

358-364

维普资讯 http://www.cqvip.com
5876(3)第15卷 第4期
1995年12月生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 15, No. 4
Dec., 1995

羊草草原分解者亚系统的特性及作用*

赵吉¹⁾ 廖仰南²⁾(内蒙古大学自然资源研究所¹⁾; 生物系²⁾, 呼和浩特, 010021)

5812

Q949.714.2

A

摘要 在内蒙古羊草(*Leymus chinensis*)草原, 对其分解者亚系统的特性及作用开展研究, 采用网袋法对不同物候期羊草植株和凋落物的分解作用进行了测定, 结果如下: 1. 植株分解的最初2—3a中, 其残体表面的微生物生物量及转化酶、蛋白酶的活性均呈现返青期植株>结实期植株>果后营养期植株>凋落物。植株分解的速度亦为上述规律。2. 羊草植株被分解后, 可提高临近土壤的微生物活性, 各植株分解均引起土壤的C/N值下降, 老熟植株分解使土壤的HA/FA值升高。3. 幼嫩植株分解时, 其体内营养元素会较快释放; 凋落物分解则导致氮和磷元素的积累, 但钾下会。4. 通过指数衰减模型估算, 羊草凋落物的分解常数为 $0.153\text{g/g} \cdot \text{a}$, 95%被分解掉约需19a时间。5. 羊草草原凋落物的最大积累量为年输入量的6.54倍, 即 1175.6g/m^2 。6. 分解凋落物的微生物其生物量平均为 $4.4 \times 10^{-1}\text{g/g} \cdot \text{DW}$, 微生物所含能量仅占凋落物贮存能量的0.5%左右。

关键词: 羊草草原, 凋落物, 微生物, 营养元素, 分解作用, 积累, 能量流动。

草原生态学; 分解者亚系;

分解者亚系统是草原生态系统的重要组成部分, 植物所吸收的物质大部分以凋落物形式落在地表, 形成中间物质库, 在分解者的作用下使物质循环和能量流动得以正常进行。目前草原退化日益严重已引起人们的普遍关注, 弄清草原分解者亚系统的功能与特点就成为生态学的一个重要方面。有关这方面的研究在东北羊草草甸草原已开展了一些工作^[1,2], 但在干旱地区典型草原上开展的不多。本研究通过测定羊草不同物候期植株和凋落物的分解作用等内容, 研究了羊草草原分解者亚系统的基本特点及其作用, 并确定了该系统的几项主要指标。目的是为维持草原生态系统的平衡和防止草原退化提供科学依据。本研究是在1987—1992年间进行的。

1 研究地点、供试材料及方法

1.1 研究地点 设在中国科学院内蒙古草原生态系统定位站的综合治理退化草场试验区和羊草草原样区内。该地区属内蒙古高原半干旱草原气候, 年平均气温 -0.2°C , 冬季长达6个月。年均降水量358.4mm, 主要集中在6、7、8月份。土壤为栗钙土, pH 8.2—8.7。羊草 *Leymus chinensis* 是这类草原的主要建群种。

1.2 供试材料 包括羊草的返青期植株、结实期植株、果后营养期植株和立枯期植株(凋落物)。各植株体内的化学成分含量见表1。

1.3 方法 分解作用测定采用尼龙网袋法, 网袋大小为 $30\text{cm} \times 40\text{cm}$, 网眼大小为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。每个网袋中装入植物材料鲜重100g。微生物生物量和酶活性测定参照已有方法^[3,4]。植物残体的热值采用GR-3500型氧弹式热量计测定。

*国家自然科学基金资助项目, 中国科学院内蒙古草原生态系统定位站部分资助。

收稿日期: 1993 10 18, 修改稿收到日期: 1994 05 20。

表 1 供试羊草植株的化学成分含量(%)

Table 1 The percentage of chemical elements in plant materials of *L. chinensis*

植株材料 Plant materials	含水量 Water content	C	N	P	K	C/N
返青期 Turn green phase	62.9	40.3	4.13	0.34	3.04	9.76
结实期 Seed phase	57.5	43.8	2.00	0.19	1.51	21.90
果后营养期 Nutrient after seed phase	51.6	42.3	1.56	0.17	1.49	27.12
凋落物 Litter	9.0	44.2	0.55	0.044	0.36	80.36

表 2 植物残体表面的微生物生物量和酶活性(平均值)

Table 2 Microbial biomass and enzymic activities on
decomposing plant materials (Average)

植株材料 Plant materials	微生物生物量 Microbial biomass (10^{-5} g/g · OW)	转化酶 Invertase (Reducing sugar mg/g · OW)	蛋白酶 Protease ($\text{NH}_2\text{-N}$ mg/ g · OW)	纤维素酶 Cellulase (Glucose mg/ g · OW)
返青期 Turn green phase	3.44	32.62	0.58	0.114
结实期 Seed phase	2.22	32.66	0.54	0.130
果后营养期 Nutrient after seed phase	2.13	28.10	0.50	0.166
凋落期 Litter	1.16	18.34	0.54	0.134

OW = Plant organic weight

酶、蛋白酶的活性均呈现为:返青期植株>结实期植株>果后营养期植株>凋落物。但纤维素酶的活性变化规律有所不同(见表 2)。这一结果表明分解酶的活性变化与植株所能提供的酶底物量及其被分解的难易程度有关,亦反映分解中各自的酶促特性。

在植株残体分解过程中,真菌各类群出现明显的更替现象。头几个月里,毛霉属(*Mucor*)和木霉属(*Trichoderma*)中许多种类先后大量出现,起着先锋类群的作用。以后毛壳霉(*Chaetomium*)和单端孢霉(*Trichothecium*)的数量逐渐增加,并有顶孢头孢霉(*Cephalosporium acremonium*)、葡萄状穗霉(*Stachybotrys Corda*)等类群不断参与,真菌类群组成趋于复杂多样,其中大部分为纤维素分解能力较强的种类。随着分解作用的不断进行,放线菌的数量呈逐步增加趋势,它们将主要参与难被分解物质的分解作用。

2.2 对临近土壤的微生物活性和化学特性的影响

不同物候期羊草植株体内的化学成分组成各不相同(见表 1),它们回归草原土壤后,通过微生物及酶的作用,产生营养物质的分解、转化和固定。因此残体中的营养物质成分会不断随时间发生变化,并对临近土壤的生物和化学特性产生影响。

2 研究结果与分析

2.1 分解羊草植株的土壤微生物生物量及酶的活性

羊草植株回归草原土壤后,分解者微生物将对其进行分解。羊草植株的表面微生物生物量在分解初期大量增加,其中细菌和真菌尤为明显,并可持续较长时间。在最初的 2—3a 分解过程中,残体表面的微生物生物量及转化

表 3 植物材料回归草原对土壤酶活性和微生物数量的影响(平均值)

Table 3 The effect of different plant materials return to steppe on enzymic activities and microbial number(Average)

供试土壤* Soil samples	转化酶 Invertase(Reducing sugar mg/10g soil)	蛋白酶 Protease(NH ₂ - N mg/2g soil)	纤维素酶 Cellulase(Glucose mg/10g soil)	微生物总数 Microbial number ($\times 10^7$ /g soil)
返青期 Turn green phase	16.48 $\pm$ 0.84 (109)	0.043 $\pm$ 0.010 (113)	0.061 $\pm$ 0.031 (132)	141.2 (282)
结实期 Seed phase	17.55 $\pm$ 1.52 (116)	0.052 $\pm$ 0.013 (137)	0.068 $\pm$ 0.019 (147)	90.8 (182)
果后营养期 Nutrient after seed phase	19.66 $\pm$ 3.27 (130)	0.060 $\pm$ 0.020 (158)	0.085 $\pm$ 0.032 (185)	187.3 (375)
凋落物 Litter	17.57 $\pm$ 1.47 (116)	0.052 $\pm$ 0.016 (137)	0.060 $\pm$ 0.026 (130)	92.1 (184)
对照土壤 Soil check	15.16 $\pm$ 3.09 (100)	0.038 $\pm$ 0.009 (100)	0.046 $\pm$ 0.019 (100)	50.0 (100)

* 供试土壤采自靠近植物残体 2cm 以内,对照土壤采自远离残体 15cm 以外。

Soil samples; the soil near to plant residues within 2cm; check soil far from plant residues beyond 15cm.

表 4 植物材料回归草原对土壤 HA/FA 和 C/N 值的影响(平均值)

Table 4 The effect of different plant materials return to steppe on HA/FA and C/N in soil(Average)

供试土壤* Soil samples	返青期 Turn green phase	结实期 Seed phase	果后营养期 Nutrient after seed phase	凋落物 Litter	对照土壤 Soil check
HA/FA	0.55	0.52	1.10	0.82	0.64
C/N	11.5	11.4	11.4	11.9	12.0

* 同表 3 Same table 3.

表 3 显示,各植株回归草原后,均刺激邻近土壤中的微生物活性。土壤中微生物的生物量及转化酶、蛋白酶和纤维素酶的活性都有不同程度的提高,其中尤以果后营养期植株的作用最为明显。由表 4 可见,老熟的凋落物

和果后营养期植株在地表分解时,其临近土壤中的胡敏酸与富里酸比值(HA/FA)会高于远离残体的对照土壤。说明临近土壤中的腐殖酸稳定性成分相对增加,从而提高了土壤的优良结构性能。而幼嫩的返青期和结实期植株将使临近土壤的 HA/FA 值下降,表明它们在促进土壤有机物质转化和更新方面有作用。从土壤中的碳和氮比值(C/N)来看,各植株回归草原均使 C/N 值下降,土壤的氮素供应水平则会有一些提高,当然在这方面凋落物的作用不明显(见表 4)。综上所述,幼嫩的绿色植株回归草原可较快地为牧草生长提供矿质养分,凋落物则在提供土壤稳定的腐殖质方面有贡献。

2.3 植株残体中主要营养元素的转化

图 1 是羊草植株及凋落物分解中残体内氮、磷和钾营养元素含量占初始量(袋内)的百分含量变化,它可直接反映出该元素的积累与释放过程。

由图 1 可见,愈幼嫩的植株其体内营养元素的释放愈迅速,归还给土壤的时间也就越短。544d 后,返青植株残体中的氮、磷、钾含量分别仅占初始量的 16.4%、12.5%和 3.8%。结实期和果后营养期植株除在分解初期略有氮和磷的积累外,整个释放作用也较明显。可见,刈青施肥可较快地为牧草生长提供矿质养分。而在凋落物分解过程中,除钾元素的释放明显以外,氮和磷元素亦均有显著的积累过程。544d 后仍没有二元素的净释放^[6]。可见凋落物的分解将导

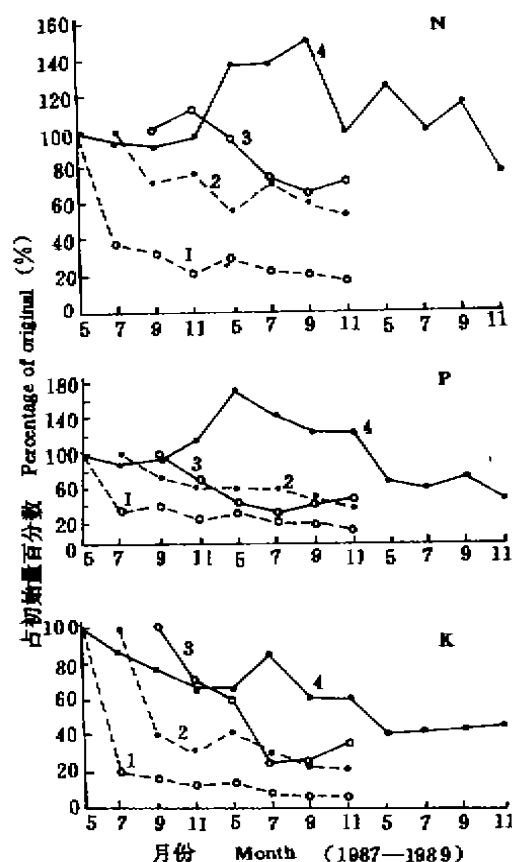


Fig. 1 羊草各植株残体中营养元素的转化
Exchange of Nitrogen, Phosphorus, Potassium in
different plant residues of *L. chinensis*
每点为残留量占初始量(袋内)的百分率。
Each point is the percent remaining of the amount
in original bag.
1 返青期植株 The plant of trun green phase
2 结实期植株 The plant of seed phase
3 果后营养期植株 The plant of nutrient after
seed phase 4 凋落物 Litter

掉分别需 4—5a 时间。

2.5 凋落物的积累

凋落物积累是一系列的年输入量与不断分解引起的消失量之差,可采用下式表达:

$B = L/k(1 - e^{-kt}) + L_0 \cdot e^{-kt}$ (Birk, E. M. 1980)^[3], 式中: B 为任意 t 的积累量; L 为凋落物年输入量; L_0 为初始凋落物量。1981—1989 年, 羊草草原样地的最大植物地上部分生物量平均为 $199.86\text{g}/\text{m}^2$, 根据测算将有约 90% 最终以凋落物形式落到地表, 即 $179.87\text{g}/\text{m}^2$ 。因此, 羊

致草原土壤中氮和磷营养元素的周期性缺乏, 适时补充氮磷肥对提高草原生产力是必要的。

C/N 值是表征植物分解时对土壤矿质态氮影响的一个重要指标, 当植物体内 C/N 值较大时 (大于 35), 它的分解就会导致一定量的有效态氮被固定^[3]。羊草凋落物的 C/N 值为 80.36, 在它分解过程中对氮素的固定作用就很显著。

通过以上结果分析, 建议在草原地区应合理放牧或割草以适当保留凋落物层, 并在牧草生长季采取刈草压青或少量施用无机肥料的措施。这些措施会对改善土壤的结构性能、提高土壤供肥能力、维持草原生态系统平衡起良好作用。

2.4 分解作用

图 2 显示植株体内有机碳残留率的年动态, 有机碳含量可以更好地反映植株残体分解状况, 并消除一部分土壤颗粒等杂质带来的测定误差。由图 2 可见, 各植株分解速度是不同的, 越老熟的植株其分解速度越慢, 凋落物的分解最为缓慢。并且分解速度与植株体本身的 C/N 值相关联 (见表 1)。利用分解模型: $C_t = C_0 \cdot e^{-kt}$ (Olson, J. S. 1963)^[12], 通过有机碳残留量的测定, 计算出羊草凋落物的年分解常数 (k) 为 $0.153\text{g}/\text{g} \cdot \text{a}$, 其有机碳残留量自然对数 (y) 的年 (t) 回归方程为: $y = 4.550 - 0.153t$ ($r = -0.955$), 如其一半或全部 (95%) 被分解分别需 4a 和 19a。返青期、结实期和果后营养期植株的回归方程依次为: $y = 4.080 - 0.823t$; $y = 4.591 - 0.641t$; $y = 4.678 - 0.606t$, 全部分解 (95%)

* 该数据由本所王伟同志提供, 特此致谢。

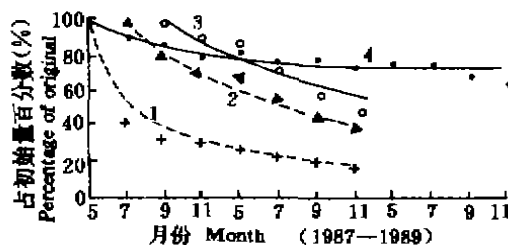


图2 植株有机碳残留百分率

Fig. 2 The percent remaining of organic carbon in plant residues

- 1 返青期植株 The plant of turn green phase
2 结实期植株 The plant of seed phase
3 果后营养期植株 The plant of nutrient after seed phase 4 凋落物 Litter

草草原样地的最大积累量($B_{\infty} = L/k$)应为 $1175.62\text{g}/\text{m}^2$ 。围栏 9a 未放牧的羊草草原永久样区内凋落物积累量实测值平均为 $944.5\text{g}/\text{m}^2$, 这个结果与预测值 $954.5\text{g}/\text{m}^2$ 接近。

2.6 分解者微生物在能流中的作用

土壤微生物在草原凋落物分解中起着最主要的作用, 它们主要包括细菌、真菌和放线菌。通过测定凋落物残体上的细菌和菌丝生物量的年动态变化, 考虑部分孢子生物量, 每克残体上平均有微生物生物量 $4.4 \times 10^{-4}\text{g}/\text{g} \cdot \text{DW}$ 。微生物的热值含量是 $18.86\text{kJ}/\text{g} \cdot \text{DW}$ (Hanssen, 1975)^[9]。同时进行的凋落物的热值含量的测定, 结果显示其热值随分解进程呈波动变化, 平均值是 $14.96\text{kJ}/\text{g} \cdot \text{DW}$ 。利用上述已知数值,

通过凋落物积累公式即可对羊草草原凋落物积累过程的能量流动状况进行估算, 显示出分解微生物的贮存能量一般仅占凋落物所贮能量的 0.5%, 同时, 却使大部分能量不断释放到环境中 (见表 5)。

表5 羊草草原凋落物积累过程中的能量贮存与释放(kJ/m^2)

Table 5 Storage and release of energy in process of litter accumulation in the steppe

能量 Energy	年数 Years								
	0 (1981)	1	2	3	4	5	10	15	19
凋落物贮存 Litter storage	447.8	635.4	795.9	932.9	1050.6	1151.7	1478.7	1631.0	1691.6
微生物贮存 Microorganisms storage	0.1	3.5	4.4	5.2	5.9	6.4	8.2	9.1	9.4
向环境释放 Release to environment	0	79.9	188.8	320.4	471.9	640.1	1640.6	2856.6	3875.1
合 计 Total	447.9	718.8	988.7	1258.5	1528.4	1798.2	3147.5	4496.7	5576.1

综上所述, 分解者-微生物在草原生态系统的物质转化和能量流动中起着非常重要的作用。由于羊草草原位于半干旱气候带, 气温低且降水少, 因而凋落物的分解速度较缓慢, 营养元素归还草原土壤的周期也较长。并且在分解过程中, 氮和磷等营养元素还可产生积累与固定作用, 使草原土壤出现周期性养分短缺现象。因此, 通过合理的放牧制度使植物吸收的一部分营养物质以牲畜粪尿形式回归草原, 从而加速分解者的分解作用并加快营养元素的周转有其积极的作用。

参 考 文 献

- 1 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. 植物生态学与地植物学学报, 1988, 12(3): 197--

204

- 2 杨靖春, 祖元刚等. 东北羊草草原微生物在能流中作用的研究. 生态学报, 1988, 8(3): 270—275
- 3 廖仰南. 草原土壤微生物生物量测定方法. 草原生态系统研究, 第二集. 北京: 科学出版社, 1988, 233—238
- 4 许光辉、郑洪元主编. 土壤微生物分析方法手册. 北京: 农业出版社, 1986, 102—109, 261—287
- 5 Bocoock K L. Changes in the amounts of dry matter, nitrogen, carbon and energy in decomposing woodland leaf litter in relation to the activities of the soil fauna. *J. Ecology*, 1964, 52(2): 273—284
- 6 Brinson M M. Decomposition and nutrient exchange of litter in an alluvial swamp forest. *Ecology*, 1977, 58(3): 601—609
- 7 Olson J S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 1963, 44: 332—331
- 8 Birk E M and Simpson R W. Steady state and the continuous input model of litter accumulation and decomposition in Australian eucalypt forests. *Ecology*, 1980, 61(3): 481—485
- 9 Hanssen J F. Part I *plant and microorganism*. New York, 1975, 239—250

CHARACTERISTICS AND FUNCTION OF DECOMPOSER SUBSYSTEM IN *LEYMUS CHINENSIS* STEPPE

Zhao Ji

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

Liao Yangnan

(Department of Biology, Inner Mongolia University, Huhhot, China, 010021)

The present paper studied the characteristics and functions of decomposer subsystem of *Leymus chinensis* steppe in Inner Mongolia. The decompositions of litter of *Leymus chinensis* plant and materials in different phenological periods were determined by net-bag method. The main results were as follows: 1. The biomass of microorganisms and the activities of enzymes (protease and invertase) on the surface of the residues of young plants were higher than that of old plants. The decomposing rate of young plants materials was faster than that of old plants. 2. The activities of microorganisms in soil increased after the plant materials were returned to the soil. The ratio of C/N in soil decreased because the ratio of HA/FA was increased owing to the old plant material decomposition. 3. Fast release of nutrient elements from young plant caused N and P to accumulate in litter, while K was released quickly in all plant materials. 4. Based on the exponential model, the remain weight of organic C, the litter decomposing rate was $0.153\text{g/g} \cdot \text{a}$. It means that 95% of the decomposed litter would be lasted for 19 years. 5. the maximum accumulative quantity in the steppe was about 6.54 times of annual input quantity of the litter, reaching 1175.6g/m^2 . 6. The mean microbial biomass at the surface of litter residues was about $4.4 \times 10^{-3}\text{g/g} \cdot \text{DW}$, the storage energy of the microorganisms on the litter residues was only 0.5% of that of the litter.

Key words: *Leymus chinensis* steppe, litter, microorganisms, nutrient elements, decomposition, accumulation, energy flow.