

森林生态系统中枯落物分解速率研究方法

刘增文

(西北农林科技大学资源与环境学院, 杨凌 712100)

摘要:林地枯落物分解率是研究森林生态系统养分循环的重要内容之一,传统的尼龙网袋实测法虽然能提供某一具体年份枯落物分解率的准确数据,但因其费时费力且不能反映整个历史时期的平均水平而难以推广。基于林地枯落物积累平衡原理,首次提出了利用枯落物平衡模型推算枯落物分解率的方法(简称平衡法),并将之应用于黄土残塬沟壑区刺槐林地枯落物分解率的计算。这种由平衡法推算所得枯落物分解率能反映林地的历史水平,弥补了尼龙网袋实测法的不足,建议在森林生态系统研究中推广应用。

关键词:枯落物分解率; 森林生态系统

Research Method of Litter Decay Rate in Forest Ecosystems

LIU Zeng-Wen (College of Resources and Environment, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(6): 954~956.

Abstract: Litter decay rate is one important content of the nutrient cycle research of forest ecosystems. The traditional field method is to leave litter samples in nylon string bags on the forestland and measure its periodically. Although this method can afford us the accurate data of litter decay rate in a particular year, it is difficult to popularize because of its time and effort consuming and useless to reflect the mean level in the whole life of the forest. In addition, this field method can not guarantee its precision because of errors caused by sample quantity and measuring process. In view of this, the author, in accordance with the balance principle that present litter accumulation in the forestland results from the decomposition of annual fallen litter in the past years, puts forward a new method that utilizing the litter balance model to calculate the litter decay rate (balance method in abbreviation), with formula as follows:

$$\begin{aligned} W_n &= \rho(1 - \lambda) a (D_n^b e^{-k} + D_{n-1}^b e^{-2k} + D_{n-2}^b e^{-3k} + \dots + D_1^b e^{-nk}) \\ &= \rho(1 - \lambda) a \sum_{i=0}^{n-1} D_{n-i}^b e^{-(i+1)k} \end{aligned}$$

W_n ——Litter accumulation in forestland(kg/tree); ρ ——Increasing coefficient; λ ——Dry weight loss ratio of leaves before falling; D ——Average breast-high diameter of trees(cm); k ——Olson coefficient; n ——Age of trees; a, b ——Coefficient

After this model being applied in the research of black locust forestland in the Gullied Loess Plateau, it is proved that this litter decay rate on balance method can very well reflect the mean level in the whole life of the forestland and remedy the defect of field method. For the above-mentioned reasons, the author suggests that the balance method be used in the research of forest ecosystems.

Key words: litter decay rate; forest ecosystem

文章编号: 1000-0933(2002)06-0954-03 中图分类号: S718.5 文献标识码: A

在森林生态系统中,枯落物分解是林地养分归还的主要途径,同时也是实现养分生物地球化学循环利用的重要环节。所以,在森林生态系统研究中,关于林地枯落物分解率的研究一直受到重视。传统的研究方

基金项目: 国家“九五”攻关资助项目(96-004-05-07); 中科院国家重点实验室基金资助项目(96W006)

作者简介: 刘增文(男,陕西横山人,博士,副教授。主要从事森林生态与水土保持研究。E-mail: liuzengwen@fm365.com)

法一般是采用特制的尼龙网袋装上样品置于野外定期进行测定^[1]。这种方法虽然为目前枯落物分解实测的唯一较好方法,但其准确性因测定技术、样本数量和环境的易变性而异,且费时费力,很难满足现代森林生态系统研究发展的需要。为此,作者根据在黄土高原刺槐林地枯落物分解研究的实践提出一种根据枯落物积累平衡模型推算林地枯落物分解率的方法(简称平衡法),供讨论。

1 平衡法推算林地枯落物分解率的原理

1.1 Olson 模型

Olson 在 1963 年提出枯落物分解遵循指数衰减模型^[2],即:

$$x / x_0 = e^{-kt} \tag{1}$$

式中, X_0 为枯叶初始重量(kg), X 为经时间 t 后的枯叶残留量(kg), k 为枯叶腐解系数, t 为时间(a)。

由公式(1)可以得出经时间 t 后的枯叶残留量为:

$$X = X_0 e^{-kt} \tag{2}$$

取 $t=1a$, 则 e^{-k} 即为年残留率, 年分解率 k' 为:

$$k' = 1 - e^{-k} \tag{3}$$

1.2 枯落物积累平衡模型

令 W_n 为 n 龄时林地枯落物积累量(kg/株), P_n, P_{n-1}, \dots, P_1 分别为 $n, n-1, \dots, 1$ 龄时林地年凋落物量(kg/株), 则可根据 Olson 模型(2)^[2]得出林地枯落物积累平衡模型:

$$\begin{aligned} W_n &= P_n e^{-k} + P_{n-1} e^{-2k} + P_{n-2} e^{-3k} + \dots + P_1 e^{-nk} \\ &= \sum_{i=0}^{n-1} P_{n-i} e^{-(i+1)k} \end{aligned} \tag{4}$$

假定树木在一生中树叶凋落时的干重损失率 λ 保持不变, 则凋落叶量 F_i (kg/株) 与叶现存量 L_i (kg/株) 存在以下关系:

$$F_i = (1 - \lambda) L_i \tag{5}$$

另假定凋落叶量 F_i 与凋落物量(包括凋落叶、枝、果等) P_i 存在线性关系:

$$P_i = \rho F_i \quad (\text{式中 } \rho \text{ 为增大系数}) \tag{6}$$

则凋落物量与叶现存量的关系可写成:

$$P_i = \rho(1 - \lambda)L_i \tag{7}$$

将(7)式代入(4)式可以得出基于树木叶现存量的林地枯落物积累平衡模型, 即:

$$\begin{aligned} W_n &= \rho(1 - \lambda) (L_n e^{-k} + L_{n-1} e^{-2k} + L_{n-2} e^{-3k} + \dots + L_1 e^{-nk}) \\ &= \rho(1 - \lambda) \sum_{i=0}^{n-1} L_{n-i} e^{-(i+1)k} \end{aligned} \tag{8}$$

公式(8)表明, 枯落物积累量可由叶现存量推算而得, 其中增大系数 ρ , 干重损失率 λ 及腐解系数 κ 为待定参数。

1.3 叶现存量模型

在森林生物量研究中已有成熟的叶现存量模型^[3], 一般形式为:

$$L_i = a D_i^b \tag{9}$$

式中, L_i 为叶现存量(kg/株), D_i 为林木胸径(cm), i 为树龄, a, b 为系数。

又知, 胸径 D 与胸径生长率 r (胸径连年生长量占初始胸径的百分率) 有如下关系:

$$D_{n-1} = 100 D_n / (r_n + 100) \quad (n \text{ 为树龄}) \tag{10}$$

其中, r 随树龄 n 变化符合模型:

$$r_n = \alpha(n - 1)^\beta \quad (\alpha, \beta \text{ 为系数}) \tag{11}$$

所以模型(10)又可写成:

$$D_{n-1} = 100 D_n / [\alpha(n - 1)^\beta + 100] \tag{12}$$

也就是说, 只要知道目前的林木胸径 D_n , 便可根据模型(12)推算出以往逐年的林木胸径 D_i , 再由模

型(9) 得出逐年的林木叶现存量 L_i 。

1.4 枯落物分解系数 k 和分解率 k' 的计算

将模型(9)代入模型(8)可得出基于树木胸径的林地枯落物积累平衡模型:

$$W_n = \rho(1 - \lambda) a (D_n^b e^{-k} + D_{n-1}^b e^{-2k} + D_{n-2}^b e^{-3k} + \cdots + D_1^b e^{-nk})$$
$$= \rho(1 - \lambda) a \sum_{i=0}^{n-1} D_{n-i}^b e^{-(i+1)k}$$

(13)

模型(13)表明,在实测获得目前枯落物积累量 W_n 、林木胸径 D_n 和试验得出增大系数 ρ 、凋落叶干重损失率 λ 和由树木胸径预算叶现存量参数 a 、 b 前提下,即可基于模型(13)、(12)采用试算法得出枯落物分解系数 k 和分解率 k' ($k' = 1 - e^{-k}$)。其中 ρ 和 λ 参数可在树叶凋落后在林地通过布置试验较容易得到,而 a 、 b 参数可在森林生物量调查中获得。

1.5 应用平衡法研究刺槐林地枯落物分解率

刺槐为黄土高原南部残塬沟壑区的主要水土保持树种,在研究刺槐林地养分循环状况中,根据前述平衡原理对枯落物分解率进行了专门研究^[4],结果表明,黄土残塬沟壑区刺槐林地枯落物年分解率的变化范围为 0.1138~0.5340,均值为 0.3564。具体计算见表 1。

2 结语

基于林地枯落物积累平衡原理求算枯落物分解率的平衡法是建立在林地生物量测算模型的基础上的,关于林地生物量模型的建立本身是一项颇为繁杂的工作,但却一劳永逸。目前我国大多数森林生态定位站及其它地区都已建立或正在建立针对各种树种和林分类型的生物量测算模型,这就为进行其它相关的生态研究奠定了基础,而且由平衡法计算所得林地枯落物分解率为该立地条件下枯落物分解率的平均值,它反映了该立地的历史平均水平,较之尼龙网袋实测法所得具体年份的枯落物分解率更具有代表性和实际意义,所以建议在森林生态系统研究中推广应用。

参考文献

[1] Hu Y H (胡肄慧),Chen L Z(陈灵芝),Chen Q L(陈清朗),*et al.* Studies on the litter decomposition rates of several plants. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*(in Chinese)(植物生态学与地植物学学报),1987,7(2): 124~128.

[2] Olson J S. Energy storage and the balance of producers and decomposition in ecosystems. *Ecology*, 1963,44: 332~337.

[3] Wang Y M(王佑民),Liu B Z(刘秉正). *Ecological characteristics of protection forests in Loess plateau*(in Chinese). Beijing:Chinese Forestry Press,1994. 161~165.

[4] Liu Z W(刘增文),Li Y S(李雅素). Nutrient cycling and balance analysis of blacklocust forest ecosystem in gullied loess plateau area. *Acta Ecologica Sinica* (in Chinese)(生态学报), 1999,19(5): 630~634.

表 1 平衡法计算刺槐林地枯落物分解率

Table 1 Calculation of the litter decay rate in the forestland of black locust with the balance method

<i>n</i>	<i>d</i>	<i>W_n</i>	<i>D_n</i>	<i>k</i>	<i>K''</i>
11	3097	8.015	9.51	0.4987	0.3927
13	1755	11.040	10.53	0.2759	0.2411
15	2444	6.533	9.42	0.4783	0.3857
17	4100	7.274	7.44	0.4594	0.3683
19	3241	10.439	9.43	0.4215	0.3440

* $\rho = 1.1044, \lambda = 2.6251\%, a = 0.0169, b = 2.1052, \alpha = 21.6933, \beta = -0.7705$. n 为林龄 Age (a); d 为密度 Density (株 · hm^{-2}); W_n 为枯落物积累量 Litter accumulation ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$); D_n 为胸径 Diameter (cm); k 为 Olson 分解系数 Olson decay coefficient; k' 为分解率 Rate of decay; ρ 为增大系数 Multiplier; λ 为干重损失率 Percent of loss (%); a 、 b 、 α 、 β 为参数 Parameter