

人促常绿阔叶次生林凋落物数量、组成及动态^{*}

吴擢溪

(福建省尤溪县林业科技推广中心, 福建 尤溪 365114)

摘 要: 对福建省尤溪通过人工促进天然更新形成的常绿阔叶次生林的凋落物数量、组成及季节动态进行研究, 结果表明, 常绿阔叶次生林年凋落物量为 $6\,870\text{ kg}/\text{hm}^2$, 其中落叶量 ($3\,964\text{ kg}/\text{hm}^2$) 和落枝量 ($1\,621\text{ kg}/\text{hm}^2$) 分别占 57.7% 和 23.6%。米槠、大叶栲、栲树、樟树和南酸枣 5 个树种年落叶量分别占年总落叶量的 41.5%、21.4%、9.0%、6.3% 和 3.2%。常绿阔叶次生林总凋落量于 4 月和 12 月出现峰值, 落叶量最大值出现在 4 月, 落枝量在 4 月、7 月和 11 月出现峰值, 落枝量主要集中在 5 月和 6 月, 而落果量则集中在 12 月。米槠和栲树落叶量最大值分别出现在 4 月和 5 月, 大叶栲落叶量主要集中在 7~ 9 月, 樟树和酸枣落叶量最大值分别出现在 11 月或 12 月, 其他树种落叶量 1 年中分布则相对较为均匀。

关键词: 阔叶次生林; 人工促进天然更新; 凋落物; 季节动态

中图分类号: Q948

文献标识码: A

常绿阔叶林作为亚热带地带性植被, 在维护区域生态平衡中具有十分重要作用。长期以来, 由于对亚热带常绿阔叶林功能及作用认识不足, 使常绿阔叶林遭受严重破坏、面积逐渐减少、森林生态功能严重降低。在阔叶树人工造林尚难大面积推广的情况下, 通过人工促进天然更新形成阔叶次生林并进行合理经营, 是实现常绿阔叶林保护、林地可持续经营和森林生态功能恢复的较好选择。近年来, 各地逐渐开展了一些在天然阔叶林及杉木林采伐迹地上进行人促天然更新的营林试验, 并取得较好的生态、经济效益; 对阔叶次生林的经营技术和一些生态功能如生产力、土壤肥力维护、涵养水源效能、生物多样性及稳定性等有一定的研究^[1~ 6], 但有关人工促进天然更新形成的常绿阔叶次生林的凋落物动态研究则尚未见报道。

森林凋落物研究已有近百年的历史, 早期研究主要探讨纯林或混交林凋落物组成、产量波动与分布^[7~ 8]。最近则重点探讨森林凋落物在养分循环和能量流动中的作用, 并对分布在热带、温带、寒带等

不同气候带的天然林凋落物进行了较为深入的研究^[9~ 12]。国内从 20 世纪 80 年代起亦开始对天然林凋落物进行了大量研究^[13~ 19], 人工林凋落物的研究则集中于杉木、马尾松及少数几个阔叶树种^[19~ 25]。本文探讨人促常绿阔叶次生林凋落物数量、组成及季节动态, 为亚热带常绿阔叶次生林的可持续经营提供理论依据。

1 试验地概况

试验地位于福建尤溪新桥林场双鲤工区 ($117.8^{\circ}\sim 118.6^{\circ}\text{E}$, $25.8^{\circ}\sim 26.4^{\circ}\text{N}$), 属戴云山森林立地区闽中低山丘陵区, 为闽中岩系中山地貌, 海拔 200~ 230 m, 土壤为粉砂岩发育的红壤。该地属中亚热带季风气候, 年降水量 1 599.6 mm, 年蒸发量 1 323.4 mm, 相对湿度 83%, 3~ 6 月为多雨季节, 占年降雨量的 56%。该片常绿阔叶次生林前身为常绿阔叶树-马尾松天然混交林, 1975 年皆伐后进行天然更新。1981 年和 1986 年两次抚育间伐后进

收稿日期 (Received date): 2005- 08- 11; 改回日期 (Accepted): 2005- 10- 25.

基金项目 (Foundation item): 福建省青年科技人才创新项目 (2000J038). [Supported by the Fujian Innovation Program for the Youthful Talent of Science and Technology (2001J038).]

作者简介 (Biography): 吴擢溪, 男, 从事植物生态研究工作. [Wu Zhuoxi works mainly on the research of vegetation ecology.]

行封山育林。2001– 10在该林分内设立 4 块 20 m × 20 m 固定标准地。标准地坡向正东, 坡度 25°。林分郁闭度为 0.8 林下植被盖度为 0.9。乔木层按重要值大小分别主要为栲树 (*Castanopsis fargesii*)、大叶栲 (*Castanopsis fissa*)、米槠 (*Castanopsis carlesii*)、南酸枣 (*Choerospondias axillaris*)、檫树 (*Sassafras tzumu*)等; 灌木层以少叶黄杞 (*Engelhardtia fenzelii*)、梨茶 (*Camellia octopetala*)、黄枝润楠 (*Machilus versicolora*)、沿海紫金牛 (*Andisia punctata*) 为主, 灌木层生物量为 6.349 t/hm²; 草本层以中华里白、芒萁等为主, 草本层生物量为 2.855 t/hm²。枯枝落叶层厚度为 1.5 cm, 现存量为 6.313 t/hm²。土壤容重 0.906 g/cm³, 土壤有机质 51.2 g/kg 全 N 1.73 g/kg 水解性 N 164.7 mg/kg 速效 P 4.3 mg/kg 速效 K 90.5 mg/kg

2 研究方法

2.1 凋落物收集

2001– 10 月上旬在常绿阔叶次生林的标准地上, 按随机加局部控制的原则 (兼顾密度、坡向和坡位) 分别布设 16 个 0.5 m × 1 m 的收集框 (离地 20~ 25 cm 水平置放), 收集框上的尼龙网布孔径为 1 mm, 框高均为 5 cm。从 2001– 11 开始每个月收集每个框架内的凋落物。

2.2 凋落物处理

每个月每个收集框内的凋落物按叶、枝 (包括树

皮和枝皮)、花、果 (包括脱落的种子) 和杂物 (主要为虫鸟粪、蛹、小动物残体等) 分成 5 个组分, 落叶进一步按树种分为米槠 (*Castanopsis carlesii*)、大叶栲 (*Castanopsis megaphylla*)、栲树 (*Castanopsis fargesii*)、檫树 (*Sassafras tzumu*)、南酸枣 (*Choerospondias axillaris*)、钩栲 (*Castanopsis tibetana*)、千年桐 (*Vernicia montana*) 和其他树种叶 (由于 2002 年钩栲叶和千年桐叶数量较少, 本文中把它们归并入其他树种叶), 于 80℃ 下烘干, 用上海天平仪器厂生产的电子天平 (HangPing FA 1104) 称重, 并计算每公顷凋落物量。

3 结果

3.1 凋落物的数量与组成

常绿阔叶次生林年凋落物量为 6 870 kg/hm², 其中落叶量 (3 964 kg/hm²) 占年总凋落物量的比例 (57.7%) 最大, 落枝量 (1 621 kg/hm²) 所占比例 (23.6%) 次之, 落果量和落花所占比例分别为 11.4% 和 3.9%, 而杂物 (238 kg/hm²) 所占比例 (3.5%) 最小 (表 1)。

在落叶量组成中, 米槠落叶量 (1 644 kg/hm²) 所占比例最高 (41.5%), 大叶栲落叶量 (847 kg/hm²) 所占比例 (21.4%) 次之, 栲树、檫树和南酸枣落叶所占比例分别为 9.0%、6.3% 和 3.2%, 而其他树种落叶量 (740 kg/hm²) 所占比例则为 18.7% (表 2)。

表 1 常绿阔叶次生林凋落物数量及组成

Table 1 Amount and component of litter fall in evergreen broadleaved secondary forest

组分 Component	落叶 Leaf-litter	落枝 Twig-litter	落花 Flower-litter	落果 Fruit-litter	杂物 Residue	总和 Total
数量 Amount (kg/hm ²)	3 964 ± 261	1621 ± 299	265 ± 69	782 ± 355	238 ± 21	6 870 ± 573
比例 Proportion (%)	57.7	23.6	3.9	11.4	3.5	100.0

表 2 常绿阔叶次生林落叶数量及组成

Table 2 Amount and component of leaf-litter in evergreen broadleaved secondary forest

组分 Component	米槠 <i>Castanopsis carlesii</i>	大叶栲 <i>C. megaphylla</i>	栲树 <i>C. fargesii</i>	檫树 <i>S. tzumu</i>	南酸枣 <i>C. axillaris</i>	其他树种 Other species	总和 Total
数量 Amount (kg/hm ²)	1 644 ± 212	847 ± 132	358 ± 53	249 ± 49	126 ± 39	740 ± 60	3 964 ± 261
比例 Proportion (%)	41.5	21.4	9.0	6.3	3.2	18.7	100.0

3.2 凋落物动态

常绿阔叶次生林总凋落物量一年中于 4 月和

12 月出现峰值, 分别占年总凋落量的 18.1% 和 14.1%; 另外在 7 月还出现 1 个小凋落物高峰。而

低谷则出现在 1~3 月, 3 个月凋落量仅占年凋落量的 6.0%。落叶量最大值出现在 4 月, 该月落叶量占年落叶量的 23.3%; 低谷出现在 1~3 月, 3 个月凋落量仅占年凋落量的 5.9%。落枝量在 4 月、7 月和 11 月出现峰值, 分别占年落枝量的 14.4%、

19.1% 和 20.3%。落花量则主要集中在 5 月和 6 月, 分别占年落花量的 31.9% 和 47.4%。落果量集中在 12 月, 占年落果量的 80.6%。杂物量则集中在 4~7 月, 占年杂物量的 70.0% (图 1)。

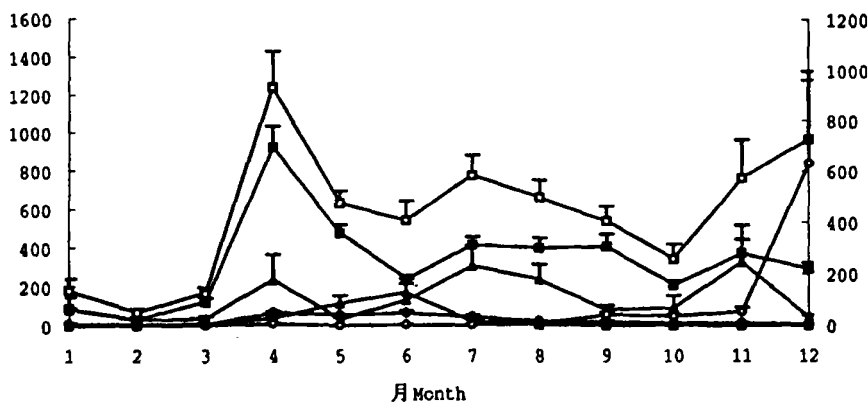


图 1 常绿阔叶次生林凋落物各组分数量 (kg/hm^2) 月动态

Fig 1 Monthly amounts of various litter fall components in evergreen broadleaved secondary forest

主坐标轴 (左) Primary axis (left): □ 总凋落物 Total litterfall ■ 落叶 Leaf litter

次坐标轴 (右) Second axis (right): ▲ 落枝 Twigs △ 落花 Flowers ○ 落果 Fruits ● 杂物 Residues

3.3 不同树种落叶量动态

米槎落叶量月动态呈明显的单峰型, 最大值出现在 4 月, 占其年落叶量的 45.8%。大叶栲落叶量则主要集中在 7~9 月, 占其年落叶量的 66.4%。栲树落叶量最大值出现在 5 月, 占其年落叶量的 30.8%。樟树落叶量最大值出现在 11 月, 占其年落

叶量的 47.4%。酸枣落叶量主要集中在 11 月和 12 月, 分别占其年落叶量的 46.6% 和 37.6%。其他树种落叶量较高值出现在 4 月和 5 月, 分别占其年落叶量的 17.1% 和 17.6%, 但其一年中分布相对较为均匀。

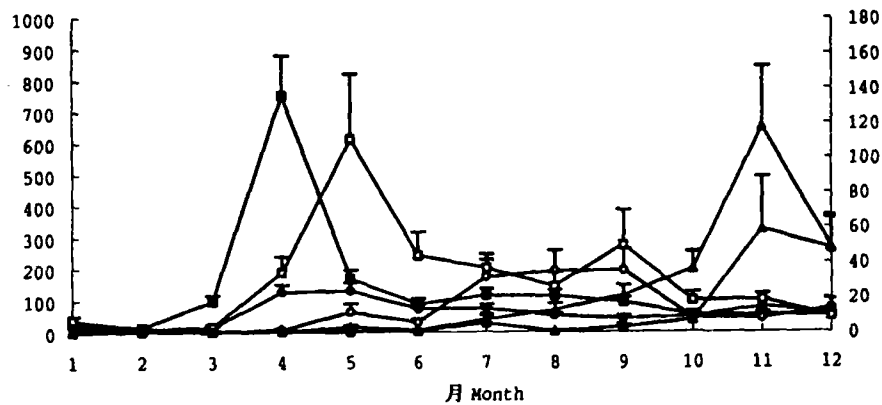


图 2 常绿阔叶次生林落叶各组分数量 (kg/hm^2) 月动态

Fig 2 Monthly amounts of various leaf litters in evergreen broadleaved secondary forest

主坐标轴 (左) Primary axis (left): ■ 米槎 *C. carlesii* ○ 大叶栲 *C. megaphylla* ● 其它树种 Other species

次坐标轴 (右) Second axis (right): □ 栲树 *C. fargesii* △ 樟树 *S. tsumu* ▲ 酸枣 *C. axillaris*

4 讨论

4.1 凋落物数量及组成

林木通过新陈代谢作用等, 每年归还一定量枯落物(包括凋落物和枯死细根等), 向林地输入相当数量的养分和能量, 为土壤动物、微生物提供食物和能量来源。本研究常绿阔叶次生林的年凋落物量均高于寒温带和暖温带森林的平均凋落物量 $3.5 \sim 5.5 \text{ kg/hm}^2 \cdot a^{-1}$ [13 26-30], 但低于热带雨林或季雨林 $11.0 \text{ kg/hm}^2 \cdot a^{-1}$ 的平均凋落量 [7, 16 31, 32], 反映出一定地带性凋落物量的特点。

与亚热带的天然常绿阔叶林相比, 本研究常绿阔叶次生林年凋落物量低于福建三明莘口格氏栲天然林 ($11\,008 \text{ kg/hm}^2$) [19] 和鼎湖山常绿阔叶林 ($9\,056 \text{ kg/hm}^2$) [16], 但高于武夷山甜槠林 ($3\,896 \text{ kg/hm}^2$) [33]、滇中常绿阔叶林 ($5\,500 \text{ kg/hm}^2$) [34]、广东黑石顶常绿阔叶林 ($4\,630 \text{ kg/hm}^2$) [35]。与亚热带阔叶树人工林相比, 本研究常绿阔叶次生林年凋落物量低于福建三明莘口格氏栲人工林 ($9\,538 \text{ kg/hm}^2$) [19], 但高于三明莘口的木荚红豆人工林 ($5\,687 \text{ kg/hm}^2$) [36]、广西格木人工林 ($6\,376 \text{ kg/hm}^2$) 和红荷木人工林 ($4\,338 \text{ kg/hm}^2$) [22]。与亚热带针叶树人工林相比, 本研究常绿阔叶次生林年凋落物量低于三明莘口福建柏人工林 ($7\,291 \text{ kg/hm}^2$) [24], 但高于亚热带的杉木人工林 ($1\,700 \sim 5\,500 \text{ kg/hm}^2$) [19-22] 和马尾松林 ($2\,700 \sim 5\,700 \text{ kg/hm}^2$) [16 22 37]。

王凤友 (1989) 综述世界上大量有关凋落物研究后认为, 凋落叶量占凋落物总量的 $60\% \sim 80\%$ [38]。本研究中常绿阔叶次生林落叶量占总凋落物量的比例 (57.7%) 略低于此范围, 但亦体现了落叶在森林生态系统的凋落物归还中的关键地位。与亚热带常绿阔叶林的相比, 本研究中常绿阔叶次生林落叶量占总凋落物量的比例低于广东鼎湖山常绿阔叶林 (63%) [16]、广西老山常绿落叶阔叶林混交林 (68.5%) [22] 和福建武夷山甜槠林 (76.2%) [33], 但高于三明莘口格氏栲天然林 (49%) [19]。与亚热带人工林相比, 本研究中常绿阔叶次生林落叶量占总凋落物量的比例低于福建三明莘口格氏栲人工林 (72%) [19] 和木荚红豆人工林 (66%) [36]、广西格木人工林 (66%) 和红荷木人工林 (75.4%) [22] 等阔叶树人工林、三明莘口福建柏人工林 (66%) [24]、马尾

松人工林 ($64.6\% \sim 80.4\%$) [16 22 37], 但高于或接近于杉木人工林 ($47\% \sim 58\%$) [19-22]。

本研究中落枝量占总凋落物量比例 (23.6%) 与亚热带常绿阔叶林 ($20.6\% \sim 23.0\%$) [16 19 33]、阔叶树人工林 ($16.7\% \sim 26.3\%$) [19 22] 和杉木林 ($18.5\% \sim 26.1\%$) [19-22] 的接近, 但高于马尾松林的 ($8.3\% \sim 14.5\%$) [16 22 37] 和福建柏林的 (19%) [24]。本研究中落果量占总凋落物量比例 (11.4%) 则均高于三明莘口的格氏栲天然林 (6.0%) [19]、格氏栲人工林 (1.5%) [19]、木荚红豆人工林 (0.45%) [36]、福建柏人工林 (4.0%) [24] 和杉木人工林 (4.6%) [19], 这可能与常绿阔叶次生林树种组成以壳斗科、南酸枣等果实较大的树种为主有关。

4.2 凋落物各组成动态

受树种生物学特性和年内降水量、气温、风力等气候因子的综合影响, 一年中凋落物各组分动态表现出一定的节律。本研究人促阔叶次生林落叶量在4月出现高峰, 这与亚热带多数常绿树种在春季大量萌发新叶并旺盛生长, 从而促进衰老的叶子相继脱落有关 [16 19 23 33]。落枝量在4月、7月和11月出现高峰, 这与三明莘口林场杉木林的落枝量变化相似 [25]。落花量集中在5月和6月, 这与该期是大多数常绿树种的花期有关。落果量集中在12月, 这与此时大多数常绿树种果实成熟而脱落有关。

本研究常绿阔叶次生林总凋落物量一年中于4月和12月出现峰值(图1), 这与大多数亚热带常绿树种凋落物的季节节律相似 [16 19 23 33]。另外, 总凋落物量在7月出现小高峰, 这与受该期干旱影响有关。

4.3 不同树种落叶量动态

由于受树种生物学特性的影响, 不同树种的落叶量季节模式表现不一。米槠和栲树落叶量最大值分别出现在4月和5月, 这与大多数常绿阔叶树相似 [16 19 23 33], 主要与春季的换叶有关。大叶栲落叶量集中在7~9月, 这可能与对该期的高温干旱较为敏感而导致落叶有关。檫树和南酸枣落叶量主要集中在11月或12月, 这与多数落叶阔叶树种相似 [34], 并与此时期气候变得干冷, 发生生理性落叶有关。其他树种的落叶量一年中分布相对较为均匀, 这与其中树种组成较为复杂有关; 而其落叶量峰值出现在4~5月, 这亦表明其他树种的组成可能以常绿阔叶树为主。本研究中一般落叶量较大的树种其

群落重要值亦较大。但虽然栲树和南酸枣的重要值分别大于米槠和樟树,其落叶量则分别低于后二者,这可能与米槠和樟树的单株落叶量较大有关。

参加本研究的还有何宗明、张宏梓、吴大忠等同志。

参考文献 (References)

- [1] Zhong Zhangcheng Studies on ecosystems of broadleaved forests [M]. Chongqing Press of Southwest Normal University, 1992 [钟章成. 常绿阔叶林生态系统研究 [M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 1992]
- [2] Li Yuanhong Techniques of natural regeneration of broadleaved forests in northern Fujian [J]. *Journal of Fujian Forestry College*, 1985, 5(1): 21~26 [李元红. 闽北阔叶林的天然更新技术 [J]. 福建林学院学报, 1985, 5(1): 21~26]
- [3] Huang Qinglin, Li Yuanhong Comparison between natural broadleaved forest and man-made forest in Fujian Province. I Conservation and maintenance of soil and water resources [J]. *Journal of Mountain Science*, 2000, 18(1): 69~75 [黄清麟, 李元红. 福建中亚热带天然阔叶林与人工林对比评价. I 水土资源的保持与维护 [J]. 山地学报, 2000, 18(1): 69~75]
- [4] Huang Qinglin, Li Yuanhong Comparison between natural broadleaved forest and man-made forest in Fujian Province. II Maintenance of ecosystem productivity [J]. *Journal of Mountain Science*, 2000, 18(2): 139~144 [黄清麟, 李元红. 福建中亚热带天然阔叶林与人工林对比评价. II 森林生态系统生产能力的维持 [J]. 山地学报, 2000, 18(2): 139~144]
- [5] Huang Qinglin, Li Yuanhong Comparison between natural broadleaved forest and man-made forest in Fujian Province. III Economic effect between natural broadleaved forest by artificial measures promoting regeneration and man-made forest [J]. *Journal of Mountain Science*, 2000, 18(3): 244~247 [黄清麟, 李元红. 福建中亚热带天然阔叶林与人工林对比评价. III 人促阔叶林与人工林经济效益 [J]. 山地学报, 2000, 18(3): 244~247]
- [6] Huang Qinglin, Li Yuanhong Review of researches on natural broadleaved forests in middle subtropics [J]. *Journal of Fujian College of Forestry*, 1999, 19(2): 189~192 [黄清麟, 李元红. 中亚热带天然阔叶林研究综述 [J]. 福建林学院学报, 1999, 19(2): 189~192]
- [7] Vitousek P.M. Litterfall, nutrient cycling and nutrient limitation in tropical forests [J]. *Ecology*, 1984, 65(1): 285~298
- [8] Vogt K.A. Production, turnover and nutrient dynamics of above and belowground detritus of world forests [J]. *In adv. Ecol. Res. Academic Press, New York*, 1986, 15: 303~377
- [9] Gallardo J.F., Martín A., Santa R.I. Nutrient cycling in deciduous forest ecosystems of the Sierra de Gata mountains: aboveground litter production and potential nutrient return [J]. *Annales des Sciences Forestières*, 1998, 55(7): 749~769
- [10] Norgrove L., Hauser S. Leaf properties, litter fall and nutrient inputs of *Tem. alia, ivorensis* at different tree stand densities in a tropical timber-forest crop multistrata system [J]. *Can. J. For. Res.*, 2000, 30(9): 1400~1409
- [11] Pedersen L.B., Hansen J.B. A comparison of litterfall and element fluxes in even-aged Norway spruce, sika spruce and beech stands in Denmark [J]. *For. Ecol. Manage.*, 1999, 114: 55~70
- [12] Chen Guangshui, Cai Liping, Lin Ruiyu, et al. The seasonal dynamic analyses of calorific values and ash contents in litters of mixed forest of *Cunninghamia lanceolata* and *Tsoongiodendron odoratum* [J]. *Journal of Fujian Forestry Science and Technology*, 2002, 29(1): 9~13 [陈光水, 蔡丽平, 林瑞余, 等. 杉木观光木混交林凋落物热值及灰分含量的季节动态分析 [J]. 福建林业科技, 2002, 29(1): 9~13]
- [13] Li Jingwen, Liu Chuanzhao, Ren Shuwen, et al. Litter dynamics and its return of nutrients in natural birch Korean pine forests [J]. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1989, 13(1): 42~47 [李景文, 刘传照, 任淑文, 等. 天然枫桦红松林凋落量动态及养分归还量 [J]. 植物生态学与地植物学学报, 1989, 13(1): 42~47]
- [14] Lin Peng, Liu Chuduan, Li Zhenji, et al. The dynamics and production of litter of *Pinus Taiwanensis* community in Wuyishan Mountains [A]. In: *Wuyishan Research Series: Forest Ecosystem* (1) [C]. Xiamen: Xiamen University Press, 1998, 123~129 [林鹏, 刘初钿, 李振基, 等. 武夷山黄山松群落凋落物产量及其动态研究 [A]. 见: 武夷山研究. 森林生态系统 (1) [C]. 厦门: 厦门大学出版社, 1998, 123~129]
- [15] Lu Junpei, Liu Qihan. Studies on the litter in tropical forests in Jianfengling, Hainan Island [J]. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1988, 12(2): 104~111 [卢俊培, 刘其汉. 海南岛尖峰岭热带林凋落物研究初报 [J]. 植物生态学与地植物学学报, 1988, 12(2): 104~111]
- [16] Tu Mengzhao, Yao Wenhua, Weng Hong, et al. Characteristics of litter in evergreen broadleaved forest of the Dinghu Mountain [J]. *Acta Palologica Sinica*, 1993, 30(1): 35~41 [屠梦照, 姚文华, 翁轰, 等. 鼎湖山亚热带常绿阔叶林凋落物的特征 [J]. 土壤学报, 1993, 30(1): 35~41]
- [17] Wen Hun, Li Zhen, Tu Mengzhao, et al. The production and nutrient contents of litter in forest of Dinghushan [J]. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1993, 17(4): 299~304 [翁轰, 李志安, 屠梦照, 等. 鼎湖山森林凋落物量及营养分浓度研究 [J]. 植物生态学与地植物学学报, 1993, 17(4): 299~304]
- [18] Zhao Qiguang, Wang Mingzhu, He Yuanqin. Litterfall of tropical and subtropical forests and its effect on soils [J]. *Soil*, 1991, 23(1): 8~15 [赵其国, 王明珠, 何园球. 我国热带亚热带森林凋落物及其对土壤的影响 [J]. 土壤, 1991, 23(1): 8~15]
- [19] Yang Yusheng, Lin Peng, Guo Jianfen, et al. Litter production, nutrient return and leaf litter decomposition in natural and monoculture plantation forests of *Castanopsis kawakamii* in subtropical China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(2): 1278~1289 [杨玉盛, 林鹏, 郭剑芬, 等. 柞林天然林与人工林凋落物数量、养分归还及凋落叶分解 [J]. 生态学报, 2003, 23(2): 1278~1289]
- [20] Feng Zongwei, Chen Chuqing, Wang Kaiping, et al. Studies on

- the accumulation, distribution and cycling of nutrient elements in the ecosystem of the pure stand of subtropical Cunninghamia lanceolata forests[J]. *Acta Phytocologica Et Geobotanica Sinica* 1985, 9 (4): 245~ 257 [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, 9(4): 245~ 255]
- [21] Tian Dalun, Zhao Kun. Studies on the litter in a Chinese fir plantation ecosystem I Amount, composition and dynamics of litter [J]. *Journal of Central-South Forestry College* 1989, 9(suppl): 38~ 44. [田大伦, 赵坤. 杉木人工林生态系统凋落物的研究 I 凋落物的数量、组成及动态变化[J]. 中南林学院学报, 1989, 9(增): 38~ 44]
- [22] Wu Zhidong, Peng Fuquan, Che Yuping *et al*. Characteristics in nutrient biological cycle and their effects on soil in some plantations in south sub-tropic[J]. *Acta Palologia Sinica*, 1990, 27(3): 251~ 259 [吴志东, 彭福泉, 车玉萍等. 我国南亚热带几种人工林的生物物质循环特点及其对土壤的影响[J]. 土壤学报, 1990, 27(3): 250~ 260]
- [23] Liang Hongwen. Studies on the litterfall of two forest types in middle altitude of Laoshan mountain in Tianlin County[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 1994, 13 (1): 21~ 26 [梁宏温. 田林老山中山两类森林凋落物研究[J]. 生态学杂志, 1994, 13 (1): 21~ 26]
- [24] Yang Yusheng, Chen Yinxiu, He Zongning *et al*. Comparatively study on litter properties between plantations of *fokienia hodginsii* and *cunninghamia lanceolata*[J]. *Scientia Silvae Sinicae* 2004, 40 (1): 2~ 10 [杨玉盛, 陈银秀, 何宗明, 等. 福建柏和杉木人工林凋落物性质的比较[J]. 林业科学, 2004, 40(1): 2~ 10]
- [25] Yang Yusheng, Yu Bainan, Xie Jinsheng *et al*. Amount component and seasonal dynamics of litterfall in mixed forest of *Cunninghamia lanceolata* and *Tsoongiodendron odoratum*[J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2001, 37(Sup.): 30~ 34 [杨玉盛, 谢锦升, 陈银秀等. 杉木观光木混交林凋落物数量、组成及动态[J]. 林业科学, 2001, 37(Sup1): 30~ 34]
- [26] Chen Borong. Nutrient cycling of Korea Pine and broadleaved mixed forest in Changbai Mountain[J]. *Acta Palologia Sinica*, 1987, 24(2): 160~ 169 [程伯容. 长白山红松阔叶林的生物养分循环[J]. 土壤学报, 1987, 24(2): 160~ 169]
- [27] Callentey J, Ibarra M, Hernandez J. Litter fluxes and decomposition in *Nothofagus pumilio* stands in the region of Magallanes, Chile [J]. *For. Ecol. Manage.*, 2001, 148: 145~ 157
- [28] Kavvadias V A, A lifragis D, Tsiontis A, *et al*. Litterfall, litter accumulation and litter decomposition rates in four forest ecosystems in northern Greece[J]. *For. Ecol. Manage.*, 2001, 144: 113~ 127
- [29] Keenan R J, Prescott C E, Kimmins J P. Litter production and nutrient resorption in western red cedar and western hemlock forests on northern Vancouver Island, British Columbia[J]. *Can. J. For. Res.*, 1995, 25: 1850~ 1857
- [30] Rapp M, Regina I S, Rico M, Gallego H A. Biomass, nutrient content, litterfall and nutrient return to the soil in Mediterranean oak forests[J]. *For. Ecol. Manage.*, 1999, 119: 39~ 49
- [31] Bubb K A, Xu Z H, Simpson J A. Some nutrient dynamics associated with litterfall and litter decomposition in hoop pine plantations of southern Queensland, Australia [J]. *For. Ecol. Manage.*, 1998, 110: 343~ 352
- [32] Lisanework N, Michelsen A. Litterfall and nutrient release by decomposition in three plantations compared with a natural forest in the Ethiopian highland[J]. *For. Ecol. Manage.*, 1994, 65: 149~ 164
- [33] Lin Yiming, He Jianyuan, Yang Zhiwei *et al*. The dynamics and production of litter falls of *Castanopsis eyrei* community in Wuyi Mountains[J]. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 1999, 38(2): 280~ 286 [林益明, 何建源, 杨志伟, 等. 武夷山甜槠群落凋落物的产量及其动态. 厦门大学学报(自然科学版), 1999, 38(2): 280~ 285]
- [34] Lin Wenyao, Jing Guifen, Zheng Zheng. A preliminary study on the litter-fall in evergreen broad-leaved forest and *Pinus yunnanensis* forest in the middle of Yunnan Province[J]. *Guhaia*, 1989, 9 (4): 347~ 355. [刘文耀, 荆贵芬, 郑征. 滇中常绿阔叶林及云南松林枯落物的初步研究[J]. 广西植物, 1989, 9(4): 347~ 355]
- [35] Hou Yong, Wang Bosun, Zhang Hongda. The litterfall of the south subtropical evergreen broad-leaved forest in Heshiding Nature Reserve[J]. *Ecological Science*, 1998, 17(2): 14~ 18 [侯庸, 王伯荪, 张宏达. 黑石顶自然保护区南亚热带常绿阔叶林的凋落物[J]. 生态科学, 1998, 17(2): 14~ 18]
- [36] Lin Ruiyu, He Zongning, Chen Guangshui *et al*. Seasonal dynamics of litterfall in *Omosia xylocarpa* plantation[J]. *Journal of Fujian Forestry College*, 2002, 22(1): 65~ 69. [林瑞余, 何宗明, 陈光水, 杨玉盛. 木英红豆凋落物季节动态[J]. 福建林学院学报, 2002, 22(1): 65~ 69]
- [37] Wen Yuanguang, Wei Bing'er, Li Jiejuan. A study on the litter production and dynamics of subtropical forest[J]. *Scientia Silvae Sinicae* 1989, 25(6): 542~ 547 [温远光, 韦炳二, 黎洁娟. 亚热带森林凋落物产量及动态的研究[J]. 林业科学, 1989, 25(6): 542~ 547]
- [38] Wang Fenyong. Review on the study of forest litterfall[J]. *Advances in Ecology*, 1989, 6(2): 95~ 102 [王凤友. 森林凋落物量综述研究[J]. 生态学进展, 1989, 6(2): 95~ 102]

Amount, Component and Seasonal Pattern of Litterfall in Secondary Evergreen Broadleaved Forest

WU Zhuoxi

(Youxi Forestry Science and Technology Center, Youxi, Fujian 365114, China)

Abstract The amount, component and seasonal pattern of litterfall in a secondary evergreen broadleaved forest with artificial aids to natural regeneration in Youxi, Fujian Province was studied. Annual litterfall of this forest was up to $6\,870\text{ kg/hm}^2$, of which 57.7% and 23.6% comprised leaf-litter and twig-litter respectively. *Castanopsis carlesii*, *Castanopsis megaphylla*, *Castanopsis fargesii*, *Sassafras tzumu* and *Choerospondias axillaris* contributed to 41.5%, 21.4%, 9.0%, 6.3% and 3.2% of the total annual leaf fall. The total litterfall peaked in April and December. The peak was found in April for leaf-litter, in April, July, and November for twig-litter, in May and June for flower-litter, and in December for fruit-litter, respectively. Leaf-litter of *C. carlesii* and *C. fargesii* maximized their values in April and May, respectively. Leaf-litter of *C. megaphylla* mainly occurred during July to September. *S. tzumu* and *C. axillaris* had their largest leaf fall in November and December, respectively. In contrast, leaf-litter of other tree species occurred more evenly over a year.

Key words evergreen broadleaved secondary forest; artificial aids to natural regeneration; litterfall; seasonal pattern