

杉木人工林凋落物动态及其与气候因素的相关分析*

温远光 韦盛章 秦武明

(广西农学院林学院, 南宁)

摘 要

本文是广西森林生态系统研究的一部分, 对桂北杉木人工林凋落物的数量、组成和动态格局及气候特点进行了5年的综合定位研究, 结果表明: 里骆成年杉木林年均凋落物量有4.621吨/公顷, 变动系数19.46—28.34%。杉木纯林凋落物各组分的比值相当稳定, 标准差<5%; 杉叶占凋落物总量的46.47%, 枝为18.47%, 花果为18.91%, 杂物为16.26%。凋落量的季节变化格局是, 随气候的变冷变干有一秋末—春初的凋落高峰期(11—4月)。并定量地分析了17个气候因素与凋落物的相关性, 研究表明低温干旱和风力是影响凋落物量和动态的关键因子。

关键词: 杉木, 凋落物, 动态, 气候因素, 相关分析。

目前关于森林凋落物量及其影响系统物质循环、能量流、植物营养状况、林地土壤侵蚀、森林水源涵养、生物种群、植物种子更新及土壤理化性质等方面的研究报道已很多^[1-12]但对于森林凋落物动态与气候相关性问题的研究, 则缺少综合研究和定量分析。本文在5年定位综合研究的基础上, 全面定量分析讨论了桂北杉木人工林凋落物的数量、组成、季节变化格局以及与气候的相关性。

一、样地概况和研究方法

里骆生态站位于桂北山区, 北纬25°50', 东经110°04'。观测样地分别设置在同一坡面不同坡位。样地概况见表1。

观测样地面积800m², 各设置8个(面积为1m²)尼龙网收集框。每月末收集凋落物。在各样地, 按组分(杉木叶、枝、花果和杂物)测其干重。观测期是1981年1月—1985年12月。

表1 杉木林样地概况*

Table 1 The general situation in sample plots of chinense fir forest

样地	项					目						
	坡位	海拔(m)	树龄	密度(n/ha)	郁闭度	平均胸径(cm)	平均树高(m)	平均冠幅(m ²)	平均冠长(m)	树冠生物量(t/ha)	总生物量(t/ha)	蓄积量(m ³ /ha)
I	下中坡	350	23	1160	0.7	18.5	14.8	7.4	7.6	24.40	118.98	217.50
II	中坡	380	23	1288	0.7	17.3	13.2	6.8	7.6	24.80	115.92	202.72
III	上坡	410	23	2326	0.6	16.9	8.8	9.2	4.8	17.50	73.64	107.77

* 1980年测定。

* 本院生态研究室及里骆生态站有关同志参加观测研究, 特表示谢忱。

本文于1989年1月14日收到。

在Ⅱ样地西则约500m等高坡位上砍伐16亩杉木林,按《地面气象观测规范》^[13]设置空地气象观测场,并进行日常观测。

二、研究结果分析

1. 凋落物总量

里骆杉木人工林年均凋落物总量为4.621t/ha,年际标准差0.8794—1.2244,变动系数19.40—28.34%。坡位引起的标准差0.7140,变动系数15.46%。年际波动>坡位波动。

研究表明,同一树种不同林分凋落量存在一定差异。Ⅲ样地的林分密度是Ⅰ、Ⅱ样地的2.1和1.8倍,而凋落量仅是Ⅰ、Ⅱ样地的73.69%和86.81%。凋落量与林分生长状况紧密相关。Ⅲ样地虽密度大,但其各种生长指标(表1)仅是Ⅰ、Ⅱ样地的50%左右,其林木矮小、树冠窄短,枝叶量少,上坡充足的阳光有利于针叶寿命的维持。Ⅰ、Ⅱ样地则情形相反。可见,样地间凋落量的差异,主要是由于林分生长差异和小生境的不同所致。

与会同同类林分(1.76t/ha)比较^[4],里骆的年均凋落量较高,而与鼎湖山和尖峰岭的阔叶林(7.1—9.7t/ha)相比^[1,5],杉木针叶林的年凋落量较小。

2. 凋落物的组成

凋落物各组成的观测结果详见表2,这里杉叶和花果的比值与会同杉木林(48.2%和18.76%)相似^[4],叶量明显低于阔叶林(64—76%)^[1,5],而花果的比值高于阔叶林。

表2 凋落物量及其组成的分配率

Table 2 The compositions of litter-fall

样 地	叶			枝			花果			杂物			总量		
	t/ha·a	%	S.D.	t/ha·a	%	S.D.	t/ha·a	%	S.D.	t/ha·a	%	S.D.	t/ha·a	%	S.D.
Ⅰ	2.584	47.70	0.691	1.064	19.86	0.261	0.842	15.74	0.221	0.892	18.85	0.272	5.382	100	1.224
Ⅱ	2.042	44.88	0.389	0.854	18.11	0.396	0.836	18.35	0.217	0.824	18.58	0.057	4.552	100	0.879
Ⅲ ¹⁾	1.750	48.84	0.524	0.693	17.45	0.386	0.640	16.85	0.266	0.690	19.10	0.178	3.773	100	1.118
$\bar{X}$	2.119	46.47	—	0.869	18.47	—	0.773	16.91	—	0.802	18.20	—	4.562	100	—
S.D.	0.412	1.45	—	0.186	1.25	—	0.115	1.32	—	0.108	1.19	—	0.795	—	—

1)为使各组分比值更接近实际,计算时扣除情况太特殊的1981年,故年均总量偏小,0.177t/ha。

3. 凋落物动态

杉木人工林凋落物的季节变化格局见图1。

由图1可见,凋落物总量的月变化呈“U”形特征。经用8种数学模型拟合,除杂物外,凋落物总量、枝、叶和花果都以二次曲线式拟合最好,结果列于表3。除杂物外各组分间相关紧密,其动态规律具有共同的特点。

凋落物的月际变化悬殊,变动系数>100%,月凋落量最大值与最小值相差数十倍,峰谷明显。如1982年,月均凋落量是0.335t/ha,变异系数104.17%,最大值(1月1.13t/ha)与最小值(7月0.02t/ha)相差56.5倍。

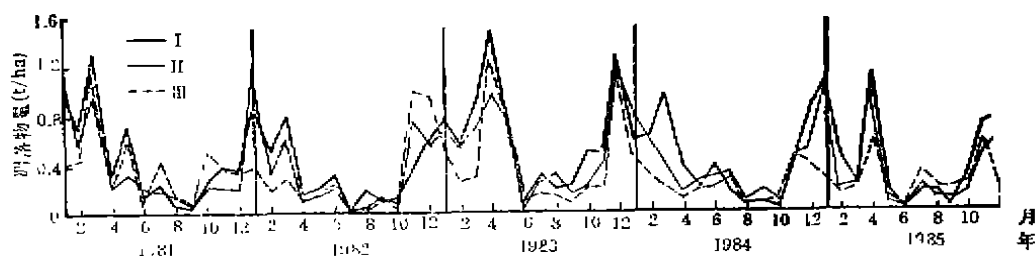


图1 杉木林凋落物的季节变化格局

Fig.1 Seasonal pattern of litter-fall in Chinese fir plantation

表3 凋落物各组成的回归方程¹⁾

Table 3 The regression equations of components in litter-fall

组 成	回 归 方 程	相关系数	剩余标准差	显著性 (F值)
总 量	$y_1 = 1.11075 - 0.26071x + 0.017805x^2$	0.9019	0.1179	19.62**
枝	$y_2 = 0.26198 - 0.06731x + 0.004553x^2$	0.9616	0.0183	55.15**
叶	$y_3 = 0.58089 - 0.14299x + 0.009574x^2$	0.8857	0.0723	16.38**
花 果	$y_4 = 0.21980 - 0.04874x + 0.003079x^2$	0.8817	0.0273	15.72**
杂 物	$y_5 = 0.03805 - 1.07991x$	0.6291	0.1560	6.55*

1) 据Ⅰ样地资料列表。**—极显著, *—显著。

表4 凋落物的季节分配(%)

Table 4 Seasonal distribution of litter-fall (%)

地点及类型	月 份					
	11—2		3—4		5—10	
	合 计	月 平 均	合 计	月 平 均	合 计	月 平 均
里 骆, 杉木林	53.02	13.26	23.76	11.63	23.62	3.94
会 同, 杉木林	34.28	8.57	27.79	13.90	37.93	6.32
鼎湖山, 常绿阔叶林	23.31	5.83	21.47	10.74	65.21	9.20
尖峰岭, 山地雨林	23.6	5.90	26.7	13.4	49.7	8.3
尖峰岭, 半落叶季雨林	22.0	5.5	25.9	13.0	52.1	8.7

里骆杉木林凋落物的月动态规律既不同于常绿阔叶林^[1], 也不同于山地雨林和半落叶季雨林^[5], 而且与会同同类林分也不尽一致^[4]。这说明森林凋落物的时序性除受树种生物钟控制外, 还受约于气候的变化。由表4可以看出, 里骆杉木林凋落物的季节分配与会同杉木林相似^[4], 与热带和南亚热带的阔叶林不同^[1,5]。杉木林都是以旱季(11—2月)和雨季初(3—4月)凋落为主, 而尖峰岭和鼎湖山的三种森林类型则以雨季(5—10月)和旱季(3—4月)凋落为主。充分反映了树种特性和气候条件对凋落物季节分配的影响。

综合分析不同年龄阶段杉木林凋落物的研究资料¹⁾表明, 凋落物的变化可用 $W = 9.76092e^{-10.9107/A}$ ($r = -0.9535$, $F = 222.5^{**}$) 表示, 其变化量可用 $W = W \cdot \Delta A$ 即 $W =$

1) 杉木幼林和中林资料分别取自广西宜山(五年观测值)和岑溪(三年观测值)生态站。幼林: 6年生, 3330株/公顷, 郁闭度0.8; 中林: 16年生, 3090株/公顷, 郁闭度0.8。

$194.405319e^{-1.019187/A} \cdot A^{-2} \cdot \Delta A$ 计算,凋落物的累计量可以 $W = -1.12479 - 0.40852A + 0.099631A^2$ ($r = 0.9998$, $F = 31240.2^{**}$) 来推算。据此,一个23年生杉木林分其凋落物的累计量可达42.18t/ha,相当于同年林分现存量(115.92t/ha)的36.39%。由此可见,在森林生产力研究和气候生产力评价中以平均净生产量作为林分生产力指标,结果偏低是相当明显的。同时说明,杉木由造林至主伐(25年)有1/3强的光合产物归还林地,变成林地养分的补给源。

4. 凋落物量与气候因素的相关分析

林分凋落物量的季节变化格局与气候条件紧密相联。经以三种月凋落物量指标与17个气候因素的单相关分析表明,三种指标与同期的平均气温、最高气温、 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温、15厘米土温、日照时数、蒸发量、月均温 $\times$ 月雨量的对数、前个月的雨量、平均风速、最大风速呈极紧密相关;与同期的日照百分率、降雨量、雨量10.1—25.0mm日数相关紧密;而与降雨日数、雨量25.1—50.0mm日数、相对湿度和干燥度相关不紧密。其中仅风速与凋落物量呈正相关,其余为负相关(表5)。与凋落量呈负相关的因素大多亦与生长呈正相关,这与杉木凋落物节律与生长节律相反,少雨干旱会加速杉木针叶枯黄^[14]的结论相吻合。

表5 凋落物量与17个气候因素的相关系数

Table 5 Correlation coefficients between production of litter-fall and 17 climatic factors

因素 X	凋落物组分量	总量 y_1	枝量 y_2	叶量 y_3
月平均气温	x_1	-0.6471*	-0.6451*	-0.6522*
月均最高气温	x_2	-0.6377*	-0.6363*	-0.6430*
$\geq 10^\circ\text{C}$ 月积温	x_3	-0.6286*	-0.6242*	-0.6283*
月均15厘米土温	x_4	-0.6699*	-0.6593*	-0.6703*
月日照时数	x_5	-0.3734*	-0.3839*	-0.4162*
月日照百分率	x_6	-0.2534**	-0.2390**	-0.2543**
月降雨量	x_7	-0.2734**	-0.2668**	-0.3308**
月降雨日数	x_8	-0.0177	-0.0457	-0.0360
月雨量10.1—25mm日数	x_9	-0.3176**	-0.2679**	-0.3269**
月雨量25.1—50mm日数	x_{10}	-0.0006	-0.0184	-0.0371
月端相对湿度	x_{11}	-0.1362	-0.1110	-0.1075
月蒸发量	x_{12}	-0.5731*	-0.5807*	-0.6045*
月干燥度	x_{13}	-0.1941	-0.2180	-0.1393
$x_1 \cdot \text{Log} x_7$	x_{14}	-0.6082*	-0.6014*	-0.6339*
前个月的雨量	x_{15}	-0.4439*	-0.4628*	-0.4518*
月均风速	x_{16}	0.4100*	0.4069*	0.4518*
月最小风速	x_{17}	0.3474*	0.3771*	0.4441*

* 相关极紧密 $p \leq 0.01$, ** 相关紧密 $p \leq 0.05$ 。

三种凋落物指标与17个气候因素的多元回归分析结果列入表6。

通过比较回归方程中各因素的标准回归系数,可排列出影响林分凋落物各组分量的因素重要性序列,结果按从大到小整理如下:

月总量:月均温 $\times$ 月雨量的对数、月干燥度、月均最高气温、月均15cm土温;季总量:季内月均15cm土温之和、季内月均风速之和、季内月均气温之和。

月枝量: 月均 15cm 土温、月均最高气温、月干燥度; 季枝量: 季内 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温之和、季内月雨量在 10.1—25mm 日数之和。

月叶量: 月均 15cm 土温、月均最高气温、月干燥度、月降雨量、月均风速; 季叶量: 季内月均 15cm 土温之和、季内月均最高气温之和、季内月均风速之和。

从排列中得知, 影响各组分月、季凋落物量的气候因素基本相同, 其中以 15cm 土温、干燥度、最高气温和风速出现的频率最大, 对凋落物的影响最为重要。由此可见, 决定杉木林凋落物量及动态的主导气候因素是低温干旱和风力。

表 6 凋落物量与气候因素的多元回归方程

Table 6 Multiple regression equations between production of litter-fall and climatic factors

组成	时间	回 归 方 程	R	S	Q
总量	月	$y_1 = 0.80011 + 0.10078x_2 - 0.10824x_4 - 0.36078x_{13} - 0.01238x_{14}$	0.7712	0.2250	2.785
	季	$y_1 = 1.97764 + 0.03815x_1 - 0.05949x_4 + 0.29041x_{16}$	0.8598	0.3642	2.122
枝量	月	$y_2 = 0.22801 - 0.00893x_4 + 0.00058x_5 - 0.06495x_{13}$	0.6976	0.0571	0.183
	季	$y_2 = 0.46698 - 0.00021x_3 + 0.00891x_9$	0.8385	0.1012	0.174
叶量	月	$y_3 = 0.3352 + 0.06798x_2 - 0.00049x_4 - 0.00038x_7 - 0.18225x_{13} + 0.10800x_{16}$	0.7319	0.1315	0.934
	季	$y_3 = 0.64174 + 0.04925x_2 - 0.08659x_4 + 0.19303x_{16}$	0.8427	0.2457	0.966

1) 月方程中自变量 x 意义同表 5; 季方程中, x_1 ——季内月均气温之和, x_2 ——季内月均最高气温之和, x_3 ——季内月均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温之和, x_4 ——季内月均 15cm 土温之和, x_5 ——季内月干燥度之和, x_{13} ——季内月均风速之和。

三、结 语

1. 里骆 23—28 年生杉木林年均凋落量有 4.621t/ha, 气候引起的凋落量年际最大标准差 1.2244, 变动系数 28.34%。林分生产力差异引起的凋落量标准差 0.7140, 变动系数 15.46%。

2. 年间凋落物各组分的分配率标准差 $< 5\%$, 样地间 $< 1.5\%$ 。杉叶占凋落物总量的 46.47%、枝 18.47%、花果 16.91%、杂物 18.20%。

3. 杉木林凋落量的月变化呈“U”形特征, 可用 $y = 1.11075 - 0.26071x + 0.017805x^2$ 来表示; 凋落量的季节变化格局是随气候的变冷变干有一明显秋末—春初的凋落高峰期, 随气候的变暖变湿有一明显的夏季低峰; 凋落量的年际变化规律是随林龄增长而增加, 其变化可用 $y = 9.76092e^{-18.9167/A}$ 来刻画, 凋落物的累计量可用 $y = -1.12479 - 0.408519A + 0.099604A^2$ 来估算。

4. 林分凋落量及动态与气候紧密相关, 研究地区秋冬季的低温干旱和风是引起凋落量和节律波动的主要原因。

参 考 文 献

- [1] 屠梦照, 1984, 鼎湖山亚热带常绿阔叶林凋落物量, 《热带亚热带森林生态系统研究》, 第二集, 第 18—20 页, 科学普及出版社广州分社。
- [2] 温远光等, 1986, 里骆杉木人工林的凋落物产量, 林业科技通讯(7), 12—16。
- [3] 程柏容等, 1984, 长白山主要森林生态系统的凋落物量及养分含量, 《森林生态系统研究》, 第四卷, 第 19—23 页, 中国林业出版社。
- [4] 冯宗炜等, 1985, 亚热带杉木纯林生态系统中营养元素的积累、分配和循环的研究, 植物生态学与地植物学丛刊 9(4): 245—256。

- [5] 卢俊培等, 1988, 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 12(2): 104—111。
- [6] Vitousek P. M., 1984, Litterfall, nutrient cycling and nutrient limitation in tropical forests. *Ecol.* 65(1): 285—298.
- [7] 井上宏, 1978, 森林状态与地表侵蚀(地被物的效果), 水土保持译丛 7: 63—70。
- [8] 温远光等, 1988, 里寨森林涵养水源功能的初步分析, 林业科技通讯 5: 19—22。
- [9] 周长增, 1985, 论枯枝落叶层在山地森林水文作用中的重要性, 《森林生态系统研究》, 第五卷, 第230—244页, 中国林业出版社。
- [10] 陶大立等, 1985, 死活地被物对红松伴生树种天然更新影响的实验研究, 植物生态学与地植物学丛刊 9(1): 47—57。
- [11] 蒋有绪, 1981, 川西亚高山冷杉枯枝落叶层的群落学作用, 植物生态学与地植物学丛刊 5(2): 89—98。
- [12] Mcclaugherty C. A., 1985, Forest litter decomposition in relation to soil nitrogen dynamics and litter quality, *Ecol.* 66(1): 266—275.
- [13] 中央气象局, 1979, 《地面气象观测规范》, 第1—186页, 气象出版社。
- [14] 温远光等, 1987, 里寨林区杉木生态物候学的初步研究, 生态学杂志 6(6): 10—16。

ANALYSIS ON THE LITTER-FALL DYNAMICS OF CHINENSE FIR PLANTATION AND ITS CORRELATION TO CLIMATIC FACTORS IN NORTH GUANGXI

Wen Yuanguang Wei Shengzhang Qin Wuming
(Forestry Branch, Guangxi Agriculture College)

This paper deals with a part of stationary research on the forest ecosystems in Guangxi and relates to the production, components and seasonal pattern of litter-fall in chinense fir (*Cunninghamia lanceolata*) plantation as well as climatic characteristics over a 5-year-study-period in North Guangxi. The results show that the mean annual litter in chinense fir plantation is 4.621 t/ha with Cv of 19.40—28.34% in Liluo. The rate of each component of litter-fall is ver stable with in S.D. < 5%. The leaf fraction is 46.47% of annual total litter-fall in chinense fir forest; twig fraction, 18.47% cones fraction, 16.91%; and miscellaneous fraction, 18.21%. The seasonal pattern of littering exhibits a distinct peak from the late autumn to early spring as the weather gets colder and drier (Nov. to Apr.) The correlation between 17 climatic factors and litter-fall characters is analysed quantitatively. The lower temperature and wind have been identified as the key-factors influencing the production and dynamics of the litter in chinense fir plantation.

Key words: *Cunninghamia lanceolata*, litter-fall, dynamics, climatic factors, correlative analysis.