

不同生长发育阶段木麻黄人工林的凋落物动态^{*}

1. 福建省林业科学研究院 2. 福建省森林培育与林产品加工利用重点实验室
3. 南方森林资源与环境工程研究中心 4. 福建农林大学林学院 5. 厦门大学海洋与环境学院
6. 中国科学院地理科学与资源研究所 7. 福建省惠安国有防护林场
郭瑞红^{1,4} 叶功富^{1,2,3} 卢昌义⁵ 肖胜生⁶ 吴惠忠⁷

[摘要] 以不同发育阶段木麻黄人工林为研究对象,测定了凋落物各组分含量的月动态和季节动态。结果表明:幼龄林、中龄林、成熟林向林地输入的凋落物量分别为 $4.84\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $9.25\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $13.33\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。不同发育阶段各组分所占比例及凋落量变化较大,成熟林分别是中龄林和幼龄林的 1.44 倍和 2.75 倍。凋落物的碳素含量季节变化为:冬季>秋季>夏季>春季。

[关键词] 木麻黄 凋落物 碳储量

森林凋落物是森林生态系统内生物组分产生并归还林地表面的有机物质的总称^[1],是森林在生长发育过程中的新陈代谢产物,也是森林植被与环境之间进行物质和能量交换的主要途径。森林从土壤中吸收的营养,每年又通过凋落物分解作用归还给土壤,逐渐向土壤中释放营养元素,这对于维护土壤肥力,保持森林生态系统物质的养份循环和能量流动起着重要作用^[2-5]。滨海沙地多属退化立地,生境条件较为恶劣,生态恢复难度较大,对于构建一个可持续的复合生态系统^[8],凋落物发挥着更为重要的功能。开展沿海防护林凋落物动态研究对于维持林地生产力,实现林地的可持续经营具有重大意义。

另外,森林生态系统作为陆地生物圈的主体,不仅本身维持着大量的碳库(约占全球植被碳库的 86% 以上),同时也维持着巨大的土壤碳库(约占全球土壤碳库的 73%,因而,森林生态系统土壤碳平衡是全球碳循环中极为重要的组分,在全球碳平衡中起着不可替代的作用。Raich 和 Nadelhoffer 研究表明,凋落物年碳归还量与土壤呼吸呈显著的线性相关^[6,7]。因此,研究沿海防护林凋落物的动态变化对于深入探讨沿海防护林在“碳”调节中的作用具有非常重要的意义。

本文研究了不同林龄木麻黄人工林凋落物的动态变化规律,以期对沿海防护林的可持续经营提供依据,并为开展沿海防护林在全球碳平衡中的作用研究提供参考。

1 试验地概况

试验地设在福建省沿海中部惠安县崇武镇赤湖防护林场($118^{\circ}55' E$, $24^{\circ}55' N$),属南亚热带海洋性季风气候,年平均

气温 $19.8^{\circ}C$; 年均降水量 $1\ 029\text{mm}$, 年均蒸发量 $2\ 000\text{mm}$; 夏季(7-9 月)多台风和暴雨天气,秋季东北风强盛,8 级以上的大风天达 105 d,年平均风速 $7.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,干湿季明显。土壤为均一性风积沙土,沙土层厚度 $80-100\text{cm}$ 。

2 材料与方法

在惠安不同发育阶段的每个样地内分别设置 5 个 $1\text{m}\times 1\text{m}$ 凋落物收集筐。每月中旬收集一次凋落物,装入塑料带,带回室内,分类烘干至恒重后称重,最后换算成单位面积凋落物量,并点绘各组分年积累动态曲线。

对进行生物量调查的同时采集的乔木层不同器官和凋落物层的样品,经烘干、粉碎、过筛后,用全自动碳氮分析仪测定含碳率;乔木层平均含碳率是各器官含碳率的加权平均值。

3 结果与分析

3.1 木麻黄人工林凋落物年产量及组成

木麻黄幼龄林、中龄林、成熟林的年凋落物量分别为 $4.84\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $9.25\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $13.33\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ (见表 1),成熟林的年凋落量最大,这主要是由于成熟林生长已处于衰退时期,其年凋落量处于较大时期;而中龄林和幼龄林仍处于生长期,因此凋落物相对较成熟林小。

不同发育阶段的凋落物各组分及总量均有较大差异。但均为落叶所占比重最大,落枝次之,而落果所占比重最小。与谭芳林^[8]研究的 20 年和 7 年林分相比,这一序列相同。但不同发育阶段不同各组分具体所占的比例是不同的:落叶所占的比例为:幼龄林(91.94%)>中龄林(83.24%)>成熟

^{*} 基金项目:国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD03A14-01),福建省重大科技专项(2006NZ0001-2)。

林 (79.97%)，而落枝所占比例为：成熟林 (16.65%) > 中龄林 (10.49%) > 幼龄林 (2.89%)。落果为：中龄林 (6.27%) > 中龄林 (5.17%) > 成熟林 (3.38%)。可见幼龄林落叶量所占比例最大，而中龄林落果量所占比例最大，成熟林则为落枝条量最大。

表 1 木麻黄不同发育阶段凋落物年产量及组成 (t·hm⁻²)

林分	叶	枝	果	小计
幼龄林 YP	4.45	0.14	0.25	4.84
	(91.94)	(2.89)	(5.17)	(100.00)
中龄林 MAP	7.7	0.97	0.58	9.25
	(83.24)	(10.49)	(6.27)	(100.00)
成熟林 MP	10.66	2.22	0.45	13.33
	(79.97)	(16.65)	(3.38)	(100.00)

注：括号中数字为该组分占当年凋落量的百分比。

30a 生木麻黄的凋落量 13.33t·hm⁻²，低于谭芳林^[8]1997~1999 年的定位观测的 20 年生的林分 13.973t·hm⁻²，稍高于 7 年生的 12.385t·hm⁻²。16 年生和 5 年生的凋落量远远低于其研究结果。本研究得出木麻黄不同发育阶段平均值为 9.14t·hm⁻²。与亚热带林龄相近的其它树种相比，其年凋落量高于亚热带杉木人工林(1.76~5.30t·hm⁻²)^[9] 和福建武夷山天然杉木混交林(5.034t·hm⁻²)^[10]，高于广西亚热带常绿阔叶林(7.99t·hm⁻²)^[11]也高于福建武夷山 51~54 龄甜槠林(2.5870~5.5625t·hm⁻²)^[12]，与福建九龙江秋茄红树林(9208 kg·hm⁻²)接近^[13]。木麻黄人工林年凋落量介于热带雨林(11t·hm⁻²)和暖温带落叶阔叶林(5.5t·hm⁻²)之间^[11]。木麻黄较高的年凋落物量，可能与沿海地区的大风天气较多有关。在惠安沿海，8 级以上的大风天可达 100d，台风平均每年 5.1 次，大风的作用增加了凋落物量。另外，木麻黄分枝较多，枝叶生物量占全树生物量的比重较大，这也是木麻黄防护林年凋落量较大的一个原因。

3.2 木麻黄人工林凋落量的月动态

森林凋落量具有明显的季节变化规律，其凋落物组分数量在每个月份的分布是不均匀的，季节变化模式可以是单峰，也可以是双峰的或不规则的，但多数是双峰，少数是单峰的，差异较大，与组成群落的树种种类结构有关。主要依赖于林分组成树种的生物学和生态学特性。为了便于讨论凋落量在 1a 中的变化，本研究将当月凋落量高于年平均值 30% 的称为峰值。

3.2.1 木麻黄人工林落叶量的月动态

森林凋落物是森林物质和能量流动的载体，落叶一般在凋落物中占大多数，是森林凋落物的主要成分。木麻黄人工林的幼龄林、中龄林、成熟林的年落叶量分别为 4.45t·hm⁻²、7.7t·hm⁻²、10.66t·hm⁻²，占年凋落量的 79.97%~91.94%，所

占的比例大于温远光等对常绿阔叶林的研究^[15-18]。幼龄林落叶量的变化为双峰型(见图1)，主峰出现在7月，次峰出现在9、10月，其余各月的变化比较平缓，成熟林和中龄林落叶量在7~9月出现峰值，其余各月变化比较平缓。木麻黄成熟林和中龄林落叶量最大值均出现在7~9月。主要是由于7~9月是福建惠安沿海台风的发生季节，造成叶的大量凋落。

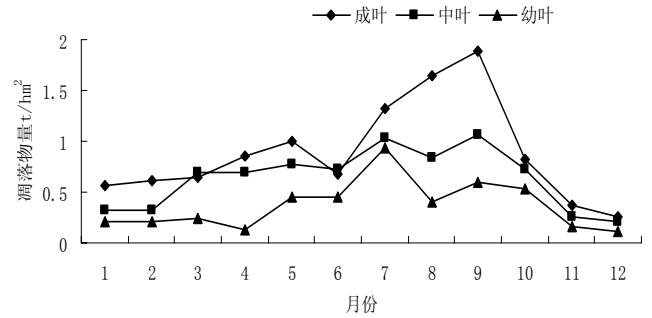


图1 木麻黄人工林落叶量的月动态

3.2.2 木麻黄人工林落枝量的月动态

木麻黄不同发育阶段的落枝总量分别为 0.14t·hm⁻²、0.97t·hm⁻²、2.22t·hm⁻²，幼龄林与中龄林和成熟林差异显著。幼龄林、中龄林、成熟林平均落枝量占总凋落量的的比例分别为 2.89%、10.49%、16.65%，均小于武夷山甜槠林(20.59%)^[12]、广西亚热带常绿阔叶林(25.2%)^[11]、南亚热带常绿阔叶林(18.7%)^[11]，成熟林落枝占的比例(16.65%)大于九龙江秋茄红树林(15.44%)^[13]、与滇中常绿阔叶林(16.47%)接近。木麻黄人工林中龄林落枝量的月变化与落叶模式相似，在7~9月出现峰值。而成枝的峰值出现在5月和8~9月，幼龄林在7~9月出现主峰，又在11月出现一个次峰，其动态与落叶的有所不同。从不同发育阶段落枝量的平均值看，与落叶相似最大值均出现在7~9月，这样是木麻黄的叶已退化为针叶，其叶连着小枝一起凋落造成的。成熟林在5月落枝出现一个次峰，这可能是由于4~5月是东南沿海的梅雨季节，连续的降雨造成大量的落枝。与成熟林和中龄林相比，幼龄林和中龄林的落枝量较小，变化亦较为平缓。

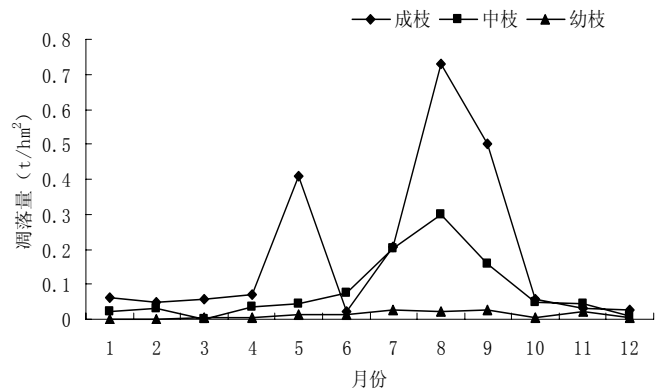


图2 木麻黄人工林落枝量的月动态

3.2.3 木麻黄人工林落果量的月动态

木麻黄人工林幼龄林、中龄林、成熟林的年落果量分别为 $0.25t \cdot hm^{-2}$ 、 $0.58t \cdot hm^{-2}$ 、 $0.45t \cdot hm^{-2}$,仅占年凋落量的3.38%~6.27%。成熟林和幼龄林均在8~10月出现峰值。而中龄林有所不同,在3~7月出现峰值。从落果的平均值来看,最大值出现在8~10月,在5、6月亦出现一个次峰,这主要是由于中龄林的落果量较大造成的。总的来看落果的峰值的出现比落叶和落枝滞后,这可能与阔叶树的生物学特性有关系。

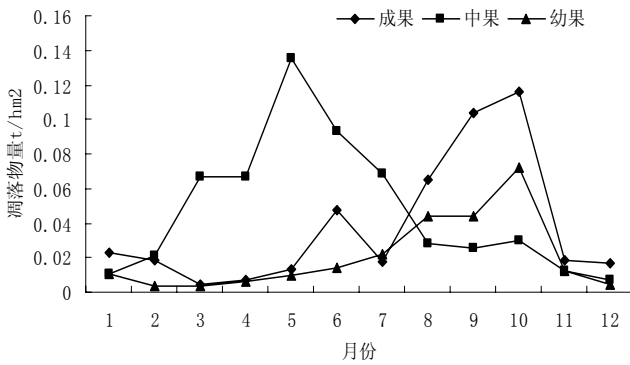


图3 木麻黄人工林落果量的月动态

3.2.4 木麻黄人工林总凋落量的月动态

不同发育阶段木麻黄总凋落量的月变化是不同的,木麻黄人工林幼龄林、中龄林、成熟林的年落量分别为 $4.84t \cdot hm^{-2}$ 、 $9.25t \cdot hm^{-2}$ 、 $13.33t \cdot hm^{-2}$ 。其中,中龄林和成熟林在7~9月出现峰值,成熟林在5月出现一个次峰,而幼龄林则在7月出现一个峰值。不同发育阶段木麻黄人工林总凋落量平均值的变化为单峰型(见图4),在7~9月出现。这主要是由于7~9月为落叶和落枝的峰值造成的。

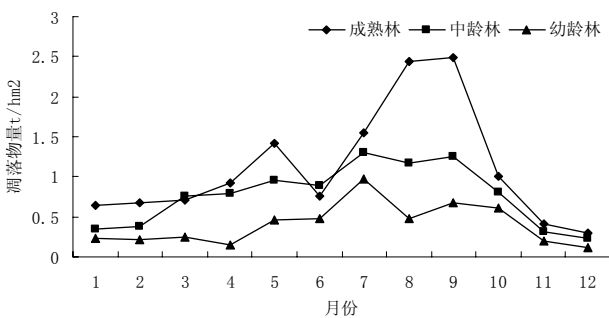


图4 木麻黄人工林总凋落量的月动态

3.2.5 木麻黄人工林凋落量的季节动态

木麻黄防护林的凋落物及其组分表现为明显的季节性变化。幼龄林、中龄林、成熟林的凋落物及其各组分的最小值出现在1月、2月或3月,而最大峰值均出现在9月,8月也是木麻黄林分凋落物及各组分产量的高峰期,仅次于9月。可以将凋落物及各组分的产生划分为3个阶段:第一阶段为12~3月,凋落物产量最小,分别仅占全年总凋落量的16.88%(幼龄林)、18.64%(中龄林)、17.53%(成熟林),该阶段新叶

和幼枝开始萌动生长,凋落量较小;第二阶段为4~6月,凋落物产量略高于第一阶段,但仍仅占全年凋落物总量的22.69%(幼龄林)、28.69%(中龄林)、23.23%(成熟林),该阶段枝叶生长迅速,为一年中木麻黄的主要生长期;第三阶段为7~11月,在这一阶段,福建省的东南沿海盛行东北季风,大风天气多,加之在该阶段的后期,木麻黄基本停止生长,旧的枝叶在风动力作用下大量脱落,凋落物大量增加,占全年总量的60.43%(幼龄林)、52.67%(中龄林)、59.24%(成熟林)。

3.2.6 木麻黄凋落物碳素含量的季节动态

不同季节的木麻黄凋落物枝、叶中碳素密度的测定结果表明(见表2),不同发育阶段木麻黄凋落物的枝、叶中碳素密度随季节的变化规律基本一致,均表现为冬季>秋季>夏季>春季。在同一季节,不同发育阶段枝、叶间的碳素密度表现为中龄林>成熟林>幼龄林生枝、与乔木层相似,幼龄林和中龄林和成熟林差异显著。从表2还可以看出,叶的平均碳素密度明显高于枝的平均密度,幼龄林、中龄林、成熟林叶的平均碳素密度分别为47.91%、50.58%、50.52%,总平均为49.67%。变异系数分别为4.18%、4.54%、3.73%,总平均为2.08%。木麻黄落枝的平均碳素密度分别为46.13%、48.29%、47.95%,总平均为47.46%。变异系数分别为4.80%、5.31%、4.02%,总平均为2.25%。

表 2 木麻黄落枝、落叶碳素密度的季节变化 (%)

器官	春季	夏季	秋季	冬季	平均值	
落叶	成熟林	49.63	49.74	50.74	51.09	50.52
	MP	(2.72)	(2.83)	(2.84)	(3.52)	(3.73)
	中龄林	49.89	50.29	50.36	51.08	50.58
	MAP	(3.04)	(3.31)	(3.81)	(6.08)	(4.54)
	幼龄林	46.88	47.85	47.89	49.02	47.91
	YP	(2.78)	(2.68)	(3.21)	(6.01)	(4.18)
平均值	46.88	49.29	49.66	50.40	49.67	
落枝	Mean	(3.62)	(2.95)	(3.08)	(5.21)	(2.08)
	成熟林	47.2	47.77	48.04	48.78	47.95
	MP	(3.61)	(1.96)	(2.01)	(3.81)	(4.02)
	中龄林	47.59	48.21	48.27	49.09	48.29
	MAP	(4.08)	(3.52)	(3.05)	(2.39)	(5.31)
	幼龄林	44.75	46.3	46.36	47.1	46.13
YP	(5.38)	(4.38)	(2.23)	(3.68)	(4.80)	
平均值	46.51	47.43	47.56	48.32	47.46	
Mean	(4.94)	(4.21)	(3.21)	(3.28)	(2.25)	

注:括号内的数据为变异系数。

3.2.7 木麻黄凋落物碳固定量的月动态

凋落物产量与森林碳吸存能力有密切关联。(下转第18页)

从表3可知, 10a生木麻黄—厚荚相思混交林和10a生木麻黄纯林乔木层C贮量空间分布来看, 乔木层C主要集中在树干, 占乔木层C贮量的比例均在50%左右; 10a生木麻黄—厚荚相思混交林乔木层树干C贮量所占比例最大为(49.39%), 其次是根系(15.88%), 然后依次为树枝(14.39%)、树叶(13.20%)和树皮(6.59%)。10a生木麻黄纯林乔木层树干所占的比例也最大(50.61%), 根系所占比例次之(15.97%), 但与混交林不同的是木麻黄纯林树叶(15.66%)大于树枝(12.48%)所占的比例, 树皮所占比例仍最小。这种差异可能主要是由不同树种间的生物学特性引起的。木麻黄—厚荚相思混交林乔木层C贮量的空间分布为: 树干>根系>树枝>树叶>树皮。木麻黄—厚荚相思混交林乔木层地上部分和地下部分的碳贮量分别占84.12%和15.88%, 10a木麻黄纯林地上部分和地下部分的碳贮量分别占84.03%和15.97%。可见混交林和纯林地上部分和地下部分的碳贮量所占比例相差不大。

4 结论

通过对东山10a生木麻黄—厚荚相思混交林和同年生木麻黄纯林各组分的含碳率的分析测定, 发现乔木层不同器官(叶、枝、干、皮和根)含碳率在不同林之间均存在差异,

(上接第13页)木麻黄凋落物的碳固定量等于凋落物的产量与各组分的碳含量的乘积, 但每月的碳素含量变化幅度较小, 所以木麻黄凋落物的碳固定量受凋落物产量的正相影响, 故其月动态变化和凋落产量变化一致。

4 结论

对不同发育阶段木麻黄人工林的凋落物的数量、组成及其组分的月动态及碳素含量的季节动态的研究表明: 木麻黄人工林的幼龄林、中龄林、成熟林向林地输入凋落物分别为4.84t·hm⁻²、9.25t·hm⁻²和13.33t·hm⁻²。不同发育阶段各组分所占比例变化较大, 其中叶占79.97%~91.94%, 枝占2.89%~16.65%, 果占3.38%~6.27%, 不同发育阶段间凋落量变化亦较大, 成熟林是中龄林和幼龄林的1.44倍和2.75倍。木麻黄不同发育阶段凋落物有明显的凋落节律, 凋落量的峰值出现在梅雨季节的5月和台风的7~9月, 以9月凋落量最大; 凋落物的碳素含量的季节变化为冬季>秋季>夏季>春季。因为凋落物碳的归还量主要受凋落量的正相影响, 故表现出和凋落量一致的动态变化规律。

与亚热带其他森林相比, 木麻黄人工林凋落量较大, 有利于改良森林土壤, 可作为针阔混交树种。

参考文献

[1] WU CZ.HONG w,JIANG ZL,d a1. Advances in research forest-efall in

各器官含碳率大小排序因林分不同而有所不同。混交林和纯林地上部分和地下部分的碳贮量所占比例相差不大。

参考文献

- [1] 刘国华,傅伯杰,方精云.中国森林碳动态及其对全球碳平衡的贡献[J].生态学报,2000,20(5):733~740.
- [2] 尉海东,马祥庆,刘爱琴,等.森林生态系统碳循环研究进展[J].中国生态农业学报.2007,15(2):188-193.
- [3] 周玉荣,于振良,赵士洞.我国主要森林生态系统碳贮量和碳平衡[J].植物生态学报,2000,24(5):518-522.
- [4] 叶功富,林银森,吴寿德,等.木麻黄林生产力动态变化的研究[J].防护林科技,1996(专刊):17~20.
- [5] 谭芳林.木麻黄防护林生态系统凋落物及养分释放研究[J].林业科学,2003(专):21~26.
- [6] 张清海,叶功富,林益明.福建东山县赤山滨海沙地厚荚相思林与湿地松林生物量和能量的研究[J].厦门大学学报(自然科学版),2005,44(1):123~127.
- [7] 叶功富,张水松,黄传英,等.木麻黄人工林地持续利用问题的探讨[J].林业科技开发,1994,8(4):18-19.

China[J]. AetaA c Umv Ji-agfiensis,2000,22(3):405-410.

- [2] 刘国华,傅伯杰,方精云.中国森林碳动态及其对全球碳平衡的贡献[J].生态学报,2000,20(5):733~740.
- [3] 周玉荣,于振良,赵士洞.我国主要森林生态系统碳贮量和碳平衡[J].植物生态学报,2000,24(5):518~522.
- [4] 方运霆,莫江明,Sandra Brown,等.鼎湖山自然保护区土壤有机碳贮量和分配特征[J].生态学报.2004,24(1):135~142.
- [5] 方精云.森林群落呼吸量的研究方法及其应用的探讨[J].植物学报,1999,41(1):88~94.
- [6] 叶功富,隆学武,潘惠忠,等.1996b木麻黄林的凋落物动态及其分解[J].防护林科技,(专刊):30-34.
- [7] 叶功富,张清海,林益明,等.2003海岸带不同立地木麻黄群落能量研究[J].林业科学,39(专刊):1-7.
- [8] 叶功富,张水松,黄传英,等.木麻黄人工林地持续利用问题的探讨[J].林业科技开发,1994,8(4):18-19.
- [9] 俞新妥.杉木人工林地力和养分循环研究进展[J].福建林学院学报,1992,12(3):264-276.
- [10] 陈金耀.天然杉木混交林及主要伴生树种凋落物动态变化[J].福建林学院学报,1998,18(3):255-259.
- [11] 温远光,韦炳二,黎洁娟.亚热带森林凋落物产量及动态的研究[J].林业科学1989,25(6):542-547.
- [12] 林益明,何建源,杨志伟.武夷山甜捕群落凋落物产量及其动态研究[J].厦门大学学报(自然科学版),1999,38(2):280~286.
- [13] 屠梦照,姚文华,翁轰,等.鼎湖山亚热带常绿阔叶林凋落物的特征[J].土壤学报,1993.30(1):34~41.