

1992.12(4) 295-301

第12卷 第4期
1992年12月生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICAVol.12, No.4
Dec., 1992

羊草草原枯枝落叶分解的研究*

——主要优势植物的分解速率和损失率

郭继勋 祝廷成

(东北师范大学草地研究所, 长春, 130024)

58/12.2

摘 要

分解速率和损失率从不同侧面反映了枯枝落叶分解动态。羊草草原主要优势植物, 羊草 (*Leymus chinensis*)、拂子茅 (*Calamagrostis epigejos*)、碱蓬 (*Suaeda glauca*)、碱茅 (*Puccinellia tenuiflora*)、五脉山黎豆 (*Lathyrus quinquerivius*)、碱蒿 (*Artemisia anethifolia*) 分解速率的季节变化动态近似倒“V”字型。损失率的季节变化呈“S”型, 反映了枯枝落叶的失重情况。枯枝落叶的化学组成成分造成不同种植物间分解差异的主要原因, 特别是C/N比与分解快慢有密切关系。分解初期, 枯枝落叶的损失符合指数衰减模型。枯枝落叶损失95%所需时间, 羊草群落约为8.8a, 杂类草群落约为9.7a, 碱茅群落约为7.1a, 碱蓬群落约为4.7a。

关键词: 枯枝落叶, 分解速率, 损失率, 羊草草原, 优势植物

在草原生态系统中, 对枯枝落叶的研究起步较晚。Curry对草原土壤与牧草有机质分解进行了测定^[1], Floate报道了山地草场枯枝落叶的分解^[2]。他们的工作开创了在草地生态系统中对枯枝落叶的研究, 使人们认识到了枯枝落叶在草原生态系统中的重要性。我国在这方面起步较晚, 对草原枯枝落叶的研究, 仅在近几年才开展了一些工作^[3,4]。

本项工作自1985—1989年对羊草草原枯枝落叶的分解速率和损失率及枯枝落叶不同化学组成成分间的分解差异进行了比较研究, 采用定量和定性综合分析方法, 探讨了枯枝落叶分解机理, 并建立了有关的数学模型。

一、研究地区自然概况和研究方法

本项研究是在吉林省长岭县羊草草原自然保护区内进行, 地理位置, 120°31'—124°10'E, 44.31'—44°45'N。属半干旱半湿润季风型气候, 年平均气温为4.9°C, 地表温度年均6.2°C, 年降水量平均470.6mm, 主要集中在6—8月, 年蒸发量为1668mm, 约为降雨的3.5倍, 全年相对湿度变化46%—78%。该地区气候特点适合于中旱生植物生长。

羊草草原主要有4种群落类型, 其中羊草 (*Leymus chinensis*) 群落占绝对优势, 其生物量占总生物量的90%左右, 群落中羊草的综合优势度达100%。由于微地形的变化, 有杂类草群落分布, 群落中主要优势植物为拂子茅 (*Calamagrostis epigejos*) 和五脉山黎豆 (*Lathyrus quinquerivius*)。草原过度利用, 碱化严重, 出现了碱茅 (*Puccinellia tenuiflora*)

* 本研究为国家自然科学基金资助项目。

本文于1991年8月20日收到, 修改稿于1992年3月16日收到。

群落和碱蓬(*Suaeda glauca*)群落。在碱蓬群落中,碱蒿(*Artemisia anethifolia*)为主要伴生种。

枯枝落叶分解的测定采用网袋法^[6],将枯死的地上部植株剪成约20cm小段,装入尼龙网袋内,每袋重20g。网眼的孔径对分解有一定的影响,它控制进入袋内参与分解的生物类群^[6]。网眼的选择必须考虑枯枝落叶的类型,网眼过小将影响分解,过大会造成枯枝落叶从袋内脱落。通过选用不同孔径网眼进行比较试验,结果表明在羊草草原上选用2mm×2mm的网眼比较合适。将若干样袋随机放入样地,使其尽量保持与自然条件下一致。然后,每月依次取样,测定消失量及分解速率。枯枝落叶的产量采用直接收集法^[7]。

二、实验结果与讨论

1. 分解速率和损失率

枯枝落叶在分解过程中,有机质的重量随时间不断发生变化。分解速率和损失率可从不同角度反映枯枝落叶量的变化动态。

分解速率:即单位时间内,单位有机质重量的变化速度,它是一个随时间变化的瞬时值:

$$r = \frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dt} \quad (1)$$

积分得:

$$r = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

式中, W_1 为枯枝落叶在 t_1 时的重量, W_2 为 t_2 时的重量, r 为分解速率($g \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$),负值,表示每天每克枯枝落叶消失的重量。

损失率:枯枝落叶经过一定时间分解后,其损失重量占初始量的百分比。

$$g = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \cdot 100 \quad (3)$$

式中, g 为损失率(%),其它符号含意与上式相同。它更加直观地反映出枯枝落叶的损失情况。

实验中对羊草草原主要优势植物,羊草、拂子茅、五脉山黎豆、碱茅、碱蓬和碱蒿6种植物的分解速率和损失率进行了测定。

6种植物分解速率的季节变化基本一致,即慢—快—慢,曲线呈倒“V”字型(图1)。6种植物的分解速率最低值均出现在1月,变化范围为0.000001—0.00026 $g \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$ 。随着时间推移,其值逐渐增加,到7—8月相继出现峰值。五脉山黎豆和碱蒿的峰值在7月,分别为0.00439 $g \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$ 和0.00601 $g \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$ 。羊草、碱蓬、碱茅和拂子茅的峰值在8月,分别为0.00506 $g \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$,0.00811 $g \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$,0.00519 $g \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$ 和0.00458 $g \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$ 。峰值后,分解速率迅速下降,直到1月出现最低值。

分解速率的季节动态与生态环境和分解者的数量及活动能力相关联。11、12、1、2这4个月,生态环境比较严酷,分解者数量减少,活动能力较弱,分解处于低水平。3月开

始, 生态环境转好, 分解作用相应加强。到7—8月, 生态环境处于最佳时期, 分解者数量最多, 活动能力强, 分解速率也相应达到1年内的高峰期。8月后, 环境开始向不利于分解者生长的方向转变, 分解速率也随之下降。

6种植物损失率的季节动态, 反应了1年内枯枝落叶的损失程度, 损失率随着分解时间不断增加, 6种植物损失率的变化值列于表1。将表1中损失率的时间序列值, 进行计算机处理, 建立了枯枝落叶损失率季节变化动态数学模型:

$$g = \frac{K}{1 + e^{a-bt}} \quad (4)$$

式中, g 为损失率, K 为1年内损失率的极限值, a 、 b 为参数, 不同植物枯枝落叶的 K 、 a 、 b 的值不同。

6种植物损失率的季节变化规律相似, 均呈“S”型(图2)。枯枝落叶损失率在1年内的变化, 根据曲线大体可分为3个时期。(1)平缓增长期(1—4月), 此时期在环境条件和分解者的限制下, 枯枝落叶分解较慢, 损失率缓慢增加;(2)加速增长期(5—8月), 此期间环境条件优越, 分解能力强, 枯枝落叶重量迅速减少, 损失率急剧上升;(3)渐近稳定期(9—12月), 随着季节变化, 分解活动减弱, 分解速率下降, 损失率逐渐趋于稳定状态, 达到1年最大值。

1年内, 枯枝落叶的分解主要集中在5—9月这段时间, 损失量约占全年损失量的90%左右, 冬季, 分解活动基本停止。

2. 植物不同化学组成成分间的分解差异

不同种植物, 化学组成不同, 有的种类含易分解物质较多, 有的含不易分解物质较多, 造成不同种间的分解差异。因而, 分解除了受生态环境影响外, 也受植物化学组成制约。

对上述6种植物, 在分解过程中的重量损失进行比较, 可见到植物种类之间的分解存在明显差异。它们损失率的大小顺序为: 碱蓬>碱蒿>五脉山黎豆>碱茅>羊草>拂子茅。

植物化学组成决定着分解的潜在速率, 尤其C、N两元素的含量对分解的影响较大。C是组成有机质的主要元素, 为分解者提供可利用的能源, N是组成蛋白质的主要成分, 因此, 二者的比例与分解有密切关系。6种植物枯枝落叶中C、N含量分析结果列于2表。

利用C/N来说明碳、氮含量与分解的关系则更有可靠性^[9]。6种植物的损失率与C/N的回归分析表明, 损失率与C/N呈显著的负相关(图3), 不同植物枯枝落叶的损失随C/N的

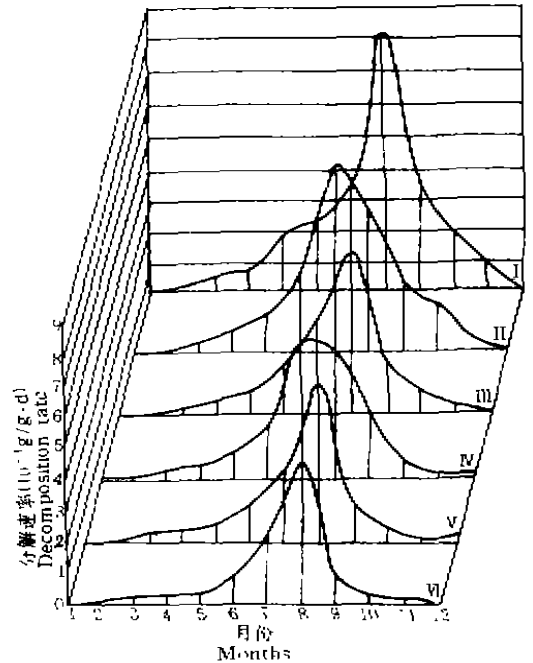


图1 主要优势植物分解速率的季节变化

I. 碱蓬, II. 碱蒿, III. 碱茅, IV. 五脉山黎豆, V. 羊草, VI. 拂子茅。

Fig.1 The seasonal changes of decomposition rate of litter for main dominant plants

I. *Suaeda glauca*, II. *Artemisia anethiflora*, III. *Pubbinelia tenuiflora*, IV. *Lathyrus quinquenerivius*, V. *Leymus chinensis*, VI. *Calamagrostis epigejos*

表 1 主要优势植物枯枝落叶损失率的实测值(%)
Table 1 The actual value of litter lost rate of main dominant plants

植物种 Plant species	月 份 Months											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
羊 草 <i>Leymus chinensis</i>	0.05	0.30	1.30	2.55	4.02	7.27	13.56	25.73	28.06	28.87	29.11	29.32
五脉山蚕豆 <i>Lathyrus quinquerivius</i>	0.08	0.37	1.50	2.85	5.41	10.14	21.23	30.43	34.32	35.30	35.57	35.76
碱 蓬 <i>Suaeda glauca</i>	0.08	0.47	1.68	3.64	8.82	14.74	23.08	39.69	44.93	47.69	48.79	49.02
碱 蒿 <i>Artemisia anethifolia</i>	0.05	0.35	1.39	3.58	6.88	14.05	22.33	37.32	41.30	44.02	44.57	44.72
碱 茅 <i>Puccinellia tenuiflora</i>	0.03	0.36	1.11	2.69	5.12	9.86	17.45	29.35	32.07	35.58	34.08	34.27
拂 子 茅 <i>Calamagrostis epigejos</i>	0.05	0.37	1.09	2.21	3.43	6.16	12.49	23.72	26.55	26.08	26.31	26.52

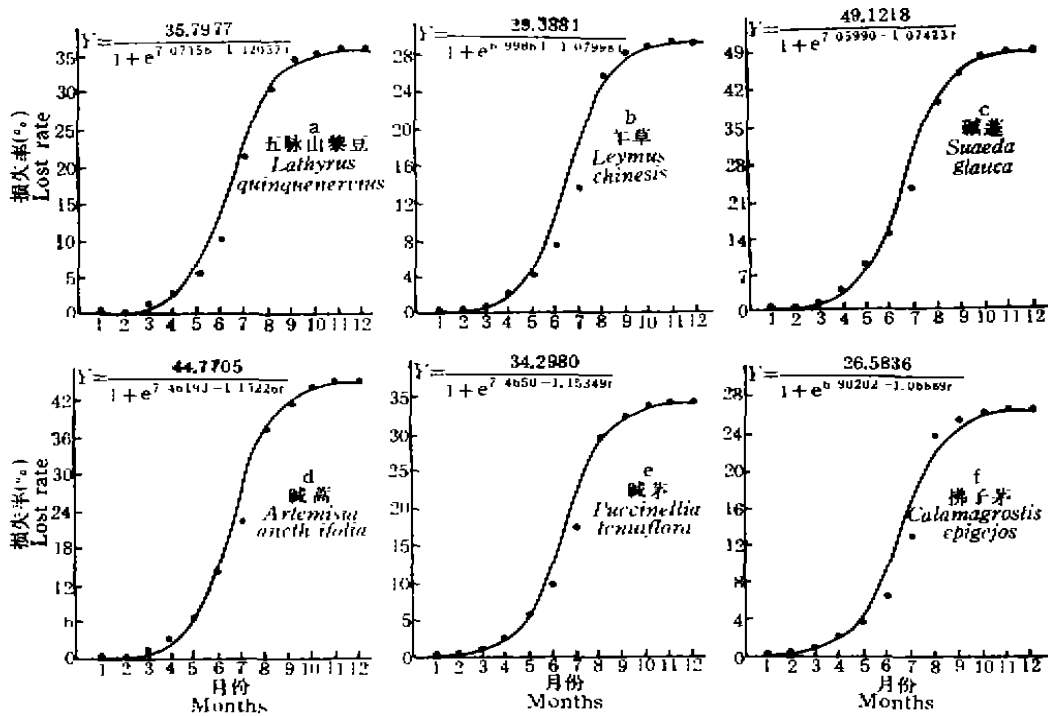


图 2 羊草草地主要优势植物损失率的季节变化

Fig.2 The seasonal changes of lost rate of main dominant plants in *Leymus chinensis* grassland

增大而减少。微生物在以植物残体作为营养时，每同化 4—5 份碳，就需要 1 份氮 (C/N 约为 4—5:1)。当 C/N 大的有机物分解时，由于氮素养料的相对缺乏，使微生物发育受到限制，有机质分解缓慢⁽⁹⁾。有机物中氮的含量高可以促进分解。

表 2 6种植物枯枝落叶中的N和C含量
Table 2 The contents of N and C in litter of six plants

植物种 Plant species	羊草 <i>Leymus chinensis</i>	五脉山梨豆 <i>Lathrus quinquenervius</i>	碱蓬 <i>Suaeda glauca</i>	碱蒿 <i>Artemisia anethifolia</i>	碱茅 <i>Puccinellia tenuiflora</i>	拂子茅 <i>Calamagrostis epgejos</i>
N含量 N content(%)	0.369	0.601	0.637	0.597	0.487	0.305
C含量 C content	42.16	43.18	39.28	40.12	44.78	41.32
C/N	114.25	71.85	61.66	67.20	91.05	135.47

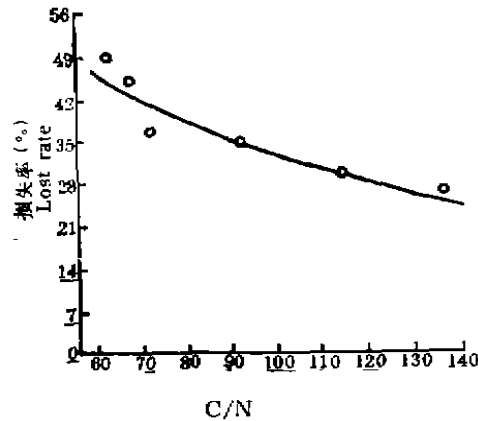


图 3 枯枝落叶分解与C/N关系
Fig.3 The relationship between litter decomposition and C/N

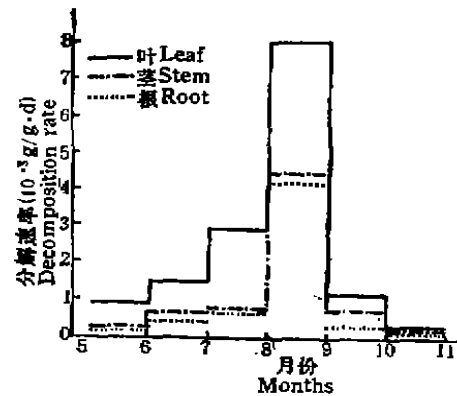


图 4 羊草叶、茎、根分解速率的比较
Fig.4 The comparison of decomposition rate among leaf, stem and root of *Leymus chinensis*

同一植物的不同器官, 化学组成也不尽相同。为了探讨不同器官在分解上是否有差异, 把羊草的叶、茎、根在同一时间, 放置同一样地内, 根系埋入地下, 然后逐月测定它们的分解速率。试验表明羊草的叶、茎、根之间的分解是有差异的(见图 4), 叶的分解速率远大于茎和根。3 种器官分解的季节变化趋势一致, 每个月均是叶>茎>根。

由于环境条件一致, 那么引起不同器官分解差异的原因, 就不外乎是它们的化学组成不同。化学分析表明叶中易分解的物质, 如可溶性糖、淀粉、蛋白质等含量都高于茎和根。不易分解的木质素含量茎最高, 从C/N来看是叶<茎<根(见表 3)。

表 3 羊草不同器官枯死体的化学成分
Table 3 The chemical composition of different dead organ of *Leymus chinensis*

器官 Organ	有机碳 Organic carbon (%)	可溶性糖 Solubility carbohydrate (%)	淀粉 Amylum (%)	氮 Nitrogen (%)	木质素 Lignin (%)	C/N
叶 Leaf	47.61	2.52	9.74	0.519	3.16	91.73
茎 Stem	60.06	1.63	7.47	0.28	3.32	178.78
根 Root	47.94	0.94	8.36	0.21	2.44	228.28

3. 枯枝落叶分解的指数衰减模型

在分解过程中, 枯枝落叶残留量随着时间不断减少, 直到最后完全消失。Olson 提出了指数衰减模型, 描述枯枝落叶的分解 [11], Wieaer 通过两种方法, 对枯枝落叶分解所获得的资料加以分析, 认为指数衰减模型最佳 [12]。笔者认为该模型可以说是以营养动力学为基础的有机残体生物分解模型, 在枯枝落叶初始量非常大时, 它可以充分满足分解者按指数增长的营养需要, 这在一系列情况下是符合自然实际的。因此, 该模型是分解指数增长模型的互补型。

$$W_t = W_0 e^{-kt} \quad (5)$$

式中, W_0 为 $t = 0$ 时枯枝落叶初始量, W_t 为 t 时刻的残留量, k 为年分解速率 ($g \cdot g^{-1} \cdot a^{-1}$)。

在羊草草原上, 对枯枝落叶分解进行连续 4a 的测定, 其实测值与用此模型的预测值基本相符 (图 5)。此项结果说明了该模型起码符合枯枝落叶分解早期阶段, 如果保持一定量枯枝落叶的不断输入, 使资源充分满足分解者的需要, 该模型则适合于枯枝落叶的分解。

根据羊草草原 4 个主要群落枯枝落叶的产量和年分解速率, 以残留量的自然对数与时间 $t(a)$, 将指数衰减模型化成线性方程 (表 4), 对 4 个群落的分解进行预测。结果表明, 枯枝落叶 95% 被分解掉所需时间, 羊草群落约为 8.8a, 杂类草群落约为 9.7a, 碱茅群落约为 7.1a, 碱蓬群落约为 4.7a。

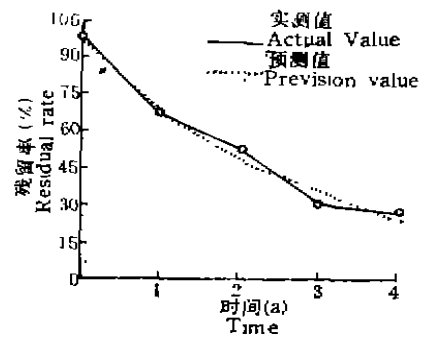


图 5 枯枝落叶分解的预测和实测值比较
Fig.5 The comparison between calculated and actual value on litter decomposition

表 4 主要群落枯枝落叶分解模型

Table 4 The model of litter decomposition of main communities

群落 Communities	方程式 Equation	分解速率 Decomposition rate ($g \cdot g^{-1} \cdot a^{-1}$)	枯枝落叶产量 Litter yield g/m^2
羊草群落 <i>Leymus chinensis</i> community	$lgY = 5.3132 - 0.3470t$	0.3470	203
杂类草群落 Weed community	$lgY = 5.8289 - 0.3081t$	0.3081	340
碱茅群落 <i>Puccinellia tenuiflora</i> community	$lgY = 4.8675 - 0.4197t$	0.4197	150
碱蓬群落 <i>Suaeda glauca</i> community	$lgY = 4.3477 - 0.6323t$	0.6323	77.3

参 考 文 献

[1] Curry, J. P., Decomposition of organic matter in soil, Part I. The role of the fauna in decaying grassland. *Soil Biology and Biochemistry*, 1969, 1:253-258.

- [2] Floate, M. J. S., Decomposition of organic materials from hill soil and pasture. *Soil Biology and Biochemistry*, 1970, 2:173—185.
- [3] 陈佐忠等, 草原植物和马粪分解速率的初步测定, 草原生态系统研究, 科学出版社, 1982, 106—108.
- [4] 郭继勋、祝廷成, 羊草草原枯枝落叶的分解、积累与营养物质的含量动态, 植物生态学与地植物学学报, 1988, 12(3):197—203.
- [5] S. B. 查普曼(阳含照等译), 植物生态学方法, 科学出版社, 1981, 127—128.
- [6] Edwards, C. A. and G. W. Heath, The role of soil organisms in breakdown of leafy material. In: *Soil organisms* (J. Docksens and J. Van der Drift eds.), Amsterdam, North Holland Publishing Co., 1963, 76—84.
- [7] 木村允(姜 恕等译), 陆地植物群落的生产量测定方法, 科学出版社, 1981, 17—23.
- [8] Innis, G. S., *Grassland simulation model*, Springer-Verlag, New York, Heidelberg Berlin, 1978, 158—159.
- [9] 陈华癸, 土壤微生物学, 上海科学技术出版社, 1981, 61—63.
- [10] Dickinson, C. H. and G. J. F. Pugh, *Biology of plants litter decomposition*, Academic press, Coudon and New York, 1974, 2:604—605.
- [11] Olson, J. S., Energy storage and balance of producters and decomposers in ecological system, *Ecology*, 1963, 44(2):322—324.
- [12] Wieaer, R. K. and Lang, G. E., A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags *Ecology* 1982, 63(6):1636—1642.

STUDY ON LITTER DECOMPOSITION IN *LEYMUS* *CHINENSIS* GRASSLAND

—DECOMPOSITION RATE AND LOST RATE OF DOMINANT PLANTS

Guo Ji-Xun Zhu Ting-Cheng

(Institute of Grassland Science, Northeast Normal University, Changchun, 130024)

Decomposition rate and lost rate reflected the dynamics of litter decomposition from different aspects. The seasonal change in the decomposition rates of *Leymus chinensis*, *Calamagrostis epigejos*, *Suaeda glauca*, *Puccinellia tenuiflora*, *Lathyrus quinquenervius* and *Artemisia anethifolia* in *Leymus chinensis* grassland assumed similar inverse "V" type. The seasonal change in their lost rates assumed "S" type which reflected the dynamics of litter loss. The chemical composition of litter was the main reason which caused the decomposition diversity of different plants. Especially, C/N was closely related to a fast or slow litter decomposition. In initial stage of decomposition, litter loss accorded with an exponential attenuation model. The model was used to forecast the time of 95% litter loss: *Leymus chinensis* community, 8.8 years, weed community, 9.7 years, *Puccinellia tenuiflora* community, 7.1 years, and *Suaeda glauca* community, 4.7 years.

Key words: litter, decomposition rate, lost rate, *Leymus chinensis* grassland.