

长白山森林群落凋落物现存量及其组成^{*}

李 兵¹ 孙同高² 范春楠³ 郭忠玲³
张 莹⁴ 王洪峰⁴

(1. 广东省林业科技推广总站, 广东 广州 510173; 2. 广州紫荆林业规划设计有限公司, 广东 广州 510642; 3. 北华大学林学院, 吉林 吉林 132108; 4. 广东省森林培育与保护利用重点实验室 / 广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520)

摘要 以长白山主要支脉张广才岭和哈达岭山系为研究对象, 通过对各林分类型凋落物现存量及其组成分析, 探讨不同林分类型凋落物现存量的差异。结果表明, 天然林凋落物平均现存量为 5.97 t/hm²; 人工林凋落物平均现存量为 5.96 t/hm²; 在天然林各调查群落中, 阔叶混交林和落叶阔叶纯林面积占有较大比例, 凋落物平均现存量分别为 6.11 和 5.99 t/hm²; 其针叶混交林面积最小, 平均现存量仅为 2.74 t/hm²; 在人工林各调查群落中, 针叶纯林面积最大, 平均现存量为 6.09 t/hm²; 针阔混交林面积最小, 平均现存量为 5.76 t/hm²。在人工林、天然林未分解层各组分中, 均表现出凋落叶 (阔叶 + 针叶) > 凋落枝 (阔枝 + 针枝) > 杂物的趋势。

关键词 长白山; 天然林; 人工林; 凋落物现存量; 凋落物组成

中图分类号: S718.5 文献标识码: A 文章编号: 2096-2053 (2017) 02-0048-05

Research on Forest Community Litter Accumulation in Changbai Mountain

LI Bing¹ SUN Tonggao² FAN Chunnan³ GUO Zhongling³
ZHANG Ying⁴ WANG Hongfeng⁴

(1. Forestry Sci-Tech Extension Station of Guangdong Province, Guangzhou, Guangdong 510173, China; 2. Guangzhou Zijing Forestry Planning and Design Limited Company, Guangzhou, Guangdong 510642, China; 3. Forestry College of Beihua University Jilin, Jilin 132108, China; 4. Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization/Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract Zhang Guangcai and Hada Mountains are the main branches of Paekdusan. Through the analysis of litter accumulation (LA) and composition in various forest types, this paper explored the differences of LA in different forest types. The average of forest LA in natural forest was 5.97 t/hm², while the plantation forest was 5.96 t/hm². The mixed forest of broad-leaved and the pure forest of broad-leaved accounted for a large proportion of various forest community of natural forest, which the average LA was 6.11 and 5.99 t/hm², respectively. The average of LA was only 2.74 t/hm² in coniferous forest, which was the minimum proportion. In plantation forest, the LA of coniferous pure forest was 6.09 t/hm², which possessed a large proportion. The mixed forest of coniferous and broad-leaved occupied the lowest proportion, which the number of average LA was 5.76 t/hm². There was a trend that leaf LA was higher than the branch LA, while trash LA was lower than branch LA in the un-decomposed layer of natural forest and plantation forest.

Key words Paekdusan; natural forest; plantation forest; litter accumulation; litter composition

^{*} 基金项目: 科技部支撑课题资助项目“东北地区现有林碳储量和碳通量量化评价”(2011BAD37B0102)。

第一作者: 李兵 (1985—), 男, 助理工程师, 主要从事林业科技推广工作, E-mail: 312698970@qq.com。

通信作者: 郭忠玲 (1965—), 男, 教授, 主要从事森林生态研究, E-mail: GZL65@163.com。

森林生态系统作为陆地生态系统碳循环的重要部分, 已经成为缓解大气碳储存、调节全球气候变化的重要途径^[1-2]。森林生态系统碳储库主要包括植物库、土壤库和凋落物库三大部分。根据周玉荣等^[3]对 1989—1993 年森林资源统计数据进行分析, 发现森林生态系统中凋落物碳库占的比重仅有 3.2%, 但是其作为连接土壤碳库和植被碳库的“纽带”^[4], 对维持陆地森林生态系统的物质循环, 能量流动和信息传递功能等方面都具有重要意义^[5-6]。

森林凋落物是由森林植物生长发育过程中由生物组分产生并归还到林地表面, 作为分解者的物质和能量来源, 借以维持生态系统功能的所有有机物质的总称^[7-8]。一般将直径小于 2.5 cm 的落枝、落叶、落皮、繁殖器官、动物残骸及代谢产物, 林下枯死的草本植物和枯死的树根归为森林凋落物^[9-11], 但由于调查困难, 绝大多数动物残骸和枯死的树根一般被忽略^[12], 同时也是本研究的凋落物调查标准。在植物—凋落物—土壤森林生态系统的养分循环中, 植物群落作为主动因子, 从土壤中吸收养分形成有机体, 然后养分随死亡有机体落到地表, 并主要以有机体形态进入到土壤。因此, 森林凋落物是养分循环的关键环节, 是有机质和矿质元素的重要来源^[13]。森林凋落物现存量指林地表面所积累的凋落物量^[14], 是单位时间、单位面积的森林地段上所有森林凋落物的总量。

长白山位于我国东北地区吉林省东南部的中朝交界处, 属于温带地区, 拥有完整的森林生态系统和明显的植被垂直带谱, 其生态系统是亚洲东部最典型的、保存最完好的山地森林生态系统^[15]。目前, 关于森林凋落物的研究主要集中于热带、亚热带地区的不同林分类型^[12], 相比较而言, 关于温带地表凋落物的研究较少, 也不够系统深入。本文以长白山主要支脉张广才岭和哈达岭为研究对象, 在调查区域内按网格法均匀设立调查样地 373 块, 通过对调查样地凋落物的分析, 研究了不同林分起源条件下各森林群落凋落物的现存量及其组成状况, 研究结果不仅为森林生态系统的养分循环过程、森林优化经营等研究提供重要参考价值, 而且推动了温带区域森林生态系统的研究进展。

1 材料与方法

1.1 调查地概况

研究地点主要集中在长白山支脉哈达岭山系和张广才岭山系。其中哈达岭山系 (128° 07' ~130° 00' E, 38° 31' ~44° 27' N) 主要分布于吉林省境内, 位于伊舒地堑与辉发河河谷之间。该地区属于温带大陆性季风气候, 年平均气温为 2~6 °C, 年降水量为 400~900 mm。张广才岭山系 (126° 31' ~137° 44' E, 43° 25' ~46° 09' N) 位于东北地区的中东部, 主要分布于吉林省和黑龙江省境内。该地区属于温带和寒温带大陆性季风气候, 四季分明, 雨热同季, 年均温 4~5 °C, 年降水量为 400~650 mm。哈达岭山系和张广才岭山系森林群落土壤均以典型暗棕壤为主。

哈达岭和张广才岭自然及地形条件复杂多样, 是温带向寒温带的过渡地区及东亚针阔混交林的分布中心, 包含丰富的植物种类, 主要乔木植物包括: 红松 (*Pinus koraiensis*)、紫椴 (*Tilia amurensis*)、白桦 (*Betula platyphylla*)、水曲柳 (*Fraxinus mandshurica*)、黄菠萝 (*Phellodendron amurense*)、怀槐 (*Maackia amurensis*)、蒙古栎 (*Quercus mongolica*)、茶条槭 (*Acer ginnala*)、糠椴 (*Tilia mandshurica*)、长白落叶松 (*Larix olgensis*)、色木槭 (*Acer mono*)、胡桃楸 (*Juglans mandshurica*) 和暴马丁香 (*Syringa reticulata*) 等; 灌木主要有毛榛子 (*Corylus mandshurica*)、胡枝子 (*Lespedeza bicolor*)、珍珠梅 (*Sorbaria sorbifolia*)、五味子 (*Magnolia chinensis*)、刺五加 (*Acanthopanax senticosus*) 和毛脉卫矛 (*Euonymus pubescens*) 等; 林下草本植物主要有林木贼 (*Equisetum sylvaticum*)、山尖子 (*Cacalia hastata*)、丝引苔草 (*Carex remotiuscula*) 和毛缘苔草 (*Carex pilosa*) 等。

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置 2010 年 8 月—2012 年 8 月, 在哈达岭山系和张广才岭山系选择具有区域代表性的森林植被类型进行标准地设置。利用 ArcGIS9.2, 以每个网格 15 km × 15 km 的标准, 将哈达岭山系划分为 32 个网格; 以每个网格 16 km × 16 km 的标准, 将张广才岭山系划分为 44 个网格。根据全面性、可行性、经济性、连续性的原则, 在每个网格内利用森林罗盘仪 (DQL-1B 型) 均匀设置 30 m × 30 m 的标准地 3~5 块。利用网格法^[2]

将每块标准地分为 36 个 5 m×5 m 的小样方。

本研究调查共涉及 373 块标准地, 包括人工林 157 块 (针叶纯林 129 块, 针叶混交林 21 块, 针阔混交林 7 块), 天然林 216 块 (落叶阔叶纯林 95 块, 阔叶混交林 96 块, 针阔混交林 21 块, 针叶混交林 4 块)。

1.2.2 凋落物收集 在进行凋落物取样时, 每块标准地随机选择 10 个小样方 (图 1), 共计 3 730 个小样方, 凋落物的取样面积为 0.5 m×0.5 m。凋落物收集采取收获法^[16], 首先将凋落物分为未分解层和半分解层^[17], 未分解层由基本保持原有形态的枯落物组成, 无明显分解的痕迹; 半分解层叶无完整外观轮廓, 多数枯落物呈碎屑状, 分层将小样方内的全部凋落物样品装入布袋带回实验室用于分析。

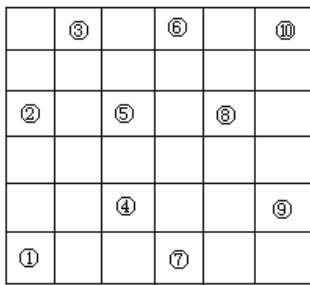


图 1 样方调查示意图

在实验室内, 将未分解层进一步分为阔叶树种凋落枝 (简称阔枝)、针叶树种凋落枝 (针枝)、阔叶树种凋落叶 (阔叶)、针叶树种凋落叶 (针叶) 和杂物 (花、果、草、树皮和昆虫残骸等), 用报纸包好, 放入 80 ℃ 恒温箱中烘干至恒重, 冷却, 称量, 用于群落凋落物现存量 and 组成分析。

1.3 数据处理

采用 Microsoft excel 2007 软件统计分析。

2 结果与分析

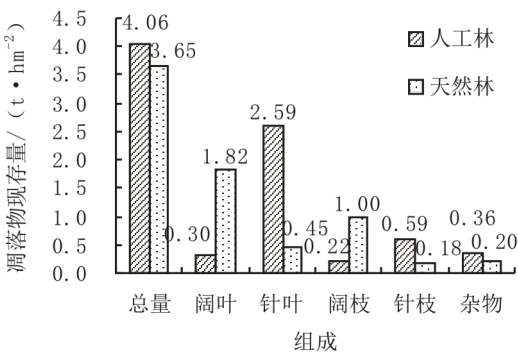
2.1 不同起源森林群落凋落物现存量及其组成

通过对调查样地不同起源的森林群落凋落物

现存量进行统计, 得到表 1。

从表 1 可以看出, 人工林、天然林中凋落物现存量平均值分别为 5.96 和 5.97 t/hm², 基本一致。从凋落物的分解程度来看: 人工林、天然林凋落物现存量未分解层占总现存量的比例较大, 分别为 68.12%, 61.14%; 而半分解层所占比例较小, 分别为 31.88% 和 38.86%。

由图 2 可知: 凋落物未分解层的各组分中, 其现存量大小依次为: 凋落叶 (阔叶 + 针叶) > 凋落枝 (阔枝 + 针枝) > 杂物; 人工林、天然林凋落叶均最高, 分别为 2.89、2.25 t/hm²; 杂物的现存量最少, 分别为 0.36、0.20 t/hm²。



注: 调查时间为 2010 年 8 月—2012 年 8 月。

图 2 长白山天然林和人工林未分解层凋落物组成分布

2.2 不同森林植被型凋落物现存量及其组成

由表 2 可以看出: 在天然林调查群落中, 落叶阔叶纯林和阔叶混交林面积占有较大的比例, 是天然林群落的主体; 二者平均胸径和林分密度较为相近, 且均有较高的凋落物现存量, 平均值分别为 5.99 和 6.11 t/hm², 对区域凋落物现存量的贡献率相对较高; 针阔混交林在天然林群落中所占比例相对较小, 凋落物现存量平均值为 5.74 t/hm², 仅次于阔叶混交林和阔叶纯林, 是区域森林群落凋落物现存量的重要组成部分; 而针叶混交林仅有 4 块样地, 所占比例最小, 凋落物现存量平均值仅为 2.74 t/hm², 对区域森林群落枯落物现

表 1 长白山天然林和人工林凋落物平均现存量

森林起源	总量	半分解层		未分解层	
		凋落物现存量 / (t · hm ⁻²)	百分比 / %	凋落物现存量 / (t · hm ⁻²)	百分比 / %
人工林	5.96	1.90	31.88	4.06	68.12
天然林	5.97	2.32	38.86	3.65	61.14

注: 调查时间为 2010 年 8 月—2012 年 8 月。

表 2 长白山天然林不同植被型凋落物现存量

类型	样地数	平均胸径 /cm	林分密度 / (株 · hm ⁻²)	凋落物现存量 / (t · hm ⁻²)	标准差	变异系数
落叶阔叶纯林	95	12.51	1120	5.99	2.63	0.44
阔叶混交林	96	12.00	1260	6.11	2.64	0.43
针阔混交林	21	10.82	1498	5.74	2.76	0.48
针叶混交林	4	14.79	822	2.74	1.04	0.38

注：调查时间为 2010 年 8 月—2012 年 8 月。

表 3 长白山人工林不同植被型凋落物现存量

类型	样地数	平均胸径 /cm	林分密度 / (株 · hm ⁻²)	凋落物现存量 / (t · hm ⁻²)	标准差	变异系数
针叶纯林	129	14.43	1271	6.09	3.87	0.63
针叶混交林	21	15.77	1083	5.19	2.77	0.53
针阔混交林	7	12.03	1171	5.76	2.70	0.47

注：调查时间为 2010 年 8 月—2012 年 8 月。

存的贡献最低。

从表 3 可以看出，人工林群落中针叶纯林的比例最大，占所有人工林调查群落的 82.17%，且凋落物现存量最高，为 6.09 t/hm²，是区域人工林群落凋落物现存量的主体；针叶阔交林和针阔混交林所占比例相对较小，凋落物现存量分别为 5.19 和 5.76 t/hm²，对区域人工林群落凋落物现存量的贡献率相对较小。

3 结论与讨论

凋落物现存量是森林生态系统生物量的重要组成部分，是森林生态系统功能的具体体现。通过本研究发现，在长白山哈达岭和张广才岭两个山系的调查范围内，不同林分类型各森林群落凋落物现存量相差较大。从不同森林起源分析，发现人工林、天然林凋落物现存量基本一致，分别为 5.96 和 5.97 t/hm²。廖军等^[12]根据森林凋落量的研究结果进行统计，发现不同气候区的森林凋落量有差异（热带森林的平均凋落量为 9.98 t/hm²，南亚热带为 5.50 t/hm²，中亚热带为 5.33 t/hm²，北亚热带为 4.51 t/hm²，温带为 4.37 t/hm²），但是表现出随着纬度增加而减少的规律，这一规律与前人^[11,18-19]的结论相符。而本研究的结果却不符合这一规律，可能是因为本研究涉及区域较广，地形地貌复杂多样，在凋落物收集过程中存在误差；室内对凋落物组分的分类和称量，任务繁琐而且工作量较大，参与人员较多，也可能存在一

定的偏差。

凋落物分解程度分析发现，人工林、天然林中未分解层均占总现存量的比例较大，分别为 68.12%，61.14%；从未分解层各组分分析，发现人工林、天然林各组分中，其含量大小均表现为：凋落叶（阔叶 + 针叶）> 凋落枝（阔枝 + 针枝）> 杂物的趋势，可见凋落叶含量在凋落物总量中所占比重较大。

不同森林植被类型分析发现：在天然林调查群落中，阔叶混交林凋落物现存量最多，为 6.11 t/hm²，针叶混交林最小，为 2.74 t/hm²；在人工林各调查群落中，针叶纯林面积最大，为 6.09 t/hm²；针阔混交林面积最小，凋落物现存量为 5.76 t/hm²。

由于本研究只是从森林起源、植被类型两个因素对森林群落凋落物现存量及其分布情况进行了调查、统计和分析。森林群落凋落物现存量除了在不同群落中表现出明显差异外，还与气候、海拔、立地条件（如坡度、坡向、坡位等）、林分的发育阶段和林分状况以及人为干扰等诸多因素有关^[20-22]，并且各个因素对凋落物的影响不是独立分开的。因此，在今后的研究中，需加强多个因素对森林凋落物现存量影响的研究，如建立多元回归模型等。只有了解各因素对森林凋落物现存量影响的综合作用机制，才能揭示森林生态系统养分循环的内在规律，为固碳森林的林分结构改造、森林优化经营等提供重要科学依据。

参考文献

- [1] 王效科, 冯宗炜, 欧阳志云. 中国森林生态系统的植物碳储量和碳密度研究[J]. 应用生态学报, 2001, 12(1): 13-16.
- [2] 刘刚, 朱剑云, 叶永昌, 等. 东莞主要森林群落凋落物碳储量及其空间分布[J]. 山地学报, 2010, 28(1): 69-75.
- [3] 周玉荣, 于振良, 赵士洞, 等. 我国主要森林生态系统碳贮量和碳平衡[J]. 植物生态学报, 2000, 24(5): 518-522.
- [4] 吴承祯, 洪伟, 姜志林, 等. 我国森林凋落物研究进展[J]. 江西农业大学学报, 2000, 22(3): 405-410.
- [5] 刘强, 彭少麟. 植物凋落物生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [6] 刘强, 王超, 杨智杰, 等. 福建建瓯万木林柑橘与锥栗凋落物数量、组成及动态[J]. 亚热带资源与环境学报, 2011, 6(4): 29-33.
- [7] 郭剑芬, 杨玉盛, 陈光水, 等. 森林凋落物分解研究进展[J]. 林业科学, 2006, 42(4): 93-98.
- [8] 曾锋, 邱治军, 许秀玉. 森林凋落物分解研究进展[J]. 生态环境学报, 2010, 19(1): 239-243.
- [9] 原作强, 李步杭, 白雪娇, 等. 长白山阔叶红松林凋落物组成及其季节动态[J]. 应用生态学报, 2010, 21 (9): 2171-2178.
- [10] 王凤友. 森林凋落量研究综述[J]. 生态学进展, 1989, 6(2): 82-89.
- [11] MELIN E. Biological decomposition of some types of litter from north American forests[J]. Ecology, 1930, 11: 72-101.
- [12] 廖军, 王新根. 森林凋落量研究概述[J]. 江西林业科技, 2000(1): 31-34.
- [13] 潘紫重, 杨文化, 曲银鹏. 不同林分类型凋落物的蓄水功能[J]. 东北林业大学学报, 2002, 30(5): 19-21.
- [14] 郑金萍, 郭忠玲, 徐程扬, 等. 长白山北坡主要森林群落凋落物现存量月动态[J]. 生态学报, 2011, 31(15): 4299-4307.
- [15] 吴钢, 肖寒, 赵景柱, 等. 长白山森林生态系统服务功能[J]. 中国科学: C 辑, 2001, 31(5): 471-480.
- [16] 陈金章. 秃杉人工林植被碳库和氮库的分配格局[J]. 亚热带植物科学, 2015, 44(3): 231-234.
- [17] 杨玉盛, 郭剑芬, 陈银秀, 等. 福建柏和杉木人工林凋落物分解及养分动态的比较[J]. 林业科学, 2004, 40(3): 19-25.
- [18] BRAY J R, GORHAM E. Litter production in forests of the world[J]. Advances in ecological research, 1964, 2: 101-157.
- [19] VOGT K A, GRIER C C, VOGT D J. Production, turnover, and nutrient dynamics of above-and belowground detritus of world forests[J]. Advances in ecological research, 1986, 15: 303-377.
- [20] 张新平, 王襄平, 朱彪, 等. 我国东北主要森林类型的凋落物产量及其影响因素[J]. 植物生态学报, 2008, 32(5): 1031-1040.
- [21] 万春红, 陶楚杨, 杨小波, 等. 海南岛不同森林类型凋落物产量及其影响因素[J]. 热带生物学报, 2014, 5(2): 153-161.
- [22] 郭伟, 张健, 黄玉梅, 等. 森林凋落物影响因子研究进展[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(4): 1544-1546.