

## 不同结构落叶松天然林生物量及生产力特征

玉 宝<sup>1</sup>, 张秋良<sup>2</sup>, 王立明<sup>3</sup>, 乌吉斯古楞<sup>4</sup>

(1. 国家林业局 管理干部学院, 北京 102600; 2. 内蒙古农业大学 林学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 3. 中国人民武装警察部队 警种指挥学院, 北京 102202; 4. 北京林业大学 林学院, 北京 100083)

**摘要:** 分析了不同结构落叶松 *Larix gmelinii* 天然中龄林的生物量和生产力特征, 建立了单株总生物量和干、枝、叶生物量模型。结果表明: ①草类 + 落叶松林和杜香 *Ledum palustre* + 落叶松林生产力、总生物量及其枝和叶生物量比例均为前者高。总生物量中树干生物量比例为后者高。密度为 1 000 ~ 3 000 株·hm<sup>-2</sup>, 草类 + 落叶松林和杜香 + 落叶松林生物量及生产力最高分别达 55.82 t·hm<sup>-2</sup>, 0.99 t·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup> 和 50.36 t·hm<sup>-2</sup>, 0.83 t·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>。干、枝、叶生物量比例最低分别为 79.6%, 14.6%, 4.8% 和 83.4%, 8.8%, 3.6%。②随密度增加, 草类 + 落叶松林生产力、总生物量及其枝、叶生物量比例均增加, 而干生物量比例减小。③随树种组成中落叶松成数的增加, 林分生产力、总生物量及其干生物量比例呈增加趋势, 而枝、叶生物量比例减小。表 5 参 19

**关键词:** 森林生态学; 落叶松; 生物量; 生物量模型; 生产力; 林分结构; 大兴安岭

中图分类号: S718.5 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2011)01-0052-07

## Characteristics of biomass and productivity in *Larix gmelinii* natural forests with different stand structures

YU Bao<sup>1</sup>, ZHANG Qiu-liang<sup>2</sup>, WANG Li-ming<sup>3</sup>, WU Jisiguleng<sup>4</sup>

(1. State Academy of Forestry Administration, Beijing 102600, China; 2. College of Forestry, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, Inner Mongolia, China; 3. Command College, Armed Police Forces Kinds of China, Beijing 102202, China; 4. College of Forestry, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** This study analyzed characteristics of biomass and productivity in *Larix gmelinii* natural forests with different stand structures, and established models for the total biomass and the biomass of trunks, branches and leaves. Results show that: i) As to the productivity, total biomass and biomass proportion of branches and leaves, the grasses + larch forest is higher than the *Ledum palustre* + larch forest, while for the ratio of the biomass of trunks in the total biomass, the latter is higher than the former. With a density of 1 000 – 3 000 plants·hm<sup>-2</sup>, the highest biomass and productivity of grasses-larch forest and *Ledum palustre* + larch forest are respectively 55.82 t·hm<sup>-2</sup>, 0.99 t·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup> and 50.36 t·hm<sup>-2</sup>, 0.83 t·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>. The lowest biomass proportion of trunks, branches and leaves in the grasses + larch forest is respectively 79.6%, 14.6%, and 4.8%; and 83.4%, 8.8%, and 3.6% in the *Ledum palustre* + larch forest. ii) Along with the increase of density, the productivity, total biomass of the grasses + larch forest as well as its biomass proportion of branches and leaves increase, whereas the biomass of branches decreases. iii) As the quota of larch forest increases in the species composition, the productivity, total biomass and the biomass proportion of trunks of forest stand are tending to increase, whereas the biomass proportion of branches and leaves decreases. [Ch, 5 tab. 19 ref.]

**Key words:** forest ecology; *Larix gmelinii*; biomass; biomass model; productivity; stand structure; Daxingan mounfains

收稿日期: 2010-03-16; 修回日期: 2010-05-21

基金项目: “十一五”国家林业科技支撑计划项目(2008BADB0B0302)

作者简介: 玉宝, 博士, 从事生态学理论与生态控制技术研究。E-mail: nmlyb8@sina.com。通信作者: 张秋良, 教授, 博士, 博士生导师, 从事森林经理学和森林生态学研究。E-mail: zqlemail@vip.sina.com

在全球气候变化背景下，对森林生物生产力和其分布格局变化趋势<sup>[1-2]</sup>以及对气候变化的响应机制的研究<sup>[3-5]</sup>是实现森林资源的快速监测，了解气候变化对森林生态系统影响关系的一个窗口，也是指导未来气候变化背景下森林资源的定量预测和合理开发利用的理论依据。森林生物量生产力研究有观测研究<sup>[6-8]</sup>和模拟研究<sup>[9-12]</sup>2 种形式。目前，国内外研究以生物量及分配规律<sup>[13]</sup>、全球气候变化下生产力动态和分布格局研究居多，而对林分结构和生物量生产力关系研究<sup>[14]</sup>较少。本研究选择大兴安岭森林常见的草类 + 落叶松 *Larix gmelinii* 林和杜香 *Ledum palustre* + 落叶松林 2 种林型，分析不同结构落叶松天然中龄林(41 ~ 80 a)生物量和生产力特征，提出其影响因子，为天然林经营、演替动态以及森林碳循环的进一步研究提供理论依据。

## 1 研究区概况

研究地点选择在内蒙古大兴安岭落叶松林生态系统定位研究站，50°49' ~ 50°51'N，121°30' ~ 121°31'E。海拔为 800 ~ 1 100 m，为中山山地。属寒温带湿润气候区，年平均气温为 -5.4 °C，最低气温为 -50.0 °C，>10 °C 积温为 1 403 °C；年降水量为 450 ~ 550 mm，60% 降水集中在 7 - 8 月，无霜期 80 d。境内连续多年冻土和岛状多年冻土交错分布。林下土壤为棕色针叶林土，土层厚度为 20 ~ 40 cm，基岩以花岗岩与玄武岩为主。森林以落叶松为建群种的寒温带针叶林。主要林型有草类 + 落叶松林、杜香 + 落叶松林和杜鹃 *Rhododendron dahuricum* + 落叶松林。

## 2 调查研究方法

### 2.1 样地调查

选择代表性的草类 + 落叶松林(林型 1)和杜香 + 落叶松林(林型 2)，共设置 14 块样地(表 1)。其设置方法参考文献[15]。在样地内每木调查，量测树高、胸径、冠幅和枝下高，调查记载样地立地因子等。每块样地选 3 株分级木(优势木、平均木和被压木各 1 株)，样地 2，样地 13 和样地 14 仅选 1 株。共 36 株(落叶松)，进行树干解析。

表 1 14 块样地基本情况

Table 1 Basic information of the 14 plots investigated

| 样地号 | 林龄/a | 平均胸径/cm | 平均高/m | 密度/(株·hm <sup>-2</sup> ) | 树种组成    | 林型 | 坡度/(°) | 坡向 | 坡位 |
|-----|------|---------|-------|--------------------------|---------|----|--------|----|----|
| 1   | 65   | 7.8     | 8.2   | 2 792                    | 8 落 2 阔 | 1  | 10     | S  | 下  |
| 2   | 61   | 9.6     | 14.4  | 315                      | 7 落 3 阔 | 1  | 22     | S  | 中  |
| 3   | 56   | 9.4     | 12.5  | 1 533                    | 9 落 1 阔 | 1  | 20     | S  | 中  |
| 4   | 58   | 9.2     | 9.3   | 1 062                    | 8 落 2 阔 | 1  | 25     | S  | 中  |
| 5   | 58   | 8.9     | 15.9  | 865                      | 10 落    | 2  | 25     | N  | 中  |
| 6   | 63   | 8.1     | 8.7   | 1 494                    | 8 落 2 阔 | 2  | 30     | N  | 上  |
| 7   | 56   | 9.0     | 10.8  | 1 533                    | 6 落 4 阔 | 2  | 30     | N  | 中  |
| 8   | 62   | 9.8     | 12.9  | 1 691                    | 9 落 1 阔 | 2  | 30     | N  | 中  |
| 9   | 58   | 10.4    | 10.0  | 1 101                    | 7 落 3 阔 | 2  | 25     | NW | 下  |
| 10  | 60   | 11.8    | 9.2   | 2 241                    | 10 落    | 2  | 15     | NW | 下  |
| 11  | 61   | 9.7     | 12.8  | 2 045                    | 9 落 1 阔 | 1  | 45     | S  | 上  |
| 12  | 54   | 9.3     | 7.4   | 1 966                    | 6 落 4 阔 | 2  | 15     | SW | 下  |
| 13  | 48   | 8.7     | 10.1  | 2 359                    | 8 落 2 阔 | 1  | 60     | E  | 下  |
| 14  | 42   | 10.1    | 10.0  | 1 573                    | 6 落 4 阔 | 1  | 5      | SW | 下  |

说明：林型中 1 指草类 + 落叶松林型；2 指杜香 + 落叶松林型。树种组成中阔指白桦 *Betula platyphylla*，落指落叶松。

### 2.2 分级木选择

根据每木检尺数据，用公式  $D_r = r\bar{R}$  ( $D_r$  为林木相对直径， $r$  为林木胸径， $\bar{R}$  为林分平均胸径)，求

出  $D_r$  值·株<sup>-1</sup>，将它们划分为 I ~ V 级<sup>[16]</sup>。将 I 和 II 级木划入优势木，III 级木划入平均木，IV 和 V 级木划入被压木。分级标准：(1) 优势木指生长良好，无病虫害，树冠最大且占据林冠上层，在样地内同龄级林木中，胸径和树高最大， $D_r \geq 1.02$ ；(2) 平均木指生长尚好，无病虫害，树冠较窄，胸径和树高较优势木差，位于林冠中层，树干圆满度较优势木大，在样地内同龄级林木中，胸径和树高与林分平均胸径和平均高最接近， $0.70 \leq D_r < 1.02$ ；(3) 被压木指生长不良，无病虫害，树高和胸径生长均落后，树冠受挤压严重，处于明显被压状态， $0.35 \leq D_r < 0.70$ 。

### 2.3 生物量测定

2.3.1 单株生物量测定 ①树干生物量：将解析木按 1 m 分段，现场测定其鲜质量，并截取圆盘，在实验室测定干质量，计算不同区分段含水率，推算解析木树干(带皮)生物量。②枝、叶生物量：测定树冠所有枝基径和枝长，并将树冠分上中下 3 层，各层 4 个方向各截取 2 个标准枝，剥取其上全部叶片，将枝和叶分别带回实验室，测定干质量。利用标准枝基径和枝长，建立枝、叶生物量模型，再推算全部枝、叶生物量。③单株地上生物量：为单株树干(带皮)、枝、叶生物量之和。林分中阔叶树为白桦 *Betula platphylla*，其单株树干( $W_D$ )，枝( $W_l$ )，叶( $W_{si}$ )生物量的计算公式<sup>[17]</sup>为： $W_D = 0.0285(D^2H)^{0.8927}$ ； $W_l = 0.0028(D^2H)^{1.0257}$ ； $W_{si} = 0.0155(D^2H)^{0.6127}$ 。其中： $D$  为胸径(cm)， $H$  为树高(m)， $d$  为枝径(cm)， $l$  为枝长(m)。  $W_D$ ， $W_l$ ， $W_{si}$  指干质量(t)。

2.3.2 林分生物量测定 利用解析木胸径和树高建立单株各器官生物量模型。根据模型和每木检尺数据，求算林分乔木(落叶松和白桦)地上、干、枝和叶生物量。文中总生物量指乔木地上部分总生物量。

### 2.4 统计分析

数据统计分析采用 SPSS 13.0 软件。为充分考虑林分密度对生物量的影响，将 2 种林型密度划分为  $< 1\ 000$  株·hm<sup>-2</sup>， $1\ 000 \sim 2\ 000$  株·hm<sup>-2</sup> 和  $2\ 000 \sim 3\ 000$  株·hm<sup>-2</sup> 等 3 个密度水平进行讨论。

## 3 结果与分析

### 3.1 生物量模型

根据解析木数据(表 2)，建立了落叶松单株总生物量( $W_m$ )，带皮树干( $W_D$ )，枝( $W_l$ )，叶( $W_{si}$ )生物量测定模型(表 3)。各项模型相关系数达 0.637 ~ 0.968，经检验均在 0.01 水平上显著，模型有效。从模型拟合效果看，单株及干生物量模型以幂函数模型为佳。枝生物量模型以枝径和枝长拟合的幂函数模型为最佳，叶生物量模型以线性模型的效果最佳。但从实用性角度看，枝、叶生物量模型以线性模型较好。

### 3.2 林型影响

2 种林型平均生产力、总生物量及其枝和叶生物量比例均草类 + 落叶松林型的高。但总生物量中树干生物量比例为杜香 + 落叶松林型的高(表 4)。这可能与坡向有关，草类 + 落叶松林型的样地多数分布于阳坡，杜香 + 落叶松林型样地多数分布于阴坡(表 1)。密度小于  $1\ 000$  株·hm<sup>-2</sup> 时，由于 2 个样地密度相差较大(分别为  $315$  株·hm<sup>-2</sup> 和  $865$  株·hm<sup>-2</sup>)，导致草类 + 落叶松林型总生物量和生产力低于杜香 + 落叶松林型(表 4)。密度在  $1\ 000 \sim 3\ 000$  株·hm<sup>-2</sup> 范围内，草类 + 落叶松林型和杜香 + 落叶松林型生物量及生产力最高分别达  $55.82$  t·hm<sup>-2</sup>， $0.99$  t·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup> 和  $50.36$  t·hm<sup>-2</sup>， $0.83$  t·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>；其干、枝和叶生物量比例最低分别为 79.6%，14.6%，4.8% 和 83.4%，8.8%，3.6%。

### 3.3 林分密度影响

随着密度增加，草类 + 落叶松林型总生物量、生产力明显增加，干生物量比例趋于减小，枝、叶生物量总体比例有所增加(表 4)。由于林分密度增加，将抑制林木直径生长，总生物量中的树干生物量比例也自然减小。杜香 + 落叶松林型的生物量及生产力随密度的变化，无明显规律(表 4)。这可能与林龄有关，落叶松天然林更新较好，年龄结构复杂。同一林分当中，往往存在多代林木，尽管年龄相差一个龄级内(20 a)可视为同龄林，但林龄对生物量生产力影响是可以肯定的，这一方面还需深入研究。

### 3.4 树种组成影响

在同密度水平下，随着树种组成中落叶松成数的增加，生产力、总生物量及其树干生物量比例呈增加趋势，而枝、叶生物量比例减小。如样地 3 和样地 4，林分年龄和立地条件相近，林型相同，尽管林分密度不同，但随着树种组成中落叶松成数增加，生物量及生产力增加(表 1 和表 5)。再如样地 6 和样

表 2 解析木生物量实测值

Table 2 Biomass measured values of analytic trees

| 样木号 | 胸径/cm | 树高/m | 生物量/t   |         |         | 样木号  | 胸径/cm | 树高/m | 生物量/t   |         |         |
|-----|-------|------|---------|---------|---------|------|-------|------|---------|---------|---------|
|     |       |      | 干       | 枝       | 叶       |      |       |      | 干       | 枝       | 叶       |
| 1-优 | 8.3   | 10.1 | 0.012 0 | 0.002 3 | 0.000 9 | 7-被  | 3.8   | 5.9  | 0.001 4 | 0.000 7 | 0.000 5 |
| 1-平 | 6.7   | 9.6  | 0.005 3 | 0.001 0 | 0.000 6 | 8-优  | 10.2  | 14.5 | 0.028 1 | 0.003 0 | 0.001 3 |
| 1-被 | 4.2   | 5.5  | 0.001 4 | 0.000 4 | 0.000 3 | 8-平  | 9.0   | 11.2 | 0.020 9 | 0.003 3 | 0.000 9 |
| 2-平 | 9.0   | 8.4  | 0.013 3 | 0.007 7 | 0.002 0 | 8-被  | 3.4   | 5.0  | 0.000 3 | 0.000 4 | 0.000 3 |
| 3-优 | 8.6   | 11.9 | 0.015 6 | 0.001 7 | 0.000 9 | 9-优  | 15.0  | 13.8 | 0.055 5 | 0.008 5 | 0.002 7 |
| 3-平 | 8.1   | 8.1  | 0.009 3 | 0.005 2 | 0.002 1 | 9-平  | 7.9   | 10.5 | 0.014 7 | 0.002 1 | 0.000 9 |
| 3-被 | 4.5   | 5.1  | 0.001 4 | 0.000 7 | 0.000 4 | 9-被  | 4.3   | 8.0  | 0.003 0 | 0.000 5 | 0.000 3 |
| 4-优 | 9.6   | 8.4  | 0.013 0 | 0.012 1 | 0.002 8 | 10-优 | 10.8  | 12.0 | 0.028 3 | 0.002 5 | 0.001 0 |
| 4-平 | 6.8   | 6.8  | 0.004 6 | 0.001 7 | 0.000 8 | 10-平 | 8.4   | 12.2 | 0.021 0 | 0.002 0 | 0.000 8 |
| 4-被 | 4.8   | 5.9  | 0.001 7 | 0.001 2 | 0.000 6 | 10-被 | 4.5   | 6.9  | 0.004 2 | 0.000 3 | 0.000 1 |
| 5-优 | 8.3   | 8.9  | 0.011 1 | 0.005 5 | 0.002 2 | 11-优 | 14.3  | 14.9 | 0.049 0 | 0.007 8 | 0.001 9 |
| 5-平 | 7.8   | 10   | 0.013 4 | 0.002 2 | 0.001 0 | 11-平 | 9.8   | 10.6 | 0.049 7 | 0.006 8 | 0.001 5 |
| 5-被 | 4.5   | 6.2  | 0.001 4 | 0.000 9 | 0.000 5 | 11-被 | 6.1   | 7.0  | 0.008 0 | 0.002 3 | 0.000 6 |
| 6-优 | 9.4   | 10.5 | 0.018 5 | 0.003 8 | 0.001 6 | 12-优 | 11.9  | 14.2 | 0.042 2 | 0.005 9 | 0.001 4 |
| 6-平 | 6.6   | 9.0  | 0.007 3 | 0.001 8 | 0.000 9 | 12-平 | 8.9   | 10.5 | 0.016 0 | 0.000 7 | 0.000 3 |
| 6-被 | 3.9   | 5.0  | 0.001 9 | 0.000 5 | 0.000 3 | 12-被 | 5.2   | 7.5  | 0.004 5 | 0.001 8 | 0.000 7 |
| 7-优 | 9.9   | 11.3 | 0.020 6 | 0.003 0 | 0.001 3 | 13-优 | 10.6  | 11.4 | 0.028 1 | 0.010 1 | 0.002 2 |
| 7-平 | 8.5   | 11.4 | 0.015 5 | 0.002 9 | 0.001 1 | 14-优 | 11.2  | 13.4 | 0.037 0 | 0.005 3 | 0.001 8 |

说明：样木号栏中数字表示样地编号，优指优势木，平指平均木，被指被压木。

表 3 单株及其各器官生物量模型

Table 3 Plant and different organs biomass models

| 项目 | 生物量模型   | R <sup>2</sup> | F 值       | 显著水平         |
|----|---|----------------|-----------|--------------|
| 单株 | 1. $W_{cm} = 3.662\ 4E - 05(D^2H)^{0.948\ 1}$   | 0.968          | 1 758.652 | 1.277E - 45  |
|    | 2. $W_{cm} = 0.018\ 1D - 0.007\ 7H - 0.050\ 9$  | 0.799          | 115.699   | 5.702E - 21  |
| 干  | 1. $W_D = 1.363\ 1E - 05(D^2H)^{1.054\ 5}$      | 0.953          | 1 188.629 | 8.520E - 41  |
|    | 2. $W_D = 0.015\ 3D - 0.006\ 2H - 0.046\ 9$     | 0.788          | 107.806   | 2.901E - 20  |
| 枝  | 1. $W_1 = 3.042\ 9E - 05(d^2l)^{1.010\ 6}$      | 0.918          | 4 198.398 | 1.912E - 206 |
|    | 2. $W_1 = 1.636\ 7E - 05(D^2H)^{0.781\ 7}$      | 0.722          | 153.470   | 4.650E - 18  |
|    | 3. $W_1 = 0.002\ 6D - 0.001\ 4H - 0.003\ 9$     | 0.804          | 119.099   | 2.908E - 21  |
| 叶  | 1. $W_{si} = 1.654\ 1E - 05(d^2l)^{0.634\ 3}$   | 0.754          | 1 152.453 | 1.071E - 116 |
|    | 2. $W_{si} = 2.619\ 5E - 05(D^2H)^{0.554\ 0}$   | 0.637          | 103.599   | 1.320E - 14  |
|    | 3. $W_{si} = 0.000\ 3D - 0.000\ 1H - 0.000\ 02$ | 0.823          | 135.182   | 1.463E - 22  |

地 8，林分年龄和密度相近，林型相同，尽管立地条件不同，但随着树种组成中落叶松成数增加，生物量及生产力也增加(表 1 和表 5)。

#### 4 结论与讨论

建立了测定单株地上总生物量，干、枝和叶生物量的幂函数和线性 2 种模型。从模型拟合效果及实

表4 不同林型平均生物量和生产力

Table 4 Average biomass and productivity of different forest types

| 林型       | 密度水平/(株·hm <sup>-2</sup> ) | 林龄/a    | 总生物量/(t·hm <sup>-2</sup> ) | 生物量比例/% |      |     | 生产力/(t·hm <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> ) |
|----------|----------------------------|---------|----------------------------|---------|------|-----|--|
|          |                            |         |                            | 干       | 枝    | 叶   |  |
| 草类 + 落叶松 | <1 000                     | 61      | 14.80                      | 81.3    | 14.8 | 3.9 | 0.24                                       |
|          | 1 000 ~ 2 000              | 42 ~ 58 | 37.12                      | 79.9    | 14.6 | 5.5 | 0.73                                       |
|          | 2 000 ~ 3 000              | 48 ~ 65 | 55.82                      | 79.6    | 15.6 | 4.8 | 0.99                                       |
| 杜香 + 落叶松 | <1 000                     | 58      | 43.10                      | 93.6    | 4.4  | 2.0 | 0.75                                       |
|          | 1 000 ~ 2 000              | 54 ~ 63 | 32.51                      | 83.4    | 12.1 | 4.5 | 0.55                                       |
|          | 2 000 ~ 3 000              | 60      | 50.36                      | 87.6    | 8.8  | 3.6 | 0.83                                       |

表5 不同树种组成林分平均生物量和生产力

Table 5 Average biomass and productivity of different tree species compositions

| 林型 | 密度水平/<br>(株·hm <sup>-2</sup> ) | 林分密度/<br>(株·hm <sup>-2</sup> ) | 林龄/a          | 树种组成    | 总生物量/<br>(t·hm <sup>-2</sup> ) | 生物量比例/% |      |      | 生产力/(t·<br>hm <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> ) |      |
|----|--------------------------------|--------------------------------|---------------|---------|--------------------------------|---------|------|------|--|------|
|    |                                |                                |               |         |                                | 干       | 枝    | 叶    |  |      |
| 1  | <1 000                         | 315                            | 61            | 7 落 3 阔 | 14.80                          | 81.3    | 14.8 | 3.9  | 0.24   |      |
|    |                                | 1 573                          | 42            | 6 落 4 阔 | 38.30                          | 73.5    | 20.0 | 6.5  | 0.91   |      |
|    |                                | 1 062                          | 58            | 8 落 2 阔 | 18.57                          | 85.4    | 10.2 | 4.4  | 0.32   |      |
|    | 2 000 ~ 3 000                  | 1 533                          | 56            | 9 落 1 阔 | 54.73                          | 80.9    | 13.6 | 5.6  | 0.97   |      |
|    |                                | 2 000 ~ 3 000                  | 48 ~ 65       | 8 落 2 阔 | 45.83                          | 76.7    | 17.6 | 5.7  | 0.87   |      |
|    |                                | 2 045                          | 61            | 9 落 1 阔 | 75.81                          | 85.4    | 11.7 | 2.9  | 1.24   |      |
| 2  | <1 000                         | 865                            | 58            | 10 落    | 43.10                          | 93.6    | 4.4  | 2.0  | 0.75   |      |
|    |                                | 1 000 ~ 2 000                  | 1 000 ~ 2 000 | 54 ~ 56 | 6 落 4 阔                        | 27.69   | 82.2 | 13.1 | 4.6  | 0.50 |
|    |                                |                                | 1 101         | 58      | 7 落 3 阔                        | 24.53   | 83.5 | 12.1 | 4.4  | 0.43 |
|    |                                |                                | 1 494         | 63      | 8 落 2 阔                        | 21.23   | 80.2 | 13.6 | 6.2  | 0.34 |
|    | 2 000 ~ 3 000                  | 1 691                          | 62            | 9 落 1 阔 | 61.39                          | 88.7    | 8.7  | 2.6  | 0.99   |      |
|    |                                | 2 241                          | 60            | 10 落    | 50.36                          | 87.6    | 8.8  | 3.6  | 0.83   |      |

说明：林型中1指草类+落叶松林型；2指杜香+落叶松林型。树种组成中阔指白桦，落指落叶松。

用性来看，单株及干生物2种模型以幂函数模型为佳。枝和叶生物量模型以线性模型较好。由于样地数据有限，所建立的模型中，未充分考虑不同林型对生物量的影响，在今后研究中若能建立分林型的单株及各器官生物量模型将会更加实用。

2种林型林分生产力、总生物量及其枝和叶生物量比例均以草类+落叶松林型的高。而总生物量中树干生物量比例为杜香+落叶松林型的高。2种林型乔木地上总生物量的分配为：干>枝>叶。密度为1000~3000株·hm<sup>-2</sup>时，草类+落叶松林和杜香+落叶松林生物量及生产力最高分别达55.82 t·hm<sup>-2</sup>，0.99 t·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>和50.36 t·hm<sup>-2</sup>，0.83 t·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>。干、枝、叶生物量比例最低分别为79.6%，14.6%，4.8%和83.4%，8.8%，3.6%。随密度增加，草类+落叶松林总生物量和生产力明显增加，干生物量比例趋于减小，枝和叶生物量总体比例有所增加。这与曾立雄等<sup>[17]</sup>研究相符，也与丁贵杰等<sup>[18-19]</sup>研究结果一致。随树种组成中落叶松成数的增加，林分生产力、总生物量及其树干生物量比例呈增加趋势，而枝和叶生物量比例减小。

#### 参考文献：

- [1] 李伟, 张国明, 李兆君. 东亚地区陆地生态系统净第一性生产力时空格局[J]. 生态学报, 2008, 28 (9): 4173 - 4183.

- LI Wei, ZHANG Guoming, LI Zhaojun. The spatio-temporal pattern of net primary productivity of terrestrial ecosystem in East Asia region [J]. *Acta Ecol Sin*, 2008, **28** (9): 4173 – 4183.
- [2] NEILSON R P. Vegetation redistribution: A possible biosphere source of CO<sub>2</sub> during climate change [J]. *Water, Air Soil Pollut*, 1993, **70**: 659 – 673.
- [3] 赵俊芳, 延晓冬, 贾根锁. 东北森林净第一性生产力与碳收支对气候变化的响应[J]. 生态学报, 2008, **28** (1): 92 – 102.
- ZHAO Junfang, YAN Xiaodong, JIA Gensuo. Simulating the responses of forest net primary productivity and carbon budget to climate change in Northeast China [J]. *Acta Ecol Sin*, 2008, **28** (1): 92 – 102.
- [4] 侯英雨, 柳钦火, 延昊, 等. 我国陆地植被净初级生产力变化规律及其对气候的响应[J]. 应用生态学报, 2007, **18** (7): 1546 – 1553.
- HOU Yingyu, LIU Qinhuo, YAN Hao, *et al.* Variation trends of China terrestrial vegetation net primary productivity and its responses to climate factors in 1982–2000 [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2007, **18** (7): 1546 – 1553.
- [5] 刘世荣, 郭泉水, 王兵, 等. 中国森林生产力对气候变化响应的预测研究[J]. 生态学报, 1998, **18** (5): 478 – 483.
- LIU Shirong, GUO Quanshui, WANG Bing, *et al.* Prediction of net primary productivity of forests in China in response to climate change [J]. *Acta Ecol Sin*, 1998, **18** (5): 478 – 483.
- [6] PENG C H, APPS M J. Modelling response of net primary productivity (NPP) of boreal forest ecosystems to changes in climate and fire disturbance regimes [J]. *Ecol Model*, 1999, **122**: 175 – 193.
- [7] 刘志刚, 马钦彦, 潘向丽. 兴安落叶松天然林生物量及生产力的研究[J]. 植物生态学报, 1994, **18** (4): 328 – 337.
- LIU Zhigang, MA Qinyan, PAN Xiangli. A study in the biomass and productivity of the natural *Larix gmelinii* forests [J]. *Acta Phytoecol Sin*, 1994, **18** (4): 328 – 337.
- [8] 李贵祥, 孟广涛, 方向京, 等. 滇中高原桉木人工林群落特征及生物量分析[J]. 浙江林学院学报, 2006, **23** (4): 362 – 366.
- LI Guixiang, MENG Guangtao, FANG Xiangjing, *et al.* Characteristics of *Alnus cremastogyne* plantation community and its biomass in central Yunnan Plateau [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2006, **23** (4): 362 – 366.
- [9] LIETH H. Modeling the primary productivity of the world [M]// LIETH H, WHITTAKER R H. *Primary Productivity of the Biosphere*. Berlin: Springer Verlag, 1975: 237 – 263.
- [10] UCHIJIMA Z, SEINO H. Agroclimatic evaluation of net primary productivity of natural vegetation (1) Chikugo Model for evaluating primary productivity [J]. *J Agric Meteorol*, 1985, **40**: 343 – 352.
- [11] 周广胜, 张新时. 全球气候变化的中国自然植被的净第一性生产力研究[J]. 植物生态学报, 1996, **20** (1): 11 – 19.
- ZHOU Guangsheng, ZHANG Xinshi. Study on NPP of natural vegetation in china under global climate change [J]. *Acta Phytoecol Sin*, 1996, **20** (1): 11 – 19.
- [12] 励龙昌, 郝文康. 兴安落叶松天然林可变密度收获表编制法的研究[J]. 浙江林学院学报, 1991, **8** (4): 439 – 443.
- LI Longchang, HAO Wenkang. Study on method of constructing variable density yield table [J]. *J Zhejiang For Coll*, 1991, **8** (4): 439 – 443.
- [13] 张群, 范少辉, 刘广路, 等. 长江滩地 I-72 杨人工林生物量 and 生产力研究[J]. 林业科学研究, 2008, **21** (4): 542 – 547.
- ZHANG Qun, FAN Shaohui, LIU Guanglu, *et al.* A study on biomass and productivity of *Populus × euramericana* ‘San Martino’ (I-72/58) plantation on beach land of Yangtze River [J]. *For Res*, 2008, **21** (4): 542 – 547.
- [14] 张国斌, 刘世荣, 张远东, 等. 岷江上游亚高山暗针叶林的生物量碳密度[J]. 林业科学, 2008, **44** (1): 1 – 6.
- ZHANG Guobin, LIU Shirong, ZHANG Yuandong, *et al.* Biomass carbon density of sub-alpine dark coniferous forest in the upper reaches of Minjiang River [J]. *Sci Silv Sin*, 2008, **44** (1): 1 – 6.
- [15] 玉宝, 乌吉斯古楞, 王百田, 等. 兴安落叶松天然林 2 种林型林分更新特征[J]. 林业资源管理, 2009 (6): 64 – 69.

- YU Bao, WU Jisiguleng, WANG Baitian, *et al.* Characteristics of stand regeneration of two forest types in natural *Larix gmelinii* forest [J]. *For Resour Manage*, 2009 (6): 64 – 69.
- [16] 冯林, 王立明. 林木生长分级数学表述的研究[J]. 内蒙古林学院学报, 1989, **11** (1): 9 – 16.
- FENG Lin, WANG Liming. Mathematical expression on crown classification [J]. *J Inner Mongolia For Coll*, 1989, **11** (1): 9 – 16.
- [17] 曾立雄, 王鹏程, 肖文发, 等. 三峡库区主要植被生物量与生产力分配特征[J]. 林业科学, 2008, **44** (8): 16 – 22.
- ZENG Lixiong, WANG Pengcheng, XIAO Wenfa, *et al.* Allocation of biomass and productivity of main vegetations in three gorges reservoir region [J]. *Sci Silv Sin*, 2008, **44** (8): 16 – 22.
- [18] 丁贵杰. 马尾松人工林生物量和生产力研究 ( I )不同造林密度生物量及密度效应[J]. 福建林学院学报, 2003, **23** (1): 34 – 38.
- DING Guijie. Study on biomass and productivity of masson pine planting stand ( I ) biomass and density effect of different planting density [J]. *J Fujian Coll For*, 2003, **23** (1): 34 – 38.
- [19] 丁贵杰, 王鹏程. 马尾松人工林生物量及生产力变化规律研究 ( II )不同林龄生物量及生产力[J]. 林业科学研究, 2001, **15** (1): 54 – 60.
- DING Guijie, WANG Pengcheng. Study on change laws of biomass and productivity of masson pine forest plantation ( II ) biomass and productivity of stand at different ages [J]. *For Res*, 2001, **15** (1): 54 – 60.

---

## 《浙江林学院学报》更名为《浙江农林大学学报》

经新闻出版管理部门批复同意,《浙江林学院学报》更名为《浙江农林大学学报》。《浙江农林大学学报》的国内统一连续出版物号为 CN 33-1370/S; 国际标准连续出版物号为 ISSN 2095-0756; 主办单位由浙江林学院改为浙江农林大学。

《浙江农林大学学报》定于 2011 年第 28 卷第 1 期正式启用新刊名出版发行。《浙江农林大学学报》是浙江农林大学主办的学术刊物, 主要刊登农学、林学、植物保护学、园艺学、园林学、动物学、生态学、农业工程、生物技术、森林碳汇、环境保护学、水土保持学、土壤学等学科的学术论文与研究简报。办刊宗旨为坚持四项基本原则和科学发展观, 贯彻执行党的方针政策, 报道科研成果, 开展学术交流, 活跃学术空气, 促进科技成果向生产力转化, 为社会主义现代化建设培养和发现人才服务。

更名后,《浙江农林大学学报》将继续承《浙江林学院学报》的身份、荣誉和办刊传统。作者已投《浙江林学院学报》的论文, 将自动改投《浙江农林大学学报》, 不再另行通知。今后, 作者须登录 <http://zlxz.zafu.edu.cn> 在线投稿。

希望广大作者和读者一如既往地关心和支持《浙江农林大学学报》。