

武夷山甜槠群落凋落物的产量及其动态

林益明¹ 何建源² 杨志伟¹ 刘初铤² 林 鹏¹ 李振基¹

(¹ 厦门大学生物系 厦门 361005 ² 武夷山自然保护区管理局 武夷山 354315)

摘要 主要讨论了武夷山先峰岭甜槠(*Castanopsis eyrei*)群落 1992~1995 年 4 年凋落物的产量和季节动态。甜槠群落 1992~1995 年的凋落物产量分别为 556.26、379.20、364.35、258.70 g/m², 凋落物量呈现逐年下降的趋势; 4 年的平均值为 389.63 g/m², 4 年中的最高值与最低值之比为 2.15。1993 年营养元素通过凋落物的归还量分别为: N 3.645、P 0.139、K 1.282、Na 0.057、Ca 2.623、Mg 0.548 g/m²。

关键词 甜槠群落, 凋落物, 武夷山

中国图书分类号 Q 948

森林凋落物是森林植物在其生长发育过程中新陈代谢的产物, 是森林生态系统中养分循环的重要组成部分之一。森林凋落物是森林营养的“仓库”, 它在维持土壤肥力方面起着重要的作用。因此, 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。中亚热带武夷山国家级自然保护区是列入联合国的“人与生物圈”的保护计划之一, 甜槠 [*Castanopsis eyrei* (Champ. ex Benth.) Tutch.] 群落是中亚热带武夷山常绿阔叶林的代表类型之一, 研究甜槠群落的凋落物产量、组成成分及其动态, 对了解其在森林生态系统功能、土壤肥力评价、自然保护区的生产建设和管理上的作用提供系统的科学资料。

1 自然条件和样地概况

甜槠群落的实验地设在距武夷山保护区管理局 10 km 处的先峰岭, 纬度 27°42'N, 经度 117°41'E, 海拔 1200 m 左右, 气候属典型的亚热带季风气候。样地中乔木层林冠一般高 13 m, 最高植株 15 m, 林内乔木层主要是甜槠, 并有少量木荷 (*Schinus superba* Gardn. et Champ.)、石栎 [*Lithocarpus glaber* (Thunb.) Nakai]、交让木 (*Daphniphyllum macropodum* Miq.); 林下灌木层有肿节少穗竹 [*Oligostachyum oedenogatum* (Wang et Ye) Zheng et Huang]、细齿柃木 (*Eurya loquaina* Dunn.)、鹿角杜鹃 (*Rhododendron latoucheae* Franch.); 草本层有里白 [*Hicriopteris glauca* (Thunb.) Ching]、菝葜 (*Smilax china* L.)、狗脊 [*Woodwardia japonica* (Linn. f.) Sm.] 等; 林冠郁闭度达 90%, 平均密度每 100 m² 有 11.4 株, 平均胸径 20.88 cm, 叶面积指数 3.5; 林下土壤为山地黄壤, 土层厚度 80 cm, 表层多细根, 腐殖层褐黑色, 有团粒结构, 上覆盖枯枝落叶层 3~5 cm, 土壤的理化性质见表 1。

表 1 甜槠群落土壤的理化特性

Tab 1 The physical and chemical properties of soils in *Castanopsis eyrei* community

土壤深度 /cm	pH	容重 /g · cm ⁻³	N /(%)	P /(%)	K /(%)	Na /(%)	Ca /(%)	Mg /(%)
0~ 30	4.35	0.80	0.394	0.022	2.115	0.152	0.023	0.125
30~ 60	4.55	1.195	0.187	0.023	2.347	0.170	0.019	0.135
60~ 80	4.90	1.40	0.077	0.023	2.812	0.136	0.013	0.166

2 材料和方法

2.1 甜槠群落凋落物的测定

凋落物的测定采用收集框法, 林下各随机设置 20 个收集框, 口径面积 1 m × 1 m, 下铺收集网的孔径为 2 mm 的玻璃纤维网, 为便于通风和排水, 斜坡上架设时离地 20 cm 以上水平放置, 每 10 d 收集 1 次凋落物(即每月收集 3 次), 分出叶、大枝($D > 5$ mm)、小枝($D \leq 5$ mm)、花(包括花序)、果(包括果序); 及时于 60 ℃ 烘干, 分别称重、贮存。全部凋落物每月集中 1 次, 然后在各组分中各抽取部分样品在 105 ℃ 烘干至恒重, 推算每月凋落物的各组分干重和总干重, 凋落物的测定自 1992 年 1 月至 1995 年 12 月, 共 4 年。

2.2 其它因子的测定

土壤容重用容重采土器从各层自然土采样求得, pH 值采用电位法(821 型 pH/离子计)。叶面积指数, 用标准木的全部叶片面积与其相应样地面积之比求得, 任取其中 500 g, 用剪纸衡重法测定叶片面积。土壤全氮的测定采用凯氏定氮法, 全磷的测定采用酸溶-钼蓝比色法; 植物样品全氮的测定采用纳氏试剂比色法, 磷的测定采用钼蓝比色法, 植物及土壤样品的钾、钠、钙、镁测定采用原子吸收分光光度计测定。

3 结果和讨论

3.1 甜槠群落的年凋落物量

中亚热带武夷山甜槠群落是地带性顶极群落, 年凋落物量 1992~ 1995 年分别为 556.26、379.20、364.35 和 258.70 g/m², 呈现逐年下降的趋势; 4 年的平均值为 389.63 g/m², 4 年中的最高值与最低值之比为 2.15:1。与亚热带地区一些阔叶林群落相比, 福建武夷山甜槠群落年凋落物量 389.63 g/m²(4 年平均值), 低于福建龙海秋茄红树林的 921 g/m²(3 年平均值)^[1]、福建南靖和溪亚热带雨林的 797 g/m²(1 年的量)^[2], 同时也低于南亚热带广西田林老山常绿落叶阔叶混交林的 515 g/m²(2 年平均值)^[3], 说明了甜槠群落的年凋落物量较低。甜槠群落分布于武夷山海拔 1 400 m 以下的山地丘陵, 甜槠群落的年凋落物量比亚热带其它地区阔叶林群落低的原因, 与实验样地所处的海拔高度较高(1 200 m)有关。甜槠群落 1992~ 1995 年凋落物量逐年下降, 与同区黄山松群落的研究结果^[4]一致; 而与 Bray 等(1964)^[5]、Sykes 等(1970)^[6]、卢昌义等(1988)^[1]的研究凋落物量在不同的年份间具有波动性的结果不同。

结合武夷山当地该期间气象资料来看, 年凋落物量与气温、雨量等气象因子相关性不显

著, 导致甜槠群落(包括同区的黄山松群落)年凋落物量逐年降低的原因有待于进一步研究

从不同地区特定的环境、气候条件及森林类型来看, 影响凋落物量的原因是多方面的, 纬度、温度、海拔高度、降水量、不同的植物群落、林地的年龄、有时甚至风的活动都会影响凋落物的量, 多数情况下是综合作用的。甜槠群落也不例外。

3.2 凋落物的组成、产量和季节变化

通常来说, 凋落物的组成具有一定的规律。据王凤友(1989)的综述^[7], 一般情况下, 凋落叶量占凋落物总量的 60%~80%, 凋落小枝占 10%~15%, 落皮占 10%~20%, 其它组分占 10%左右。甜槠群落 1992~1995 年 4 年的凋落物产量和组成见表 2。

表 2 甜槠群落凋落物的产量和组成

Tab. 2 Production and constitution of litter-fall of *Castanopsis eyrei* community (g/m²)

年份	叶	小枝	大枝	花	果	总计
1992	434.36(78.08)	59.45(10.69)	31.36(5.64)	8.03(1.44)	23.06(4.15)	556.26(100)
1993	289.92(76.46)	51.11(13.48)	24.68(6.51)	1.34(0.35)	12.15(3.20)	379.20(100)
1994	240.35(65.97)	58.76(16.13)	60.80(16.69)	0.24(0.06)	4.20(1.15)	364.35(100)
1995	223.01(86.20)	22.49(8.69)	12.30(4.76)	M	0.90(0.35)	258.70(100)
平均	296.91(76.20)	47.95(12.30)	32.29(8.29)	2.40(0.62)	10.08(2.59)	389.63(100)

M 表示微量, 括号内的数值为各组分占当年凋落物总量的百分率

从表 2 看出, 在 1992~1995 年 4 年中, 凋落叶的产量分别占各年凋落物总量的 78.08%、76.46%、65.97% 和 86.20%, 在 65%~87% 之间; 凋落小枝分别占 10.69%、13.48%、16.13% 和 8.69%, 在 8%~17% 之间; 凋落大枝分别占 5.64%、6.51%、16.69% 和 4.76%, 在 5%~17% 之间; 凋落花和凋落果均在 5% 以下。从 4 年的平均来看, 凋落叶、凋落小枝、凋落大枝、凋落花和凋落果分别占总凋落量的 76.20%、12.30%、8.29%、0.62% 和 2.59%。

森林凋落物中, 凋落叶占绝对优势。武夷山甜槠群落的凋落叶量占总凋落物量的 76.20% (4 年的平均值), 广西田林老山常绿落叶阔叶混交林为 68.5% (2 年平均)^[3], 福建南靖和溪亚热带雨林为 68% (1 年的值)^[2]; 可以反映出凋落叶在森林生态系统的凋落物归还中的关键地位。

虽然亚热带常绿阔叶林凋落物在全年内的凋落是连续的, 但凋落量在各个月份的分布是不均匀的。森林月凋落量具有明显的季节变化规律。其季节动态模式, 可以是单峰的、双峰的或不规则类型的。某一模式的出现主要依赖于群落组成树种的生物学特性。多数森林, 特别是常绿森林, 其月凋落量的季节动态是双峰型的, 而一些阔叶落叶林, 其动态模式则是单峰的^[7]。

中亚热带武夷山甜槠群落凋落物的动态模式 4 年中各不相同(见图 1)。1992 年的凋落物有一明显主峰在 11 月, 2 个次峰在 6、8 月; 1993 年的主峰在 10 月, 次峰在 5 月, 为双峰型的; 1994 年是单峰类型, 峰值在 2 月; 1995 年在 4 月和 12 月有 2 小峰; 除 1994 年峰值在 2 月外, 其余 3 年凋落物的主峰在 10~12 月, 这是因为秋冬季叶片衰老和环境胁迫造成的大量落叶所致。由年降水量的分布(表 3)可见 10~12 月恰好是降水量少的干季。由此看来森林凋落物量

的季节动态不仅取决于群落组成树种的生物学特性, 而且受环境因素等综合因素的影响也进一步验证了凋落物的研究必须连续多年

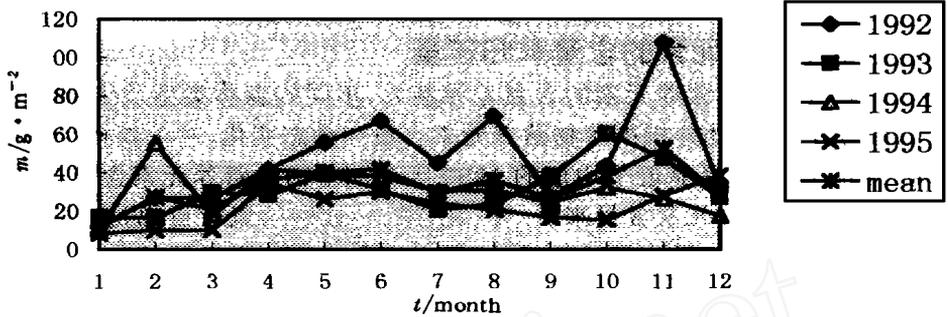


图 1 甜槠群落凋落物量的月变化

Fig 1 The monthly change of litter fall production of *Castanopsis eyrei* community

表 3 武夷山 1992~ 1995 年气象资料

Tab 3 The meteorological materials from 1992~ 1995 year in Wuyi mountains

Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1992 年												
P	81.2	160.2	423.6	161.4	229.4	491.7	226.3	144.8	47.2	1.0	12.0	100.9
AT	7.4	8.6	11.6	18.8	21.4	24.6	27.1	27.3	25.2	17.8	12.7	11.1
1993 年												
P	73.3	103.5	90.7	249.9	307.7	691.5	303.4	94.2	65.3	68.6	79.4	25.0
AT	6.3	10.2	13.3	17.6	21.7	24.4	26.6	27.5	24.3	18.7	15.8	8.8
1994 年												
P	31.9	153.5	197.8	271.6	244.8	425.4	81.8	89.7	120.1	48.9	35.9	205.1
AT	8.6	9.1	10.5	19.9	22.8	25.4	28.4	27.3	23.1	19.1	16.5	11.8
1995 年												
P	72.1	101.2	199.7	384.7	222.1	604.2	223.3	260.9	33.2	66.7	10.7	7.9
AT	7.1	8.1	12.3	17.5	21.5	24.2	27.3	26.4	25.0	21.2	13.0	8.4

注: P-Precipitation (降水量), 单位 mm; AT-Air temperature (气温), 单位

3.3 凋落物在林地的积累

凋落物在林地的积累量(即林地残留物量)是用 2 个 0.5 m × 0.5 m 的小样方进行测定(因没有测定全年的动态, 本文仅作为基础研究的数据)。经计算, 凋落物在林地的积累量为 360 g/m²。Olson (1963)^[8]总结了年凋落物总量与林地残留物累积间输入-输出的关系: $dx/dt = L - KX$ 。在稳定状态下输入与输出相等, $dx/dt = 0$, 于是 $L = KX$; 式中 L 为年凋落物量, X 为林地残留物的累积量, K 为林地残留物的分解系数。在热带雨林、常绿阔叶林多采用 Olson 公式; 由此计算出甜槠群落林地残留物的分解系数为 1.08

林地残留物的积累是由凋落物产量与凋落物消失率之间相应作用的结果。查普曼 (1980)^[9]认为, 凋落物自生态系统中的消失是由于分解、矿物质化、溶解、动物消费、风的转移和某些情况下人为收接等综合损失的结果。武夷山甜槠群落凋落物自生态系统的消失主要是

分解、淋溶和腐生生物的消费

3.4 凋落物中营养元素的含量和归还量

森林凋落物中各种营养元素的含量差异甚大,不同的森林类型及土壤地形条件都会影响到营养元素的含量,因此分析凋落物营养元素含量和动态变化,对于森林生态系统功能的认识是十分必要的。我们选择靠近平均值的 1993 年对凋落物的营养元素含量进行测定(表 4)。从凋落物不同组分的营养元素含量来看,叶、花、果、小枝中的氮含量都是最高,在大枝中钙的含量最高,钠在各组分的含量均是最低。同一元素在凋落物不同组分的含量有些不同,其顺序分别为:

N: 花> 叶> 果> 小枝> 大枝 P: 花> 果> 叶> 大枝> 小枝
 K: 果> 叶> 花> 小枝> 大枝 Na: 花= 果> 叶> 小枝> 大枝
 Ca: 大枝> 小枝> 叶> 果> 花 Mg: 果> 叶> 花> 小枝> 大枝

这是因为群落不同组分的生理功能和代谢能力的不同,对元素的需求和贮存不同。从武夷山甜槠群落总凋落物营养元素的平均含量来看,氮含量最高,钠含量最低,它们大小的顺序是: N (0.961%) > Ca (0.692%) > K (0.338%) > Mg (0.145%) > P (0.037%) > Na (0.015%)。这与翁轰等(1993)^[10]研究广东鼎湖山常绿阔叶林的 N > K > Ca > Mg > P 稍有些不同;甜槠群落凋落物中元素含量 N > Ca > K > Mg > P > Na 与同地区黄山松群落凋落物的元素含量大小一致^[11];因中亚热带武夷山高温多雨,凋落物的淋溶作用强烈,造成易淋溶的 K 被淋洗而丢失,而钙相对稳定。

表 4 1993 年甜槠群落凋落物各组分的营养元素含量

Tab. 4 The element contents of various fractions of litter-fall in *Castanopsis eyrei* community in 1993 (%)

元素	叶	花	果	大枝	小枝	总凋落物加权
N	0.985	1.969	0.924	0.764	0.904	0.961
P	0.036	0.099	0.067	0.035	0.034	0.037
K	0.376	0.327	0.765	0.072	0.150	0.338
Na	0.015	0.020	0.020	0.012	0.013	0.015
Ca	0.652	0.373	0.376	1.193	0.757	0.692
Mg	0.158	0.126	0.162	0.066	0.102	0.145

同时,凋落物中 P 含量较低,是由于 P 是可再利用元素,凋落前可能部分转移到活体,加在酸性土壤条件下,磷酸可与 Fe 或 Al 化合,形成难溶性的磷酸铁或磷酸铝,植物体较难吸收,使得植物体内磷含量较少。

凋落物各组分的元素含量和相应组分的凋落物量的乘积之和即为凋落物中该元素的归还量。经计算,1993 年营养元素通过凋落物的归还量分别为: N 3.645、P 0.139、K 1.282、Na 0.057、Ca 2.623、Mg 0.548 g/m²。这些元素以凋落物的形式归还给土壤,在生态系统的物质循环中具有重要的意义。

凋落物中 N 的含量水平,密切关系着凋落物的矿化速度,同时也反映出归还土壤的肥力

效应及生态系统食物链中微生物的营养源状况^[12]。以凋落物总量与N素归还量的比值来衡量, 比值越小, 则N的归还潜力越大。武夷山甜槠群落1993年的凋落物量为 379.20 g/m^2 , N素的归还量为 3645 g/m^2 , 比值为 104.1^{-1} , 低于海南岛尖峰岭的山地雨林的 159.5^{-1} ^[12], 而与海南半落叶季雨林的 105.8^{-1} ^[12]相近。P是植物体不可缺少的重要元素, 在热带和亚热带地区, P往往成为植物生长发育的限制因子。因此, 亚热带地区P的循环特征具有重要的意义^[13], 而中亚热带武夷山常绿阔叶林甜槠群落P的供应非常贫乏。但热带、亚热带生态系统内生物体具有维持P元素不因高温高湿条件下被淋洗掉的机制, 使得热带、亚热带植物生长繁茂, 生产力最大, 而其机制之一就是凋落物的迅速归还及被植物再吸收。

Brasell等(1980)指出, 凋落物元素组成的差别与土壤的化学性质相联系^[14]。从甜槠群落凋落物的营养元素与土壤的元素含量来看, 凋落物的营养元素含量分别为N 0.961%、P 0.037%、K 0.338%、Na 0.015%、Ca 0.692%、Mg 0.145%, 而土壤表层(0~30 cm)营养元素含量分别为N 0.394%、P 0.022%、K 2.115%、Na 0.152%、Ca 0.023%、Mg 0.125%, 可以看出, 凋落物中N、P、Ca、Mg的含量比土壤高, 而K、Na的含量比土壤的低。从凋落物Na含量低可以看出, 陆地森林群落对Na的吸收量较低; 而土壤中K的含量比凋落物高出很多, 说明该土壤富含K, 可以不断地补偿K易被淋洗造成的损失。

从凋落物的元素总量与土壤库元素总量的比率来看(表5), 只有钙元素在凋落物与土壤库中的比率大于1% (为4.752%), 其它几种元素只有少量在凋落物中参与循环过程, 这是因为武夷山甜槠群落林地土壤呈较强的酸性, 强烈的富铝化作用使交换性钙的含量较低, 据测定只有0.023%, 为维持系统内钙元素的生物循环, 补偿林地钙元素的损失, 所以有许多的交换性钙参与循环过程。而其它元素却不因为土壤呈较强酸性而使自身的含量降低, 特别是钾元素, 它易于运动, 容易被雨水淋洗而丢失, 然而林地处于保护区, 受到人为的保护, 使得林地的枯枝落叶较厚, 阻止林地的水土流失, 一定范围内遏制了钾元素的渗滤丢失。

表5 林地0~30 cm 上层土壤库元素的总量及年凋落物与土壤库元素总量的比率

Tab 5 The pool amounts of major nutrient elements in the topsoils (0~30 cm) and the ratio between the pool amounts of elements of litter fall and that in the top soil

元 素	N	P	K	Na	Ca	Mg
土壤库元素总量/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$	945 600	52 800	5076	364 8	55.2	300
凋落物元素总量/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$	3 645	0 139	1 282	0 057	2 623	0 548
(凋落物元素总量 / 土壤库元素总量)/ (%)	0 385	0 263	0 025	0 015	4 752	0 183

参 考 文 献

- 1 卢昌义, 郑逢中, 林鹏. 九龙江口秋茄红树林群落的掉落物量的研究. 厦门大学学报(自然科学版), 1988, 27(4): 459~463
- 2 郑文教, 邵成, 王良睦等. 福建和溪亚热带雨林凋落物营养元素动态. 热带亚热带植物学报, 1995, 3(4): 38~43
- 3 梁宏温. 田林老山两类森林凋落物的研究. 生态学杂志, 1994, 13(1): 21~26
- 4 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. 武夷山研究, 森林生态系统(D). 厦

- 门: 厦门大学出版社, 1998: 123~ 129
- 5 Bray J R, Gorham E. Litter production in forests of the world. *Advances in Ecological Research*, 1964, 2: 101~ 157
 - 6 Skyes J M, Brunce R G H. Fluctuation in litter fall in a mixed deciduous woodland over a three-year period 1966~ 1968. *Oikos*, 1970, 72: 947~ 961
 - 7 王凤友. 森林凋落物研究综述. *生态学进展*, 1989, 6(2): 82~ 89
 - 8 Olson J S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 1963, 44(2): 322~ 331
 - 9 查普曼 S B (阳含熙等译). *植物生态学的方法*. 北京: 科学出版社, 1980: 124~ 126
 - 10 翁翕, 李志安, 屠梦照等. 鼎湖山森林凋落物量及营养元素含量研究. *植物生态学与地植物学学报*, 1993, 17(4): 299~ 305
 - 11 林益明. 武夷山甜槠群落与黄山松群落的生物量和能量研究. [博士学位论文]. 厦门: 厦门大学生物学系, 1994
 - 12 卢俊培, 刘其汉. 海南岛尖峰岭热带林凋落物研究初报. *植物生态学与地植物学学报*, 1988, 12(2): 104~ 111
 - 13 罗汝英. *森林土壤学*. 北京: 科学出版社, 1983: 164~ 207
 - 14 Brasell H M, Unw in G L, Stocker G C. The quantity, temporal distribution and mineral-element content of litter fall in two forest types at two sites in tropical Australia. *J. Ecol*, 1980, 68(1): 123~ 139

The Dynamics and Production of Litter Falls of *Castanopsis eyrei* Community in Wuyi Mountains

Lin Yiming¹ He Jianyuan² Yang Zhiwei¹
Liu Chudian² Lin Peng¹ Li Zhenji¹

(Dept. of Biol., Xiamen Univ., Xiamen 361005;

²The Administrative Bureau of Wuyishan National Nature Reserve, Wuyishan 354315)

Abstract This paper was a part of researches on forest ecosystems in Wuyi mountains. It dealt mainly with the dynamics and production of litter falls of *Castanopsis eyrei* community at Xiangfengling of Wuyi mountains over a four-year period of 1992~ 1995. The production of litter falls of *Castanopsis eyrei* community from 1992 to 1995 was 556.26, 379.20, 364.35 and 258.70 g/m² respectively. The average annual litter production from 1992 to 1995 was 389.63 g/m²; the ratio of the litter production in 1992 (highest) to that in 1995 (lowest) was 2.15:1, litter production decreased gradually during those four years. The return of elements through litter falls in 1993 was 3.645 g/m² for N, 0.139 g/m² for P, 1.282 g/m² for K, 0.057 g/m² for Na, 2.623 g/m² for Ca, 0.548 g/m² for Mg, respectively.

Key words *Castanopsis eyrei* community, Litter falls, Wuyi mountains