

大兴安岭不同龄组兴安落叶松林乔木层生物量分配

王 飞,叶冬梅,臧传富,张秋良*

(内蒙古农业大学 林学院,内蒙古 呼和浩特 010019)

摘 要:以内蒙古大兴安岭兴安落叶松天然林(*Larix gmelinii*)为研究对象,通过对幼龄林、中龄林、近熟林和成熟林的调查,采用异速生长方法,对兴安落叶松乔木层生物量器官分配特征及随龄组的变化规律进行分析。结果表明,杜香-兴安落叶松从幼龄至成熟林,乔木层生物量为 98.63~249.46 t/hm²,地上和地下生物量分别占 83.30%~88.40%和 12.60%~16.70%。总生物量及地上生物量随年龄增加而增大,根冠比则呈降低的趋势。兴安落叶松天然林各器官生物量积累因龄组而异,乔木生物量的主体为树干,占总生物量的 58.26%~68.78%,其次是根(11.38%~16.12%),叶生物量最小(1.01%~2.21%),随龄组的增加,树干生物量比例呈单峰曲线,地上生物量比例增加,树根、树枝、树皮和树叶生物量比例则呈“U”型曲线,在近熟林最低。如果采用本地的参数并按年龄进行详尽的调查和统计,得到的兴安落叶松林生物量和生产力的估算将更可靠。

关键词:大兴安岭;兴安落叶松;乔木层生物量;器官分配

中图分类号:S791.220.1

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2017)05-0023-06

Tree Biomass Distribution of *Larix gmelinii* in Daxing'anling Mountains of Inner Mongolia

WANG Fei, YE Dong-mei, ZANG Chuan-fu, ZHANG Qiu-liang*

(Forestry College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China)

Abstract: Taking the natural *Larix gmelinii* forests occurring in Daxing'anling Mountains in Inner Mongolia as the research objects, this paper analyzed the tree layer biomass distribution characteristics and the variations among different age groups based on the investigations on the young, middle-aged, nearly mature and mature forests. The results showed that the tree layer biomass of *Ledum palustre*-*L. gmelinii* forests from young to mature ranged from 98.63-249.46 t/hm², the ground and underground biomass accounted for 83.30%-88.40% and 12.60%-16.70%, respectively. Total biomass and ground biomass increased with forest age, but the root to crown ratio decreased with age. The biomass of different tree positions was different among different age groups. Tree trunk was the main body of tree biomass, which accounted 58.26%-68.78% of the total, followed by root(11.38%-16.12%), and leaf (1.01%-2.21%). The biomass percentage of tree trunk in total biomass presented a unimodal curve with the increase of the forest age, and the percentage of ground biomass increased with forest age. The percentages of root, branch, bark and leaf presented a "U-shaped" curve, lowest for the mature forest. It would be more reliable to estimate the biomass and productivity if the relative parameters of the local forest were adopted.

Key words: Daxing'anling Mountains; *Larix gmelinii*; tree biomass; organ distribution

森林生物量是生态学研究的一个重要领域,它为 能量流动和养分循环等功能过程提供基础数据^[1],是

收稿日期:2016-10-21 修回日期:2017-04-10

基金项目:国家科技重点研发计划项目(2017YFC0504100);内蒙古自治区博士基金(2014BS0318)。

作者简介:王 飞,女,副教授,研究方向:森林生态及可持续经营。E-mail:wangfeinihao2003@aliyun.com

*通信作者:张秋良,男,教授,博士生导师,研究方向:森林生态学。E-mail:zqlemai@vip.sina.com

全球变化对陆地生态系统生产力影响的基本工作^[2],能为探索生态系统的源汇关系,进而对全球变化进行预测提供基本资料^[3]。生物量的分配格局在很大程度上反映了植物对光能、水分和养分的利用效率,它是重要的资源配置方式,是森林植物净碳获取的重要推动因子,格局存在着很大的空间变异性^[4]。在当前,分析生物量龄组系列的分配特征,对于明确森林碳储量的变化有非常重要的意义^[5]。兴安落叶松林的生物量分配有很多文献^[6-7],但生物量器官、径级分配及其随龄组变化规律的研究还较少。

内蒙古大兴安岭林区居全国国有林区之首,兴安落叶松作为该地区的优势种,在我国寒温带森林中,其面积和蓄积分别占 55% 和 75%^[8],有杜鹃-兴安落叶松林、草类-兴安落叶松林、藓类-兴安落叶松林和杜香-兴安落叶松林等林型。其中,以杜香-兴安落叶松林最为典型,面积最大,占 50% 以上^[9]。本研究拟以不同年龄杜香-兴安落叶松林为对象,计算森林生物量,分析生物量器官及径级分配的动态变化,探求兴安落叶松林在生长发育过程中对空间环境资源的利用规律,以期为最大限度提高森林光能利用率提供基础数据。

表 1 兴安落叶松林样地概况

Table 1 The general situation of sample plots of *Larix gmelinii* forest

| 龄组 | 海拔 /m | 坡度 /(°) | 坡位 | 树种组成 | 年龄 /a | 郁闭度 /% | 密度 /(株·hm ⁻²) |
|-----|----------|------------|-----|---------|----------|-----------|------------------------------|
| 幼龄林 | 846 | <5 | 上坡 | 8 落 2 白 | 25 | 75 | 10 025 |
| 幼龄林 | 840 | <5 | 上坡 | 8 落 2 白 | 31 | 74 | 9 258 |
| 幼龄林 | 847 | <5 | 中上坡 | 8 落 2 白 | 35 | 75 | 9 736 |
| 中龄林 | 831 | <5 | 中上坡 | 9 落 1 白 | 78 | 71 | 2 408 |
| 中龄林 | 831 | <5 | 中上坡 | 9 落 1 白 | 80 | 69 | 2 388 |
| 中龄林 | 833 | <5 | 中上坡 | 9 落 1 白 | 72 | 65 | 2 298 |
| 近熟林 | 792 | <5 | 中坡 | 纯林 | 91 | 49 | 610 |
| 近熟林 | 790 | <5 | 中坡 | 纯林 | 97 | 48 | 823 |
| 近熟林 | 784 | <5 | 中坡 | 纯林 | 99 | 46 | 894 |
| 成熟林 | 840 | <5 | 上坡 | 纯林 | 136 | 43 | 833 |
| 成熟林 | 836 | <5 | 中上坡 | 纯林 | 112 | 45 | 762 |
| 成熟林 | 853 | <5 | 上坡 | 纯林 | 117 | 48 | 604 |

2 结果与分析

不同龄组林分总生物量和地上生物量分别为 98.63~249.46 t/hm² 和 82.15~220.53 t/hm²,地上生物量占总生物量 83.30%~88.40%,地下生物量占到了 12.60%~16.70%。随着龄组的增加,地上生物量及比例变化趋势相同,均呈逐渐增加的趋势(图 1)。

2.1 生物量器官分配及随年龄的变化规律

在森林生长发育的不同阶段,除了幼龄林外,林

1 研究区概况与研究方法

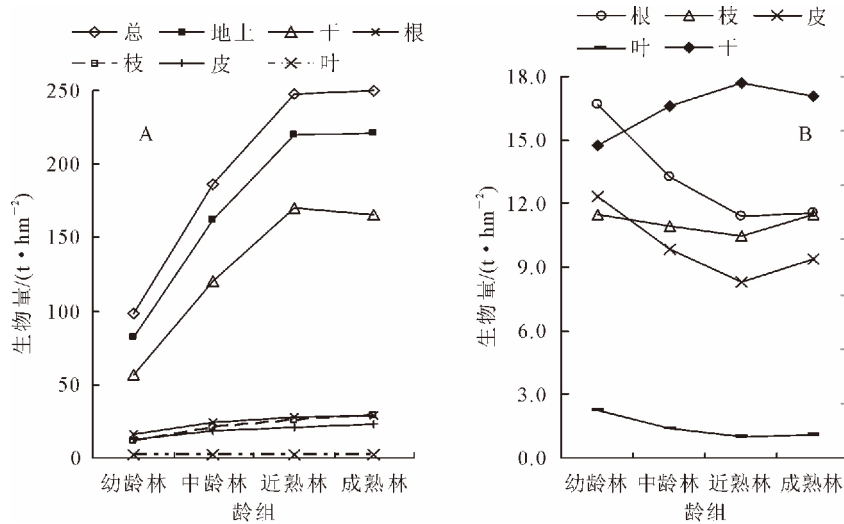
1.1 研究区概况

研究区位于国家林业局所属大兴安岭森林生态系统国家野外科学观测研究站试验区(50°49′-50°51′N,121°30′-121°31′E),地处大兴安岭北坡,属寒温带半湿润气候区。冬季(平均气温<10℃)长达 7 个月,夏季(平均气温≥22℃)不超过 1 个月。全年平均温度-4.1℃(据根河气象局 1971-2000 年气象数据计算而得),年降水量 450~500 mm,每年降水主要集中在 7-8 月,土壤类型主要为棕色针叶林土,土层 30~40 cm。主要乔木树种有兴安落叶松和少量白桦(*Betula platyphylla*)等^[10]。

1.2 研究方法

选择立地条件相似的杜香-兴安落叶松幼龄林、中龄林、近熟林和成熟林各 3 块(表 1)。对样地(30 m×30 m)内的林木每木检尺。兴安落叶松和白桦各器官生物量采用已有的模型进行估算^[11],将每木检尺测定的胸径代入兴安落叶松和白桦生物量公式中,计算出每株树木的各器官生物量,然后相加计算出每株树木总生物量,进而计算出林分总生物量。

分各器官生物量及其比例的大小顺序一致,均为:干>根>枝>皮>叶。不同龄组杜香-兴安落叶松林干、根、枝、皮和叶生物量变化范围分别为 56.46~170.48、16.48~28.93、11.33~28.58、12.18~23.40、2.18~2.67 t/hm²(图 1)。随龄组增加,各器官生物量变化不一,树干生物量随龄组的变化呈单峰曲线,在近熟林达到峰值;树枝、树根、树皮和地上生物量均随着龄组的增加而增大;树叶生物量则呈双峰曲线,在中龄林和成熟林较高,成熟林达到最大值(图 1)。



注: A 为生物量分配, B 为生物量比例分配。

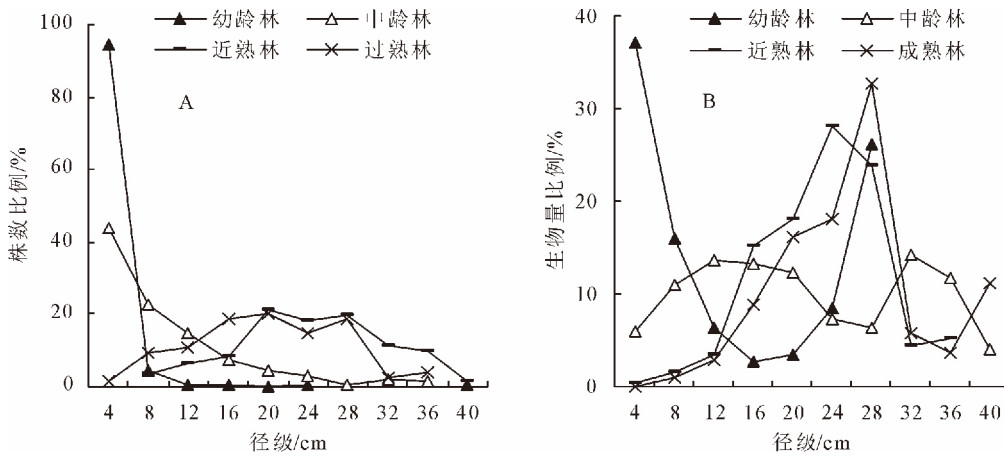
图 1 不同龄组兴安落叶松林分乔木层各组分生物量及生物量比例分配

Fig. 1 Biomass and proportion of different tree layer components of *L. gmelinii* forests with different ages

2.2 生物量的径级分布及随年龄的变化规律

林分在不同年龄阶段, 株数—径级分布比例的变化规律各异(图 2)。随径级增加, 幼中龄林均呈倒 J 字形, 在近成熟林中呈近似正态分布。近成熟林生物量比例随着径级的增加变化的趋势一致, 均为先增加到 28 和 32 径级达到最高值后, 开始下降, 而到 40 径级时又开始增加。

随着径级的增加, 所有龄组树干生物量比例均呈增加趋势; 树叶、树皮和树根生物量比例降低(图 3)。除了地上生物量比例有点区别外, 近成熟林和成熟林的总生物量和各组分生物量随着径级的变化趋势均一致, 可见从近成熟林开始, 兴安落叶松林基本上开始达到稳定。由于树高的测定误差较大, 故不对生物量比例随着树高的变化趋势做进一步研究。



注: A、B 分别为株数和生物量比例。

图 2 不同龄组兴安落叶松林株数和生物量比例径级分布

Fig. 2 Distribution of the number of trees and the proportion of the biomass of *L. gmelinii* forest

2.3 根系生物量径级及垂直分布

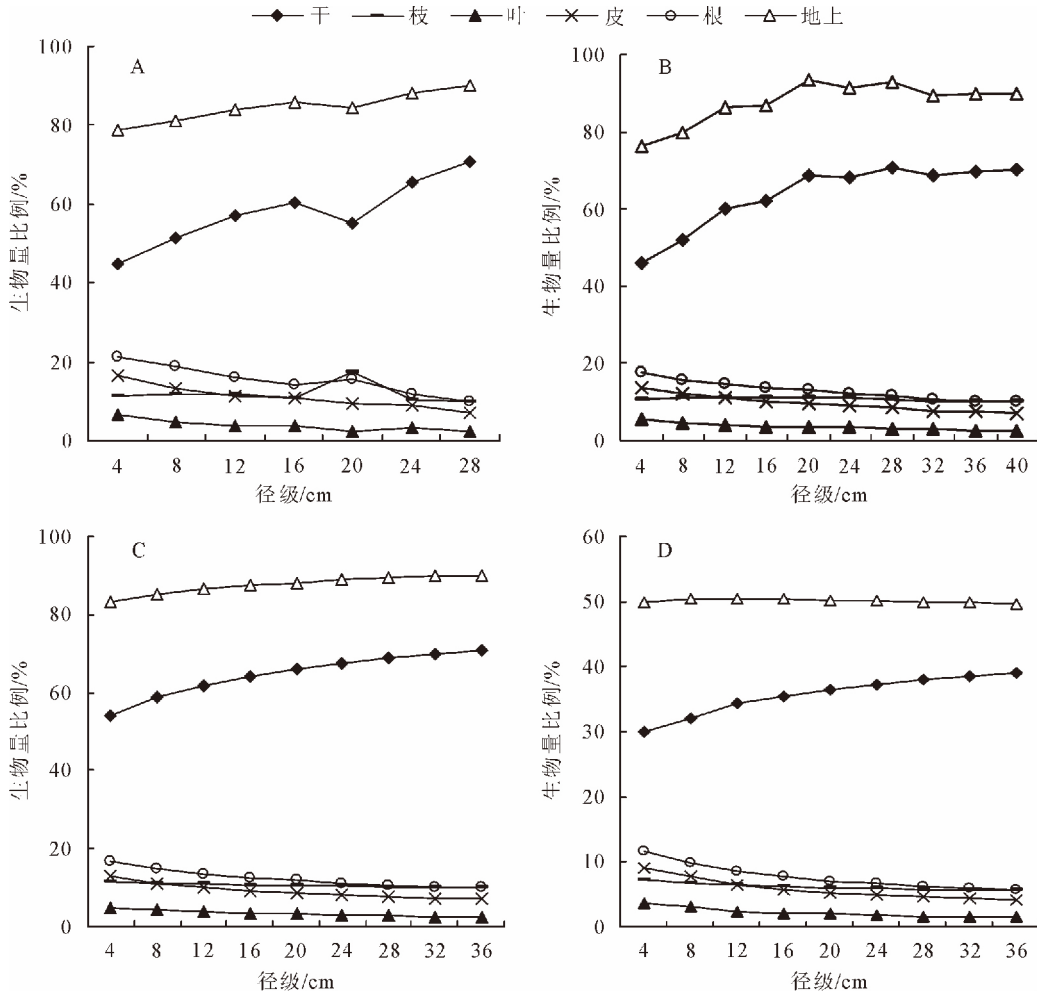
该部分内容仅以径级为 4~20 cm 径级部分林木的各粗度级根系生物量在土壤中的垂直分布做一个比较分析。兴安落叶松林根系的垂直分布较浅(较浅的原因), 4~10 径级的林木最深能够达到土壤 40 cm, 16~20 径级林木可以达到 60 cm 深处, 随着龄组的增加, 树木根系在垂直方向的分布范围增加。根系生物量多集中在 0~20 cm(图 4), 占总根生物量的

60%以上(除了 12 径级外)。0~20 cm 土层根系生物量分布数据的方差分析发现, 同一径级的林木, 根系粗度级不同, 组间差异都极显著($P < 0.01$)。

0~20 cm 土层, 同一粗度级根系在不同径级林木中差异均极显著($P < 0.01$), LSD 多重比较表明, 同一粗度级两两径级间比较差异也极显著($P < 0.01$)。随着林木径级(年龄)的增加, 0~20 cm 土层和 20~40 cm 土层(除了 8 径级小于 4 径级外)总

根系生物量呈逐渐增加的趋势。同一粗度级根系生物量随着林木径级(年龄)的增加而逐渐增大。根系粗度级不同,在林木根生物量中所占的比例不一致,但是 8、16 cm 和 20 cm 径级均以 2~5 cm 粗度的比例最大,且 2~5 cm 粗度的根系在不同层次的土壤中均表现出一定的优势。可见,兴安落叶松林 2~5 cm 粗度的根系在总生物量中贡献较大。各径级林

木根系的径级分布(图 5),从土壤表层向下,除了 > 10 cm 的根系外,不同粗度的根生物量随着深度的增加均表现为递减趋势。不同粗度级的根系在总根系生物量中所占比例不同(图 5),在 4~12 径级林木中,均以 >10 cm 粗度根所占比例最大(为 24.94~58.81),在 16~20 径级林木汇总以 2~5 cm 粗度比例最高(占 38.91%~42.17%)。



注: A、B、C、D 分布指幼龄林、中龄林、近熟林和成熟林。

图 3 兴安落叶松林各组分生物量比例径级分布

Fig. 3 DBH class distribution of the components of the proportion of biomass of *L. gmelinii* forest

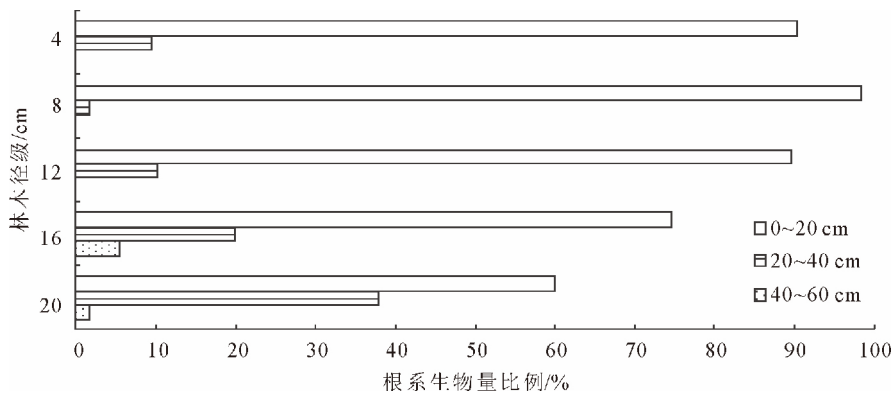


图 4 各径级林木根系生物量垂直分布比例

Fig. 4 Vertical distribution proportion of each class tree root biomass

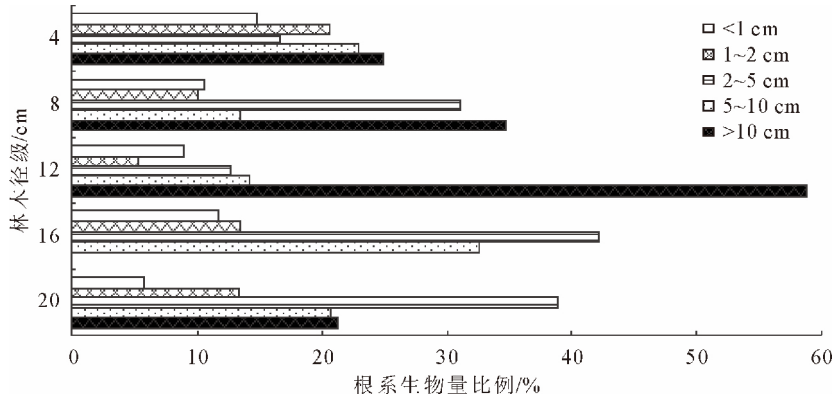


图 5 各径级林木根系生物量粗度分布比例

Fig. 5 Distribution proportion of each class tree root biomass

3 结论与讨论

3.1 兴安落叶松林总生物量

本研究中幼龄林地上生物量(82.15 t/hm²)大于刘志刚^[12]研究的 29 a 兴安落叶松天然林(56.74 t/hm²)。幼龄林的总生物量(98.63 t/hm²)小于刘世荣^[13]和齐光^[14]的研究结果。中龄林的地上生物量(161.55 t/hm²)大于刘志刚^[12]、鲍春生^[15]的研究结果。成熟林总生物量(249.46 t/hm²)大于吴刚^[16]和冯林^[17]的研究结果。可见,每个龄组各器官生物量与前人研究结果比较,都不是绝对的大或小。原因之一在于兴安落叶松林一个龄组内树木相差约 40 a,即使同一个龄级天然林,生物量相差很大也属正常,二是兴安落叶松在寒温带分布广,生境不同导致林分生物量差异很大。杜香-兴安落叶松林的生境属于冷湿型,地位级通常为Ⅲ~Ⅴ,前人研究大多没有说明所处林型,故结果对比没有规律性。

3.2 林分总生物量随年龄的变化

关于不同林龄森林生态系统生物量的变化,目前仍存在争议^[18]。兴安落叶松天然林总生物量随着龄组的增加呈增大的趋势,表现为系统能量和物质的积累过程,这与王立明^[19]、刘志刚^[12]、齐光^[14]的研究结果一致。

3.3 各器官生物量及其比例随年龄的变化

林分各器官生物量积累因龄组而异。乔木生物量的主体为树干,占总生物量的 58.26%~68.78%,根系生物量位居乔木层生物量第 2 位,说明兴安落叶松林有发达的根系,这对营养物质的循环(积累和消耗)起非常重要的作用。

各部分生物量分配在不同的年龄有所不同,随龄组增加,树干生物量比例增加到近熟林后比较变化平稳。这种变化对于以培育树干为主要经济生物量的兴安落叶松林是十分有利的。大兴安岭兴安落

叶松林多以幼中龄林为主,成过熟林面积少。兴安落叶松林在未来的碳汇能力会随着林分年龄的增加而越来越大,在生物量测算中考虑龄组因子,有利于更准确地估算区域植被碳汇能力。

3.4 生物量径级分布随年龄的变化

不同年龄阶段,株数-径级分布比例的变化规律有异。随着径级的增加,幼中龄林均呈倒 J 字形,在近成熟林中呈近似正态分布。近成熟林的株数与生物量比例随着径级的变化趋势一致,均呈近似正态分布,说明林分在经过自然稀疏、林木分化后将林分的径级结构调整到比较理想的状态。

参考文献:

[1] 尹惠妍,李海奎.多水平林木生物量估算方法研究[J].西北林学院学报,2016,31(2):38-44.
YIN H Y, LI H K. Estimation methods of forest biomass with different levels[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2016, 31(2): 38-44. (in Chinese)

[2] 刘贵峰,刘玉平,郭仲军,等.天山云杉林生物量及其变化规律的研究[J].西北林学院学报,2013,28(5):13-17.
LIU G F, LIU Y P, GUO Z J, et al. Study of biomass of *Picea schrenkiana* var *tianschanica* and its variation [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2013, 28(5): 13-17. (in Chinese)

[3] 梁倍,邱利,赵传燕,等.祁连山天老池流域灌丛地上生物量空间分布[J].应用生态学报,2014,25(2):367-373.
LIANG B, DI L, ZHAO C Y, et al. Spatial distribution of aboveground biomass of shrubs in Tianlaochi catchment of the Qilian Mountains [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2014, 25(2): 367-373. (in Chinese)

[4] 韩新生,王彦辉,李振华,等.六盘山叠沟华北落叶松人工林地上生物量的分配特征[J].西北林学院学报,2016,31(4):12-18.
HAN X S, WANG Y H, LI Z H, et al. Allocation characteristics of aboveground biomass of *Larix principis-rupprechtii* plantation in the Diegou Watershed of Liupan Mountains [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2016, 31(4): 12-18. (in Chinese)

- [5] 高杰,郭子健,刘艳红.北京松山不同龄级天然油松林生物量分配格局及其影响因子[J].生态学杂志,2016,35(6):1475-1480.
GAO J, GUO Z J, LIU Y H. Biomass allocation pattern and its influencing factors across natural Chinese pine forests of different ages in Songshan, Beijing[J]. Chinese Journal of Ecology, 2016, 35(6):1475-1480. (in Chinese)
- [6] 樊后保,李燕燕,苏兵强,等.马尾松-阔叶树混交异龄林生物量与生产力分配格局[J].生态学报,2006,26(8):2463-2473.
FAN H B, LI Y Y, SU B Q, *et al.* Allocation pattern of biomass and productivity in the mixed uneven-aged stands of *Massons pine* and hardwood species[J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(8):2463-2473. (in Chinese)
- [7] 吕晓涛,唐建维,何有才,等.西双版纳热带季节雨林的生物量及其分派特征[J].植物生态学报,2007,31(1):11-22.
LV X T, TANG J W, HE Y C, *et al.* Biomass and its allocation in tropical seasonal rain forest in Xishuangbanna Southwest China[J]. Journal of Plant Ecology, 2007, 31(1):11-22. (in Chinese)
- [8] 张俊.兴安落叶松人工林群落结构、生物量与碳储量研究[D].北京:北京林业大学,2008.
- [9] 闫淑英.寒温带杜香兴安落叶松林建群评价研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.
- [10] 周梅.大兴安岭森林水文规律研究[M].北京:中国科学技术出版社,2003.
- [11] 王飞.兴安落叶松天然林碳密度与碳平衡研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2013.
- [12] 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 Z G, MA Q Y, PAN X L. A study on the biomass and productivity of the natural *Larix gmelinii* forests[J]. Acta Phytoecologica Sinica, 1994, 18(4):328-337. (in Chinese)
- [13] 刘世荣,柴一新,蔡体久,等.兴安落叶松人工群落生物量与净初级生产力的研究[J].东北林业大学学报,1990,18(2):40-46.
LIU S R, CHAI Y X, CAI T J, *et al.* Study on biomass and net primary productivity of dahurian larch plantation[J]. Journal of Northeast Forestry University, 1990, 18(2):40-46. (in Chinese)
- [14] 齐光,王庆礼,王新闻,等.大兴安岭林区兴安落叶松人工林植被碳储量[J].应用生态学报,2011,22(2):273-279.
QI G, WANG Q L, WANG X C, *et al.* Vegetation carbon storage in *Larix gmelinii* plantations in Great Xing' an Mountains[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(2):273-279. (in Chinese)
- [15] 鲍春生.兴安落叶松林生态系统生产力和碳通量研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.
- [16] 吴刚,冯宗伟.中国寒温带、温带落叶松林群落生物量的研究概述[J].东北林业大学学报,1995,23(1):95-101.
WU G, FENG Z W. Community in the frigid-temperate zone and the temperate zone of China[J]. Journal of Northeast Forestry University, 1995, 23(1):95-101. (in Chinese)
- [17] 冯林,杨玉洪.兴安落叶松原始林三种林型生物产量的研究[J].林业科学,1985,21(1):86-91.
FENG L, YANG Y H. A study on biomass and production of three types of dahurian *Larch virgin* forest[J]. Scientia Silvar Sinica, 1985, 21(1):86-91. (in Chinese)
- [18] 李瑞霞,凌宁,郝俊鹏,等.林龄对侧柏人工林碳储量以及细根形态和生物量的影响[J].南京林业大学学报:自然科学版,2013,37(2):21-27.
LI R X, LING N, HAO J P, *et al.* Effects of stand ages on carbon storage, fine root morphology and biomass in *Platycladus orientalis* plantation[J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition, 2013, 37(2):21-27. (in Chinese)
- [19] 王立明,冯林.大兴安岭草类落叶松林可变密度生物量[C]//周晓峰.中国森林生态系统定位研究.哈尔滨:东北林业大学出版社,1994:459-465.

(上接第 12 页)

- [22] 马俊,党坤良,王连贺,等.秦岭火地塘林区红桦林生物量和蓄积量变化研究[J].西北林学院学报,2016,31(3):204-210.
MA J, DANG K L, WANG L H, *et al.* Research on the changes in biomass and volume of betula albo-sinensis forest at Huoditang region[J]. Journal of Northwest Forestry university, 2016, 31(3):204-210. (in Chinese)
- [23] 陈传国,朱俊凤.东北主要林木生物量手册[M].北京:中国林业出版社,1989.
- [24] 程云霄,李忠祥.兴安落叶松三个主要林型森林生物量的初步研究[J].内蒙古林业调查设计,1989(4):29-39.
- [25] 罗天祥.中国主要森林类型生物生产力格局及其数学模型[D].北京:中国科学院,1996.
- [26] 李海奎,雷渊才,曾伟生.基于森林清查资料的中国森林植被碳储量[J].林业科学,2011,48(5):7-12.
LI H K, LEI Y C, ZHENG W S. Forest carbon storage in China estimated using forestry inventory data[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2011, 48(5):7-12. (in Chinese)
- [27] 陆昕,胡海清,孙龙,等.火干扰对森林生态系统土壤有机碳影响研究进展[J].土壤通报,2014,45(3):760-768.
LU X, HU H Q, SUN L, *et al.* Progress on fire disturbance on soil organic carbon in the forest ecosystem[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2014, 45(3):760-768. (in Chinese)
- [28] 楚旭,邱雪颖,杨光.林火对兴安落叶松根生物量及碳氮养分浓度的影响[J].北京林业大学学报,2013,35(2):10-16.
CHU X, DI X Y, YANG G. Impacts of forest fire on root biomass, carbon and nitrogen concentration of *Larix gmelinii* [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2013, 35(2):10-16. (in Chinese)