

东北羊草草原土壤微生物呼吸 速率的研究*

杨靖春 倪平 祖元刚** 祝廷成

(东北师范大学生物系, 长春)

王大珍

(中国科学院微生物研究所, 北京)

摘 要

本文主要报道了东北羊草草原土壤微生物呼吸速率的季节变化规律, 并将测试数据进行回归分析。研究表明, 土壤温度和土壤水分的季节变化对土壤微生物的呼吸速率影响较大, 三者呈明显的正相关, 相关系数 $r=1$ 。随着土壤温度升高、水分增多, 微生物呼吸速率加快, 但超过一定限度则呈现出呼吸速率减慢现象。土壤微生物只有在适宜的生态环境中才能进行正常的生命活动。

关键词: 羊草草原, 土壤微生物, 呼吸速率, 土壤温度, 土壤水分。

我国东北松嫩平原的羊草草原是最好的天然放牧场和割草场之一, 在畜牧业生产中占有重要的地位^[1]。

在草原生态系统中, 分解作用是一个亚系统, 土壤微生物在亚系统中占居着主导地位。研究土壤微生物呼吸速率的季节变化, 对于探讨土壤中动、植物有机物残体的分解能力有着十分重要的意义。有关土壤微生物呼吸速率及其环境的相互关系的研究国内外曾有过报道^[2-10]。本文首次报道了东北羊草草原土壤微生物呼吸速率与土壤温度、水分之间的关系, 并为进一步研究东北羊草草原能量流动和物质循环的规律提供依据。

一、研究地点与研究方法

本项研究是在吉林省长岭县种马场进行的, 它位于北纬 $44^{\circ}38'$ — $44^{\circ}45'$, 东经 $120^{\circ}31'$ — $124^{\circ}10'$, 海拔高度为140—160米, 年平均气温为 4.6 — 6.4°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的年积温 $2,545$ — $3,374^{\circ}\text{C}$, 无霜期为136—163天。年平均降雨量434.8毫米, 主要集中在6—9月, 年蒸发量1368毫米, 约为年降雨量的3倍。土壤为黑土区, 但由于小地形的起伏, 土壤多呈复区分布。黑钙土主要分布在排水良好的平地, 在砂丘上主要是固定风砂土, 而在广大的低平地, 由于排水不良, 地下水矿化度较高, 因此主要是盐碱土。

* 本文为中国科学院科学基金资助课题。

** 现工作单位为东北林业大学林学系。

本文于1987年1月17日收到。

此项研究是于1984年5月开始, 试验地设在施以围栏保护的天然半草草原上。测定土壤微生物呼吸速率的样品, 共取3次, 每次重复20次。测定样品中的土壤微生物经室内培养后, 用SKW-2型微量呼吸检压仪测定土壤微生物的呼吸速率, 重复3次。样地的土壤温度和土壤水分, 每周测定1次。最后用PC-8000型电子计算机对土壤微生物呼吸速率的季节变化及其和土壤温度、土壤水分之间的关系进行回归分析。

二、结果与分析

1. 土壤微生物呼吸速率的季节变化

由图1得知, 土壤微生物的呼吸作用, 从每年的早春开始逐渐增加, 随季节变化而不同。早春时期土壤微生物由休眠状态转为生命代谢状态, 呼吸速率较弱, 到了春末夏初的6月份, 土壤微生物的呼吸速率逐渐加强为 $55.10 \mu\text{l/gDs}\cdot\text{hr}$; 进入盛夏的8月份时, 达到最高值为 $66.50 \mu\text{l/gDs}\cdot\text{hr}$, 此后, 又开始下降, 到了秋末的10月下旬为 $54.50 \mu\text{l/gDs}\cdot\text{hr}$, 进入冬季后, 土壤微生物又开始转入休眠状态, 其呼吸作用很微弱。上述结果表明, 土壤微生物呼吸速率的季节变化呈明显的单峰曲线, 最高峰值出现在8月份。这与李家藻的高寒草甸生态系统定位站纤维素分解和 CO_2 释放的研究中, 有关土壤 CO_2 释放的季节性变化基本一致^[10], 但在它们的生境中呼吸高峰出现在7月份。

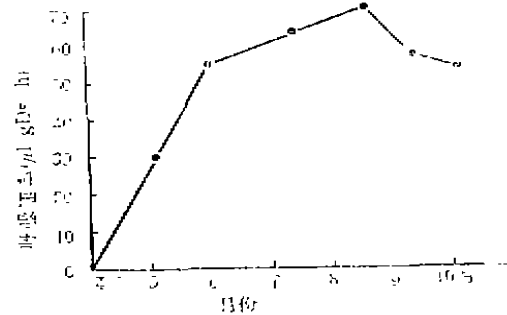


图1 土壤微生物呼吸速率的季节性变化(1984, 长岭)

Fig.1 Seasonal change of respiration of rate soil microorganisms (1984, Changling)

2. 土壤微生物呼吸速率的季节变化与土壤温度、土壤水分之间的关系

在众多的环境因子中, 土壤温度和土壤水分都是影响土壤微生物呼吸速率的主导因子。为此, 我们在测定土壤微生物呼吸速率的同时, 测定了当时、当地的土壤温度和土壤水分(见表1)。

表1 土壤微生物呼吸速率的季节变化与土壤温度、土壤水分之间的关系

Table 1 The relation between the seasonal variation of respiration rate of soil microorganisms and soil temperature and soil moisture on the *Leymus Chinensis* grassland in northeast

参 数	月 份				
	6	7	8	9	10
项 目					
呼吸速率 ($\mu\text{l/gDs}\cdot\text{hr}$)	55.10	63.20	66.50	61.80	54.50
土壤温度 ($^{\circ}\text{C}$)	19.4	23.2	22.5	16.5	7.5
土壤水分含量 (%)	15.8	13.9	22.6	13.5	12.1
降雨量 (mm)	04.2	68.9	211.41	50.5	22.5

通过回归分析, 探讨了土壤微生物呼吸速率的季节变化与土壤温度、土壤水分之间的关系。

根据实测数据, 我们建立了土壤微生物呼吸速率的季节变化与土壤温度季节变化之间的一元回归方程:

$$F(x_1) = 28.14058 + 1.60474x_1 \quad (1)$$

由图 2 看到, 呼吸速率的季节变化与温度的关系十分密切, 呈明显的正相关, 相关系数 $r \approx 1$ 。

东北天然羊草草原, 在正常的生长季节内从早春开始, 土壤微生物呼吸速率随土壤温度的不断升高而加强, 在 8 月份土壤温度达到最大值时, 土壤微生物的呼吸速率也达到最大值; 8 月份以后, 随着温度的逐渐下降, 呼吸速率也缓慢下降。

根据实测数据, 土壤微生物呼吸速率的季节变化与土壤水分季节变化之间的一元回归方程为

$$F(x_2) = 14.164723 + 2.990113x_2 \quad (2)$$

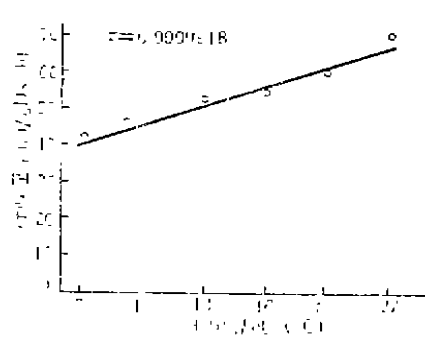


图 2 土壤呼吸速率与土壤温度的关系

Fig.2 Relationship between respiration rate of soil microorganisms and soil temperatures (1984, Changling)

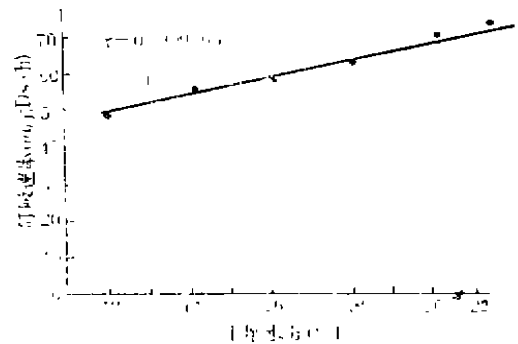


图 3 土壤呼吸与土壤水分的关系

Fig.3 Relationship between respiration rate of soil microorganisms and soil moisture (1984, Changling)

其回归分析的结果见图 3。

由图 3 得知, 两者关系十分密切, 也呈明显的正相关, 相关系数为 1, 同样说明了东北羊草草原, 在正常的生长季节内, 土壤微生物呼吸速率也是随土壤水分的不断增多而增强的, 其季节变化趋势同温度季节变化趋势一致。

3. 土壤温度、土壤水分的综合作用对土壤微生物呼吸速率季节变化的影响

在一个特定的生境中, 任何环境因子的生态作用都受到其它因子的影响。我们将上述结果进行了二元回归分析, 探讨了土壤温度、土壤水分与土壤微生物呼吸速率之间相互制约规律, 其方程为:

$$F(x_1, x_2) = 3.834546 + 3.023687x_1 - 6.88199E - 0.2x_1^2 + 2.025782x_2 - 0.0313081x_2^2 \quad (3)$$

(3) 式中知道, $F(x_1, x_2)$ 是描述土壤微生物呼吸速率的二元函数。其中 x_1, x_2 分别表示土壤温度和土壤含水量, 当 x_1, x_2 给定之后, 土壤微生物的呼吸速率随之确定, 于是:

$$\lim_{\Delta x_1 \rightarrow 0} \frac{F(x_1 + \Delta x_1, x_2) - F(x_1, x_2)}{\Delta x_1} \quad (4)$$

$$\lim_{\Delta x_2 \rightarrow 0} \frac{F(x_1, x_2 + \Delta x_2) - F(x_1, x_2)}{\Delta x_2} \quad (5)$$

而土壤温度 x_1 和土壤含水量 x_2 在不同的时间 t 有着不同数值与之对应,因此, x_1 和 x_2 又是时间 t 的函数,记作 $x_1 = x_1(t)$, $x_2 = x_2(t)$ 。显然 $F(x_1, x_2)$ 是通过中间变量 $x_1 = x_1(t)$, $x_2 = x_2(t)$,而成为时间 t 的复合函数,即

$$F(x_1, x_2) = F[x_1(t), x_2(t)] \quad (6)$$

在实测中得知,当给定一时间就有唯一确定的土壤温度 x_1 和土壤含水量 x_2 值与之对应,显然, $F[x_1(t), x_2(t)]$ 对时间有全导数,则

$$\frac{dF}{dt} = \frac{\partial F}{\partial x_1} \frac{dx_1}{dt} + \frac{\partial F}{\partial x_2} \frac{dx_2}{dt} = \varphi(x_1, x_2) \quad (7)$$

其中, $F = F(x_1(t), x_2(t))$, (7)式表示土壤微生物在时间 t 的呼吸速率。

为了进一步研究 x_1, x_2 与 $\varphi(x_1, x_2)$ 之间关系,取 x_1 为纵轴, x_2 为横轴, $\varphi(x_1, x_2)$ 为竖轴,则土壤微生物的呼吸速率在任何时刻在空间都可以形成一个曲顶柱体。土壤微生物的呼吸速率受土壤温度和土壤水分的综合影响,在三维空间中呈曲顶柱体。在两因子的综合影响中土壤温度和土壤水分的影响几乎同样重要。因此,在东北羊草草原中,只有保持适宜的土壤温度和充足的土壤水分,土壤微生物呼吸作用才能正常进行,才能使土壤中动、植物有机残体不断被分解,以维持正常的能量流动和物质循环。

参 考 文 献

- [1] Zhu Tingcheng 1981 A Study of the Ecology of Yang-Cao Grassland in Northeast China. Proceedings of the XIV International Grassland Congress 429—431.
- [2] Joug, E. DE, and Schappert, H.T.V. 1972 Calculation of soil respiration and activity form CO_2 profiles in the soil. *Soil Sci.*, 113:328—333.
- [3] Svensson, B.H., et al., 1975 Carbon losses from tundra soil. In Wielgolaski, F.E. (Ed.): Fennoscandian tundra ecosystem, Part 1: Plant and microorganisms, pp 279—286, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg and New York.
- [4] Wiekamp, M., 1966 Decomposition of leaf litter in relation to environment, microflora and microbial respiration. *Ecology* 47:194—201.
- [5] Мадаров, В.Н., 1952 Динамика Газобинна Между Поверх и Атмосферой В Течение Ессгационного Периода Поля разниция Культурями Евооборода. *Почвоведие* (3): 271—276.
- [6] Мадаров, В.Н., 1953 Пыхание Почвы. *Природа*, (9): 33—34.
- [7] 高粱等, 1961 滇南热带土壤中二氧化碳状况的定位研究. *土壤* (9): 30—34.
- [8] 陈楚本等, 1966 红壤微生物生物学特性, (二) 浙江省低丘红壤的酶和呼吸活性. *土壤学报*, 14(2): 221—225.
- [9] 王在槐等 1982 高山土壤呼吸强度的初步研究. 高寒草甸生态系统 174—183页 甘肃人民出版社.
- [10] 李家藻等 1982 海北高寒草甸生态系统定位站纤维素分解和土壤 CO_2 释放的研究. 高寒草甸生态系统 162—173页 甘肃人民出版社.

THE SEASONAL VARIATION OF RESPIRATION RATE OF SOIL MICROORGANISMS RELATED TO SOIL TEMPERATURE AND SOIL MOISTURE ON THE *LEYMUS CHINENSIS* GRASSLAND IN NORTHEAST CHINA

Yang Jingchun Ni Ping Zu Yuangang Zhu Tingcheng

(*Northeast Normal University, Changchun*)

Wang Dazhen

(*Institute of Microbiology, Academia Sinica, Beijing*)

The pattern of the seasonal variation of respiration rate for soil microorganisms was studied on the natural Yang-Cao (*Leymus Chinensis*) Grassland in Northeast China. The highest rate appears in August. The seasonal changes of soil temperature and soil moisture have much effect on the respiration rate of soil bacteria. Both temperature and moisture factors are important to respiration rate and normally correlated with it distinctly by regression analysis. Their coefficients are 0.9999918 and 0.9999365 respectively. The synthetic effect of temperature and moisture on respiration rate was also studied. To remain soil temperature and moisture in suitable conditions separately and to induce respiration rate of soil microorganisms normally, it is necessary for improving the digestion of organic detritus, which originated from animals and plants, in soil and for conserving natural ecological equilibrium on Yang-Cao Grassland.

Key words: Yang-Cao (*Leymus Chinensis*) Grassland, soil bacteria, respiration rate, soil temperature, soil moisture.