

红壤微生物生物量 C 周转及其研究*

陈国潮 何振立 黄昌勇

(浙江大学华家池校区土化系, 杭州 310029)

摘 要 采用 ^{14}C 底物标记技术测定了三种不同质地(红砂土菜地、黄筋泥桔园和茶籽园)的红壤微生物生物量 C 的周转期。结果表明,在 25%、50% 田间持水量培养条件下,三种红壤微生物生物量 C 的周转期分别为 80 天、139 天和 170 天。周转期与粘粒含量关系较为密切,砂质土壤的周转期较粘粒土壤短,提示砂质土壤有机质易被微生物降解,有利于养分的迅速释放,而粘粒土壤则更有利于养分的持留。周转期与利用方式、pH 以及有机质含量无明显相关。红壤微生物生物量 C 周转期总体上较报道的其他类型土壤微生物生物量 C 周转期短,表明热带、亚热带地区酸性红壤有机质和养分周转相对较快,这有可能是造成红壤养分贫瘠的一个原因。根据周转期估算,通过微生物年周转的 C 量(即年流通量)为微生物生物量 C 的 2 倍以上。

关键词 红壤,微生物生物量 C,周转期

中图分类号 S154.36

土壤微生物是土壤有机质和土壤养分转化、循环的动力。作为能源物质的有机 C 通过微生物作用产生二氧化碳、C 代谢物或形成新的微生物生物量 C 的一部分。新形成的代谢产物和死亡的有机体又可作为新的底物被微生物利用。同时,微生物体自身 C 素也在不断更新替换,微生物完成自身 C 素更新的过程,称为微生物生物量 C 的周转。在一定条件下,微生物生物量 C 周转处于相对平衡状态,即单位时间内合成的微生物量与分解的微生物量相等,此时的微生物量可视为基础微生物量。如果说微生物生物量 C 反映的是微生物量的大小,则微生物生物量 C 周转反映的是微生物的活性。研究微生物生物量 C 的周转可以了解土壤有机质和土壤养分转化和循环的状况。高度风化的酸性红壤,从矿物释放的养料十分有限,植物生长所需的养料主要靠肥料的投入和有机质的微生物转化。因而,红壤微生物生物量 C 周转的研究具有特别重要的意义。

研究土壤微生物生物量 C 周转主要是测定微生物生物量 C 的周转期。目前,国外在这方面已有一些报道^[1~4],而国内较少报道^[5],尤其在红壤上则几乎空白。Chaussod 等^[3]报道采用 ^{14}C 标记土壤微生物,通过测定微生物 ^{14}C 比活度的减少来计算周转期。这在测定微生物生物量 C 周转期上是一大突破,但他的测定方法有两个缺陷:一是微生物 ^{14}C 比活度变化不能直接体现微生物生物量 C 的周转;二是由于底物的加入会影响微生物生物

* 国家杰出青年科学基金(编号 40025104)、国家自然科学基金(批准号 49571042)和浙江农业大学核农所重点开放实验室基金资助项目

量 C 的周转, 特别是在底物加入的初期。为此, Wu 等⁽¹⁾ 对该方法作了改进, 他一方面通过测定和计算某一时段合成的微生物¹⁴C 量, 从而得到真正意义上的微生物¹⁴C 量的减少; 同时, 在测定时间的选取上, 采用土壤微生物量变化相对较小的那段时间, 也即底物加入后相当一段时间后。并与未加底物作比较对其作了进一步校正, 使计算结果更接近于实际。

本试验采用¹⁴C 标记技术对红壤微生物生物量 C 的周转进行研究。

1 材料和方法

1.1 供试土样

3 个土样采自浙江龙游, 为 0~ 20cm 表层土, 基本性质见表 1。

表 1 供试土壤基本性质
Table 1 Basic properties of soils tested

样号 Sample No.	土壤类型 Soil type	利用方式和年限 Land use and time	有机质 O.M. (g kg ⁻¹)	pH (H ₂ O)	微生物量碳 MBC ¹⁾ (g g ⁻¹ soil)	粘粒 Clay (%)
1	红砂土	菜园(5 年)	8.79	4.8	89.4	15.5
2	黄筋泥	桔园(6 年)	9.05	6.0	185.2	34.2
3	黄筋泥	茶籽园(38 年)	59.13	5.8	390.6	38.7

1) Microbial biomass carbon

1.2 试验方法

Wu⁽¹⁾, Paul^[6] 和 Bremner 等^[7] 研究表明, 与结构复杂的底物如植物残体等相比, 结构简单的底物如¹⁴C 标记的葡萄糖加入土壤后, 能在较短时间内被微生物降解利用, 更适宜于标记微生物。所以, 本试验通过加入¹⁴C 标记葡萄糖来标记土壤微生物, 测定红壤微生物¹⁴C 周转速率和周转期。步骤为: 取新鲜土壤样品, 加入¹⁴C 标记的葡萄糖, 用量为 C1000 g g⁻¹ 干土, ¹⁴C 比活度为 1.12MBq g⁻¹ C, 配施适量 N、P 养分, ¹⁴C 标记葡萄糖和 N、P 养分以溶液态均匀加入土样; 同时设对照。调节土壤含水量为 50 黉田间持水量, 25 °C 下培养。在培养的第 2、20、40、60、80、100 天分别测定葡萄糖处理样品和对照样品的微生物生物量 C 总量以及标记样品微生物量中¹⁴C 的变化。

1.3 分析方法

微生物生物量 C 采用熏蒸提取法测定。熏蒸提取采用 Vance 等人^[8] 的步骤; 提取液中 C 采用总有机 C 自动分析仪 TOC-500 测定。计算公式采用 $B_c = E_c / 0.45$, B_c 表示微生物生物量 C; E_c 表示熏蒸和未熏蒸土样提取液中 C 含量之差。

K_2SO_4 提取液中¹⁴C 活度用液体闪烁计数器测定。

¹⁴C 标记的微生物生物量 C 计算公式为: $B^{14}C = E^{14}C / 0.45$; $E^{14}C = (C_{es} - C_{eo}) / V \times (W_s / SAs)$ 。 $B^{14}C$ 表示标记的微生物生物量¹⁴C; $E^{14}C$ 表示熏蒸和未熏蒸土样提取液中¹⁴C 量之差; C_{es} 和 C_{eo} 分别代表熏蒸和未熏蒸土样 x ml K_2SO_4 提取液中¹⁴C 活度; V 为提取所用 K_2SO_4 量和土样中所含水量之和; W_s 为土样干重; SAs 为所加底物比活度。

(1) Wu J S. The turnover of organic C in soil. PH. D Thesis. Reading University. 1990. 117~ 136

1.4 微生物生物量 C 周转速率和周转期的计算

周转期计算基本参照 Wu 等^[1]的方法。

微生物体内标记¹⁴C 的衰减符合一级动力学方程 $Y_t = Y_0 e^{-Kt}$ 。其中 Y_0 为标记微生物中¹⁴C 的初始含量; Y_t 为培养 t 时间后微生物中¹⁴C 的含量; K 为微生物体内¹⁴C 的衰减速率常数。

对于该体系, 微生物生物量 C 的周转期计算公式为 $T = 1/K$ 。

根据定义, Y_t 应指 t 时间衰减后微生物体内¹⁴C 量, 不应包括 t 时间内从代谢物中合成的¹⁴C 量。而事实上, 实验测得的 Y_t 包含了合成的微生物生物量¹⁴C, 故计算出来的 K 不是真正意义上的衰减速率常数, 称之为表观衰减速率常数, 用 K 表示。因此必须对其加以矫正, 即求出 t 时间内合成的微生物生物量¹⁴C。这部分微生物生物量¹⁴C 可以通过计算求得, 为此先定义一些参数:

t : 为培养时间(从培养 20 天后开始);

B_{c_0} : 为开始时的总微生物生物量 C;

B_{c_t} : 为 t 时间后总微生物生物量 C;

B_{c_s} : 为 t 时间内新合成的微生物生物量 C;

B_{l_0} : 为开始时¹⁴C 标记的微生物生物量 C;

B_{l_t} : 为 t 时间后¹⁴C 标记的微生物生物量 C;

B_{l_s} : 为 t 时间内新合成的¹⁴C 标记的微生物生物量 C;

F_t : 为 t 时间内降解的微生物生物量 C 占总微生物生物量 C 的比例;

SA_m : 为代谢物的¹⁴C 比活度。相当于未熏蒸土样 K_2SO_4 提取 C 中¹⁴C 比活度;

SA_g : 为最初葡萄糖加入的¹⁴C 比活度。

根据定义: $F_t = [B_{c_0} - (B_{c_t} - B_{c_s})] / B_{c_0}$ 。

同理, 对于¹⁴C 标记的微生物应有:

$$F_t = [B_{l_0} - (B_{l_t} - B_{l_s})] / B_{l_0} \quad (1)$$

假定在经过一段相当时间培养后, 微生物生物量 C 处于相对稳定状态, 也即 $B_{c_t} = B_{c_0}$, 则有:

$$F_t = B_{c_s} / B_{c_t} \quad \text{或} \quad B_{c_s} = F_t B_{c_t} \quad (2)$$

根据定义应有:

$$B_{l_s} SA_m = B_{l_t} SA_g \quad \text{或} \quad B_{l_s} = B_{l_t} SA_g / SA_m \quad (3)$$

SA_m 为 t 时间开始和结束是 K_2SO_4 可提取 C 的¹⁴C 比活度平均值。

将公式(1)、(2)代入(3)可得:

$$B_{l_s} = [(B_{l_0} - B_{l_t}) / B_{c_t} SA_m] (B_{l_0} SA_g - B_{c_t} SA_m) \quad (4)$$

B_{l_s} 即为 t 时间内合成的¹⁴C 标记的微生物生物量 C。公式(4)中各参数均可测得。

因此, 真正的衰减速率常数 K 可以通过先求得 t 时间内合成的¹⁴C 标记的微生物生物量 C, 即 B_{l_s} , 再通过拟合方程 $Y_t = Y_0 e^{-Kt}$ 得到, 此处 Y_t 应为排除 B_{l_s} 后的¹⁴C 标记微生物生物量 C。

2 结果与讨论

2.1 底物加入对微生物生物量 C 的影响及周转速率计算开始时间的确定

Paul^[6]和 Bremner 等^[7]研究表明, 葡萄糖加入土壤后, 大大刺激了微生物的生长, 加入的葡萄糖能在短时间内(1~3 天)被彻底降解利用。图 1 显示三种土壤加入葡萄糖后微生物生物量 C 的动态变化。在培养开始的 2 天, 葡萄糖迅速被降解, 微生物总量明显增加。与对照相比, 土样 1、2、3 分别增加了 149.5 微、93 微和 96.2 微。但过了这段时期, 微

生物总 C 量迅速下降, 从培养第 3 天到第 20 天, 微生物总 C 量分别下降了 100.1、90.2 和 238.9 mg kg^{-1} , 占总量的 35.7 髹, 25.7 髹和 30 髹。这是在加入底物 2~3 天后, 随着底物的彻底降解, 同时相对较难利用的代谢物的产生, 微生物自身降解速度大于合成速率, 最终导致微生物总量上的迅速下降。从 20 天开始, 这种下降幅度大大减弱, 微生物总量保持相对稳定, 20~100 天期间, 平均每 20 天下降幅度仅为 8.4 髹, 5.7 髹和 2.2 髹。表明此时底物加入的效应基本消失, 但与对照相比, 微生物总 C 量仍分别高出 32.8 髹~54 髹, 33.3 髹~45.2 髹和 33.4 髹~35.7 髹不等。上述结果与 Cochran^[9], Nannipieri^[10] 和 Wu⁽¹⁾ 等得到的结果类似。

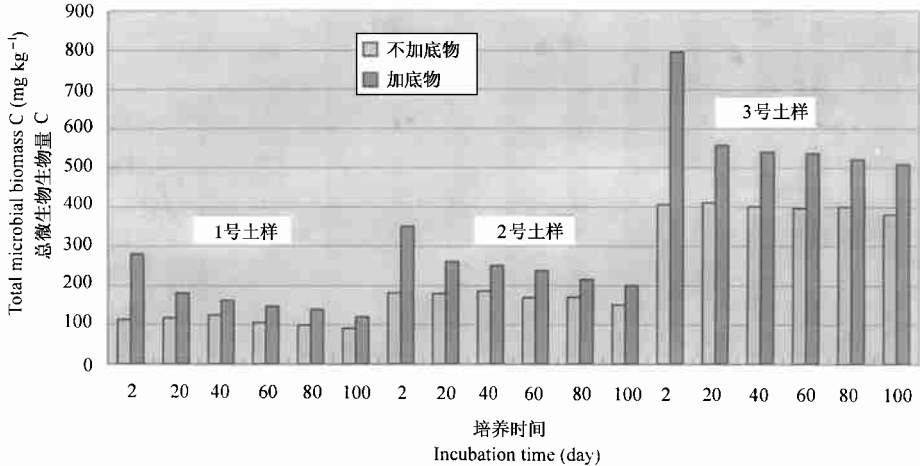


图 1 1~3 号土样加底物和不加底物条件下的微生物生物量 C 动态变化

Fig. 1 Dynamic change in microbial biomass C for soil No. 1~3 with amended and unamended substrates

^{14}C 标记的微生物生物量 C 变化与微生物总 C 量相类似(见图 2)。在培养的初期, ^{14}C 标记的葡萄糖迅速被转化为微生物量 ^{14}C , 土样 1、2、3 分别达到 158.4 mg kg^{-1} , 180.9 mg kg^{-1} 和 410.7 mg kg^{-1} 。之后, ^{14}C 标记的微生物生物量 C 迅速减少, 至培养第 20 天, 下降幅度分别达 45.3 髹, 38.8 髹和 51.3 髹, 与微生物总 C 量几乎同步下降。20 天之后, 下降幅度明显减缓。在 20~100 天期间, 每 20 天下降幅度分别仅为 16.2 髹, 11.4 髹和 9.2 髹。表明在此期间 ^{14}C 标记微生物生物量 C 也处于相对稳定状态。

综上所述, 底物葡萄糖的加入在开始一段时间内明显加速了土壤微生物生物量 C 的周转(表现为培养开始的 2~3 天微生物生物量 C 的迅速合成和之后的迅速降解), 这种效应在大约经过 20 天后基本消失, 微生物生物量 C 周转基本处于较为稳定状态。此时, 微生物生物量 C 的周转可以用微生物体内 ^{14}C 的降解速率来表示, 也即微生物 ^{14}C 量的减少可以用一级反应动力学方程来表示。因此, 在本试验中采用培养 20 天后微生物量 ^{14}C 的减少来测定和计算红壤微生物生物量 C 的周转期, 也即以培养的第 20 天作为动力学方程计算的开始时间。

2.2 微生物生物量 C 周转速率和周转期的计算

表 2 列出了在 20~100 天培养期间 ^{14}C 标记的微生物生物量 C(从表 3 数据计算得

到)。根据上面讨论,该时期 ^{14}C 标记微生物生物量C的减少符合一级反应动力学方程。为减少误差,我们可以根据不同时期测得的 ^{14}C 标记微生物生物量C,拟合一级动力学方程,得到表观速率常数 K 。这样得到的 K 比单个时段如20~40天、20~60天、20~80天或20~100天求得的 K 更可靠。结果见表2。

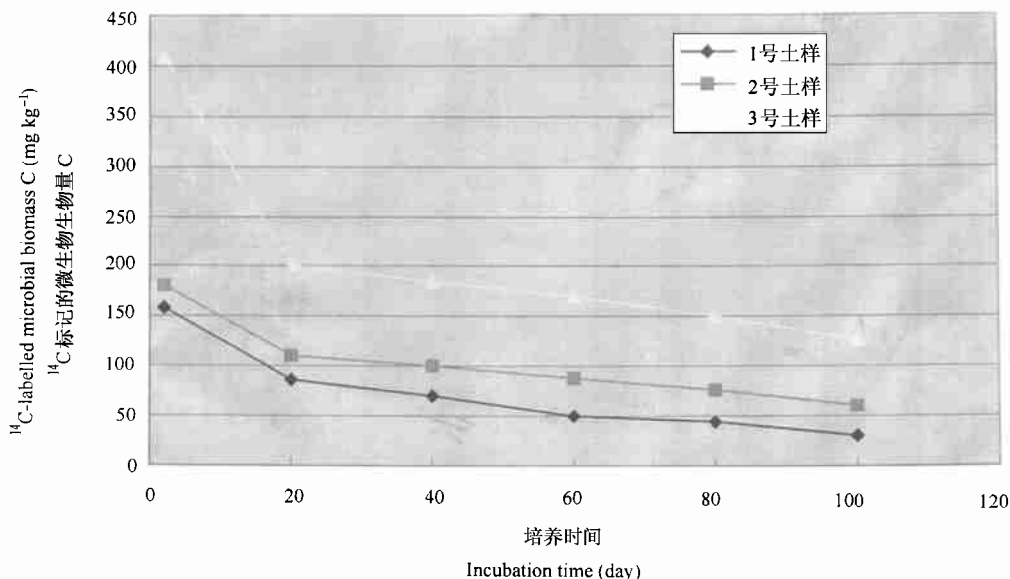


图2 ^{14}C 标记的微生物量 C 的动态变化

Fig. 2 Dynamic change in ^{14}C labelled microbial biomass C

表2 ^{14}C 标记微生物生物量 C 量、代谢物合成微生物 ^{14}C 量、表观速率常数和实际速率常数

Table 2 Microbial biomass ^{14}C , metabolite synthesized microbial ^{14}C , apparent and actual rate constants

样号 Sample No.	实测标记的微生物生物量 C 量 Measured microbial ^{14}C (g g^{-1})											
	天 Day											
	2		20		40		60		80		100	
1	158.4	9.9	86.7	5.9	69.9	4.5	50.8	4.0	43.2	3.1	30.5	2.4
2	180.9	12.1	110.7	8.2	100.3	6.7	88.7	5.3	75.6	4.6	60.1	3.7
3	410.7	30.8	200.1	12.8	185.2	9.6	170.6	8.3	150.7	8.7	126.7	9.1

样号 Sample No.	从代谢物合成的微生物 ^{14}C 量 Microbial ^{14}C synthesized from metabolites (g g^{-1})				微生物 ^{14}C 降解速率常数 Rate constant of microbial ^{14}C degradation (10^{-3}d^{-1})		
	天 Day				表观常数(K)		实际常数(K)
	20~40	20~60	20~80	20~100	Apparent		Actual
1	3.7	6.5	7.8	8.3	12.9		16.8
2	1.7	2.9	4.9	5.9	7.50		8.80
3	1.3	2.9	4.1	5.7	5.60		6.20

考虑到此处求得的 K 不是真正意义上的速率常数, 也即在计算时应排除在该时段合成的微生物¹⁴C 量。因此, 有必要对 K 加以校正求出真正的 K 。为此, 我们对不同时间段合成的微生物¹⁴C 进行了计算(见表 2), 计算公式见材料和方法部分。根据已求得合成的微生物¹⁴C 量, 用同样的方法, 通过拟合方程 $Y_t = Y_0 \cdot e^{-Kt}$, 可以得到 K , 此处 Y_t 为排除合成的微生物¹⁴C 后的微生物量¹⁴C, 结果见表 2。同时, 表 4 列出了三土样¹⁴C 标记的微生物生物量 C 表观和实际降解拟合方程。

表 3 培养期间微生物生物量 C 和未熏蒸土样 K_2SO_4 可提取 C 的¹⁴C 活度动态变化

Table 3 Dynamics of ¹⁴C activity of microbial biomass C and K_2SO_4 -extractable C of unfumigated soils during incubation

样号 Sample No.	微生物生物量 C 中 ¹⁴ C 比活度 ¹⁴ C-activity of microbial biomass C (MBq g ⁻¹)						K ₂ SO ₄ 可提取 C 中 ¹⁴ C 比活度 ¹⁴ C-activity of K ₂ SO ₄ -extractable C (MBq g ⁻¹)					
	天 Day						天 Day					
	2	20	40	60	80	100	2	20	40	60	80	100
1	0.63	0.52	0.46	0.37	0.33	0.27	0.15	0.11	0.10	0.088	0.10	0.095
2	0.58	0.47	0.45	0.42	0.39	0.34	0.11	0.070	0.067	0.052	0.072	0.058
3	0.57	0.40	0.38	0.36	0.32	0.28	0.072	0.035	0.033	0.040	0.030	0.028

表 4 ¹⁴C 标记的土壤微生物生物量 C 表观和实际降解拟合方程

Table 4 Apparent and actual decline fitting equations of ¹⁴C-labelled microbial biomass C

土样号 Soil No.	表观降解拟合曲线 Apparent decline fitting curve		实际降解拟合曲线 Actual decline fitting curve		统计量(n) Number
	方程 Equation	相关系数(r) Relation coefficient	方程 Equation	相关系数(r) Relation coefficient	
	1	$Y = 113.91e^{-0.0129t}$	0.994 9	$Y = 124.93e^{-0.0168t}$	
2	$Y = 133.71e^{-0.0075t}$	0.985 8	$Y = 138.17e^{-0.0088t}$	0.985 4	5
3	$Y = 230.3e^{-0.0066t}$	0.984 0	$Y = 233.6e^{-0.0062t}$	0.984 0	5

此外, 从表 5 可知, 尽管加入底物 20 天后, 土壤微生物生物量 C 处于相对稳定状态, 但由于底物的残余效应, 微生物生物量 C 的下降仍比对照来得快。因此, 有必要对其作进一步校正, 即将加入底物条件下计算得到的速率常数 K 校正为未加底物条件下的速率常数 K_u 。 K_u 可从公式 $P = e^{-K_u t} - e^{-Kt}$ 求得(此公式可从一级动力学方程推导所得), 其中 P 为一段时间内加入底物的土壤微生物生物量 C 下降幅度与对照土壤微生物生物量 C 下降幅度之差, 计算结果见表 6。

2.3 田间条件下微生物生物量 C 周转及其影响因素探讨

显然, 在实验室条件下(25 , 50 膠田间持水量), 土壤微生物生物量 C 周转要远远快于田间条件下。Chaussod 等^[3]研究表明, 在田间条件下测得的微生物生物量 C 周转期大约是实验室条件下(28)的 4 倍; Jenkinson 等得到的由实验室条件下(25)转化为田间条件下(年平均温度为 9.3)微生物生物量 C 周转期的转换系数为 3.81。也即田间条件

下,微生物生物量 C 周转期为实验室条件下的 3.81 倍^[11]。我们根据此转换系数得到三个土样微生物生物量 C 周转期分别为 0.84 年, 1.45 年和 1.77 年, 这与我们前期对红壤微生物量 N 周转期的测定结果相符(如果也按此系数计算)^[12]; 与 Chaussod 等的结果(1.5~1.8 年)接近; 而比 Jenkinson 等的结果(1.3~4.0 年)偏低。而事实上, 浙江龙游的年平均温度要高于 9.3。因而, 微生物生物量 C 周转会更快些, 也即实际的转换系数应小于 3.81; 相应地, 得到的微生物生物量 C 周转期数据也应小于上述数值。

表 5 培养期间土壤微生物生物量 C 的动态变化

Table 5 Dynamics of soil microbial biomass C during incubation (mg kg⁻¹)

样号 Sample No.	处理 Treatment	培养时间 Incubation time(d)					
		2	20	40	60	80	100
1	未加底物	112.5	117.3	124.5	105.3	99.2	90.6
	加底物	280.7	180.6	162.4	147.4	139.1	120.3
2	未加底物	181.7	179.4	186.5	169.3	170.7	150.6
	加底物	350.6	260.4	250.1	237.6	215.0	200.7
3	未加底物	405.8	410.6	400.3	396.5	399.8	380.9
	加底物	796.1	557.2	540.3	535.6	520.8	508.2

表 6 校正后的未加底物土壤微生物生物量 C 周转速率和周转期

Table 6 Corrected MBC turnover rate constants and turnover period in unamended soils

样号 Sample No.	微生物生物量 C 下降比例(20~100 天) Declines in MBC (20~100 d) (%)		未加底物土壤微生物生物 量 C 周转速率常数(Ku) Rate constants of MBC turnover in unamended soils(10 ⁻³ d)	周转期 Turnover period (d)	粘粒 Clay (%)
	未加底物 Unamended	加底物 Amended			
	1	22.8	33.4	12.5	80
2	16.1	22.9	7.19	139	34.2
3	7.2	8.8	5.88	170	38.7

此外, 从三种土壤的质地来看, No. 1 土样为红砂土, 粘粒含量仅为 15.5%, 其土壤微生物量 C 的周转期为 80 天; No. 2 和 No. 3 土样为黄筋泥, 粘粒含量分别为 34.2% 和 38.7%, 相应土壤微生物生物量 C 周转期分别为 139 天和 170 天, 约为 No. 1 土壤微生物生物量 C 周转期的两倍。表明红壤微生物生物量 C 周转与土壤粘粒含量密切相关, 在砂质土壤中, 粘粒含量较低, 微生物生物量 C 周转较快; 而在粘粒土壤中, 周转相对较慢。这一结果与 Wu⁽¹⁾ 和 Van. Veen^[4] 等报道相一致, 并认为这主要是由于粘粒土壤比砂质土壤具有更强的保持微生物的能力。相对于土壤粘粒含量, 土壤利用方式对红壤微生物生物量 C 周转影响不明显, 这也与 Chaussod 等^[3] 和 Wu 等⁽¹⁾ 报道相一致; 利用年限、pH 值和有机质含量与红壤微生物生物量 C 周转无明显相关。

2.4 微生物生物量 C 及其周转研究意义

土壤微生物量是指土壤中体积小于 5 × 10³ m³ 的生物个体的总量, 不包括根系和死亡的生物体。一般仅占土壤有机质的 1%~3%, 是活的有机质部分。广义的土壤微

生物量包括土壤微生物生物量 C、微生物量 N、微生物量 P 和微生物量 S, 但一般情况下土壤微生物量大小以土壤微生物生物量 C 来表示。研究土壤微生物生物量 C 可以了解土壤有机质状况, 进而对土壤肥力有一个大概的了解。Insam 等把作物产量与土壤微生物生物量 C 相结合研究, 结果表明作物产量与土壤微生物生物量 C 明显呈正相关, 并认为土壤微生物生物量 C 可以作为土壤的一个肥力指标^[13]。He 等也对此作了一致的报道^[14]。

土壤微生物生物量 C 周转是土壤有机质矿化和转化的动力。由于土壤中有机养分含量较高, 土壤中有有机 N 和有机 P 的含量达全 N 和全 P 的 40%~70%; 有机 S 则可占全 S 的 90% 以上, 因此, 土壤中 N、P、S 的供应很大程度上也依赖于土壤微生物的周转。通过研究土壤微生物生物量 C 的周转, 测定其周转期, 可以了解土壤养分的供应情况。据以往文献报道, 土壤微生物生物量 C 的周转期一般只有 1~4 年, 本试验的三个土壤微生物生物量 C 的周转期为 0.84~1.77 年, 都要比土壤中腐殖质的周转期(几百年至上千年)短得多。因而, 研究土壤微生物生物量 C 的周转更具现实意义。

对于热带 亚热带地区高度风化的酸性红壤, 矿物释放的养分十分有限, 植物所需养料主要依赖外界肥料的投入和有机质微生物转化。因此, 研究微生物量(包括微生物量大小和活性)在红壤上显得尤为重要。从上述测定结果可知, 红壤微生物生物量 C 周转期明显比报道的其他类型土壤短, 暗示红壤中有机质和养分周转较快, 这在一定程度上说明了热带 亚热带地区酸性红壤养分为何贫瘠的原因。

Jenkinson^[15]指出, 一般情况下, 若无特殊外部因素的干扰, 如外部有机物质的投入, 土壤中的微生物量是处于一种潜在的平衡状态, 即处于基础微生物量状态。微生物量的测定只能说明其量上的大小, 不能说明微生物的活性。而微生物生物量 C 的周转期则直接表明了微生物生物量 C 合成或降解的速率, 同时也反映了土壤微生物的基础呼吸速率。因而, 与土壤微生物量指标相比, 微生物生物量 C 周转期更能说明土壤微生物的活性, 可以作为土壤微生物活性和有机质降解速率的潜在指标。

参 考 文 献

1. Jenkinson D S, Parry L N. The nitrogen cycle in the Broadbalk wheat experiment, A model for the turnover of nitrogen through the soil microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 1989, 21:535~ 541
2. McGill W B, Cannon K R, Robertson J A. Dynamics of soil microbial biomass and watersoluble organic C in Breton L after 50 years of cropping to two rotations. *Can. J. Soil Sci.*, 1986, 66: 1~ 19
3. Chaussod R, Houat S, Guiraud G. Size and turnover of the microbial biomass in agricultural soils, laboratory and field measurements. In Jenkinson D S, Smith K A. eds. *Nitrogen Efficiency in Agricultural Soils*. London and New York: Elsevier, 1988. 312~ 328
4. Van Veen J A, Ladd J N, Martin J K. Turnover of carbon, nitrogen and phosphorus through the microbial biomass in soils incubated with ¹⁴C-, ¹⁵N-, and ³²P labelled bacterial cells. *Soil Biol. Biochem.*, 1987, 19: 559~ 565
5. 高云超, 朱文珊, 陈文新. 土壤微生物生物量周转的估算. *生态学杂志*, 1993, 12(6): 6~ 10
6. Paul E A. Dynamics of organic matter in soils. *Plant and Soil*, 1984, 76: 275~ 285
7. Bremner E, Van Kessel C. Extractability of microbial ¹⁴C and ¹⁵N following addition of variable rates of labelled glucose and (NH₄)₂SO₄ to soil. *Soil Biol. Biochem.*, 1990, 22: 707~ 713
8. Vance E D, Brookes P C, Jenkinson D S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.*, 1987, 19: 703~ 707

9. Cochran V L, Horton K A, Cole C V. An estimation of microbial death rate and limitations of N or C during wheat straw decomposition. *Soil Biol. Biochem.*, 1988, 20: 293~ 298
10. Nannipieri P, Muccini L, Ciardi C. Microbial biomass and enzyme activities, production and persistence. *Soil Biol. Biochem.*, 1983, 15: 679~ 685
11. Jenkinson D S, Hart P B S, Rayner J H. Modelling the turnover of organic matter in longterm experiments at Rothamsted. *In: Cooley J H. ed. Soil Organic Matter Dynamics and Soil Productivity, INTECOL Bulletin*, 1987, 15: 1~ 8
12. 姚槐应, 何振立, 黄昌勇. 红壤微生物量氮的周周期及其研究意义. *土壤学报*, 1999, 36(3): 385~ 394
13. Insam H, Mitchell C C, Dormaar J F. Relationship of soil microbial biomass and activity with fertilization practice and crop yield of three Uli soils. *Soil Biol. Biochem.*, 1991, 23: 459~ 464
14. He Z L, Yao H Y, Chen G C. Relationship of crop yield to microbial biomass in highly-weathered soils of China. *In: Ando T, et al. ed. Plant Nutrition for Sustainable Food Production and Environment. Tokyo, Japan: Kluwer Academic Publishers, 1997. 751~ 752*
15. Jenkinson D S. The determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil. *In Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural Ecosystem. International Symposium, Brisbane, Australia, 11~ 15 May, 1987*

TURNOVER OF MICROBIAL BIOMASS C IN RED SOILS AND ITS SIGNIFICANCE IN SOIL FERTILITY EVALUATION

Chen Guo-chao He Zhen-li Huang Chang-yong

(Department of Soil Science and Agricultural Chemistry, Hujiachi Campus, Zhejiang University, Hangzhou 310029)

Summary

A ^{14}C labelling technique was used to study turnover of microbial biomass C of 3 red soils with different texture, *i. e.*, vegetable garden of red sandy soil, citrus orchard and tea garden of clayey soil, for which the turnover periods of soil microbial biomass C were 80 days, 139 days and 170 days, respectively. The turnover period was closely related to clay content, and longer in the red sandy soil than in the clayey soils, suggesting that organic matter can be faster decomposed and transformed by microorganisms and nutrients more easily released in the sandy soil, in other words, nutrients may be retained longer in clayey soil. However their turnover period was little affected by land use form, pH and organic matter content.

In general, the turnover period for red soils was shorter than that reported for other types of soils, which shows that quicker turnover of organic matter and nutrients went on in acidic red soils of the tropical-subtropical regions and this may be one of the reasons for nutrient deficiency in red soils. To study the turnover of microbial biomass C is quite significant in evaluating and managing red soil fertility.

Key words Red soil, Microbial biomass C, Turnover period