林业科学研究 2012,25(5):582～589
Forest Research

文章编号:1001-1498(2012)05-0582-08

西藏南伊沟林芝云杉林生物量与生产力研究

方江平

(西藏农牧学院,西藏 林芝 860000)

摘要:采用样地调查及标准样木收获法,研究西藏米林南伊沟成熟林芝云杉(*Picea likiangensis* var. *linzhiensis*)林乔木层、灌木层、草本层、死亡木、凋落物层的生物量与生产力及其分配规律。结果表明:林芝云杉林生态系统总的生物量为367.49 t·hm^{-2},其中乔木层生物量最高276.64 t·hm^{-2},占总生物量的75.28%,其次是凋落层的生物量40.65 t·hm^{-2},占总生物量的11.06%。在乔木层中,干材生物量201.23 t·hm^{-2}(69.32%),皮25.53 t·hm^{-2}(8.79%),枝17.80 t·hm^{-2}(6.13%),叶3.33 t·hm^{-2}(1.15%),根42.87 t·hm^{-2}(14.61%)。随着树木的生长,干材生物量所占比例增大,而枝、叶的比例则减小。林芝云杉林生态系统生产力为10.65 t·hm^{-2}·a^{-1},其中乔木层最高5.00 t·hm^{-2}·a^{-1},占总生产力的46.94%,其次为凋落层3.40 t·hm^{-2}·a^{-1},占总生产力31.94%。在乔木层中仍以树干生产力最大2.58 t·hm^{-2}·a^{-1},依次为枝(0.89 t·hm^{-2}·a^{-1})、叶(0.67 t·hm^{-2}·a^{-1})、根(0.54 t·hm^{-2}·a^{-1})、皮(0.33 t·hm^{-2}·a^{-1})。

关键词:林芝云杉林;生物量;生产力;分布规律;西藏;南伊沟

中图分类号:S791.189 **文献标识码**:A

Study on Biomass and Productivity of *Picea likiangensis* var. *linzhiensis* Forest in Nanyigou of Tibet

FANG Jiang-ping

(Tibet Agricultural and Animal Husbandry College, Linzhi 860000, Tibet, China)

Abstract: Based on the data collected from a standard permanent plot of a primary *Picea likiangensis* var. *linzhiensis* forest in Milin Nanyigou in Tibet, the amount and distribution of biomass and productivity were studied by investigating and sample tree harvesting method. The results showed that the total vegetation biomass of *P. likiangensis* var. *linzhiensis* forest was 367.49 t·hm^{-2}, of which overstory trees contributed the large proportion (75.28%) and amounted to 276.64 t·hm^{-2}. The litter layer ranked the second with the biomass amount of 40.65 t·hm^{-2}, accounted for 11.06% of the total biomass. In the overstory layer, the biomass was allocated as 201.23 t·hm^{-2} (69.32%) for trunk, 25.53 t·hm^{-2}(8.79%) for bark, 17.80 t·hm^{-2}(6.13%) for branch, 3.33 t·hm^{-2} (1.15%) for leaf, and 42.87 t·hm^{-2}(14.61%) for root. With the growth of trees, the biomass proportion of trunk and bark increased, while that of the branch and leaf decreased. The total vegetation productivity was 10.65 t·hm^{-2}·a^{-1}, of which overstory trees contributed a large proportion (46.94%) and amounted to 5.00 t·hm^{-2}·a^{-1}. The litter layer ranked the second with an amount of 3.40 t·hm^{-2}·a^{-1} that accounted for 31.94% of the total proportion. In the overstory layer, the proportion was allocated as 2.58 t·hm^{-2}·a^{-1} for trunk, 0.89 t·hm^{-2}·a^{-1} for branch, 0.67 t·hm^{-2}·a^{-1} for leaf, 0.54 t·hm^{-2}·a^{-1} for root and 0.33 t·hm^{-2}·a^{-1} for bark.

Key words: *Picea likiangensis* var. *linzhiensis* forest; biomass; productivity; distribution; Tibet; Nanyigou

收稿日期:2011-10-19

基金项目:国家林业推广课题(XZ2009-001)、西藏自治区科技重点项目(2011NY003)、学校211人才培养(SZRC-211-13)

作者简介:方江平(1967—),男,安徽安庆人,博士,教授,主要从事森林生态学和恢复生态学研究. Email:xzfjp@sina.com

森林生物量是指一个森林群落在一定时间内积累的有机质总量,作为森林生态系统的特征数据,是研究森林生态系统结构和功能的基础,生产力是反映森林生态系统结构优劣和功能高低的重要指标,其测定在森林生态系统研究中是一项不可缺少的基础性工作[1-2]。近年来,随着全球气候变化以及对碳循环的研究,森林作为地球陆地生态系统中最主要的碳库之一,其结果不仅极大地丰富了全球植被生物量的格局[3],而且对植被的恢复、经营和管理起了重要的作用[4]。因此,通过对森林生态系统生物量和生产力的研究,不仅能阐明生态系统物质、能源循环机制,探索森林碳库的分配与转化,而且对指导生产实践、调节和改善各种限制因素和最大限度地提高生态系统的生产力都具有重要的意义。

根据 2008 年全国第七次森林资源清查数据,西藏森林生物总量 18.98 亿 t,占全国的 12.04%,森林总碳汇量 9.53 亿 t,占全国的 12.2%,两项指标均居全国第一。在西藏森林中暗针叶林由云杉属(*Picea* Dietr.)、冷杉属(*Abies* Mill.)和铁杉属(*Tsuga* Carr.)的树种组成,它占西藏森林总面积的 48%,占总蓄积量的 61%,是西藏森林资源中最重要的组成部分[5]。西藏云杉属常见的树种有丽江云杉(*P. likiangensis*(Franch.) Pritz.)的变种川西云杉(*P. likiangensis* var. *balfouriana*(Rehd. et Wils.) Hillier ex Stavin)和林芝云杉(*P. likiangensis* var. *linzhiensis* Cheng et L. K. Fu)等,其中林芝云杉主要分布在波密以东、林芝、米林、朗县、工布江达、隆子、错那以至洛扎等地区,外观为常绿的高大乔木,其木材材质纹理通直,结构细而匀,木材纤维素含量高,松脂含量少,是上等的用材树种,也是云杉属中品质系数最高的树种。本文针对西藏林芝地区米林县南伊沟的成熟林芝云杉林,进行生物量与生产力及分布规律的研究,旨在为估算该地区暗针叶林的碳贮量提供科学依据,同时也为开展亚高山暗针叶林高产机制的生理生态学研究和模拟丰富数据。

1　研究区域

本研究设在西藏林芝地区米林县南伊沟林芝云杉自然保护区中,地理位置 29°09′ N、94°01′ E,海拔 3 050 m,属于典型的亚高原温带半湿润季风气候,年平均气温 8.2 ℃,最低月(1 月)平均气温为 -3.98 ℃,最高月(7 月)平均气温 19.23 ℃,年降水量 640 mm,85% 的雨水集中在 6—9 月份,无霜期为 170 天。

林分组成为林芝云杉天然纯林,群落终年呈现淡墨绿色,外观整齐,林分郁闭度为 0.6,固定样地内林木密度每公顷 172 株,其中 148 株为林芝云杉,平均胸径 68.9 cm,平均树高 27.0 m,平均年龄 210 年,优势木胸径达 158.0 cm,树高 54.0 m。下木层有急尖长苞冷杉(*Abies georgei* var. *smithii* Cheng et L. K. Fu)等。灌木层盖度 30%,有杯萼忍冬(*Lonicera inconspicua* Batal)、毛叶野丁香(*Leptodermis nigricans* H. Winkl.)、大花黄牡丹(*Paeonia ludlowii*)等。草本层盖度为 45%,有鳞毛蕨(*Dryopteris* sp.)、落芒草(*Oryzopsis tibetica* (Roshev.) P. C. Kuo)、川西千里光(*Senecio solidagineus*)等。苔藓层也比较发达,平均盖度 75%,主要有锦丝藓(*Actinothuidium hookeri* (Mitt.) Broth.)、多蒴曲尾藓(*Dicranum majus* Turn.)等。林下土壤为山地棕壤,土层平均厚度 80 cm,林地内代表性剖面的理化性状分析结果见表 1。

表 1　土壤理化性状

土壤深度/cm	土壤密度/($g \cdot cm^{-3}$)	最大持水量/%	总孔隙度/%	pH 值	有机质	N	P	K	Ca	Mg
					($g \cdot kg^{-1}$)					
A 层(0～31)	0.85	68.26	57.25	5.31	5.62	0.023	0.132	0.577	0.427	0.084
B 层(32～52)	1.07	47.79	50.01	5.89	1.04	0.012	0.112	0.462	0.365	0.066
C 层(53～80)	1.29	36.17	46.47	6.34	0.84	0.008	0.107	0.588	0.310	0.068

2　研究方法

在距林缘 20 m 以上的区域设置具有代表性、面积为 50 m×50 m 的固定样地,同时在附近设置 20 m×20 m 辅助样地。对固定样地中高度大于 1.5 m 的乔木进行每木检尺,分别记录树种名称、高度、胸径、冠幅、枝下高、相对坐标位置等信息。

2.1　林芝云杉生物量测定

根据自然保护区的实际情况和野外工作量的大小,以固定样地中林芝云杉平均胸径为界,将小于此胸径的树木等分为 3 个级别,而大于此胸径分为 1 个级别,在样地周边林分选择各级别的标准木和总林分的标准木,共 5 株,将其伐倒进行树干解析,采用“分层切割法”实测干、皮、枝、叶等组分的鲜质

量。根系采用挖掘法,在林冠垂直投影范围内,30 cm 为1 层,挖至 1.5 m 深处,分根头、大根(>10 cm)、粗根(10 ~ 1 cm)、中根(1 ~ 0.2 cm)和细根(<0.2 cm)测定鲜质量。各组分取样带回实验室,在 80 °C 恒温下烘干至恒质量,测算样品的含水率。考虑到成熟林中树高测量存在一些误差,所以本文采用5 株样木的数据,建立各组分的一元 $W = aD^b$ 相对生长方程来估算样地生物量。

2.2 下木层生物量测定

该群落下木层生物量较小,采用"单株标准木"法测量:依据固定样地的下木层胸径和树高数据,在样地附近林分中选择2 ~ 3 株标准木,将其伐倒,采用"分层切割法"实测各组分的鲜质量,采样、烘干后计算标准木的平均生物量,进而换算成单位面积下木层的生物量。

2.3 灌木和草本层生物量测定

样地中灌木呈集聚分布,采用"单株标准木"法测量:依据固定样地灌木的基径和冠幅数据,在辅助样地中,每种灌木选择3 ~ 5 株标准木,采用"分层切割法"实测各器官的鲜质量,从而得到每株标准木的生物量,进而换算成单位面积灌木层的生物量。草本层采用"全体收获法":在辅助样地中,随机设置5 个1 m×1 m 的草本样方,挖出各植物个体后,测定各组分鲜质量,继而换算成单位面积草本的生物量。

2.4 死亡木生物量测定

记录固定样地中每株死亡木的类型、腐烂级别、相对坐标、长度(高度)、直径等参数。由于树木死亡之后在较短的时间内其枝叶部分开始分解,根部很难挖取,因此死亡木的生物量仅测定地上存留的树干和树皮部分。首先根据死亡木的直径和长度,按圆台体计算各死亡木的体积,再乘以相应腐烂级别的密度即得到生物量。

腐烂级别划分为4 级,I 级为死亡时间较短,树干、树皮和侧枝仍比较完整的;II 级为枝叶完全脱落、树皮已脱落或易剥离、木质部还比较完整;III 级为木质部分外层已开始分解,但内部仍可明显感觉到木质部;IV 级为木质部内外均已分解,瘫陷于林地的。各腐烂级别的密度测量:在固定标准地周围选择各级死亡木5 株,从现存部分的上、中、下部位分别截取相同体积的样品,现场称湿质量后带回实验室,用排水法精确测量其体积后烘干称量,即可计算出样品的密度。

2.5 层间植物和苔藓层生物量测定

将辅助样地的层间植物全部收获,烘干后换算成层间植物生物量。同时,在辅助样地中随机选择10 块20 cm×20 cm 小样块,全部采集苔藓,带回实验室烘干,计算苔藓生物量。

2.6 凋落物生物量测定

按分解程度将凋落层分为未分解、半分解和已分解3 层,测量固定样地中每个小样方的凋落物层厚度。以各层平均厚度为依据,在辅助样地中随机选取10 块20 cm×20 cm 小样块,分层取样带回实验室烘干,计算单位面积凋落物的生物量。年凋落物量采用凋落物收集器测定法。

3 结果与分析

3.1 标准木生物量及分布

3.1.1 垂直分布 从林芝云杉标准木各组分生物量的垂直分布图(见图1)可以看出,树干基本呈正金字塔型分布,干形较为通直饱满,干材与树皮的生物量随树高增加而逐渐减少,到14.6 m(约1/2 树高)时,已积累了76.99%的干材和76.57%的树皮生物量,表现出针叶树种的特征。枝和叶的生物量主要分布在14 m 以上的空间,特别是在18.6 ~ 24.6 m 范围内,分布57.37%的枝和47.98%的叶生物量,表现为林冠结构为锥形,枝条多水平生长。

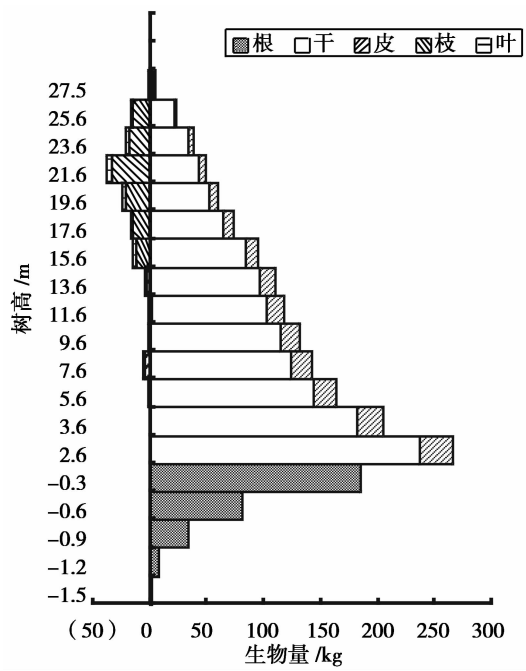

图1 林芝云杉标准木生物量垂直分布

对于地下部分而言,标准木树高 27.5 m,而 99.53% 的根系分布在 1.2 m 的土层中,并且 86.06% 根系生物量分布在 0 ～ 0.60 m 土壤层,表明林芝云杉浅根系的特征,这一方面由林芝云杉的生理特性所决定,另一方面与土壤中砾石含量较高,土层较浅有关。

从表 2 可见,根头生物量占根总量的 40.07%,大根占总量的 28.95%。细根生物量虽然仅占总量的 7.95%,但它是根系中最活跃、最敏感的部分,具有巨大的吸收表面积,是林木吸收水分和养分的主要器官。同时因其生长和周转迅速,对森林生态系统物质循环和能量流动起着十分重要的作用[6]。

表 2　林芝云杉标准木根系生物量结构

根类别	根头	大根	粗根	中根	细根	合计
生物量/kg	123.652	89.348	52.502	18.562	24.546	308.610
占根总量/%	40.07	28.95	17.01	6.01	7.95	100.00

3.1.2 水平分布　以标准木的树干为基点,在 8 个方向上绘制枝、叶、根等器官组分的实测生物量水平分布图(见图 2)。作为单株林芝云杉树木,由于不同方向的光照条件不同,加之坡向的影响,其枝、叶、根在水平分布上也有一定的差异。总体上东向的生物量比西向的要高一些,如东北、东南的枝条生物量分别占总枝量的 22.12%、19.71%,而西南、西北向枝条的生物量仅占总枝量的 5.12% 和 6.29%,前者是后者的 3 倍左右。叶的生物量与枝相似,这两个大方向上也有 2 倍之差。根系在各个方向上分布相对较均匀,在 6.19% ～ 9.39% 范围内(40.07% 的生物量分布在根头上)。

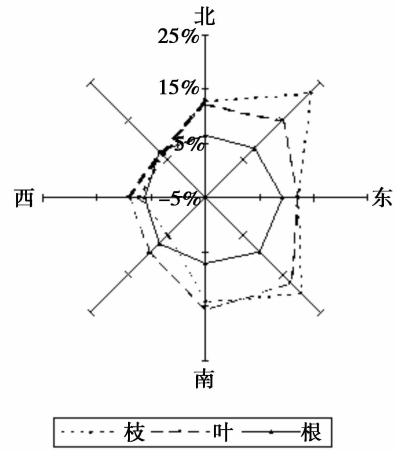

图 2　林芝云杉标准木生物量水平分布

3.2　生态系统生物量与分布

3.2.1　乔木层生物量与分布

(1)器官分布

从表 3 可见,林芝云杉林乔木层(不含下木层)总生物量为 276.64 t · hm^{-2}。其中树干生物量最大 201.23 t · hm^{-2},占乔木层总生物量的 69.32%;其次是树根 42.42 t · hm^{-2},占 14.61%;树叶生物量最小 3.33 t · hm^{-2},占 1.15%。各器官生物量大小顺序为:树干 > 树根 > 树皮 > 树枝 > 树叶。从表 3 中还可看出,由相对生长方程计算的乔木层总生物量与由干、皮、枝、叶、根各器官之和计算的总量有一定的差异,前者是后者的 95.29%。

表 3　乔木层各器官生物量分布

器官	干	皮	枝	叶	根	地上部分	总生物量
生物量/(kg · hm^{-2})	201 231.53	25 525.18	17 801.04	3 327.41	42 418.98	238 685.98	276 639.70
占总生物量/%	69.32	8.79	6.13	1.15	14.61	82.22	

注:表中总生物量是用相对生长方程计算的结果。

(2)径级分布

根据样地树木的胸径,以 20 cm 为径级,分别计算出各径级的生物量(见图 3)。随着径级的增加,生物量呈升高趋势。胸径 5 ～ 20 cm 范围内株数占总株数的 24.32%,而生物量仅占乔木层总生物量的 2.31%;140 ～ 160 cm 范围内株数为 13.51%,生物量高达 30.94%;大于 120 cm 的树木生物量占整个乔木层生物量近一半(46.72%)。

乔木层各器官中分配所占比差异较大。随着径级的增加,树干生物量所占总生物量比例从 53.07% 增加到 76.93%,增加 1.45 倍;树皮从 7.60% 升至 9.56%,增加 1.26 倍;树根从 2.80% 升至 19.69%,增加 7.03 倍;而枝条生物量所占总生物量比例从 44.17% 下降到 3.62%,下降 12.20 倍;树叶从 5.79% 降至 0.79%,下降 7.33 倍。以上数据说明,随着林木的生长,树干、树皮和树根的生物量所占比例逐渐增大,而树枝和树叶所占比例逐渐减少,并且树枝的降幅最大,同时地上部分与地下部分的生物量比值从 35.28: 1 下降到 4.27: 1,表明随着林芝云杉的生长,根系生物量所占比例逐渐增加,地上部分与地下部分生物量比值逐渐减小。分析原因认为,林芝云杉幼年时,所处环境比较阴湿,土壤

也非常肥沃,此时根部生长不是主要的,而更多的枝叶可以获得更多的阳光,有利于植株的生长,因此枝叶的生物量所占比例较大。等树木长大之后,高大的树木,必须有足够的根系才能支撑,否则就容易倒塌,这时枝叶的生物量所占比例自然就下降。

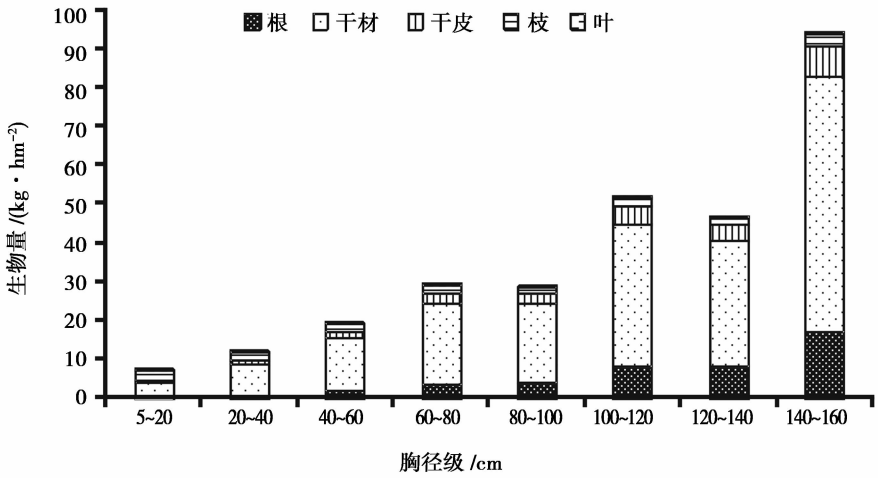

图3 不同径级中各器官生物量分布

3.2.2 林下植被生物量与分布 林芝云杉林中除高大的云杉外,还有一些冷杉、木姜子等乔木或小乔木,这里统称为下木层,除此之外,还有灌木层、草本层、藤本层和苔藓层,它们的生物量见表4。

表4 林下植被生物量 kg·hm^{-2}

项目	下木层	灌木层	草本层	藤本层	苔藓层	合计
地上部分	23 073.16	3 784.53	42.18	3.98	1 746.35	28 650.20
地下部分	3 847.55	927.93	49.31			4 824.79
总计	26 920.71	4 712.46	91.49	3.98	1 746.35	33 474.99

从表4可以看出,林芝云杉林中下木层生物量26.92 t·hm^{-2}。灌木层生物量4.71 t·hm^{-2}(含云杉更新幼树),其中以地上部分生物量为主。草本植物的生物量为91.49 kg·hm^{-2}(含云杉更新幼苗),其地上和地下部分几乎各占一半。群落中藤本植物有松萝、防已叶菝葜等,生物量为3.98 kg·hm^{-2}。另外林芝云杉群落郁闭度较大,林下阴冷潮湿,有利于苔藓层的生长,平均苔藓厚度12 cm,盖度75%,其生物量非常高,达1 746.35 kg·hm^{-2}。

3.2.3 凋落物生物量与分布 林芝云杉林中凋落物平均厚度为5.0 cm,其中未分解层最厚,达到2.1 cm(见表5)。凋落物总生物量(现储量)为40.647 t·hm^{-2},而未分解层所占比例最小,仅占总量的18.50%。实地调查发现,未分解层主要是枝条,虽然厚度大但空隙较多,密度低,生物量相对较小。凋落物下方的已分解层生物量最大,占凋落物层总生物量的一半还多,说明林芝云杉林凋落物开始分解速度较快,但要完全分解完是非常困难。

表5 凋落物生物量

层次	未分解	半分解	已分解	合计
厚度/cm	2.1	1.7	1.2	5.0
生物量/(kg·hm^{-2})	7 520.343	9 758.593	23 367.882	40 646.818
占总量/%	18.50	24.01	57.49	100.00

3.2.4 死亡木生物量与分布 林芝云杉林中每公顷有各级死亡木73株,总生物量为16.72 t·hm^{-2}(见表6)。在各级死亡木中,I级死亡木的生物量最大10.38 t·hm^{-2},占总死亡木生物量的62.05%,其原因是I级死亡木表示近几年死亡的树木,其干皮还没有分解,木材密度较大,相应生物量最大。

表6 死亡木生物量

死亡木类型	密度/(株·hm^{-2})	生物量/(kg·hm^{-2})					占总量/%
		Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级	合计	
倒木	23	4 408.342	1 251.176		73.694	5 733.211	34.28
枯折木	50	5 968.820	1 423.605	2 655.178	943.757	10 991.359	65.72
合计	73	10 377.162	2 674.781	2 655.178	1 017.451	16 724.570	100.00
占总量/%		62.05	15.99	15.88	6.08	100.00	

实地调查发现,林芝云杉林中的死亡木主要包括枯立木、干基折断木、干中折断木和拔根倒木 4 种类型,其中前三者合称为枯折木。从表 6 可以看到,枯折木的生物量为 10.99 t · hm^{-2},占死亡木总生物量的 65.72%,它们在林地上可以维持很长的站立时间,直到木质部完全分解腐烂后才可能倒下,这样无形中就延长了养分循环的时间;相对而言,树干倒地后,在这种阴湿的环境下,枝叶可以在很短时间里分解,然后树干上立即生长苔藓一类的低等植物,进而可以促进蕨类的生长。

3.2.5　生态系统生物量与分布　从表 7 可以看出,林芝云杉林生态系统总生物量为 367.49 t · hm^{-2},其中乔木层生物量最大,占 75.28%,其次是凋落物层和下木层,它们分别占总量的 11.06% 和 7.33%,其它层所占比例较小。地上部分所占比例为 87.14%。

表 7　生态系统的生物量与分布

项目	乔木	下木	灌木	草本	苔藓	死亡木	凋落物	合计	地上部分
生物量/(t · hm^{-2})	276.64	26.92	4.71	0.09	1.75	16.73	40.65	367.49	320.24
占总量/%	75.28	7.33	1.28	0.02	0.48	4.55	11.06	100.00	87.14

3.3　生态系统生产力与分布

3.3.1　乔木层生产力与分布　干、皮和根的生产力按现存生物量除以树木年龄逐株计算,枝的生产力按枝条生物量除以枝条在树体上保存的时间(20 年)[7]来计算,叶的生产力按叶的生物量除以树叶在枝条上着生的年限(5 年)[7]来计算,结果见表 8。

表 8　乔木层生产力

器官	干	皮	枝	叶	根	合计
生产力/(kg · hm^{-2} · a^{-1})	2 576.94	326.87	890.05	665.48	543.21	5 002.55
占总量/%	51.51	6.54	17.79	13.30	10.86	100.00

从表 8 中可以看到,林芝云杉林乔木层的总生产力为 5 002.55 kg · hm^{-2} · a^{-1},其中树干的生产力最大,占乔木层总生产力的 51.51%,而树皮的生产力最低,仅占 6.54%。

3.3.2　林下植被生产力与分布　下木层以单株标准木的生产力乘以林分密度来计算,其中干、根和枝的生产力同乔木层计算方法,而叶生产力分为两种情况,落叶树的叶生产力就是叶生物量,针叶树仍按乔木层方法计算。灌木层干和根按平均 20 年生长期计算,林分中的灌木均为落叶植物,所以叶、花、果等生产力均为年生物量,云杉幼树的叶生产力按 5 年生计算。草本层地上部分每年均凋萎,因此地上生产力就是它的生物量,地下部分平均按 4 年生长计算[7],对于林芝云杉幼苗,地上地下部分均按 4 年计算。藤本层按平均生长年限为 20 年计算。苔藓层按平均 4 年生长计算[7],结果见表 9。

表 9　林下植被生产力　　kg · hm^{-2} · a^{-1}

项目	下木层	灌木层	草本层	藤本层	苔藓层	合计
地上部分	1 129.38	472.30	40.54	0.20	436.59	2 079.01
地下部分	110.53	46.40	12.33			169.26
总计	1 239.91	518.70	52.87	0.20	436.59	2 248.27

从表 9 可见,原始林芝云杉林下木层生产力为 1 239.91 kg · hm^{-2} · a^{-1}。灌木层生产力 518.70 kg · hm^{-2} · a^{-1}(含云杉更新幼树)。草本植物的生产力 52.87 kg · hm^{-2} · a^{-1}(含云杉更新幼苗),地上部分生产力明显高于地下部分。群落中藤本植物生产力为 0.20 kg · hm^{-2} · a^{-1},苔藓层的生产力高达 436.59 kg · hm^{-2} · a^{-1}。

3.3.3　生态系统生产力与分布　从表 10 可见,原始林芝云杉生态系统净初级生产力为 10.65 t · hm^{-2} · a^{-1}(不包含地下凋落物部分)。其中乔木层生产力最高,为 5.00 t · hm^{-2} · a^{-1},占总生产力的 46.96%;其次是凋落物,占总量的 31.94%。在原始林芝云杉林中,有近 1/3 的生产力作用于凋落物上,从森林经营角度来看,显然原始林不利于乔木的生产,但它可以提高土地肥力,说明原始林对改善土壤、保持肥力有巨大的作用。

表10 生态系统的生产力与分布

项目	乔木	下木	灌木	草本	藤本	苔藓	凋落物	总量
生产力/(kg·hm^{-2}·a^{-1})	5 002.55	1 239.91	518.70	52.87	0.2	436.59	3 402.08	10 652.89
占总量/%	46.96	11.64	4.87	0.50	0.002	4.10	31.94	100.00

4 结论与讨论

(1)西藏天然林芝云杉林的标准木,近80%的干材和树皮生物量集中在树体中下部,而枝和叶的生物量则集中分布在中上部,特别是当年生叶,更集中在上部林冠层。对根系而言,86.06%的生物量集中在0～0.60 cm土层中。枝和叶的水平生长主要取决于空间的开阔性,而根在水平方向上无显著差异。

(2)西藏天然林芝云杉林乔木层总生物量为276.64 t·hm^{-2},在各器官中的分配规律为干材(69.32%)>树根(14.61%)>树皮(8.79%)>树枝(6.13%)>树叶(1.15%)。随着树木的生长,干材和树皮生物量逐步积累,所占比例相应增大,而枝和叶所占比例则逐步减小。根系生物量所占比重也随树木生长而增加,但地上与地下部分生物量比值逐渐减小。

(3)西藏天然林芝云杉林中乔木层的生物量最高,占总生物量的75.28%,如果再加下木层的生物量,所占比重为82.61%。这个比重明显低于人工林中乔木层所占的比例,如落叶松—白桦林、太岳林区油松人工林、湖南会同杉木人工林和海南热带山地雨林乔木层分别占90.36%、98.65%、99%和96.92%[8]。分析原因认为,西藏林芝云杉林人为干扰极少,加之林分属成过熟林,林木老化树势衰弱,造成凋落物和死亡木的生物量较高,分别占总生物量的11.06%和4.55%,所以导致乔木层比例下降。

(4)西藏天然林芝云杉林中凋落物生物量为40.65 t·hm^{-2},远低于天山森林(222.6～124.1 t·hm^{-2})[9],与四川亚高山针叶林接近(31.94～76.90 t·hm^{-2})[10],高于峨眉冷杉林(21.35 t·hm^{-2})[7]。死亡木的生物量为16.73 t·hm^{-2},低于长白山暗针叶林(39.15 t·hm^{-2})[11],与秦岭巴山冷杉林接近(15.848 t·hm^{-2})[12]。

(5)西藏天然林芝云杉林总生物量为367.49 t·hm^{-2},相比较而言,高出世界亚寒带针叶林的平均水平生物量(200 t·hm^{-2}),在热带林生物量的范围内(350～440 t·hm^{-2})[13]。同时,高于天山云杉林(216.17 t·hm^{-2})[14]和贺兰山区的青海云杉(127.26 t·hm^{-2})[15],略高于滇西北油麦吊云杉林(313.99 t·hm^{-2})[16],也高于青藏高原东南缘贡嘎山相近海拔(3 580和3 650 m)的峨眉冷杉(279.82 t·hm^{-2})和鳞皮冷杉(282.59 t·hm^{-2})[17]林的生物量,但低于较低海拔(3 150 m)峨眉冷杉的生物量(544.52 t·hm^{-2})[17]和本区域的急尖长苞冷杉林(424.52 t·hm^{-2})[13]。与我国其他地带的森林生物量相比,远高于湖南会同杉木和马尾松人工林的生物量(分别为156.31和106.80 t·hm^{-2})[18],与温带成熟林的生物量(328.75 t·hm^{-2})[19]相近,低于南亚热带鼎湖山季风常绿阔叶林的(425.47 t·hm^{-2})[20]和中亚热带武夷山甜槠林的(407.28 t·hm^{-2})[21]相近。可见,西藏原始林芝云杉林群落的生物量较高,主要是因为林龄较大,生物量积累时间长,人为破坏较少,因此加强老林的保护有利于提高森林生态系统生物量和碳贮量。

(6)西藏天然林芝云杉林年凋落量为3.40 t·hm^{-2}·a^{-1}。与其它森林类型的年凋落量比较,明显低于浙江中亚热带常绿阔叶林(5.55 t·hm^{-2}·a^{-1})[22],也低于广西里骆杉木人工林(4.62 t·hm^{-2}·a^{-1})[23]和长白山温带山地森林(3.84 t·hm^{-2}·a^{-1})[24],高于广东南亚热带针叶林(2.70 t·hm^{-2}·a^{-1})[25],明显高于湖南会同杉木人工林(1.76 t·hm^{-2}·a^{-1})[26]。林芝云杉林凋落物中叶的含量明显低于广西里骆杉木人工林(46.47%)[23]和湖南会同杉木人工林(48.2%)[26],而枝的含量相对较高,表明该林分达到了成熟年龄段,枝脱落比较严重。凋落物中杂物量非常高,说明林下灌木等比较发达。西藏原始林芝云杉林凋落量有明显的节律,一年呈现两个高峰期。第一个高峰期在生长初期,它是正常的针叶树换叶期间;第二个高峰期在生长末期,由落叶树和非生理性落枝落叶造成。而比较而言,一年中凋落枝量的变幅最小。

(7)西藏天然林芝云杉林乔木层的年生产力为5.00 t·hm^{-2}·a^{-1}(不含细根生产力),其分配规律为干材(51.51%)>树枝(17.79%)>树叶(13.30%)>树根(10.86%)>树皮(6.54%)。整个生态系统的年生产力为10.65 t·hm^{-2}·a^{-1}(不含细根生产力),乔木层年生产力最大,占总量的

46.96%,其次是凋落物年生产力达 3.40 t·hm^{-2}·a^{-1},占总量的 31.94%,说明原始林在维持和提高土地肥力上有巨大贡献。

(8)西藏原始林芝云杉林年总生产力为 7.25 t·hm^{-2}·a^{-1}(不含凋落物和细根生产力),低于四川峨眉冷杉人工林(8.48 t·hm^{-2}·a^{-1})[7]和川西高山红杉林(8.95 t·hm^{-2}·a^{-1})[27],更低于四川的日本落叶松林(12.25 t·hm^{-2}·a^{-1})[28]、甘肃天水的华山松林(10.80 t·hm^{-2}·a^{-1})[29]和东北的红松林(24.31 t·hm^{-2}·a^{-1})[30],与四川马尔康地区云杉人工林(7.56 t·hm^{-2}·a^{-1})接近[31],高于四川松潘县的云杉天然林(4.68 t·hm^{-2}·a^{-1})[32]和四川凉山的云南松林(2.66 t·hm^{-2}·a^{-1})[33]。数据表明,西藏原始林芝云杉林目前不仅有较高的生物量,同时也有较高的生产力,应该进一步加强资源保护,使之成为世界范围内的高产森林生态系统。

参考文献:

[1] Somogyi Z, Cienciala E, Makipaa R, et a1. Indirect methods of large scale forest biomass estimation[J]. European Journal of Forest Research, 2007, 126: 197 – 207

[2] Garkoti S S. Estimates of biomass and primary productivity in a high altitude maple forest of the west central Himalayas[J]. Ecological Research, 2008, 23(1): 41 – 49

[3] Fang J Y. Chen A P, Peng C H, et al. Changes in forest biomass carbon storage in China between 1949 and 1998[J]. Science, 2001, 292: 2320 – 2322

[4] 项文化,田大伦,闫文德. 中低强度间伐对杆材阶段马尾松林生物量的影响[J]. 中南林学院学报, 2001, 21(1): 10 – 13

[5] 李文华. 西藏森林[M]. 北京: 科学出版社, 1985: 59 – 60

[6] 王光军,田大伦,闫文德,等. 湖南马尾松人工林群落细根生物量及时空动态研究[J]. 中国水土保持, 2009(5): 38 – 40

[7] 宿以明,刘兴良,向成华. 峨眉冷杉人工林分生物量和生产力研究[J]. 四川林业科技, 2000(2): 31 – 35

[8] 周晓峰. 中国森林生态系统定位研究[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1994: 451 – 578

[9] 李叙勇,孙继坤,常直海,等. 天山森林凋落物和枯枝落叶层的研究[J]. 土壤学报, 1997(4): 406 – 417

[10] 林　波,刘　庆,吴　彦,等. 亚高山针叶林人工恢复过程中凋落物动态分析[J]. 应用生态学报, 2004(9): 1491 – 1496

[11] 杨丽韫,代力民. 长白山北坡苔藓红松暗针叶林倒木分解及其养分含量[J]. 生态学报,2002(2): 185 – 189

[12] 李凌浩,党高弟,汪铁军,等. 秦岭巴山冷杉林粗死木质残体研究[J]. 植物生态学报, 1998(5): 51 – 57

[13] 方江平,项文化. 西藏色季拉山原始冷杉林生物量及其分布规律[J]. 林业科学, 2008,44(5): 17 – 23

[14] 王　燕,赵士洞. 天山云杉林生物量和生产力的研究[J]. 应用生态学报, 1999(4): 6 – 8

[15] 穆天民. 贺兰山区青海云杉森林群落的生物量[J]. 内蒙古林业科技, 1982(1): 34 – 45

[16] 吴兆录,党承林,和兆荣,等. 滇西北油麦吊云杉林生物量的初步研究[J]. 云南大学学报:自然科学版, 1994(3): 230 – 234

[17] 罗　辑,杨　忠,杨清伟. 贡嘎山森林生物量和生产力的研究[J]. 植物生态学报,2000(2): 191 – 196

[18] 冯宗炜,陈楚莹,张家武,等. 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

[19] 李文华,邓坤枚,李　飞. 长白山主要生态系统生物量生产量的研究[J]. 森林生态系统研究,1981(2): 34 – 50

[20] 张祝平,彭少麟,孙谷畴,等. 鼎湖山森林群落生物量和第一性生产力的研究[M]// 热带亚热带森林生态系统研究, 北京: 科学出版社, 1989:63 – 72

[21] 林益明,林　鹏,李振基,等. 武夷山甜槠群落的生物量和生产力[J]. 厦门大学学报:自然科学版,1996(2): 269 – 275

[22] 于明坚,陈启瑹,李铭红,等. 浙江建德青冈常绿阔叶林凋落量研究[J]. 植物生态学报, 1996(2): 144 – 150

[23] 温远光,黄承标. 里骆杉木人工林的凋落物产量[J]. 林业科技通讯, 1986(7): 12 – 16

[24] 程伯容,丁桂芳,许广山,等. 长白山红松阔叶林的生物养分循环[J]. 土壤学报,1987(2): 160 – 169

[25] 翁　轰,李志安,屠梦照,等. 鼎湖山森林凋落物量及营养元素含量研究[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1993(4): 299 – 304

[26] 冯宗炜,陈楚莹,王开平,等. 亚热带杉木纯林生态系统中营养元素的积累、分配和循环的研究[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1985(4): 245 – 256

[27] 周世强,黄金燕. 四川红杉人工林分生物量和生产力的研究[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1991(1): 9 – 16

[28] 宿以明. 日本落叶松人工林生物量和生产力的研究[J]. 四川林业科技, 1995(3): 36 – 42

[29] 贺庆棠. 用生物量法对植物群体太阳能利用率的初步估算[J]. 北京林业大学学报,1986(3): 52 – 59

[30] 丁宝永,孙继华. 红松人工林生态系统生物生产力及养分循环研究[J]. 东北林业大学学报, 1989, 17(5): 1 – 98

[31] 鄢武先,宿以明,刘兴良,等. 云杉人工林生物量和生产力的研究[J]. 四川林业科技, 1991(4): 17 – 22

[32] 江　洪,朱家骏. 云杉天然林分生物量和生产力的研究[J]. 四川林业科技, 1986(2): 5 – 13

[33] 江　洪,林鸿荣. 飞播云南松林分生物量和生产力的系统研究[J]. 四川林业科技, 1985(4): 1 – 10