

# 上杨试验区水土保持生态系统中土壤微生物的性态与物质能量的转化

<sup>2</sup> 廖安中 <sup>1</sup> 张淑光 <sup>1</sup> 邓 岚 <sup>2</sup> 姚少雄

<sup>3</sup> 谭子文 <sup>3</sup> 余洪生 <sup>3</sup> 纪喜宁 <sup>1</sup> 周利民

(1. 广东省水利水电科学研究所 广州 510610)

(2. 广东省水土保持领导小组办公室 (3. 惠州市水土保持站)

**摘 要** 本试验采用国际晚近研究的新进展方法进行检测,试验表明土壤微生物总活性夏季比冬季强烈,人工森林生态系统比对照地(稀树草坡微生物总活性增强20倍,每年被分解转化的有机物质量( $t/km^2$ )果园地比对照地增加1倍多,土壤微生物库中生物营养元素的库贮量( $kg/hm^2$ )果园地比对照地也增加了1倍,土壤微生物对能源营养物质的转化归还量,果园和人工森林生态系统都比对照地增大。

**关键词** 水土保持 土壤微生物活性 土壤有机质 生态质量

## Microbe Forms and Matter-energy Transformation of Soil in the Ecological System of Soil and Water Conservation of Shangyang Experimental Area

<sup>2</sup> Liao Anzhong <sup>1</sup> Zhang Shuguang <sup>1</sup> Deng Lan <sup>2</sup> Yao Shaoxiongy

<sup>3</sup> Tan Ziwen <sup>3</sup> Yu Hongsheng <sup>3</sup> Ji Xining <sup>1</sup> Zhou Limin

(1. Guangdong Institute of Hydro-power and Water Sciences Guangzhou 510610)

(2. Soil and Water Conservation Office of Water Conservancy Department in Guangdong Province)

(3. Soil and Water Conservation Station of Huizhou City)

**Abstract** To adopt the present international research methods, the experimental results show that the total activity of soil microbe in summer is stronger than that in autumn, and its in the artificial forest ecosystem increases of 20 folds than that in the contrast field (the spare vegetation); the annual transformed-decomposed organical matters of the orchard increase of a fold than that of the contrast field; the stored amounts of the nutrient element of the soil microbe storehouse in the orchard enhance of a fold than that of the contrast field, the transformed-returned amounts of the energy matter in orchard and artificial forest ecosystem is larger than that in the contrast fields.

**Key words** soil and water conservation activity of soil microbe soil organic matter ecological quality

## 1 前言

上杨试验区所在的东江流域,水土资源的流失,虽算不上全省之最,但其中的部分地区,流失的强度还是相当严重的。这对当地农林各业生产发展、生态环境保护以及沿河特别是下游地段各中心城市经济繁荣和稳定,仍然是一个限制因素。试验区经过10多年的整治营建,逐步成为一片果树菁葱、林木荫翳,环境比较宜人的园林,以至被喻为方圆百数十里红色海洋中的璀璨绿珠。但在它周围,当前正在开展着大规模的城市建设,如何巩固和扩大既有的成效未雨绸缪地防范水土资源和生态环境再度恶化,使之真正成为处于良性循环,有利于人们生产、生活活动的优化生态系统,实为当前的重大使命。

## 2 研究的意义与方法

### 2.1 意义

土壤是陆地生态系统的基础组成,其上(中)的各个生物类群,在生态系统的物质、能量积累和转移中,都有其各自不同的作用功能。着根于土壤的植物,于其中吸取水分和无机营养,并从大气中摄取  $\text{CO}_2$ ,通过地上叶面接收太阳辐射能进行光合作用而合成生产出各种有机能源化合物,它们是物质的生产者;包括人类在内的各种动物,则是以这些物质作为自己生长繁殖和生命活动的物质消费者;而集生于土壤层中微生物群体,则是专门从事将一切进入土壤的有机残物,进行无机化分解的物质分解者。分解转化过程产生的  $\text{CO}_2$  和变为热量的能,重又返回大气层,其中的无机营养元素则又重返土壤中而促成了生物圈与大气圈、土壤岩圈及水圈之间的物质能量的循环。绿色植物不仅是有机能源物质的生产者,同时也是有着强大涵水固土,限制水土流失,减缓物质能量外输作用的生物类群。生态系统质量的高低,最终决定于其物质能量的输入与输出间的平衡状态。因而专事于能量导入和物质生产的植物群体荣衰,往往在生态系统质量评价中起决定作用。而动物及微生物群体的荣衰都以植物群体的荣衰为前提,绿色植物越繁茂,能供养的动物越多,它们余下的有机残物量也就越大,赖于生长繁殖的微生物的生物量和分解活性也就越大越强。因而生态系统的质量优劣,也就在土壤微生物的性态中显示出来,土壤微生物的性态及其动向的监测研究,也就成为当地水土资源和生态系统研究中的一个重要内容。

### 2.2 方法

土壤微生物的性态,可以通过不同的方法、途径来检测、显示,我国过去长期来只限于规定条件下相对比较检出不同微生物个体的数目,计出它们的组成比例,这往往只能用于一般的定性的描述,难以满足有关定量化分析研究的需要。根据国际上晚近研究的新进展,和“碳素通过光合作用进入生物圈,再又通过呼吸作用而离开”及“生物与环境间的物质交换量,与其总生数量的大小成比例而与其个体数目的多少没有必然的相关”等事实,在这一研究中,选定了微生物呼吸的总活性和总生数量两个项目作为主要的检测内容,分别按以下所述方法对预定的代表性样地、测点进行定位定期的采样、分析测定。由此所得数据,结合运用既已研究得出的有关结果,进一步对不同土壤微生物各种有关作用功能,进行相应的定量分析讨论。

2.2.1 定位定期采样 在试区范围内选出若干整治措施、草木类型、郁蔽程度及土壤性状各有不同的代表性样地、测点(约 10~15m<sup>2</sup>)。然后按春(3~5 月)夏(6~8 月)秋(9~11 月)冬(12~2 月)四个季度中期分别进行观察采样。土样采集是在样点范围内以多点(3~5 处)挖取表面微生物集生的 0~15cm 土层,除去粗根和粗粒砂砾,过 3mm 筛匀化后,以四分法取出所需样品量。保持自然含水(塑料袋封装),短期内(1~2d)即行分析测定。

2.2.2 土壤微生物总(呼吸)活性 在保持采样时自然含水、气温条件下以标准碱吸收法检出单位土重(干土计)、单位时间内释出的 CO<sub>2</sub> 量,最后以每天(24h)每公斤土壤释放出 CO<sub>2</sub> 的摩尔数表示,作为微生物呼吸总活性的指标。如要了解其潜在最大活性,还以补水至田间持水量和添加能源(0.1%葡萄糖)的条件下作了一些比较检测。

2.2.3 土壤微生物总生物量 用经过烘烤杀菌和未经杀菌两种处理土样的盐提液,以重铬酸钾氧化容量法分别检出可提取有机—C,由两者之差计出土壤微生物可抽出的生物—C,再按它们在总生物—C 中所占的平均比例,计算出土壤微生物的总生物—C 的含量,以每百克干土的毫克数来表示,作为总生物量的指标。

3 自然条件与研究结果

3.1 试区基础条件与土壤微生物性态的支配因子

试区水土流失本底调查结果表明:它是处于海拔 30~60m 的剥蚀阶地上,因新构造运动的逐步上升,侵蚀基面下降,经长期侵蚀而形成沟谷分割、岗丘起伏地形,基岩属三系丹霞群的紫红色灰质、泥铁质胶结的砂、砾质岩层。有第四纪棕色粘砂质沉积物上覆,但其厚度因地势、部位不同而异。东部及东南部陡高地段,沉积层浅薄以至蚀尽无存基岩裸露,西部及南部缓坡谷地上沉积层则比较深厚。地处南亚热带季风气候带、气候湿热,夏季气温较高,冬季较低,年均温在 21~22℃,雨量充沛,年均约在 1 700mm 左右,它们 80%集中在 4~9 月,10~3 月只占 20%左右,干湿季差异明显。这种地理气候条件下的自然植被本为常绿阔叶林木,早因人为破坏已荡然无存,现有林被均为重新营造的次生林木,在专门封育的条件下,一些土著的草本、灌木尚得以逐步恢复,并使水土流失过程得到相应的控制。

表 1 不同观测样地、测点土壤的基础条件

测点	样地植被类型及其差异		地形部位	土层质地、结构	土壤种类
8	I 光板地	无树草	丘岗阳坡	砂砾质紫色	母质性
			侵蚀沟分割	壤土块状	新成土
1	I 稀树草坡	稀落成木有草	丘岗陡	砂砾质紫色壤土砂砾	紫色土
		被总覆盖约 45%	坡地	质棕红色壤土块状	薄层赤红壤
4	I 稀树草坡	稀疏幼树有草被	丘岗陡	砂砾质紫色壤土砂砾	紫色土
		总覆盖约 45%	坡地	质棕红色壤土块状	薄层赤红壤
5	II 大叶相思林	林冠覆盖近 90%	丘岗上	带砂砾棕红色	厚层赤红壤
		林下草本灌木稀少	宽平地	壤土块状	
6	IV 果园地	柑桔园较	修了壕畦	夹砂砾棕红色	中层赤红壤
		多杂草	平缓坡地	壤质土块状	
2	IV 果园地	荔枝园杂	筑了梯地	夹砂砾棕红	中层赤红壤
		草繁茂	的岗坡地	色壤质土块状	

这种自然条件下，一段高处土壤发育成不同种属的地带性赤红壤。在特种地形部位上或人为作用，改造影响下也还形成一些水稻土、果园土或幼年母质性新成土。

这一研究中观测样地的选定，主要是根据生态系统中作为物质能量生产积累者绿色植物组成、结构的差异来考虑，另外还按照地形部位、成土母质与土壤质地、结构等的差异，多设测点加以比较。表 1 是选定的样地、测点的植被类型、地形部位及土壤质地结构等差异说明。在诸多的生态因子中，水分是各种生物生命活动中最为重要的一个因子。上述各样地、测点在各种条件综合影响下，不同季节土壤的自然含水率的差异和变化见于表 2。从表 2 可以清楚地看出：各样地、测点无一例外地显示出春夏间土壤含水率较高而秋冬期含水率则明显较低。这种变化显然与春夏间降雨频数及总雨量较高，而秋冬期明显较低有关。这种含水状况对这里土壤微生物性态的变化起到了支配性的作用。下文有关观测结果将证明这一点。

进一步比较同季节不同样地测点间含水率的差异时，不难看出：植被覆盖率较高的果木园和阔叶相思林下土壤含水率相对较高，而植被较之稀疏的其他样地则一般较低。说明植物被覆盖率，尤其近地处覆盖度是影响土壤含水量的重要因素。

下文说到检测结果显示，春夏高温季节土壤微生物活性和生物量都较秋冬较低温为高。显然除水分外，温度的高低，也对土壤微生物性态有着支配性作用。

表 2 不同土壤自然含水率(%)的季节变化及年均值

类型	测点	冬	春	夏	秋	年均值
I	8	2.76	11.36	14.55	7.22	8.97
Ⅰ	1	8.31	12.73	13.02	6.00	10.02
Ⅱ	4	4.09	9.97	10.06	5.17	7.32
Ⅲ	5	6.55	13.42	17.15	10.02	11.79
Ⅳ	6	5.65	14.80	11.59	6.12	9.54
Ⅴ	2	11.42	15.70	15.84	11.05	13.50

3.2 土壤微生物的总活性与土壤物质能量的转化

3.2.1 不同土壤微生物总活性的季节变化与年均值 有关研究已表明：代表着土壤微生物总活性高低的呼吸强度的大小，与土壤水分、温度及易利用能源的存在状况有密切关系。一般在田间持水量范围内，呼吸强度随土壤水分和易利用能源含水量的增高而增大。这一研究中检测得的有关结果(表 3)已证明了这一点。它表明自然含水和温度都比较高的夏季，实际活性都显著高于含水量和温度都较低的冬季；补加水分至田间持水量同时补加能源时测得的潜在活性，都明显高于自然条件下的实际活性达 3~5 倍，有原来活性越高增幅越大的趋势。

表 3 几种土壤不同条件下检测得微生物活性的季节差异

类型	测点	呼吸活性(CO <sub>2</sub> mol/kg 土·d)·10 <sup>-4</sup>			
		冬季		夏季	
		自然含水	补水 <sup>(1)</sup>	自然含水	补水+能源 <sup>(2)</sup>
I	8	0.23	2.17	2.61	3.48
Ⅰ	4	0.87	2.82	4.34	14.34
Ⅱ	5	0.78	3.68	6.96	36.09
Ⅳ	2	2.17	4.11	9.13	42.05

注：(1)补水至田间持水量；(2)补至田间持水量并加 0.1%葡萄糖。

根据定位定期检测结果整理，不同样地、测点土壤微生物的实际呼吸活性的年中变化及其

年均值列于表 4。它表明:土壤含水量和气温都较低的冬期,微生物的活性都较低。转入春夏期后,含水和气温都显著增高,活性也随之而增大,不管原有活性高低,都有相当大的增幅,一般增高 3~4 倍,而原有活性特低的 8 号母质性土壤,增幅也特大达 10 倍以上。这与整个物候期变化,各生物类群的生长繁殖由静息而萌动以至繁荣这一过程密切相关。入秋后虽然气温还没有迅速下降,但由于降雨显著减少,土壤含水显著降低,也就给微生物的生命活力带来了明显的限制。

表 4 不同土壤微生物呼吸总活性季节变化与年均值

类型	测点	呼吸总活性 $\text{CO}_2\text{mol}/(\text{kg} \pm \cdot \text{d}) \cdot 10^{-4}$				
		年均值	春	夏	秋	冬
I	8	0.23	1.09	2.61	0.20	1.03
II	1	1.30	3.79	3.48	1.55	2.53
III	4	0.87	4.34	4.34	1.00	2.64
IV	5	1.73	5.98	6.96	1.75	4.11
IV	6	1.21	7.61	6.52	2.50	4.46
IV	2	2.17	8.15	9.14	3.45	5.73

对不同样地、测点土壤微生物活性年均值加以比较时,可以看出:有过强烈侵蚀流失虽已植活稀落苗木,但杂草不长的 8 号样地土壤,微生物呼吸活性最低,每天每公斤土释出的  $\text{CO}_2$  只有 0.103mmol,而稀树草坡地为 0.26mmol;被覆度较大的林地 0.3~0.4mmol,而总覆盖度最高的果园地土壤达 4.5~5.7mmol,活性最高。这说明土壤微生物总生理生化活性,随植被覆度的增大,提供的有机能源物质增多而越来越强。

3.2.2 不同土壤微生物机体组织的产出率 在微生物呼吸代谢过程中,释放的  $\text{CO}_2$  和供生物氧化所需而吸收的  $\text{CO}_2$  量,是摩尔数相当的。在氧化磷酸化过程中,每吸入 1mmol $\text{O}_2$ ,相应 6mmol 的 ATP 形成,而每形成 1mmol 的 ATP,相应 10g 的新细胞组织产生。据此按呼吸活性中  $\text{CO}_2$  的释放强度,也就可得知相应吸入  $\text{O}_2$  的 mmol 数,再按上述的当量关系就可对不同土壤微生物组织的合成产出率作出定量计算。不过,所取用方法测得的呼吸活性,还包括一些存活着的细根、根毛的呼吸,还有密闭的检测系统内置有吸收  $\text{CO}_2$  的碱液,使  $\text{CO}_2$  分压低于实际土壤空气而结果有些偏高。只有 70%是来自微生物自身的纯呼吸,因而上述计算中应取微生物的纯呼吸。

表 5 不同土壤不同时期呼吸强度与微生物的组织产出率

类型	测点	呼吸强度			干组织产出率		
		$[\text{CO}_2\text{mol}/(\text{kg} \pm \cdot \text{d}) \cdot 10^{-4}]$			$[\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{d})]$		
		春夏	秋冬	年均	春夏	秋冬	年均
I	8	1.295	0.151	0.723	0.0078	0.00090	0.00434
II	1	2.584	1.001	1.771	0.0153	0.00601	0.01063
III	4	3.038	0.655	1.848	0.0182	0.00393	0.01108
IV	5	4.528	1.218	2.877	0.0272	0.00731	0.01732
IV	6	4.949	1.302	3.122	0.0290	0.00781	0.01873
IV	2	6.505	1.967	4.011	0.0390	0.01180	0.02407

表 5 是各样地、测点土壤微生物平均组织产出的计算结果。它们相对大小与所处环境条件之间的关系和上述微生物总活性与之存在的关系是完全一致的。它表明微生物对有机残体的分解利用和它们自身机体组织的迅速、大量地合成主要是在较湿润温热的春夏之间,而在较干

早低温的秋冬期,则比较缓慢、数量也少。

应该指出,所合成的有机活体组织,并不是不断累积留存于土壤中,而是经过生长、老化而衰亡重又无机化消解。新的细胞组织重又合成、生长繁殖,按环境条件维持着一定的生物量水平而渐次更新。这方面下文将另有专门的讨论。

3.2.3 不同土壤有机残体及相应能量的分解转化量 从“微生物是物质的最终分解者”及在生物圈中有机态碳素“…又通过呼吸作用而离开”来考虑,土壤微生物呼吸过程释放出的 $\text{CO}_2$ 量的多少,也就可以作为计算土壤中有有机残体无机化分解转化量的主要依据。

有关研究已表明。微生物呼吸释放出的无机—C量,只是被分解转化基质有机—C总量的65%,另外的35%被摄取作为微生物自身新的机体组织的合成;另外,一般土壤有机残体含C量约为50%;而每克有机—C蓄存能量约为 $4.184 \times \text{GJ}$ 。根据这些数据和不同样点土壤测得的微生物呼吸强度,就可以对它们每年每公顷释出的无机—C( $\text{CO}_2$ —C)总量、相应转化散失的能量及只分解的有机残物总量,逐一作出计算。表6是以总呼吸量70%作为纯微生物呼吸进行这方面计算所得的结果。表6中列出的数据表明,光板地、呼吸最弱的8号母质性土壤,异化释放出的无机—C量,每年每公顷只在0.5t左右;草木繁茂,呼吸最强的果园地土壤,则高达2~3t;其余也依草木覆盖度和呼吸强度的高低变动在1~2t之间。它们相应散失的能量,依次分别为每年每公顷约2,10~12和5~8GJ,被分解转化的有机物量,则依次分别为每年每公顷1.5,7~9和4~7t。

表6 不同土壤有机物质、能量的年分解转化量

类型	测点	微生物纯呼吸 [ $\text{CO}_2 \text{ mol} 10^{-4} / (\text{kg} \pm \cdot \text{d})$ ]	异化释放出 $\text{CO}_2$ —C [t/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ )]	相应散失能量 [GJ/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ )]	有机残体分解量 [t/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ )]
I	8	0.721	0.545	2.274	1.676
II	1	1.771	1.338	5.598	4.117
III	4	1.848	1.396	5.842	4.296
IV	5	2.877	2.174	9.085	6.688
V	6	3.122	2.359	9.869	7.258
VI	2	4.011	3.030	12.680	9.325

注:15cm表层土层每公顷按1725t计。

通过以上有关计算和分析比较,就可以对各个不同土壤微生物生长繁殖的速度和数量、对有机残体及相应能量的分解转化速度和数量,定量地作出客观的评价。

### 3.3 土壤微生物的生物量与营养物质的库贮量和转化归还量

3.3.1 不同土壤微生物生物量的季节变化与年均值 不同样地、测点土壤微生物量的季节变化及它们的年均值列于表7。它表明各测点土壤中微生物量的季节变化和相对大小的差异,与微生物呼吸活性的变化和差异,基本上是相似的。首先,生物量随不同季节所决定的水热状况而变化,冬季较低,及至春夏间明显增大,入秋又复降低。再则,依植物覆盖度和土壤物理性状导致的水分、能源情况的差异,生物量也有相应的差异。植被覆盖度较大的果园地和大叶相思林地都显著高于稀树草坡地和光板地母质性土壤。从生物量的年均值看,它们每100g土中生物—C的含量分别为20~30,12~22,15~18,近于1.0mg。最大是荔枝园土壤(30.23mg),最小的是缺乏植被的母质性土壤(1.16mg)。

土壤微生物总生物量与总呼吸活性,是反映土壤中微生物存在状况的两种不同形式。微生物生物量数量越大,显示出的呼吸活性越强;呼吸活性越强,意味着微生物氧化呼吸过程越强,机体组织合成产出率愈大,生物量水平愈高。蓄存的能源营养物质数量也愈多,机体衰败更新

过程被无机化分解而归还到土壤中的矿物营养数量也越大。为了更清楚地说明这些问题,下文进一步作更深层次的分析讨论。

表 7 不同土壤微生物总生物量的季节变化与年均值

类型	测点	微生物总生物量(生物—C mg/100g 土)				
		冬	春	夏	秋	年均值
I	8	1.22	1.46	1.39	0.55	1.16
II	1	16.17	20.52	14.71	9.80	15.30
III	4	18.05	21.08	18.93	13.88	17.99
IV	5	21.27	25.42	23.13	20.97	22.70
V	6	18.13	21.71	20.76	19.27	19.97
VI	2	29.16	40.59	28.92	22.23	30.23

3.3.2 不同土壤微生物库中生物营养元素的库贮量 关于土壤中不同微生物量的比例及它们各自组织营养元素的组成,安德逊(Anderson)曾作过详细的研究。他得出结果表明:一般土壤中数目占绝大多数的细菌和放线菌,在总生物数量中只占 25%,但数目只占很少部的真菌在总生物量中却占 75%。两者间生物量的比例为 1:3。他按这种权值和它们各自组织中营养元素的组成,计算出土壤微生物组织中 N、P、K 和 Ca 与生物—C 的平均比例依次为别为 0.15,0.116,0.098 和 0.014。按照这种比例,由已测知的各样点土壤中的生物—C 的年均水平,就可计出各样点土壤微生物库中生物营养元素的年均库贮量。由此而计得的结果列于表 8。

表 8 不同土壤微生物库中生物营养元素的库贮量(kg/hm<sup>2</sup>)

类型	测点	C	N	P	K	Ca
I	8	20.01	3.00	2.32	1.96	0.28
II	1	263.93	39.59	30.62	25.87	3.70
III	4	310.35	46.55	36.00	30.41	4.34
IV	5	391.58	58.74	45.42	38.38	5.48
V	6	344.48	51.67	39.96	33.76	4.82
VI	2	521.47	78.22	60.49	51.10	7.30

表 9 不同土壤微生物组织的转化系数与更新周期

类型	测点	年均生物—C (mg/100g 土)	干组织含量 (g/kg 土)	组织产率 ([g/(kg·d)])	转化系数 [g/(kg·d)]	更新周期 (d)
I	8	1.16	0.0232	0.0043	0.205	4.0
II	1	15.30	0.306	0.0106	0.035	28.0
III	4	17.99	0.360	0.0111	0.031	31.9
IV	5	22.70	0.454	0.0173	0.039	25.7
V	6	19.97	0.399	0.0187	0.048	20.8
VI	2	30.23	0.605	0.0241	0.041	24.6

表 9 中计得库贮量,为进一步推算不同土壤微生物衰亡更新过程,各种无机营养元素每年归还到土壤中的数量提供了重要依据。

3.3.3 不同土壤微生物组织体的更新周期 土壤中微生物据其所处的环境条件,不断地以新生个体代替老化衰亡的个体,维持着一定的生物量水平。它们每更新一代所经历的时间,亦即更新周期( $T$ )与组织体的半衰期( $t_{0.5}$ )之间的关系,经津肯逊(Jenkinson)研究所得示如

下式:

$$T = t_{0.5}/\ln 2$$

瓦纳格(WaGner)的有关研究得出,当细胞组织的产率( $a$ )和相对稳定的总组织量( $X$ )为已知时, $t$ 时间内组织体的转化系数,即单位时间内分解转化的组织体数量( $K$ )可由下式计得:

$$K = \ln(\frac{X}{X-a})/t$$

而原有组织体随衰亡转化降至其半值所经历的时间,即半衰期( $t_{0.5}$ )则可由下式计得:

$$t_{0.5} = \ln 2/K$$

可见,组织体的转化更新周期,实际上也就是上述计得的转化系数的倒数,即:

$$T = 1/K$$

据此,由表 5 给出的组织产率和表 7 给出总组织量,分别计得的各样点土壤生物组织的转化系数及更新转化周期的数值列于表 9。从表 9 的计算结果来看,更新周期的长短与生态环境质量的优劣有关,它呈现了恶劣生态条件下更新周期短,而优裕条件下周期长的趋势。这种更新周期与前述的库贮量,同样决定营养物质归还量的重要依据。

3.3.4 不同土壤微生物对能源营养物质的转化归还量 土壤中微生物组织体每更新一次,意味着维持其即有生物量水平的微生物组织活体全部衰亡,它们经分解转化归还给土壤的无机营养元素的数量,相当于表 8 中给出的各元素库贮量。据表 9 中给出的各样点土壤微生物组织的更新周期所得知的它们每年的更新次数,进而计得它们每年各元素归还的总量见表 10。

表 10 不同土壤能源营养物质的转化归还量[t/(hm<sup>2</sup>·a)]

类型	测点	组织更新		C*	N	P	K	Ca
		周期(d)	次/a					
I	8	4.9	74	0.518	0.222	0.172	0.145	0.021
II	1	28.4	13	1.201	0.515	0.398	0.336	0.048
III	4	31.9	11	1.195	0.512	0.396	0.335	0.048
II	5	25.7	14	1.919	0.822	0.636	0.537	0.077
IV	6	20.8	17	2.050	0.878	0.679	0.570	0.082
IV	2	24.6	15	2.738	1.173	0.907	0.767	0.110

从表 10 有关数据的比较中可以看出,8 号母质性新成土虽然更新周期短,年中更新次数多,但营养元素库贮量小,年中总归还量仍然很小;6 号和 2 号的果园土壤,更新周期虽然较长,年中更新次数少,但营养元素库贮量大,年中总的归还量仍为最大。总的来看,植被繁茂微生物呼吸最强、生物量最大的果园土壤,年中归还量高居首位;光板地母质性新成土,年中归还量最为低下。介于它们两者之间的大叶相思林地,正常状态的 5 号样,明显高于稀树草坡地。这有力地证明,绿色植物的荣衰,对土壤微生物的生长繁殖、转化分解的活性和生物量,以及土壤能源营养物质的积累有着决定性作用。

以上的有关分析讨论,深刻地揭示出,造林种草、绿化荒山、增加植物覆盖,不仅对防止水土流失,保护水土资源,而且还对改善土壤营养状况,提高地力和生态质量都有着重大作用。因而,它对改善生态环境,优化生态系统,使其中物质能量流趋于良性循环,保障人们正常的生产生活的重大意义,由此可见一斑。



## 4 土壤生态质量及水保措施效益的评价

### 4.1 不同土壤的生态质量

生态质量指的是各种生物活体所处的这种环境条件的优劣,它是否适宜于各生物类群的生长发育和繁衍。据此结合上述观测研究结果分别对站区内的各类土壤加以评价。

首先,以 2 号和 6 号样点为代表的果园地土壤,由于垦殖时配合一些工程措施,并通过一段时期的管理经营,耕种施肥有较繁茂的草木覆盖,既防止了降雨径流的冲刷流失,又改善了小气候,水、热分配相对比较均衡,对各类生物生长发育繁衍都比较有利。绿色植物繁殖过程为其他生物类群提供了较丰富的有机能源物质,促进了整个生物界的共荣;一些动物和微生物对有机残体的分解转化,逐步地使土壤营养富化,反过来又进一步促进绿色植物的更加繁茂,使物质能量循环不断良性化,可以说它们是试区内生态质量最高的土壤。还有以 5 号样点为代表的大叶相思林(包括部分间杂松树的)地土壤,它们不仅有较浓密的林冠,树种又属于具有根瘤,能从大气中摄取氮素营养的类型,一般生态质量都是较高的。

另外,以 1 号和 4 号为代表的一些树木较稀、或树龄尚低而郁闭度还不很大分布较广的草坡地土壤,虽然目前生态质量较上述两类略差,但它们正朝优质生态发展,只要不受破坏、干扰,能源营养物质是会趋于良性循环,前景是好的。

生态质量最差的,当推 8 号样为代表的站区东南部的一些有过较严重沟蚀,虽已植活了一些稀落树苗,但杂草不长的母质性新成土。由于植物被覆度太低,水分营养条件差,草木、土壤动物、微生物都难以滋生繁殖,物质能量无法累积,而处于输出大于输入的不良循环状态。不过还只局部存在,分布并不普遍的一类土壤,只要补以必要的相应措施,情况是会很快得到改善。

### 4.2 水保措施的效益问题

惠州市水保站 10 多年来,对试区范围内水土流失的整治做了大量工作,在童山濯濯、赤地百数十里的流失严重地带,营造起一片绿洲,使水土流失得到控制,造就出一座当地难得的宜人的园林,成为东江中游水土流失治理的一个典型范例,其社会效益和生态效益是显而易见的。近年,在服务于当地城市化建设的绿化园艺苗木以至商旅娱乐等综合经营方面也是卓有成效的。

~~~~~

(上接第 101 页)

4),全剖面土壤温度变化较小(0.3~0.4℃)。地表温度稀树草坡比大叶相思林土壤高 3.8℃;月平均土壤温度 8 月份最高,稀树草坡土壤 5cm 深处为 29.4℃,大叶相思林为 26.7℃;月较差稀树草坡为 12.3℃,大叶相思林 10.6℃。一年中 7~9 月份土壤温度最高,5cm 深处稀树草坡和大叶相思林分别为 29.2℃和 26.4℃;20cm 深处稀树草坡和大叶相思林分别为 28.6℃和 26.2℃;1~3 月份土壤温度最低,土壤 5cm 深处稀树草坡和大叶相思林分别为 17.5℃和 16.1℃,土壤 20cm 深处稀树草坡和大叶相思林分别为 17.2℃和 15.6℃。1994 年全年最高地表温度稀树草坡 8 月 25 日 50℃,日温差 20℃;大叶相思林 8 月 24 日 42℃,日温差 16℃,据历史上光板地地表温度最高达 70℃,严重灼伤植物,5cm 土壤深度最高土壤温度稀树草坡 37℃,最低土壤温度 8℃;大叶相思林最高 29.5℃,最低 6℃。总之在南亚热带大叶相思林土壤温度稍低,变幅较小,有利于植物生长发育和微生物活动。