

木荷叶凋落物的分解及养分动态分析

郑兆飞

(福建省南平市林业规划设计队, 福建 南平 353000)

摘要: 采用网袋法研究木荷 *Schima superba* 叶凋落物分解及其养分动态。结果表明: 木荷叶凋落物分解 1 a 后质量损失率为 41.5%, 分解率为 0.0016 d^{-1} , 完成 50% 分解以及完成 95% 分解所需的时间分别为 1.36 和 5.47 a。分解过程中, 氮存在一定的富集现象, 磷处于波动的富集状态, 钾呈现单调下降的变化趋势, 而碳氮比和碳质量分数都是前期少量上升而后下降。各营养元素的年释放率大小顺序依次为钾(81.3%) > 碳(54.8%) > 氮(35.7%) > 磷(28.6%)。图 1 表 2 参 10

关键词: 森林生态学; 木荷; 树叶; 凋落物; 分解; 养分动态

中图分类号: S718.55 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5692(2009)01-0022-05

Decomposition and nutrient dynamics of *Schima superba* leaf litter

ZHENG Zhao-fei

(Nanping Forestry Planning and Design Team of Fujian, Nanping 353000, Fujian, China)

Abstract: *Schima superba* are cultivated widely in southern China. In order to know its material cycling in the plantation for better sustainable management, we studied the decomposition and nutrient dynamics of its leaf litter by the nylon bag method. The new leaf fall were collected in the 25-year-old plantation of Nanping City, in 1st of November of 2006, drying at $65 \text{ }^{\circ}\text{C}$ to constant weight, packed with 36 nylon bags, then replaced to the plantation's ground surface. Three bags were withdrawn once a month. Then determine weight loss rate, and N, P, K and C contents variation. Results showed that for leaf litter decomposition, the weight loss rate over one year was 41.5% with a decomposition coefficient of 0.0016 d^{-1} . Also, 50% decomposition was estimated at 1.36 years while 95% was 5.47 years. During decomposition, N increased; P fluctuated but increased slowly; K steadily decreased; and C and carbon-nitrogen ratio increased slightly in the early stages, but decreased in later stages. Nutrient release was in the order: $\text{K}(81.3\%) > \text{C}(54.8\%) > \text{N}(35.7\%) > \text{P}(28.6\%)$. [Ch, 1 fig. 2 tab. 10 ref.]

Key words: forest ecology; *Schima superba*; tree leaves; fall; decomposition; nutrient dynamics

植物凋落物是土壤有机质的重要来源之一, 它对土壤理化性质和生物性质产生重要影响。林木凋落物及其分解状况是影响森林生态系统养分归还和养分生物地球化学循环的重要因素, 因而在维持土壤肥力, 促进森林生态系统正常的物质循环和养分平衡方面, 凋落物有着特别重要的作用。凋落物分解与森林生态系统中主要养分元素(碳、氮、磷等)的循环密切相关, 影响凋落物分解速率的原因包括森林生态系统类型、凋落物种类、环境条件和土壤等^[1]。凋落物的分解与化学组成和环境因子有关, 碳氮比和氮含量在凋落物分解过程中起着重要作用, 对土壤有机质的形成和养分的释放有着十分重要的意义。木荷 *Schima superba* 属山茶科 Theaceae 木荷属 *Schima* 常绿大乔木, 是中国南方山区重要的高效生物防火和优质用材树种^[2]。近年来, 木荷人工林经营已被森林经营者所重视, 经营面积正不断

收稿日期: 2008-03-06; 修回日期: 2008-06-30

基金项目: 福建省科学技术重点项目(2003S030)

作者简介: 郑兆飞, 高级工程师, 从事森林培育研究工作。E-mail: fjnpzzf@163.com

扩大, 目前关于木荷人工林经营模式等方面研究已有相关报道, 但对其凋落物的分解及其养分动态研究报道比较缺乏。为此, 笔者采用较常用的网袋法对木荷叶凋落物的分解进行试验, 以探讨木荷叶凋落物分解速率以及分解过程中的养分动态变化, 从而为维持土壤肥力与持续经营提供科学依据。

1 试验地概况

试验林地理位置位于 26°08'N, 117°45'E, 地貌系武夷山支脉的低山丘陵, 海拔为 230 ~ 280 m, 属中亚热带季风气候带的杉木 *Cunninghamia lanceolata* 中心产区, 年平均降水量为 1 880 mm, 多集中于 5 - 6 月, 日照时间长, 年均日照时数为 1 710 h, 无霜期 280 d。试验地坡度为 20° ~ 25°, 成土母岩为沉积岩和变质岩, 山地红壤, 土层深厚, 厚度达 80 ~ 100 cm, 土壤 (0 ~ 5 cm) 年平均含水量为 18.2%, 年均地表温度为 17.5 °C; 林内年均大气相对湿度为 82%, 年平均大气温度为 18.1 °C, 最高气温 41.3 °C, 最低气温 - 6.8 °C。林下植物种类较多, 主要有山矾 *Symplocos sununtia*, 毛冬青 *Ilex pubilimba*, 杜茎山 *Maesa japonica*, 狗脊 *Woodwardia japonica* 和芒萁 *Dicranopteris dicotoma* 等。

2 材料与方 法

2.1 试验材料

2006 年 11 月 1 日从南平樟湖国有林场 25 年生的木荷林(林分密度为 1 275 株·hm⁻²)中收集新凋落的木荷叶, 置于 65 °C 烘干箱内烘干至恒量后备用。分别称取 15 g 样品装入大小为 20 cm × 20 cm, 网孔为 1 mm² 的尼龙网袋中, 共 36 袋, 进行挂牌编号, 于 2006 年 11 月 10 日将所有样品袋随机放入原木荷林的地表上进行分解试验。

2.2 样品处理

每月采样 1 次, 每次随机取 3 袋, 共采样 12 次, 仔细分开凋落物, 并去除杂物, 烘干至恒量后称量, 计算凋落物残留率和质量损失率。再把样品烘干磨碎, 过 0.149 mm 筛, 连同分解前样品(0 d)保存好, 留做养分分析。

2.3 测定方法

凋落物养分测定方法: 氮用 H₂SO₄-HClO₄ 消煮-扩散法, 磷用 H₂SO₄-HClO₄ 消煮-钼锑抗比色法, 钾用 H₂SO₄-HClO₄ 消煮-火焰光度计法, 碳用硫酸-重铬酸钾外加热法^[3]。

3 结果与分析

表 1 木荷叶凋落物的分解特征

Table 1 The decomposition characteristics of *Schima superba* leaf litter

分解天数/d	残留率/%	质量损失率/%	分解率/d ⁻¹	t _{完成 50%分解} /a	t _{完成 95%分解} /a
0	100.0	0.0			
30	95.3	4.7			
60	95.0	5.0			
90	94.4	5.6			
120	92.9	7.1			
150	89.7	10.3			
180	88.8	11.2	0.001 6	1.36	5.47
210	87.1	12.9			
240	71.4	18.6			
270	67.7	26.1			
300	56.3	37.7			
330	60.6	39.4			
360	58.5	41.5			

3.1 木荷叶凋落物的分解速率

从表 1 可知, 木荷叶凋落物分解 1 a 后, 其质量损失率为 41.5%。利用 Olson(1963)提出的指数衰减模型 $X_t/X_0 = e^{-kt}$ 。X₀ 为凋落物的初始质量, X_t 为分解时间 t 时的凋落物剩余质量, k 为凋落物腐解率^[4]。对木荷叶凋落物分解过程的残留率进行拟合, 并估算出分解率、完成 50% 以及 95% 分解所需的时间(表 1)。从表 1 中可以看出, 分解率为 0.001 6 d⁻¹, 完成 50% 和 95% 分解所需的时间分别为 1.36 a 和 5.47 a。可见, 木荷叶凋落物的分解速率相对比较缓慢, 这可能与木荷的初始氮含量较低及碳氮比较高有关^[5], 也可能与木荷叶片为厚革质, 且与地面接触较差有关。

此外,从木荷叶凋落物的年分解动态来看,凋落物的质量损失率随分解的进程而呈逐渐加快的趋势,与这个时期林内相对湿度和地表温度最适宜微生物生活有关,因为微生物代谢活性高,繁殖快,所以凋落物分解速度也相对加快^[6]。

3.2 养分质量分数的变化

3.2.1 氮、磷、钾质量分数的变化 从图 1a 可见,木荷叶凋落物在分解过程中各养分质量分数的变化模式比较接近。凋落物在分解过程中,氮质量分数前期有所下降而后又呈现上升趋势,并且在分解 360 d 时高于初始值,这说明氮存在一定的富集现象;磷质量分数在整个试验阶段,虽然处于波动状态,但是总体上仍然呈现上升趋势,说明磷也存在波动的富集现象;钾质量分数均呈现单调下降的变化趋势,且在分解 120 d 前急剧下降。

3.2.2 碳质量分数及碳氮比的变化 碳氮比一直以来被认为是衡量凋落物分解速率的一个重要指标^[7]。由图 1b 可见,木荷叶凋落物中的碳氮比和碳质量分数变化模式基本保持一致,都是前期微弱上升而后始终下降。1 a 后,碳氮比由 55.38 下降到 40.53,下降幅度达 26.81%。碳质量分数最初出现的一定幅度上升可能是由于富集降水中的输入碳所致,而后在波动中下降可能是因为淋溶等因素共同作用造成的;碳氮比初期的升高可能是因为碳、氮质量分数均增加,而氮上升的幅度比碳小,二者之比因而上升。

3.3 养分释放率的比较

从图 1c 可以看出,在凋落物分解过程中,各元素的释放率存在明显不同。木荷叶凋落物的氮、磷、钾以及碳元素均出现净释放,到试验结束(360 d)时,叶凋落物氮、磷、钾和碳的释放率分别为 35.7%, 28.6%, 81.3% 和 54.8%。

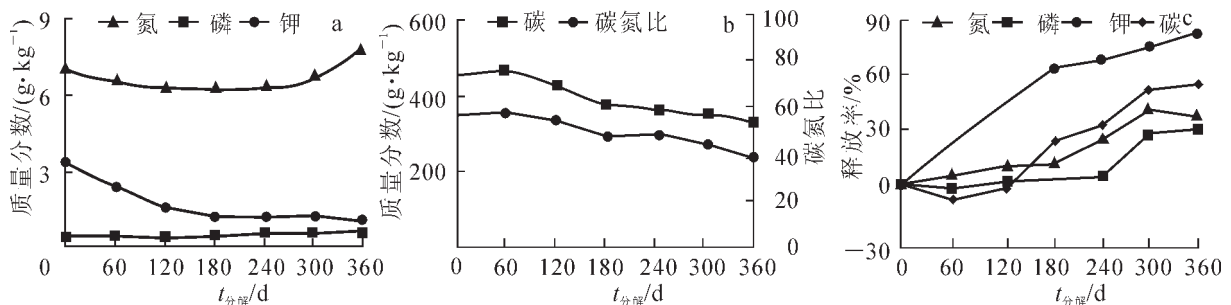


图 1 木荷凋落物分解过程中氮磷钾质量分数变化(a), 碳质量分数和碳氮比变化(b)及各养分释放率的变化(c)

Figure 1 Variation of N, P and K contents(a), C content and C/N(b), and nutrient releasing rates(c) in decomposition course of the litter fall

在凋落物分解过程中,元素不同,养分释放速率也存在明显不同。钾元素释放率最大,特别是在分解的前 180 d,钾元素释放率急剧上升,达到 63.6%,而后则趋于缓慢;碳元素在分解前期释放率较氮、磷都小,而分解到 180 d 后,三者的释放率大小分别为碳>氮>磷。

利用 Olson 提出拟合方法,拟合方程的相关系数均达到显著或极显著水平,说明拟合效果较好(表 2)。

从表 2 可见,在分解过程中,木荷叶凋落物的 4 种营养元素中,钾的分解率最高,达 0.004 1 d⁻¹,其次是碳元素,磷元

表 2 分解过程中养分释放的 Olson 指数模型及分解率

Table 2 Olson exponential models and decomposition coefficients of nutrient releasing during decomposition

养分	Olson 指数模型	相关系数	分解率/d ⁻¹	$t_{50\%}/a$	$t_{99\%}/a$
氮	$y = 1.052 1e^{-0.0015t}$	-0.878**	0.001 3	1.36	5.62
磷	$y = 1.017 3e^{-0.0009t}$	-0.633**	0.008 8	2.21	9.23
钾	$y = 0.854 6e^{-0.0042t}$	-0.968**	0.004 1	0.37	1.87
碳	$y = 1.165 2e^{-0.0026t}$	-0.897**	0.002 7	0.91	3.39

说明: t 为分解时间, y 为分解 t 时的营养元素残留率, ** 表示差异达 0.01 显著水平。

素分解率最低, 仅 0.0088 d^{-1} ; 释放 50%所需的时间以及释放 95%所需的时间均表现为磷>氮>碳>钾。这表明木荷叶凋落物分解过程中, 钾元素释放率最高, 其次是碳元素, 磷元素释放率最低。这与其他凋落物分解过程中的各元素的释放表现出的规律基本相同, 即元素释放率一般表现为钾>碳>氮>磷^[7]。

4 小结与讨论

本试验中, 分解 1 a 后, 木荷叶凋落物分解的质量损失率为 41.5%, 分解率为 0.0016 d^{-1} , 完成 50%分解以及完成 95%分解所需的时间分别为 1.36 和 5.47 a。木荷叶凋落物的分解速率相对比较缓慢, 这可能与木荷的初始氮质量分数较低有关, 也可能与木荷叶片为厚革质, 且与地面接触较差有关。适当对林地土壤进行翻耕, 将凋落物埋入土中, 改善和调控凋落物的分解环境, 促进木荷凋落物的分解, 增加有机质含量, 这对于木荷人工林生态系统的养分循环和地力维护具有重要意义。

凋落物分解过程中, 不同元素的分解表现出不同的特征。一些元素, 如氮、磷、硫和钙等的分解可分 3 个阶段, 即淋溶、积累和最后的释放阶段, 所以凋落物中养分的释放一般有 3 种模式: 淋溶→富集→释放; 富集→释放; 直接释放^[8-9]。本试验的木荷叶凋落物在 1 a 分解过程中各营养元素的变化模式分别为: 氮存在一定的富集现象, 磷处于波动的富集状态, 钾呈现单调下降的变化趋势, 而碳氮比及碳质量分数都是前期有上升而后期持续下降。氮和磷元素出现这种养分富集现象可能是由于在木荷凋落物中初始氮和磷元素质量分数较低、碳氮比较高, 凋落物中的微生物需要从土壤中吸收一定数量的氮和磷以满足生存和繁殖所致。此外, 菌根的吸收、降水等作用也会使凋落物中养分质量分数升高。钾元素出现这种单调下降的模式与钾属于易移动性元素, 易受降雨淋溶损失有关, 特别是在分解前期, 凋落物中钾质量分数较高, 受雨水淋溶洗涤损失更快; 钾单调下降也可能是由于钾质量分数足够高, 可满足微生物分解活动的要求, 因而没有出现富集现象^[10]。

凋落物中氮、磷、钾、碳元素在分解过程中均逐步释放, 其快慢呈现出钾>碳>氮>磷。从木荷叶凋落物的年分解和释放动态来看, 除钾元素外, 其余营养元素释放较慢, 因此, 促进木荷叶凋落物分解, 加快其养分归还速度, 是木荷人工林经营管理中的重要任务之一。在木荷人工林经营过程中, 可以采取一些必要的营林措施, 如保护木荷人工林下凋落物层, 促进林下植被恢复, 改变人工林凋落物的组成、质量和数量等。

参考文献:

- [1] 王凤友. 森林凋落物量研究综述[J]. 生态学进展, 1989, 6 (2): 82 - 98.
WANG Fengyou. Review on the study of forest litterfall[J]. *Chin J Ecol*, 1989, 6 (2): 82 - 98.
- [2] 陈存及, 陈伏法. 阔叶树种栽培[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000: 167 - 175.
- [3] 国家林业局. 森林土壤分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999: 91 - 273.
- [4] 林开敏, 章志琴, 曹光球, 等. 杉木与楠木叶凋落物混合分解及其养分动态[J]. 生态学报, 2006, 26 (8): 2732 - 2738.
LIN Kaimin, ZHANG Zhiqin, CAO Guangqiu, et al. Decomposition characteristics and its nutrient dynamics of leaf litter mixtures of both Chinese fir and *Phoebe bournei*[J]. *Acta Ecol Sin*, 2006, 26 (8): 2732 - 2738.
- [5] 王瑾, 黄建辉. 暖温带地区主要树种叶片凋落物分解过程中主要元素释放的比较[J]. 植物生态学报, 2001, 25 (3): 375 - 380.
WANG Jin, HUANG Jianhui. Comparison of major nutrient release patterns in leaf litter decomposition in warm temperate zone of China[J]. *Acta Phytoecol Sin*, 2001, 25 (3): 375 - 380.
- [6] 程东升. 森林微生物生态学[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1993: 65 - 185.
- [7] 廖利平, 马越强, 汪思龙, 等. 杉木与主要阔叶造林树种叶凋落物的混合分解[J]. 植物生态学报, 2000, 24 (1): 27 - 33.
LIAO Liping, MA Yueqiang, WANG Silong, et al. Decomposition of leaf litter of Chinese fir in mixture with major associated broad-leaved plantation species[J]. *Acta Phytoecol Sin*, 2000, 24 (1): 27 - 33.

- [8] 林开敏, 洪伟, 俞新妥, 等. 杉木与伴生植物凋落物混合分解的相互作用研究[J]. 应用生态学报, 2001, **12** (3): 321 - 325.
LIN Kaimin, HONG Wei, YU Xintuo, *et al.* Decomposition interaction of mixed litter between Chinese fir and various accompanying plant species[J]. *Chin J Appl Ecol*, 2001, **12** (3): 321 - 325.
- [9] 杨玉盛, 陈光水, 郭剑芬, 等. 杉木混交林凋落物分解及养分释放的研究[J]. 植物生态学报, 2002, **26** (3): 275 - 282.
YANG Yusheng, CHEN Guangshui, GUO Jianfen, *et al.* Litter decomposition and nutrient release in a mixed forest of *Cunninghamia lanceolata* and *Tsoongiodendron odorum*[J]. *Acta Phytoecol Sin*, 2002, **26** (3): 275 - 282.
- [10] 胡亚林, 汪思龙, 黄宇, 等. 凋落物化学组成对土壤微生物学性状及土壤酶活性的影响[J]. 生态学报, 2005, **25** (10): 2662 - 2668.
HU Yalin, WANG Silong, HUANG Yu, *et al.* Effects of litter chemistry on soil biological property and enzymatic activity[J]. *Acta Ecol Sin*, 2005, **25** (10): 2662 - 2668.



加拿大籍专家 Robert 喜获“西湖友谊奖”

2008年10月17日, 一年一度的浙江省“西湖友谊奖”颁奖仪式在浙江省人民大会堂隆重举行。浙江林学院加拿大籍专家 Robert W. Wellwood 先生荣膺这一奖项。“西湖友谊奖”是浙江省政府对为浙江省经济、文化、科技、社会等领域做出突出贡献并有利加强双边友谊的外籍专家所给予的年度最高荣誉奖励。本年度共有 26 名来自学校和企业的外籍专家获奖。

Robert 先生生于 1949 年, 是国际知名的人造板和林业资源专家, 现任加拿大亚伯达研究院林产品开发研究中心主任。该中心为世界一流的林产品开发研究中心。20 世纪 80 年代, Robert 就来到中国进行学术交流, 对浙江省和中国的林产品开发建设做出了重要贡献。他和他的团队与以浙江林学院校长张齐生院士为首的中国同行紧密合作, 成功研制出以速生杨木刨花为芯层材料及以竹材为表面的新型集装箱底板和火车、汽车箱板。由他和张齐生院士领导的中加团队综合运用加拿大和中国的各种技术和原材料开发研制的产品性能好、生产成本低, 增强了对国际市场的吸引力, 为浙江和中国的人造板生产企业作出了很大的贡献。他还先后资助浙江林学院的 6 位教师到亚伯达研究院作访问学者, 有力地推动了双边的交流和合作。

鲍海勇