

长白山红松阔叶混交林紫椴枝条的分解实验

代力民, 徐振邦, 陈 华, 陈 高

(中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016)

摘要:研究了长白山北坡椴树(*Tilia amurensis*)枝条的分解进程。实验结果揭示,分解率是与各实验地的植被类型,海拔,生长季月平均大于 5℃的积温等密切相关。其枝条分解的保存率(Y)与分解年龄(x)的相关,可用指数模型: $Y = e^{-kx}$ 来拟合。在红松阔叶混交林,红松针叶混交林,岳桦云冷杉林及岳桦林中椴树枝条分解常数 K 分别为 -0.168 与 -0.127, -0.102 和 -0.094。枝条原重量 50% 的分解年龄在上述 4 个森林中分别是 4, 5, 6 和 7a。实验还指出,在长白山红松阔叶混交林皆伐迹地的实验条件下适当的蔽荫和浇水对分解有正面影响,而且,枝条的分解率主要是以长白山不同海拔植被类型的温度条件而转移,特别是生长季的积温。

关键词:椴树;椴树枝条分解;红松阔叶混交林

Tilia amurensis Branch Decomposition in a Korean Pine Broad-leaved Mixed Forest on Changbai Mountain

DAI Li-Min, XU Zhen-Bang, CHEN Hua, CHEN Gao (Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(6): 854~858.

Abstract: This paper analyzed the process of *Tilia amurensis* branch decomposition in Korean pine broad-leaved mixed forest on North Slope of Changbai Mountain. The results showed that the decomposition rates are closely related to the vegetation types, altitude, accumulated temperature of growing season at each experiment plot. The relationships between the factors of remaining quantity (y) and the decomposition age (x) on the experiment followed the exponent function $Y = e^{-kx}$. The decomposition ($-k$) ranged from -0.168 to -0.127, and -0.102 and -0.094, respectively in Korean pine broad-leaved mixed forest, Korean pine-spruce mixed forest, *Betula ermanii* conifer forest and *Betula ermanii* forest. The experiment also indicated that proper moisture and shading have positive effects on the branch decomposition in the clear-cutting area of Korean pine broad-leaved mixed forest on Changbai Mountain and that the decomposition rate depends on the temperature condition of different elevation vegetation types on Changbai Mountain, especially accumulated temperature in growing season.

Key words: *Tilia amurensis*; decomposition of lime branches; Korean pine broad-leaved mixed forest.

文章编号:1000-0933(2002)06-0854-05 中图分类号:S718.5 文献标识码:A

椴树是红松阔叶混交林的重要组成树种,通常可占林分组成 2~3 成^[1]。而且,椴树富含灰分营养成分,有利红松和其他针叶树生长。因此,其存在具有改善林地,促进红松生长的作用^[2,3]。显然,开展椴树枝条分解实验研究,对于了解椴树在红松阔叶混交林森林生态系统中的意义,枝条分解过程及在养分归还中的作用等,都是十分重要的。所以也越来越多地受到有关方面的重视。枝条分解的研究往往是作为森林凋落物的部分或作为森林的粗木质物的部分加以研究的^[4,7~10]。我国这方面首先是在 1983 年,是作为森林凋落物而加以实验研究的,但当时并没有区分树种。为了掌握各树种枝条分解的进程,于 1990 年开始进行椴树枝条的分解模拟实验,到 1995 年秋结束。现将实验结果总结如下,供有关方面进一步研究时参考。

基金项目:国家 973 资助项目(G1999043407-1);中国科学院知识创新工程资助项目(KZCX2-406-1-3)

收稿日期:2002-03-09 万方数据 日期:2002-03-09

作者简介:代力民(1960~),男,沈阳市人,博士,研究员。主要从事森林生态和森林经营研究。Lmdai@sina.com

1 实验区的自然地理概况

实验工作是在中国科学院长白山森林生态系统实验站各个实验地上开展的。该站处于吉林省的东南部,长白山自然保护区境内。属于长白山的北坡。由于太平洋季风的影响,年降水充沛,气候温和湿润,冬长寒冷,夏短温凉^[5]。地形复杂,物种丰富。主要针叶树种有红松(*Pinus koraiensis*),长白松(*P. sylvestriiformis*),红皮云杉(*Picea koraiensis*),鱼鳞云杉(*P. jezoensis*),杉松(*Abies holophylla*),臭冷杉(*A. nephrolepis*)和长白落叶松(*Larix olgensis*)等。阔叶树种主要有紫椴,糠椴(*T. mandshurica*),水曲柳(*Fraxinus mandshurica*),蒙古栎(*Quercus mongolica*),色木(*Acer mono*),岳桦(*Betula ermanii*)等。植被垂直带明显,依海拔上升可见的主要植被类型有阔叶林,红松阔叶混交林,暗针叶林,岳桦林和高山苔原^[6]。

2 实验方法

本实验分不同植被类型椴树枝条的分解模拟实验,不同光照条件和水分条件对椴树枝条分解的影响等3部分。

(1)不同植被类型椴树枝条的分解模拟实验 为了解植被和气温对枝条分解的影响,本实验在5种植被类型中进行,即红松阔叶混交林,红松针叶混交林,云冷杉林,岳桦林和高山苔原等,分别代表不同海拔高度:即海拔740m,1350m,1629m,1990m和2260m。这些实验地均设在实验站的永久标准地上。

(2)不同光照条件的椴树枝条分解实验 实验是在实验站院内的实验区上进行。原为红松阔叶混交林的皆伐迹地,土壤的成土母质为火山灰。光照强度分为100%(全光),80%,60%,40%,20%和0%(全蔽荫)等6级。系用3cm的木条制成上述不同程度蔽荫的框罩,盖在实验地上造成的。

(3)不同水分条件的椴树枝条分解实验 实验仍在上述实验区上进行。水分条件为5级:即不浇水与每半月浇水500,1000,1500和2000ml。其他条件均一致。每年的5月中开始到8月中结束。

(4)样本与计算方法 样本系采自椴树林木树梢的柔枝上,大小大致相同,然后去叶,装入1mm²的尼龙网袋里,经烘于至恒重。平均样本干重为19~20±3.2~4.8g。每年每一实验方式样品数量为10袋。是模仿自然凋落状态平放于实验地表面。每年9月末,地表上冻前取出烘干秤重。样品是一次性的,每一次取出后不再放入。样品安排好后,登记编号。对于枝条的分解采用失重法,并以常用的衰减指数回归,求出分解常数及相关系数^(7,10)。为了分析各植被类型影响枝条分解的主要生态因子,搜集了实验期间生长期月平均气温>5℃的积温,湿度,降雨量等气象观测资料。

实验始于1990年秋至1995年9月底结束。植被类型枝条分解实验进行4a,另两项实验均为3a。

3 实验结果

3.1 不同植被类型影响椴树枝条分解的模拟实验

3.1.1 各植被类型椴树枝条分解的情况 植被类型是植物条件的综合反映,不同的植被类型代表着不同的生态环境,这里特是海拔立地的变化所带来各种生态因子的差异,影响了有机物质分解进程的改变。所以,各植被类型对椴树枝条分解实验的影响是十分明显的。以红松阔叶混交林椴树枝条的分解最快,其保留率最低,5a平均为53.2%(SD 0.095),其次为云冷杉红松林,为58.1%(SD 0.1046),云冷杉林居第3,72.3%(SD 0.0984),第4为岳桦林,其保存率平均为75.2%(SD 0.0987),分解最慢的是在高山苔原带,平均为75.3%(SD 0.2405)。这从各植被类型椴树枝条分解常数的变化情况看的更清楚,如表1所示,随着海拔上升,植被类型的改变,椴树枝条分解常数也随着实验地No.1到No.2直至No.5,k值从-0.168逐渐上升到-0.097。k值的上升,根据衰减模型这意味分解速率的下降。

表1 不同植被类型下椴树枝条的分解常数(k)及相关系数(r)

Table 1 Decomposition constant (k) and correlation coefficient (r) of *Tilia amurensis* branch in different vegetation types

植被类型 Vegetation type	No.	k	r	样本数 Sample number
红松阔叶林 ^①	1	-0.168	-0.873313	51
云冷杉红松林 ^②	2	-0.127	-0.873423	44
岳桦云冷杉林 ^③	3	-0.102	-0.635688	51
岳桦林 ^④	4	-0.094	-0.662964	51
高山苔原 ^⑤	5	-0.097	-0.661033	54

① Korean pine broadleaved mixed forest, ② Korean pine conifer mixed forest, ③ *Betula ermanii* conifer forest, ④ *Betula ermanii* forest, ⑤ Alpine tundra

其下降的速率从不同植被类型各实验地枝条分解程度与 其所需分解年龄的关系可以一目了然(见图 1)。当枝条分解到 50%时,如以上所述,最快的出现在 No. 1 实验地的红松阔叶混交林中,只需 4a 时间,而后随海拔上升,分解所需时间逐渐延长,到 No. 2 和 No. 3 就分别增加 5a 和 6a,到了 No. 4,就增加到 7a。分解到只剩下 5%时,从 No. 1 依次到 No. 5, 分解年龄分别为 18a, 24a, 29a, 31a 和 32a。完全分解时,在红松阔叶混交林和云冷杉红松林中分别要 41a 和 54a,而到了岳桦林和高山苔原带,分解时间就要延长到 71a 和 72a。

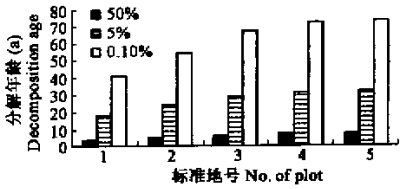


图 1 椴树枝条分解程度与分解年龄

Fig. 1 Decomposition of *Tilia amurensis* branch in different decomposition ages

3. 1. 2 影响各植被类型椴树枝条分解主要因素的分析 (1)各植被类型的生长季月平均气温与气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温状况 从图 2 可以看出,不同海拔高度的植被类型月平均气温变化是十分明显的,随着海拔升高,月平均气温明显下降。生长季平均月气温最高是实验地 No. 1 的红松阔叶混交林,其次为 No. 2 的红松针叶混交林, No. 3 云冷杉林居第 3,而 No. 4, No. 5 的岳桦林及高山苔原为第 4 和第 5。可见气温是植物生长的重要因子。这也可以从生长季月平均气温大于 5°C 积温的变化看出,如图 3 所示,积温的变也是遵循上述随海拔上升而下降的规律。即海拔低的红松阔叶混交林最高,最低为高山苔原。前者约为后者的 378%。生长期前者约为 5 个月,后者仅约 3 个月,相差 2 个月。也就是后者分解微生物的活动期要比前者短约 2 个月。

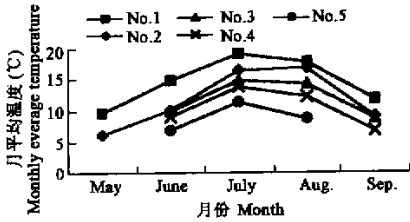


图 2 各实验地月平均气温($^{\circ}\text{C}$)

Fig. 2 Monthly average temperature ($^{\circ}\text{C}$)

(2)各植被类型月平均大气的相对湿度 从图 4 可清楚看出,不同海拔高度各植被类型实验地生长期月平均相对湿度的变化不大,除了海拔 1350m, No. 2 红松针叶混交林平均相对湿度较大外,其他几乎均在同一水平上,其平均为 $81.8\% \pm 8.4\%$ (见图 4)。

(3)不同海拔高度各植被类型生长期降雨量 如图 5 所示,生长期降雨量明显是随各实验地的升高而增加。在海拔 740m 的红松阔叶林生长期总降雨量为 490mm,高山苔原实验地却增加到 840mm。

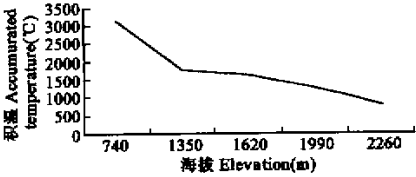


图 3 各实验地生长期的积温 $^{\circ}\text{C}$

Fig. 3 Accumulated temperature of each experiment plots $^{\circ}\text{C}$ in growing period

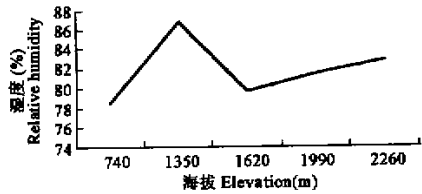


图 4 各实验地生长期月平均相对湿度($\%$)

Fig. 4 Monthly average relative humidity in growing period of experimental plots

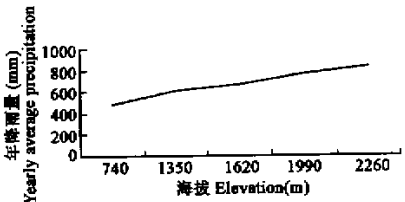


图 5 各实验地年平均降雨量(mm)

Fig. 5 Yearly average precipitation

3.1.3 生态因子与枝条分解速率的相关性分析

以上描述了不同海拔各植被类型实验地生态因子的变化情况,现在来比较一下,各植被类型椴树枝条分解常数 k 值与其生态因子统计函数的相关系数 r 值,可以更清楚看出各项生态因子在分解中作用。如表 2 所示,相对湿度与枝条分解常数 k 值变化的相关性最差, r 绝对值仅有 0.19~0.26,而且没有明显变化规律, k 绝对值随海拔上升而下降与 r 值变化关系不大。 k 值因积温和降雨而变化最显著。前者呈线性相关,后者为幂函数相关。其相关系数分别为 0.95 和 0.947,前者比后者略高。可见 k 值因积温而变化更为显著,即生长期积温愈高椴树枝条分解也愈快。而降雨量愈大,分解愈慢。因海拔高处,气温较低,降雨量的增加,会促使地温下降,不利地表分解微生物活动。

3.2 光照和水分条件对椴树枝条分解影响的模拟实验

3.2.1 光照对椴树枝条分解影响的模拟实验

光照对椴树枝条分解影响,在定位站院内实验地的模拟实验中可以清楚看出(见表 3),不同蔽荫的光照强度下,枝条分解常数 k 值是各不相同的。光照实验中, k 绝对值最高是在光照强度为 40%,20%和 60%的实验中,但以 40%的略高,为 -0.1671,其他分别为 -0.1399和 -0.1357。这说明在站内红松阔叶混交林皆伐迹地的实验条件下,全光和全蔽荫对枝条分解均不利,而一定的蔽荫对分解却有促进作用。至于对分解速率影响的大小,从不同光照分解 3a 后枝条干重保存的分数可看出(见表 4)。分解 1a 后,光照在 20%~60%的枝条干重保存率都在 84%~87% 之间,其它全蔽荫和 80%以上强光的实验,其保存率均保持在 90%以上。前者较后者分解快约 0.3%~0.9%。至于分解 2a 及 3a 后,20%~60%蔽荫的其保存率分别在 71%~76%和 60%~66%之间,而其他的实验,分解 2a 及 3a 后,其保存率分别为 81%~91%和 73%~87%。即适当蔽荫的也较其他实验的,分解 2a 及 3a 前后分别分解快约 5%~19.5%和 7%~26.5%,其对分解最有利的透光度是 40%。

表 3 不同光照时椴树枝条的分解常数(k)与相关系数(r)

Table 3 Decomposition constant (k) and correlated coefficient (r) of <i>Tilia amurensis</i> in different light intensity condition		
光照度(%) Light intensity	K	r
100	-0.0949	-0.94984
80	-0.1020	-0.92326
60	-0.1360	-0.96122
40	-0.1670	-0.94786
20	-0.1400	-0.99199
0	-0.0463	-0.99099

表 2 椴树枝条分解常数(k)与其自变量相关系数(r)

Table 2 Decomposition constant (k) and correlated coefficient(r) of branch

回归方程	相关系数	积温>5 C	湿度	降雨量
Regression equation	Correlated coefficient	Accum. temper. >5 C	Relat humidity (%)	Precipitation (mm)
$y=a+bx$	r	0.9501	0.25521	-0.9229
$y=a+b \ln x$	r	-0.88705	0.2686	0.93999
$y=ae^{-bx}$	r	0.94165	-0.19995	-0.92191
$y=ax^b$	r	0.88853	0.21382	-0.9473

表 4 不同光照条件分解 3a 后椴树枝条干重的保存分数

Table 4 Fraction of remaining of <i>Tilia amurensis</i> dry branch after 3a decomposition in different light intensity				
光照度(%) Light intensity	分解年龄 Decomposition age(a)			
	0	1	2	3
100	1	0.9095	0.8271	0.7522
80	1	0.9027	0.8148	0.7355
60	1	0.8731	0.7623	0.6655
40	1	0.8461	0.7159	0.6057
20	1	0.8694	0.7558	0.6571
0	1	0.9548	0.9116	0.8703

3.2.2 水分对椴树枝条分解影响的模拟实验

水分是一切微生物活动必不可少的重要条件,枝条的分解,自不例外。模拟实验说明(见表 5),在实验地的条件下,不浇水的对照区分解最慢,其分解常数 k 绝对值最小,为 0.09821,随着浇水量增加到 1000ml, k 绝对值达到最大 0.1176,分解速度也达到最快,以后略有下降。这也明显表现在头 3a 的分解中。如表 6 所示,分解最快是在浇水 1000~2000ml,尤以浇水 1000ml 的实验,枝条的保存分数最低,分解最快。1~3a 分别快约 2%~11%;3.6%~11%和 5%~16%。这说明浇水具有加速分解的明显效果,其中特别是浇水 1000ml 的。

水分是一切微生物活动必不可少的重要条件,枝条的分解,自不例外。模拟实验说明(见表 5),在实验地的条件下,不浇水的对照区分解最慢,其分解常数 k 绝对值最小,为 0.09821,随着浇水量增加到 1000ml, k 绝对值达到最大 0.1176,分解速度也达到最快,以后略有下降。这也明显表现在头 3a 的分解中。如表 6 所示,分解最快是在浇水 1000~2000ml,尤以浇水 1000ml 的实验,枝条的保存分数最低,分解最快。1~3a 分别快约 2%~11%;3.6%~11%和 5%~16%。这说明浇水具有加速分解的明显效果,其中特别是浇水 1000ml 的。

表 5 不同水分条件椴树枝条的分解常数(k)与相关系数(r)

Table 5 Decomposition constant (k) and correlated coefficient (r) of *Tilia amurensis* in different water condition

浇水量(ml) Quantity of irrigation	k	r
0	-0.0821	-0.96834
500	-0.0737	-0.86998
1000	-0.1176	-0.93418
1500	-0.1076	-0.98352
2000	-0.1037	-0.95587

表 6 不同水分条件分解 3a 后椴树枝条干重的保存分数

Table 6 Fraction of remaining of lime branch after 3a decomposition in different water condition

浇水量 Quantity of irrigation (ml)	分解年龄 Decomposition age(a)			
	0	1	2	3
0	1	0.9212	0.8486	0.7817
500	1	0.9989	0.8993	0.8629
1000	1	0.8891	0.7904	0.7027
1500	1	0.898	0.8064	0.7241
2000	1	0.9015	0.8127	0.7326

4 小结

(1)各植被类型椴树枝条的分解速率是明显不同,以阔叶红松混交林实验区椴树枝条分解最快,其分解常数 k 值为-0.168,其次,在红松针叶混林中 k 值为-0.127。 k 绝对值是随海拔上升而下降。影响 k 绝对值下降的因子,在长白山的实验条件下,主要随海拔而变化的气温,特别是生长季月平均气温大于或等 5℃ 的积温。(2)红松阔叶混交林和红松针叶混交林中,当枝条分解一半时分别需 4a 和 5a。当分解到 95% 时,分别需要 18a 和 24a,而在高苔原带则需要 32a,可见山地气候系列变化对分解影响是明显的。(3)实验证明,在实验区条件下,有一定的蔽荫对枝条分解有促进作用,最适合的透光度是 40%。(4)水分在长白山红松阔叶混交林带的实验条件下,对枝条分解是一个重要条件,每半月浇水量 1000ml 以上,对分解有正面影响。

参考文献

[1] Xu Z B(徐振邦), Li X(李昕), Dai H C(戴洪才), et al. Study on biomass of the broad leaved-korean pine forest in Changbai Mountain (in Chinese), 1985, 5:33~48.

[2] Cheng B R(程伯容), Ding G F(丁桂芳), Xu G S(许广山), et al. Biological nutrient cycling in Korean pine broadleaved forest of Changbai Mountain. *Research of Forest Ecosystem*(in Chinese)(森林生态系统研究), 1981, 6:185~193.

[3] Xu G S(许广山), Cheng B R(程伯容), Ding G F(丁桂芳), et al. Accumulation and decomposition of litter in a Korean pine broadleaved forest stand. *Research of Forest Ecosystem*(in Chinese)(森林生态系统研究), 1995, 7:55~61.

[4] Li Z A(李志安), Lin Y B(林永标), Peng S L(彭少麟). Nutrient content in litter fall and its translocation in plantation forests in south China. *Chinese Journal of Applied Ecology*(in Chinese)(应用生态学报), 2000, 11(3): 321~326.

[5] Zhang F S(张凤山), Chi Z W(迟振文), et al. The analysis and primary evaluation on the climate of Changbai Mountain Area. *Research of Forest Ecosystem*(in Chinese)(森林生态系统研究), 1980, 1:193~214.

[6] Wang Z(王战), Xu Z B(徐振邦), Li X(李昕). The main forest types and their features of community structure on northern slope of Changbai Mountain. *Research of Forest Ecosystem*(in Chinese)(森林生态系统研究), 1980, 1:25~42.

[7] Olson J S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 44 (2): 322~331.

[8] Tanner E V J. The decomposition of leaf litter in Jamaican Montane Rain Forests, *Journal of Ecology*, 1981, 69: 263~275.

[9] Kenneth A Orndorff and Gerald E Lang. Leaf litter redistribution in a west Virginia Hardwood Forest, *Journal of Ecology*, 1981, 69:225~235.

[10] Harmon M 万方数据 Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Adv. Eco. Res.*, 1986, 15:133~276.