

鼎湖山南亚热带常绿阔叶林凋落物 量 20 年动态研究

官丽莉 周国逸* 张德强 刘菊秀 张倩媚

(中国科学院华南植物研究所, 广州 510650)

摘要 研究了鼎湖山森林生态系统定位研究站 20 年来对常绿阔叶林凋落物量进行监测所积累的资料, 探讨这一地带性植被演替过程中凋落物量动态变化格局及组成特征, 并分析了主要优势种凋落叶的变化规律及其与凋落物总量的联系。鼎湖山南亚热带常绿阔叶林平均年凋落物量为 $8.45 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 年际波动显著。总体来说年凋落物量呈下降趋势, 这与植被所处演替阶段及本身林分特征有关。凋落物的凋落高峰发生在雨季初期(4、5月)和雨季末期(8、9月)。与多数森林不同, 鼎湖山南亚热带常绿阔叶林各组分凋落物量的比例顺序为叶 > 花果杂物 > 枝。其中锥栗(*Castanopsis chinensis*)、荷木(*Schima superba*)、厚壳桂(*Cryptocarya chinensis*)、黄果厚壳桂(*C. concinna*) 4 种优势种 20 年平均年凋落物量分别为 1.86 、 0.50 、 0.26 、 $0.40 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 合计占凋落叶量的 70% 左右, 它们的动态直接影响着凋落总量变化格局。

关键词 南亚热带常绿阔叶林 凋落物量 动态

TWENTY YEARS OF LITTER FALL DYNAMICS IN SUBTROPICAL EVERGREEN BROAD-LEAVED FORESTS AT THE DINGHUSHAN FOREST ECOSYSTEM RESEARCH STATION

GUAN Li-Li ZHOU Guo-Yi* ZHANG De-Qiang LIU Ju-Xiu and ZHANG Qian-Mei

(South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China)

Abstract In this paper, we summarize 20 years of observations and measurements on the production, composition, and seasonal dynamics of litter and leaf litter production of dominant species in the southern subtropical evergreen broad-leaved forests at the Dinghushan Forest Ecosystem Research Station. Annual litter production ranged from $6.39 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ to $11.04 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ with an average of $8.45 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$. The variation in the annual litter fall was remarkable. Total litter production decreased over the past 20 years reflecting changes in the compositional characteristics and successional stages of the forest. There were two litter fall peaks each year: one at the beginning of the rainy season (April and May) and the other at the end of the rainy season (August and September). The different components of litter production showed a consistent annual temporal sequence in the following order: leaves; flowers and other mixed-materials; branches. The mean annual leaf litter production of *Castanopsis chinensis*, *Schima superba*, *Cryptocarya chinensis* and *Cryptocarya concinna* was 1.86 , 0.50 , 0.26 and $0.40 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, respectively, which accounted for about 70% of the total leaf litter production. Leaf litter production of the dominant species greatly influenced the dynamics of total litter production, and, to some degree, the dynamics of litter production reflected changes in the forest biomass and community composition over the past 20 years.

Key words Lower subtropical evergreen broad-leaved forest, Litter production, Litter dynamics, Forest development

森林凋落物是森林第一性生产力的重要组成部分, 在森林生态系统的物质循环和养分平衡中起重要作用。凋落物同时还是碎屑食物网的能量来源, 在森林生态系统中, 这是生产者营养级和以后各级

最主要的能流途径(Kimmins, 1992)。凋落物与林分动态密切相关, 其变化伴随着森林生态系统的演替过程。Roberts(1987)认为凋落物在地表的积累是植被演替的一部分。另外凋落物在涵养水源、维持土

收稿日期: 2003-05-28 接受日期: 2003-10-24

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大方向性项目(KSCX2-SW-120)、中国科学院海外杰出青年基金项目和国家科技部“973”前期资助项目(2001CCB00600)

衷心感谢鼎湖山定位站多年来参与这项工作的各位老师

* 通讯作者 Author for correspondence E-mail: gyzhou@scib.ac.cn

壤肥力及调节群落结构等方面也具有重要意义(吴承祯等, 2000)。

森林凋落物历来是森林生态学、生物地球化学和森林土壤学等学科的重要研究内容。早在 1876 年德国学者 Embemayer 便在其名著“森林凋落物产量及其化学组成”中阐述了森林凋落物在养分循环中的重要性(吴承祯等, 2000)。其后 Bray 和 Gorham (1964) 曾对世界森林凋落物量做过详细研究。我国对凋落物量的研究从 20 世纪 80 年代开始有较大进展, 至今已涉及不同气候带的不同森林群落, 包括山地雨林、半落叶季雨林(卢俊培等, 1994)、阔叶红松林(程伯容等, 1992)、红树林(林鹏等, 1988)、亚热带混交林(温远光等, 1989)、滇中常绿阔叶林(刘文耀等, 1990) 等。但是已有报道多为一年或几年的研究结果, 而凋落物量变化往往与当地气象要素有一定的相关关系(翁轰等, 1993), 需要长期的定位监测才能得到更有意义的结论, 所以这方面的工作有必要进一步加强。

鼎湖山常绿阔叶林是北回归线附近保存较为完好的南亚热带地带性植被类型, 是当前相同纬度带上最具特色和研究价值的地带性植被之一(孔国辉等, 1998)。中国科学院鼎湖山森林生态系统定位研究站自 1981 年以来就开始对凋落物量进行细致的监测研究, 本文基于 20 年来积累的大量资料, 研究鼎湖山南亚热带常绿阔叶林凋落物量的年际变化规律和组成特征, 特别深入分析各优势种凋落物动态及其与总凋落物量的联系, 试图探讨演替进展过程物种变化和生物量变化在凋落物量上的反映。本研究对深入了解南亚热带森林生态系统的结构、功能及持续利用南亚热带森林资源具有重要意义。

1 研究地概况

研究地点位于广东省中部肇庆市鼎湖山自然保护区, $112^{\circ}30' \sim 112^{\circ}33' E$, $23^{\circ}09' \sim 23^{\circ}11' N$, 属南亚热带湿润气候。年均气温 $20.9^{\circ} C$, 降雨量为 $1\ 956\ mm$, 年相对湿度为 81.5% , 干湿季明显, $4 \sim 9$ 月为雨季, 10 月至翌年 3 月为旱季(黄展帆等, 1982)。样地位于保护区核心区内三宝峰的东南坡, 海拔 $200 \sim 220\ m$, 坡度 $26 \sim 30^{\circ}$, 土壤为发育在沙页岩母质的赤红壤, 土层厚度达 $60 \sim 90\ cm$, 表层有机质含量为 $2.94\% \sim 4.27\%$ (何金海等, 1982)。

鼎湖山南亚热带常绿阔叶林植物种类丰富, 藤本植物和蕨类植物较多, 群落结构复杂, 成层现象明显, 一般分乔、灌、草 3 层, 其中乔木又可分成 3 个

亚层, 第一亚层以个体数量不多的锥栗(*Castanopsis chinensis*) 和荷木(*Schima superba*) 为优势种, 第二层以黄果厚壳桂(*Cryptocarya concinna*), 厚壳桂(*Cryptocarya chinensis*) 和肖蒲桃(*Acmena acuminatissima*) 等为优势种, 第三亚层的优势种是云南银柴(*Aporosa yunnanensis*) 为主(王铸豪等, 1982; 黄忠良等, 1998)。

鼎湖山森林群落演替的主要方向为: 针叶林 \rightarrow 针阔混交林 \rightarrow 季风常绿阔叶林, 而在季风常绿阔叶林阶段又是按以阳生植物为主的常绿阔叶林(第四阶段) \rightarrow 以中生植物为主的常绿阔叶林(第五阶段) \rightarrow 中生群落(第六阶段) 的方向发展的(彭少麟等, 1998)。本群落处于鼎湖山群落演替的第五阶段, 即从黄果厚壳桂-锥栗-厚壳桂-荷木群落向黄果厚壳桂-厚壳桂群落方向进行演替。但从定位研究的情况来看, 该群落经过 20 年的演替, 物种丰富度变化不大, 但个别物种的种群数量发生很大的变化。如由于虫害和雷暴等自然干扰因子的出现, 樟科中的黄果厚壳桂、厚壳桂大量死亡, 至 1992 年时其种群数量分别下降了 96.4% 和 47.1% (黄忠良等, 1998), 到 2002 年时 $2\ 000\ m^2$ 样地中黄果厚壳桂全部死亡; 同时, 有 2 棵大径级锥栗死亡, 而位于乔木第三亚层的云南银柴的发展状况良好(黄忠良, 2002), 群落的结构发生较大的变化, 群落在自然演替过程中出现了一定的波动。

2 研究方法

在面积为 $2\ 000\ m^2$ 的固定样方中, 按一定距离间隔随机放置 $10 \sim 15$ 个 $1\ m \times 1\ m \times 0.25\ m$ 的凋落物收集器。收集器为孔径 $1\ mm$ 的尼龙网制成的方口盘, 底网距地面约 $0.5\ m$ 。每月收集 1 次。观测期为 1981 年 1 月至 2001 年 12 月。其中 1992 年和 1993 年监测因故暂停。

将收集回来的凋落物首先风干, 然后将枯叶分选为不同的种, 枝条以及难以区分的花果碎屑则不分种, 统归为枝条和花果杂物两种组分。分选好的各部分在 $60^{\circ} C$ 下烘至恒重, 然后分别称重并计算凋落物总量及各组分占总凋落物量的百分比。

3 结果与分析

3.1 凋落物总量动态

森林年凋落物量因气候区和森林类型不同而异。我国以西双版纳勐仑的热带季雨林年凋落物量最大, 为 $12.5\ t \cdot hm^{-2}$ (郑征等, 1990), 次之为海南岛尖峰岭热带半落叶季雨林, 达到 $9.8\ t \cdot hm^{-2}$ (卢俊培

等,1994),其后就是本文研究的鼎湖山南亚热带常绿阔叶林。1981~2001年鼎湖山南亚热带常绿阔叶林的年凋落物量为 $6.39 \sim 11.04 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ (图1),平均年凋落物量为 $8.45 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,变异系数为14%。

另外森林年凋落物量变化还受气候因子的影响。对鼎湖山常绿阔叶林来说主要是台风和暴雨,特别是1983、1985和1991年由于受强台风影响,年凋落物量明显增大。而其它年份的生物气候环境因子差异较小,则相应凋落物量年变幅不大。

图1显示鼎湖山常绿阔叶林凋落物量有“大小年”现象,总体呈明显波动性,这可能是森林维持稳定生产力的一种自我调节形式(张德强等,2000)。Sykes和Brunce(1970)通过3年的研究也证实了落叶林地凋落物量的波动性。

总体来看,鼎湖山南亚热带常绿阔叶林20年间年凋落物总量呈逐渐下降趋势。其中2000年凋落物量最少,比1983年下降42%。比较1982、1992、1994和1999年鼎湖山植被调查结果表明(温达志等,1997;1998;张咏梅等,2003),南亚热带常绿阔叶林主要群落个体数呈递减趋势,生物量大体上也趋于下降。凋落物是森林第一性生产力的重要组成部分,其动态变化在一定程度上反映了森林生态系统生物量的变化。当然,由于凋落物量受气候因子影响较大,其变幅大小与生产力其它部分的变幅可能不一致。

鼎湖山常绿阔叶林凋落物量和生物量的这种变化趋势主要与它本身的群落特征和所处的演替阶段有关。本研究的主要群落——黄果厚壳桂+锥栗+厚壳桂+荷木群落是有400年林龄的成熟老龄群

落,但还未达到气候顶级,而是正向中生顶级的黄果厚壳桂+厚壳桂群落演替(彭少麟等,1995a;1995b)。由于大径级阳性树种锥栗死亡,使群落生物量大幅度减少,而中生偏阴性树种黄果厚壳桂、厚壳桂等演替进展种或竞争种还没有发展起来。可以说,在顺势演替过程中,森林生物量并不总是不断积累增大,会出现阶段性减少的情况(张咏梅,2003),这同样表现在凋落物量的动态上。所以,通过对凋落物量的监测,我们可以在一定程度上预测森林生物量的动态。

3.2 各组分凋落量

不同森林类型因物种组成不同,凋落物各组分比例有差别。从表1中可以看出,南亚热带常绿阔叶林凋落物中枯叶占有绝对优势,虽然年际间有波动,变异系数达到22.23%,但20年来平均占到凋落物总量的50.99%。大多数森林凋落物各组分比例顺序为叶>枝>花果杂物(廖军等,2000),但鼎湖山季风常绿阔叶林有所不同,其花果杂物量平均达 $2.16 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,占总凋落量的25.95%,比树枝凋落量稍多,而且在3种组分中是最稳定的,变异系数为20.8%。树枝凋落物量年际波动最明显,主要还是因为它受气候因素影响最大,特别是台风暴雨等偶然的天气变化,例如1983、1985和1991年等因有强台风使树枝凋落物量相应剧增。

从整体看,南亚热带常绿阔叶林叶凋落物量是逐渐减少的,在总量中所占百分比也呈减小趋势。树枝凋落物量和花果杂物量则没有明显下降,并且在总量中所占百分比还有所上升。叶的年凋落物量与凋落总量的变化趋势比较吻合,证明叶的凋落

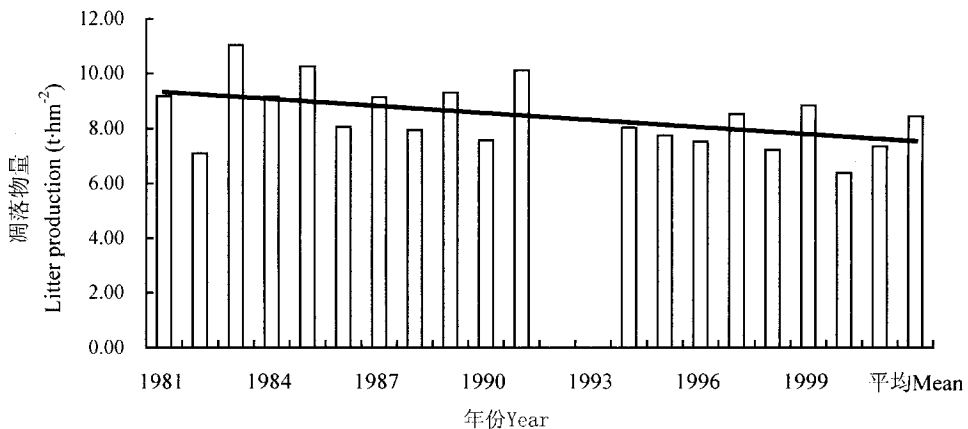


图1 凋落物量动态变化(1981~2001)

Fig.1 Annual change in litter production (1981-2001)

表 1 凋落物各组分年动态变化及其占总量百分比
Table 1 Contents and annual changes of litter components

年份 Year	枯叶 Leaves		树枝 Branches		花果杂物 FOM	
	凋落物量 Litter production ($t \cdot hm^{-2}$)	百分比 Proportion (%)	凋落物量 Litter production ($t \cdot hm^{-2}$)	百分比 Proportion (%)	凋落物量 Litter production ($t \cdot hm^{-2}$)	百分比 Proportion (%)
1981	5.89	64.31	1.23	13.42	2.04	22.27
1982	4.75	66.84	1.01	14.25	1.34	18.92
1983	5.96	54.01	3.05	27.61	2.03	18.38
1984	4.89	53.46	1.18	12.93	3.08	33.61
1985	3.64	37.75	4.00	41.50	2.00	20.74
1986	4.76	59.11	1.19	14.77	2.10	26.12
1987	4.33	47.38	2.19	24.02	2.61	28.60
1988	4.08	51.35	1.69	21.25	2.18	27.40
1989	5.27	56.64	1.81	19.52	2.22	23.84
1990	4.38	57.79	1.19	15.75	2.00	26.47
1991	4.36	45.41	3.35	34.88	1.89	19.71
1994	4.14	51.58	1.81	22.58	2.07	25.84
1995	4.56	58.84	1.43	18.40	1.76	22.76
1996	4.68	62.11	1.35	17.95	1.50	19.93
1997	2.64	30.69	2.78	32.35	3.17	36.96
1998	3.73	51.48	1.49	20.54	2.03	27.98
1999	3.10	35.00	3.42	38.65	2.33	26.35
2000	2.96	46.38	1.26	19.75	2.16	33.87
2001	2.84	38.65	2.07	28.14	2.44	33.21
总平均 Mean	4.26	50.99	1.99	23.07	2.16	25.95
标准差 SD	0.95	10.10	0.90	8.61	0.45	5.51
变异系数 CV (%)	22.23	19.80	45.04	37.32	20.80	21.23

SD : Standard deviation CV : Coefficient of variability FOM : Flowers and other mixed-matter

物量在一定程度上主导着南亚热带常绿阔叶林的凋落总量,叶是森林生态系统物质循环中最活跃的部分。叶凋落物量由叶生物量决定,由于叶寿命短,更新很快,其年凋落物量基本代表着叶生物量。彭少麟等对南亚热带森林演替系列生物量的研究表明,群落在演替的中后期叶生物量增至最大,随后随群落的成熟逐渐有所下降(彭少麟等,1995a;1995b)。演替不同阶段优势种的生理特性不同,决定了相应的叶的特征。在演替中期的阳生性群落优势种为了充分利用光能和保水,叶子多为饱满、厚重、多蜡质、角质。而在接近顶级的森林群落中,生境荫蔽度大、保水性好,树叶朝轻、薄、软的耐阴性状发展,叶的总生物量反倒下降。相应的,叶凋落物量也呈下降趋势。

树枝凋落量对总凋落物量的影响很明显。例如1997年8月由于台风天气使树枝凋落物量达到 $1.96 t \cdot hm^{-2}$,占全年树枝凋落物量的70%,全年总凋落物量的23%。虽然当年叶凋落物量比上年显著减少,但树枝增加了一倍多,在一定程度上弥补了前者的变化,1999年也有同样情况。树枝凋落物量的这种不确定性和大幅变动往往使凋落物总量的变化与叶凋落物量的变动趋势不一致,可以说,在某些情况

下树枝凋落物量左右着总凋落物量的变化格局,所以在今后的研究中,应对树枝的凋落物更加关注。

3.3 凋落节律

森林月凋落物量的季节变化规律因地带性气候条件、森林类型和树种组成的不同而异。一般来说,森林月凋落物量季节动态模式有单峰、双峰或不规则等类型(王凤友,1989)。20年的监测结果表明,鼎湖山常绿阔叶林有明显的凋落节律,季节动态为双峰型(图2)。第一个高峰发生在雨季刚开始的4、5月,第二个高峰则在8、9月。凋落物量最少出现在1月、12月,此时的凋落量($0.31 t \cdot hm^{-2}$)仅为高峰时($1.09 t \cdot hm^{-2}$)的1/3,变异系数达40%,可见月变幅较大。

这种凋落节律出现的原因主要决定于气候变化和群落组成树种的生物学特性。虽然鼎湖山常绿阔叶林中植物全年都在逐渐换叶,但在雨季之初(4、5月)气温回升,降雨量较大,此时大多数树种都有一个比较短暂而集中的换叶期(李明佳等,1984),形成第一个凋落高峰。在9、10月雨季末期,生物量达到最大,生长季早期发育而来的衰老脱落,加上台风暴雨引起大量非生理性脱落,形成第二个高峰。

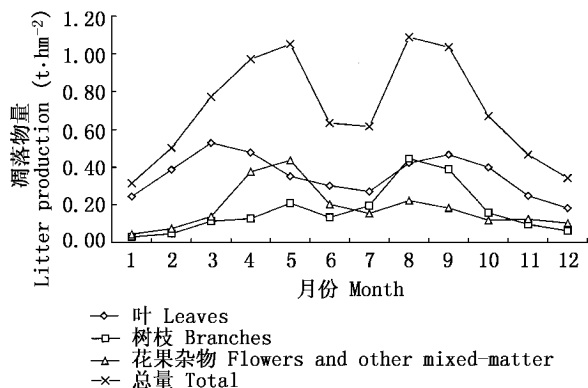


图2 凋落物及其各组分凋落节律

Fig.2 Seasonal rhythm of litter and its components

在同一气候带的黑石顶自然保护区南亚热带常绿阔叶林,同样存在森林大部分叶在生长季更新而非秋冬季的特点(陈章和等,1992),凋落物节律与鼎湖山常绿阔叶林近似。但由于这两种森林主要群落的树种组成不同,具体的季节格局仍有差别。不同的气候带内具有不同的变化方式。热带的加纳、马来西亚等地的研究显示凋落物一年内变化曲线很平缓,仅在干季末出现一个较大峰值,在暖温带的澳大利亚东部,夏初(10~12月)与秋季干热时期分别出现高峰,而在寒温带与极地带,大部分凋落物往往集中在一个很短的时期产生,呈显著单峰型(李凌浩等,1998)。另外,根据多个森林类型的研究结果可以认为,多数森林,特别是常绿森林和温带针阔混交林是双峰型,而一些落叶阔叶林是单峰型(廖军等,2000)。

3.4 各组分节律

凋落物组分中,叶的凋落节律明显也为双峰型,但与凋落总量的节律稍有不同(图2)。第一个高峰出现在3、4月,除生理性落叶外,还有旱季后第一场大雨(多在3、4月)的影响。其比总量的高峰出现早,因为后者受5月花果杂物高峰的影响。叶和总量的第二个高峰的变化趋势较近似。同样的,叶凋落量最小的月份也是1月和12月,此时叶凋落量($0.18 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)只有最高峰时($0.530 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)的约1/3,但总体上年变幅比总量小。

树枝和花果杂物凋落物量大体上也为双峰型,但次峰不明显。常绿阔叶林中全年都有植物开花,但大多数植物都集中在春夏开花,秋冬结果(王铸豪等,1982)。所以花果凋落物的主峰出现在5月,此时多数优势种都处于开花期,而8、9月出现的小峰主要是由落果形成。树枝凋落物量的主峰出现在台风暴雨集中的8、9月,因为这时期偶尔台风暴雨使

林冠相互摩擦活枝折断,引起大量非生理性脱落。最高可达 $0.45 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,而最少的1月只有 $0.03 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,相差达十几倍,可见环境因素影响巨大。

综合各组分的凋落节律,可以说叶的凋落物量变化与总量大概一致,并决定了总凋落物量的季节变化模式,同时花果和树枝凋落物季节动态分别在不同时期对总凋落物量的节律有明显影响。

3.5 主要优势种叶凋落物量动态

对凋落物量的研究大多在群落水平上开展,很少具体到树种的研究,而鼎湖山定位站还进一步对收集的混合叶凋落物进行分种,因此本文将详细讨论不同种群凋落物量的动态变化。由于鼎湖山常绿阔叶林4种主要建群树种(锥栗、荷木、厚壳桂、黄果厚壳桂)的叶凋落物量占叶凋落物总量的70%左右,在此我们只讨论这4种建群种的叶凋落物量变化(图3)。可以分为两种类型:第一类是下降型,包括锥栗、厚壳桂和黄果厚壳桂,但具体下降程度和原因又有所不同;第二类是基本稳定型,只有荷木一种。

锥栗的生物量约为所有树种总生物量的45%(温达志等,1998),是目前南亚热带常绿阔叶林现阶段首要的优势种,其重要性同样表现在凋落物量上。锥栗20年平均叶凋落量达 $1.86 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,占总量的23.99%,而其它数十个种在凋落物总量中所占比例均不超过10%。锥栗生物量和叶凋落物量占各自总量的比例相差很大,因为现存多为大径级成熟个体,一般认为随个体的成熟,生物量的积累更多反映在更新较慢的根、茎和枝的积累上,而叶量变化不大(彭少麟等,1995a;1995b)。多数年份里锥栗叶凋落物量表现出明显的波动,但从1996年的高峰之后就大幅下降,到1999年左右才稳定下来。这主要是由于1995年前后几棵锥栗大树死亡,使凋落叶量大增,形成了高峰。而锥栗具有较大的DBH,单株生物量大,较少数量的死亡也会造成群落生物量的锐减。所以随后几年叶凋落量急剧下降,至1999年后才基本稳定在低谷处。这在一定程度上可能预示着锥栗种群已经进入衰退阶段。

厚壳桂、黄果厚壳桂的平均凋落物量分别为 0.26 、 $0.40 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,变异系数达到70.46%、59.19%,波动非常大。王伯荪等研究(1955~1980年)鼎湖山自然保护区森林群落的演变,认为南亚热带常绿阔叶林是由阳性树种锥栗、荷木占优势的森林向耐阴性植物厚壳桂、黄果厚壳桂占优势的森林的演变过程(张宏达等,1955;王伯荪等,1982),其后多项研究

(彭少麟等,1993;1995a;1995b)都支持这一结论。但是厚壳桂、黄果厚壳桂叶凋落物量从1982年的高峰后总体趋于下降,调查结果显示其种群数量1992年比1982年分别下降96.4%和47.1%,这似乎不符合演替规律。进一步研究推测,这种非正常动态主要是由樟翠尺蛾(*Thalassodes quadraria*)的爆发引起,该虫害仅侵害樟科植物,连续几年的爆发使厚壳桂和黄果厚壳桂遭到重创(黄忠良等,1998)。黄果厚壳桂较早开始恢复,但其后又一次严重的虫害使其在群落中濒于绝迹,叶凋落物量也降至最低谷。虽然厚壳桂和黄果厚壳桂叶凋落物量大幅度下降,但在总凋落物量中平均只占3.13%和4.94%,所以其变

动对总凋落物量的影响不明显。对樟翠尺蛾的研究结果表明,经过一定的时间,森林生态系统通过内部的调节和反馈,天敌、樟翠尺蛾种群数量和樟科植物种群之间能够达到一种动态平衡(黄忠良,2000)。所以,继续进行长期细致的观测,才能对南亚热带常绿阔叶林群落演替过程凋落物动态规律得出确切的结论。

荷木20年平均年凋落物量为 $0.5\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$,约占凋落物总量的7.72%,变异系数为27.38%,是4种中最小的。整体趋势比较平稳,但近几年波动幅度明显增大,可能是受旅游区开发和科研等人为干扰的影响,种群动态有所变化。

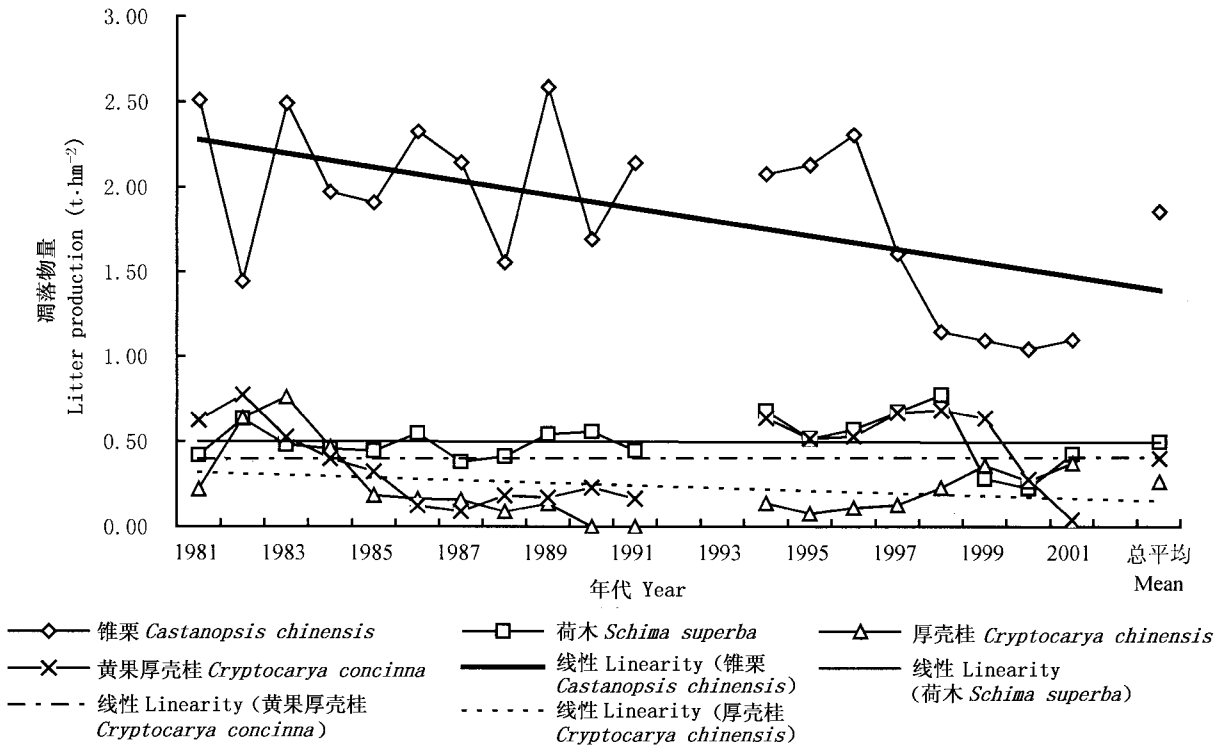


图3 主要优势种叶凋落量动态变化
Fig.3 Dynamics of leaves litter production of dominant species

3.6 主要优势种叶凋落节律

4种主要优势种的凋落节律有共同点,基本都为双峰型,但变化幅度不同(图4),由树种的自身生物学特性决定。锥栗的动态与总叶凋落物量动态大体一致,两个高峰分别出现在3、4月和9、10月,说明其对叶凋落物量季节动态格局的形成起主导作用。其它3种只在某些月份对总体动态有明显影响,例如荷木第一个凋落高峰在2、3月就出现,比其它几个种都早,从而在一定程度上影响着此期间的叶凋落物总量。厚壳桂、黄果厚壳桂到5月才到高

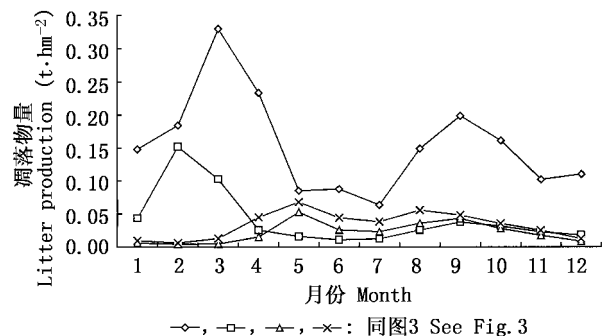


图4 主要优势种叶凋落节律
Fig.4 Seasonal rhythm of leaf litter of dominant species

峰,并且两峰间隔很短,这与总体叶凋落节律差别较大,但这两个种叶凋落物量在总量中所占比例不大,所以对整个叶的凋落节律影响甚微。

参 考 文 献

- Bray, J. R. & E. Gorham. 1964. Litter production in forest of the world. *Advances in Ecological Research*, **2**: 101 ~ 157.
- Cheng, B. R. (程伯容), G. S. Xu (许广山) & G. F. Ding (丁桂芬). 1992. Litterfall and biological cycling intensity in coniferous forest and broadleaved Koreanpine forest on the northern slope of Changbai Mountain. *Research of Forest Ecosystem (森林生态系统研究)*, **6**: 200 ~ 204. (in Chinese with English abstract)
- Chen, Z. H. (陈章和), H. D. Zhang (张宏达) & B. S. Wang (王伯荪). 1992. Researches on biomass and production of the lower subtropical evergreen broad-leaved forest in Heishiding Nature Reserve. VIII. Litter-fall, litter standing crop and litter decomposition rate. *Acta Ecologica Sinica (生态学报)*, **1**: 107 ~ 113. (in Chinese with English abstract)
- He, J. H. (何金海) & S. Q. Chen (陈兆其) & Y. E. Liang (梁永). 1982. The soils of Dinghushan Biosphere Reserve. *Tropical and Subtropical Forest Ecosystem (热带亚热带森林生态系统研究)*, **1**: 25 ~ 37. (in Chinese with English abstract)
- Huang, Z. F. (黄展帆) & Z. G. Fan (范征广). 1982. The climate of Dinghushan. *Tropical and Subtropical Forest Ecosystem (热带亚热带森林生态系统研究)*, **1**: 11 ~ 16. (in Chinese with English abstract)
- Huang, Z. L. (黄忠良). 2000. The interactions of population dynamics of *Thalassodes quadraria* and the plant community structure and climate factors in Dinghushan. *Chinese Journal of Ecology (生态学杂志)*, **19**(3): 24 ~ 27. (in Chinese with English abstract)
- Huang, Z. L. (黄忠良). 2002. Study on spatial and dynamic of plant diversity in Dinghu Mountain. Ph. D. dissertation of South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences. 38 ~ 40. (in Chinese with English abstract)
- Huang, Z. L. (黄忠良), G. H. Kong (孔国辉), Q. M. Zhang (张倩娟) & S. Z. Liu (刘世忠). 1998. Structure, species diversity and population dynamics of the lower subtropical evergreen broad-leaved forest in Dinghushan Biosphere Reserve. *Tropical and Subtropical Forest Ecosystem (热带亚热带森林生态系统研究)*, **8**: 64 ~ 75. (in Chinese with English abstract)
- Kimmins, J. P. (translated by Wen, J. P. (文剑平)). 1992. *Forest ecology*. Beijing: China Forestry Publishing House. 69 ~ 80. (in Chinese)
- Kong, G. H. (孔国辉), W. H. Ye (叶万辉) & Z. L. Huang (黄忠良). 1998. Long-term monitoring of the lower subtropical evergreen broad-leaved forest in Dinghushan Biosphere Reserve (I) Species composition of *Castanopsis chinensis*, *Cryptocarya concinna* community and its contribution to the species pool. *Tropical and Subtropical Forest Ecosystem (热带亚热带森林生态系统研究)*, **8**: 1 ~ 6. (in Chinese with English abstract)
- Liao, J. (廖军) & X. G. Wang (王新根). 2000. Researches on forest litter production. *Jiangxi Forestry Science and Technology (江西林业科技)*, **1**: 31 ~ 34. (in Chinese)
- Li, L. H. (李凌浩), Q. B. Wang (王其兵) & X. R. Xing (邢雪荣). 1998. Advances in the research of some important issues concerning forest ecosystems. *Chinese Bulletin of Botany (植物学通报)*, **15**: 17 ~ 26. (in Chinese with English abstract)
- Li, M. J. (李明佳) & Z. H. Wang (王铸豪). 1984. The phenology of common plants in Dinghushan. *Tropical and Subtropical Forest Ecosystem (热带亚热带森林生态系统研究)*, **2**: 1 ~ 11. (in Chinese with English abstract)
- Lin, P. (林鹏), C. Y. Lu (卢昌义) & G. L. Wang (王恭礼). 1988. Study on dynamics of litter fall of *Bruguiera sexangula* mangrove in Hainan Island, China. *Acta Phytoecologica et Geobotanica Sinica (植物生态学与地植物学学报)*, **14**: 69 ~ 73. (in Chinese with English abstract)
- Liu, W. Y. (刘文耀), G. F. Xin (邢桂芬) & A. J. He (和爱军). 1990. Nutrient dynamics in the litter-fall and forest floor of evergreen broad-leaved forest and *Pinus yunnanensis* forest in central Yunnan. *Acta Botanica Sinica (植物学报)*, **32**: 637 ~ 646. (in Chinese with English abstract)
- Lu, J. P. (卢俊培) & Q. H. Liu (刘其汉). 1994. Litter and its decomposition process in tropical forest in Jianfengling Hainan Island. In: Department of Science and Technology Ministry of Forestry (林业部科技司) ed. Long-term research on China's forest ecosystems. Harbin: Northeast Forestry University Press. 178 ~ 191. (in Chinese with English abstract)
- Peng, S. L. (彭少麟) & B. X. Wang (王伯荪). 1993. Forest succession at Dinghushan, Guangdong, China. *Plants (植物杂志)*, **7**: 75 ~ 80. (in Chinese)
- Peng, S. L. (彭少麟) & W. Fang (方炜). 1995a. Studies on dynamics of *Castanopsis chinensis* and *Schima superba* population in forest succession of Dinghushan Mountain. *Acta Phytoecologica Sinica (植物生态学报)*, **19**: 311 ~ 318. (in Chinese with English abstract)
- Peng, S. L. (彭少麟) & W. Fang (方炜). 1995b. Studies on dynamics of biomass and production in forest succession of the lower subtropical forest. *Ecologic Science (生态科学)*, (2): 66 ~ 73. (in Chinese)
- Peng, S. L. (彭少麟), W. Fang (方炜), H. Ren (任海), Z. L. Huang (黄忠良), G. H. Kong (孔国辉), Q. F. Yu (余清发) & D. Q. Zhang (张德强). 1998. The dynamics on organization in the successional process of Dinghushan *Cryptocarya* community. *Acta Phytoecologica Sinica (植物生态学报)*, **22**: 245 ~ 249. (in Chinese with English abstract)
- Roberts, D. W. 1987. A dynamical perspective on vegetation theory. *Vegetatio*, **69**: 27 ~ 33.
- Sykes, J. M. & R. O. H. Bunce. 1970. Fluctuations in litterfall in a mixed deciduous woodland over a three-year period 1966 - 1968. *Oikos*, **21**: 326 ~ 329.
- Wang, B. S. (王伯荪) & M. J. Ma (马曼杰). 1982. The successions of the forest community in Dinghushan. *Tropical and Subtropical Forest Ecosystem (热带亚热带森林生态系统研究)*, **1**: 142 ~ 155. (in Chinese with English abstract)
- Wang, F. Y. (王凤友). 1989. Review on the study of forest litterfall. *Advance in Ecology (生态学进展)*, **15**: 82 ~ 89. (in Chinese with English abstract)
- Wang, Z. H. (王铸豪), D. Q. He (何道泉), S. D. Song (宋绍敦), S. P. Chen (陈树培), D. R. Chen (陈定如) & M. Z. Tu (屠梦照). 1982. The vegetation of Dinghushan Biosphere

- Reserve. Tropical and Subtropical Forest Ecosystem (热带亚热带森林生态系统研究), **1**: 77 ~ 141. (in Chinese with English abstract)
- Wen, D. Z. (温达志), D. Q. Zhang (张德强), P. Wei (魏平) & G. H. Kong (孔国辉). 1998. Long-term monitoring of the lower subtropical evergreen broad-leaved forest in Dinghushan Biosphere Reserve (V) Vegetation biomass, coarse woody debris storage and litter dynamics of the community of *Castanopsis chinensis*, *Cryptocarya concinna*. Tropical and Subtropical Forest Ecosystem (热带亚热带森林生态系统研究), **8**: 32 ~ 39. (in Chinese with English abstract)
- Wen, D. Z. (温达志), P. Wei (魏平), G. H. Kong (孔国辉), Q. M. Zhang (张倩媚) & Z. L. Huang (黄忠良). 1997. Biomass study on the community of *Castanopsis chinensis* + *Cryptocarya concinna* + *Schima superba* in a southern China reserve. Acta Ecologica Sinica (生态学报), **17**: 497 ~ 504. (in Chinese with English abstract)
- Wen, Y. G. (温远光), B. E. Wei (韦炳二) & J. J. Li (黎洁娟). 1989. A study on the litter production and dynamics of subtropical forest. Scientia Silvae Sinicae (林业科学), **6**: 542 ~ 547. (in Chinese with English abstract)
- Weng, H. (翁轰), Z. A. Li (李志安), M. Z. Tu (屠梦照) & W. H. Yao (姚文华). 1993. The production and nutrient contents of litter in forests of Dinghushan Mountain. Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica (植物生态学与地植物学学报), **17**: 299 ~ 304. (in Chinese with English abstract)
- Wu, C. Z. (吴承祯), W. Hong (洪伟) & Z. L. Jiang (姜志林). 2000. Advances in research of forest litter-fall in China. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis (江西农业大学学报), **90**: 405 ~ 410. (in Chinese with English abstract)
- Zhang, D. Q. (张德强), W. H. Ye (叶万辉) & Q. F. Yu (余清发), G. H. Kong (孔国辉) & Y. C. Zhang (张佑倡). 2000. The litter-fall of representative forests of successional series in Dinghushan. Acta Ecologica Sinica (生态学报), **20**: 938 ~ 944. (in Chinese with English abstract)
- Zhang, H. D. (张宏达), B. X. Wang (王伯荪), C. C. Zhang (张超常) & H. X. Qiu (邱华兴). 1955. Study on the plant communities of Dinghu Mountain at Gaoyao, Guangdong. Acta Scientiarum Naturalium Univeristatis Sunyatseni (中山大学学报 (自然科学版)), **3**: 159 ~ 225. (in Chinese)
- Zhang, Y. M. (张咏梅), G. Y. Zhou (周国逸), D. Z. Wen (温达志), D. Q. Zhang (张德强) & Q. M. Zhang (张倩媚). 2003. Dynamics of the *Castanopsis chinensis*-*Schima superba*-*Cryptocarya concinna* community of monsoon evergreen broadleaved forest in Dinghushan Nature Reserve in lower subtropical China. Acta Phytocologica Sinica (植物生态学报), **27**: 256 ~ 262. (in Chinese with English abstract)
- Zheng, Z. (郑征) & L. H. Liu (刘伦辉). 1990. Litterfall and leaf consumption by animals in humid seasonal rainforest in Xishuangbanna, China. Acta Botanica Sinica (植物学报), **32**: 551 ~ 557. (in Chinese with English abstract)

责任编辑: 曹坤芳 责任编辑: 张丽赫