from the Southeastern Zone to the Northern Zone, or Southeastern Zone > Central Zone > Northern Zone.

The reference ranges of the suitable density and leaf area index for stands of different zones were also given in this paper.

Key words *Larix gmelinii*, Biomass, Allometric analysis, Primary productivity.