

杉木人工林下杉木、楠木和木荷叶凋落物分解特征及营养元素含量变化的动态分析

林开敏^{1,2}, 章志琴³, 叶发茂^{1,2}, 林艳^{1,2}, 李卿叁^{1,2}

(1. 福建农林大学, 福建 福州 350002; 2. 福建杉木研究中心, 福建 福州 350002;
3. 上饶师范学院, 江西 上饶 334000)

摘要: 采用网袋法, 对 0~360 d 内杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.]、楠木 [*Phoebe bournei* (Hemsl.) Yang] 和木荷 (*Schima superba* Gardn. et Champ.) 叶凋落物在杉木人工林下的分解特征及营养元素 (N、P、K 和 C) 含量的变化动态进行了比较分析。结果显示, 经过 360 d 的分解, 杉木、楠木和木荷叶凋落物的干质量损失率分别为 40.6%、42.0% 和 51.6%, 平均腐解率分别为 0.001 3、0.001 6 和 0.002 0 d⁻¹, 叶凋落物的分解半衰期分别为 537、482 和 372 d。在整个分解过程中, 3 个树种叶凋落物中 P 含量总体上均呈波动且缓慢的上升趋势; K 含量在分解过程前期均急剧下降, 然后随分解时间的延长变化趋缓; N 含量变化差异较大, 随分解时间的延长, 杉木叶凋落物中 N 含量呈缓慢上升趋势, 另外 2 个树种叶凋落物中 N 含量总体上呈先下降后上升的变化趋势; C 含量基本上呈前期上升、中期下降、后期又略有上升的趋势, 而 C/N 比则呈前期略上升而后期逐渐下降的趋势。3 个树种叶凋落物分解过程中 N、P、K 和 C 的释放率及其动态变化也存在一定差异。3 个树种叶凋落物中 K 的释放率均较高、变化趋势较接近, 且均处于净释放状态; 杉木叶凋落物中 N、P 和 C 的释放率总体上低于另 2 个树种, 且木荷叶凋落物中 N、P 和 C 基本均处于单调净释放状态, 而杉木叶凋落物中 N、P 和 C 以及楠木叶凋落物中 P 和 C 在分解过程前期均略呈净富集状态, 之后 N 和 C 基本上呈净释放状态, P 则呈波动式净释放状态。结果表明, 在杉木人工林下, 阔叶树种 (楠木和木荷) 叶凋落物比针叶树种 (杉木) 叶凋落物易分解, 且阔叶树种叶凋落物中的营养元素也较易释放。

关键词: 杉木; 楠木; 木荷; 叶凋落物; 分解; 养分释放

中图分类号: S718.55⁺4; S757.1; S791.27 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2010)02-0034-06

Dynamic analysis of decomposition characteristics and content change of nutrient elements of leaf litter of *Cunninghamia lanceolata*, *Phoebe bournei* and *Schima superba* under *C. lanceolata* artificial forest

LIN Kai-min^{1,2}, ZHANG Zhi-qin³, YE Fa-mao^{1,2}, LIN Yan^{1,2}, LI Qing-san^{1,2} (1. Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 2. Fujian Chinese Fir Research Center, Fuzhou 350002, China; 3. Shangrao Normal University, Shangrao 334000, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2010, 19(2): 34-39

Abstract: Using mesh nylon bag method, decomposition characteristics and change dynamics of nutrient element (N, P, K and C) content of leaf litter of *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook., *Phoebe bournei* (Hemsl.) Yang and *Schima superba* Gardn. et Champ. were comparatively analyzed under *C. lanceolata* artificial forest during 0-360 d decomposition process. The results show that, by decomposing for 360 d, the loss rate of dry weight of leaf litter of *C. lanceolata*, *P. bournei* and *S. superba* is 40.6%, 42.0% and 51.6%, the average decomposition rate is 0.001 3, 0.001 6 and 0.002 0 d⁻¹, and the half-time ($t_{0.5}$) for leaf litter decomposition is 537, 482 and 372 d, respectively. During the whole decomposition process, P content in leaf litter of three tree species appears generally a fluctuant and slow ascending trend; K content descends sharply in the early phase and then changes gently with decomposition time prolonging. Among leaf litters of three tree species, there is an obvious difference in

收稿日期: 2009-09-14

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30872020); 福建省自然科学基金资助项目(D0710002); 国家教育部科学技术研究重点项目(208065); 福建省教育厅重点项目(JA07052)

作者简介: 林开敏(1965—), 男, 福建仙游人, 博士, 研究员, 主要从事森林培育研究。

N content change, in which N content in *C. lanceolata* leaf litter appears a slow ascending trend, and that in other two tree species generally appears increasing firstly and then decreasing with decomposition time prolonging. C content in leaf litters of three tree species basically shows an increasing trend in the early phase, a decreasing trend in the middle phase and a slight increasing trend in the later phase, and C/N ratio increases slightly in the early phase and decreases gradually in the later phase. The release rates and dynamic changes of nutrient elements (N, P, K and C) in leaf litters exist some differences among three tree species during decomposition process. In leaf litters of three tree species, the K release rate is higher with a similar change trend and a net release. The release rate of N, P and C in *C. lanceolata* leaf litter is generally lower than that of other two tree species. The leaf litter of *S. superba* exhibits a monotonously net release of N, P and C, but N, P and C in *C. lanceolata* leaf litter and P, C in *P. bournei* leaf litter are in slightly net enrichment in the early stage of decomposition, and then, N and C are generally in net release and P is in a wavy net release. It means that the decomposition of leaf litters of broad-leaved tree species (*P. bournei* and *S. superba*) is easier than that of coniferous tree species (*C. lanceolata*), and also the nutrient elements release more easily in the formers than in the latter under *C. lanceolata* artificial forest.

Key words: *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.; *Phoebe bournei* (Hemsl.) Yang; *Schima superba* Gardn. et Champ.; leaf litter; decomposition; nutrient release

森林凋落物分解是森林生态系统物质循环和能量流动的重要环节,是沟通生物地球化学循环的桥梁和纽带,在改善林地生态环境、维护土壤肥力和提高森林生产力等方面都具有十分重要的意义,因此,凋落物分解研究一直受到众多学者的重视和关注^[1-8]。

杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 是中国特有的速生用材树种,在中国南方林业生产中具有举足轻重的作用。长期以来,由于不合理的传统育林制度(如炼山、强度整地、强度幼林抚育和短轮伐期等)和杉木树种本身的特性(养分吸收多、归还少以及凋落物不易分解等),造成多代连栽杉木人工林林地出现较为严重的土壤肥力衰退和生产力下降的现象,直接制约着杉木人工林可持续经营^[6]。因此,有许多学者提出,通过营造杉木混交林(尤其是杉木与阔叶树混交林)的方法改变杉木人工林凋落物的组成、质量和数量,促进杉木凋落物分解,加快养分归还速率,提高森林的自肥能力,以达到防止杉木人工林地力衰退的目的。在众多的研究中,作为生物防火树种的木荷 (*Schima superba* Gardn. et Champ.) 和珍贵树种的楠木 [*Phoebe bournei* (Hemsl.) Yang] 经常被用作杉木的混交树种,但有关杉木、木荷和楠木叶凋落物分解特征差异的研究报道则不多见。

作者着重从叶凋落物分解和养分释放的角度对杉木人工林下杉木、楠木和木荷叶凋落物分解特征差异进行比较研究,为揭示杉木人工林地力衰退机制和选择适宜的杉木混交树种提供一定的理论依据和实践指导。

1 实验地概况和研究方法

1.1 实验地概况

供试林分为位于福建农林大学南平校区后山西芹教学林场的25年生杉木人工林。该教学林场的自然概况见文献^[6]。

1.2 方法

从福建农林大学南平校区后山收集新凋落的杉木、楠木和木荷叶凋落物,置于65℃烘箱内烘干至恒质量。各取15g叶凋落物分别装入大小为20cm×20cm的尼龙网袋(孔径为1mm)内,每个树种分别装40袋。将所有样品袋放入供试的杉木林内,从样品袋放置之日起每隔30d取样1次,每次每个树种随机取样3袋,共取样12次。

仔细取出样品袋内的叶凋落物,分别去除杂物后烘干至恒质量,称取干质量后分别将同一树种叶凋落物混合后粉碎、过筛,备用。

叶凋落物待测液的制备采用硫酸-高氯酸消煮法^[9];采用扩散法测定N含量;采用钼锑抗比色法测定P含量;采用火焰光度计法测定K含量;采用H₂SO₄-K₂CrO₄外加热法测定C含量。

1.3 分析指标及计算方法

对3个树种叶凋落物的干质量损失率(L_r)、养分释放率(E_t)、叶凋落物平均腐解率(k)、叶凋落物分解半衰期($t_{0.5}$,分解50%所需时间)和分解95%所需时间($t_{0.95}$)等指标进行计算和分析。

叶凋落物干质量损失率(L_r)的计算公式为: $L_r = [(X_0 - X_t) / X_0] \times 100\%$ 。式中, X_0 为叶凋落物的初始干质量; X_t 为分解 t 天时叶凋落物的干质量。

叶凋落物中某一养分元素释放率(E_t)的计算公式为: $E_t = [(N_0 - N_t) / N_0] \times 100\%$ 。式中, N_0 为叶凋落物中某一养分元素的初始量; N_t 为分解 t 天时叶凋落物中某一养分元素的残留量。

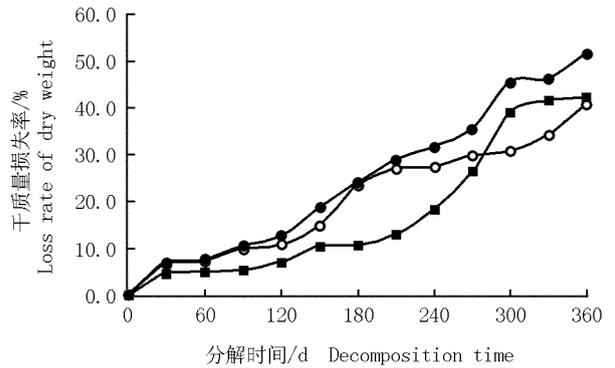
叶凋落物平均腐解率(k)采用 Olson 指数衰减模型^[9]进行计算,计算公式为: $y = X_t / X_0 = ae^{-kt}$ 。式中, y 为叶凋落物分解的残留率; X_0 为叶凋落物的初始干质量; X_t 为分解 t 天时叶凋落物的干质量; k 为叶凋落物平均腐解率; a 为修正系数。

2 结果和分析

2.1 杉木、楠木和木荷叶凋落物分解过程中干质量损失率的比较

在 360 d 的分解过程中,杉木、楠木和木荷叶凋落物干质量损失率的动态变化见图 1。

由图 1 可以看出,在杉木人工林下,杉木、楠木和木荷叶凋落物的分解速率存在明显差异,表现为叶凋落物的干质量损失率有明显差异。经过 360 d 的分解,木荷、楠木和杉木叶凋落物的干质量损失率分别为 51.6%、42.0% 和 40.6%,其中木荷叶凋落物的干质量损失率分别比楠木叶凋落物和杉木叶凋落物的高 9.6 和 11.0 个百分点,表明木荷叶凋落物的分解速率明显快于杉木叶凋落物和楠木叶凋落物。在 360 d 的分解过程中,木荷叶凋落物的干质量损失率始终高于杉木叶凋落物和楠木叶凋落物;楠木叶凋落物的干质量损失率在 0~270 d 的分解时段内低于杉木叶凋落物,在 270~360 d 的分解时段内则高于杉木叶凋落物。



—○— 杉木叶凋落物 Leaf litter of *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.; —■— 楠木叶凋落物 Leaf litter of *Phoebe bournei* (Hemsl.) Yang; —●— 木荷叶凋落物 Leaf litter of *Schima superba* Gardn. et Champ.

图 1 在杉木人工林下杉木、楠木和木荷叶凋落物分解过程中干质量损失率的动态变化

Fig. 1 The dynamic change of loss rate of dry weight of leaf litter of *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook., *Phoebe bournei* (Hemsl.) Yang and *Schima superba* Gardn. et Champ. during decomposition process under *C. lanceolata* artificial forest

2.2 杉木、楠木和木荷叶凋落物分解过程的 Olson 指数模型拟合和平均腐解率估算

在杉木人工林下,杉木、楠木和木荷叶凋落物分解过程的 Olson 指数模型和平均腐解率见表 1。由表 1 可以看出,3 个树种的 Olson 指数模型的相关系数均达到极显著水平,说明拟合效果良好。平均腐解率也即分解常数,是表征凋落物分解速率的重要指标。由表 1 数据可见,在杉木人工林下,杉木、楠木和木荷叶凋落物的平均腐解率分别为 0.001 3、0.001 6 和 0.002 0 d^{-1} ;杉木叶凋落物的平均腐解率最小,分别为楠木叶凋落物和木荷叶凋落物的 81% 和 65%。杉木、楠木和木荷叶凋落物的分解半衰期分别为 537、482 和 372 d,其中杉木叶凋落物的分解半衰期分别比楠木和木荷叶凋落物延长 55 和 165 d。杉木、楠木和木荷叶凋落物分解 95% 所需的时间分别为 2 307、

表 1 在杉木人工林下杉木、楠木和木荷叶凋落物分解过程中的 Olson 指数模型和平均腐解率¹⁾

Table 1 Olson exponential model and average decomposition rate of leaf litter of *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook., *Phoebe bournei* (Hemsl.) Yang and *Schima superba* Gardn. et Champ. during decomposition process under *C. lanceolata* artificial forest¹⁾

叶凋落物 Leaf litter	Olson 指数模型 Olson exponential model	R	k/d^{-1}	$t_{0.5}/d$	$t_{0.95}/d$
杉木叶凋落物 Leaf litter of <i>Cunninghamia lanceolata</i>	$y = 1.005 0e^{-0.001 3t}$	-0.965 **	0.001 3	537	2 307
楠木叶凋落物 Leaf litter of <i>Phoebe bournei</i>	$y = 1.077 6e^{-0.001 6t}$	-0.848 **	0.001 6	482	1 920
木荷叶凋落物 Leaf litter of <i>Schima superba</i>	$y = 1.051 1e^{-0.002 0t}$	-0.965 **	0.002 0	372	1 522

¹⁾ R: 相关系数 Correlation coefficient; k : 平均腐解率 Average decomposition rate; $t_{0.5}$: 叶凋落物分解半衰期 Half-time for decomposition of leaf litter; $t_{0.95}$: 叶凋落物分解 95% 所需的时间 The time required for decomposition of 95% leaf litter. **: $P < 0.01$.

1 920 和 1 522 d, 其中杉木叶凋落物分解 95% 所需时间分别比楠木和木荷叶凋落物延长 387 和 785 d。研究结果说明, 2 种阔叶树叶凋落物的平均腐解率均高于杉木叶凋落物, 且分解半衰期和分解 95% 所需时间也比杉木叶凋落物短, 进一步说明杉木叶凋落物的分解速率比阔叶树的叶凋落物缓慢。

2.3 杉木、楠木和木荷叶凋落物分解过程中养分含量的动态变化

2.3.1 N、P 和 K 含量的动态变化

在 0~360 d 的分解过程中, 杉木、楠木和木荷叶凋落物中 N、P 和 K 含量的变化趋势有较大差异(表 2)。

在 360 d 的分解过程中, 杉木叶凋落物中的 N 含量呈缓慢上升的趋势; 在楠木叶凋落物中, N 含量在 120~300 d 的分解时段略微下降, 但分解结束时明显高于分解初期; 在木荷叶凋落物中 N 含量变化幅度较大, 但始终高于杉木和楠木叶凋落物。

表 2 在杉木人工林下杉木、楠木和木荷叶凋落物分解过程中养分含量的动态变化

Table 2 The dynamic change of nutrient content in leaf litter of *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook., *Phoebe bournei* (Hemsl.) Yang and *Schima superba* Gardn. et Champ. during decomposition process under *C. lanceolata* artificial forest

分解时间/d Decomposition time	含量/g · kg ⁻¹ Content				C/N
	N	P	K	C	
杉木叶凋落物 Leaf litter of <i>Cunninghamia lanceolata</i>					
0	6.19	0.48	3.59	477.21	77.13
60	6.81	0.53	2.89	553.32	81.29
120	6.71	0.53	0.74	513.94	76.54
180	6.78	0.54	0.59	448.22	66.07
240	6.85	0.61	0.54	447.36	65.27
300	7.69	0.45	0.63	473.42	61.58
360	8.43	0.67	0.98	465.20	55.20
楠木叶凋落物 Leaf litter of <i>Phoebe bournei</i>					
0	7.61	0.45	2.93	471.42	61.97
60	7.65	0.48	1.77	539.19	70.45
120	7.40	0.39	1.60	518.58	70.05
180	7.59	0.43	1.20	361.64	47.64
240	7.09	0.53	1.17	379.23	53.52
300	7.40	0.54	1.23	380.84	51.44
360	8.27	0.55	0.95	377.37	45.61
木荷叶凋落物 Leaf litter of <i>Schima superba</i>					
0	10.89	0.28	2.89	524.86	48.18
60	10.26	0.28	1.75	553.23	53.95
120	9.41	0.30	1.63	413.97	44.02
180	10.65	0.32	0.80	415.50	39.01
240	10.98	0.35	0.80	382.61	34.88
300	12.91	0.44	0.86	442.49	34.27
360	11.70	0.44	0.95	422.27	36.09

在整个分解过程中, 杉木和楠木叶凋落物中 P 含量的变化趋势基本一致, 但杉木叶凋落物中 P 含量基本上高于楠木叶凋落物; 木荷叶凋落物中 P 含量始终低于杉木和楠木叶凋落物, 但木荷叶凋落物中 P 含量随分解时间延长总体上呈缓慢上升的趋势。

在整个分解过程中, 杉木、楠木和木荷叶凋落物中的 K 含量在分解前期(0~180 d)均急剧下降, 其中杉木叶凋落物中 K 含量的降低幅度最大; 而在分解的中后期(180 d 以后)3 个树种叶凋落物中的 K 含量降低幅度减小, 其中杉木和木荷叶凋落物中的 K 含量在分解结束时还略有提高。

2.3.2 C 含量及 C/N 比的动态变化

由表 2 还可见, 在 0~360 d 的分解过程中, 杉木、楠木和木荷叶凋落物中的 C 含量和 C/N 比虽然有一定差异, 但变化趋势基本一致, 而与 N、P、K 含量的变化趋势则有较大差异。3 个树种叶凋落物中的 C 含量随分解时间的延长基本上呈前期上升、中期下降、后期又略有上升的趋势; 而 C/N 比则随分解时间的延长呈前期略有上升、后期逐渐下降的趋势。在整个分解过程中, 杉木叶凋落物的 C/N 比最大, 木荷叶凋落物的 C/N 比最小。推测在分解初期 C 含量出现一定幅度的上升可能与叶凋落物中 C 的释放率小于损失率有关, 也可能是由于富集降雨输入所致。

2.4 杉木、楠木和木荷叶凋落物分解过程中养分释放率的动态变化

在杉木人工林下, 杉木、楠木和木荷叶凋落物在分解过程中养分释放率的动态变化见表 3。由表 3 可见, 在 0~360 d 的分解过程中, 3 个树种叶凋落物中 N、P、K 和 C 释放率的变化趋势存在一定的差异, 其中, K 的释放率变化模式较接近, 都处于净释放状态; N、P 和 C 的释放率变化模式则有所不同。在分解过程前期, 杉木叶凋落物中 N、P 和 C 以及楠木叶凋落物中 P 和 C 均略呈净富集状态; 随分解时间延长, 这 2 个树种叶凋落物中 N 和 C 基本上呈单调净释放状态, P 则出现波动式净释放状态。不同的是, 木荷叶凋落物中 N、P 和 C 基本均处于单调净释放状态。

在整个分解过程中, 木荷叶凋落物的 N 和 C 释放率最大, 杉木叶凋落物的 N 和 C 释放率最小。在分解过程前期, 楠木和木荷叶凋落物中 K 的释放率高于杉木; 分解 120 d 后, 杉木叶凋落物 K 释放率最高, 楠木叶凋落物 K 释放率最低。楠木叶凋落物 P 释放率总体上最大, 杉木叶凋落物 P 释放率总体上最小。

表 3 在杉木人工林下杉木、楠木和木荷叶凋落物分解过程中养分释放率的动态变化

Table 3 The dynamic change of nutrient release rate of leaf litter of *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook., *Phoebe bournei* (Hemsl.) Yang and *Schima superba* Gardn. et Champ. during decomposition process under *C. lanceolata* artificial forest

分解时间/d Decomposition time	释放率/%		Release rate	
	N	P	K	C
杉木叶凋落物 Leaf litter of <i>Cunninghamia lanceolata</i>				
0	0.0	0.0	0.0	0.0
60	-0.9	-2.9	26.3	-6.4
120	3.1	0.3	81.7	3.9
180	15.9	13.1	97.5	27.9
240	19.3	7.0	89.0	31.7
300	13.7	35.0	87.9	31.1
360	19.0	16.8	83.8	42.1
楠木叶凋落物 Leaf litter of <i>Phoebe bournei</i>				
0	0.0	0.0	0.0	0.0
60	4.6	-2.0	42.7	-8.5
120	9.7	18.6	49.3	-2.1
180	10.8	13.6	63.5	31.4
240	23.9	3.5	67.3	34.2
300	40.4	27.0	74.3	50.5
360	36.9	29.0	81.2	53.6
木荷叶凋落物 Leaf litter of <i>Schima superba</i>				
0	0.0	0.0	0.0	0.0
60	13.1	6.7	44.0	2.7
120	24.6	7.3	50.7	31.1
180	25.6	13.7	78.9	39.7
240	31.1	15.1	81.2	50.2
300	35.3	15.0	83.8	53.9
360	48.0	23.9	84.1	61.0

纵观整个分解过程,3 个树种叶凋落物中不同养分元素的释放率也有一定的差异。K 的释放率均较高,并且在分解前期释放较快,后期释放缓慢;分解至 360 d 时,杉木、楠木和木荷叶凋落物的 K 释放率分别为 83.8%、81.2% 和 84.1%。C 的释放率低于 K 的释放率,分解至 360 d 时,杉木、楠木和木荷叶凋落物中 C 的释放率分别为 42.1%、53.6% 和 61.0%。N 和 P 的释放率均较小,分解至 360 d 时,杉木、楠木和木荷叶凋落物中 N 的释放率分别仅为 19.0%、36.9% 和 48.0%, P 的释放率分别仅为 16.8%、29.0% 和 23.9%。

3 讨论和结论

研究表明,在杉木人工林下,杉木、楠木和木荷叶凋落物的分解速率存在明显差异,分解至 360 d

时,木荷和楠木叶凋落物的干质量损失率均大于杉木叶凋落物,说明阔叶树种(木荷和楠木)叶凋落物的分解速率较快,而针叶树种(杉木)叶凋落物的分解速率则较慢,这一现象可能与不同树种叶凋落物初始化学成分有一定差异有关^[10]。进一步的研究结果表明,不同树种叶凋落物干质量损失率与各自的初始 N 含量(杉木、楠木和木荷叶凋落物的初始 N 含量分别为 6.19、7.61 和 10.89 g · kg⁻¹)呈正相关,而与各自的 C/N 比(杉木、楠木和木荷叶凋落物的 C/N 比分别为 77.13、61.97 和 48.18)呈负相关;分解速率较快的木荷叶凋落物的初始 N 含量较高,但其 C/N 比则远低于楠木和杉木叶凋落物,这可能是木荷叶凋落物分解速率较快的重要原因之一。另外,3 个树种叶片的比表面积不同,其中木荷叶片的比表面积(SLA)^[11]最大、杉木叶片的比表面积最小,导致 3 个树种叶凋落物与地表的接触面积有差异。此外,木荷为纸质叶,能与地面接触良好;而楠木为厚革质叶,杉木的针叶角质层较厚,导致杉木和楠木叶凋落物与地面接触较差。因而,叶片比表面积、质地和形状的差异也可能是 3 个树种叶凋落物分解速率存在差异的原因之一。

杉木是中国南方重要的速生用材树种之一,关于其叶凋落物分解方面的研究一直备受关注。已有的研究表明,由于气候、植被和土壤等生态因子不同,不同地区杉木叶凋落物的分解速率存在明显的差异。本研究中,杉木叶凋落物在 360 d(约 1 年)的分解过程中其干质量损失率为 40.6%,低于福建三明(53.7% 和 60.8%)^[12]、湖南会同(54.0%)^[13]、广西田林老山(44.5%)^[14]和广西宜山(43.5%)^[15]等地区的杉木,高于广西桂林(20.7%、33.0%)^[16-17]和广西南宁(20.0%)^[18]等地区的杉木,而与福建尤溪(39.7%)^[19]的杉木接近。说明杉木叶凋落物的分解速率除了与其自身的特性有关外,还与环境因子有极大的关系。

在分解过程中,杉木、楠木和木荷叶凋落物中不同养分元素含量的动态变化存在一定差异。随分解时间的延长,3 个树种叶凋落物中的 P 含量总体上均呈波动且缓慢的上升趋势。在分解前期,3 个树种叶凋落物中的 K 含量均急剧下降,在分解中后期呈平缓的变化趋势。3 个树种叶凋落物中 N 含量的变化趋势差异较大,杉木叶凋落物中 N 含量随分解时间的延长呈缓慢的上升趋势,而木荷和楠木叶凋落物中 N 含量则在分解前期略有下降,而后随分解时间延长基本

呈上升趋势。在3个树种叶凋落物的分解过程中C含量基本上呈前期上升、中期下降、后期又略有上升的趋势;C/N比呈前期略有上升而后期逐渐下降的趋势。由于杉木叶凋落物中初始C/N比(77.13)远大于N固持与释放的C/N比临界值(为25)^[20],不能满足凋落物中微生物分解代谢的需求,因而微生物必须从土壤中额外吸收一定量的N,从而导致杉木叶凋落物中N含量始终处于上升趋势。此外,3个树种叶凋落物中N含量的变化模式也可能与各自的干质量损失率和养分释放率的不平衡有关。当干质量损失率高于养分释放率时,养分含量升高,反之下降^[21]。

在分解过程中,杉木、楠木和木荷叶凋落物中N、P、K和C的释放率及其动态变化也存在一定的差异。K释放率的变化模式较接近,都处于净释放状态,且具有在分解前期释放较快、后期释放缓慢的特点。N、P和C的释放率及其变化模式则有所不同,木荷和楠木叶凋落物中N、P和C的释放率均高于杉木叶凋落物;在分解过程中,木荷叶凋落物中N、P和C基本均处于单调净释放状态;而在分解前期,杉木叶凋落物中的N、P和C以及楠木叶凋落物中的P和C均略呈净富集状态,之后随分解时间的延长,N和C基本上呈净释放状态,P则呈波动式净释放状态。不同树种叶凋落物间产生这种差异的原因可能与叶凋落物的化学组成和不同元素的移动性差异等有关^[21-22],具体原因有待于今后进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 王凤友. 森林凋落量研究综述[J]. 生态学进展, 1989, 6(2): 82-89.
- [2] 赵其国, 王明珠, 何圆球. 我国热带亚热带森林凋落物及其对土壤的影响[J]. 土壤学报, 1991, 23(1): 8-15.
- [3] 梁宏温. 田林老山中山杉木人工林凋落物及其分解作用的研究[J]. 林业科学, 1993, 29(4): 355-359.
- [4] 田大伦, 赵坤. 杉木人工林生态系统凋落物的研究: I. 凋落物的数量、组成及动态变化[J]. 中南林学院学报, 1989, 9(增刊): 38-44.
- [5] 俞益武, 吴家森. 木荷林凋落物的归还动态及分解特性[J]. 水土保持学报, 2004, 18(2): 63-65.
- [6] 林开敏, 章志琴, 曹光球, 等. 杉木与楠木叶凋落物混合分解及其养分动态[J]. 生态学报, 2006, 26(8): 2732-2738.
- [7] 樊后保, 刘文飞, 杨跃霖, 等. 杉木人工林凋落物分解对氮沉降增加的响应[J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(2): 8-13.
- [8] 刘颖, 武耀祥, 韩士杰, 等. 长白山四种森林类型凋落物分解动态[J]. 生态学杂志, 2009, 28(3): 400-404.
- [9] 潘辉, 黄石德, 洪伟, 等. 三种相思人工林和木荷林凋落叶分解的动态分析[J]. 植物资源与环境学报, 2008, 17(3): 39-43.
- [10] 彭少麟, 刘强. 森林凋落物动态及其对全球变暖的响应[J]. 生态学报, 2002, 22(9): 1534-1544.
- [11] 王希华, 黄建军, 闫恩容. 天童国家森林公园常见植物凋落叶分解的研究[J]. 植物生态学报, 2004, 28(4): 457-467.
- [12] 苏勇. 福建柏造林试验研究[J]. 广西林业科技, 1991, 20(4): 187-192.
- [13] 陈楚莹, 王开平, 张家武, 等. 杉木火力楠混交林生态系统中营养元素的积累、分配和循环的研究[J]. 生态学杂志, 1988, 7(4): 7-13.
- [14] 吴承祯, 洪伟, 姜志林, 等. 我国森林凋落物研究进展[J]. 江西农业大学学报, 2000, 22(3): 405-410.
- [15] 薛立, 邝立钢. 杉木凋落物分解速率的研究[J]. 四川林业科技, 1990, 11(1): 1-4.
- [16] 田大伦, 朱小年. 杉木人工林生态系统凋落物的研究: II. 凋落物的养分含量及分解速率[J]. 中南林学院学报, 1989, 9(增刊): 45-55.
- [17] 吴幼媚, 彭桂华. 杉格人工林生物物质循环特点及混交效益的研究[M]//王宏志. 中国南方混交林研究. 北京: 中国林业出版社, 1993: 170-175.
- [18] 吴志东, 彭福泉, 车玉萍, 等. 我国南亚热带几种人工林的生物物质循环特点及其对土壤的影响[J]. 土壤学报, 1990, 27(3): 250-261.
- [19] 马祥庆, 刘爱琴, 何智英, 等. 杉木幼林生态系统凋落物及其分解作用研究[J]. 植物生态学报, 1997, 21(6): 564-570.
- [20] 李卓隼. 土壤微生物学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 162-164.
- [21] 王瑾, 黄建辉. 暖温带地区主要树种叶片凋落物分解过程中主要元素释放的比较[J]. 植物生态学报, 2001, 25(3): 375-380.
- [22] 程东升. 森林微生物生态学[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1993: 65-185.