

高寒草甸土壤呼吸作用的研究*

李家藻 朱桂如 唐诗声 杨涛

(中国科学院西北高原生物研究所)

近年来,各国的生态学家和微生物学家对土壤呼吸作用进行了大量的研究 (Svensson, et al., 1975; Turner, et al., 1971; Chapman, 1979; Wildung, et al., 1972; Coleman, 1973; Lengkeek, et al., 1973; May, et al., 1973; Flanagan, et al., 1974)。他们着重研究了土壤呼吸作用的季节性动态以及土壤水分、土壤温度与土壤呼吸作用的关系,并得出了相应的结论。作者等 1980—1981 年连续两年对海北高寒草甸生态系统定位站的土壤呼吸作用进行了较深入的研究。除研究了该地土壤呼吸作用的季节性变化、土壤呼吸作用与土壤温度和土壤水分的关系之外,并对天然草场和人工草场土壤呼吸作用的比较以及土壤呼吸强度与好气性土壤微生物数量的关系等进行了探讨。

一、材料和方法

1. 试验材料和方法

用插入土壤的塑料圆筒作为土壤释放二氧化碳的收集器,用氢氧化钠溶液吸收二氧化碳和用盐酸回滴剩余氢氧化钠的方法测定 24 小时内土壤二氧化碳的释放量。同时测定当天的日平均地温和土壤水分含量。详细方法请参阅李家藻等(1982)“海北高寒草甸生态系统定位站纤维素分解和土壤 CO₂ 释放的研究”一文。

细菌、真菌、放线菌数量的测定方法:见“土壤微生物分析方法手册”(中国科学院林业土壤研究所微生物室,1960)。

2. 试验处理的设置

(1) 放牧和未放牧试验处理: 分别设置在草库仑外的牧场和人工围建的草库仑内,每个试验处理设 5 个重复。

(2) 天然草场和人工草场试验处理: 均设在草库仑内开垦种植垂穗披碱草的人工草场和未经开垦保留原来植被的天然草场内。每个试验处理各设 10 个重复。

二、结果和讨论

1980—1981 年各试验处理土壤呼吸强度列于表 1 和表 2, 土壤水分和土壤温度列于

* 程双宁、叶启智二同志参加了本项工作。

表 1 放牧情况对土壤呼吸强度和微生物数量的影响

Table 1 The effect of grazing condition on soil respiration activity and the number of aerobic microorganisms

试验处理 Experimental treatment	测定日期 Determination date in 1980	土壤呼吸强度 (克 CO ₂ /米 ² ·24 小时) Soil respiration activity (g CO ₂ /m ² ·24hr)	0—10 厘米深土壤好气性微生物数量(10 ⁴ 个/克干土) Number of aerobic microorganisms in 10 cm depth soil (10 ⁴ cells/g dry soil)			
			细菌 Bacteria	放线菌 Actinomy- cetes	真菌 Fungi	总数 Total
放 牧 Grazed	17/V	2.1136±0.6885	690.00	18.40	0.18	708.57
	19/VII	4.5334±2.1587	3170.00	37.30	0.71	3208.01
	23/X	1.9849±0.2950	2070.00	7.16	1.39	2078.55
未 放 牧 Ungrazed	17/V	2.6717±0.9622	818.00	65.20	0.56	883.76
	19/VII	4.6355±1.8964	8970.00	62.20	0.77	9032.97
	23/X	2.0460±0.0381	1620.00	0.27	1.64	1621.91

表 2 天然草场与人工草场土壤呼吸强度(克 CO₂/米²·24 小时)的比较

Table 2 Comparison of soil respiration activity (g CO₂/m²·24hr) of artificial cultivated pasture and non-cultivated pasture

测定日期 Determination date	天然草场 Non-cultivated pasture	人工草场 Artificial cultivated pasture
20/V, 1981	1.1125±0.1455	0.9576±0.1310
21/VI, 1981	0.9639±0.0669	0.9867±0.2427
27/VII, 1981	6.4156±0.3870	6.3080±0.3362
25/VIII, 1981	7.3151±0.4331	6.6200±0.3014
10/X, 1981	4.0103±0.4264	3.1264±0.4042

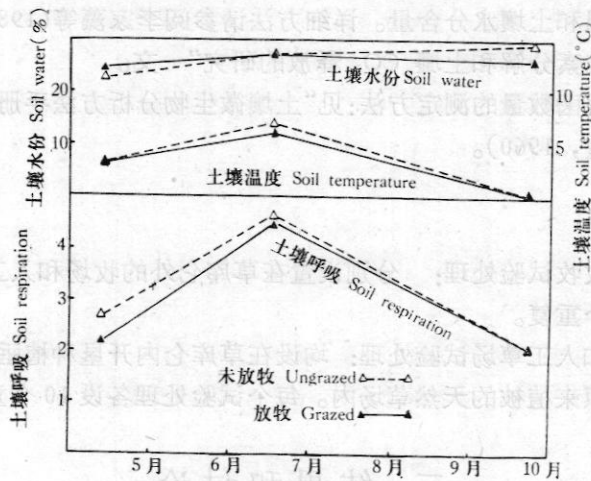


图 1 1980 年试验期内海北生态系统定位站放牧和未放牧草场土壤呼吸, 土壤水分和土壤温度的季节性动态

Fig. 1 Seasonal dynamics of soil respiration, soil water content and soil temperature for grazed pasture and ungrazed pasture at Haibei Research Station of Alpine Meadow Ecosystem in the experimental period of 1980.

表3, 1980—1981年试验期内各月份的降水量和月平均土壤温度列于表4。

1. 放牧情况对土壤呼吸强度的影响

放牧状况对土壤呼吸强度影响的试验结果见表1和图1, 从表1可以看出, 放牧草场土壤呼吸强度在不同生长季节中三次测定的结果都比草库仑内未放牧草场的土壤呼吸强度低一些。土壤微生物学家们通常用土壤呼吸强度作为表示土壤微生物总的活性的一种指标, 从表1可以看出, 土壤中好气性微生物的数量也和土壤呼吸强度之间存在着密

表3 1980—1981年试验期内测得的不同试验处理的土壤温度和土壤水分

Table 3 Soil water and soil temperature for different experimental treatments in experimental period in 1980—1981

试验处理 Experimental treatment	测定日期 Determination date	土壤水分(%) Soil water (%)	土壤温度(°C) Soil temperature (°C)
放牧 Grazed	17/V, 1980	22.30	6.73
	19/VII, 1980	27.48	12.25
	23/X, 1980	29.68	0.00
未放牧 Ungrazed	17/V, 1980	24.51	6.73
	19/VII, 1980	27.26	14.73
	23/X, 1980	26.20	0.00
天然草场 Non-cultivated pasture	20/V, 1981	20.61	5.00
	21/VI, 1981	25.63	10.70
	27/VII, 1981	23.49	13.68
	25/VIII, 1981	29.11	10.38
	10/X, 1981	29.48	-0.65
人工草场 Artificial cultivated pasture	20/V, 1981	17.85	5.63
	21/VI, 1981	26.43	10.70
	27/VII, 1981	25.52	15.43
	25/VIII, 1981	31.18	12.25
	10/X, 1981	28.14	2.78

表4 1980—1981年试验期间海北高寒草甸生态系统定位站的月降水量(毫米)和月平均10厘米深土壤温度(°C)

Table 4 Monthly precipitation (mm) and monthly mean soil temperature (°C, depth 10cm) at Heibai Research Station of Alpine Meadow Ecosystem during the experimental period in 1980—1981

月份(1980) Month (1980)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
月降水量 Monthly precipitation	—	—	—	—	31.5	63.6	95.9	132.7	84.5	10.8	1.1	0.0
月平均土壤温度 Mean monthly soil temp.	—	—	—	—	7.0	9.0	12.8	11.7	8.3	2.9	-2.9	-12.1
月份(1981) Month (1981)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
月降水量 Monthly precipitation	3.7	0.0	3.0	6.5	11.6	83.0	108.7	164.6	108.8	7.1	—	—
月平均土壤温度 Mean monthly soil temp.	-14.3	-14.0	-6.5	1.3	7.4	11.7	13.4	12.9	7.7	2.9	—	—

切的关系。不同测定日期所测得的未放牧草地的好气性细菌、放线菌、真菌的数量和各类微生物的总数都高于放牧的草场。各类微生物数量的季节性变化也和土壤呼吸强度的变化具有一致的趋势。

2. 天然草场和人工草场土壤呼吸强度的差异

对草库仑内保留原有植被的天然草场和开垦后种植垂穗披碱草的人工草场的土壤呼吸强度测定结果见表2和图2。从表2和图2看出,天然草场在试验期内的土壤呼吸强度的范围为0.9639—7.3151克 $\text{CO}_2/\text{米}^2 \cdot 24$ 小时,人工草场为0.9576—6.6200克 $\text{CO}_2/\text{米}^2 \cdot 24$ 小时。在牧草不同生长期作了5次测定,其中4次测定的结果天然草场的土壤呼吸强度都比人工草场略高,但差异不显著,统计学处理表明,天然草场和人工草场土壤二氧化碳释放量的差异无显著意义。

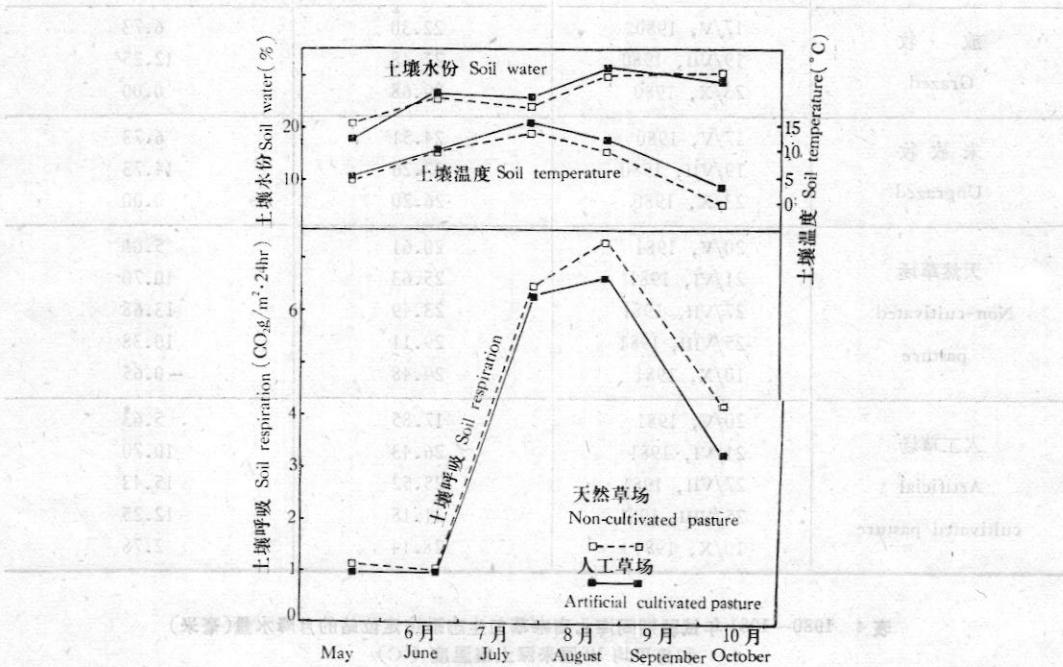


图2 1981年试验期内海北生态系统定位站天然草场和人工草场土壤呼吸、土壤水分和土壤温度的季节性动态

Fig. 2 Seasonal dynamics of soil respiration, soil water content and soil temperature for non-cultivated pasture and artificial cultivated pasture at Haibei Research Station of Alpine Meadow Ecosystem in the experimental period of 1981.

3. 1980—1981年高寒草甸土壤呼吸强度的季节性动态与土壤水分和土壤温度的关系

从1980—1981两年测定的土壤呼吸强度的结果(表1、表2)来看,所有试验处理的土壤呼吸强度都有明显的季节性动态。草库仑外放牧草场和草库仑内未放牧草场的土壤呼吸强度1980年5月17日分别为2.1136和2.6717克 $\text{CO}_2/\text{米}^2 \cdot 24$ 小时。7月19日最高,为4.5534和4.6355克 $\text{CO}_2/\text{米}^2 \cdot 24$ 小时。10月23日下降为1.9849和2.0460克 $\text{CO}_2/\text{米}^2 \cdot 24$ 小时。与当年同时测得的土壤水分和土壤温度(表3)进行指数回归分析表明,土

壤呼吸强度和土壤温度显著相关,而与土壤水分则不甚相关(李家藻,1982)。

1981年对草库仑内保留原有植被的天然草场和开垦后种植垂穗披碱草的人工草场的土壤呼吸强度也同样的有显著的季节性变化。5月20日和6月21日测定,土壤呼吸强度都较低,分别为1.1125、0.9576和0.9639、0.9867克 $\text{CO}_2/\text{米}^2 \cdot 24$ 小时。7月下旬到8月下旬,土壤呼吸强度达到高峰,分别剧增至6.4156、7.3151和6.3080、6.6200克 $\text{CO}_2/\text{米}^2 \cdot 24$ 小时。10月上旬,土壤呼吸强度即分别下降为4.0103和3.1264克 $\text{CO}_2/\text{米}^2 \cdot 24$ 小时。与1981年同时测得的土壤水分和土壤温度(表3)作指数回归计算,出现了与1980年不同的情况:土壤水分对土壤呼吸的相关性较强(天然草场 $r=0.58$;人工草场 $r=0.66$),而土壤温度对土壤呼吸的相关性则较弱(天然草场 $r=0.20$;人工草场 $r=0.35$)。出现这种情况的原因,可能和这两年的降水量有很大的关系。从表4可以看出:植物生长季节的5—9月,1980年的降水量共为408.2毫米,月平均降水量为81.6毫米;而1981年同期的降水量为476.7毫米,月平均降水量为95.3毫米。5—9月的月平均降水量,1981年比1980年多13.7毫米。在植物生长旺盛的6—8月,两年降水量的差异更为明显。1981年6—8月的降水量为356.3毫米,月平均降水量为118.8毫米。而1980年同期的降水量仅为292.2毫米,月平均降水量97.4毫米。这3个月的平均降水量1981年比1980年多21.4毫米。而同期月平均10厘米深土壤温度,两年间没有明显差异。

从表1和表2可以看出,1980年5月17日在草库仑内未放牧的草场(即天然草场)测得的土壤呼吸强度为2.1136克 $\text{CO}_2/\text{米}^2 \cdot 24$ 小时,而1981年5月20日在同一试验地测得的土壤呼吸强度为1.1125克 $\text{CO}_2/\text{米}^2 \cdot 24$ 小时,两者有明显的差异。这主要和降水量有关。1980年5月共降水31.5毫米,土壤水分含量达24.51%。1981年1—4月几乎没有降水(月平均降水量仅3.3毫米),而在草返青的5月份又只降水11.6毫米,土壤水分含量为20.61%,明显地比1980年同一时期少,在一定程度上降低了土壤微生物的活性,因而导致土壤 CO_2 释放量也减少。1981年草盛期的降水量比1980年增多,加之土壤温度稍高,这样1981年土壤 CO_2 释放量的高值达6.4156—7.3151克 $\text{CO}_2/\text{米}^2 \cdot 24$ 小时,为1980年土壤 CO_2 释放量高值4.6355克 $\text{CO}_2/\text{米}^2 \cdot 24$ 小时的1.4—1.6倍。

参 考 文 献

- 中国科学院林业土壤研究所微生物室,1960,土壤微生物分析方法手册。科学出版社,北京。
- 李家藻、朱桂如、杨涛、唐诗声,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,甘肃人民出版社。
- Chapman, S. B., 1979, Some interrelationship between soil and root respiration in lowland Calluna heathland in southern England. *J. Ecol.*, 67: 1—20.
- Coleman, D. C., 1973, Comparative investigations in the U. S. IBP Grassland Biome: Decomposition Section. U. S. IBP Grassland Biome Tech. Rep. 210.
- Flanagan, P. W. and A. K. Veum, 1974, Relationship between respiration, weigh loss, temperature and moisture in organic residue in tundra. In, Holding, A. J. (ed.), Soil organisms and decomposition in tundra. 249—275, Tundra Biome Steering Committe, Stockholm, Sweden.
- Lengkeek, V. H. and R. M. Pengra, 1973, Carbon dioxide evolution and cellulose, root, and litter decomposition in soils at the Cottonwood Site, 1972. U. S. IBP Grassland Biome Tech. Rep. No. 233.
- May, S. W. and P. G. Risser, 1973, Microbial decomposition and CO_2 evolution at the Osage Site, 1972. U. S. IBP Grassland Biome Tech. Rep. 222.
- Svensson, B. H., A. K. Veum, S. Kjellvik, 1975, Carbon losses from tundra soils. In, Wielgolaski, F. E. (ed.), Fennoscandian tundra ecosystem. Part 1. Plant and microorganisms. 279—286. Springer-Verlog, Berlin, Heidelberg, New York.

Turner, J. and R. M. Pengra, 1971, Decomposer studies at the Cottonwood Site. U. S. IBP Grassland Biome Tech. Rep. No. 126.

Wildung, R. E. and R. L. Schmidt, 1972, Soil microbiological studies on the ALE Reserve, 1971. 1. Grassland Biome U. S. IBP Tech. Rep. No. 175

STUDY ON SOIL RESPIRATION OF THE ALPINE MEADOW

Li Jiazao Zhu Guiru Tang Shisheng Yang Tao

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

The extensive investigation on soil respiration at Haibei Research Station of Alpine Meadow Ecosystem was carried out in 1980—1981. The seasonal dynamics of soil respiration, the relationship of soil respiration with soil temperature, soil water and the number of aerobic microorganisms, the effects of grazing, and cultivation on soil respiration activity were investigated in the years 1980—1981.

The experimental results indicated that a significant seasonal dynamics of soil respiration was presented in all experimental treatments. Soil respiration activity was rather low in mid May (0.9576—2.6717 g CO₂/m²·24 hr). The max. value of soil respiration activity was observed in the period of mid July to late August (4.6355—7.3151 g CO₂/m²·24 hr), and it was tending to decline gradually since then.

The experimental data also showed that soil temperature, soil water content and the number of aerobic microorganisms were all correlated with soil respiration activity, and all followed an exponential model. Based on 1980' data, it can be concluded that soil temperature was much correlated with soil respiration activity than soil water content. But, because the precipitation in 1981 was much more than that in 1980, a reversal conclusion was demonstrated from 1981' experimental data, viz., the correlation between soil water content and soil respiration activity was stronger than that between soil temperature and soil respiration activity.

Furthermore, the effect of grazing was also considered. No statistically significant difference was found, though the respiration data of the ungrazed plots were higher than those of grazed ones.