

# 辽东栎萌生个体的地上生物量及其构件分配与生长参数的关系

孟令彬<sup>1,2</sup>, 包维楷<sup>1\*</sup>, 张咏梅<sup>1</sup>, 庞学勇<sup>1</sup>, 孙凡<sup>2</sup>

(1 中国科学院成都生物研究所, 四川 成都 610041; 2. 西南农业大学, 重庆 北碚 400716)

**摘要:** 选择岷江上游海拔 2 100~2 300 m 地段的辽东栎萌生株个体 69 株, 测定了每株生长参数 (年龄、高度、基径、冠幅)、各器官生物量及地上总生物量, 分析了各器官生物量及构件分配与生长参数的相互关系。结果表明, 辽东栎萌生株构件分配的大小排序为: 茎干 > 枝 > 皮 > 叶; 随径级增大, 茎干、大枝生物量所占总生物量比例上升, 其他器官所占比例减小。辽东栎年龄与高度呈 S 曲线关系, 其他均表现出很好的幂指数函数关系; 各构件器官生物量与生长参数大多也呈幂指数函数  $W = aD^b$  ( $D$  为基径) 关系。基径为估测辽东栎萌生株地上各器官生物量及总生物量的最佳因子。

**关键词:** 岷江上游; 辽东栎; 构件; 生物量; 回归分析

**中图分类号:** Q948 S792.16

**文献标识码:** A

自 20 世纪 60 年代开始实施国际生物学计划 (IBP) 以来, 生态系统生物量和生产力研究一直是生态学中一个重要的研究方向, 各国学者已经进行了大量的相关研究, 并积累了丰富的基础数据资料<sup>[1,2]</sup>。进入到 20 世纪 80~90 年代, 生物量研究又被赋予了新的内容, 即与全球碳储存、循环和全球变化以及 CO<sub>2</sub> 温室气体减排等紧密地联系起来<sup>[3]</sup>。灌丛作为重要的生态系统类型一直受到高度关注, 其生物量和生产力的研究也一直是各国重要的研究内容。已开展的研究涉及到了灌丛植株生物量的分配规律和建模估算<sup>[4,8]</sup>、灌丛各器官生物量不同生长阶段的变化趋势<sup>[9,10]</sup>、干扰对灌丛各器官生物量分配的影响<sup>[11-14]</sup>、灌丛枯落物分解速率<sup>[15]</sup>及对灌丛周围植物生物量、植物组成、植物体中化学成分、周围土壤中大量营养元素和微量营养元素变化的影响<sup>[16]</sup>等, 而较少从个体角度开展对灌木生物量及其构件分配的研究; 涉及的对象主要有刺旋花、荆条、黄栌、沙棘等<sup>[4,7,18]</sup>。灌木个体生物量积累与分配的研究

能够对阐明灌木在不同生态环境及不同人为干扰下作出的适应与响应作出直观说明, 更易于让人了解干扰状态下灌木个体生长的特点。

辽东栎 (*Quercus Liaotungensis*) 是暖温带阔叶林的主要优势种之一, 为高大落叶乔木, 广泛分布于我国的东北、华北、黄河流域等这些人类活动历史悠久的地区。因用途广泛, 辽东栎往往受到砍伐干扰的破坏, 之后表现出的强无性萌生能力是对此种干扰以及环境变化的适应与响应表现, 是辽东栎生殖与繁殖对策的一种<sup>[19]</sup>。目前辽东栎乔木种群生物量研究已有相关报道<sup>[20,21]</sup>, 但对处于灌木状态萌生种群的个体生物量特征以及分配还缺乏必要的研究。

优势乔木在受到长期持续的人为干扰后, 其自我补偿调节能力下降, 往往会沿着由森林-疏林-灌丛-矮灌丛过程逆行演替而退化<sup>[20]</sup>, 这一现象在青藏高原以及黄土高原非常普遍, 如辽东栎林、高山栎林、杨树林、沙棘林、桦木林等经反复干扰后形成

收稿日期 (Received date): 2005-11-12; 改回日期 (Accepted): 2006-01-02.

基金项目 (Foundation item): 国家科技攻关项目 (2001BA606A-05)、中国科学院 "西部之光" 人才计划项目及中国科学院野外台站网络基金共同资助。[Supported by China's National Key Technologies Research and Development Program (2001BA606A-05), the Talent Plan of the Chinese Academy of Sciences and the Foundation of Field Station Network of the Chinese Academy of Sciences.]

作者简介 (Biography): 孟令彬 (1980-), 男, 山东潍坊人, 硕士, 主要从事恢复生态的研究。[Master Meng Lingbin was born in Weifang of Shandong province in 1980, Major in Restoration Ecology.]

\* \* 通讯联系人 (Corresponding author) E-mail: baowk@cih.ac.cn

萌生灌丛<sup>[22-25]</sup>。优势乔木破坏后形成的次生萌生灌丛已经成为“天保”工程的主体对象之一,开展次生萌生灌丛及其自然恢复与更新能力的研究对于提高“天保”工程实施效果以及尽快恢复森林植被,迅速改善区域生态服务功能具有重要意义。

本文目的是研究萌生灌丛优势种辽东栎萌生株的个体地上生物量组成及其特点,生物量构件分配特点以及地上生物量与生长参数的关系,为监测估算辽东栎萌生株生长量的动态积累过程提供依据。

## 1 研究地区概况

试验所在地点四川省茂县,位于四川盆地西部边缘山地向青藏高原腹地过渡的高山峡谷地带,是长江重要支流岷江上游的中心地区,地理位置为  $102^{\circ}56' \sim 104^{\circ}10' E$ ,  $31^{\circ}25' \sim 32^{\circ}16' N$ ,海拔在  $1\,500 \sim 3\,090\text{ m}$  间<sup>[26]</sup>。根据茂县气象站观测的数据,年均温  $11.2^{\circ}\text{C}$ ,一月均温  $0.4^{\circ}\text{C}$ ,七月均温  $20.8^{\circ}\text{C}$ ,年有效积温为  $2\,690.8^{\circ}\text{C}$ ,全年日照时数  $1\,557.1\text{ h}$ ,平均年辐射  $100.9\text{ cal/cm}^2$ ,年降雨量  $900\text{ mm}$ ,年平均风速  $4.2\text{ m/s}$ 。

本地区海拔  $1\,750 \sim 2\,400\text{ m}$  间的植被为暖温带

辽东栎林,常与油松 (*Pinus tabulaeformis*)、糙皮桦 (*Betula utilis*)、红桦 (*B. albo-sinensis*)、山杨 (*Populus davidiana*) 等组成混交林<sup>[27]</sup>。该区域在上世纪 1950 ~ 1960 年代尚保存有辽东栎萌生林,但经过近 30 年来的重复砍伐,辽东栎群落已明显矮化,由具有较多萌生枝条的残留树桩组成,辽东栎萌生林也退化成为以辽东栎、毛榛 (*Corylus mandshurica*)、川榛 (*Corylus heterophylla* var *sutchuanensis*) 为主的灌丛<sup>[28]</sup>。

研究样地设在茂县鹿子坪海拔  $2\,100 \sim 2\,300\text{ m}$  的辽东栎萌生灌丛中,位于山体中部,其坡向  $N60^{\circ} E$ ,坡度  $45^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 。辽东栎灌丛盖度  $0.8 \sim 0.9$ ,优势种辽东栎盖度达  $80\%$ ,平均高度  $3\text{ m}$  左右,其他灌木种类有毛榛、川榛、绢毛蔷薇 (*Rosa sericea*)、卵果蔷薇 (*R. helenae*)、小果蔷薇 (*R. cymosa*)、匍匐栒子 (*Cotoneaster adpressus*) 等;地表草本植物盖度不足  $30\%$ ,优势种为鬼灯檠 (*Rodgersia aesculifolia*)、珠芽蓼 (*Polygonum viviparum*)、莎草 (*Cyperus* sp.) 等。凋落物盖度不足  $30\%$ ,土壤为山地棕壤,肥力中等。该地段受到过较为强烈的人为活动干扰,主要的干扰活动是不定期的薪材砍伐及积肥(收集凋落物)。

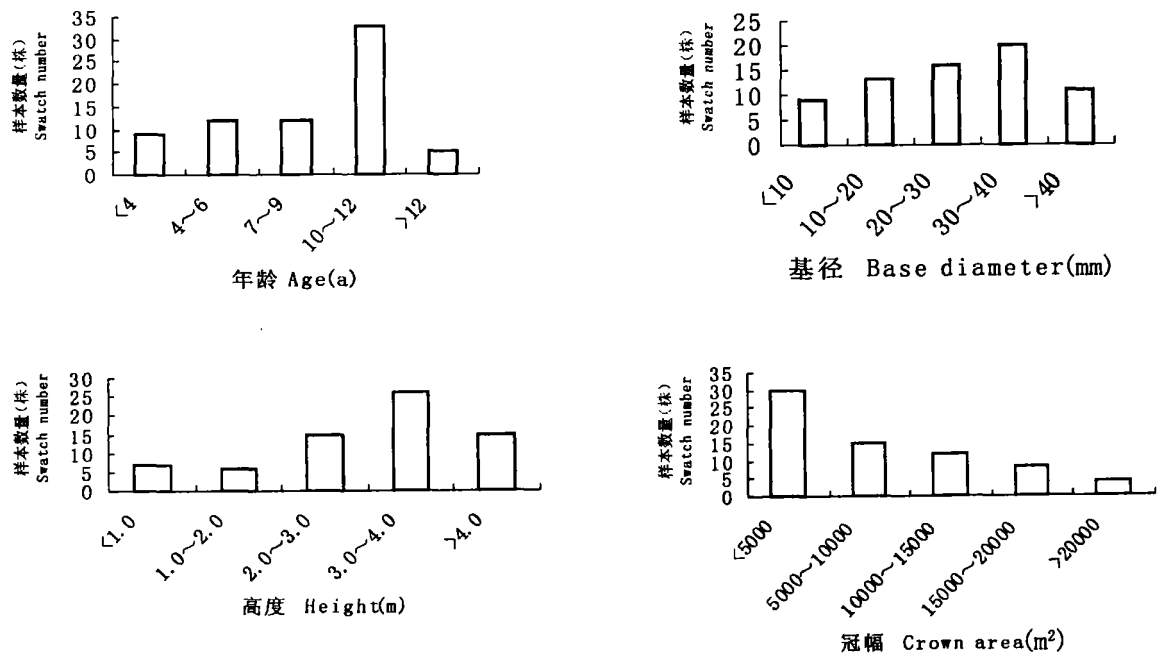


图 1 辽东栎萌生株样株生长参数组成特点

Fig 1 Characters of growth parameters on the sample plants of *Quercus Liaotungensis*

## 2 实验设计、处理与研究方法

### 2.1 实验设计、处理

调查于 2004-09 进行。初步调查发现辽东栎次生灌丛呈丛状生长, 每丛有萌生株 2~11 株, 每丛中萌生株单株的高度及地径差异有时相当明显。具体测定方法为: 在  $1 \text{ hm}^2$  的辽东栎次生灌丛内, 将随机选取的辽东栎萌生株测冠幅, 从贴近地面处伐倒后测基径 (距地面约 10 cm 处, 精确到 0.01 mm)、高度 (精确到 0.01 cm), 数测基径处年轮确定树龄, 再将植株按叶 (果实较少, 包含在叶内考虑)、小枝 (直径 < 0.5 cm)、中枝 (直径 0.5~1.0 cm)、大枝 (直径 > 1.0 cm)、皮、茎干分为六部分, 分别测鲜重; 对各器官按“混合取样法”分别采取样品在室内称量, 置于 85℃ 的烘箱中烘干, 求出含水率, 推算样株地上各器官生物量干重。共测定了 69 株萌生株。

所选 69 株辽东栎萌生株的具体生长指标分布范围如下: 年龄 2~16 a, 平均年龄 9 a, 基径 4.11~61.98 mm, 平均基径 27.14 mm; 高度 0.45~5.1 m,

平均高度 3.03 m, 冠幅在 0.038~2.900  $\text{m}^2$  间, 平均冠幅 0.84  $\text{m}^2$ 。具体组成特点见图 1。

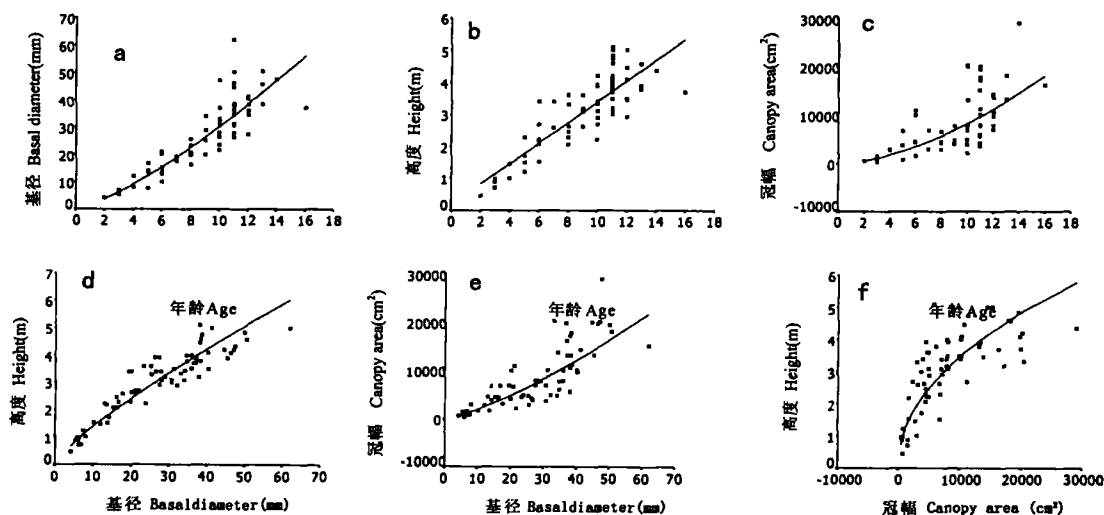
### 2.2 研究方法

1 辽东栎萌生株生长参数间的关系: 对辽东栎样株的年龄、基径、高度、冠幅两两之间进行相关性分析, 确定其相关性。

2 萌生株各器官生物量与生长参数的关系: 单独以生长参数或其组合作为变量, 对各器官生物量进行模型模拟。涉及模型包括线性模型、对数模型、双曲线模型、幂指数模型、复合模型、S 曲线、逻辑模型、生长模型、指数模型、相对生长关系理论经验公式 ( $W = a(D^2H)^b$ ;  $W$  为各器官生物量,  $D$  为胸径,  $H$  为树高) 和逐步回归法得到的模型。

3 萌生株地上器官生物量分配特点: 比较所有样株各器官生物量占总生物量的比例, 得到不同器官在总生物量中所占的比重; 按径阶作不同器官生物量占本径阶内样株总生物量的比例, 比较不同径阶间各器官生物量的变化。考虑到样本基径的组成特点 (图 1), 以 10 mm 作为划分径阶的标准。

以上数据处理在 spss11.5 excel 软件上完成。



注: a 年龄与基径关系  $\ln D = \ln 1.4845 + 1.3097 \ln A$   $R = 0.95$   $F = 576.72$   $P = 0.000$

b 年龄与高度关系  $\ln H = 1.8296 - 5.973 \ln A$   $R = 0.93$   $F = 464.48$   $P = 0.000$

c 年龄与冠幅关系  $\ln C = \ln 1.79286 + 1.6664 \ln A$   $R = 0.81$   $F = 126.32$   $P = 0.000$

d 基径与高度关系  $\ln H = \ln 0.213 + 0.8098 \ln D$   $R = 0.96$   $F = 709.57$   $P = 0.000$

e 基径与冠幅关系  $\ln C = \ln 91.9212 - 17.17 \ln D$   $R = 0.89$   $F = 253.72$   $P = 0.000$

f 高度与冠幅关系  $\ln H = \ln 0.0435 + 0.4785 \ln C$   $R = 0.84$   $F = 156.37$   $P = 0.000$

(模型中各字母代表意义: A: 年龄; C: 冠幅; D: 基径; H: 高度)

图 2 岷江上游辽东栎萌生株个体生长参数相互关系

Fig 2 Relationship of growth parameters on upper branch of the M jinjiang River about single ramet of *Quercus Liaotungensis*

## 3 结果与分析

### 3.1 萌生株生长参数间的相互关系

对辽东栎萌生灌丛所有样株的生长因子进行回归分析,涉及模型包括方法中提到的共计 11 种。在此我们比较  $R$  (复相关指数) 值,将最大  $R$  值模型作为辽东栎萌生株生长因子的关系。结果显示 (图 2),辽东栎萌生株的年龄与高度以  $S$  曲线模型最佳,其他生长因子都以幂指数模型最佳。为表示的方便,文中将曲线关系式转变为线性关系式,同时标出模型的  $R$  值、 $F$  值和显著水平值  $P$ 。

从图 2 可以看出,各生长参数间的相关性都达到了极显著水平,对指导辽东栎灌丛的生产和经营有一定意义。

### 3.2 萌生株生长参数与个体生物量的关系

表 1 为各生长参数对器官生物量模型的决定系数 ( $R^2$  的修正值),其中以基径作为变量做的各器官生物量模型的  $R^2$  值最大;表 2 列出了基径与各器官生物量模型的最佳模拟方程、方程类别、 $F$  值和显著性水平值。与其他器官相比,中枝、大枝生物量的  $R^2$  值偏小,主要是因为试验选定的辽东栎萌生灌丛正处于幼年阶段,萌生株还未形成较粗的枝条或此类枝条较少,所以中枝、大枝在达到显著水平的模型中  $R^2$  值、 $F$  值偏小,且大枝的模拟模型为线性相关,而非其它器官生物量模型的幂指数函数相关。

在作了各器官生物量与辽东栎萌生株各生长因子关系的同时,也作了单株地上总生物量与各生长因子的分析比较。经比较,辽东栎灌丛单株地上总生物量与基径的相关性最大 (表 1)。限于篇幅,本文只给出地上总生物量与基径的散点图 (图 3),其他如基径与各器官生物量的散点图不再给出。

### 3.3 萌生株个体生物量分配特点

调查结果表明,辽东栎萌生株各器官生物量分配占比例最大的是茎干,占总生物量的 51%; 以下依次是枝,占总生物量的 28%; 皮, 13%; 叶, 6%, 其中小枝生物量在萌生株的枝总生物量中占较大比例 (46.4%) (图 4)。小枝占比重较大的原因主要是因为辽东栎萌生丛萌生株数较多,树冠层竞争激烈,为截获更多阳光,树冠层尽可能向外扩展,小枝数量增长较多,从而使小枝生物量在枝总生物量中占较高比例。

辽东栎在构型上的较大变化,势必影响到各器

官生物量的分配<sup>[17]</sup>。从前文可知,与生物量变化最相关的生长因子是基径,在此我们以基径为主要因子分析各器官生物量在不同径阶占总生物量比重的变化情况。结果显示 (表 3),叶、小枝、中枝的生物量所占地上总生物量的比例随基径的增大而减少;大枝、茎干生物量所占比例增大;皮所占比例先增大后减小,与最初相比还是降低。辽东栎萌生株地上器官生物量减小幅度最大的是叶,其次是小枝;增加幅度最明显的是茎干,大枝的增幅也较明显。由此可以推知:随基径的增大,叶制造的有机物主要积累在茎干内,枝也积累一部分,形成较大的枝条。在辽东栎生长过程中,因树冠层竞争激烈,冠幅扩展有限,而叶制造的有机物又不断积累,最终造成了各器官生物量所占比例在不同茎阶的差异。

## 4 讨论与结论

本文对辽东栎萌生株的生长关系研究表明以基径为因子估测各器官生物量最为准确,基径与各器官生物量的模型以幂指数函数方程的决定系数最高,与 Haase 和 Haase 的研究结果一致<sup>[29]</sup>。一些研究表明冠幅是估计生物量的最佳因子,用冠幅和高度的组合来进行估测较为准确<sup>[4,30]</sup>,也有研究表明生长参数与各器官生物量之间呈线性相关<sup>[8,31,32]</sup>,本研究用冠幅和高度的组合来进行估测的精度并不是最佳的,而且也非线性相关。出现此结果,可能与以下几个方面有关:

1 构型差异 前人灌丛研究的主要对象是真正意义上的灌丛,像黄栌、沙棘等,整个树丛的高度因长期的演化局限于一定范围之内,没有明显的主干,树冠也受此影响呈蓬状;而我们所研究的对象是高大乔木被砍伐后重新萌生的幼苗,生长呈现乔木的部分性状,与真正的灌木有严格意义上的区别,所以在估测生物量方面最佳生长参数有所不同。

2 地下根系的活力和样本的选择 研究区域内辽东栎萌生丛的树桩大小不一,受干扰前根系的扩展程度和受干扰后树桩的萌生能力有所不同,从而造成了萌生株以后生长状态的差异。进行辽东栎萌生株研究取样时,选择的样本都是每茎阶中比较典型的植株,没有考虑到树桩大小造成的影响,因此对结果的影响无法预测。

3 砍伐干扰 自研究区内的乔木遭受砍伐萌生新植株后,又不断遭到周围居民“拔大毛”式的薪

材砍伐干扰,即砍伐薪材时总选择生长较大较好的植株。这种长期的带明确目的的人为选择干扰,使整个辽东栎萌生灌丛明显矮化。在考察另一片没有受保护的辽东栎萌生灌丛时,由于这种干扰,明显发现比我们研究区域内辽东栎的生长状况更差,灌丛更加矮化,稀疏,植被覆盖度更低,灌丛中树干细小,树叶较黄。

本研究表明,辽东栎萌生株个体的生长参数除年龄与高度呈 S 曲线关系外,其他相互间呈现较好的幂指数函数关系;除大枝生物量与各生长参数呈显著的直线型关系外,其他各器官生物量与生长参数都表现为显著的幂指数函数  $W = aD^b$  ( $D$  为基径)关系;辽东栎萌生株个体各器官的生物量分配大小排序为:茎干 > 枝 > 皮 > 叶。随着径阶由小 (< 10 cm) 到大 (> 40 cm),茎干的生物量占总生物量的比重从 35 9% 上升到 53 13%,增加了 17 33%;大枝的生物量比重从 0 上升到 9 02%;其他器官生物量所占比例减小。构件生物量的分配反映了辽东栎有机物积累的特点,说明所研究的辽东栎萌生株正处于营养生长阶段,在其生长发育过程中,叶生产的光合产物主要积累在茎干和较大的枝中。

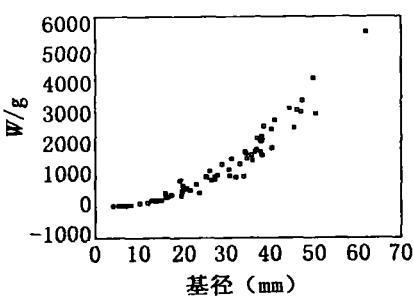


图 3 辽东栎基径与地上总生物量关系图  
Fig 3 Relationship between basal diameter and total biomass above ground of *Quercus Liaotungensis*

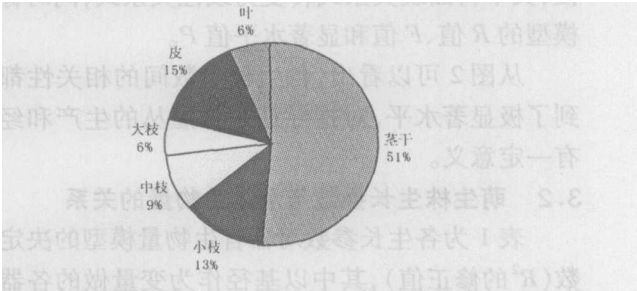


图 4 辽东栎萌生株地上各器官生物量比例 (%)  
Fig 4 Biomass ratio on different organs above ground of *Quercus Liaotungensis*

表 1 辽东栎各器官生物量与生长因子模型决定系数 ( $R^2$ ) 比较

Table 1 Compare of coefficients of determinant ( $R^2$ ) on different growth parameters with organs biomass of *Quercus Liaotungensis*

生长因子	年龄 $A$ (a)	基径 $D$ (mm)	高度 $H$ (m)	冠幅 $C$ ( $cm^2$ )	$D^2H$	所有参数 (逐步回归模型)
叶	0.896	0.989	0.914	0.791	0.985 81	0.983
小枝	0.848	0.918	0.877	0.813	0.770 89	0.810
中枝	0.65	0.846	0.764	0.629	0.766 91	0.801
大枝	0.2	0.641	0.319	0.483	-0.538 01	0.663
枝总	0.862	0.95	0.899	0.838	0.871 33	0.900
皮	0.908	0.969	0.961	0.752	0.942 71	0.927
茎干	0.89	0.972	0.967	0.770	0.957 59	0.914
总	0.894	0.982	0.954	0.798	0.973 65	0.942

表 2 辽东栎萌生株各器官生物量回归方程

Table 2 Regression equations of organs biomass on *Quercus Liaotungensis* ramet

生物量	回归方程	模型类型	F 值	P 值
叶生物量	$\ln W = \ln 0.2314 + 1.6999 \ln D$	Power	3 814. 2	0. 000
小枝生物量	$\ln W = \ln 0.0926 + 2.1838 \ln D$	Power	756. 4	0. 000
中枝生物量	$\ln W = \ln 0.0542 + 2.1992 \ln D$	Power	323. 19	0. 000
大枝生物量	$W = -253. 1 + 10.3932D$	Linear	85. 89	0. 000
枝总生物量	$\ln W = \ln 0.0456 + 2.5857 \ln D$	Power	1 262. 77	0. 000
皮生物量	$\ln W = \ln 0.0424 + 2.4296 \ln D$	Power	2 131. 22	0. 000
茎干生物量	$\ln W = \ln 0.0781 + 2.6052 \ln D$	Power	2 533. 97	0. 000
地上总生物量	$\ln W = \ln 0.2739 + 2.4425 \ln D$	Power	3 661. 24	0. 000

注:  $W$  为各器官生物量 (g);  $D$  为植株基径 (mm)。

表 3 辽东栎各器官生物量在不同径级占总生物量比例 (%)

Table 3 Biomass ratios of different organs in total above ground biomass of *Quercus Liaotungensis* in different stages of basal diameter (%)

径级 (mm)	株数	叶	小枝	中枝	大枝	皮	茎干	合计
< 10	9	21.17	18.28	10.64	0	14.01	35.9	100
10~20	13	8.84	18.51	9.94	0	15.59	47.12	100
20~30	16	6.89	16.09	9.74	1.92	16.03	49.33	100
30~40	20	6.16	14.21	8.46	4.18	14.92	52.06	100
> 40	11	5.19	10.81	8.37	9.02	13.48	53.13	100
变化幅度		- 15.98	- 7.47	- 2.27	9.02	- 0.53	17.33	

参考文献 (References)

[1] Fang JY, Liu GH, Xu SL. Biomass and net production of forest vegetation in China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, 16(5): 497~508

[2] Feng ZW, Wang XK, Wu G. Biomass and production of forest ecosystem in China[M]. Beijing: Science Press, 1999: 1~6

[3] Jacques Roy, Bernard Saugier, Harold A. Mooney. Terrestrial Global Productivity[M]. San Diego: California Academic Press, 2001

[4] Sun shuchun, Qin nengbin. Path analysis of morphological parameters of *Convolvulus tragacuthoides* population and individual biomass modeling of subshrubs[J]. *Chin. j. Appl. Ecol.*, 1999, 10(2): 155~158 [孙书存, 钱能斌. 刺旋花种群形态参数的通径分析与亚灌木个体生物量建模[J]. 应用生态学报, 1999, 10(2): 155~158]

[5] Liu Guohua, Ma Keming, Fu Bojie, et al. Aboveground biomass of main shrubs in dry valley of Minjiang River[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(9): 1757~1764. [刘国华, 马克明, 傅伯杰, 等. 岷江干旱河谷主要灌丛地上生物量研究[J]. 生态学报, 2003, 23(9): 1757~1564]

[6] Monts N, Ballin C, Bonin G, Faures J. A comparative study of aboveground biomass of three Mediterranean species in a post-fire succession[J]. *Acta Oecologia*, 2004, 25: 1~6

[7] Neelu Lodhiyal, Lodhiyal L S. Biomass and net primary productivity of Bhabar Shisham forests in central in central Himalaya, India[J]. *Forest Ecology and Management*, 2003, 176: 217~235

[8] Nivar J, Madez E, Njera A, Graciano J, Dale V, Parresol B. Biomass equations for shrub species of an australian thornscrub of North-eastern Mexico[J]. *Journal of Arid Environments*, 2004, 59: 657~674

[9] Zavala JA., Ravetta D A. Allocation of photo assimilates to biomass: resin and carbohydrates in *Grindelia chibensis* as affected by light intensity[J]. *Field Crops Research*, 2001, 69: 143~149

[10] Efimia M, Papaiotheodorou, John D, Pantis, George P, Stamou. The effect of grazing on phenology and biomass allocation in *Quercus coccifera* (L.) [J]. *Acta Oecologia*, 1998, 19(4): 339~347

[11] Moshe Shachak, Menachem Sachs, Itshak Moshe. Ecosystem Management of Desertified Shrublands in Israel[J]. *Ecosystems*, 1998, 1: 475~483

[12] Tewari SK, Katiyar R S, Bakkr Ram, et al. Effect of age and season of harvesting on the growth, coppicing characteristics and biomass productivity of *Leucaena leucocephala* and *Vitex negundo* [J]. *Biomass and Bioenergy*, 2004, 26: 229~234

[13] Guevara J C, Sasi C R, Wuiloud C F, et al. Effects of fire on rangeand vegetation in south-western Mendoza plains (Argentina): composition, frequency, biomass, productivity and carrying capacity [J]. *Journal of Arid Environments*, 1999, 41: 27~35

[14] Gerdo LR enati, Lisa Brancalion, Roberta Marchesini, et al. Nutrient and carbon relations in subalpine dwarf shrubs after neighbour removal or fertilization in northern Italy [J]. *Oecologia*, 2002, 130: 476~483

[15] Wang Qikan, Jiang Wenbo. Litter Decomposition of *Potentilla fruticosa* Shrub and *Kobresia humilis* Meadow in Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2001, 9(2): 128~132 [王启兰, 姜文波. 青藏高原金露梅灌丛与矮嵩草草甸枯枝落叶的分解作用[J]. 草地学报, 2001, 9(2): 128~132]

[16] Li Xiangzhen, Zhang Shumin, Xing Xuerong. Spatial variation of plant biomass and soil chemical element contents induced by canagana microphylla [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2002, 11(1): 1~3 [李香真, 张淑敏, 邢雪荣. 小叶锦鸡儿灌丛引起的植物生物量和土壤化学元素含量的空间变异[J]. 草业学报, 2002, 11(1): 1~3]

[17] Sun shucun, Chen Lingzhi. Architectural analysis of crown geometry in quercus liaotungensis [J]. *Acta Phytocologia Sinica*, 1999, 23(5): 433~440 [孙书存, 陈灵芝. 辽东栎植冠的构型分析[J]. 植物生态学报, 1999, 23(5): 433~440]

[18] He jinsheng, Wang qibing. Studies on the biomass of typical shrubland and their regeneration capacity after cutting [J]. *Acta Phytocologia Sinica*, 1997, 21(6): 512~520 [贺金生, 王其兵, 胡东. 长江三峡地区典型灌丛的生物量及其再生能力[J]. 植物生态学报, 1997, 21(6): 512~520]

[19] Bao Weikai, Chen Qingheng, Liu Zhaoguang. Changes of structure and species composition of degraded plant community along disturbance gradients of different intensities [J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 2000, 22(3): 307~316 [包维楷, 陈庆恒, 刘照光. 退化植物群落结构及其物种组成在人为干扰梯度上的响应[J]. 云南植物研究, 2000, 22(3): 307~361]

[20] Sang Weigu, Su Hongxin, Chen Lingzhi. Coupling biomass and energy in warm temperate deciduous broad-leaved oak (*quercus liaotungensis*) forest ecosystem [J]. *Acta Phytocologia Sinica*, 2002, 26(suppl): 88~92 [桑卫国, 苏宏新, 陈灵芝. 东灵山暖温带落叶

- 阔叶林生物量和能量密度研究 [J]. 植物生态学报, 2002, 26 (增刊): 88~ 92]
- [21] Su Y in ing Mu Changlong Pan Pan, *et al*. Research on biomass of *Quercus liaotungensis* natural secondary stand[ J]. *Journal of Nanjing Forestry University ( Natural Sciences Edition)*, 2003, 27( 6): 107~ 109[宿以明, 慕长龙, 潘攀, 等. 岷江上游辽东栎天然次生林生物量测定 [J]. 南京林业大学学报 (自然科学版), 2003, 27 (6): 107~ 109]
- [22] Zhang Yunfen. Vegetation of Taiyuan[M]. Beijing: China Technology Press, 1991. 99~ 110[张云峰. 太原植被 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991. 99~ 110]
- [23] Wu Zhengyi Zhu Yanchen. Vegetation of Yunnan[M]. Beijing: Science Press, 1987. 362[吴征镒, 朱彦丞. 云南植被 [M]. 北京: 科学出版社, 1987. 362]
- [24] CAS institute of botany, CAS Changchun institute of geography Vegetation of Tibet[M]. Beijing: Science Press, 1988. 111 [中国科学院植物研究所, 中国科学院长春地理研究所. 西藏植被 [M]. 北京: 科学出版社, 1988. 111]
- [25] Collaboration group of vegetation of Sichan. Vegetation of Sichan [M]. Chengdu: Sichan People's Press, 1980. 356~ 357[四川植被协作组. 四川植被 [M]. 成都: 四川人民出版社, 1980. 356~ 357]
- [26] Liu Qing Bao Weikai Qiao Yongkang *et al*. Studies on the inter-specific relationship among dominant species of the semi-arid valley scrubs in maonian on the upper reaches of the minjiang river[J]. *Chin. j Appl Environ. Biol*, 1996, 2(1): 36~ 42[刘庆, 包维楷, 乔永康, 等. 岷江上游茂县半干旱河谷灌丛优势种间关系的研究 [J]. 应用与环境生物学报. 1996, 2(1): 36~ 42]
- [27] Sichan Forest Editor Committee. Sichan forest[M]. Beijing: China Forest Press, 1999. 630~ 634[四川森林编辑委员会. 四川森林 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1999. 630~ 634]
- [28] Bao Weikai Liu Zhaoguang Human induced disturbance regime in the dagou valley in the upper reaches of the minjiang river[J]. *Chin. j Appl Environ. Biol*, 1999, 5(3): 233~ 239[包维楷, 刘照光. 岷江上游大沟流域驱动植被退化的人为干扰研究 [J]. 环境与应用生物学报, 1999, 5(3): 233~ 239]
- [29] Haase R and Haase P. Above ground biomass estimates for invasive trees and shrubs in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil[J]. *Forest Ecology and Management*, 1995, 73(1-3): 29~ 35
- [30] Zhao Chengyi Song Yudong Wang Yuchao *et al*. Estimation of aboveground biomass of desert plants[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(1): 49~ 52 [赵成义, 宋郁东, 王玉潮, 等. 几种荒漠植物地上生物量估算的初步研究 [J]. 应用生态学报, 2004, 15(1): 49~ 52]
- [31] Okello B D, O'Connor T G, Young T P. Growth biomass estimates and charcoal production of *Acacia drepanolobium* in Laikipia Kenya[J]. *Forest Ecology and Management*, 2001, 142: 143~ 153
- [32] Lodhiyal L S and Neehi Lodhiyal. Variation in biomass and net primary productivity in short rotation high-density central Himalayan poplar plantations[J]. *Forest Ecology and Management*, 1997, 98 (2): 167~ 179

## The Relationship between Growth Parameters and Total Biomass of Individual Ramets and Components Distribution of *Quercus Liaotungensis*

MENG Lingb<sup>1, 2</sup>, BAO Weikai<sup>1</sup>, ZHANG Yongmei<sup>1</sup>, PANG Xueyong<sup>1</sup>, SUN Fan<sup>2</sup>

(1. Chengdu Institute of Biology, the Chinese Academy of Science, Chengdu 610041, China;

2. Southwest Agricultural University, Beibei, Chongqing 400716, China)

**Abstract** Necessary researches were lack about individual biomass and distribution characters of shrub. 69 individual ramets of *Quercus Liaotungensis* were determined for total biomass above ground, biomass of branch, leaf, bark and trunk in different scales of basal diameter, and analyzed the relationship between organs biomass and growth parameters (age, height, base diameter and crown area), the distribution characters of biomass in components and the relationship between growth parameters. The study area is situated on the upper branch of the Minjiang River of 2 100~ 2 300 m. The results showed that: 1. The distribution of organs biomass following this: trunk > branch > bark > leaf. With the scales of basal diameter increased, biomass ratio increased in trunk and bigger branch, and decreased in other organs. 2. Besides the relationship of S curve between age and height, the other relationship between growth parameters were power curve. 3. The relationship between growth parameters and biomass of most organs was power function, and the basal diameter is the best parameter to estimate the biomass of organs and the total biomass above ground.

**Key words** upper branch of the Minjiang River; *Quercus Liaotungensis*; component biomass; Regression analysis