

皇甫川地区枯枝落叶的分解及其对土壤生物环境的影响

赵 吉, 邵玉琴, 孔祥辉

(内蒙古大学生命科学学院自然资源研究所, 内蒙古 呼和浩特 010021)

摘 要: 在内蒙古荒漠化草原皇甫川地区, 采用网袋法比较研究了具有优势分布的禾草、松树叶和杨树叶的枯枝落叶的分解速率, 建立了有机碳残留量与时间的动态模型。不同枯枝落叶在其分解中营养元素的转化并不相同, 禾草和油松叶的氮、磷均较快释放, 而分解快速的杨树叶中出现氮和磷的固定; 枯枝落叶的快速分解会引起土壤的氮和磷元素的周期性短缺。枯枝落叶分解对相应土层的生物学活性产生刺激作用, 可促进土壤生物环境的改善。

关键词: 皇甫川地区; 枯枝落叶; 分解作用; 营养元素转化; 土壤微生物

中图分类号: S154.36 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0267(2002)06-0543-03

Decomposition of Litters and Its Effects on Soil Biological Environment in Huangfucuan Basin

ZHAO Ji, SHAO Yu-qin, KONG Xiang-hui

(Institute of Natural Resources, Inner Mongolia University, Hohhot 010021, China)

Abstract: Decomposition of litter the herbage grass and the leaf of pinus and Populus by net bag method in Huangfucuan basin of the desert steppe of Inner Mongolia. We have established the dynamic model of organic carbon remains in litter. It was different that nutrition elements exchange in different litters. Nitrogen and phosphorus in Herbage grass and the leaf of pinus were found to be all quickly released with no fixed, but leaf of Populus had the fix for both nitrogen and phosphorus. The decomposition of litter can cause the periodic shortage of nitrogen and phosphorus chemical elements. The decomposition of litter had a promoted function on soil biological activities.

Keywords: Huangfuchuan basin; litter; decomposition; element exchange; soil microorganism

枯枝落叶是草原第一性生产力的组成部分, 植物通过光合作用固定有机质, 最后以枯枝落叶的形式返回地表, 形成中间物质库, 并在分解者的作用下使其中的营养物质不断归还土壤。植物枯枝落叶分解速率影响着其在地表积累的速度, 同时也制约着 N、P 营养元素及其它物质向土壤的回归和植物的再利用^[1], 对土壤库的物质平衡起着重要的作用。因此枯枝落叶的积累与分解在能量流动和营养物质循环过程中起着重要的作用^[2]。

本文通过对皇甫川地区的 3 种不同枯枝落叶即禾草、松树叶、杨树叶的分解规律的探讨, 首次建立了相关模型, 分析其动态特征, 并针对不同的枯枝落叶主要营养元素碳、氮、磷积累与释放的特点进行了分析研究, 目的是为荒漠化草原的自然恢复和合理利用

用、改善土壤生物环境及维持主要营养元素动态平衡提供基本依据。

1 自然概况及研究方法

1.1 皇甫川地区的自然地理概况

皇甫川是黄河中游的一级支流, 发源于鄂尔多斯高原与黄土高原的过渡地带, 全长 120 km, 流域面积 3 240 km²。在自然地理上, 皇甫川是一条典型的半干旱区河流。皇甫川流域位于东经 110.3°—111.2°, 北纬 39.2°—39.9°; 最高点海拔 1 480 m, 河口最低点海拔 833 m, 总高差 647 m; 南北最宽距离 85.9 km, 东西最长距离 102.1 km。皇甫川流域处在东南季风影响的交错地带, 大陆性气候特点突出。平均气温自南向北为 6℃—9℃, ≥10℃的积温为 2 900℃—3 500℃, 日照时数为 2 900—3 100 h; 年降水量为 350—450 mm, 水面蒸发量 1 000—2 000 mm, 为降水量的 2—5 倍。降水的年际和年内变率大, 年内降水集中于 6—9 月, 占全年的 80% 以上。冬春季风力强盛且频繁, 年

收稿日期: 2002-02-06

基金项目: 内蒙古自然科学基金(20010905-01); 内蒙古教育厅重点课题(Z198003-02); 国家自然科学基金资助项目(30040006)

作者简介: 赵 吉(1962—), 男, 内蒙古人, 汉族, 副教授, 在读博士。

均风速 2—3 m·s⁻¹, 大风日数 10—30 d^[3]。研究区为水土流失重点治理区和农林牧复合区。

1.2 供试材料与方法

供试材料分别选择恢复草地、松树林和杨树林的禾草 (Herbage)、油松 (Pinus tabulaeform) 叶和杨树 (Populus simonii) 叶。于 1999 年 9 月采取上述 3 种植物当年的枯枝落叶, 去除杂质与污染物, 分别称取鲜重为 30 g、25 g、20 g, 放置于 20 cm×25 cm 的有编号的尼龙网袋 (网眼大小为 2 mm×2 mm), 然后将样袋随机放于地面 0—5 cm 处, 使其尽量保持和自然环境一致。样袋放入后, 每季依次取回样袋去掉泥沙与杂物, 并烘干 (55 ℃, 9 h) 计算其干重。供试土壤样品采自邻近 (2 cm 以内) 各枯枝落叶的土壤, 对照土壤为远离 (15 cm 以外) 枯枝落叶的土壤。微生物量测定采用干重换算法, 微生物量碳测定采用熏蒸浸提法, 均采用季平均值。营养元素含量测定均采用常规化学分析方法。

2 结果与分析

2.1 枯枝落叶的失重率

枯枝落叶分解的研究是在自然条件下由复杂的有机质转化为简单的化学物质并最终产生 CO₂ 和 H₂O 及其他矿质元素和释放能量的过程。量的变化是综合结果的反映, 可用日失重率来表示。日平均失重率更直观地表示出 3 种不同的枯枝落叶其日失重率的变化情况, 禾草、油松叶、杨树叶 3 种不同枯枝落叶其日失重率的变化明显不同, 分别为 0.099%、0.056% 和 0.109%。3 种枯枝落叶的日失重率在 4—10 月变幅较大, 冬季其失重率的变化明显减小。其中, 杨树叶的失重率较高, 表明其分解迅速, 而油松叶失重率较低, 分解较慢。

2.2 枯枝落叶分解模型

有机碳量可以更好地反映枯枝落叶的失重状况, 由残体日失重率的测定可推算出植株枯枝落叶有机碳残留量与时间的相关关系曲线。枯枝落叶的残留量其总体呈下降的趋势。有研究表明^[3], 枯枝落叶的分解主要集中于 4—10 月, 此时的温度和湿度都有利于微生物的繁殖与活动。10 月以后, 温度下降, 雨量减少, 导致微生物群落增长缓慢, 活动减弱, 残留量趋于稳定。这与本试验的失重率测定和实验曲线是相吻合的。由此可见, 植物分解速度与环境中的水分和温度条件有密切的关系^[4、12]。枯枝落叶的分解夏季最快, 冬季基本停止。

枯枝落叶的分解可用指数衰减模型来描述^[5、7]:

$$Y = Y_0 \times e^{-Kt}$$

式中: Y₀ 表示枯枝落叶有机碳起始量; K 表示枯枝落叶的年分解速率; Y 表示 T 时刻枯枝落叶有机碳残留量。由不同时间所测得的枯枝落叶的有机碳残留量数据通过此模型可估算出不同植物的年分解率, 并可由残留量的自然对数与时间的回归方程分别计算出 50% 和 95% 的枯枝落叶分解所需的时间 (见表 1)。可见, 油松叶的分解最为缓慢, 禾草次之, 杨树叶的分解最快, 其中禾草枯枝落叶的年分解率为 0.313, 完全分解需要 9.6 年; 油松叶枯枝落叶的年分解率为 0.190, 完全分解需 15.8 年, 而较快的杨树叶年分解率为 0.503, 完全分解需 6 年。不同植物其分解速度有着明显的差异, 这与植物本身的化学成分及组织分化程度的不同相关。有研究表明^[10], 植物残体的分解速度与植物蛋白含量成正比, 与纤维素特别是木质素的含量成反比。

表 1 枯枝落叶残留量自然对数 (Y) 的年 (t) 回归方程
Table 1 Regression equation between the natural logarithm of organic carbon remains (Y) in litters and year (t)

枯枝落叶	回归方程式	年分解率 K	T50%	T95%	相关系数
禾草	$Y = 2.478 - 0.313t$	0.313	2.214	9.572	-0.996
油松木	$Y = 2.387 - 0.190t$	0.190	3.647	15.768	-0.957
杨树叶	$Y = 1.930 - 0.503t$	0.503	1.378	5.962	-0.992

2.3 枯枝落叶分解过程中氮和磷营养元素的转化

氮和磷是植物营养元素的主要要素, 对植物的生长发育起着至关重要的作用。随着植物的不断分解, 残体中的氮磷含量不断发生变化。表 2 列出了 3 种不同枯枝落叶分解过程中营养元素氮、磷总含量占初始量 (袋) 的比例变化, 它反映了各元素积累与释放的过程。禾草和油松叶枯枝落叶在分解时氮和磷的释放过程是明显的, 而杨树叶中的氮和磷都有积累现象, 不仅没有回归土壤的氮和磷, 而且还需从土壤中固定一定的量。放置 63 周后, 仍没有两元素的净释放。

C/N 值是表征植物分解对土壤矿质态氮影响的一个重要指标^[11]。表 2 显示了 3 种不同枯枝落叶 C/N 值的变化, 油松叶的 C/N 值较大, 主要是其分解速度极为缓慢; 杨树叶的 C/N 值较小, 是由于 CO₂ 不断释放而 N 元素不断积累, 使其变小。杨树叶在分解初期, 分解的速度较快, 微生物对营养元素的需求超过供应, 不但没有氮素的释放, 反而出现了氮素积累。有研究表明, 腐解微生物在分解初期, 即出现大幅度增殖, 其生物量可提高数 10 倍^[6], 此时生物固定态氮也最高^[8]。但随分解进程, C/N 值会逐渐变小。

表 2 不同枯枝落叶残体的主要营养元素的变化(%)
Table 2 Nutrient remaining in litter's residues (%)

植物	周数	氮	磷	有机碳	C/N
禾草	0	100	100	11.919	95.81
	27	52.73	75.86	11.351	173.02
	45	75.80	61.21	9.407	99.76
	54	62.06	84.48	8.107	105.01
	63	73.71	62.93	7.497	81.65
油松叶	0	100	100	10.881	279.00
	27	92.56	84.38	10.774	298.45
	45	99.74	71.88	10.041	258.12
	54	82.82	69.79	8.412	260.43
	63	94.62	64.58	7.747	209.95
杨树叶	0	100	100	6.889	215.96
	27	394.04	200	6.573	52.29
	45	295.30	150	4.877	51.77
	54	248.59	135.53	3.630	45.78
	63	232.60	114.47	3.128	42.16

表 3 不同枯枝落叶下土壤的生态肥力变化
Table 3 Ecological fertility in soil incorporated with various litters

土壤位置	有机质 /%	全氮 /%	全磷 /%	土壤微生物量碳 /mgC·kg ⁻¹	土壤微生物数量 /万个·g ⁻¹	土壤微生物量 /mg·kg ⁻¹
禾草下	0.510	0.0209	0.0200	14.62a(3.16)	135.64a(33.31)	49.9a(0.69)
油松叶下	0.394	0.0116	0.0197	13.68a(1.18)	85.54b(15.66)	37.2b(0.64)
杨树叶下	0.418	0.0224	0.0200	38.04a(4.81)	141.06a(21.27)	56.5a(0.83)
对照土壤	0.379	0.0110	0.0175	4.47b(1.42)	67.58b(10.29)	25.3b(0.60)

注:同一列内字母不同者存在显著差异, $P=0.05$ 。

性物质和蛋白质含量较多,其纤维素的含量比较少,这对于微生物的迅速降解是极为有利的。油松叶细小成针状并为柱形不利于微生物的啃食,同时油松叶中含有较多的芳香族化合物也不利于微生物的降解。

(2) 从不同地区来看,皇甫川地区属于内蒙古荒漠化草原,该区禾草的枯枝落叶的年分解率为 0.313,完全分解约需 10 年;典型草原上羊草的枯枝落叶的年分解速率为 0.153,完全分解需 19 年。禾草的年分解率大,是因为皇甫川地区属于暖温性草原,水热条件比较适合,因此分解速度相对较快,而羊草地处的典型草原属于中温性草原,所以分解速率较慢。

(3) 枯枝落叶的分解是一个缓慢的过程,草原生态系统中氮和磷等元素的循环周期会很长,因此草场的过载和破坏必将导致土壤生态肥力的下降。从长远来看,由于枯枝落叶回归土壤具有连续性的特点,且它对土壤腐殖质的形成、土壤生物活性的提高、防止水土流失、保水、调温及营养物质归还等具有重要作用^[6]。皇甫川地区水土流失严重,地表保留一定量的枯枝落叶是必要的。枯枝落叶到达地表后很长一段时间可能产生氮和磷的积累,并且还固定一定量土壤中的氮和磷,所以建议在牧草生长季节适当施用氮和磷肥,以补充由于枯枝落叶分解而造成的周期性营养元

2.3 枯枝落叶分解对土壤生物环境的影响

不同枯枝落叶回归草原土壤后,通过土壤微生物及其酶的作用,产生营养物质的分解和转化。随着枯枝落叶残体中营养物质成分不断随时间发生变化,并对相应土壤的生物和化学特性产生影响。由表 3 显示,各种枯枝落叶回归草原后,均使邻近土壤的有机质及氮、磷含量有所增加。同时刺激土壤微生物活性的提高,杨树叶和禾草下土壤的微生物数量和微生物生物量均显著增加,从而加速土壤有机物质的转化和更新,改善了土壤生物环境。

3 讨论

(1) 从 3 种不同枯枝落叶的年分解率来看,杨树叶与禾草的年分解率较大,主要是因为它们中的水溶

素的缺乏,这对于荒漠化草原的恢复和草原生产力的提高具有良好的作用。

参考文献:

[1] 郭继勋. 羊草草地营养元素的吸收、积累和归还[J]. 中国草原, 1986,(5):31-34.

[2] 郭继勋,祝廷成. 羊草草原枯枝落叶积累的研究[J]. 生态学报, 1994,14(3).

[3] 郭继勋,祝廷成. 羊草草甸枯枝落叶的分解积累与营养物质含量动态[J]. 植物生态学与地植物学学报,1988,12(3).

[4] 陈灵芝,等. 英国 Hampsfell 蕨草草地生态系统中枯枝落叶分解作用的研究[J]. 植物生态学与地植物学丛刊,1982,6(4),302-313.

[5] 赵吉,廖仰南,张桂芝. 羊草和大针茅不同物候期植株的分解及其主要营养元素的转化[J]. 草原生态系统研究,1992,(4).

[6] 赵吉,廖仰南,张桂芝. 羊草和大针茅枯枝落叶分解及其微生物学效应[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1989,13(4),359-366.

[7] 胡慧慧,等. 两种中国特有树种的枯叶分解速率[J]. 植物生态学与地植物学学报,1986,10(1) 35-43.

[8] 程励励,等. 盆栽和田间条件下土壤¹⁵N 标记肥料氮的转化[J]. 土壤学报, 1989, 26(2) 124-130.

[9] 陈佐忠,汪诗平. 中国典型草原生态系统[M]. 北京:科学出版社, 204-222.

[10] 林心雄,等. 绿肥和稿秆等在苏南地区土壤中的分解特征[J]. 土壤学报, 1980, 17(4) 319-327.

[11] Bryant D M, A H Elisabeth, R S Timothy & D W Marilyn. Analysis of litter decomposition in an alPinus tundra[J]. Canadian Journal of Botany, 1998, 76: 1295-1304.

[12] Ausin A T & P M Vitousek. Precipitation decomposition and litter decomposability of Metrosideros polymorpha in native forests on Hawaii [J]. Journal of Ecology, 2000, 88: 129-138.