

施肥对红壤性水稻土颗粒有机物形成及团聚体稳定性的影响*

李江涛¹ 张斌^{1†} 彭新华¹ 赖涛²

(1 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

(2 江西省红壤研究所, 江西进贤 331700)

摘要 土壤颗粒有机物(POM)是土壤有机碳库中活性较大的碳库。POM 的形成对提高土壤碳库和缓解大气 CO₂ 的升高具有重要意义。POM 的形成与土壤团聚体的形成和性质密切相关,且深受土地利用和土壤管理的影响。实验土壤采自江西省红壤研究所无机肥长期定位试验地,各施肥处理为:CK(不施肥)、NPK(施氮磷钾肥)、NPK(=)(施双倍氮磷钾肥)和 NPK+OM(施氮磷钾肥和猪粪处理)。研究发现:施肥显著地增加了水稻土 POM 的含量;随着化肥施用量和有机肥的增加,POM 含量增加,NPK、NPK(=)和 NPK+OM 处理的 POM 含量比 CK 分别增加了 1.1~1.3 倍、1.2~1.4 倍和 1.5~1.9 倍;施肥也提高了土壤团聚体稳定性,表现为 NPK+OM>NPK(=)>NPK>CK;各处理 POM 含量随土壤团聚体粒级的减小而增加,其 C/N 比为降低趋势;团聚体稳定性与 POM 含量呈极显著关系($r=0.98, p<0.01$)。研究结果说明施肥导致 POM 碳库的增加是因为有机物投入的增加以及水稻土大团聚体的形成。

关键词 水稻土;土壤有机碳;土壤颗粒有机物;团聚体稳定性;长期施肥

中图分类号 S158.3, S152.4

文献标识码 A

土壤有机碳库是陆地生态系统最主要的碳库,对缓解大气 CO₂ 浓度升高具有重要作用。POM 是处于新鲜的动植物残体和腐殖化有机物之间暂时或过度的有机碳库^[1]。它在土壤中周转速度较快,比腐殖化有机物快一个数量级以上,一般为几年到几十年^[2]。它比土壤全碳更易受土地利用和土壤管理的影响^[3]。因此提高土壤中颗粒有机物比例,可能是缓解大气 CO₂ 浓度上升的重要机制。施用有机肥有利于土壤团聚体形成及其稳定性提高^[4,5],免耕或者作物覆盖也有利于土壤团聚体形成和 POM 含量的增加,而常规机械耕作破坏土壤结构,加快土壤有机物的矿化^[6]。因此,稳定的团聚体可能是土壤有机碳库重要的物理保护机制。团聚体稳定性是表征土壤结构状况的重要指标,良好的土壤结构是作物高产稳产的重要保证。水稻土是我国最主要的农业土地利用方式,长期以来高量投入化肥和土地集约化利用,提高了水稻土有机碳含量,改变了水稻土的结构性质,增加了水稻的产量^[7]。但是在长期施肥水稻土中 POM 碳库的变化至今不清楚,且 POM

碳库形成是否与土壤团聚体形成及其稳定性变化有关也尚未见报道。本研究目标是:(1)确定长期不同施肥处理对 POM 形成的影响;(2)确定不同施肥处理对团聚体形成及其稳定性的影响;(3)揭示 POM 与团聚体形成及其稳定性的关系。

1 材料和方法

1.1 土壤

供试土壤采自江西省红壤研究所红壤性水稻土无机肥长期定位试验地。该无机肥长期定位试验始于 1981 年早稻,轮作制度为稻—稻—冬闲。所采土壤包括 4 个处理:(1)CK(不施肥);(2)NPK(施氮磷钾肥);(3)NPK(=)(施双倍氮磷钾肥);(4)NPK+OM(施氮磷钾肥和猪粪处理);施肥量为每季施 N: 90 kg hm⁻², P: 20 kg hm⁻², K: 62 kg hm⁻², 猪粪: 22.5 t hm⁻²。小区面积 46.6 m²,重复 3 次,顺序排列。

2001 年冬闲采集水稻土耕层原状土样,用硬质盒把土壤带回实验室风干。当土样含水量达到塑限

* 国家自然科学基金项目(40371059)资助

† 通讯作者, E-mail: lzhang@issas.ac.cn

作者简介:李江涛(1976~),男,江西人,硕士,从事土壤碳库与土壤结构研究

收稿日期:2003-12-25;收到修改稿日期:2004-06-07

时,用手沿土壤自然破碎面掰开,干筛法选取 1~2 mm、2~3 mm 和 3~5 mm 的团聚体测定其稳定性和 POM 含量。

1.2 测定方法

1.2.1 团聚体中 POM 采用 Cambardella 等^[8]物理分离方法。土壤样品加入焦磷酸钠后,振荡使其充分分散,悬液通过 50 μm 的筛子,分别收集 > 50 μm 和 < 50 μm 的物质,并在 50 $^{\circ}\text{C}$ 下烘干,称重。 < 50 μm 的物质即为粉粘粒,其所含有机物称其为矿物结合态有机物(MOM),筛内残留的颗粒为 POM 和砂级颗粒物。用密度为 1.85 g cm^{-3} 的重液分离 POM 和砂级颗粒物,然后加用灼烧法去除有机碳的土壤与 POM 均匀混合,磨细过孔径为 0.149 mm 筛,测其有机碳和全氮。

1.2.2 土壤团聚体的水稳定性 采用 Le Bissonnais^[9]方法。将 40 $^{\circ}\text{C}$ 下烘干的团聚体浸没在水中分散,然后收集不同大小的分散颗粒。

团聚体的稳定性采用平均重量直径(MWD)进行描述^[10, 11]:

$$MWD = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{r_{i-1} + r_i}{2} \times m_i \quad (1)$$

其中 r_i 是第 i 个筛子的孔径(mm), $r_0 = r_1$, $r_n = r_{n+1}$; m_i 为第 i 个筛子中颗粒的百分比, n 为筛子的数量。

为了比较不同粒级间团聚体的稳定性,平均重量直径采用以下公式进行标准化:

$$NMWD = \frac{MWD}{r_{\max} - r_{\min}} \quad (2)$$

其中 NMWD 表示标准化平均重量直径, r_{\max} 为最大初始筛孔径, r_{\min} 为最小筛子孔径。

1.3 土壤基本理化性质的测定^[12]

有机碳: $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{H}_2\text{SO}_4$ 氧化法;全氮:半微量凯氏定氮法;土壤颗粒组成分析:吸管法;pH 值:电位法;土壤孔隙度:环刀法。

1.4 统计分析

不同施肥处理之间利用 SPSS10.0 软件进行方差分析(ANOVA)及其差异显著性水平($p < 0.05$)通过最小显著差数法(LSD)进行检验。

2 结果

2.1 施肥对水稻土某些性质的影响

长期施肥改变了一些水稻土的理化性质(表 1)。与试验前相比较,长期施肥处理的有机碳和全氮分别提高了 15%~47% 和 31%~60%,其中 NPK+OM 处理提高最快,CK 处理也分别提高了 15% 和 31%。C/N 比有所下降,从试验前的 10.9 降到 9.5~10.0。

表 1 长期不同施肥(1981~2001 年)对水稻土某些土壤性质的影响

Table 1 Effects of long term fertilizations on selected soil properties of paddy soil (1981~2001)

施肥处理 Fertilization treatments	有机碳 Organic C	全氮 Total N	砂粒 Sand	粉粒 Silt	粘粒 Clay	C/N	pH (H_2O)	土壤孔隙度 Porosity (%)
试验前 Before experiment	16.3	1.49	—	—	—	10.9	6.9	60.3
CK ¹⁾	18.8	1.95	135	539	327	9.6	5.3	57.2
NPK ²⁾	19.0	2.00	197	485	318	9.5	5.6	59.7
NPK(=) ³⁾	19.3	2.03	217	468	316	9.5	5.6	59.9
NPK+OM ⁴⁾	24.0	2.39	244	441	315	10.0	6.3	63.0

1) CK: 不施肥 No fertilization; 2) NPK: 施氮磷钾肥, Fertilization with chemical N, P, K fertilizers; 3) NPK(=): 施双倍氮磷钾肥 Fertilization with chemical N, P, K fertilizers at a rate twice as high as in treatment NPK; 4) NPK+OM: 施氮磷钾肥和猪粪处理 Fertilization with chemical N, P, K fertilizers and farmyard manure.

2.2 施肥对不同大小团聚体中 POM 的影响

表 2 所示不同大小团聚体中有机碳有一定差异,随团聚体粒级的减小而提高。但全氮和 C/N 比随团聚体粒级变化不明显。

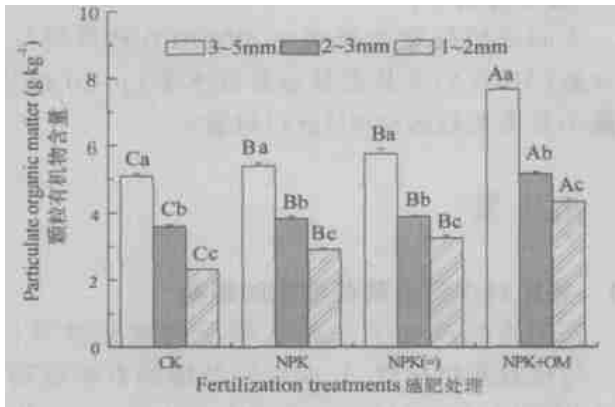
图 1 显示施肥显著地增加了土壤团聚体中 POM

的含量。NPK、NPK(=) 和 NPK+OM 的 POM 含量比 CK 分别增加了 1.1~1.3 倍、1.2~1.4 倍和 1.5~1.9 倍。NPK 和 NPK(=) 处理之间土壤团聚体中 POM 没有明显差异,但显著低于 NPK+OM 处理($p < 0.05$)。施用有机肥后增加了 39%~71%。

表2 不同粒级团聚体的有机碳、全氮和 C/N 比的变化

Table 2 Soil organic C, total N and C/N ratio of aggregates different in size fractions

施肥处理 Fertilization treatments	3~ 5 mm			2~ 3 mm			1~ 2 mm		
	有机碳 Organic C	全氮 Total N	C/N	有机碳 Organic C	全氮 Total N	C/N	有机碳 Organic C	全氮 Total N	C/N
	——(g kg ⁻¹)——			——(g kg ⁻¹)——			——(g kg ⁻¹)——		
CK	17.19	2.21	7.78	17.95	2.2	8.16	18.51	2.22	8.34
NPK	17.78	2.24	7.94	18.07	2.23	8.10	18.59	2.36	7.88
NPK(=)	18.13	2.21	8.20	18.92	2.21	8.56	19.14	2.35	8.14
NPK+ OM	22.27	2.66	8.37	22.21	2.67	8.32	22.56	2.76	8.17



注: 不同大写字母表示同一团聚体粒级不同施肥处理之间显著差异($p < 0.05$), 不同小写字母表示同一施肥处理不同团聚体粒级之间显著差异($p < 0.05$)。Note: small and capital letters indicated significant differences in aggregates of the size fraction and fertilization treatment at $p < 0.05$ respectively

图1 不同施肥处理水稻土不同粒级团聚体中的 POM 含量
Fig. 1 Particulate organic matter concentration in aggregates different in size fractions in the paddy soils as affected by fertilization

图1还表明随着土壤团聚体粒级的减小, 土壤团聚体中 POM 的含量显著增加($p < 0.05$)。与3~ 5 mm的团聚体相比, CK、NPK、NPK(=)和 NPK+ OM 处理下的 1~ 2 mm 团聚体中 POM 含量分别增加了 2.1 倍、1.9 倍、2.2 倍和 2.4 倍。

2.3 土壤团聚体中碳、氮的分配

表3表明土壤团聚体中 POM 的有机碳和全氮含量很高。POM 中有机碳含量达到 278~ 408 g kg⁻¹, 全氮为 20.7~ 24.6 g kg⁻¹。不同施肥处理之间 POM 中的有机碳和全氮含量没有明显差异($p > 0.1$), 但其含量在较大的团聚体中显著较高($p < 0.05$)。POM 中的 C/N 也呈随团聚体粒级的减小而降低的趋势。POM 中的有机碳占整个团聚体有机碳中的比例为 5.9%~ 11.7%, 并且在同一粒级团聚体下表现为 NPK+ OM > NPK(=) > NPK > CK。

表3 不同粒级土壤团聚体中 POM 和 MOM 中的有机碳、全氮和 C/N 比的变化

Table 3 Organic C, total N and C/N ratio of particulate organic matter and mineral associated organic matter in aggregates different in size fractions

施肥处理 Fertilization treatments	颗粒有机物 Particulate organic matter (POM)				粘粒有机物 Mineral associated organic matter (MOM)			回收率 Recovery (%)
	有机碳 Organic C	全氮 Total N	颗粒有机碳/ 团聚体 中有机碳 Organic C ratio in POM to in aggregates (%)	C/N	有机碳 Organic C	全氮 Total N	粘粒中碳/ 团聚体 中有机碳 Organic C ratio in MOM to in aggregates (%)	
	——(g kg ⁻¹)——				——(g kg ⁻¹)——			
3~ 5 mm								
CK	408Aa	24.6Aa	16.61	5.9	16.12Ba	1.74Cb	9.28	100.1
NPK	385Aa	24.0Aa	16.04	6.0	16.34Ba	1.87Bb	8.72	97.7
NPK(=)	387Aa	24.1Aa	16.05	6.1	16.33Ba	1.83Bb	8.92	96.1
NPK+ OM	396Aa	24.4Aa	16.22	6.5	19.92Aa	2.24Aa	8.90	95.3
2~ 3 mm								
CK	363Ab	24.5Aa	14.81	5.9	16.17Da	1.81Bab	8.95	95.7
NPK	335Ab	23.4Aa	14.31	6.9	16.41Ca	1.85Bb	8.89	96.3
NPK(=)	337Ab	24.0Aa	14.05	6.7	16.51Ba	1.86Bb	8.87	92.8
NPK+ OM	348Ab	24.5Aa	14.18	7.9	20.02Aa	2.23Aa	8.97	95.3

续表

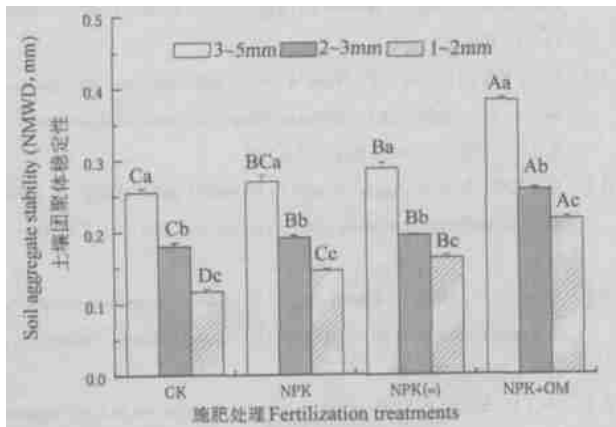
施肥处理 Fertilization treatments	颗粒有机物 Particulate organic matter (POM)				粉粘粒有机物 Mineral associated organic matter (MOM)				回收率 Recovery (%)
	有机碳 Organic C	全氮 Total N	C/N	颗粒有机碳/ 团聚体 中有机碳 Organic C ratio in POM to in aggregates (%)	有机碳 Organic C	全氮 Total N	C/N	粉粘粒中碳/ 团聚体 中有机碳 Organic C ratio in MOM to in aggregates (%)	
	——(g kg ⁻¹)——				——(g kg ⁻¹)——				
1~ 2 mm									
CK	278Ac	20 7Ab	13. 45	7. 7	16. 27Ba	1. 86Ca	8. 77	84 0	92. 8
NPK	284Ac	21. 3Ab	13. 33	8. 2	16. 45Ba	1. 87Ba	8. 79	84. 8	93. 6
NPK(=)	299Ac	22. 6Ab	13. 23	9. 4	16. 58Ba	1. 89Ca	8. 76	82. 5	91. 3
NPK+ OM	301Ac	22. 5Ab	13. 36	11. 7	20. 37Aa	2. 32Aa	8. 78	85. 4	94. 2

注: 不同大写字母表示同一团聚体粒级不同施肥处理之间显著差异($p < 0.05$), 不同小写字母表示同一施肥处理不同团聚体粒级之间显著差异($p < 0.05$) Note: Small and capital letters indicated significant differences in aggregates of the size fraction and fertilization treatment at $p < 0.05$ respectively

矿物结合态有机物(MOM)中有机碳含量不随粒级变化($p > 0.1$), 但受施肥处理影响。NPK+ OM 处理的 MOM 中有机碳含量显著高于其他施肥处理($p < 0.05$)。不施肥(CK)处理 MOM 中有机碳含量最低, 除 2~ 3 mm 团聚体外, NPK 和 NPK(=) 中 MOC 与 CK 没有显著差异。MOM 对土壤团聚体中有机碳的贡献达到 80% 以上, 并随着团聚体粒级的增大而提高。粉粘粒中全氮含量也受施肥处理和团聚体粒级影响。NPK+ OM 处理下最高, 其次 NPK(=) 和 NPK, CK 最低。除 NPK+ OM 处理外, 1~ 2 mm 团聚体中粉粘粒的全氮含量显著高于 2~ 3 mm 和 3~ 5 mm ($p < 0.05$)。MOM 的 C/N 比(8.8~ 9.3)明显低于 POM 的 C/N 比(13.2~ 16.6)。

2.4 土壤团聚体稳定性

不同施肥明显影响红壤性水稻土团聚体稳定性(图 2)。团聚体稳定性随团聚体粒级的增大而显著



注: 不同大写字母表示同一团聚体粒级不同施肥处理之间显著差异($p < 0.05$), 不同小写字母表示同一施肥处理不同团聚体粒级之间显著差异($p < 0.05$) Note: Small and capital letters indicated significant differences in aggregates of the same size fraction between fertilization treatments at $p < 0.05$ respectively

图 2 不同施肥处理水稻土不同粒级团聚体稳定性的变化
Fig 2 Stability of aggregates of different size fractions in the paddy soils as affected by fertilization

降低($p < 0.05$)。在同一粒级下, NPK+ OM 处理的团聚体稳定性显著高于 NPK 和 NPK(=) ($p < 0.05$), NPK 和 NPK(=) 处理之间除 3~ 5 mm 团聚体外没有明显差异, CK 处理团聚体稳定性最低($p < 0.05$)。

团聚体稳定性受其有机碳含量的影响(图 3)。团聚体稳定性指数(NMWD)与团聚体中有机碳含量呈显著的线性相关($r = 0.68, p < 0.05$), 与团聚体中 POM 含量呈极显著的线性相关($r = 0.98, p < 0.001$)。

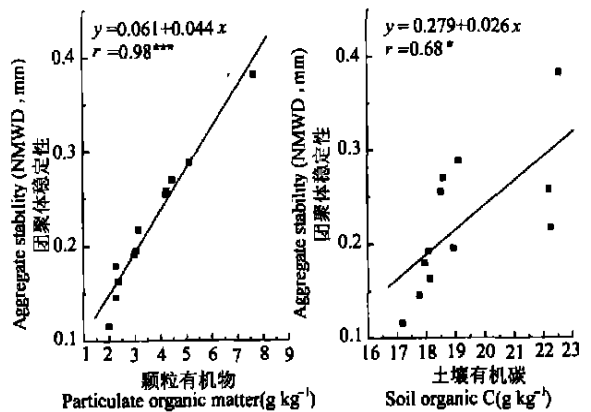


图 3 团聚体稳定性与颗粒有机物和土壤有机碳的线性关系

Fig 3 Linear correlations between aggregate stability and contents of particulate organic matter and soil organic carbon

3 讨论

长期施肥明显影响水稻土 POM 和团聚体的形成。有机肥的施入显著增加了 POM 含量, 也提高了团聚体稳定性。POM 含量与团聚体稳定性呈显著的线性关系以及 POM 中 C/N 随团聚体粒级的减小

而降低,说明 POM 促进了较大团聚体的形成并能提高其稳定性。

施氮磷钾肥和猪粪处理(NPK+ OM)显著地提高了团聚体 POM 含量,比 NPK 处理增加了 39%~71%。同时 NPK 的施用也显著地提高了团聚体 POM,是不施肥处理(CK)的 1.1~1.3 倍。而氮磷钾肥用量上的差异(即 NPK(=)与 NPK),对团聚体 POM 的影响不明显。有研究表明^[13],地上部分的生物量能够间接地反映地下部分的生物量。表 4 表明,不同施肥处理下 21 年来水稻秸秆和产量的差异表现为 NPK+ OM> NPK(=)> NPK> CK,这与 POM 含量在不同施肥处理下的差异是一致的,表明不同施肥处理向土壤提供不同数量的碳源。由此可见,产生上述现象的主要原因与水稻根系和根茬归还土壤的生物量不同以及有机物的直接施入有关。

表 4 1981~2001 年不同施肥处理下水稻地上部分年平均生物量

Table 4 Annual grain yield, straw production and total biomass of rice plant above ground as affected by fertilization from 1981~2001

施肥处理 Fertilization treatments	产量 Rice yield (kg hm ⁻²)	秸秆重量 Straw production (kg hm ⁻²)	地上生物量 Total biomass above ground(kg hm ⁻²)
CK	5 768	5 455	11 222
NPK	8 854	8 539	17 392
NPK(=)	10 239	10 632	20 872
NPK+ OM	10 657	10 990	21 648

POM 对团聚体的形成及其稳定性具有明显作用^[14, 15]。Tisdall 等^[15]报道 POM 对团聚体的形成主要通过两个方面:一是 POM 作为核被粘粒包裹形成团聚体;二是 POM 通过物理缠绕等作用连接不同大小的颗粒形成团聚体。这两种形成机制对团聚体稳定性都有提高,图 3 的结果($r=0.98, p<0.01$)也证实了这一点。POM 含量随着团聚体粒级的减小而逐渐增大(图 1),这一结果与旱地^[16]的相反。Dexter^[17]认为较大的团聚体是通过土壤有机碳胶结较小的团聚体形成的,因此土壤有机碳含量是随着土壤团聚体的增大而增加。但是水稻土深受人为因素干扰,每年的犁耕翻耙使其土壤结构遭受很大破坏,而水稻土灌溉和晒田的干湿交替过程又重新形成具有一定稳定性的土壤结构。团聚体水稳定性是较大的团聚体低于较小的团聚体(图 2),这样较大团聚体在犁耕翻耙过程中容易分散,释放其中的 POM,而较小团聚体可能部分保存起来。

C/N 比是有机物腐殖化程度的一个指标^[18]。C/N 比值越高,表明有机物的腐解程度就越低,反之亦然。本试验所得 POM 中 C/N 比在 13~16 之间,明显高于土壤和团聚体中的 C/N 比值,表明水稻土 POM 主要是由部分分解有机物组成。POM 中 C/N 比值随着团聚体粒级的增大而提高,说明土壤团聚体粒级越小其包被的有机物腐解程度越高,这一结果证实了较小团聚体比相对较大团聚体形成的时间早。

4 结 论

长期施肥明显增加了水稻土 POM 含量,其中 NPK+ OM> NPK(=)> NPK> CK。POM 的积累促进了土壤团聚体的形成并提高了其稳定性,两者呈极显著的线性相关($r=0.98, p<0.01$)。较大团聚体的 POM 含量低于相对较小的团聚体,而 C/N 比值却高于较小的团聚体,说明水稻土耕作过程中,大团聚体由于其稳定性较低而易于分散,因而新形成的大团聚体 POM 含量较少而且腐殖化程度低。研究结果说明施肥对 POM 碳库的增加是因为有机物投入的增加以及水稻土大团聚体的形成。

参 考 文 献

- [1] Golchin A, Oades JM, Kjemstad JO, *et al.* Soil structure and carbon cycling. *Aus. J. Soil Res.*, 1994, 32: 1 043~ 1 068
- [2] Carter M R. Analysis of soil organic matter storage in agroecosystems. In: Carter M R, Stewart B A. eds. *Adv. Soil Sci.: Structure and Organic Matter storage in Agricultural Soils*. London: CRC Lewis, 1996. 3~ 11
- [3] Chan K Y, Heenan D P, Oates A. Soil carbon fractions and relationship to soil quality under different tillage and stubble management. *Soil Till. Res.*, 2002, 63: 133~ 139
- [4] Lu, S G. Role of organic matter in formation and stability of aggregates in mulberry plantation soils. *Pedosphere*, 2001, 11(2): 185~ 188
- [5] Zhang M K, He Z L, Chen G C, *et al.* Formation and water stability of aggregates in red soil as affected by organic matter. *Pedosphere*, 1996, 6(1): 39~ 45
- [6] Six J E, Elliott E T, Paustian K, *et al.* Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1998, 62: 1 367~ 1 377
- [7] 李庆逵等编. 中国水稻土. 北京: 科学出版社, 1992. 174~ 175. Li Q K, *et al.* eds. *Paddy Soils of China (In Chinese)*. Beijing: Science Press, 1992. 174~ 175
- [8] Cambardella C A, Elliott E T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Sci. Soc. Am. J.*,

- 1992, 56: 777~ 783
- [9] Le Bissonnais Y. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. *Euro. J. Soil Sci.*, 1996, 47: 425~ 437
- [10] Zhang B, Hom R. Mechanisms of aggregate stabilization in Udisols from subtropical China. *Geoderma*, 2001, 99: 123~ 145
- [11] 彭新华, 张斌, 赵其国. 红壤侵蚀裸地植被恢复及土壤有机碳对团聚体稳定性的影响. *生态学报*, 2003, 23: 2 176~ 2 183. Peng X H, Zhang B, Zhao Q G. Effect of soil organic carbon on aggregate stability after vegetative restoration on severely eroded red soil (In Chinese). *Acta Ecologica Sinica*, 2003. 23: 2 176~ 2 183
- [12] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences. *Soil Physical and Chemical Analysis* (In Chinese). Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1978
- [13] 马毅杰, 陈家坊等. 水稻土物质变化与生态环境. 北京: 科学出版社, 1999. 71~ 76. Ma Y J, Chen J F, *et al.* eds. *Change in Paddy Soil Materials and Its Effect on Eco-environment* (In Chinese). Beijing: Science Press, 1999. 71~ 76
- [14] Gregorich E G, Janzen H H. Storage of soil carbon in the light fraction and macroorganic matter. In: Carter M R, Stewart B A. eds. *Adv. Soil Sci.: Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils*. London: CRC Lewis, 1996. 167~ 190
- [15] Tisdall J M, Oades J M. Organic matter and water stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.*, 1982, 33: 141~ 163
- [16] Puget P, Chenu C, Balesdent J. Dynamics of soil organic matter associated with particle size fractions of water stable aggregates. *Euro. J. Soil Sci.*, 2000, 51: 595~ 605
- [17] Dexter A R. Advances in characterization of soil structure. *Soil Till. Res.*, 1988, 11: 199~ 238
- [18] Baldock J A, Oades J M, Waters A G, *et al.* Aspects of the chemical structure of soil organic materials as revealed by solid state ^{13}C NMR spectroscopy. *Biogeochemistry*, 1992, 15: 1~ 42

EFFECTS OF FERTILIZATION ON PARTICULATE ORGANIC MATTER FORMATION AND AGGREGATE STABILITY IN PADDY SOIL

Li Jiangtao¹ Zhang Bin^{1†} Peng Xinhua¹ Lai Tao²

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

(2 Institute of Red Soil, Jinxian, Jiangxi 331700, China)

Abstract Particulate organic matter (POM), as an active pool of soil organic carbon, play an important role in C sequestration in cultivated soil. Formation of POM is related to aggregate formation and sensitive to land use and soil management. The objectives of this study are (1) to determine effects of fertilization on POM content in paddy soil; (2) to determine effect of fertilization on formation and stability of aggregates; and (3) to clarify relationship between POM and aggregate stability. Soil samples were collected from the experiment fields of the long-term fertilization experiment station treated separately with CK (without fertilization), NPK (chemical N, P, K fertilizers), NPK(=) (double the dose in Treatment NPK) and NPK+ OM (NPK plus farmyard organic manure). The results showed that fertilization increased significantly the content of POM in the soil. In Treatments NPK, NPK(=) and NPK+ OM, it increased by 1.1~ 1.3, 1.2~ 1.4 and 1.5~ 1.9 times over that in CK and in Treatment NPK+ OM it was 37%~ 71% higher than that in Treatments NPK and NPK(=). The C/N ratio decreased with the increase in aggregate size, suggesting that the POM in smaller aggregates was older than in larger ones. In terms of aggregate stability, the treatments were in a decreasing order of NPK+ OM > NPK(=) > NPK > CK. The aggregate stability had a very significant linear correlation with POM ($r = 0.98$, $p < 0.01$). These results suggest that fertilization increased POM level due to increased input of organic materials into soil, thus enhancing soil aggregation.

Key words Paddy soil; Soil organic carbon; Particulate organic matter; Aggregate stability; Long-term fertilization