

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*

李家藻 朱桂如 杨 涛 唐诗声

(中国科学院西北高原生物研究所)

纤维素,植物根和枯枝落叶的分解作用和土壤CO₂的释放,在国外已研究较多,在联合国国际生物学规划(IBP)主持下,美、英、法、芬兰及斯堪的纳维亚半岛的挪威、瑞典等国的IBP定位站都已作了不少工作,发表了有关的技术报告和论文。为了配合高寒草甸生态系统分解者亚系统的研究,我们于1980年在海北高寒草甸生态系统定位站进行了纤维素分解和土壤CO₂释放的试验研究工作。

纤维素分解作用

一、供试材料:选用厚度为35mm的层析滤纸。将滤纸剪成8×9cm大小,在105℃烘干后称重(为1.2g左右),置于36孔/cm²、大小为10cm×12cm的尼隆袋中,用尼隆线缝口后,埋放于样地内,埋样深度为10cm。

二、试验小区的设置:试验小区包括放牧、未放牧、灌水、施肥等4种试验处理。未放牧和灌水处理在草库仑外的相邻地块内,施肥处理设置在草库仑内另一地块内。灌水处理每小区面积为20m²,每处理3个重复,每个小区在4、5、6月各灌水1次,每次加水240公斤。施肥试验包括施用氮肥(尿素)、磷肥(过磷酸钙)、钾肥(氯化钾),每小区各300g,每个处理设3个重复,每小区面积为20m²。放牧、未放牧、灌水处理的埋样时间为5月15日,各处理分别埋放样袋36个。施肥处理的埋样时间为5月19日,每小区埋放样袋4个,每处理共埋放样袋16个。每隔一定时期,从未放牧、放牧、灌水处理各回收样袋6个,从各施肥处理分别回收样袋4个,用称重法测纤维素分解百分率。

三、纤维素分解百分率的测定:回收的尼隆样品袋,在105℃烘干后,将残留滤纸取出,连同粘附的土粒一起剪碎,置于坩埚内,称重后在马福炉中600℃灼烧6小时。冷至室温后,取出,再行称重。用同样方法,测埋放样袋处土壤灼烧后的灰分重,换算出于土与土壤灰分的比值。由于滤纸灼烧后的灰分重量很微(仅为滤纸原重的万分之一左右),可以忽略不计,由下面的公式即可算出纤维素分解百分率:

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

* 程双宁同志参加了此项工作

上式中 W_1 为滤纸埋放前的干重， W_2 为回收的滤纸连同粘附在上面的土粒的干重， W_3 为回收滤纸连同粘附的土粒灼烧后的灰分重， K 为将土壤灰分重换算为土壤干重的因数。

土壤CO₂释放

在回收尼隆样品袋的当天测定24小时内CO₂释放量。用NaOH吸收土壤释放的CO₂，用HCl滴定剩余的NaOH以计算释放CO₂量的方法(Parkinson, 1971)测定CO₂。我们所用的CO₂收集器为长25cm、内径为10.13cm、一端封闭的塑料园筒。所用的酸和碱的当量浓度均为0.2N左右。先在靠近埋放样品袋旁边，将地面能进行光合作用的牧草剪去，放上一个小的支架，在支架上放1只250ml塑料杯，准确吸取浓度经过标定的NaOH15ml加入杯内，同时加入2N BaCl₂·2H₂O 3ml，立即将CO₂收集筒插入土内，深度为10cm，并罩上涂有白漆的遮荫板，以免烈日曝晒提高筒内温度影响实验结果。在设置试验处理的同时，在地面放置对照塑料筒。对照塑料筒长度等于试验处理所用塑料筒露在地面部分的长度(15cm)，将其封闭的一端平放地面，同样放入盛有NaOH和BaCl₂·2H₂O的塑料烧杯后，将开口的一端封闭，同样罩上遮荫板。经24小时，取出烧杯，将NaOH液转入三角瓶，加入酚酞指示剂(酚酞1g，溶于95%酒精60ml，加水释到100ml) 2—3滴，用浓度经过标定的HCl滴定至淡红色恰好消失为终点。按下面的公式可以计算出土壤CO₂的释放量：

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ (g/m}^2 \cdot 24\text{hr)} &= \frac{(V_a - V_b) \times N \times 22.005 \times 10000}{80.541 \times 1000} \\ &= (V_a - V_b) \times N \text{HCl} \times 22.005 \times 0.1242 \end{aligned}$$

上式中， V_a 为对照处理耗用的HCl毫升数， V_b 为试验处理耗用的HCl毫升数， N 为滴定用盐酸的当量数，22.005为相当于1ml HCl的CO₂的毫克当量数。80.541为按圆面积公式计算得出的CO₂收集筒底面积的平方厘米数，10000和1000系将CO₂释放量由mg/cm²换算为g/m²的换算因数。

土壤温度和土壤水分

在测定土壤CO₂释放的同时，测定土壤温度和土壤水分。土壤温度的测量方法系将10cm地温计插入土中，在8时(a)、14时(b)、20时(c)记录10cm深土壤温度、按(2a+b+c)÷4的公式计算日平均地温。为了对不同时期内的纤维素分解百分率和土壤温度进行回归分析，从埋样之日起逐日测量10cm处土壤温度，并计算不同时期内的平均土壤温度。土壤水分的测定方法系采0—10cm处土壤，置已知重量的小铝盒中称重，在105°C烘箱中烘至恒重后再行称重，即可算出土壤水分百分率。

结果和讨论

所有试验处理埋放的尼隆样品袋，均分别在7月19日、9月21日和10月23日回收。在不同回收样品日期测得的累计纤维素分解百分率结果列于表1，不同时期内的纤维素分解百分率和平均土壤温度的数据列于表2。不同处理土壤CO₂释放的测定结果列入表3，不同采样日期测得的土壤温度和土壤水分

表1 各试验处理在不同日期测得的累计纤维素分解 (%)
 Table 1 Accumulative total decomposition of cellulose (% ± S.D.)
 determined at different sample date for each treatment

处 理 Treatment	纤维素分解 (% ± S.D.) Decomposition of cellulose (% ± S.D.)		
	埋放63天 Buried 63 days	埋放127天 Buried 127 days	埋放159天 Buried 159 days
	未 放 牧 Ungrazed	23.64 ± 5.31	59.09 ± 29.90
放 牧 Grazed	11.13 ± 7.89	37.87 ± 24.25	62.70 ± 15.39
灌 水 Irrigated	26.10 ± 20.17	71.64 ± 34.90	68.16 ± 5.78
加 尿 素 + Urea	8.73 ± 0.39	62.05 ± 30.45	60.61 ± 28.55
加过磷酸钙 + Superphosphate	11.54 ± 7.32	48.63 ± 11.40	69.48 ± 23.65
加氯化钾 + Potassium chloride	9.88 ± 1.21	39.23 ± 15.65	50.37 ± 28.75
不 施 肥 No fertilizer added	7.45 ± 5.14	46.39 ± 14.84	51.36 ± 3.93

的结果列于表 4。

一、纤维素分解作用的季节性变化

从表 1、表 2 所列不同处理纤维素分解和土壤温度测定结果可以看出,分解作用的高峰均发生在 7 月下旬到 9 月中旬,分解百分率达 24.25%—53.22%,这一段时间的土壤温度也是最高的,9 月中旬到 10 月中旬,土壤温度下降,纤维素分解率也随之下落。表 1 中灌水和施氮肥两个处理纤维素埋放 159 天的分解百分率小于埋放 127 天的分解百分率以及由此而来的表 2 中灌水和施尿素处理在 9 月 22 日到 10 月 23 日的纤维素净分解百分率中出现的负值,表明这段时间内纤维素不但未分解,反而增了重,这显然是不合理的。国外进行的同类试验也曾出现过这种情况。Lengkeek (1972), May (1973) 分别在美国两个不同定位站所作的分解试验中,也发现埋放的滤纸和根均有增重的现象。他们认为这是由于真菌菌丝和植物的根穿入尼隆样品袋内的结果。我们的分解试验中出现的滤纸增重,除上述原因外,也可能包括野外条件下产生的试验误差在内。

表2 各试验处理在不同时期内的纤维素净分解(%)及平均土壤温度
Table 2 Net decomposition of cellulose (%) and mean soil temperature of each experimental treatment in different period

处 理 Treatment	5月15日—7月19日 May 15-July 19		7月20日—9月21日 July 20-September 21		9月22日—10月23日 September 22-October 23	
	平均土壤温度 Mean soil temperature (°C)	纤维素分解 Cellulose decomposition (%)	平均土壤温度 Mean soil temperature (°C)	纤维素分解 cellulose decomposition (%)	平均土壤温度 mean soil temperature (°C)	纤维素分解 cellulose decomposition (%)
未 放 牧 Ungrazed	9.54	23.64	11.24	35.45	4.83	4.04
放 牧 Grazed	9.54	11.13	11.24	26.74	4.83	24.83
灌 水 Irrigated	9.54	26.10	11.24	45.54	4.83	-3.48
加 尿 素 + Urea	9.54	8.73	11.24	53.32	4.83	-1.44
加过磷酸钙 + Superphosphate	9.54	11.54	11.24	37.09	4.83	20.85
加氯化钾 + Potassium chloride	9.54	9.88	11.24	29.35	4.83	11.14
不 施 肥 No fertilizer added	9.54	7.45	11.24	38.94	4.83	4.97

未放牧处理的纤维素分解百分率在5月中旬到9月中旬这一段时间内明显地高于放牧处理。埋放157天后总的分解百分率也较高。由于小区面积不大,加水量不多,加之水分的迅速渗漏等原因,灌水处理与相邻的未灌水的未放牧处理相比较,土壤水分并没有什么增加。但是,由于在雨季来临以前的4—6月灌水,使埋放的干滤纸吸收了更多的水分,也增加了纤维素分解微生物对纤维素的侵染率,因而促进了纤维素的分解。灌水处理中埋放157天的纤维素分解百分率比放牧和未放牧处理都较高。Berg (1972) 在瑞典进行的滤纸分解试验结果表明,湿的滤纸的分解百分率比干的滤纸的分解百分率较高,和我们的试验结果相符。从不同施肥小区的试验数据可以看出,与不施肥的对照相比较,施钾肥对促进纤维素分解没有什么效果,施氮肥虽使纤维素分解百分率略有提高,但不显

表3 不同处理土壤中的CO₂释放 (g/m²·24hr±S.D)

Table 3 Carbon dioxide evolution (g/m²·24hr±S.D.) in soils for each treatment

处 理 Treatment	测 定 日 期 Date of determination		
	5月17日 May 17	7月19日 July 19	10月23日 October 23
未 放 牧 Ungrazed	2.6717±0.9622	4.6355±1.8964	2.0460±0.0381
放 牧 Grazed	2.1136±0.6885	4.5334±2.1587	1.9849±0.2950
灌 水 Irrigated	2.4677±1.2876	4.0690±2.3844	1.9443±0.1192

著，施磷肥则效果较好，埋放157天后的纤维素分解百分率比不施肥小区高9.89%。

二、纤维素分解作用和土壤温度，土壤水分和土壤中纤维素分解微生物数量的关系

为了探讨土壤温度对纤维素分解百分率的影响，Coleman(1973)曾用美国Pawnee定位站1971年4月初到7月末测得的纤维素失重百分率对逐渐升高的土壤温度进行了简单的直线回归的计算。按我们1980年在高寒草甸生态系统定位站5月中旬到10月中旬所测的结果，不论是纤维素分解百分率还是土壤温度和纤维素分解微生物数量（见本文集朱桂如等：海北高寒草甸生态系统定位站土壤微生物学的研究I。微生物各主要类群的组成及其数量变动），都是从低到高又逐渐下降，按数据分布的这种趋势，我们选用了二次多项式进行回归计算。因为纤维素分解作用是一个逐渐积累的过程，某日测得的纤维素分解百分率是从埋样日期或以后的某一日期到回收样品日期的一段时间内，随土壤温度的变化逐渐分解积累的结果。因此在进行回归分析时，如以某一段时间内的纤维素分解百分率作为因变数，则应以这一段时期的平均土壤温度作为自变数，正如以24小时内CO₂的释放量作为因变数，同样则应以24小时的平均土壤温度作为自变数一样。

我们将不同时期内纤维素分解百分率对平均土壤温度（表2），土壤水分（表4）和土壤中纤维素分解微生物数量等参数分别进行了二次多项式回归分析，表明纤维素分解百分率与土壤温度、土壤中纤维素分解微生物数量都明显相关。兹将部分处理（未放牧、放牧、灌水）中纤维素分解百分率对土壤温度、纤维素分解微生物总数的回归数据列于表5。

为了了解影响纤维素分解作用的主要因素，我们以土壤温度，纤维素分解微生物数量作为自变数，纤维素分解百分率作为因变数进行了多重回归分析。回归分析数据列

表4 不同处理的土壤水分(%)和土壤温度(日平均温度℃)
 Table 4 Soil water (%) and soil temperature (daily mean temperature, °C) for each treatment

处 理 Treatment	测 定 日 期 Date of determination							
	5月17日 May 17		7月19日 July 19		9月21日 September 21		10月23日 October 23	
	土壤水分 Soil Water	土壤温度 Soil temperature	土壤水分 Soil Water	土壤温度 Soil temperature	土壤水分 Soil Water	土壤温度 Soil temperature	土壤水分 Soil Water	土壤温度 Soil temperature
未 放 牧 Ungrazed	24.51	6.73	27.26	14.73	28.08	10.25	26.20	0.00
放 牧 Grazed	22.30	6.73	27.48	12.25	27.68	9.75	29.68	0.00
灌 水 Irrigated	23.82	6.73	28.14	14.73	28.13	10.25	26.28	0.00
加 尿 素 + Urea			25.76	14.45	30.14	8.95	27.39	2.38
加过磷酸钙 + Superphosphate			26.53	14.45	30.08	8.95	24.75	2.38
加氯化钾 + Potassium chloride			26.14	14.45	27.38	8.95	25.65	2.38
不 施 肥 No fertilizer added			23.58	14.45	29.90	8.95	27.05	2.38

表于6。

从上表看出,未放牧、放牧、灌水处理中纤维素分解百分率对土壤温度(参数1)、纤维素分解菌总数(参数2)的复相关系数(R)等于或很接近于1,表明二者对纤维素分解百分率均有良好相关,但各处理参数1的偏回归平方和 P_1 均大于参数2的偏回归平方和 P_2 ,表明土壤温度是影响纤维素分解百分率的最主要因素(中国科学院数学研究所统计组,1979)。Coleman(1973)比较了美国几个IBP定位站的分解作用数据,指出在干燥少雨的定位站(如Pawnee定位站),添加水分对促进分解作用有显著的影响,而在比较潮湿的定位站(如Osage定位站),温度对分解作用有较大的影响。我们的工

表5 不同时期内纤维素分解(%)对平均土壤温度和纤维素分解微生物数量的二次多项式回归数据

Table 5 Second degree polynomial regression data of net decomposition of cellulose (%) vs. mean soil temperature and total number of cellulose decomposing microorganisms (R^2 : correlation index)

Treatment	R^2	a	b_1	b_2
土壤温度—纤维素分解 (%)				
Soil temperature vs. decomposition of cellulose (%)				
未放牧 Ungrazed	0.9998	7.42	-3.22	0.51
放牧 Grazed	0.9991	122.54	-29.00	1.82
灌水 Irrigated	0.9999	2.81	-5.09	0.79
纤维素分解微生物总数—纤维素分解 (%)				
Total number of cellulose-decomposing microorganisms vs. decomposition of cellulose (%)				
未放牧 Ungrazed	0.9996	56.95	-18.25	1.59
放牧 Grazed	0.9999	59.22	-18.57	1.77
灌水 Irrigated	0.9997	129.40	-26.53	1.32

作也得到了类似的结果。海北定位站土壤比较潮湿。在5—10月试验期间的变化幅度很小，因而土壤温度成了影响纤维素分解的首要因素。

三、土壤CO₂释放的季节性变化

表3的数据表明，土壤CO₂释放也有明显的季节性变化。未放牧，放牧和灌水处理样地在5月17日测得的CO₂释放量(g/m²、24hr)分别为2.6717、2.1136和2.4677，7月19日为CO₂释放的高峰，分别为4.6355、4.5539和4.6900，10月23日明显下降、分

表6 纤维素分解对土壤温度、纤维素分解微生物总数的多元回归数据

Table 6 Multiple regression data of cellulose decomposition vs. soil temperature and total number of cellulose-decomposing microorganisms

处 理 Treatment	R	P ₁	P ₂
未 放 牧 Ungrazed	1.0000	430	0.4755
放 牧 Grazed	0.9996	144	140
灌 水 Irrigated	1.0000	912	26

R—复相关系数

R: Coefficient of multiple correlation

P₁—土壤温度的偏回归平方和

P₁: Sum of squares of partial regression of soil temperature

P₂—纤维素分解微生物总数的偏回归平方和

P₂: Sum of squares of partial regression of the total numbers of cellulose decomposing-microorganisms

别为2.0460、1.9849, 和1.9443。美国Osage定位站未放牧、放牧点CO₂释放量(g/m²、24hr)的高峰分别为5和8, 而在ALE定位站未放牧和放牧点的差异则不大, 通常为1.5—2.0, 少有超过4的(Coleman, 1973)我们所测得的数据, 介于它们两者之间。从表3还可以看出, 不同时期未放牧小区的土壤CO₂释放量都比放牧处理高一些。

本文集另文1978年在定位站测得的土壤CO₂释放量明显的高于我们1980年所得的土壤CO₂释放量。这可能是由于测定年份和试验设计方法不同所致。我们参考美国和挪威一些IBP定位站的方法, 在测定土壤CO₂释放时, 为了避免阳光照射增高收集器内温度造成实验误差, 在CO₂收集上加了遮荫装置。美国IBP定位站使用铝箔或马口铁薄板遮荫(Lengkeek, et al., 1973; wildung, et al., 1972), 挪威IBP定位站使用泡膜塑料罩遮荫(Flanagan, et al., 1974)。他们认为加遮荫装置可以防止CO₂收集器温度升高, 产生所谓的温室效应(greenhouse effect)。试验表明, 即使加了遮荫罩, 收集器内的温度仍然比收集器外的温度高1°C(Flanagan, et al., 1974), 如不加遮荫装置, 收集器内的温度必然比收集器外增高更多, 这样得到的CO₂释放量必然增高, 再将20分钟内的CO₂释放量折算为24小时内的CO₂释放量, 必然会使数据更加增大。

四、土壤CO₂释放与土壤温度、土壤水分以及土壤微生物数量的关系

May (1973) 曾用二次多项式回归分析CO₂释放与土壤温度和水分的关系, 而

表7 土壤温度、土壤水分与好气性细菌、真菌、放线菌总数与CO₂释放的指数回归数据
 Table 7 Exponential regression data of carbon dioxide evolution vs. soil water, soil temperature and total number of aerobic soil bacteria, fungi and actinomycetes

试验处理 Treatment	r	a	b
土壤温度—CO ₂ 释放 Soil temperature vs. carbon dioxide evolution			
未放牧 Ungrazed	0.9890	0.68	0.06
放牧 Grazed	0.9198	0.57	0.06
灌水 Irrigated	0.9884	0.63	0.05
土壤微生物总数—CO ₂ 释放 Total number of soil microorganisms vs. carbon dioxide evolution			
未放牧 Ungrazed	0.9181	0.75	8.5 × 10 ⁻⁶
放牧 Grazed	0.7976	0.40	2.9 × 10 ⁻⁴
土壤水分—CO ₂ 释放 Soil water vs. carbon dioxide evolution			
未放牧 Ungrazed	0.5564	-3.27	0.17
放牧 Grazed	-0.0722	1.16	-6.4 × 10 ⁻³

表8 土壤CO₂释放对土壤温度、土壤好气性细菌、真菌、放线菌总数的多重回归数据

Table 8 Multiple regression data of carbon dioxide evolution vs. soil temperature, total number of aerobic bacteria, fungi and actinomycetes.

处 理 Treatment	R	P ₁	P ₂
未 放 Ungrazed	0.9986	0.3467	0.2092
牧 放 Grazed	0.9970	1.4043	1.0448

R 复相关系数

R: Coefficient of multiple correlation

P₁ 土壤温度的偏回归平方和

P₁: Sum of squares of partial regression of soil temperature

P₂ 土壤好气性细菌、真菌、放线菌总数的偏回归平方和

P₂: Sum of squares of partial regression of total number of aerobic soil bacteria, fungi and actinomycetes

Svensson (1975) 则认为与温度有关的生物学过程遵循指数方程, 并对挪威 Hardanger-vidda 定位站测得的 CO₂ 释放和土壤温度、水分等参数进行了指数回归分析。我们用 1980 年在本定位站测得的有关参数进行了指数回归。回归分析表明, 土壤 CO₂ 释放与土壤温度和土壤中好气性微生物 (包括细菌、真菌和放线菌) 总数 (见本文集朱桂如等: 海北高寒草甸生态系统定位站土壤微生物学的研究 I、微生物各主要类群的组成及其数量变动) 有良好的相关, 并遵循指数回归方程 (表 7), 但和土壤水分则不相关或不甚相关。为了弄清影响 CO₂ 释放的主导因素, 用多重回归分析了土壤 CO₂ 释放与土壤温度, 土壤微生物总数的关系。回归分析数据 (表 8) 表明, 未放牧和放牧处理土壤温度的偏回归平方和 P₁ 均大于微生物总数的偏回归平方和 P₂, 说明土壤温度对 CO₂ 释放的影响大于土壤微生物数量的影响。这是符合实际情况的, 因为土壤微生物虽然是土壤 CO₂ 释放的主要来源, 但不是唯一的来源, 土壤动物和植物根系也能释放部分 CO₂, 而其代谢又都与温度有关。

施肥和灌水处理土壤 CO₂ 释放和纤维素分解试验, 系分别在乐炎舟, 周兴民二同志布置的试验小区内进行, 特此致谢。

参 考 文 献

- 中国科学院数学研究所统计组, 1973: 常用数理统计方法, P. 104, 科学出版社。
- Berg, B. and T. Rosswall, 1973, Microbiology and Decomposition Studies. Cellulose Decomposition. Progress Report 1971. pp. 134—141. Swedish IBP Tundra Biome Project Tech. Rep. 14
- Coleman, D.C., 1973, Comparative Investigations in the U.S. IBP Grassland Biome Tech. Rep. No. 210.
- Flanagan, P.W. and A.K. Veum, 1974, Relationships Between Respiration, Weight Loss, Temperature and Moisture in Organic Residues on Tundra. In: Holding, A. J. (Eds.) : Soil Organisms and Decomposition in Tundra, International Biological programme Tundra Biome, pp. 249—277, Stockholm, Sweden.
- Lengkeek, V.H. and P. 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 CO₂ Evolution at the Osage Site, 1972, U. S. IBP Grassland Biome Tech. Rep. No. 222.
- Parkinson, D., T. R. G. Gray and S. T. William (Eds.) : Methods for Studying the Ecology of Soil Microorganisms. IBP Hand-book No. 19, Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh, 1971.
- Svensson, B.H. et al., 1975, Carbon Losses from Tundra Soils. In: Wielgolaski, F.E. (Ed) : Fennoscandian Tundra Ecosystems, Part 1. Plant and Microorganisms, pp. 279—268, Berlin, Heidelberg and New York, Springer.
- Wildung, R.E. and R.L. Schmidt, 1972, Soil Microbiological Studies on the ALE Reserve, 1971, U.S. IBP Grassland Biome Tech. Rep. No. 175.

外文摘要 (Abstract)

STUDIES OF CARBON DIOXIDE EVOLUTION
AND CELLULOSE DECOMPOSITION IN SOILS
AT THE HAIBEI RESEARCH STATION OF
ALPINE MEADOW ECOSYSTEM

LI Jiazao ZHU Guiru YANG Tao TANG Shisheng

(Northwest plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

Cellulose decomposition and carbon dioxide evolution were studied at the Haibei Research Station of Alpine Meadow Ecosystem in 1980. The experimen-

tal data show that the decomposition of cellulose and carbon dioxide evolution are higher in the ungrazed site than those in the grazed site, irrigation in earlier season may improve the decomposition of cellulose.

Obvious seasonal changes have been observed in cellulose decomposition and carbon dioxide evolution. The max. value of cellulose decomposition appeared in mid July.

The seasonal changes of carbon dioxide evolution are correlated with soil temperature and total number of aerobic bacteria, fungi and actinomycetes and follow an exponent regression equation. The seasonal dynamics of cellulose decomposition are correlated with soil temperature and total number of cellulose-decomposing microorganisms, and follow a second degree polynomial regression equation.

The result of multiple regression analysis with Soil temperature, total number of soil cellulose-decomposing microorganisms and soil aerobic microorganisms as independent variables and cellulose decomposition and carbon dioxide evolution as dependent variables indicate that soil temperature is the most important factor influencing the decomposition of cellulose and the amount of carbon dioxide evolution in soil.

去式呼林林，一

... (K) ... (A) ... (B) ... (C) ... (D) ... (E) ... (F) ... (G) ... (H) ... (I) ... (J) ... (K) ... (L) ... (M) ... (N) ... (O) ... (P) ... (Q) ... (R) ... (S) ... (T) ... (U) ... (V) ... (W) ... (X) ... (Y) ... (Z) ...

... (1) ... (2) ... (3) ... (4) ... (5) ... (6) ... (7) ... (8) ... (9) ... (10) ... (11) ... (12) ... (13) ... (14) ... (15) ... (16) ... (17) ... (18) ... (19) ... (20) ...

... (1) ... (2) ... (3) ... (4) ... (5) ... (6) ... (7) ... (8) ... (9) ... (10) ... (11) ... (12) ... (13) ... (14) ... (15) ... (16) ... (17) ... (18) ... (19) ... (20) ...

... (1) ... (2) ... (3) ... (4) ... (5) ... (6) ... (7) ... (8) ... (9) ... (10) ... (11) ... (12) ... (13) ... (14) ... (15) ... (16) ... (17) ... (18) ... (19) ... (20) ...

... (1) ... (2) ... (3) ... (4) ... (5) ... (6) ... (7) ... (8) ... (9) ... (10) ... (11) ... (12) ... (13) ... (14) ... (15) ... (16) ... (17) ... (18) ... (19) ... (20) ...