

鼎湖山粗死木质残体生物量特征*

杨方方^{1,2} 李跃林^{1**}

(¹中国科学院华南植物园 广州 510650)

(²中国科学院研究生院 北京 100049)

摘要 对鼎湖山季风常绿阔叶林1 hm²永久性样地内粗死木质残体 (Coarse woody debris, 简称CWD) 的生物量、存在形式及分解状态进行研究. 结果表明: 1) 鼎湖山季风常绿阔叶林CWD的生物量为42.09 t hm⁻², 其中倒木和枯立木分别为32.81 t hm⁻²、9.28 t hm⁻², 所占比例分别为77.9%、22.1%. 1999~2010年间CWD年均输入量为1.68 t hm⁻² a⁻¹. 2) CWD主要优势树种为锥栗 (*Castanopsis chinensis*)、黄杞 (*Engelhardtia roxburghiana*) 和荷木 (*Schima superba*), 所占比例分别为54.0%、15.1%和13.9%. 3) CWD径级主要分布在30 cm以下, 但对CWD生物量贡献最大的径级在30 cm以上. 4) CWD的分解状态主要为中度分解状态, 占CWD总生物量的61.2%. 研究还表明, 鼎湖山季风常绿阔叶林的CWD生物量呈逐年增加趋势. 图2 表3 参17

关键词 粗死木质残体; 生物量; 鼎湖山; 季风常绿阔叶林

CLC Q948.1

Coarse Woody Debris Biomass in a Monsoon Evergreen Broad-leaved Forest in the Dinghushan Nature Reserve, China*

YANG Fangfang^{1,2} & LI Yuelin^{1**}

(¹South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China)

(²Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract The biomass, types and decay classes of coarse woody debris (CWD) were analyzed in a monsoon evergreen broad-leaved forest (MEBF) in the Dinghushan Nature Reserve, Southeastern China based on long-term data from a 1 hm² permanent sample plot. The results showed that: 1) The total CWD biomass was 42.09 t hm⁻², of which the fallen trees and standing dead trees were 32.81 t hm⁻² and 9.28 t hm⁻², respectively. Fallen trees were the main type and accounted for 77.9% of the total CWD biomass, while the percentage of standing dead trees was 22.1%. The average annual increment of CWD was 1.68 t hm⁻² a⁻¹ from 1999 to 2010. 2) *Castanopsis chinensis* was the dominant species of CWD, accounting for 54.0% of the total CWD biomass, and followed by *Engelhardtia roxburghiana* and *Schima superba*, with the percentage of 15.1% and 13.9%, respectively. 3) DBH class of the CWD was mainly below 30 cm, though those with DBH more than 30 cm were the main contributor to CWD biomass. 4) The main decay class of CWD was intermediate decay, which accounted for 61.2% of the total CWD biomass. It was also found that the CWD biomass accumulated with time in the forest. Fig 2, Tab 3, Ref 17

Keywords coarse woody debris; biomass; Dinghushan; monsoon evergreen broad-leaved forest

CLC Q948.1

自然干扰产生的粗死木质残体 (Coarse woody debris, 简称CWD) 的数量及其动态变化反映了森林生态系统的自然干扰历史, 对野生动物保护、碳收支、火烧机制以及外来物种入侵等方面有着重要指示作用^[1], 因此, CWD贮量动态及其主要影响因子已成为认识森林生态系统发展规律的基础. 目前, 对CWD的研究主要集中在欧洲和北美的温带森林, 以CWD的生物量、养分变化、分解动态等为主要研究内容^[2~5], 近年来国内也相继开展了对CWD的研究, 研究内容

涵盖了生物量、分解动态、呼吸通量等方面^[6~8]. 但大多数研究仅限于对CWD进行短期研究, 本研究着重对CWD动态进行长期观测, 将更能反映森林生态系统的更新及林冠上层树种的竞争状况.

鼎湖山定位站从1992年开始对CWD进行相关研究^[9~12]. 鼎湖山季风常绿阔叶林是南亚热带典型的地带性植被类型, 位于北回归线附近, 由于衰老和自然干扰 (台风、暴雨等) 形成了大量CWD, 在森林成熟度提高和面临全球气候变暖的趋势下, 对CWD的消长响应及其对营养元素循环和土壤碳库的贡献机理等方面开展研究有着重要科学意义. 本文通过对CWD生物量及其特征的长期调查来评估量化鼎湖山季风常绿阔叶林内CWD的生物量及其种类组成、分解状态等动态变化, 探讨在全球变暖背景下导致CWD生成的主要因素, 以期为南亚热带森林群落生物量动态的长期监测提供基础资料, 并为森林生态系统的管理提供数据支撑.

收稿日期: 2010-10-15 接受日期: 2010-11-16

*广东省自然科学基金团队项目 (No. 8351065005000001) 及面上项目 (No. 9151008901000130)、国家重点基础研究发展计划项目 (973计划项目, No. 2009CB421101) 和国家生态系统网络鼎湖山站支撑项目资助 Supported by the Natural Science Foundation of Guangdong, China (Nos. 8351065005000001, 9151008901000130), the National Key Basic Research and Development Program of China (973 Program, No. 2009CB421101) and the Project of the National Ecological System Network of Dinghushan Station of China

**通讯作者 Corresponding author (E-mail: yuelin@scib.ac.cn)

1 研究地点与方法

1.1 研究地点概况

研究地点设在鼎湖山国家级自然保护区, 位于广东省肇庆市东北部, 地理坐标为 $112^{\circ}30'39''\sim 112^{\circ}33'41''\text{E}$, $23^{\circ}09'21''\sim 23^{\circ}11'30''\text{N}$, 保护区面积 $1\,155\text{ hm}^2$, 属典型的南亚热带季风湿润气候. 年均降雨量 $1\,956\text{ mm}$, 主要集中在4~9月, 年均温 $21.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 干、湿季明显, 年均相对湿度为 80.8% , 年蒸发量 $1\,115\text{ mm}$. 1978年在该保护区建立了中国科学院鼎湖山森林生态系统定位研究站(以下简称鼎湖山站).

实验地点为鼎湖山站季风常绿阔叶林永久性样地, 样地面积 1 hm^2 , 位于保护区核心区内的三宝峰, 海拔 $270\sim 300\text{ m}$, 坡度 $26^{\circ}\sim 33^{\circ}$. 土壤类型为赤红壤, 植被类型为已有近400年历史的南亚热带季风常绿阔叶林, 植被覆盖率达 85% 以上. 季风常绿阔叶林群落结构复杂, 成层现象明显, 植物种类丰富, 木本植物占绝对优势, 蕨类和藤本植物也较多. 该群落的主要优势种是锥栗(*Castanopsis chinensis*)、木荷(*Schima superba*).

1.2 CWD野外调查

1992年11月将季风常绿阔叶林 1 hm^2 永久样地划分为25个 $20\text{ m}\times 20\text{ m}$ 的II级样方, 每个II级样方含有16个 $5\text{ m}\times 5\text{ m}$ 的小样方, 对小样方内所有直径 $\geq 2.5\text{ cm}$, 长度 $\geq 1\text{ m}$ 的枯立木、倒木进行测量并记录树种, 倒木测量长度和中央直径, 枯立木测量胸径和高度, 同时记录分解状态. 其后于1994年11月、1999年11月、2003年3月、2004年11月、2008年11月和2010年3月进行了6次复查.

1.3 CWD分解等级划分

研究表明, 季风常绿阔叶林高度分解的CWD占CWD总量的 8.2% [13], 且在分解后期表现为木质体和土壤溶合. 基于Sollins (1982) 制定的标准 [14], 根据实际情况将季风常绿阔叶林内CWD分为如下3个分解等级:

轻度分解: 倒木树皮、侧枝完整或已缺损, 边材完好.

中度分解: 树皮大部分脱落, 边材部分腐烂.

高度分解: 树皮全无, 边材大面积腐烂, 心材部分腐烂.

1.4 CWD的生物量

根据胸径实测数据, CWD的生物量根据温达志等(1998)推算的回归方程 [9] (表1) 估算.

表1 估算CWD生物量的回归方程

Table 1 Equation for estimation of CWD biomass

CWD组分 Component of CWD	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient
干 Bole	$W = 0.0742\text{DBH}^{2.5670}$	0.98
枝 Branch	$W = 0.0189\text{DBH}^{2.4400}$	0.85

W: 生物量 (t); DBH: 胸高直径 (cm)

W: Biomass (t); DBH: Diameter at breast height (cm)

2 结果与分析

2.1 CWD的生物量与组成

鼎湖山季风常绿阔叶林CWD生物量从1999年的 25.28 t hm^{-2} 增加到2010年的 42.09 t hm^{-2} , 1999~2010年间CWD的增量为 16.81 t , 年均输入量为 $1.68\text{ t hm}^{-2}\text{ a}^{-1}$, 比1992~1999年的结果低 ($3.55\text{ t hm}^{-2}\text{ a}^{-1}$) (图1). 从形态组成上看, 枯立木生物

量的变幅为 $3.01\sim 9.28\text{ t hm}^{-2}$, 倒木生物量的变幅为 $14.4\sim 32.81\text{ t hm}^{-2}$. 可以看出, 在鼎湖山季风常绿阔叶林中CWD的主要存在形式为倒木. 由表2可知, CWD最大优势树种为锥栗, 其生物量占总生物量的 54.0% , 其次是黄杞 (*Engelhardtia roxburghiana*), 荷木 (*S. schima*), 华润楠 (*Machilus chinensis*), 黄果厚壳桂 (*C. chinensis*) 和肖蒲桃 (*Acmena acuminatissima*), 所占比例分别为 15.1% , 13.9% , 5.7% , 4.2% 和 2.4% , 其余树种占 4.7% . 从CWD径级组成 (图3) 上看, 大多数CWD的径级在 30 cm 以下, 但在生物量方面大径级的CWD贡献最大, 虽然大径级的CWD数量极少, 大于 30 cm 的CWD只有17株, 但其生物量占总生物量的 81.3% .

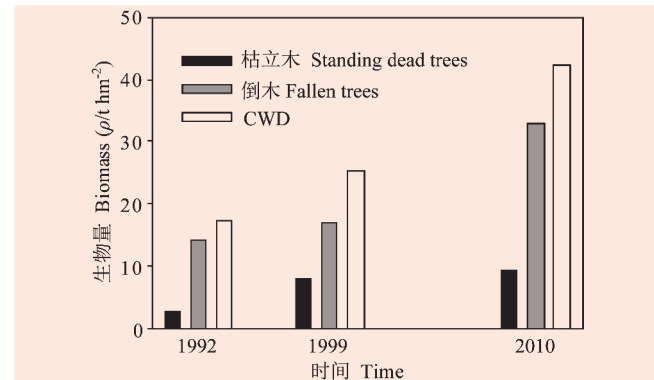


图1 鼎湖山季风常绿阔叶林CWD生物量随时间的变化

Fig. 1 Dynamics of CWD biomass over the measuring period in MEBF of Dinghushan

表2 鼎湖山季风常绿阔叶林CWD主要树种状况

Table 2 Status of the main species CWD in MEBF of Dinghushan

树种 Species	株数 Density (N/hm^{-2})	生物量 Biomass ($\rho/\text{t hm}^{-2}$)	所占的比例 Percentage (P/%)
锥栗 <i>C. chinensis</i>	24	22.72	54.0
黄杞 <i>E. roxburghiana</i>	4	6.36	15.1
荷木 <i>S. superba</i>	12	5.87	13.9
华润楠 <i>M. chinensis</i>	7	2.39	5.7
黄果厚壳桂 <i>C. concinna</i>	8	1.77	4.2
肖蒲桃 <i>A. acuminatissima</i>	12	1.00	2.4
其它种 Other species	45	1.98	4.7
总计 Total	112	42.09	100

2.2 CWD分解等级的分布特征

鼎湖山季风常绿阔叶林内中度分解的CWD生物量最高, 为 25.74 t hm^{-2} , 占CWD总量的 61.2% , 轻度分解等级的CWD生物量最低, 为 5.45 t hm^{-2} , 占CWD总量的 12.9% , 高度分解等级CWD占总量的 25.9% , 其生物量为 10.90 t hm^{-2} , 林内CWD的分解状态以中度分解为主, 轻度分解的CWD所占比例较少 (表3).

3 讨论

鼎湖山自然保护区季风常绿阔叶林内CWD的年输入量 (1999~2010年) 虽然低于之前 (1992~1999年) 的研究结果 [10], 但CWD生物量仍呈逐年增加的趋势, 与Mantgem等 (2009) 在北美森林的研究结果 [15] 相一致, 表明全球气候变暖和水分限制是导致森林树木死亡率增加的主要原因. 由于鼎湖山季风常绿阔叶林地保护区内, 受人为干扰较少, 因

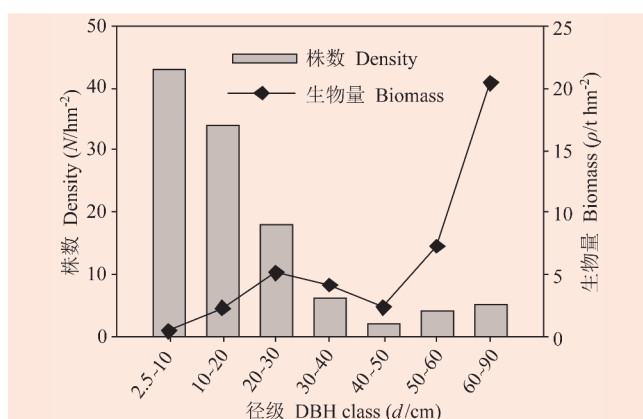


图2 鼎湖山季风常绿阔叶林不同径级CWD株数及其生物量变化
Fig. 2 Dynamics of density and biomass of different DBH CWD in MEBF of Dinghushan

表3 鼎湖山季风常绿阔叶林不同分解等级CWD生物量及占总量的比例

Table 3 Biomass and the percentage of different decay class CWD in MEBF of Dinghushan

分解等级 Decay class	生物量 Biomass (t/hm ²)	占总量的比例 Percentage (P/%)
轻度分解 Early decay	5.45	12.9
中度分解 Intermediate decay	25.74	61.2
高度分解 Advanced decay	10.90	25.9

此CWD生物量的增加主要是受内源性干扰(如衰老导致的自然死亡)和外源性干扰(台风、暴雨等)的影响,与之前在鼎湖山对CWD的研究结果^[9-10]相同。综合我国南亚热带成熟林CWD的研究,鼎湖山季风常绿阔叶林CWD的年均输入量 $1.68 \text{ t hm}^{-2} \text{ a}^{-1}$,比武夷山甜槠林CWD的年均输入量高^[16],前者林龄约400年,后者约80年,群落组成和林龄大小可能是导致此差异的主要原因。

CWD生物量受主要优势树种的控制,锥栗是鼎湖山季风常绿阔叶林优势乔木,其生物量约占地上树种总生物量的45%^[9],而锥栗也是CWD来源的主要树种^[9-10, 13]。近年来鼎湖山季风常绿阔叶林CWD的主要优势树种出现变化,1999年调查显示,季风常绿阔叶林CWD的主要优势种为黄果厚壳桂,占CWD总量的21%^[10],10年后黄果厚壳桂CWD生物量仅占CWD总量的4.2%,与周小勇等(2005)研究发现黄果厚壳桂在鼎湖山季风常绿阔叶林群落乔木层已丧失了原来的优势地位相对应^[17]。可见,CWD组分及其生物量的变化能在一定程度上反映森林群落结构的变化及林冠上层树种的竞争。

不同存在形式的CWD生物量不尽相同,其中倒木是CWD的主要存在形式,占总体的77.9%,在调查期间,倒木生物量同样出现逐年增加的趋势。CWD个体数不是影响其生物量的主要因素,数量大小和生物量没有直接关系,径级的大小影响CWD生物量的高低。数量较少径级较大的CWD是构成CWD生物量的主体,这主要由于径级较大的CWD不易于分解^[11],导致其生物量累积较大。

References

- Huang SL, Crabtree RL, Potter C, Gross P. Estimating the quantity and quality of coarse woody debris in Yellowstone post-fire forest ecosystem from fusion of SAR and optical data. *Remote Sensing Environ*, 2009, **113** (9): 1926-1938
- Pedlor JH, Pearce JL, Venier LA, McKenney DW. Coarse woody debris in relation to disturbance and forest type in boreal Canada. *For Ecol & Manage*, 2002, **158**: 189-194
- Schelgel BC, Donoso PJ. Effects of forest type and stand structure on Coarse Woody Debris in old-growth rainforests in the Valdivian Andes, south-central Chile. *For Ecol & Manage*, 2008, **225**: 1906-1914
- Woodall CW, Nagel LM. Coarse woody type: a new method for analyzing coarse woody debris and forest change. *For Ecol & Manage*, 2006, **227**: 115-121
- Mackensen J, Bauhus J, Webber E. Decomposition rates of coarse woody debris-a review with particular emphasis on Australian tree species. *Austr J Bot*, 2003, **51**: 27-37
- Yan EY, Wang XH, Huang JJ, Zeng FR, Long G. Long-Lasting legacy of forest succession and forest management: characteristics of coarse woody debris in an evergreen broad-leaved forest of eastern China. *For Ecol & Manage*, 2007, **252**: 98-107
- Dai LM (代力民), Xu ZB (徐振邦), Chen H (陈华). Storage dynamics of fallen trees in the broad-leaved and Korean pine mixed forest. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 2000, **20** (3): 412-416
- Wu JB (吴家兵), Guan DX (关德新), Han SJ (韩士杰), Pei TF (裴铁璠), Shi TT (施婷婷), Zhang M (张弥). Respiration of fallen trees of *Pinus koraiensis* and *Tilia amurensis* in Changbaishan Mountains, northeastern China. *J Beijing For Univ* (北京林业大学学报), 2008, **30** (2): 14-19
- Wen DZ (温达志), Zhang DQ (张德强), Wei P (魏平), Kong GH (孔国辉). Vegetation biomass, coarse woody debris storage and litter dynamics of the community of *Castanopsis chinensis*, *Cryptocarya concinna*. *Trop & Subtrop For Ecosyst Res* (热带亚热带森林生态系统研究), 1998, **8**: 32-39
- Tang XL (唐旭利), Zhou GY (周国逸), Zhou X (周霞), Wen DZ (温达志), Zhang QM (张倩媚), Yin GC (尹光彩). Coarse woody debris in monsoon evergreen broad-leaved forests of Dinghushan Nature Reserve. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), 2003, **27**: 484-489
- Lü MH (吕明和), Zhou GY (周国逸), Zhang DQ (张德强). Decomposition of *Cryptocarya concinna* coarse woody debris (CWD) in Dinghushan. *J Guangxi Bot* (广西植物), 2006, **26**: 523-529
- Yang FF (杨方方), Li YL (李跃林), Liu XZ (刘兴诏). Decomposition of coarse woody debris (CWD) of dominate species *Schima Superba* in monsoon evergreen broadleaved forest of Dinghushan Nature Reserve. *J Mount Sci* (山地学报), 2009, **27** (4): 442-448
- Yang FF, Li YL, Zhou GY, Wenigmann KO, Zhang DQ, Wenigmann M, Liu SZ, Zhang QM. Dynamics of coarse woody debris and decomposition rates in an old-growth forest in lower tropical China. *For Ecol & Manage*, 2010, **259**: 1666-1672
- Sollins P. Input and decay of coarse woody debris in coniferous stands in western Oregon and Washington. *Can J For Res*, 1982, **12**: 18-28
- Mantgem Van PJ, Stephenson NL, Byrne JC, Daniels LD, Franklin JF, Fule PZ, Harmon ME, Larson AJ, Smith JM, Taylor AH, Veblen TT. Widespread increase of tree mortality rates in the Western United States. *Science*, 2009, **323**: 521-524
- Li LH (李凌浩), Xing XR (邢雪荣), Huang DM (黄大明), Liu CX (刘初钊), He JY (何建源). Storage and dynamics of coarse woody debris in *Castanopsis eyrei* forest of Wuyi Mountain, with some considerations for its ecological effects. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), 1996, **20** (2): 132-143
- Zhou XY (周小勇), Huang ZL (黄忠良), Ouyang XJ (欧阳学军), Li J (李炯), Guan LL (官丽莉), Xu GL (徐国良), Zhang C (张池). Succession of the original *Castanopsis chinensis*-*Cryptocarya chinensis*-*Schima superba* community of monsoon evergreen broad-leaved forest in Dinghushan Nature Reserve. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 2005, **25** (1): 37-44