

## 鼎湖山季风常绿阔叶林木本植物个体死亡动态

张池, 黄忠良\*, 史军辉, 李林, 魏识广, 李炯

(中国科学院华南植物园鼎湖山树木园, 肇庆 526070)

**摘要:** 采用永久样地生物多样性长期监测的方法, 在对 1hm<sup>2</sup> 永久样地  $DBH \geq 1$ cm 的植物进行 4 次测定的基础上, 研究了鼎湖山季风常绿阔叶林植物个体死亡的动态及其成因, 并对不同物种和不同径级植物死亡率的格局差异进行了分析。结果表明, 从 1992 年到 2004 年, 12a 内该样地  $DBH \geq 1$ cm 的植物共死亡 2411 株, 为该样地现有活立木的 69.34%。共有 92 种木本植物发生了个体死亡, 占样地 108 种木本植物的 85.19%, 其中乔木 70 种, 灌木 22 种; 年平均死亡株数呈直线上升; 死亡涉及木本植物种数也呈上升趋势; 样地内种群数量最多的云南银柴 (*Aporosa yunnanensis*) 和柏拉木 (*Blastus cochinchinensis*) 死亡株数也最多 (分别为 445 株和 440 株), 分别占所有死亡株数的 18.46%、18.25%; 优势树种黄果厚壳桂由于受虫害的影响, 种群死亡率达 90.83%; 小径级树木死亡较多, 其中  $DBH \leq 5$ cm 死亡株数占样地死亡总株数的 79.22%。自疏作用、灾害性天气、虫害和人为干扰直接影响到样地内植物个体的死亡动态。

**关键词:** 季风常绿阔叶林; 个体死亡; 种群动态; 鼎湖山

文章编号: 1000-0933(2006)08-2457-06 中图分类号: Q948 文献标识码: A

## Dynamics and causes of woody plant death in the monsoon evergreen broad-leaved forest in Dinghushan Nature Reserve

ZHANG Chi, HUANG Zhong-Liang\*, SHI Jun-Hui, LI Lin, WEI Shi-Guang, LI Jiong (Dinghushan Arboretum, South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Zhaoqing 526070, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(8): 2457 ~ 2462.

**Abstract:** The monsoon evergreen broad-leaved forest (MEBF) in Dinghushan Nature Reserve (DNR) has been considered as a zonal vegetation in lower subtropical China, with a history of more than 400 years. Its community structure, species diversity and community dynamics have been studied since 1956, so a lot of data have been well accumulated, which benefits the study on death dynamics of the plant individuals. The dynamics of plant death and its causes were studied based on the four times survey to the plant with  $DBH \geq 1$ cm in a 1hm<sup>2</sup> permanent plot of MEBF in DNR. The differences of death ratio among various species and diameter classes of these plants were explored. The results were showed as following: For the plants with  $DBH \geq 1$ cm from 1992 to 2004, there were 2411 plant individuals death occurred. These dead trees belonged to 92 species, amount for 85.19% of the total 108 species investigated in the plot. Within them, 70 species were trees, and 22 were shrubs. The annual average number of plant death individuals increased linearly, also of the species involved death. *Aporosa yunnanensis* and *Blastus cochinchinensis* were abundant species, which the death individuals had the most, account of 18.48% and 18.25% on total death individuals. For the reason of insect irruption, the individuals' death ratio of the former dominant species *Cryptocarya concinna*, reached to 90.83%. More death occurred on smaller diameter classes than on larger diameter classes, especially for  $DBH \leq 5$ cm, 79.22% individuals were dead. Self-thinning rule, catastrophic weather, insect irruption and human disturbances directly influenced the death

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(30470306); 中国科学院方向性资助项目(KSCXZ-SW-120)

**收稿日期:** 2005-05-11; **修订日期:** 2006-01-13

**作者简介:** 张池(1979-), 男, 湖北石首人, 硕士生, 主要从事保护生态学研究. E-mail: tramp368@hotmail.com

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: huangzl@scib.ac.cn

**Foundation item:** The project was supported by National Natural Science Foundation of China (No. 30470306); Chinese Academy of Sciences Grants (No. KSCXZ-SW-120)

**Received date:** 2005-05-11; **Accepted date:** 2006-01-13

**Biography:** ZHANG Chi, Master candidate, mainly engaged in conservation ecology. E-mail: tramp368@hotmail.com

dynamics of the plant individuals in the permanent plot.

**Key words:** monsoon evergreen broad-leaved forest; individuals death; population dynamics; Dinghushan

林木死亡是森林发育和演替过程中的自然结果,在原始森林中,常常存在大量死木<sup>[1]</sup>。由于其重要的生态学意义,死木日益引起人们的关注<sup>[2-6]</sup>。国外在 20 世纪 60 年代就开始对死木进行研究,推动了相关领域生态学研究的发展<sup>[1]</sup>。我国自 20 世纪 80 年代中期以来,一些学者相继对死木的贮量<sup>[7-9]</sup>、动态和功能特征进行了研究和评述<sup>[10-16]</sup>,取得了一定的进展。然而,关于木本植物个体死亡率在种类和径级结构方面差异的研究得到的关注较少,而引起树木死亡原因的研究,除了自疏作用和火灾<sup>[15,17]</sup>,更少有人触及。鼎湖山的季风常绿阔叶林已有 400 多年历史,属南亚热带地带性植被。自 20 世纪 50 年代开始,许多学者对该林型的群落结构组成及其动态变化进行了大量研究<sup>[18-22]</sup>。然而,其林木死亡与更新环节还不为人知。除森林植物种群的自疏现象外,干扰(包括台风、暴雨、火灾、冻害等气候性干扰,也有病虫害爆发、老树枯倒等生物性干扰)是引起森林植物死亡的主要原因。这些干扰通过使植物死亡作用于种群更新及群落演替,改变群落物种多样性格局。本文通过研究鼎湖山季风常绿阔叶林中木本植物死亡在时空尺度上的动态变化,包括不同物种和径级大小的植物个体死亡率的差异,探讨森林群落种群更新的动态和机制,为制订生物多样性保护措施提供理论依据。

### 1 研究地区的自然概况

鼎湖山自然保护区位于广东省中部,东经 112°30'39" ~ 112°33'41",北纬 23°09'21" ~ 23°11'30",属南亚热带季风气候。年平均气温 20.9℃,年降雨量 1956mm,干湿季节明显,4~9 月为雨季,10 月至翌年 3 月为旱季<sup>[23]</sup>。样地位于保护区核心区内,面积 1hm<sup>2</sup>,坡度 26~30°,局部达 40°,海拔 270~330m。土壤为发育于砂岩母质的赤红壤,厚度 60~90cm,表层有机质含量 2194%~4127%<sup>[24]</sup>。植物种类以茜草科(*Rubiaceae*)、大戟科(*Euphorbiaceae*)、樟科(*Lauraceae*)、桃金娘科(*Myrtaceae*)的种类最多。上层乔木以樟科、壳斗科(*Fagaceae*)、茶科(*Theaceae*)、桃金娘科树种为优势。群落结构复杂,成层现象明显。群落垂直结构大致可分为 5 层,即乔木 3 个亚层,加上灌木层、草本(含幼苗)层。此外,还有多种藤本植物和附生植物等层间植物。从植物种类,群落结构和外貌特性看,鼎湖山季风常绿阔叶林接近于山地热带雨林<sup>[25]</sup>。本研究的对象为锥栗(*Castanopsis chinensis*)、黄果厚壳桂(*Cryptocarya concinna*)、荷木(*Schima superba*)群落,是南亚热带地带性植被的重要代表类型。

鼎湖山既是国家级自然保护区,也是著名的旅游风景区,近年来游客达 70~90 万人次/a。因此,鼎湖山自然保护区人为干扰主要来自旅游建设和旅游活动,具体形式有噪音、废气污染等;自然干扰主要有雷击、台风、暴雨、火灾、冻害等气候性干扰,也有病虫害爆发、老树枯倒等生物性干扰。

### 2 研究方法

为了长期追踪观测研究鼎湖山森林生物多样性及其动态变化,1982 年选取具有代表性林段建立了 2000m<sup>2</sup> 永久样地。1992 年参考美国史密森研究院在热带森林地区进行生物多样性长期监测研究的方法<sup>[26]</sup>,在鼎湖山将原样地面积扩大到 1hm<sup>2</sup>,并分成 25 个(20×20m<sup>2</sup>)样方,每个样方再分成 16 个(5×5m<sup>2</sup>)小样方。1992 年 11 月,对 1hm<sup>2</sup> 样地内  $DBH \geq 1\text{cm}$  活的立木编号,进行每木检测,测定内容包括:植物种名、胸径、树高、枝下高、冠幅、生长状况,树木在样方内的坐标位置等。在测  $DBH$  处作永久标记,以便下次复测。1994 年 11 月、1999 年 11 月和 2004 年 11 月对样地进行了 3 次复测,复测的内容与第 1 次相同。其中,对于某一编号的植株,在复测中根据上次测定时记录的坐标无法找到时,即记录此编号的树种已经在两次测定期间死亡。对于通过生长新增加的植株(达到  $DBH \geq 1\text{cm}$  标准),补编号码,进行相同内容的测定。

为了分析树木死亡与干扰之间的关系,将 1992~2004 年该群落及其附近发生的干扰时间列于表 1。

### 3 结果与分析

从 1992 年至 2004 年,该样地内  $DBH \geq 1\text{cm}$  的植物,共有 2411 株死亡,分布于 92 种,占样地内 108 种  $DBH \geq 1\text{cm}$  植物的 85.18%。其中乔木 70 种,灌木 22 种。死木中胸径最大为 126.4cm(锥栗),最小为 1.0cm,

平均 4.6cm。

### 3.1 林木年平均死亡株数的变化

由图 1 可知,1992 年至 1994 年的年平均死亡株数最少,1999 年至 2004 年的年平均死亡株数最多,年平均死木数量呈现直线上升的趋势。12a 内,年平均死亡株数变幅较大,变异系数为 46.65%。死亡株数呈直线上升趋势,表明该林地所遭受的干扰强度逐步加大,干扰的累计效应也逐步显示出来。

### 3.2 死木涉及的物种数变化动态

1992 年的死木分布于 21 个种,其后各次测定到木本植物个体的死亡,涉及的物种数依次为 35 种、56 种、85 种,呈逐次上升之势。各年份间死亡涉及种数的变异系数为 56.52%,种数变化较大。植株死亡涉及的物种数增多反映了该群落所遭受的干扰逐步升级,影响范围逐渐扩大。

### 3.3 死木种类分布格局

由图 2 可知,在 1992~2004 间,死亡株数最多为云南银柴 445 株,占死木总数 18.46%。其次是柏拉木 440 株,占死木总数 18.25%。黄果厚壳桂、九节、光叶红豆和鼎湖血桐的死木株数分别为 317、150、98 和 88 株,占死木总数 13.15%、6.22%、4.07% 和 3.65%。这些种是群落中多度较大的种,死亡株数多。这种格局形成的主要原因是自疏作用。有 21 种的死亡个体数为 1,主要是稀有种。12a 间没有发生个体死亡的有 16 种,这些种的个体数均较少。

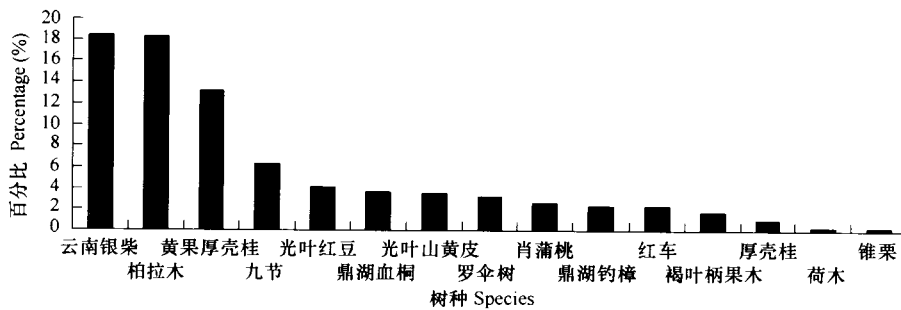


图 2 在 12a 间样地内主要树种死木总株数占所有树种死木株数的百分比

Fig. 2 Percent of all dead trees number of main species in dead trees number of all species in the plot during 12a

### 3.4 主要树种死亡率与生活型的关系

由表 2 可见,该群落树种年平均死亡率 6% 以上的有 5 个种,最大年平均死亡率为 17.12%,较大的年平均死亡率意味着种群的更新速率较快。云南银柴、柏拉木、九节、光叶红豆、鼎湖血桐、光叶山黄皮、罗伞树 (*Ardisia quinquegona*)、肖蒲桃 (*Acmena acuminatissima*) 的各年度死亡率持续上升。其中,年平均死亡率上升幅度最大的是群落原优势种之一黄果厚壳桂,从 1992 年至 2004 年近 90% 的死亡率,使黄果厚壳桂在群落中的地位急剧下降,丧失优势种的地位,表明该物种受到针对性的灾害打击。另两个优势种锥栗和荷木的死亡率波动不大。导致各树种死亡率较高的原因不一,黄果厚壳桂是因为樟翠尺蛾 (*Thalassodes quadraria*) 虫害的持续爆发影响,发生个体大量死亡<sup>[27]</sup>。柏拉木、九节、罗伞树个体均为灌木或小乔木,极易被样地内大径级的倒木压死。同时它们的根系浅,易遭干旱而死。柏拉木和鼎湖血桐多为丛生,个体密度大,种内竞争激烈,因而自疏作用强烈。红车、云南银柴等死亡株数虽较多,但死亡率稳定,它们的个体死亡大多为自然死亡。

表 1 近 20a 鼎湖山季风常绿阔叶林发生干扰事件

Table 1 Disturbance events occurred in the monsoon evergreen broad-leaved forest last 20 years

年份 Year	干扰事件 Disturbance	范围 Scope	强度 Intensity
1985~1992	虫害	整个群落	较大
1997	大树枯倒	2 个样方	较大
1998	泥石流	3 个样方	较大
1992~2004	庆云寺烧香等污染	群落边缘	较小

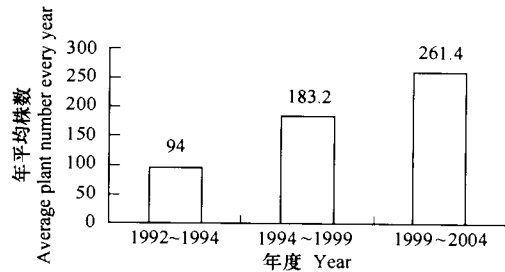


图 1 样地内年平均死木株数的变化

Fig. 1 Changes of annual average plant number of dead trees in the plot

表 2 样地内主要树种年平均死亡率的变化

Table 2 Changes of annual average death ratio of main species in the plot

种名 Species names	1992 ~ 1994	1992 ~ 1994 年	1994 ~ 1999	1994 ~ 1999	1999 ~ 2004	1999 ~ 2004 年	生活型 Life type
	死亡株数 Dead trees number	死亡率 Death ratio(%)	死亡株数 Dead trees number	年死亡率 Death ratio(%)	死亡株数 Dead trees number	死亡率 Death ratio(%)	
黄果厚壳桂 <i>Cryptocarya concinna</i>	22(304)	3.62	105(313)	6.71	190(222)	17.12	大乔木
罗伞树 <i>Ardisia quinquegona</i>	9(111)	4.06	27(112)	4.82	40(100)	8.00	小乔木
柏拉木 <i>Blastus cochinchinensis</i>	40(454)	4.41	193(518)	7.45	207(534)	7.75	灌木
九节 <i>Psychotria rubra</i>	12(239)	2.51	55(259)	4.25	83(239)	6.95	灌木
光叶红豆 <i>Ormosia glaberrima</i>	9(152)	2.96	34(165)	4.12	55(170)	6.47	小乔木
肖蒲桃 <i>Acmena acuminatissima</i>	6(134)	2.24	24(138)	3.48	33(149)	4.43	大乔木
云南银柴 <i>Aporosa yunnanensis</i>	35(1203)	1.46	172(1206)	2.85	238(1077)	4.42	小乔木
鼎湖钓樟 <i>Lindera chunii</i>	11(77)	7.15	30(75)	8.00	16(75)	4.27	小乔木
鼎湖血桐 <i>Macaranga sampsoni</i>	0(56)	0.00	15(188)	1.60	73(406)	3.60	小乔木
锥栗 <i>Castanopsis chinensis</i>	1(15)	3.34	3(15)	4.00	2(13)	3.08	大乔木
褐叶柄果木 <i>Mischocarpus pentapetalus</i>	0(65)	0.00	25(72)	6.94	18(118)	3.05	小乔木
红车 <i>Syzygium rehderianum</i>	3(141)	1.07	36(145)	4.97	18(120)	3.00	大乔木
光叶山黄皮 <i>Randia canthioides</i>	4(143)	1.40	28(202)	2.77	52(377)	2.76	小乔木
荷木 <i>Schima superba</i>	2(37)	2.71	3(35)	1.71	2(33)	1.21	大乔木

\* 括号内的数字为各年度调查时样地内该树种所有的个体数 The figures in the parentheses were number of the species in the plot in every time survey; \* 年死亡率 = (该树种当次测定的死亡株数/该树种当次测定时所有个体数/当次测定距上次测定年数) × 100 Annual death ratio = (dead trees number of species in this time survey/all plant number of this species in this time survey/year number from this survey to last survey) × 100

### 3.5 死木的径级分配及其与活立木径级结构的差异

由图 3 可知,1992 至 1994 年死亡植物的胸径集中分布于 0 ~ 5cm 径级上,没有大径级的植株死亡;如图 4 所示,1994 至 1999 年死亡的植株胸径分布范围扩大,但仍以 0 ~ 5cm 径级上的个体数占绝对优势,其次是 5 ~ 10cm 径级上的个体数,其中超大径级树种锥栗 3 株;在图 5 中,1999 至 2004 年死亡植株的胸径也集中分布在 0 ~ 5cm 径级上,其次是 5 ~ 10cm 径级。

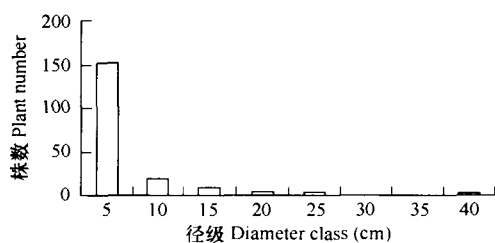


图 3 1992 ~ 1994 年死木径级分配

Fig.3 The allocation of the dead trees among different diameter classes in 1992 ~ 1994

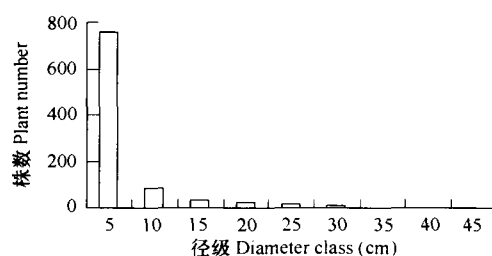


图 4 1994 ~ 1999 年死木径级分配

Fig.4 The allocation of the dead trees among different diameter classes in 1994 ~ 1999

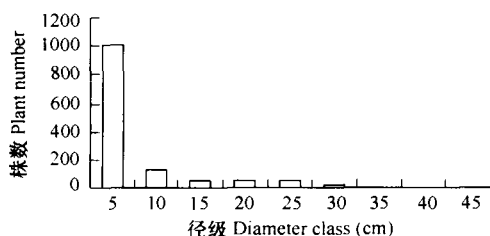


图 5 1999 ~ 2004 年死木径级分配

Fig.5 The allocation of the dead trees among different diameter classes in 1999 ~ 1999

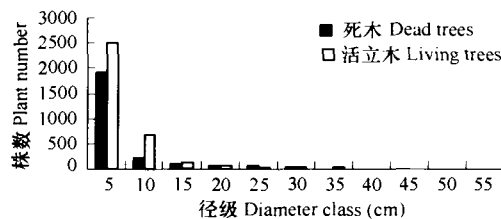


图 6 1992 ~ 2004 年死木与 2004 年活立木的径级分配

Fig.6 The allocation of dead trees in 1992 ~ 2004 and the livings in 2004 among different diameter classes

从图 6 中可以看出,在 12a 间死亡植株的胸径集中分布于 0~5cm 径级上,其次是 5~10cm 径级,这与 2004 年现存活立木胸径分布大致相同。同时,该群落木本植物个体死亡强度较大,特别是大径级的个体死亡数量大于现存活立木,反映该群落正处于演替剧烈的阶段,一些原来占优势的树种如锥栗将退出历史舞台。胸径为 0~5cm 的死亡植物的株数达 1910 株,占死木总株数 79.22%,此径级的柏拉木死亡个体数最多;2004 年活立木胸径在 0~5cm 的个体数为 2498 株,占活立木个体数 71.84%。同时,分布于 5~10cm 径级的死木株数占死木总株数 9.50%,其中云南银柴 130 株,所占比例最大;2004 年活立木胸径在 5~10cm 的占所有活立木个体数的 19.21%。分布于 10~15cm 径级的死木株数占死木总株数 3.78%,其中黄果厚壳桂占比例最大;2004 年 10~15cm 径级活立木个体数为 137 株。但是,15~20cm 径级及其以后的径级,12a 的死木个体数略多于 2004 年现存的活立木个体数。

小径级树木死亡是种群自疏作用和大树枯倒被压共同作用的结果;而大径级的个体死亡主要来自雷击、虫害以及自然死亡。暴雨引起的局部山体滑坡的致死对象则不分径级大小。

## 4 结论与讨论

### 4.1 干扰累计效应导致木本植物死亡数量增加

鼎湖山季风常绿阔叶林是拥有 400 多年历史,保护较好的地带性植被,成熟度较高,被视为稳定性较高的演替顶极植被类型。但自 1992 年以来,该样地内死亡植物的物种组成和数量出现增大的趋势,出现此种情况的原因可能与鼎湖山自 1980 年以来旅游活动程度逐步加强有关。鼎湖山是国家 4A 级旅游风景区,毗邻季风常绿阔叶林的庆云寺是岭南四大名刹之一,大部分的游客和车辆都途经庆云寺,由此产生的噪音、汽车尾气以及寺庙烧香所产生的烟雾,影响到毗邻的季风常绿阔叶林,当干扰的累计效应达到一定程度时,超过了群落抵抗力的阈值,打破了该群落的生态平衡,导致森林内鸟类等天敌数量急剧减少<sup>[28]</sup>。据记载,鼎湖山的季风常绿阔叶林在 20 世纪 80 年代以前,没有爆发过危害性大的虫害,但从 1985 年开始,樟翠尺蛾的连续爆发<sup>[27]</sup>,严重危害到樟科植物的生存,特别是造成黄果厚壳桂和厚壳桂的大量死亡。另外,在永久样地内频繁的科研活动也加大了植株的死亡率,如此便引起群落结构的剧烈变化。

### 4.2 该群落的结构组成已发生较大变化

优势树种黄果厚壳桂由于受虫害的影响,种群个体死亡率达 90.83%,导致其在群落中的地位急剧下降,已丧失优势种的地位,甚至有从乔木层消失的危险。另两个优势树种锥栗和荷木的成熟个体不断死亡,而其幼苗幼树为数极少。这意味着它们的优势地位已逐步失去。

### 4.3 不同径级大小个体死亡的数量及原因

自然死亡,包括小径级植株的自疏作用和大径级植株的自然衰亡。死木株数最多的云南银柴本身为个体数最多的树种,其死亡比例并不大。死亡数量较多的柏拉木和鼎湖血桐则为丛生型的植物,密度较大,其死亡来自激烈的种间竞争,当个体生长到一定大小后,自疏作用开始强烈,部分个体开始死亡。自然衰亡是大径级植株的归宿之一,它们到了老年以后,变得衰弱,对病虫害和其它灾害的抵抗力下降,逐渐衰亡。

灾害性天气,鼎湖山的季风性气候在雨季带来丰沛雨水,但同时带来了灾害性的天气:雷暴和台风,老弱病残者首当其冲。在 1997 年的一次雷暴中,一株具最大胸径的锥栗倒掉后压死其周围大量的小径级的植物,涉及的物种达 11 个。台风带来的暴雨导致样地内山体滑坡,大量的石块夹着泥水使许多树木被连根拔起,进而死亡。干旱也是致死原因之一,当旱季降雨量偏少时,许多小径级的植株因根系浅无法吸收深层地下水而死亡。

因此,鼎湖山季风常绿阔叶林植物个体死亡强度较大,种类组成发生了较大的变化,是群落内部自疏过程和外部较强的干扰共同作用的结果。鼎湖山的季风常绿阔叶林的保护,需要减弱人为活动对其施加的干扰破坏。

## References:

- [1] Harmon M E, Franklin J F, Swanson F J, et al. Ecology of coarse wood debris in temperate ecosystems. *Advances in Ecological Researches*, 1986, 15: 133 - 302.
- [2] Franklin J F, Shugart H H, Harmon M F. Tree death as an ecological process. *Bioscience*, 1987, 37:550 - 556.

- [ 3 ] Rikhari H C, Singh S P. Coarse woody debris in oak forested stream channels in the central Himalaya. *Ecoscience*, 1998, 5(1):128 ~ 131.
- [ 4 ] Harmon M E, Franklin J F, Swanson F J, *et al.* Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in Ecological Researches*, 1986, 15: 33 ~ 276.
- [ 5 ] Yang L Y, Dai L M. The decomposition and nutrient content of fallen woods in the moss-pinus koraiensis dark-conifer forest at north slope of Changbai Mountain. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(2):185 ~ 189.
- [ 6 ] Hou P, Pan C D. Coarse woody debris and its function in forest ecosystem. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, 12(2):309 ~ 314.
- [ 7 ] Dai L M, Xu Z B, Chen H. Storage dynamics of fallen trees in the broad-leaved and Korean pine mixed forest. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(3):412 ~ 416.
- [ 8 ] Dai L M, Xu Z B, Yang L Y, *et al.* Storage dynamics of fallen trees in Korean pine broad-leaved forest. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, 10(5):513 ~ 517.
- [ 9 ] Yang L Y, Dai L M, Zhang Y J. Storage and decomposition of fallen wood in dark coniferous forest on the North Slope of Changbai Mountain. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(9):1069 ~ 1071.
- [ 10 ] Chen H, Harmon M E. Dynamic study of coarse woody debris in temperate forest ecosystem. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1992, 3(2):99 ~ 104.
- [ 11 ] Ban Y, Xu H C, Li Z D. Mortality patterns of *Larix gmelini* and effect of fallen dead wood on regeneration of old *Larix gmelini* forest. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1997, 8(5):449 ~ 454.
- [ 12 ] Deng H B, Wang Q C, Pan W B, *et al.* A Preliminary Study on In-stream Fallen Wood in Erdaobaihe Forested Watershed Changbai Mountain. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(11):1896 ~ 1901.
- [ 13 ] Hao Z Q, Lv H. An overview of the roles of coarse woody debris in forest eco system. *Advances in Ecology*, 1989, 6(3):179 ~ 183.
- [ 14 ] Li L H, Dang G D, Wang T J, *et al.* Coarse woody debris in an *Abies fargesii* forest in the Qinling Mountains. *Acta Phytocological Sinica*, 1998, 22(5):434 ~ 440.
- [ 15 ] Luo D, Guo Q S, Huang J. A character study on the dead wood of primeval *Abies* of Sejila Mountain in Southeastern Tibet. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(3):635 ~ 639.
- [ 16 ] Wei P, Wen D Z, Huang Z L, *et al.* The biomass and characteristic of the dead trees in monsoon evergreen broad-leaved forest in Dinghushan. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(5):505 ~ 510.
- [ 17 ] E. Charles Morris. How does fertility of the substrate affect intraspecific competition? Evidence and synthesis from self-thinning. *Ecological Research*, 2003, 18(3):287 ~ 305.
- [ 18 ] Huang Z L, Kong G H, Wei P. Plant species diversity dynamics in Dinghushan Mountain forests. *Chinese Biodiversity*, 1998, 6(2):116 ~ 121.
- [ 19 ] Huang Z L, Kong G H, He D Q. Plant community diversity in Dinghushan Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(2):193 ~ 198.
- [ 20 ] Zhang Y M, Zhou G Y, Wen D Z, *et al.* Dynamics of the *Castanopsis chinensis* - *Schima superba* - *Cryptocarya concinna* community monsoon evergreen broad-leaved forest in Dinghushan Nature Reserve in a lower subtropical China. *Acta Phytocool Sin*, 2003, 27(2):256 ~ 262.
- [ 21 ] Zhou X Y, Huang Z L, Ouyang X J, *et al.* Succession of the original *Castanopsis chinensis*- *Cryptocarya chinensis*- *Schima superba* community of monsoon evergreen broad-leaved forest in Dinghushan Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(1):37 ~ 44.
- [ 22 ] Peng S L. The dynamics of forest community in low subtropical zone. Beijing: Science Press, 1996. 1 ~ 342.
- [ 23 ] Huang Z L, Meng H L, Zhang Y C. Climate of Dinghushan Biosphere Reserve. In: Tropical and subtropical forest ecosystem (8). Beijing: Weather Press, 1998. 134 ~ 139.
- [ 24 ] He J H, Chen Z Q. The soils of Dinghushan biosphere reserve. *Tropical and subtropical forest ecosystem*, 1982, 1:25 ~ 37.
- [ 25 ] Wang Z H, He Q Q, Song S D, *et al.* The vegetation of Dinghushan Biosphere Reserve. *Tropical and subtropical forest ecosystem*, 1982, 1:77 ~ 141.
- [ 26 ] Dallmeier F. Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas: methods for establishment and inventory of permanent plots. *MAB Digest*, UN ESCO, Paris, 1992. 11:72.
- [ 27 ] Huang Z L. The interaction of population dynamics of *Thalassodes quadraria* and the plant community structure and climate factor in Dinghushan. *Chinese Journal of Ecology*, 2000, 19(3):24 ~ 27.
- [ 28 ] Liao W P. An investigation on the birds from Dinghushan. *Tropical and Subtropical Forest Ecosystem*, 1982, 1:209 ~ 230.

## 参考文献:

- [ 5 ] 杨丽韞, 代力民. 长白山北坡苔藓红松暗针叶林倒木分解及其养分含量. *生态学报*, 2002, 22(2):185 ~ 189.
- [ 6 ] 侯平, 潘存德. 森林生态系统中的粗死木质残体及其功能. *应用生态学报*, 2001, 12(2):309 ~ 314.
- [ 7 ] 代力民, 徐振邦, 陈华. 阔叶红松林倒木贮量的变化规律. *生态学报*, 2000, 20(3):412 ~ 416.
- [ 8 ] 代力民, 徐振邦, 杨丽韞. 红松阔叶林倒木贮量动态的研究. *应用生态学报*, 1999, 10(5):513 ~ 517.
- [ 9 ] 杨丽韞, 代力民, 张扬建. 长白山北坡暗针叶林倒木贮量和分解的研究. *应用生态学报*, 2002, 13(9):1069 ~ 1071.
- [ 10 ] 陈华, Harmon M E. 温带森林生态系统粗死木质物动态的研究. *应用生态学报*, 1992, 3(2):99 ~ 104.
- [ 11 ] 班勇, 徐化成, 李湛东. 兴安落叶松老龄林落叶松林死亡格局以及倒木对更新的影响. *应用生态学报*, 1997, 8(5):449 ~ 454.
- [ 12 ] 邓红兵, 王青春, 潘文斌. 长白山二道白河森林流域溪流倒木调查研究. *生态学报*, 2002, 22(11):1896 ~ 1901.
- [ 13 ] 郝占庆, 吕航. 木质物残体在森林生态系统中的功能评述. *生态学进展*, 1989, 6(3):179 ~ 183.
- [ 14 ] 李凌浩, 党高弟, 汪铁军, 等. 秦岭巴山冷杉林粗死木质残体研究. *植物生态学报*, 1998, 22(5):434 ~ 440.
- [ 15 ] 罗大庆, 郭泉水, 黄界. 西藏色季拉原始冷杉林死木特征研究. *生态学报*, 2004, 24(3):635 ~ 639.
- [ 16 ] 魏平, 温达志, 黄忠良. 鼎湖山季风常绿阔叶林死木生物量及其特征. *生态学报*, 1997, 17(5):505 ~ 510.
- [ 17 ] 黄忠良, 孔国辉, 魏平. 鼎湖山植物物种多样性动态. *生物多样性*, 1998, 6(2):116 ~ 121.
- [ 18 ] 黄忠良, 孔国辉, 何道泉. 鼎湖山植物群落多样性的研究. *生态学报*, 2000, 20(2):193 ~ 198.
- [ 19 ] 张咏梅, 周国逸, 温达志, 等. 南亚热带季风常绿阔叶林锥栗-荷木-黄果厚壳桂群落发展趋势探讨. *植物生态学报*, 2003, 27(2):256 ~ 262.
- [ 20 ] 周小勇, 黄忠良. 鼎湖山季风常绿阔叶林原锥栗-厚壳桂-荷木群落演替. *生态学报*, 2005, 25(1):37 ~ 44.
- [ 21 ] 彭少麟. 南亚热带森林群落生态学. 北京: 科学出版社, 1996. 1 ~ 342.
- [ 22 ] 黄忠良, 蒙满林, 张佑昌. 鼎湖山生物圈保护区的气候. *热带亚热带森林生态系统研究*. 第 8 集, 气象出版社, 1998. 134 ~ 139.
- [ 23 ] 何金海, 陈兆其. 鼎湖山自然保护区之土壤. *热带亚热带森林生态系统研究*, 1982, 第 1 集:25 ~ 37.
- [ 24 ] 王铸豪, 何道泉, 宋绍敦. 鼎湖山自然保护区的植被. *热带亚热带森林生态系统研究*, 1982, 第 1 集:77 ~ 141.
- [ 25 ] 黄忠良. 樟翠尺蛾种群动态于植物群落结构及气候因子的关系. *生态学杂志*, 19(3):24 ~ 27.
- [ 26 ] 廖维平. 鼎湖山鸟类调查. *热带亚热带森林生态系统研究*, 1982, 1:209 ~ 230.