

滇中常绿阔叶林及云南松林凋落物的初步研究

刘文耀 荆贵芬 郑 征

(中国科学院昆明生态研究所)

摘要 本文以滇中高原为背景, 研究了通海秀山常绿阔叶林及云南松林的凋落物的数量、组成、季节变化规律、营养元素(N、P、K、Ca、Mg、Cu、Mn、Fe)含量, 以及林地枯枝落叶层的现量。研究结果表明滇中地区森林的年凋落量是较大的, 营养元素含量及贮量也是丰富的。两类森林的凋落规律相似, 常绿阔叶林的凋落量、营养元素含量及其贮量都大于云南松林。但两类森林的枯枝落叶现存量则相接近, 说明常绿阔叶林的物质循环周期较云南松林短。文章提出为了提高森林土壤肥力、加快生物循环过程, 增加生物产量, 要注意保存林地内还原于土壤中的所有凋落物。

关键词 云南通海; 常绿阔叶林; 云南松林; 凋落物; 数量; 营养元素; 枯落物层现存量

森林凋落物每年有大量有机物质归还土壤, 在养分循环和维持土壤肥力方面起到特别重要的作用。关于森林凋落物的研究, 国外已有不少报道, 在我国, 近几年来也陆续发表了这方面的工作^[1, 2, 3, 4, 5], 其中对热带、暖温带森林凋落物的研究较多。在亚热带地区, 这方面的研究则较少。本项研究的目的就是了解和掌握亚热带地区主要森林类型——常绿阔叶林及云南松林的凋落物数量、组成, 营养元素含量及其变化规律, 以为亚热带森林的功能和土壤肥力评价提供依据。我们于1986年5月至1988年6月在云南省通海县开展了上述方面的工作, 现将其资料整理如下:

一、试验区概况

本项研究选择在能代表滇中基本自然情况的通海县内进行。该区地处低纬高原, 气候上四季冷暖不分明, 但干湿两季界限却十分明显, 年平均气温15.6℃, 年平均相对湿度74%, 年平均降水量869.2mm, 年干燥度(最大可能蒸发与降水量之比)为1.34, 属于中亚热带半湿润冬凉高原季风气候。

试验林地位于紧靠县城的秀山公园内, 由于山上有多处寺庙, 以及人为保护措施比较得当, 故公园内存在多种森林类型, 而且林分结构也较好, 所以是开展研究工作的较理想场所。半湿润常绿阔叶林位于东北坡向, 海拔约1900米的山坡中部, 群落结构层次明显, 乔木层可分为两层, 上层主要以滇青冈(*Cyclobalanopsis glaucooides*)、元江栲(*Castanopsis orthacantha*), 野樱(*Prunus confertinae*)、云南樟(*Cinnamomum glanduliferum*), 银木荷(*Schima argentea*)等种类为主, 盖度约60%, 高度15—20米, 乔木亚层高8—10米, 由滇木犀榄(*Olea yunnanensis*)及滇青冈、野樱、云南樟等种类的幼树组成, 灌木层高2—3米, 层盖度约30%, 以针齿铁子(*Myrsine semiserrata*)、山柑(*Capparis bodinieri*), 滇木犀榄为主; 草本层高度0.4—0.6米, 以苔草(*Carex* sp), 沿阶草(*Ophiopogon bodinieri*)、丰产鳞毛蕨等(*Dryopteris fructuosa*)种类较多, 均匀地分布在林下, 在潮湿处刚莠竹

(*Microstegium ciliatum*) 成片，藤本植物茎粗可达2—3厘米，分布不均匀，个别的可缠绕树干爬到上层树冠，常见的种类有巴豆藤(*Craspedolobium tschochii*)、拔葜(*Smilax* sp)、藤卫茅(*Euonymus* sp)等，地表枯枝落叶层较发达，一般厚度3—5厘米。

云南松林地则位于同山西北坡向海拔1950米的山坡中上部。该林基本上属于同一龄级结构，树龄大致在中年阶段。群落结构简单，一般可以分为三层，即乔木层、灌木层和草本层。乔木层全部由云南松组成，高度15—20米，盖度60%左右，胸径15—30厘米，灌木层较低矮，多为滇中常见的种类：小铁仔(*Myrsine africana*)、小漆树(*Toxicodendron delavayi*)、云南含笑(*Michelia yunnanensis*)、厚皮香(*Ternstroemia gymnanthera*)等，呈零星状分布；草本层发达，高度0.3—0.5米，盖度大(约60%)而密集，主要以刺芒野枯草(*Arundinella setosa*)、云南兔儿风(*Ainsliaea yunnanensis*)、野拔子(*Elsholtzia rugulosa*)、红裂释草(*Schizachyrium sanguineum*)等种类为主，林地枯枝落叶层较发达，一般厚度2—3厘米，以松针占主要成份。

二、试验方法

一、凋落物的测定 在上述两种森林地内采取小样方法直接收集森林凋落物，即在 50×50 米²的大样地内按上层林冠的疏密程度设置10个口径为0.5米²的收集框，用白铁皮固定框口面积，制成圆形，框底接上0.5米深的纱布袋，袋底距地面20—25厘米。在观测期内，每月末收集一次，收集的凋落物按叶、枝、皮、花果分类，虫屎、鸟粪、虫卵、蛹及其它碎小的杂物统归为一类。所有的成份分别烘干称重。

二、营养元素的分析方法 先将烘干的样品粉碎，再经过化学处理：

(1) N、P、K元素的测定：准确称取一定量的样品，用浓硫酸和60%高氯酸消煮，得到无色透明的消煮液。分别取部份消煮液，用蒸馏法测定N素含量，用钒钼黄比色法测定P含量，用日立—17030型原子吸收分光光度计测定K含量。

依照以上步骤进行空白试验，即不加样品进行消煮并测定元素含量。

(2) Ca、Mg、Cu、Mn、Fe等元素的测定：准确称取一定量样品，用湿灰化法即三酸(硝酸—硫酸—高氯酸)混合消煮，得到无色透明的消煮液，如有沉淀物质产生，用过滤法除去。

取部份消煮液，用美国生产的PLASMA—200型电感耦合等离子原子发射光谱仪测定Ca、Mg、Cu、Mn、Fe等元素的含量。

同样，依照上述步骤进行空白试验，即不加样品进行消煮，取消煮液配制标准系列进行测定。

以上样品的测定每次均有3次重复，取平均值作为分析结果。

三、林地枯落物现存量的测定

为了搞清林地上枯枝落叶现存的数量，我们在两种林地内，分别收取5个0.5×0.5米²样方内的枯枝落叶，按枯落物组成物处于不同的分解程度：未分解的、半分解的及完全分解的三个亚层，即L(Litter)层、D(duff)层和H(humus)层，分别取回烘干称重。

三、结果分析

一、凋落物数量及其变化规律

由于植物新陈代谢作用和不断的再生能力以及外界环境条件的影响，使得森林有相当数量的叶、枝、皮、花果等部份逐渐脱落而归还于林地。不同类型的森林，其凋落物数量、组成及其凋落特征各不相同。

1. 凋落物数量及其变化规律：据观测结果，通海秀山常绿阔叶林凋落物年平均为5.5吨/公顷，变化幅度为4.8—6.3吨/公顷；云南松林则为3.6吨/公顷，变幅3.1—4.0吨/公顷。显然，前者的凋落量及变化幅度均大于后者的相应值。这说明常绿阔叶林凋落物的数量受年际间环境条件变化的影响较大。与其他地区比较，两类森林凋落量均比四川米亚罗亚高山冷杉林（0.8—1.9吨/公顷）^[1]要大，而低于西双版纳的热带森林（9.7—12.1吨/公顷），说明从北到南，随着热量的增加，森林生长量及凋落量是逐渐增加的。

不同的森林植物具有不同的生态生物学特性，所以在凋落物组成成份及其数量上出现差异。观测结果（表1）表明，叶在两类森林凋落量中均占主要成份，达73—79%，云南松林中叶占的比重更大些。其余成份两类森林各占的比例也不相同，云南松林中树皮、球果等部份凋落量较多，小枝凋落量较少；而在常绿阔叶林中则以小枝的凋落量比较多，树皮及花果部份的凋落量较少，这与阔叶林林冠层发达，分枝多，树皮光滑等特点是一致的。

表1 凋落物成份及其平均干物质重量

Table 1 The composition of litter-fall

(t/ha)
%

类 型 Types	叶 Leaves	枝 Branches	皮 Bark	花 果 Flowers and fruits	虫屎及其它 Mixed matter	合 计 Total
云 南 松 林 <i>Pinus yunnanensis forest</i>	2.871 79.24	0.148 4.09	0.174 4.80	0.285 7.87	0.145 4.00	3.623 100
常 绿 阔 叶 林 <i>Evergreen broad-leaved forest</i>	4.096 73.80	0.914 16.47	0.043 0.77	0.031 0.56	0.466 8.40	5.550 100

值得引起注意的是，在两类森林中，由虫屎、鸟粪及其它杂碎物组成的杂物具有相当的数量，这说明在山地森林中，昆虫、鸟类及其它动物是较丰富的，在它们的生命过程中，有一定数量的植物枝叶被它们消耗，其中仅有部份物质以粪便形式排泄出来归还林地，应该把这部份物质作为森林凋落物的一个组成成份，这也是山地森林所特有的凋落特征。从森林生态系统中养分循环过程来讲，这是森林营养物质归还土壤中的一个较为重要的成份。

2. 凋落物的季节变化：森林植物枝、叶、花果等部份的凋落时间和数量，主要受约两方

• 中国科学院云南生物地理群落定位研究站总结（1963）

面因素，一是遵循物种本身生物学规律而自行凋落，另一因素则是受气候条件变化的影响而造成的落叶，因此森林凋落物总量及其组成成份的季节变化有着较大的差异（图1）。

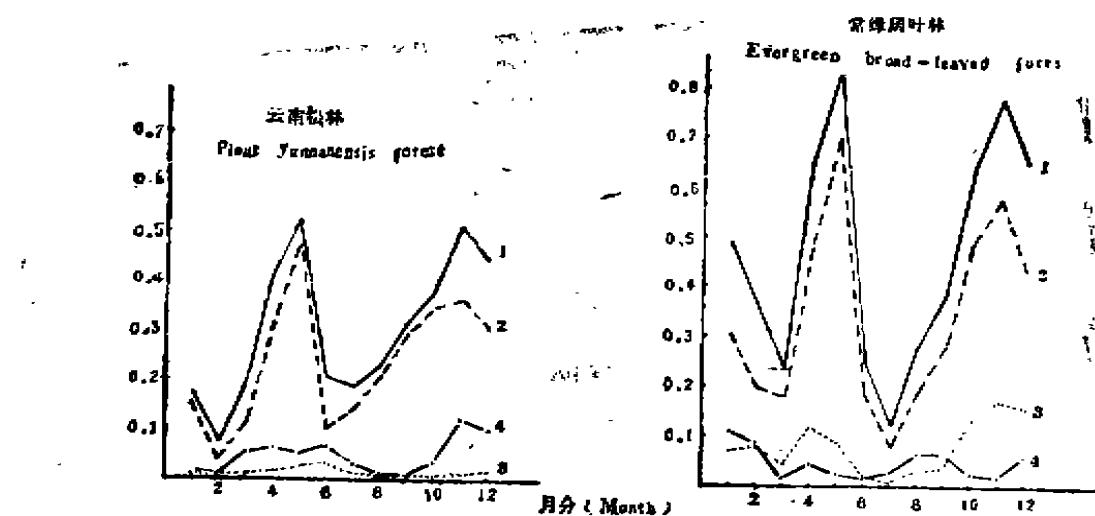


图1 凋落物各成份月变化

Fig. 1 Monthly change of component in litter-ball

1. 凋落物总量 Total litter-ball; 2. 叶 leaves; 3. 枝 Branches 4. 树皮花果, 虫屎等杂物 Bark, flower, fruit (cone) and mixed matter

两类森林的凋落节律，总的的趋势是一致的，大多数月份的凋落量是常绿阔叶林大于云南松林。凋落物总量的月际差异很大，以常绿阔叶林表现最明显。云南松林的月平均凋落量为0.302吨/公顷，月最大值0.572吨/公顷（1987年5月），最少仅为0.065吨/公顷（同年2月），相差约7.8倍；常绿阔叶林的月平均凋落量为0.463吨/公顷，最大值1.064吨/公顷（1987年5月），最小值0.091吨/公顷（同年7月），相差10.7倍。

在凋落物的各成份中，叶的凋落节律与总量完全一致，枝的情况也基本相似，其它成份则不同，两类森林也各有差异。云南松林花序凋落集中在3—5月，松球果凋落集中在11—12月，常绿阔叶林的花果则以7—9月最多，反映了不同树种物候及花果成熟的差异。而以虫屎为主的其它杂碎物在各季节的情况也有所不同。云南松林中虫屎等杂碎物在10—12月最多，8月最少。常绿阔叶林中则以12—2月最多，6—7月最少，这与不同森林中昆虫、小动物等的生活习性有关。

对凋落物的季节分配比例进行分析，结果表明（表2），两类森林凋落物均在最干热的4—5月和初冬时节的11—12月出现两次凋落高峰，和西双版纳热带雨林凋落（在11—2月出现凋落高峰）规律有所差异。4—5月是滇中一年中气温最高，湿度最低的时候，在这样的干热气候条件下，植物因过度的蒸发而造成缺水，使得枝叶大量的凋落；而10—12月气候变得干冷，大多数森林植物因低温而落叶，进入缓慢生长阶段，带有明显的地带性（北温带）正常的生理性落叶的特点。相反，在雨季的6—9月凋落物数量则较少，反映出森林凋落数量与气候因子是有密切的关系。

二、凋落物的营养元素含量及变化规律

表 2 调落物的季节分配
Table 2 Seasonal distribution of litter-fall (%)

类 型 Types	月 份 Month							
	1—3		4—5		6—10		11—12	
	合计 Total	月 平 均 Mean month						
云南松林 <i>Pinus yunnanensis forest</i>	11.8	3.9	25.8	12.9	36.3	7.3	26.1	13.1
常绿阔叶林 <i>Evergreen broad-leaved forest</i>	19.3	6.4	25.9	13.0	29.6	5.9	25.2	12.6

1. 调落物各成份的营养元素含量：不同森林类型的调落物各组成成份间，它们的营养元素含量各不相同。对两类森林调落物各成份的化学分析结果（表3）表明，常绿阔叶林调落物各成份的大多数营养元素含量都分别大于云南松林的相应值。以云南松针叶为例，如以其含量为100%，那么常绿阔叶林含量N为209.98%，P为164.00%，K为104.37%，Ca为183.78%，Mn为212.91%，Fe为120.82%，仅有Mg和Cu的含量略低于云南松针叶。其它成份的营养元素含量也是常绿阔叶林大于云南松林。

调落物各成份之间的营养元素含量差异也较为明显，两类型也各有不同。由表3可看出，云南松叶含N、K、Mg较多，花序比松球果含营养元素丰富；皮含N最低，枝含Fe最少。常绿阔叶林叶片含N多，Ca多在枝和皮中积累，花果和皮中含Fe最多，P、K在花果中含量最为丰富，枝含N较少。这里值得注意的是，两类森林中以虫屎，鸟粪及其它杂碎物组成的杂质，其营养元素含量都明显高于调落物的其它组成成份，尤其是N含量在调落物的组成成份中居首位，这是山地森林物质循环过程中一个不可忽视的养分来源。

2. 调落物中营养元素的贮量：由表4可看出，两类森林调落物的营养元素贮量差异较大。以所测的元素贮量来计算，常绿阔叶林调落物的营养元素贮量大于云南松林，约为1.7倍，这表明在提高土壤肥力中，阔叶树种较针叶树种有更积极的作用。在调落物各组成成份中，两类森林均以叶片中的贮量为最多，约占所测元素总贮量的72—83%，云南松林略高10%。常绿阔叶林中小枝的营养元素贮量显著地大于皮和花果，这可能是与小枝组成中复叶叶枝多有关。虫屎及其它杂碎物的营养元素贮量也在常绿阔叶林中居多，这可能与常绿阔叶林中昆虫及其它小动物数量较多有关。

在两类森林中，调落物的营养元素贮量序列有所不同，由表4中得到(kg/ha)：

云南松林：Ca(17.85)>N(16.53)>K(5.71)>Mg(5.61)>P(1.37)>Fe(0.96)>Mn(0.82)>Cu(0.05)。

常绿阔叶林: Ca(56.23)>N(54.00)>K(9.85)>Mg(8.18)>Fe(2.85)>Mn(2.35)>P(2.26)>Cu(0.05)。

上述结果表明, 不同树种对各种元素的吸收能力是不同的。

在凋落物的营养元素组成中, N素含量的多少, 不仅影响到凋落物的矿化速度, 而且也反映出归还土壤的肥力效应及森林生态系统食物链中微生物的营养状况^[4], 如以凋落物总量与N素贮量的比值作度量, 通海秀山云南松林的为219.18, 常绿阔叶林的为102.78, 就是说前者的N素归还潜力小于后者, 进一步说明了阔叶树种比针叶树种具有更高的改良土壤的能力。

三、林地枯枝落叶的现存量

根据对现存林地上的枯枝落叶进行分层测定结果(见表5), 常绿阔叶林的枯枝落叶总贮量略高于云南松林, 在各亚层贮量中, 常绿阔叶林中处于完全分解状态(H亚层)的枯落

表3 凋落物各组成份营养元素含量
Table 3 The nutrient elements content of litter-fall

类 型 Typds	成 份 Compo- sition	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe
云 南 松 林 <i>Pinus yunnanensis</i> forest	叶 Leaves	0.451	0.025	0.183	0.518	0.219	9.04	244.33	323.15
	枝 Branches	0.379	0.015	0.060	0.478	0.055	3.33	91.00	26.67
	皮 Bark	0.223	0.014	0.059	0.554	0.054	6.21	122.00	451.06
	花 果 Flower	0.497	0.199	0.117	0.107	0.063	0.00	162.99	1525.69
	球 果 Cone	0.265	0.185	0.028	0.117	0.026	0.00	57.75	440.62
	虫屎及其它 Mixed matter	1.097	0.043	0.123	0.403	0.118	17.93	156.99	2163.52
常 绿 阔 叶 林 <i>Evergreen broad-leaved</i> forest	叶 Leaves	0.947	0.041	0.191	0.952	0.147	8.26	520.21	393.63
	枝 Branches	0.754	0.027	0.121	1.255	0.142	10.80	265.43	773.26
	皮 Bark	0.856	0.026	0.073	2.108	0.239	13.20	146.79	1165.96
	花 果 Flower and fruit	1.206	0.103	0.501	0.752	0.130	15.91	181.94	2547.90
	虫屎及其它 Mixed matter	1.571	0.059	0.157	0.956	0.221	19.98	472.54	784.68

表 4 枯落物的营养元素贮量
Table 4. The amount of nutrient elements in litter-fall (kg/ha)

类 型 Types	成 分 Compo- sition	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	合计 Total	%
云 南 松 林 <i>Pinus yunnanensis</i> forest	叶 Leaves	13.18	0.72	5.25	15.21	5.09	0.03	0.73	0.39	40.60	33.03
	枝 Branches	0.55	0.02	0.09	0.71	0.08	0.00	0.01	0.01	1.48	3.03
	皮 Bark	0.39	0.03	0.10	1.01	0.19	0.00	0.08	0.08	1.83	3.74
	花 果 Flower and Cone	0.82	0.53	0.09	0.33	0.08	0.00	0.16	0.16	2.03	4.15
	虫屎及其它 Mixed matter	1.59	0.07	0.18	0.59	0.17	0.02	0.32	0.32	2.96	6.05
	总 计 Total	18.53	1.37	5.71	17.85	5.61	0.05	0.82	0.96	48.90	100
		%	33.81	2.80	11.68	36.50	11.47	0.10	1.68	1.96	100
常 绿 阔 叶 林 <i>Evergreen broad-Leaved</i> forest	叶 Leaves	39.11	1.69	7.82	39.18	5.73	0.04	1.86	1.61	97.04	71.47
	枝 Branches	6.86	0.25	1.11	11.48	1.28	0.01	0.25	0.71	21.95	16.17
	皮 Bark	0.37	0.01	0.03	0.89	0.10	0.00	0.01	0.05	1.46	1.08
	花 果 Flower and fruit	0.48	0.04	0.16	0.31	0.05	0.00	0.01	0.11	1.16	0.85
	虫屎及其它 Mixed matter	7.18	0.27	0.73	4.37	1.02	0.00	0.22	0.37	14.16	10.43
	总 计 Total	54.00	2.26	9.85	56.23	8.18	0.05	2.35	2.85	135.77	100
		%	39.77	1.67	7.26	41.41	6.02	0.04	1.73	2.10	100

物最多, 约占总贮量的46%。未分解亚层的贮量最少, 与其年凋落量相接近, 说明每年凋落的枯枝落叶基本上一年后就可分解破碎, 物质循环周期短; 而云南松林中则以处于半分解状态的枯落物居多, 占总贮量的39%, 未分解亚层的贮量最少, 但仍大于年凋落量, 约为年凋落量的0.5倍, 表明当年凋落的枯枝落叶需要经过近两年的时间才能分解破坏, 转变成半分解状态。半分解状态的粗腐殖质肥力较低, 养分释放困难, 物质循环周期长。因此, 在云南松林中要注意保存林地上还原于土壤的所有凋落物, 这是能量和有机物质、矿物质元素的来源。如果凋落物被取走, 森林生态系统的物质循环就会失去平衡, 导致林地生产力下降, 影

表5 林地上枯落物的现存量
Table 5 Standing crop of litter-fall on forest floor (t/ha)

类 型 Types	层 次 Layer			合 计 Total
	未分解亚层 Litter layer	半分解亚层 Duff layer	完全分解亚层 Humus layer	
云 南 松 林 <i>Pinus yunnanensis</i> forest	5.44	8.37	7.78	21.56
常 绿 阔 叶 林 Evergreen broad-leaved forest	5.76	7.47	11.38	24.61

响生物产量的提高。

结 语

滇中地区亚热带森林凋落物的特点，由于森林类型不同而有较大的差异。常绿阔叶林的年凋落物总量平均为5.5吨/公顷，其中叶占73.80%，枝占16.47%，皮占0.77%，花果占40.56%，虫屎及其它杂碎物占8.40%；云南松林依次为3.6吨/公顷，79.24%，4.09%，80%，7.87%和4.00%，两类森林的凋落节律相似，一年中在4—5月和11—12月各出现一次凋落高峰。

凋落物的营养元素含量及贮量，常绿阔叶林大于云南松林，由于树种的不同，两类森林的营养元素贮量序列有所不同，常绿阔叶林为：Ca>N>K>Mg>Fe>Mn>P>Cu，云南松林为：Ca>N>K>Mg>P>Fe>Mn>Cu。元素贮量的72—82%积累于叶片，值得提及的是，以虫屎及其它杂碎物的数量，营养元素含量和贮量，两类森林都比较高，这是养分归还土壤过程中一个重要的营养来源。

两类森林中的凋落物是一个较大的养分贮存库，常绿阔叶林的凋落物分解速度快，物质循环周期短；而云南松林的松针分解慢，形成半分解状态的粗腐殖质较多，肥力也较低，所以要注意保存林地枯枝落叶，通过采取一些适当措施，促进针叶的分解速率，加快物质循环过程，以提高林地土壤的肥力，增加生物产量。

致谢：本项工作得到本所刘伦辉副研究员的指导，特此致谢。和爱军同志参加了部分工作。

参 考 文 献

- (1) 张万儒等, 1979年: 四川西部米亚罗林区冷杉林下森林土壤动态研究。林业科学, 15(3): 178—193。
- (2) 屠梦照, 1984: 热带亚热带森林生态系统研究, 第二集, 1850。科学普及出版社。
- (3) 胡肆慧等, 1986年: 油松和栓皮栎枯叶分解作用的研究。植物学报, 28(1): 102—110。
- (4) 卢俊培, 刘其汉, 1988年: 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报, 12(2): 104—111。
- (5) 永宝等, 1986年: 红松人工林凋落物营养元素的分析。植物研究, 6(4): 161—176。

A PRELIMINARY STUDY ON THE LITTER-FALL IN EVERGREEN BROAD-LEAVED FOREST AND PINUS YUNNANENSIS FOREST IN THE MIDDLE OF YUNNAN PROVINCE

Liu, Wen Yao; Jing, Gui Fei and Zheng Zheng
(Kunming Institute of Ecology, Academia Sinica, Kunming)

Abstract The composition, quantity, element content of N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe, and seasonal change patterns of litter-fall as well as standing crop of litter-fall on forest floor were studies in Tong Hai county of Yunnan province in this paper.

The results show that the mean annual total dry weight of litter-fall in the Pinus yunnanensis forest is up to 3.6 t/ha, while in evergreen broad-leaved forest it is 5.5 t/ha. The seasonal change patterns of falling in both types are similar, and it exhibits two falling peaks (main peak in April-May and secondary peak in November-December) in a year. The order of the chemical components of litter-fall in the Pinus yunnanensis forest tend to be Ca>N>K>Mg>P>Fe>Mn>Cu, in evergreen broad-leaved forest it is Ca>N>K>Mg>Fe>Mn>P>Cu, the total amount of elements in evergreen broad-leaved forest is greater than that in Pinus yunnanensis forest. About 72~82% of the contents of chemical elements in both types are rich in the leaves.

The standing crop of litter-fall on forest floor in evergreen broad-leaved forest is slightly greater than that in Pinus yunnanensis forest.

key words Evergreen broad-leaved forest; Pinus yunnanensis forest; Litter-fall; Quantity; Nutrient element; Standing crop of litter-fall on forest floor