

# 红壤旱地有机质的积累规律及其影响因素

孔宏敏 何园球

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

**摘 要** 长期(13年)定位试验表明:3种类型有机肥(厩肥、绿肥和秸秆)都能增加红壤旱地有机质的积累,但速度不同。在当地习惯用量的条件下,有机质的年增长量以厩肥最快、其次是绿肥、再次是秸秆。土壤有机质的积累和肥料用量间的关系服从规律: $Y(\text{有机质的积累量}) = Ae^{bX}$  ( $X$ 为有机肥用量)。影响土壤有机质积累速度的主要因素是有机肥用量和它们的C/N。而有机肥的C/N则影响不同有机肥的有机质积累系数(单位肥料用量的有机质积累量)。

在生产实践上通过施用有机肥提高红壤(特别是红壤丘陵区)有机质水平要解决两个问题:肥源和运输,否则难以实行。本试验结果表明:本田秸秆就地还田也能增加红壤有机质的积累,但是速度较慢。秸秆就地还田不仅使作物吸收的大部分(>60%)K素重新还回土壤,而且解决了红壤旱地有机肥施用的肥源和运输问题,从而使这一措施在生产上实际可行。

**关键词** 有机质;有机肥;定位试验;红壤旱地

**中图分类号** S158.3

热带和亚热带地区红壤区有机质问题已经引起全世界的关注,2002年8月在泰国曼谷召开的国际土壤学大会上,有一个组专门对热带和亚热带地区有机质的性质、功能和动态转化等问题进行了讨论<sup>[1]</sup>。我国东部红壤区地处亚热带跨越南方11个省(区),共约113万km<sup>2</sup>,占全国面积的11%。红壤地区气候温暖,年平均温度16~18℃;雨量充沛,年降水量约为1800mm,水热等自然条件优越<sup>[1,2]</sup>。但是也正是由于红壤地区高温多雨有机物分解迅速,加上土壤侵蚀作用土壤有机质积累比较困难。这就为红壤带来一系列不良的物理、化学和生物性质,使它成为我国最主要的低产土壤之一。为此我们研究了红壤旱地在当地习惯肥料用量的条件下,土壤有机质积累的可能性和积累规律,希望在提高红壤有机质含量的基本途径上作一些探索。

## 1 材料与方法

### 1.1 长期定位试验

本研究是在1988年在江西余江县刘家站第四纪红色粘土发育的退化红壤上布置两个长期定位试验上进行的,一个试验为无机肥试验,处理有

NPKCaS、NPKCa、NPK、NP、PK、NK,共6个,“Ca”指施用石灰,“S”指施用S和微量元素肥料。

另一个试验为有机肥试验,采用了3种有代表性的有机物料:厩肥、绿肥和秸秆,另外考虑到K的再循环在红壤区的重要性还增加了一个处理即本田秸秆还田,故处理有对照(施少量化肥)厩肥绿肥秸秆本田秸秆还田。试验为4次重复,小区面积为33m<sup>2</sup>,轮作制在1994年以前主要是花生-油菜轮作,以后改为一季花生。供试土壤的基本性质见表1。

### 1.2 施肥量

基础试验前3年花生施肥量为N(尿素)75kg/hm<sup>2</sup>,P(钙镁磷肥,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)127.5kg/hm<sup>2</sup>,K(氯化钾,K<sub>2</sub>O)75kg/hm<sup>2</sup>,以后化肥用量减至原来用量的1/2。油菜除N肥为1055kg/hm<sup>2</sup>外,其余同花生。石灰用量1500Kg/hm<sup>2</sup>,S(石膏)41.85kg/hm<sup>2</sup>,Mo(钼酸铵)163.02g/hm<sup>2</sup>,B(四硼酸钠)170.1g/hm<sup>2</sup>。

有机肥试验,前3年化肥施用量同基础试验,每个处理都施。1991年后化肥用量减至原用量的1/3。有机肥用量按当地习惯用量即:厩肥(猪粪)

30000 kg/hm<sup>2</sup>, 绿肥 (花生藤, 油菜秸等) 15000 kg/hm<sup>2</sup> (风干), 秸秆 (稻草) 3000 kg/hm<sup>2</sup>, 93 年后厩肥 (猪粪) 用量减至原来的 1/2。有机肥养分含量见表 2。

表 1 试验土壤的基本性质

Table 1 Characteristics of the soil used in the experiment

试验名称	深度 (cm)	pH	有机质 (g/kg)	全 N (g/kg)	全 P (g/kg)	全 K (mg/kg)	交换性 K (mg/kg)	缓效 K (mg/kg)	有效 P (mg/kg)
有机肥试验	0~15	4.7	6.4	0.34	0.53	10.5	50	139	3.9
	15~30	4.7	—	0.38	0.40	11.0	25	—	2.8
	30~50	4.7	—	0.40	0.51	10.5	27	—	2.7
无机肥试验	0~15	4.6	5.8	0.40	0.63	11.2	69	135	3.7
	15~30	4.6	—	0.40	0.53	12.5	32	—	2.8
	30~50	4.6	—	0.40	0.52	13.0	33	—	2.7

表 2 供试有机物料的营养含量 (烘干基, g/kg)

Table 2 Nutrient concentrations in organic manure used in the experiment

有机物料	有机 C	C/N	全 N	全 P	全 K
猪厩肥	265	7.3	36.5	23.0	52.0
花生藤	369	28.4	13.0	3.5	23.0
稻 草	376	56.1	6.7	2.0	23.0
萝卜菜*	386	11.9	32.4	10.2	39.9

\* 采于盛花期

### 1.3 养分分析方法

采用鲁如坤主编的《土壤农业化学分析法》<sup>[4]</sup>

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同有机肥在提高红壤有机质含量中的贡献和土壤有机质的积累速度

表 3 中列出了 1989~2001 年不同年份、不同有机肥处理的土壤有机质含量及平均值, 表 4 列出了 13 年中不同处理土壤有机质含量的平均值。由表 3 可知施肥 13 年后各处理土壤有机质均有增加, 虽然

由于非试验的原因如: 采样误差和分析误差等, 某些年份的含量结果有些非规律波动, 但基本规律是清楚的。从表 3 结果可以清楚的看出在当地习惯用量条件下, 不同有机肥对土壤有机质增长的贡献有如下次序: 厩肥 > 绿肥 > 秸秆 > 本田秸秆还田 > 无机肥。即施用厩肥对红壤有机质的增加最显著; 其次是绿肥和秸秆。这里特别要强调的一点是本田秸秆还田, 土壤有机质也有某些程度的增长, 这在实践上有重要的意义, 将在本文后面作一些论述。

表 3 化肥有机肥配施耕层有机质的年变化 (单位: g/kg)

Table 3 Change in organic matter in surface layers in treatments using both fertilizer and organic matter

年份	化肥	厩肥	秸秆	绿肥	还田
1989	6.0	14.3	7.5	7.8	6.8
1990	8.0	15.1	11.2	10.8	9.9
1994	8.0	16.5	11.0	12.0	10.0
1995	8.9	16.9	12.2	13.5	10.9
1997	8.3	17.4	12.1	13.9	12.1
1999	8.3	18.5	12.7	14.6	12.4
2001	9.1	20.6	12.3	15.4	11.5
平均值	8.3	17.2	11.3	12.5	10.3

表 4 不同处理 13 年中土壤有机质的积累速度

Table 4 Accumulation rates of organic matter in the 13 years under different treatments

处 理	13 年有机质的平均含量 (g/kg)	相对百分含量% 以试验前为 100	13 年中增加量 (g/kg)	年增长量 (g/kg)
化肥	8.3	130	1.9	0.15
厩肥	17.2	269	10.8	0.83
绿肥	12.6	197	6.2	0.48
秸秆	11.3	177	4.9	0.38
还田	10.3	161	3.9	0.30
试验前	6.4	100	-	-

从表 4 可以看出不同有机肥对增加土壤有机质的巨大作用。和试验前相比,施用厩肥、绿肥、秸秆、和本田秸秆还田使土壤有机质分别增加了 169%、97%、77%、59%。表明施用不同有机肥对土壤有机质积累速度的影响是不同的即:厩肥>绿肥>秸秆>本田秸秆还田>无机肥,这一结果与国内外的研究结果一致<sup>[5,6]</sup>。也再次表明了不同有机肥对红壤旱地有机质积累贡献是不同的。表 4 根据 13 年的结果计算了施用不同有机肥时土壤有机质的年增长量,由此值就有可能大体计算出在红壤地区,在当地习惯有机肥用量的条件下,使红壤有机质含量由目前水平增加到肥沃土壤水平(一般认为是 20g/kg 左右)所需要的年数。如按下式计算:

$$Y = (20-A)/B$$

式中,Y 达到 20g/kg 土壤有机质含量需要的年数,A 现有土壤有机质水平,B 施用某一种有机肥的有机质年增长量。

在本试验条件下,红壤由试验前土壤有机质含量水平(6.4g/kg)增加到 20 g/kg 水平时施用厩肥、绿肥、秸秆 3 种有机肥及本田秸秆还田所需要的年数分别为 16.3 年、28.3 年、35.7 年、45 年。由此可知,在红壤地区,当地习惯有机肥用量的条件下使土壤有机质增加到肥沃土壤水平施用不同有机肥需要 20~40 年。另外台湾的研究资料表明在厩肥的用量为 17 Mg/(hm<sup>2</sup> a)(湿重)的条件下,使稻田土壤有机质含量从 35mg/kg 提高到 45mg/kg 大约需要 70 年,在甘蔗渣滤饼堆肥用量为 110 Mg/(hm<sup>2</sup> a)(湿重)的条件下,使旱地有机质含量从 10mg/kg 提高到 20mg/kg 大约需要 30 年<sup>[5]</sup>。这当然比较慢,但是试验的意义在于它充分证明红壤亚热带地区在正确的轮作施肥条件下改变红壤极端贫乏的有机质面貌是完全可能的。这虽然需要较长的时间,但是和培育一个肥沃的土壤这类千秋大业相比,几十年的时间并不是太长。本试验已进行了 13 年,施用厩肥的处

理只要再过几年土壤有机质水平就可能达到肥沃土壤的水平,可见并不遥远。

## 2.2 影响红壤有机质积累的两个因素

### 2.2.1 有机肥用量

从不同用量来看,3 种有机肥均表现出:在有机肥刚开始施入时,土壤中有机肥积累较少,土壤有机质增长缓慢;随着有机肥的不断施入,土壤有机质的增长速度加快。这主要是因为土壤中有有机质的积累和分解主要取决于土壤中有有机质的 C/N<sup>[7]</sup>,开始时土壤中的有机质含量较低,C/N 低,有利于有机质的分解,速度较快而积累速度较慢,故有机质增长缓慢;随着有机肥的施用,有机质的不断积累,土壤中的 C/N 逐渐增大,有机质的积累速度增大,大于分解速度故有机质的增长迅速。由图 1 可以看出 3 种不同类型有机肥的有机肥施用量和有机质积累量之间的关系都可用方程  $Y=Ae^{bX}$  来表示,式中 Y 为每公顷中土壤有机质的量(kg/hm<sup>2</sup>)、X 为每公顷土壤有机肥的施用量(kg/hm<sup>2</sup>)、A、b 为常数。可见土壤有机质的动态变化表现为前期增长相对较慢,后期增加速度加快。厩肥、绿肥、秸秆各处理每公顷土壤有机质的量与有机肥施用量之间的回归方程分别为:  $Y=281904e^{4E-0.6X}$  ( $R^2=0.929$ )、 $Y=271360e^{2E-0.6X}$  ( $R^2=0.8469$ )、 $Y=261008e^{1E-0.6X}$  ( $R^2=0.8408$ )。

### 2.2.2 有机肥的性质

由图 1 也可以看出不同有机肥在用量相同时对红壤有机质积累的贡献不同,这主要由有机肥本身的性质决定的。这里提出有机质积累系数的概念,即有机物料单位施入量所引起的土壤有机质的增加量。表达式为:

土壤有机质积累系数(I)=一定时间内土壤有机质的增加量/同一时期施入有机肥的数量

式中 I 为一无单位的数值。

根据 13 年的结果计算厩肥、绿肥、秸秆 3 种不同有机肥的积累系数分别为:0.030、0.040、0.157。从不同有机肥的有机质积累系数来看,秸秆最高、

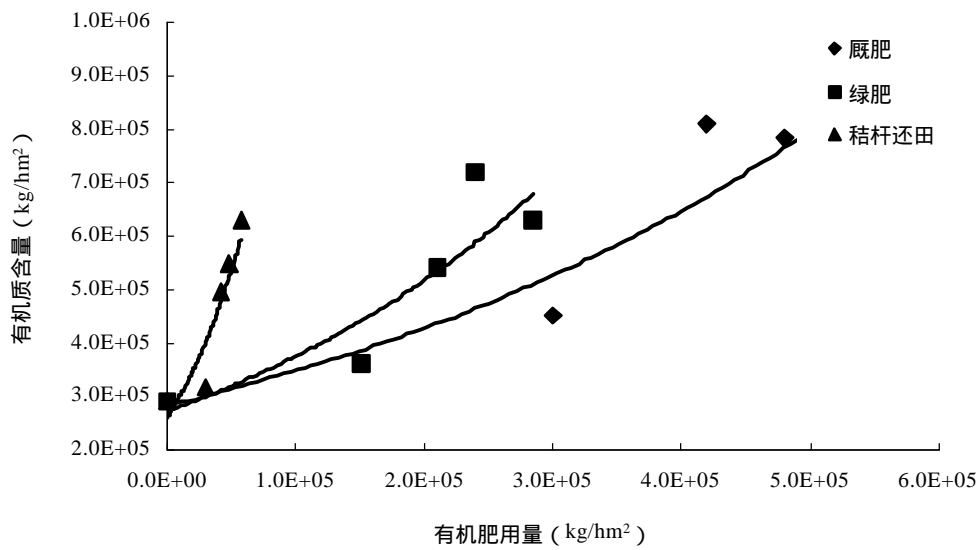


图 1 不同种类不同有机肥的土壤有机质增长曲线

Fig 1 Rising curve of organic matter in soil under different treatments of organic manure

其次是绿肥和厩肥。后两者之间的差异不大，而秸秆比两者高出 3~4 倍。即在相同用量时，秸秆在提高土壤有机质的量上比厩肥和绿肥高 3~4 倍。应引起注意的是施用不同有机肥对红壤有机质积累的影响是厩肥 > 绿肥 > 秸秆。这主要是因为厩肥 > 绿肥 > 秸秆是不同有机肥在用量不同的情况下得出的结论；而在有机肥用量相同的条件下不同有机肥的土壤有机质积累系数不同则是由有机肥本身的性质所决定的，其中主要是有机肥的 C/N 和腐殖化系数，有机物料的分解速率与 C/N 呈正相关，C/N 越高，分解速率越大<sup>[8,9]</sup>。猪粪的 C/N 在 7~13 之间，豆科绿肥 C/N 的在 15~20 之间，而各种秸秆 C/N 的在 65~85 之间<sup>[10,11]</sup>；C/N 越高越有利于土壤有机质的积累。不同有机肥的 C/N 顺序和本试验中不同有机肥的有机质积累系数是完全一致的，都是秸秆 > 绿肥 > 厩肥。由此可见影响不同有机肥的土壤有机质积累系数的是有机肥自身的 C/N。

### 2.3 单施化肥条件下土壤有机质的变化

由表 5 可知施用化肥各处理耕层 (0~20cm) 有机质含量均有增加，从有机质 13 年的平均值来看：各处理比施肥前分别提高了 12.5%~40.6%。长期施用 NPKCaS 处理的土壤，有机质含量 13 年增加 2.6g/kg，年递增率为 3.13%；施用 NPKCa 处理的土壤有机质含量 13 年增加 1.6 g/kg，年递增率为 1.92%；施用 NPK 处理的土壤有机质含量 13 年增加 1.8g/kg，年递增率为 2.16%；施用 NP 处理的土壤有机质含量 13 年增加 1.2g/kg，年递增率为 1.44%；施用 NK 处理的土壤有机质含量 13 年增加 0.8 g/kg，年递增率为 0.96%；施用 PK 处理的土壤有机质含量 13 年增加 1.8g/kg，年递增率为 2.16%。最高施肥处理 (NPKCaS) 比试验开始时有机质含量增加了 56.8%，这是因为 N、P、K 肥和微肥配合施用作物生长旺盛，落叶和根茬残留量增多，增强微生物的活性，有利于土壤有机质的积累。施用 N K 的处理有

表 5 化肥处理耕层有机质的年变化 (单位：g/kg)

Table 5 Change in organic matter in surface layer in treatments using fertilizer

年份	NPKCaS	NPKCa	NPK	NP	NK	PK
1989	7.1	5.2	6.0	5.8	7.0	6.9
1990	8.9	7.7	7.3	7.2	7.4	7.8
1994	9.6	8.5	9.2	7.8	7.3	8.0
1997	9.5	8.7	9.3	8.1	6.9	8.3
2001	9.9	8.9	9.2	8.9	7.4	10.0
平均值	9.0	8.0	8.7	7.7	7.0	8.6

机质虽然高于施肥前,但无明显的增长趋势,这是因为红壤养分的最大限制因素是 $P^{[12]}$ ,不施 $P$ 肥的处理作物的生物量几乎为零,没有收成,因此不可能增加土壤有机质。

13年的试验表明即使不施用有机肥,在正常的施肥和耕作条件下土壤有机质也有缓慢的提高,国内外的研究也有相同的结论<sup>[5]</sup>。其原因如前面提到的是由于作物正常生长条件下有一定的落叶和根茬,特别是花生和油菜的落叶和根茬残留较多。有资料表明红壤地区采用花生-油菜的轮作制度,在肥

沃的土壤上根茬残留在 $970\sim 2200\text{kg}/\text{hm}^2$ 之间<sup>[12]</sup>。如果根据估计数字腐殖化系数在0.20左右<sup>[8]</sup>,则可形成的土壤有机质在 $200\sim 400\text{kg}/\text{hm}^2$ ,即可使土壤有机质水平增加 $1.0\sim 2.0\text{g}/\text{kg}$ 。在我们不施有机肥的试验中,在正常施肥和轮作的情况下,土壤有机质13年增加了 $2.0\sim 3.0\text{g}/\text{kg}$ 这个数字低于前面的估计数字。因此在贫瘠退化的红壤地区根茬量较肥沃的土壤低是单施无机肥土壤有机质增加缓慢的基本原因。

#### 2.4 不同有机肥处理土壤有机质的剖面分布特征

2001年的测定结果(图2)表明在当地习惯有机

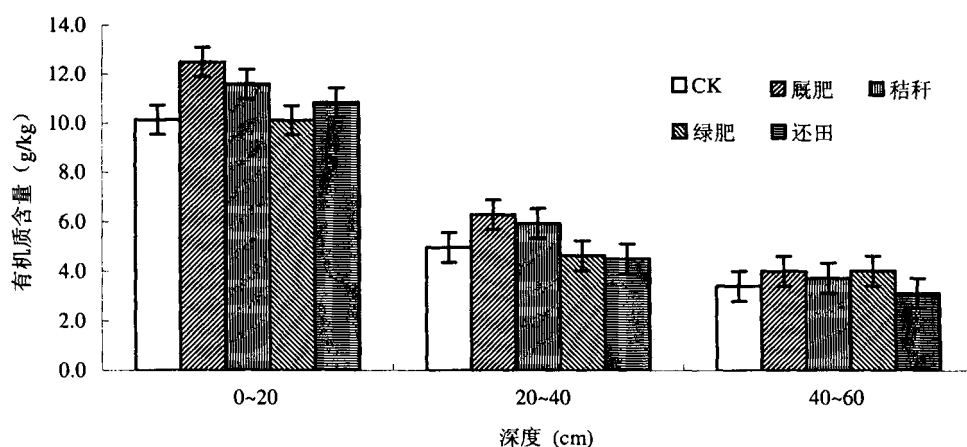


图2 2001年有机试验不同深度有机质的含量

Fig 2 Concentration distribution of organic matter in soil profile in the organic manure experiment in 2001

肥用量的条件下,施用厩肥的处理各土层有机质含量均高于单施化肥的处理,连续施用厩肥13年各土层有机质绝对值分别比化肥处理增加了0.236%、0.133%、0.060%。其它各处理除表层有机质含量明显高于化肥处理外,其它各层在连续施用有机肥13年后有机质的含量基本和施用化肥相差无几,表明施用有机肥所增加的有机质大多在土壤表层积累,在土壤剖面中移动性很弱,随着时间的延长有机质在表层以下的土层也会逐渐的积累。在供试的3种不同的有机肥料中,厩肥在提高红壤旱地有机质含量方面的作用明显地高于秸秆和绿肥。厩肥对有机质积累的作用不仅仅是在0~20cm的表层,在20~40cm土壤亚表层施用厩肥的处理,有机质的含量也要明显的高于其它两个处理。由此可见厩肥在改善红壤有机质方面的作用是最好的,这样有利于红壤肥力的提高。

#### 2.5 提高红壤有机质的现实途径

13年的试验表明,不论施用那种有机肥都能在一定时间内提高红壤有机质的水平,进而将红壤培

育成肥沃土壤。但是施用有机肥经常遇到的问题有:

##### (1) 有机肥的肥源问题

例如厩肥,在目前主要以农户家养家畜的情况下,农户常把有限的厩肥肥源施在距离较近的肥沃田块上,而不愿意施在距离较远且贫瘠的旱地红壤上。又如绿肥,我国绿肥的种植面积连年下降,愈是农业发达的地区绿肥的种植面积越少。这主要是经济效益和轮作制的问题。不解决这两个问题就难以解决有机肥的肥源。

##### (2) 有机肥养分含量低,施用数量大,从而产生运输问题

例如秸秆的肥源虽然不成问题,甚至过剩。但是施到指定田块的运输问题难以解决。

在我们的试验中有一个处理是本田秸秆就地还田。试验结果证明,这一处理土壤有机质水平也在不断的提高,虽然较缓慢但是有以下几个优点:

增加 $K$ 素的再循环。我国 $K$ 肥主要依靠进口,而作物吸收的 $K$ 素主要集中在秸秆部分。如油菜在秸秆中的 $K$ 素占吸收 $K$ 量的70%~80%,本田秸秆还田

就能使 70%~80% 的被油菜吸收的土壤 K 素重新返回土壤<sup>[14,15]</sup>。不存在肥源问题。不存在运输问题。所以本田秸秆还田, 虽然土壤有机质的增加速度较慢, 但可以解决肥源和运输的问题。所以从现实条件来看, 本田秸秆还田是一条增加红壤有机质的现实途径。当然施用其它有机肥在有条件的地区仍然是重要的提高红壤有机质的途径。

### 3 小 结

(1) 土壤有机质的增加(积累)或减少(消耗)归根结底决定于农田的 C 素平衡。在施用有机肥的情况下, 基本上决定于有机肥的施入量和有机肥的分解量。从本试验 13 年的结果来看: 3 种有机肥都能提高红壤有机质水平, 从而证明试验中的有机肥施用量都能超过同期有机肥的分解量, 从而使红壤旱地有机质有所积累。

(2) 不同有机肥的有机质积累量和积累速度是不同的。这主要决定于有机肥的施入量和有机肥的性质(主要是有机肥的 C/N)。但从 13 年的试验结果看, 3 种类型有机肥的施入量和有机质积累量都符合于  $Y=Ae^{bx}$  曲线方程所表达的基本规律。

(3) 不同有机肥的 C/N 是它们的基本特征, 它决定不同有机肥的土壤有机质积累系数, 即单位用量有机肥所能增加的土壤有机质数量。

(4) 合理施用有机肥是提高红壤有机质水平最重要的措施, 但在某些情况下, 由于肥源和运输等实际问题常常使这一措施难以贯彻。我们认为在某些地区实行本田秸秆就地还田是一个切实可行的提高红壤有机质的措施, 虽然提高速度较慢, 但它可以解决肥源和运输等一些困难而变得切实可行; 特别是它还可以归还土壤大部分被作物取走的 K, 这在我国 K 肥主要靠进口的条件下变得更重要。

### 参考文献

1 ABSTRACTS. Congress of international Soil Science.

Symposia, 2002, Vol. I, 01~02

- 2 刘勋, 周起华等. 江西红壤及其利用改良. 江西红壤研究第二集, 1987: 18~39
- 3 鲁如坤, 时正元. 退化红壤肥力障碍特征及重建措施 I. 退化状况评价及酸害纠正措施. 土壤, 2000, 32 (4): 198~200, 209
- 4 鲁如坤主编. 土壤农业化学分析法. 北京: 农业科技出版社, 2000
- 5 Chen Chilling and Lian Shen. Modeling of organic matter turnover in some Taiwan soils and estimation of organic manure application. In: ABSTRACTS, Congress of international Soil Science. Symposia, 2002, Vol. I, 01~126
- 6 吴槐泓等. 长期施用不同肥料对红壤稻田产量和红壤有机质品质的影响. 土壤通报, 2000, 31 (3): 125~126
- 7 Kadono Atsunobu, Funokwa Shinya and Kosaki Takashi. Factors controlling mineralization of soil organic matter in humid Asia. In: ABSTRACTS, Congress of international Soil Science. Symposia, 2002, Vol. 2, 01~12
- 8 孟凯, 王德录, 张兴义等. 黑土有机质分解、积累及其变化规律. 土壤与环境, 2002, 11 (1): 42~46
- 9 车玉萍, 林心雄. 潮土中有机物质的分解与腐殖质的积累. 核农学报, 1995, (2): 95~101.
- 10 倪进治等. 不同有机物料对土壤生物活性有机质组分的动态影响. 植物营养与肥料学报, 2001, 7 (4): 374~378
- 11 Ponnampetuma FN. Straw as a source of nutrients for wetland rice, paper presented to intern. conf on organic matter and rice, 1982
- 12 鲁如坤等. 我国南方 6 省农田养分平衡现状评价和动态变化研究. 中国农业科学, 2000, 33 (2): 63~67
- 13 张桃林主编. 中国红壤退化机制与防治. 北京: 中国农业出版社, 1999, 138
- 14 鲁如坤, 时正元. 退化红壤肥力障碍特征及重建措施 . 氮、磷、钾库重建措施. 土壤, 2000, 32(6): 310~314
- 15 鲁如坤, 时正元. 农田养分再循环研究 . 某些有机物料养分的有效系数. 土壤, 1993, 25(6): 286~291

## ACCUMULATION OF ORGANIC MATTER AND AFFECTING FACTORS IN UPLAND OF RED SOIL

Kong Hongmin    He Yuanqiu

(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

**Abstract** A long-term experiment (13 years) indicates that three type of organic manure can increase the content of soil organic matter in upland of red soil, but the rates vary. With the local traditional rate of manure

application, the annual growth rate of soil organic matter is the highest in the farmyard manure treatment, followed by the green manure treatment and the straw treatment. The relation between accumulation of organic matter and quantity of organic manure applied is  $Y=Ae^{bx}$ , where Y stands for content of organic matter in the soil and X for quantity of organic manure applied. The primary factors affecting the accumulation rate are quantity and C/N of the organic matter applied. C/N of the organic matter has a major effect on the accumulation coefficient of organic matter of different organic manure source(kg OM/kg fertilizer).

The most important problems affecting increasing content of organic matter in red soil through application of organic manure are sources and transportation of organic manure, especially in hilly red soil areas. The results of the experiment indicate recycling straw as manure in the plots yet slightly increases organic matter content in the red soil, and also brings back most part of the potassium (>60 percent) absorbed by the crop to the soil, but at a low rate. Thereby, this measure can be taken as solution to the above-mentioned problems in farming practice.

**Key words** Organic matter , Organic manure , Long-time experiment , Upland of red soil

\*\*\*\*\*

( 上接第 386 页 )

## ADVANCE IN MOLECULAR BIOLOGY OF HETEROTROPHIC NITRIFIER

Wang Yiming Peng Guanghao

( Institute of Soil Science, Chinese Academy of Science, Nanjing 210008 )

**Abstract** Nitrification is an important part of N cycle in nature. Besides the well known autotrophic nitrifiers belonging to the *Nitrosomonas* and *Nitrobacter* groups, there are some heterotrophic microorganisms and methanotrophic bacteria that are able to do the job. Advance in molecular biology of heterotrophic nitrifier is reviewed in this paper.

**Key words** Nitrification, Heterotrophic nitrifier, Molecular biology

\*\*\*\*\*

( 上接第 391 页 )

DB32/T343.1-1999 and GB15618-1995. The county has a total of  $5.30 \times 10^4 \text{ hm}^2$  of farmland, or 97.7% of the county's total, in compliance with the national and local environmental norms for production of non-hazard agricultural produce (vegetables, grain, cooking oil); With the standard (GB/T18407.1-2001) as the norm for assessment of the natural background value of the soil, the integrated pollution index of the county is 0.86, falling into the category of "clean". About 79.3% of the soil is of Grade One (clean), Factors contributing to the soil pollution are in the order of  $\text{As} > \text{Cr} > \text{DDT} > \text{Hg} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cd} > \text{benzene hexachloride}$ , which is mainly the result of some traditional cotton fields having been slightly contaminated with agro-chemicals (DDT, Hg, Arsenic products) and the patterns of land use and pesticide utilization in the 70-80s. In terms of regions and severity of pollution, the Lixiahe Region > coastal region > the Riverside region. Based on the research results, strategies for utilization and remediation of the soils are brought forth.

**Key words** Farming soil, Pollution, Monitor, Evaluate, Use