

文章编号: 0564-3945(2000)03-0122-03

亚高山草甸土纤维素分解过程 及与环境因子的对应关系

李英年, 姜文波

(中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810008)

摘要:对海北高寒草甸生态系统的矮嵩草研究表明,在亚高山草甸土中纤维素的分解,作用均在月均温度最高时达最大,2 月份最小,年内表现有明显的单峰式曲线变化过程;非退化矮嵩草草甸的纤维素分解显著高于退化的矮嵩草草甸;纤维素分解除自身的季节变化规律外,与气象等环境因子有关,特别是与水热协调配合具有极显著线性正相关关系($P < 0.001$)。

关键词:亚高山草甸土;纤维素分解;环境因子;矮嵩草草甸

中图分类号: S155.2⁺92 **文献标识码:** A

纤维素是高等植物中含碳素最为丰富的组成部分,纤维素分解作用活性是土壤微生物生长发育和代谢衰盛的重要标志,其分解作用在生态系统碳循环过程中占有重要的特殊作用。对此国内外学者于农田、森林、草地作了较多的研究^[1~4]。

青藏高原高寒草甸分布地区,由于气候条件恶劣,植物生境严酷,致使土壤中纤维素分解菌的数量明显减少,分解过程也极为缓慢,但分解的季节性变化非常明显,研究者对于分解过程的季节性动态虽有不少报道^[3,4],但这些研究对于分解的季节性变化解释一般均基本为描述性的,大多以定性的形式来给出结果。为此,本文尝试在前人研究的基础上,对高寒草甸分布地区的纤维素分解过程及与环境因子间的关系模拟予以解释,定量地描述纤维素分解过程中随季节动态的变化状况。

1 自然环境及资料概况

1.1 研究地点及自然概况

本研究工作在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站(简称海北站)进行。海北站地处青藏高原东北隅,祁连山北支冷龙岭东段南麓坡地的大通河河谷,37°37'N、101°19'E、海拔 3200m。由于地处高寒,年平均气温仅为 -1.7℃,但年降水量因受地形影响可达 580mm 左右。

特殊的地理、气候环境下,这里形成了以坡积—残积物、洪积—冲积物、古冰水沉积物所发育形成的亚高山草甸土、高寒灌丛土为主,部分地带分布有钙积土的土壤类型。土壤发育年轻、简单,土层浅薄,具有较强的

薄层性和粗骨性,有机质含量丰富,潜在肥力高。植被类型以高寒草甸和高寒灌丛为主,植物群落种类组成较少,低矮、密集、生长期短促、生物生产力低等为基本特点^[5,6]。

1.2 实验样地及研究方法

供试样地系典型的高寒矮嵩草草甸植被类型下的亚高山草甸土壤,实验于 1993 年 1~12 月分别在非退化矮嵩草草甸和退化的矮嵩草草甸二种类型植被下的土壤进行。纤维素分解样品采用杭州新华造纸厂生产 9cm 的 202 定量滤纸,滤纸在干燥箱内 105℃ 烘干至恒重后称重,置 49 孔/cm² 的尼龙网袋中备用。所测定手段及计算方法如下^[4]:纤维素分解强度以分解的百分率表示,测定纤维素分解是将装有滤纸的尼龙网袋,于前月下旬埋入 5cm 土层,在当月底取出,一般在 23~28 日,实验处理设置 12 个重复样品。为了处理方便,本文以 25 日为基准,即统计各月纤维素分解值依自上年 12 月 25 日起,以后每月 25 日置袋于土层,相应以后各月 25 日取回尼龙网袋进行计算处理。其所对应的时间进程按各期间日数累计天数统计,即有 1 月 25 日为 31,2 月 25 日为 62, ..., 12 月 25 日为 365。

回收的样品袋在 105℃ 下烘干称重并置于马福炉中,以 550℃ 灼烧 6 小时,冷却至室温再称重。用相同方法测定土壤灼烧后的灰分量,计算出干土与土壤灰分的比值。用下列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:W₁ 为滤纸埋放前重;W₂ 为回收滤纸经 105℃ 烘干后的重;W₃ 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。

收稿日期:1998-12-02

基金项目:中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站基金资助

作者简介:李英年(1962-),男,青海乐都县人,高级工程师,主要从事生物气象研究工作。

2 结果分析

2.1 纤维素分解的季节过程

高寒草甸地区,由于高海拔条件的制约,气温较低.海北站在最暖的7月月平均气温仅为9.8℃,年内无霜期只有22天左右,依气象四季的标准来衡量,这里全年皆冬,只有冷暖之分.冷季漫长而寒冷,暖季短促而凉爽.在其环境条件下,纤维素分解极为缓慢,要比我国东部地区约低60%以上.年内纤维素分解量在非退化矮嵩草草甸平均仅为12.81%,其中,在冷季的11—翌年5月纤维素分解最为缓慢,7个月时间平均仅为0.49%,只占全年的2%;暖季的6—10月,平均为29.60%,占全年的98%;而在退化的矮嵩草草甸年平均更低,为4.98%,冷季平均0.54%,暖季平均11.18%,分别占全年的7%和93%.

图1给出了1993年1~12月二种矮嵩草草甸植被类型(非退化矮嵩草草甸和退化的矮嵩草草甸)纤维素分解的月际动态变化情况.由图1看到,二种矮嵩草草甸植被类型下的亚高山草甸土纤维素分解作用,分解过程的月际分布趋势基本一致,在6~9月平均高于其它月份,平均分别为34.72%和13.74%.二种不同类型状况下纤维素分解出现最高月略有差异,非退化矮嵩草草甸土出现在8月,为55.69%;而退化的矮嵩草草甸土出现在7月,为22.63%;最低均出现在2月,分别为0.26%和0.19%.非退化矮嵩草草甸土的纤维素分解明显大于退化的矮嵩草草甸土.年内呈现

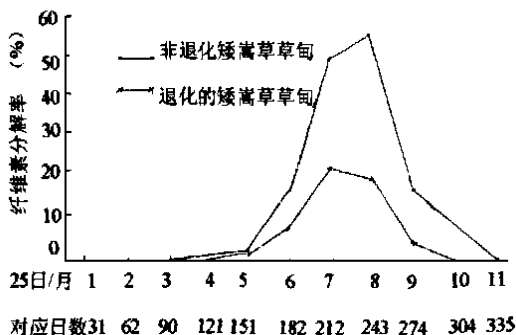


图1 矮嵩草草甸纤维素分解动态变化

出明显的单峰式曲线变化.在随地球公转,太阳辐射发生月际分布变化所引起的气候周期过程中,表现出一定的周期规律.

为了找出纤维素分解过程中极端最高值出现时间,我们采用两直线交点法,即由纤维素分解的趋势中,在增大最快与减小最迅速二阶段分别建立直线方程,再用二方程得出解来确定.由纤维素分解的月趋势分布来看(图1),自5月至8月(退化的矮嵩草草甸自5月至7月)纤维素分解基本呈直线上升,而8月至11

月(退化的矮嵩草草甸自7月至10月)纤维素分解基本呈直线下降),因此,以二阶段分别建立方程有:

$$\begin{aligned} \text{非退化的矮嵩草草甸土 上升} & Y = -92.8848 + 0.6290N \\ & (n=4 \quad r=0.9693 \quad 151 \quad N \quad 243) \\ \text{下降} & Y = 184.1222 - 0.5658N \\ & (n=4 \quad r=-0.9192 \quad 243 \quad N \quad 335) \\ \text{退化的矮嵩草草甸土 上升} & Y = -51.5848 + 0.3439N \\ & (n=3 \quad r=0.9781 \quad 151 \quad N \quad 212) \\ \text{下降} & Y = 79.9303 - 0.2635N \\ & (n=4 \quad r=-0.9524 \quad 212 \quad N \quad 304) \end{aligned}$$

其中Y为纤维素分解量:N为自上年度12月25日起的天数累积.由上二方程组看到,同一组斜率相反,故只有一解,这个解的N值可理解为纤维素分解量达最大时所对应的累积天数,由此可计算出所对应出现的日期.其解分别为:非退化的矮嵩草草甸土N=231.84;退化的矮嵩草草甸土N=216.52.它表示非退化的矮嵩草草甸土纤维素分解量在上年度12月25日后的第232天左右达最大,约在8月14日出现;而在退化的矮嵩草草甸土纤维素分解量在上年度12月25日后的第217天左右达最大,约在7月30日出现.由1993年气温及降水旬平均分配分布的情况来看,7月中旬到8月上旬,三旬平均气温分别为10.1℃、11.1℃和9.8℃,是年内气温最高的三个旬,所对应的旬降水量分别为58.6mm、34.3mm和59.1mm,也是年内三个旬降水量最高时期,表现出该阶段气候条件年内最为优越,对纤维素分解最为有利.虽然这种解的方法带有一定的主观性,但误差不会太大,仍具有可靠的实际意义.

2.2 纤维素分解与环境因素间的关系及模拟

纤维素分解与气候条件的影响是分不开的,毫无疑问,土壤—植被在良好的环境条件下微生物活动旺盛,因而致使纤维素分解过程与气候环境因素密切相关.为了说明问题,我们利用主要环境因子—气温、降水、空气相对湿度、地温(10cm)、土壤水分以及气温与降水的乘积,分别建立与纤维素分解过程中月际变化的直线回归方程,列表1.由表1可以看出,纤维素分解与当月各环境因子间的相关系数均有较高的水平, $n=12$ (土壤水分资料只有4~11月,故 $n=8$),大多数呈显著性检验水平($P < 0.01$).其中,在非退化矮嵩草草甸纤维素分解与环境因素间相关程度表现有:降水 > 相对湿度 > 5cm地温 > 气温 > 土壤水分;在退化的矮嵩草草甸表现出降水 > 相对湿度 > 气温 > 5cm地温 > 土壤水分.二者略有差异,但总体来讲,降水与空气相对湿度对纤维素分解的影响较其它要素明显,正相关关系最为显著,温度因素略低些,成为限制纤维素分解的主要条件.与土壤水分的相关并非明显,表明纤维素分解与土壤水分含量的多少没有多大联系(或联系不甚明显).考虑到天气气候因子表现有明显的季节性,水热同季,本文对降水、气温状况进行了同期的乘

表 1 纤维素分解与环境因子间线性回归关系

土壤类型 系数	退化的矮蒿草甸				非退化矮蒿草甸			
	A	B	r	F	A	B	r	F
气温(T)	15.3711	1.6811	0.7343	11.70	6.0913	0.6828	0.7291	11.35
降水(R)	-2.8683	0.3706	0.9336	67.89	-1.4830	1.1527	0.9450	83.48
相对湿度(U)	-125.1100	1.9630	0.8179	20.21	-47.9413	0.7533	0.7708	14.64
土壤水分(W)	-39.1543	0.3133	0.2423	0.44	-8.1282	0.0860	0.1669	0.17
5cm地温(D ₅)	8.6211	1.7383	0.7405	12.14	3.3192	0.6858	0.7207	10.81
T·R	3.1926	0.0385	0.9674	145.92	8.9567	0.0161	0.9937	786.16

* 直线回归方程 $y = A + BX$ (X 为各环境因子)

积,而后建立与纤维素分解量间的回归处理,发现降水与气温的积与纤维素分解有很高的相关关系,二类草甸类型相关系数到达在 0.96 以上。这意味着,在高寒草甸地区,水热协同配合,对土壤纤维素分解具有很高的正相关作用。

高寒草甸地区纤维素分解具明显的季节变化规律,冷季的 11 月~翌年 5 月纤维素分解最为缓慢,而 6~10 月较为迅速。与环境因素的改变联系明显。在冬季气温极低,降水稀少,土壤呼吸微弱,甚至停止,纤维素分解极为微小;在暖季温度高,降水丰富,土壤呼吸强烈,有利于纤维素的分解,特别是水热配合协调,对纤维素的分解更为有利。

二类型草场纤维素分解在 5 月下旬基本同时升高,在 10 月到 11 月间,退化草甸分解较非退化草甸下降明显。这是因为,初春地表植物经冬春牧事活动及多吹风影响,地表近似裸露,植被盖度低,虽有立枯物存在,但较零散,二类草地类型受到相同的太阳光照照射,降水相同,地表温紧随气温的变化而变化。但在 10 月到 11 月,非退化草甸牧草在生长季生长旺盛,植被盖度大,高度较高,植被的存在可使土壤水分及热量散失较轻,保持了较高的水热条件;而退化的草甸地区,地表盖度较低,土壤松软,土壤水分及热量易散失,温度降低可减弱土壤的呼吸作用,最终导致纤维素分解

缓慢。

参考文献:

- [1] Berg B, Karenlampi L, Veum A K. Comparison of decomposition rates measured by means of cellulose in Fennoscandina Tundra Ecosystem [M] (F. E. Wielgolaski, ed.). Springer-Verlog, Berlin, Heidelberg, New York. 1975, 260~267.
- [2] Turner J, Pengra K M. Decomposer studies at the cottonwood site [M]. U. S. IBP Grassland Biome. Fort collint, Colorado State Univ. Tech. Rep. 1971, 126.
- [3] 李家藻,朱桂如,杨涛,等. 海北高寒草甸生态系统定位站纤维素分解和土壤 CO₂ 释放的研究[A]. 高寒草甸生态系统,第 1 集[C]. 兰州:甘肃人民出版社. 1982, 162~167.
- [4] 姜文波,王启兰,杨涛,等. 高山草甸土纤维素分解的季节动态[A]. 高寒草甸生态系统,第 3 集[C]. 北京:科学出版社, 1995, 183~187.
- [5] 乐炎舟,左克成,张金霞,等. 海北高寒草甸生态系统定位站的土壤类型及其基本特点[A]. 高寒草甸生态系统,第 1 集[C]. 兰州:甘肃人民出版社, 1982, 19~23.
- [6] 周兴民,李建华. 海北高寒草甸生态系统定位站的主要植被类型及其地理分布规律[A]. 高寒草甸生态系统,第 1 集[C]. 兰州:甘肃人民出版社. 1982, 9~17.

CHINESE JOURNAL OF SOIL SCIENCE

Vol. 31 No. 3 2000

Contents & Abstracts

- Genetic characteristics and taxonomic classification of soils in the Mountain Wuyi (97)
 CHEN Jia - fei (Research Center of Natural Resources, Fujian Normal University, Fujian Fuzhou, 350007, China)
Abstract: On the bases of Chinese soil taxonomy, the diagnostic features of six pedons in the Mr. Wuyi were identified and the correction in soil classification was discussed. The results showed that Udic Ferrisols, Udic Luvisols, Perudic Luvisols and Perudic Cambisols were distributed in the sequence from lower to higher elevation ranging from hill to mediate mountain.
Keywords: Soil taxonomy; Mountainous soils; The Mountain Wuyi
- Approaches in melioration and utilization of saline land in Shanxi Province** (102)
 ZHENG Bi - zhao (Shanxi Station of Soil and Fertilizers, Shanxi Taiyuan 030001, China)
- Digital soils - Opportunity and challenge faced by soil scientists in the 21st century (104)
 SHI Xue - zheng, YU Dong - sheng (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Jiangsu Nanjing 210008, China)
- Integrated evaluation of fertility of red soils in the hilly area of Zhejiang province in terms of numerical index** (107)
 LU Xiao - nan¹, LU Yun - pu², WANG Ren - chao¹ (1 Soil and Fertilizer Institute, Zhejiang AAS, Zhejiang Hangzhou 310021, China; 2 Institute of Remote Sensing & Information System Application, Zhejiang University, Zhejiang Hangzhou 310029, China)
Abstract: Integrated fertility evaluation of hilly red soils in Zhejiang province was conducted by using fuzzy mathematics and factor analysis. Two types of membership functions, S- and parabolic - types, with 11 indexes were developed according to the response of plants to the functions, and then the function values were calculated. The weighted values of the fertility indexes were estimated by the method of factor analysis. Finally, the integrated fertility indexes (IFI) and nutrient fertility indexes (NFI) were calculated and further tested with the corn yields of 38 treatments. The results showed that both IFI and NFI were significantly correlated with the corn yields ($P=0.05$), thus, the integrated evaluation could reflect the status of the red soils.
Keywords: Fertility of red soils; Integrated evaluation; Corn
- Acidification of red soils and control methods** (111)
 ZENG Xi - bo (Institute of Natural Resources and Agricultural Division, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)
Abstract: The current situation of acidification of red soils in China was analyzed first, and then the harmfulness of acidification and factors for acidification were discussed. Finally, some control methods were raised.
Keywords: Red soils; Acidification; Control methods
- Determination of soil available P by a technique of buried anion exchange resin membrane of domestic and exported** (114)
 LIU Zhao - hui¹, NIE Yan², LI Jin - yang², et al. (1 Soil and Fertilizer Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Shandong Jinan 250100, China; 2 Central Laboratory of Analysis, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Shandong Jinan 250100, China)
Abstract: Soil available P in 20 soil samples all over the country was analyzed by different methods. The results showed that the available P values obtained from the resin technique were correlated significantly to those from Olsen method and evaluated by plant uptake. In addition, domestic resin is as good as imported for the determination available P in situ.
Keywords: Anion exchange resin; Olsen method; Burying technique; Soil available Phosphorus
- A new method for analyzing soil available K: - Cation exchange resin membrane technique** (117)
 NIE Yan¹, LIU Zhao - hui², JIANG Li - hua², et al. (1 Central Laboratory of Analysis, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Shandong Jinan 250100, China; 2 Soil and Fertilizer Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Shandong Jinan 250100, China)
Abstract: Soil available K in 20 soil samples all over the country was analyzed by different methods. The results showed that the optimal burying time is 20min. and the available K values obtained from the resin technique were correlated significantly to those from neutral NH₄OAC method and evaluated by plant uptake. In addition, domestic resin could be in the place of imported for the determination available K in soil.
Keywords: Cation exchange resin; Neutral NH₄OAC method; Burying technique; Soil available potassium
- Effects of antagonism factors on bio - fixation of nitrogen** (119)
 LIU Zhifang¹, . . . Hay² (1 Institute of Atomic Energy, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100086; 2. Horkov Agricultural University, Ukraine)
Abstract: We discussed the effects of physiologically active substances originated from antagonism on the interaction of plants and nitrogen fixing bacteria in the macro - symbiotic system. Furthermore, we analyzed the formation and development of associative nitrogen fixation as well as practical implications of antagonism.
Keywords: Antagonism, Biological nitrogen fixation, Symbiosis, Rhizobia, Associative nitrogen fixing bacteria
- Decomposition process of cellulose in sub - high mountainous meadow soil and effects of climatic factors on the decomposition** ... (122)
 LI Ying - nian, JIANG Wen - bo (Northeastern Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Qinghai Xining 810008, China)
Abstract: Study on the meadow ecosystem of high mountain and low temperature in Beihai indicated that the decomposition rate reached maximum when monthly mean temperature was highest, whereas, the rate was lowest in February. It was also found that cellulose in non - degraded meadow of low wormwoods decomposed faster compared with cellulose in the degraded meadow. This was related to the environmental factors ($P < 0.001$).
Keywords: Sub - high mountainous meadow soil; Decomposition of cellulose; Environmental factors; Low wormwood meadow
- Effects of long - term fertilization on rice yields and properties of organic matter in paddy field developed from red soil** (125)