

# 高山草甸土纤维素分解的季节性动态\*

姜文波、王启兰、杨涛、耿博闻

(中国科学院西北高原生物研究所)

## 摘要

作者对4种不同植被类型的高山草甸土纤维素分解的季节性动态进行了研究。结果表明，高山草甸土的纤维素分解率在7月和8月达到最高值，5月和11月最低，呈现出明显的季节性变化。高山灌丛草甸土的纤维素分解率高于碳酸盐高山草甸土。在碳酸盐高山草甸土中，矮嵩草草甸土和垂穗披碱草草甸土的纤维素分解率又高于退化的矮嵩草草甸土。纤维素分解率与土壤温度呈正相关。纤维素分解速度随着土壤温度的升高而增加。纤维素分解强度与纤维素分解菌、真菌菌丝生物量也都呈正相关。说明土壤中纤维素分解是微生物的协同作用。

关键词：高山草甸土；纤维素；纤维素分解

纤维素是高等植物中最丰富的含碳素组分。它的分解在碳素生物学循环中有着特殊的作用。纤维素分解在国外研究较多(Coleman, 1973; Berg 等, 1975; Turner 等1971; Ljungdahl 等, 1985)。为了进行生态系统的研究，作者于1993年5—11月在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站进行了纤维素分解的季节性动态的研究。

## 材料与方法

### 1. 样地和供试材料

海北高寒草甸生态系统定位站的主要土壤类型为高山草甸土，其中又分碳酸盐高山草甸土和高山灌丛草甸土等亚类。在碳酸盐高山草甸土中，采用矮嵩草(*Kobresia humilis*)草甸、垂穗披碱草(*Elymus nutans*)草甸和退化的矮嵩草草甸(人工草场)3种不同植被类型的土壤。高山灌丛草甸土中，采用金露梅(*Potentilla fruticosa*)灌丛植被的土壤。

\* 李英年先生提供气象资料，特此致谢。

纤维素分解样品采用杭州新华造纸厂生产的Φ9厘米的202定量滤纸。滤纸在干燥箱中105℃烘干至恒重后准确称重，置于49孔/厘米<sup>2</sup>的尼龙网袋中备用。

测定纤维素分解强度分别在上述4种植被的土壤中。每月将装有滤纸的尼龙网袋于前月底埋入5厘米深的土壤内，当月底取出，测定纤维素的分解率。每个试验处理设置12个重复样品。

## 2. 测定方法

纤维素分解强度以其分解的百分率表示。回收的样品袋在105℃烘干称重后置于马福炉中550℃灼烧6小时，冷却至室温后再称重。用相同方法测定土壤灼烧后的灰分重，计算出干土与土壤灰分的比值系数。用公式计算纤维素分解百分率：

$$\text{纤维素分解率} (\%) = \frac{W_1 - (W_2 - W_3 \cdot k)}{W_1} \times 100$$

式中  $W_1$  为滤纸埋放前干重， $W_2$  为回收滤纸在105℃烘干后的重量， $W_3$  为回收滤纸灼烧后的灰分重， $k$  为土壤干重与土壤灰分重的比值系数。

## 结果与讨论

### 1. 纤维素分解的季节性动态

1993年5—11月的纤维素分解率列于表1。

表1 高山草甸土纤维素分解率(%) 的季节性动态  
Table 1 Seasonal dynamics of cellulose decomposition rate(%)  
in the alpine meadow soil

月份 Month	高山灌丛草甸土 Alpine scrubby meadow soil	碳酸盐高山草甸土 Carbonate alpine meadow soil		
		金露梅灌丛 <i>Potentilla fruticosa</i> shrub	矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	垂穗披碱草草甸 <i>Elymus nutans</i> meadow
5月 May	1.63	2.25	1.04	0.36
6月 June	18.90	16.87	15.46	8.43
7月 July	61.34	49.33	38.72	22.63
8月 Aug.	62.93	55.69	46.56	19.88
9月 Sept.	39.07	16.98	24.58	4.00
10月 Oct.	26.34	9.11	19.42	0.98
11月 Nov.	1.61	0.67	2.67	0.00

4种植被类型土壤的纤维素分解率均呈现明显的季节性变化。5月份和11月份最低，7月份和8月份达到最高值。纤维素分解率大小依次为金露梅灌丛草甸土>矮嵩草草甸土>垂穗披碱草草甸土>退化的矮嵩草草甸土。经t检验表明，高山灌丛草甸土的纤维素分解

强度显著地高于碳酸盐高山草甸土 ( $P < 0.05$ )。在碳酸盐高山草甸土中，矮嵩草草甸土和垂穗披碱草草甸土之间的纤维素分解强度无显著性差异 ( $P > 0.05$ )，说明二者的分解率处于同一水平上。而退化的矮嵩草草甸土的纤维素分解强度则低于矮嵩草草甸土 ( $P < 0.05$ ) 和垂穗披碱草草甸土 ( $P < 0.02$ )，这是因为草甸的退化和植被的破坏导致土壤中微生物活性的降低，从而使纤维素的分解率也随之降低。

## 2. 纤维素分解与土壤温度的关系

1993年高寒草甸生态系统定位站5—11月份5厘米深土壤的月平均温度列表2。因条件限制，表2的土壤温度为垂穗披碱草草甸土的月平均温度，其它三种植被的土壤月平均温度大致与此相近。

表2 1993年海北高寒草甸生态系统定位站5厘米深土壤月平均温度(℃)

Table 2 Monthly mean soil temperature(℃) in 5 cm depth at the Haibei  
Alpine Meadow Ecosystem Research Station in 1993

月 份 Month	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 Aug.	9 月 Sept.	10 月 Oct.	11 月 Nov.
土壤温度 Soil temperature	5.1	9.3	11.7	13.8	10.0	6.1	-0.7

表3 高山草甸土纤维素分解率与土壤温度、纤维素分解菌和真菌菌丝生物量的相关系数

Table 3 Coefficient of correlation of cellulose decomposition rate  
with soil temperature, cellulose-decomposing microorganisms  
and fungal hyphal biomass in the alpine meadow soil

项 目 Item	高山灌丛草甸土 Alpine scrubby meadow soil	碳酸盐高山草甸土 Carbonate alpine meadow soil		
		金露梅灌丛 <i>Potentilla</i> <i>fruticosa</i> shrub	矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	垂穗披碱草草甸 <i>Elymus nutans</i> meadow
土壤温度 Soil temperature	0.8741*	0.8499*	0.8760**	0.7986*
纤维素分解菌 Cellulose-decomposing microorganisms	0.7954*	0.9625***	0.7597*	0.7432*
真菌菌丝生物量 Fungal hyphal biomass	0.8129*	0.9178**	0.9224**	0.9655***

$n=7$ , \*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ , \*\*\*  $P < 0.001$

用土壤的月平均温度对纤维素分解率进行相关性分析，垂穗披碱草草甸土的相关系数为 $0.8760$  ( $P<0.01$ )，相关非常显著。用表2的土壤月平均温度代表其它三种植被的土壤温度，与相应植被土壤纤维素分解率的相关系数见表3，相关都显著 ( $P<0.05$ )。由于金露梅灌丛土的上层腐殖质较厚，有机质含量较高(乐炎舟等，1982)，故9、10月份的土壤温度应比表2中的测定值高。而退化的矮嵩草草甸因原有植被被破坏，8月份后土壤温度的下降速率比表2中的土壤温度降低快。因此金露梅灌丛和退化的矮嵩草草甸土壤温度与纤维素分解率的相关性应比表3中的计算值 $r$ 表现得更为显著。由此可见，纤维素分解与土壤温度呈明显的正相关。随着土壤温度的升高，纤维素分解率逐渐增大，反之亦然。

从11月份纤维素分解率看，除退化的矮嵩草草甸土外，其它3种植被土壤中的纤维素都略有分解。当月土壤的月平均温度为 $-0.7^{\circ}\text{C}$ ，实际上11月17日之前5厘米深土壤的最高温度为 $0^{\circ}\text{C}$ 或 $0^{\circ}\text{C}$ 以上。因此，在自然条件下，土壤温度在 $0^{\circ}\text{C}$ 以上时纤维素分解在土壤中都能进行(定位站1993年全年5厘米深土壤的最高温度为 $28.0^{\circ}\text{C}$ )。

### 3. 纤维素分解与土壤纤维素分解菌的关系

作者于采样时间的同时测定了土壤纤维素分解菌主要种群的数量\*。因纤维素分解是一个逐渐积累的过程，所以选用相邻两次测定的纤维素分解菌数量的平均值(见表4)对纤维素分解率进行相关分析，相关系数列于表3。\*

表4 高山草甸土纤维素分解菌的月平均数 ( $\times 10^3$ )  
Table 4 Moathly mean numbers ( $\times 10^3$ ) of cellulose-decomposing  
microorganisms in alpine meadow soil

月 份 Month	高山灌丛草甸土 Alpine scrubby meadow soil		碳酸盐高山草甸土 Carbonate alpine meadow soil	
	金露梅灌丛 <i>Potentilla fruticosa</i> shrub	矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	垂穗披碱草草甸 <i>Elymus nutans</i> meadow	退化的矮嵩草草甸 degraded <i>Kobresia</i> <i>humilis</i> meadow
5月 May	7.90	3.59	13.27	6.22
6月 June	11.95	8.32	16.59	7.38
7月 July	13.04	18.04	18.96	7.63
8月 Aug.	21.37	21.68	19.54	8.24
9月 Sept.	18.72	13.53	15.00	5.17
10月 Oct.	7.60	6.98	9.21	1.50
11月 Nov.	4.75	3.49	8.42	1.31

4种植被类型土壤的纤维素分解率与纤维素分解菌数之间的相关系数 $r$ 为 $0.7432$ —

\* 王启兰、姜文波、耿博闻、杨涛，高寒草甸生态系统不同植被土壤纤维素分解菌的季节性动态，待发表。

0.9625 ( $P<0.05$ 或 $P<0.001$ )。说明二者之间呈显著的正相关。即土壤中的纤维素分解主要是纤维素分解菌的作用。

#### 4. 纤维素分解与土壤真菌生物量的关系

土壤真菌生物量包括真菌菌丝生物量和真菌孢子生物量。将纤维素分解率对真菌菌丝生物量、真菌孢子生物量(王启兰等, 1991)进行相关分析, 结果表明纤维素分解率与真菌菌丝生物量之间呈非常显著的正相关( $P<0.05$ 、 $P<0.01$ 或 $P<0.001$ )(表3)。而它与真菌孢子生物量的相关系数则不显著( $P>0.05$ )。因土壤中的真菌孢子没有萌发生长, 它在土壤纤维素分解过程中不起主要作用。仅土壤真菌菌丝参与了纤维素的分解过程, 故土壤真菌菌丝生物量愈大, 纤维素分解活性愈高。

#### 参 考 文 献

- 王启兰、李家藻, 1991, 高寒草甸生态系统不同植被土壤真菌生物量的测定。高寒草甸生态系统, 第3集。167—174. 科学出版社。
- 乐炎舟、左克成、张金霞、赵宝莲、王在模、郭建华, 1982, 海北高寒草甸生态系统定位站的土壤类型及其基本特点。高寒草甸生态系统(夏武平主编), 19—23. 甘肃人民出版社。
- Berg B, Karenlampi L, Veum A K, 1975, Comparison of decomposition rates measured by means of cellulose. 260—267, in *Fennoscandian Tundra Ecosystem* (F. E. Wielgolaski, ed.). Springer-Verlog, Berlin, Heidelberg, New York.
- Coleman D C, 1973, Comparative investigations in the U. S. IBP Grassland Biome: decomposition section, U. S. IBP Grassland Biome, Tech. Rep. No. 210, Fort Collins, Colorado State Univ.
- Ljungdahl L G, Eriksson K, 1985, Ecology of microbial cellulose degradation. 237—299, in *Advances in Microbial Ecology* (K. C. Marshall, ed.). Plenum Press, New York.
- Turner J, Pengra K M, 1971, Decomposer studies at the Cottonwood site, U. S. IBP Grassland Biome, Tech. Rep. No. 126, Fort Collins, Colorado State Univ.

# SEASONAL DYNAMICS OF CELLULOSE DECOMPOSITION IN ALPINE MEADOW SOIL

Jiang Wenbo Wang Qilan Yang Tao Geng Bowen

(Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy of Sciences)

## Abstract

The cellulose decomposition of alpine meadow soil was studied at the Haibei Research Station from May to November in 1993. Two soil types were alpine scrubby meadow (*Potentilla fruticosa* shrub) soil and carbonate alpine meadow (*Kobresia humilis* meadow, *Elymus nutans* meadow and degraded *Kobresia humilis* meadow) soil.

The experimental results indicated that the cellulose decomposition rate (CDR) was presented a significant seasonal dynamics. The max. value of CDR was observed in the period of July and August, and CDR was rather low in May and November. CDR in alpine scrubby meadow soil was significantly higher than that in carbonate alpine meadow soil. In carbonate alpine meadow soil, CDR of *Kobresia humilis* meadow soil in a natural pasture was significantly higher than that in a degraded pasture. The pasture degradation probably results in decrease of CDR. But, CDR of *Kobresia humilis* meadow soil and *Elymus nutans* meadow soil showed no statistically significant differences.

The experimental results showed that CDR was correlated with the soil temperature. The cellulose decomposition in alpine meadow soil was occurred when the soil temperature is above 0°C in nature. It also showed that CDR was correlated with the cellulose-decomposing microorganisms and the fungal hyphal biomass respectively.

**Key words:** Alpine meadow soil; Cellulose; Cellulose decomposition