

不同植被类型高山草甸土呼吸作用的研究

杨涛 姜文波 孙希春 杜伊光 李玉英

(中国科学院西北高原生物研究所)

摘要

通过对四种植被类型的高山草甸土 CO_2 释放量的测定,可以看出:土壤呼吸作用强度因植被类型的不同而有区别,其中以金露梅灌丛土壤的呼吸作用为最高,杂类草甸土壤的呼吸作用为低,呼吸作用有明显的昼夜变化,白天高于夜间,并以表层土为高,随土壤深度的加深而递减。四种植被的土壤呼吸作用与土壤微生物的数量和生化活性、土壤酶活性等均有不同程度的相关性;呼吸作用与土壤中的全氮、pH、代换量、有机质、速效钾和水解氮均有显著的相关性,与全钾和氮碳比相关性不显著。

土壤呼吸作用通常用土壤中 CO_2 释放量来表示,它被看作是一个衡量土壤肥力的指标。由土壤中释放的 CO_2 ,除来自土壤微生物的生命活动以外,还包括植物根系和土壤动物等的呼吸作用。因此,严格地说把土壤呼吸作用强度作为土壤生物总的活性指标比较合适,因为土壤呼吸作用强度可以表征土壤生物总的活性,又和土壤肥力有着密切的关系。

我们于1986年8月在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站,对四种主要植被类型土壤的释放量进行了测定,现将初步结果报道如下。

一、材料和方法

1. 土壤样品的采集 样品采自海北高寒草甸生态系统定位站。植被类型分别为:矮嵩草草甸 (*Kobresia humilis* meadow), 金露梅灌丛 (*Dasiphora fruticosa* shrub), 垂穗披碱草草甸 (*Elymus nutans* meadow) 和杂类草甸 (Forbs meadow)。采样的深度为: 0—10 厘米, 10—20 厘米, 20—40 厘米, 40—60 厘米。每个样地随机选三点取样混合为一。

2. 土壤呼吸作用的测定方法 土壤不同层次和不同时期的 CO_2 释放量测定参照《土壤微生物实验法》^[1]一书,并加以改进,在定位站实验室内测定; CO_2 释放量昼夜变化的测定,参照文献[3]中所介绍的方法,在矮嵩草草甸自然状况下进行现场测定。

3. 土壤微生物的计数方法 细菌、放线菌和真菌均采用稀释平板法进行计数。细菌用营养琼脂培养基,放线菌用高氏淀粉培养基,真菌用马丁氏培养基。

4. 土壤酶活性的测定方法 脲酶活性的测定用奈氏比色法^[2]; 蔗糖酶活性的测定采用铜试剂定量法^[1]; 尿酸酶活性的测定采用分光光度法^[1]; 过氧化氢酶的测定采用比色法^[1]。

二、结果与讨论

(一) 高山草甸土呼吸作用的动态变化

1. 呼吸作用与植被的关系 由表 1 可见, 植被类型不同, 呼吸作用的强度也不同, 从土壤四个层次总的呼吸强度来看, 在四个植被中以金露梅灌丛为高 (25.493 毫克 CO_2 /100 克干土·2 小时), 矮嵩草草甸次之 (12.988 毫克 CO_2 /100 克干土·2 小时), 垂穗披碱草草甸

表 1 不同植被类型高山草甸土的呼吸作用强度

Table 1 Respiratory intensity of the soils under the different vegetations of the alpine meadow

土壤深度 (cm) Soil depth	呼吸作用强度(毫克二氧化碳/百克干土·2 小时) Respiratory intensity (mg CO_2 /100g dry soil·2hr.)			
	矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	金露梅灌丛 <i>Dasiphora fruticosa</i> shrub	垂穗披碱草草甸 <i>Elymus nutans</i> meadow	杂类草草甸 Forbs meadow
0—10	4.679	12.746	3.729	3.227
10—20	3.953	5.244	2.985	2.098
20—40	2.420	3.066	2.904	2.097
40—60	1.936	4.437	2.178	1.855
合计	12.988	25.493	11.859	9.277

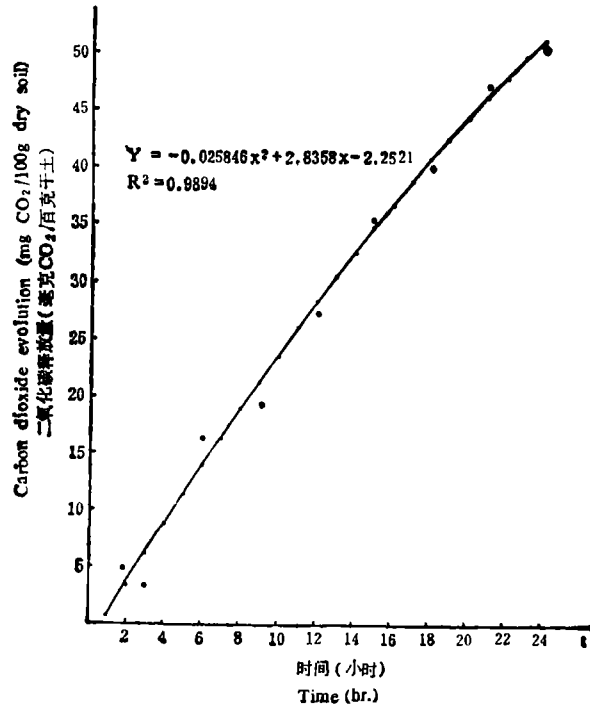


图 1 时间对矮嵩草草甸土壤二氧化碳释放量的二次多项式回归曲线

Fig. 1 Secondary polynomial regression curve concerning time vs. carbon dioxide evolution in soil of the *Kobresia humilis* meadow

碱草草甸居第三 (11.859 毫克 $\text{CO}_2/100$ 克干土·2 小时), 杂类草草甸较低 (9.277 毫克 $\text{CO}_2/100$ 克干土·2 小时)。

2. 呼吸作用与土壤层次的关系 四种植被类型高山草甸土的呼吸作用均有明显的层次性差异,均以表层土壤(0—10 厘米)的呼吸作用最强,并且大都随土壤深度的加深而递减(表 1)。这可能由于土壤表层的微生物数量及活性较高,同时表层土壤的有机质含量比较丰富,植物的根量及土壤动物的数量较多等原因造成的。

3. 呼吸作用与时间的关系 就土壤 CO_2 释放量与释放时间的相关分析的结果来看(图 1),二者有显著的相关性 ($R^2 = 0.9894$),且随时间递增, CO_2 释放量增加。

4. 矮嵩草草甸土壤呼吸作用的昼夜变化 每隔 4 小时对矮嵩草草甸测一次 CO_2 释放的昼夜变化(北京夏令时间零点到 24 点共测 6 次),结果见图 2。由图可见,土壤中 CO_2 的释放有着明显的昼夜变化,白天高夜间低,高峰出现在 16—20 点 (0.352 克 $\text{CO}_2/$ 米²·小时),低峰出现在 4—8 点 (0.308 克 $\text{CO}_2/$ 米²·小时)。

5. 呼吸作用与土壤温度的关系 由图 2 可见, CO_2 释放的昼夜变化和 10 厘米深土壤温度的昼夜变化有着一定的相关性,二者的高峰均出现在 16—20 点,低峰在 4—8 点,在一定的范围内 CO_2 的释放随着土壤温度的上升而增加。

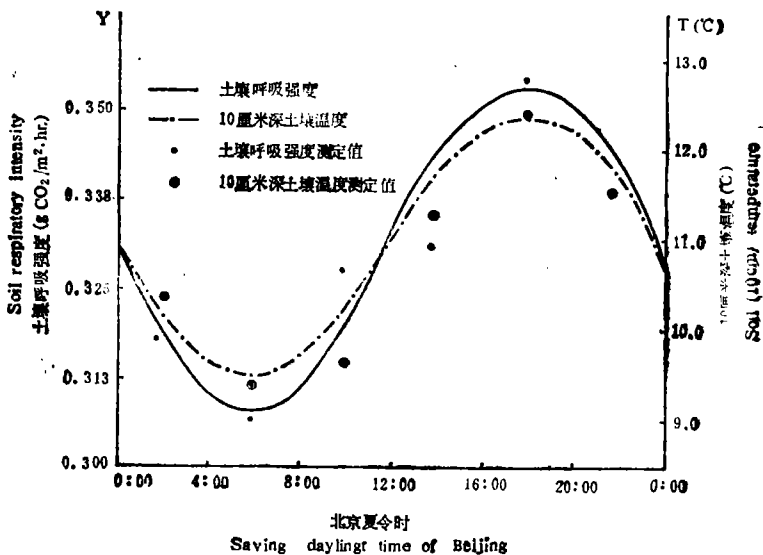


图 2 矮嵩草草甸土壤呼吸强度和 10 厘米深土壤温度的昼夜变化

Fig. 2 The daily fluctuation of respiratory intensity and temperature of soil (10cm) under the *Kobresia humilis* meadow

(二) 高山草甸土的呼吸作用与微生物数量的关系

由表 2、4 可见,四种植被类型土壤的呼吸作用与土壤中的细菌、真菌和放线菌的数量均有显著的相关性。植被类型不同,其相关性也有差异,其中以金露梅灌丛的相关性为最显著,垂穗披碱草草甸次之,矮嵩草草甸居第三。在杂类草草甸中呼吸作用与细菌和真菌的数量相关性显著 (R^2 为 0.9990, 0.9936),与放线菌数量的相关性次之 ($R^2 =$

表 2 不同植被类型高山草甸土的微生物数量
Table 2 Numbers of microorganisms in the soil under different vegetation of the alpine meadow

微生物 Microorganisms	土壤深度 (cm) Soil depth	矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	金露梅灌丛 <i>Dasiphora fruticosa</i> shrub	垂穗披碱草草甸 <i>Elymus nutans</i> meadow	杂类草草甸 Forbs meadow
细 菌	0—10	2470	8519	6014	4132
	10—20	1020	1036	2575	749
	20—40	380	913	1486	609
	40—60	80	700	1142	508
真 菌	0—10	4.145	4.514	7.896	2.816
	10—20	0.767	0.272	1.601	0.424
	20—40	0.252	0.157	1.511	0.168
	40—60	0.000	0.150	0.127	0.085
放线菌	0—10	20.06	15.28	8.69	9.74
	10—20	13.56	3.54	3.31	6.74
	20—40	6.79	3.39	2.50	2.51
	40—60	4.12	2.50	0.76	0.76

表 3 不同植被类型高山草甸土的酶活性
Table 3 Enzyme activities in the soil under different vegetation of the alpine meadow

土壤酶 Soil enzymes	土壤深度 (cm) Soil depth	土 壤 酶 活 性* Soil enzyme activities			
		矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	金露梅灌丛 <i>Dasiphora fruticosa</i> shrub	垂穗披碱草草甸 <i>Elymus nutans</i> meadow	杂类草草甸 Forbs meadow
蔗 糖 酶	0—10	8.838	12.992	7.979	4.443
	10—20	4.105	1.749	4.231	4.186
	20—40	0.927	0.838	1.240	1.095
	40—60	0.629	0.492	0.887	0.564
脲 酶	0—10	176.70	134.70	376.91	82.83
	10—20	55.62	7.32	63.93	48.36
	20—40	24.11	6.65	51.55	65.11
	40—60	15.38	2.40	5.83	12.03
尿 酸 酶	0—10	1.234	1.511	0.885	1.475
	10—20	0.858	1.421	0.788	1.296
	20—40	0.349	0.465	0.554	0.679
	40—60	0.224	0.536	0.429	0.608
过氧化氢酶	0—10	7.095	8.508	7.165	7.169
	10—20	5.863	6.457	6.638	6.549
	20—40	6.008	5.437	5.967	6.265
	40—60	5.637	5.700	5.533	6.196

* 蔗糖酶活性单位为毫克蔗糖/克干土·小时; 脲酶活性单位为毫克氮/克干土·48小时; 尿酸酶活性单位为毫克尿酸/克干土·24小时; 过氧化氢酶活性单位为毫克过氧化氢/5克干土·小时。

表 4 土壤呼吸强度与土壤微生物数量、酶活性、生化活性的相关指数 (R^2)

Table 4 The correlation index (R^2) between the soil respiratory intensity and the numbers of microorganisms, activities of enzymes, and biochemical activities

项 目 Item		矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilisa</i> meadow	金露梅灌丛 <i>Dasiphora fruticosa</i> shrub	垂穗披碱草草甸 <i>Elyms nutans</i> meadow	杂类草草甸 Forbs meadow
微生物数量	细 菌	0.9663	0.9995	0.9764	0.9990
	真 菌	0.9358	1.0000	0.9987	0.9936
	放线菌	0.9924	0.9962	0.9977	0.8210
酶活性	尿 酶	0.9568	0.9996	0.9999	0.9487
	蔗 糖 酶	0.9827	0.9975	0.9195	0.6437
	尿 酸 酶	0.9994	0.7745	0.8440	0.6655
	过氧化氢酶	0.7887	0.9895	0.8888	0.9313
生化活性	氨化作用	0.4055	0.8425	0.8289	0.7050
	硝化作用	0.9938	0.4267	0.9878	0.9550
	嫌气性固氮作用	0.9890	0.9742	0.6998	0.9942

0.8210)。

(三) 高山草甸土呼吸作用强度与土壤酶活性的关系

对土壤呼吸作用和土壤酶活性的数据(表 3)进行二次多项式回归分析(表 4)可以看出,四种植被类型高山草甸土的呼吸作用与土壤脲酶、蔗糖酶、尿酸酶和过氧化氢酶的活性均有着不同程度的相关性。土壤呼吸作用与脲酶活性的相关性在试验的四种植被中均为显著相关,相关指数都在 0.9 以上;呼吸作用与蔗糖酶活性的相关性以金露梅灌丛、矮嵩草草甸和垂穗披碱草草甸为显著(R^2 值分别为 0.9975, 0.9827, 0.9195);以杂类草草甸的相关性为差(R^2 为 0.6655);呼吸作用与过氧化氢酶活性的相关性以金露梅灌丛和杂类草草甸为显著(R^2 为 0.9895, 0.9313)。以矮嵩草草甸为差(R^2 为 0.7887)。

(四) 高山草甸土呼吸作用强度与土壤生化活性^[4]的关系

四种植被类型高山草甸土的呼吸作用与土壤的氨化作用,硝化作用和嫌气性固氮作用有着不同程度的相关性(表 4)。在矮嵩草草甸中,呼吸作用与硝化作用的相关性为显著(R^2 为 0.9938);与嫌气性固氮作用的相关性次之(R^2 为 0.9890);而与氨化作用的相关性差(R^2 为 0.4050)。在金露梅灌丛中,呼吸作用与嫌气性固氮作用的相关性为显著(R^2 为 0.9742);与氨化作用的相关性次之(R^2 为 0.8452);与硝化作用的相关性为差(R^2 为 0.4267)。在垂穗披碱草草甸土中,呼吸作用与硝化作用的相关性为显著(R^2 为 0.9878);与氨化作用的相关性次之(R^2 为 0.8298),与嫌气性固氮作用的相关性为差(R^2 为 0.6998);在杂类草草甸土中,呼吸作用与嫌气性固氮作用的相关性为显著(R^2 为 0.9942);与硝化作用的相关性次之(R^2 为 0.9550);与氨化作用的相关性为差(R^2 为 0.7050)。

(五) 矮嵩草草甸土的呼吸作用与土壤化学性质^[2]的关系

由表 5 可见,呼吸作用与土壤全氮的相关性为最显著(R^2 为 1.0000);与土壤 pH、代换量、有机质、速效钾和水解氮的相关性也显著(R^2 值分别为 0.9987、0.9982、0.9973、0.9879 和 0.9593);与有效磷的相关性次之(R^2 为 0.7354);与全钾和碳氮比的相关性为

表 5 矮嵩草草甸土壤呼吸作用与其土壤的化学性质的二次多项式回归数据
 Table 5 Secondary polynomial regression data of the respiration VS. the chemical properties of soil under the *Kobresia humilis* meadow

项 目 Item	A	B	C	R ²
呼吸作用与有机质	-0.8623	8.0117	-0.1116	0.9973
呼吸作用与碳氮比	0.2932	-2.1590	14.106	0.3496
呼吸作用与代换量	-5.6568	46.277	-63.061	0.9982
呼吸作用与全氮	-0.0451	0.4285	-0.5986	1.0000
呼吸作用与水解氮	-19.833	153.93	-185.62	0.9593
呼吸作用与全磷	0.0048	-0.0311	0.1321	0.4131
呼吸作用与有效磷	3.8106	-24.502	39.317	0.7354
呼吸作用与全钾	0.0203	-0.1502	2.3840	0.3388
呼吸作用与速效钾	34.514	-0.0145	229.92	0.9879
呼吸作用与 pH 值	-0.0423	-0.1489	8.9320	0.9987

差 (R^2 分别为 0.3388, 0.3496)。其中与土壤 pH 的相关分析是在土壤的实测值 pH 7.3—8.5 的范围内进行的, 在 pH 为 7.3 的表层土中呼吸作用较强, 随着 pH 上升而减弱, 在一定的范围内二者呈显著的负相关。

参 考 文 献

- [1] 土壤微生物研究会(叶维青等译, 1983), 1977: 土壤微生物实验法。413—415 页, 科学出版社。
- [2] 乐炎舟、左克成、张金霞、赵宝莲、王在模、郭建华, 1982: 高寒草甸生态系统: 海北高寒草甸生态系统定位站的土壤类型及其基本特点。19—33 页, 甘肃人民出版社。
- [3] 李家藻、朱桂茹、杨涛、唐诗声, 1982: 高寒草甸生态系统: 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。162—172 页, 甘肃人民出版社。
- [4] 李家藻、杨涛、朱桂茹、叶启智、程双宁, 1984: 高寒草甸土壤代谢微生物数量及活性的研究。高原生物学集刊, 第三集, 193—207 页, 科学出版社。
- [5] 郑洪元、张德生, 1982: 土壤动态化学研究法。256—257 页, 科学出版社。

STUDIES ON RESPIRATION OF SOILS UNDER DIFFERENT VEGETATIONS OF THE ALPINE MEADOW

Yang Tao, Jiang Wenbo, Sun Xichun, Du Yiguang and Li Yuying

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

Summary

The soil samples were collected from Haibei alpine meadow ecosystem research station. The types of vegetation are *Kobresia humilis* meadow, *Dasiphora fruticosashrub*, *Elymus nutans* meadow, and *Forbs* meadow. Depth of sampling soil were 0—10 cm, 10—20 cm, 20—40 cm, and 40—60 cm. Data of respiratory intensity showed in table 1.

Experimental results showed that intensity of soil respiration varied with the types of vegetation and presented a noticeable diurnal and nocturnal fluctuation, the diurnal respiration was stronger than nocturnal one. Data also showed that the intensity of soil respirations varied with the depth of soil. The highest respiration intensity occurred in the surface layer and gradually diminished with the increased of the soil depth.

Soil respiration in four types of vegetation was correlated with the number and activity of microorganisms, enzymic activities, and soil temperature respectively. Significant correlation could be found between the soil respirations and the total N, pH, cation-exchange capacity, organic matter, available K, hydrolyzable N respectively.

介绍新创刊的杂志

Journal of Potassium Research

(钾素研究)

本杂志由印度钾素研究所编辑,主编是 G. S. Sekhon。

这一新期刊为季刊,主要刊登与农业有关的钾素研究论文,包括全文,短篇通讯,书刊评介以及特约专论。

Applied Agricultural Research

(应用农业研究)

该杂志在美国出版,每年五期,主编是 J. Oster。内容包括农业的各个方面,如作物生产,畜牧,家禽和园艺等,也包括土壤管理措施,除草,植物保护等。