

甘肃小陇山林区日本落叶松人工林 单株生物量的研究

沈亚洲¹, 孙晓梅^{2*}, 张江涛¹, 杜彦昌¹, 马建伟¹

(1. 甘肃省小陇山林业实验局林业科学研究所, 甘肃 天水 741022;

2. 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091)

摘要:对甘肃小陇山林区不同年龄的日本落叶松人工林单木各器官生物量进行了测定,并运用回归分析和模型选优的方法建立了日本落叶松人工林单株生物量估测数学模型。结果表明:日本落叶松幼龄林、中龄林、近熟林、成熟林单株的平均总生物量分别为3.617、29.846、123.954、177.482 kg,各林龄段干、根、枝、皮、叶各器官生物量比值分别为32:17:23:11:17(幼龄林);50:20:15:10:5(中龄林);62:15:10:9:4(近熟林);58:23:9:8:2(成熟林);树高、胸径与各组分生物量之间、各组分生物量与根和叶生物量之间以及地上与地下部分生物量之间相关性显著;最终确立的单株生物量预测模型为 $\ln W_{\text{总}} = -1.9164 + 0.76811 \ln(D^2H)$,模型 R^2 为0.986。

关键词:小陇山;日本落叶松;单株;生物量

中图分类号:S791.223

文献标识码:A

Study on the Individual Tree Biomass of *Larix kaempferi* Plantation in Xiaolong Mountain, Gansu Province

SHEN Ya-zhou¹, SUN Xiao-mei², ZHANG Jiang-tao¹, DU Yan-chang¹, MA Jian-wei¹

(1. Xiaolongshan Research Institute of Forest Science and Technology, Tianshui 741022, Gansu, China; 2. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry; Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: By using the methods of regression analysis and model optimal selection, the biomass of each organ of *Larix kaempferi* was measured, and the biomass equations for *L. kaempferi* in Xiaolong Mountain of Gansu Province was built. The results showed that: The average biomass of young, immature, nearly mature, and mature forest of *L. kaempferi* were 3.617, 29.846, 123.954, and 177.482 kg. The biomass ratio of the stem, roots, branches, bark, leaves of different-aged *L. kaempferi* were 32:17:23:11:17 (young growth); 50:20:15:10:5 (immature); 62:15:10:9:4 (nearly mature); and 58:23:9:8:2 (mature forest). The biomass between DBH, height and various components, between each component and root and needle, and between aboveground and underground were significantly correlated. The final prediction model of individual tree biomass is $\ln W_{\text{total}} = -1.9164 + 0.76811 \ln(D^2H)$ and the value of R^2 is 0.986.

Key words: Xiaolong Mountain; *Larix kaempferi*; individual tree; biomass

生物量是评价林地生产力及森林生态系统结构与功能的重要指标,也是研究森林生态系统物质循环的基础^[1],是当前生态研究的一个重要方面。森林生

物量是森林与其环境之间本质联系的重要标志,是森林生态系统结构与功能的综合体现^[2],其分布格局和机理可以揭示林地生产力与环境的相互关系,从而为

收稿日期:2010-11-08

基金项目:国家“十一五”科技支撑课题(2006BAD24B06)和中国林业科学研究院林业研究所基金重点项目

作者简介:沈亚洲,男,工程师,主要从事森林培育和森林经营研究工作。

* 通讯作者:博士,中国林业科学研究院林业研究所研究员,主要从事针叶树良种选育及培育技术研究。

探索维持林地生产力和森林的可持续经营提供理论依据;同时生物量的高低直接反映了林木利用自然资源的能力,因此研究森林生物量对研究陆地生态系统、估计林分生产力和生态效益等方面具有重要意义^[3]。单株生物量是森林生态系统生物量研究的基础,因而被众多学者广泛采用,如潘维俦等^[4]对杉木人工林的研究、冯宗炜^[5]对马尾松人工林的研究以及杨金明^[6]对小兴安岭主要树种生物量的理论模型的研究都是先从研究单株生物量开始的。本研究旨在通过测定暖温带小陇山林区日本落叶松(*Larix kaempferi*(Lamb.) Carr)人工林单株林木的生物量,分析单株各组分生物量分配比例及其相关关系,建立日本落叶松人工林单株生物量估测模型,为该区域日本落叶松人工林的营建及经营提供理论指导。

1 研究地区概况

小陇山林区位于甘肃省东南部秦岭西段,地理位置 $104^{\circ}43' \sim 106^{\circ}41'E$ 、 $33^{\circ}31' \sim 34^{\circ}41'N$,属暖温带,区内年均气温 $11.5^{\circ}C$,最热月(7月)平均气温 $18.4^{\circ}C$,最冷月(1月)平均气温 $-1.8^{\circ}C$,极端最低气温 $-18.2^{\circ}C$,极端最高气温 $38.3^{\circ}C$, $\geq 10^{\circ}C$ 的年积温 $3\,563.9^{\circ}C$ 。年日照时数 $2\,098.7\text{ h}$,年太阳辐射量 $117.3 \sim 135.9\text{ 千卡}\cdot\text{cm}^{-2}$ 。年均降水量 $460 \sim 800\text{ mm}$,最高 943 mm ,最低 331 mm 。50%~60%的降水集中在7、8、9月份,多有春旱。年平均蒸发量 $1\,287.6 \sim 1\,339.0\text{ mm}$,湿润度 $0.36 \sim 0.45$,相对湿度69%。初霜10月中旬,晚霜4月中旬,无霜期180 d左右。土壤以褐土和山地棕壤类为主,褐土分布在海拔 $1\,300 \sim 1\,600\text{ m}$,山地棕壤分布在海拔 $1\,600\text{ m}$ 以上的山地上部。气候温暖湿润,土壤肥沃,具备发展林业生产得天独厚的有利条件。

从20世纪70年代中期开始引种栽培日本落叶松,到目前为止,在次生林改造迹地、荒山等宜林地上先后营造日本落叶松人工林 4 万 hm^2 ,成为小陇山林区人工林的重要组成部分,并在该区域发挥着重要的经济、生态和社会效益。

2 研究方法

2.1 样地设置与调查

在充分踏查和大量查阅资料的基础上,于2008—2009年7—9月份,在小陇山林业科学研究所沙坝实验基地和小陇山林业实验局李子园林场,选择幼龄林

(4~6 a)、中龄林(14~16 a)、近熟林(23 a)、成熟林(35 a)4个林龄段的典型日本落叶松林分,分别设置面积为 600 m^2 ($20\text{ m} \times 30\text{ m}$)的样地,样地重复3次,共设置33块,然后对林分主要因子及林下植被进行调查,对乔木层胸径在4 cm以上的活立木进行每木检尺量测胸径,用红外线测高仪测定树高,目测林分郁闭度,用样方法(按对角线每个标准地内设5个 1 m^2 样方)调查林下植被,然后计算林分平均胸径、平均树高、断面积、蓄积量、密度等(表1)。

2.2 生物量测定方法

在样地调查的基础上,依据林木径级分布,选择径级标准木。在标准木调查中,地上部分采用“分层切割法”测定标准木的树干、树皮、树枝、树叶的鲜质量;地下部分采用全根挖掘法测定标准木根系的鲜质量,共调查不同龄级标准木54株(其中4年生6株,5年生6株,6年生3株,14年生5株,15年生11株,16年生5株,23年生10株,35年生8株);按各器官分别取样 $1\,000 \sim 1\,500\text{ g}$,将采集的各个样品带回置于室内烘箱中,在 $105^{\circ}C$ 下先进行30 min的杀青处理,然后将烘箱的温度调到 $80^{\circ}C$ 烘干至恒质量,测出各组分样品的含水率,然后根据样品含水量推算出各组分的干质量。

采用SPSS 13.0软件进行数据处理及数学模型的建立。

3 结果与分析

3.1 单株各组分生物量分配比例

对54株标准木生物量测定数据分别龄组求平均值得知,日本落叶松幼、中、近、成等各林龄段单株的平均总生物量分别为3.617、29.846、123.954、177.482 kg。由各组分生物量占总生物量的比例及其随林龄的变化趋势(图1)可看出:各林龄段干、根、枝、皮、叶各器官生物量比值分别为32:17:23:11:17(幼龄);50:20:15:10:5(中龄);62:15:10:9:4(近熟龄);58:23:9:8:2(成熟龄);在林龄较小时,叶、枝、皮生物量占总生物量的比例较高,随着林龄增长,其比例呈逐年下降的趋势。即在不同年龄阶段,其生物量分配也不同,这与薛鹏^[7]对尾叶桉人工林生长量及生物量研究的结果是一致的。这是因为枝、叶片会在生长过程中不断凋落,尤其落叶松自然整枝的特性限制了其生物量的积累,随着其树皮年年自然脱落,树皮生物量的积累也较少,故随着树木的生长,叶、枝、皮的分配比例逐年减少。树干生物量的分配比例则随林龄增长而

逐渐升高,说明光合作用的主要产物基本用于增加树干的生物量,而树干生物量的有效增加直接提高了林

分的木材蓄积量,这与周群英^[8-9]对尾细桧人工林的生物量的研究得出的结论一致。

表1 落叶松人工林研究样地基本情况

样地号	海拔 /m	坡向	坡度 /($^{\circ}$)	坡位	土壤厚度 /cm	平均胸径 /cm	平均树高 /m	优势木高 /m	林龄 (龄组) /a	郁闭度	密度/(株·hm ⁻²)	蓄积量/(m ³ ·hm ⁻²)
LYS08-01	1 698	西	16	下	70	9.7	9.6	11.8	15(中)	0.85	2 450	77.453
LYS08-02	1 702	北	19	下	73	10.2	11.1	13.1	15(中)	0.85	2 317	99.074
LYS08-03	1 736	西北	24	下	50	9.4	10.2	12.4	15(中)	0.80	2 133	67.037
LYS08-04	1 692	南	21	中	39	14.8	14.9	17.4	23(近)	0.65	633	63.537
LYS08-05	1 644	东	27	中	45	16.1	15.8	17.4	23(近)	0.75	917	112.925
LYS08-06	1 655	西北	16	中	71	17.9	15.7	17.9	23(近)	0.70	567	84.405
LYS08-07	1 587	西南	17	中	69	19.2	18.9	19.0	23(近)	0.80	667	132.437
LYS08-08	1 587	西南	18	中上	73	17.5	16.9	18.9	23(近)	0.75	750	114.128
LYS08-09	1 568	南	22	中下	76	17.4	15.6	18.2	23(近)	0.65	650	91.391
LYS08-10	1 646	北	36	中下	30	20.6	21.6	24.9	35(成)	0.65	483	122.547
LYS08-11	1 618	西	33	中	45	21.4	19.7	22.4	35(成)	0.75	583	146.637
LYS08-12	1 620	西	31	中	45	21.8	20.3	21.2	35(成)	0.75	583	155.673
LYS08-13	1 604	东	30	中	70	18.9	16.2	18.5	35(成)	0.75	667	112.748
LYS08-14	1 589	西	35	中	70	18.7	16.5	18.9	35(成)	0.70	617	103.886
LYS08-15	1 561	西北	22	中	73	24.3	18.6	19.6	35(成)	0.75	417	126.027
LYS08-16	1 606	西北	34	下	63	3.4	3.6	4.7	6(幼)	0.35	2 900	5.738
LYS08-17	1 633	北	19	中上	75	3.3	3.7	5.3	6(幼)	0.35	3 017	5.783
LYS08-18	1 639	西北	25	中上	70	2.9	3.5	5.2	6(幼)	0.40	3 417	4.922
LYS08-19	1 617	西北	22	中上	73	3.5	3.9	5.2	6(幼)	0.40	3 233	7.226
LYS08-20	1 593	西北	19	中上	72	2.8	3.4	5.0	6(幼)	0.35	2 733	3.600
LYS08-21	1 603	西北	18	中上	65	3.4	4.1	5.2	6(幼)	0.35	2 933	6.486
LYS08-22	1 700	南	29	中下	68	10.8	10.0	11.9	15(中)	0.90	2 533	101.088
LYS08-23	1 715	西	28	中下	71	11.4	11.5	14.9	15(中)	0.85	2 083	103.512
LYS08-24	1 731	西	28	中下	71	12.1	11.9	15.2	15(中)	0.85	1 900	105.303
LYS08-25	1 786	西北	17	下	60	11.2	12.2	13.0	15(中)	0.90	2 267	114.662
LYS08-26	1 783	东北	21	下	85	9.5	11.1	12.8	15(中)	0.90	2 783	94.842
LYS08-27	1 790	东北	20	下	80	10.9	11.2	13.4	15(中)	0.80	2 383	106.619
LYS08-28	1 791	西南	26	中下	70	9.1	9.8	13.8	15(中)	0.80	2 567	65.781
LYS08-29	1 807	西南	37	中下	38	8.2	9.2	11.8	15(中)	0.80	2 833	50.649
LYS08-30	1 774	东	34	中下	40	9.4	10.2	12.7	15(中)	0.80	2 783	79.968
LYS08-31	1 417	西	24	中	66	3.2	3.3	4.7	6(幼)	0.40	2 983	5.316
LYS08-32	1 429	东	20	中	60	3.0	3.8	5.5	6(幼)	0.40	3 450	5.619
LYS08-33	1 438	西	20	中	65	4.2	4.7	6.0	6(幼)	0.40	3 167	11.352

注:幼、中、近、成分别为幼龄林(4~6 a)、中龄林(14~16 a)、近熟林(23 a)、成熟林(35 a)。

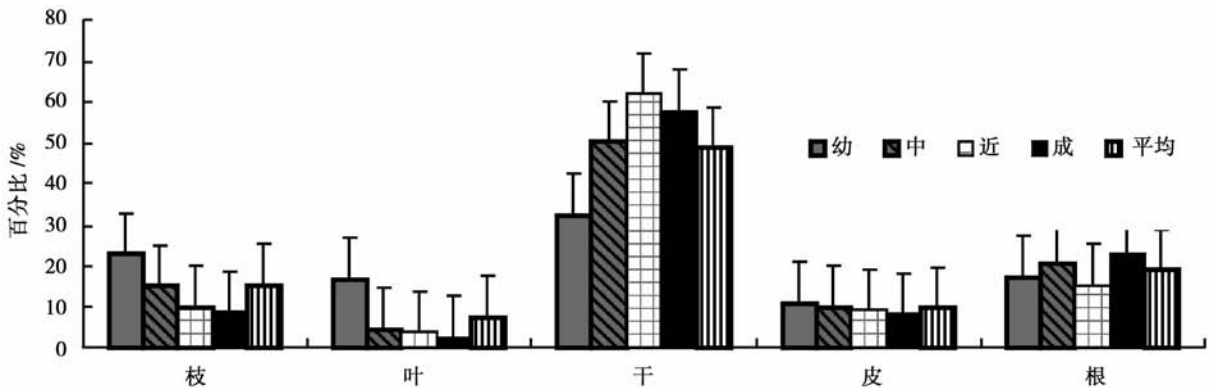


图1 日本落叶松单株各组分生物量占总生物量百分比随林龄的变化趋势

从日本落叶松单株各组分生物量这种比例关系可以看出:日本落叶松人工林干材生物量累积的比例关系与用材林的培育目标相一致,日本落叶松林中有

约8%左右的叶,加上凋落的细枝、树皮,对林地的养分归还起到了相当重要的作用,有利于林地养分的循环。因此,在生物量累积角度上说,日本落叶松作为

小陇山林区用材树种是非常有发展潜力的。

3.2 相对生长的相关性分析

3.2.1 林木树高、胸径与生物量的相关性 英国动物学家 Huxley 在 1923 年提出了相对生长定律^[10], 即某一生物有机体, 其整体和各器官之间以及各器官相互之间普遍存在着幂函数关系。这一定律被普遍应用于生物有机体研究的各个方面。林学界许多学者依此定律, 将林木胸径(D)、树高(H)2 个测树

因子作为自变量, 建立估测各器官生物量(W)的模型, 并进行了较为详细的研究。

本研究应用标准木各组生物量(W)与胸径(D)及树高(H)的实测值, 选用① $\ln W = A + B \ln D$ 、② $\ln W = A + BD + CD^2$ 、③ $\ln W = A + B \ln H$ 、④ $\ln W = A + B \ln(D^2H)$ 、⑤ $\ln W = A + B \ln D + C \ln H$ 5 个模型进行拟合, 结果见表 2。

表 2 5 个模型进行拟合后拟合优度(R^2)对比

模型	R^2					
	总生物量	干生物量	枝生物量	叶生物量	皮生物量	根生物量
$\ln W = A + B \ln D$	0.864	0.844	0.861	0.740	0.889	0.726
$\ln W = A + BD + CD^2$	0.976	0.963	0.918	0.796	0.946	0.829
$\ln W = A + B \ln H$	0.941	0.962	0.850	0.746	0.950	0.904
$\ln W = A + B \ln(D^2H)$	0.986	0.987	0.936	0.896	0.979	0.967
$\ln W = A + B \ln D + C \ln H$	0.912	0.916	0.834	0.792	0.917	0.969

A 、 B 、 C 为回归方程系数。

通过对拟合优度 R^2 的比较, 模型 $\ln W = A + B \ln(D^2H)$ 的 R^2 值最大。应用该模型建立小陇山林区日本落叶松各组生物量(W)与胸径(D)、树高(H)的关系(表 3), 经过回归分析表明: 各组生物量与 D^2H (即胸径的平方与树高的乘积) 之间存在着相关关系(拟合优度为 0.896 4 ~ 0.986 1), 经 F 检验, 其相关性达到极显著水平(F 值远大于 F 检验临界值 $F_{(1,52)} = 2.80$) (图 2 ~ 8)。由表 2 看出: 应用胸径(D)和树高(H)2 个因子的模型估测的林木生物量比只用胸径(D)更准确。这与木村允^[11]和王超^[12]等的研究结果是一致的。这是因为胸径是林业上广泛使用的测树因子, 是树种特性、年龄、立地条件和林分密度等因素的综合体现, 且便于测量, 因而是估测森林生物量和林地生产力的一个较为实用的指标; 而树高是树干的直接度量, 并且由于树木生长的协调性, 树高与胸径及其它营养部分的生长之间有密切关系, 所以利用胸径、树高这两个指标, 通过建立数学模型能较为精确地估测各组分的生物量。

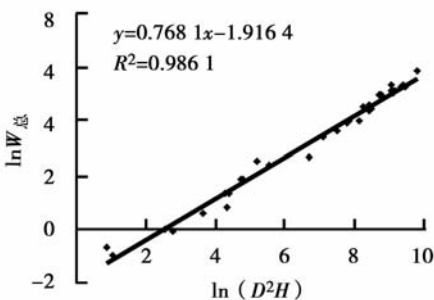


图 2 $\ln W_{\text{总生物量}}$ 与 $\ln(D^2H)$ 线性回归

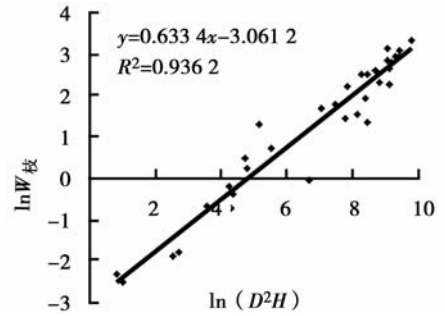


图 3 $\ln W_{\text{枝生物量}}$ 与 $\ln(D^2H)$ 线性回归

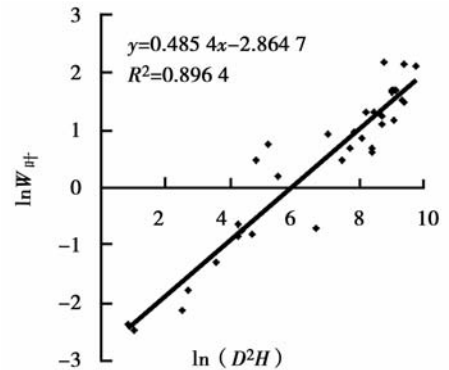


图 4 $\ln W_{\text{叶生物量}}$ 与 $\ln(D^2H)$ 线性回归

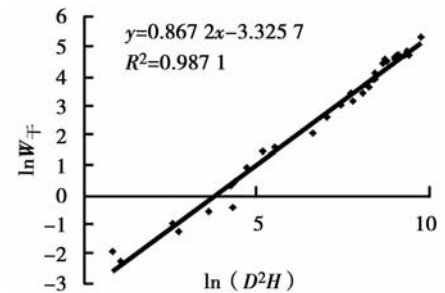


图 5 $\ln W_{\text{干生物量}}$ 与 $\ln(D^2H)$ 线性回归

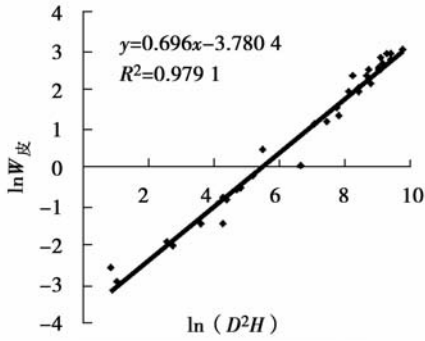


图6 $\ln W_{皮}$ 生物量与 $\ln(D^2 H)$ 线性回归

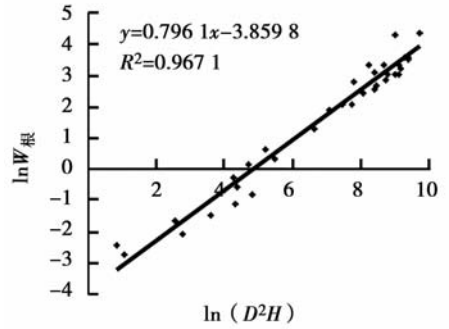


图7 $\ln W_{根}$ 生物量与 $\ln(D^2 H)$ 线性回归

表3 各组分生物量与 $(D^2 H)$ 回归模型拟合

组分	拟合模型	R^2	F 值	p 值
总生物量	$\ln W_{总} = -1.9164 + 0.7681 \ln(D^2 H)$	0.9861	3117.435	0.000
枝生物量	$\ln W_{枝} = -3.0612 + 0.6334 \ln(D^2 H)$	0.9362	641.170	0.000
叶生物量	$\ln W_{叶} = -2.8647 + 0.4854 \ln(D^2 H)$	0.8964	206.238	0.000
干生物量	$\ln W_{干} = -3.3257 + 0.8672 \ln(D^2 H)$	0.9871	4581.146	0.000
皮生物量	$\ln W_{皮} = -3.7804 + 0.696 \ln(D^2 H)$	0.9791	2013.833	0.000
根生物量	$\ln W_{根} = -3.8598 + 0.7961 \ln(D^2 H)$	0.9671	1163.880	0.000

3.2.2 叶生物量、根生物量与其它各组分生物量的回归分析 叶是植物进行光合作用、呼吸作用等一系列生理活动的主要部位,其大小、结构、形状等间接决定了树木个体的生长活力和生产力;而根系是植物直接与土壤接触的器官,一方面它不断地从土壤中吸收水分和养分,满足生长发育的需要,另一方面它又直接参与森林生态系统的物质循环和能量流动过程,对改善土壤结构、培肥地力和保持土壤生产力起着至关重要的作用,还具有支撑树体及固持土体的功能,林木根系的分布特征及其对于干旱环境的抵御能力是本地区林地生产力高低的主要决定因素,因此分析各组分生物量与根、叶生物量之间的相对生长关系是必要的。从表4、5可知:各器官生物量其相互之间的拟合优度 R^2 值为 0.8645 ~ 0.9804,这种相关性反应了落叶松各营养部分与根、叶之间的协调关系。对于进一步深入研究,以及人工林的实际经营管理中,合理调节各器官比例,形成最佳生物量结构,获得最好的造林效果具有重要意义。

表4 日本落叶松各组分生物量与叶生物量回归分析

回归模型	拟合优度 (R^2)
$\ln W_{总} = 2.677256 + 1.444794 \ln W_{叶}$	0.9170
$\ln W_{枝} = 0.704779 + 1.241213 \ln W_{叶}$	0.9451
$\ln W_{干} = 1.869106 + 1.612758 \ln W_{叶}$	0.8973
$\ln W_{皮} = 0.385827 + 1.300363 \ln W_{叶}$	0.8985
$\ln W_{根} = 0.914223 + 1.468059 \ln W_{叶}$	0.8645

表5 日本落叶松各组分生物量与根生物量回归分析

各部分生物量与根生物量回归模型	拟合优度 (R^2)
$\ln W_{总} = 1.836825 + 0.946154 \ln W_{根}$	0.9804
$\ln W_{枝} = 0.034004 + 0.780013 \ln W_{根}$	0.9305
$\ln W_{叶} = -0.478669 + 0.588868 \ln W_{根}$	0.8645
$\ln W_{干} = 0.919722 + 1.063355 \ln W_{根}$	0.9725
$\ln W_{皮} = -0.374215 + 0.853893 \ln W_{根}$	0.9659

各组分生物量与根生物量的拟合优度明显高于各组分生物量与叶生物量的拟合优度,这是因为小陇山林区日本落叶松林分密度普遍较大,郁闭度高,自然整枝明显,林木枝叶量偏少,加之取样当年(2008年)小陇山林区日本落叶松林分不同程度受到叶蜂的危害,导致出现这种结果,即便如此,其相关关系也达到了极显著水平。

3.2.3 各组分生物量与林龄的相关性 对标准木各组分生物量及总生物量与其林龄(用 T 表示)之间用3个关系式(① $W = A + BT$ 、② $W = AT^b$ 、③ $W = 1/(1/(U + A(BT)))$)进行拟合,比较3种模型的相关系数,以幂函数为最好,因此用幂函数拟合各组分生物量与林龄之间的回归关系(表6)。

由表6看出:落叶松单株生物量与树龄间存在较好的函数关系,因此在精度要求不是很高的情况下,以树龄-生物量回归模型估计林木的生产力水平是可行的,而且测定年龄相对简便。在各组分生物量与林龄的回归分析中,也是枝、叶生物量的拟合优度最差,这与上述各组分生物量与叶生物量拟合

优度较差的原因相同。

表6 日本落叶松各组分生物量与林龄回归分析

回归关系式	相关系数(R)
$W_{总} = 0.007T^{5.016}$	0.883 0
$W_{枝} = 0.04T^{2.419}$	0.777 9
$W_{叶} = 0.01T^{1.827}$	0.724 0
$W_{干} = 0.001T^{3.449}$	0.890 0
$W_{皮} = 0.001T^{2.794}$	0.901 0
$W_{根} = 0.001T^{3.253}$	0.900 0

3.2.4 地上地下生物量的相关性 对标准木地上部分生物量与地下部分生物量之间应用双对数直线关系进行线性回归分析,经 F 检验和相关系数检验得知,其相互之间有显著的相关性,相关系数为 0.984 9,回归模型为:

$$\ln W_{地上} = 1.654\ 772 + 0.933\ 154 \ln W_{地下}$$

3.2.5 总生物量与立木材积的相关性 对标准木总生物量与蓄积量(M)之间用双对数直线关系进行线性回归分析,其相互之间有显著的相关性,相关系数为 0.993 1,回归模型为:

$$\ln W_{总} = 6.166\ 965 + 0.851\ 385 \ln M$$

4 结论

(1)在小陇山林区日本落叶松单株各组分生物量干质量分配中,按所占比例由大到小的顺序依次为干、根、枝、皮、叶,比值约为 25:9:7:5:2。根据这一比例可通过测定某一组分的生物量来推算其它组分的生物量,从而减少生物量测定的工作量。

(2)小陇山日本落叶松单株各组分生物量之间及其与总生物量之间存在着极显著的相关性,并且各组分生物量及总生物量随着根、叶生物量的增加而增加,这从一定程度上反映了植物各营养部分与根、叶之间的相关性和协调性;并且地上部分生物量与地下部分生物量的相关性显著,地上部分生物量随着地下部分生物量的增大而增加。这种相关性反映了植物地上部分与地下部分的协调统一性。

(3)林分蓄积量是森林类型、年龄、立地条件和林分密度等诸多因素的综合体现,并且蓄积量的测定相对于生物量的测定要容易得多,因为单株蓄积量与生物量之间存在良好的相关关系,所以由林木

蓄积量推算生物量是可行的。

(4)生物量测定(特别是根生物量测定)相当困难,其外业数据需经过一系列复杂而又繁重的体力劳动才能获得,同时还需花大量的时间对外业取回的样品进行处理,而本研究表明:单株各组分生物量及总生物量与胸径的平方和、树高乘积之间存在着显著的相关性,模型拟合优度极佳,达到极显著水平,因此可以直接应用于生物量的预测;落叶松单株生物量与树龄间存在较好的函数关系,在精度要求不是很高的情况下,以树龄-生物量回归模型估计林木的生产力水平也是可行的,而且测定年龄相对简便。所以,在今后的生产实践和科研工作(如测定碳储量、计算叶面积)中,不必再直接测定生物量,而可以依据不同的精度要求以树龄-生物量回归模型或者(D^2H)-生物量回归模型就可以方便快捷的得到生物量的预测值,从而简化了生物量的测定。

参考文献:

- [1] 郑景明,张育红. 林分生物量研究综述[J]. 辽宁林业科技,1984(4):43-45
- [2] 沈作奎,鲁胜平,艾训儒. 日本落叶松人工林生物量与生产力的研究[J]. 湖北民族学院学报,2005,23(3):289-292
- [3] 张光灿,周泽福,刘霞,等. 黄土丘陵区油松水土保持林生长过程与直径结构[J]. 应用生态学报,2007,18(4):728-734
- [4] 潘维涛,李利村,高正衡. 2个不同地域类型杉木林的生物产量和营养元素分布[J]. 中南林业科技,1979(4):1-14
- [5] 冯宗炜,陈楚莹,张家武. 湖南会同地区马尾松林生物量的测定[J]. 林业科学,1982,18(2):127-134
- [6] 杨金明,范文义. 小兴安岭主要树种生物量的理论模型[J]. 东北林业大学学报,2011,39(3):46-48
- [7] 薛鹏. 雷州林业局6年生尾叶桉人工林生长量及生物量研究[J]. 桉树科技,2009,26(1):18-21
- [8] 周群英,陈少雄,韩斐扬,等. 不同林龄尾细桉人工林的生物量和能量分配[J]. 应用生态学报,2010,21(1):16-22
- [9] 周群英,陈少雄,韩斐扬,等. 尾细桉等5种桉树无性系生物量和能量的比较研究[J]. 林业科学研究,2010,23(1):18-24
- [10] 潘维涛,田大伦. 森林生态系统第一生产量的测定技术方法[J]. 湖南林业科学,1981(2):1-12
- [11] 木村允(姜恩等译). 陆地植物群落的生产量测定方法[M]. 北京:科学出版社,1981
- [12] 王超,高红真,臧永琪. 白桦林木单株生物量的研究[J]. 林业科技,2010,35(1):7-9