

紫色水稻土有机无机复合 与土粒团聚的关系

魏朝富 谢德体 陈世正

(西南农业大学土化系, 630716)

摘 要

紫色水稻土的原土复合量(重组腐殖质)为中性土>钙质土>酸性土,同一土壤剖面中其含量是随土层深度下降;而有机无机复合度为钙质土>中性、酸性土,在土壤剖面中是随土层深度增加。 $<0.01\text{mm}$ 土粒团聚量和 $<0.01\text{mm}$ 土粒团聚度为钙质土>中性土>酸性土。原土复合量和有机质含量,物理性粘粒含量、铁氧化物含量与 $<0.01\text{mm}$ 土粒团聚量呈显著正相关;而有机无机复合度与有机质含量呈显著负相关,与腐殖质结合状态,物理性粘粒含量和 $<0.01\text{mm}$ 土粒团聚度间无显著相关性。土壤有机质在土粒团聚中,是与矿物质呈复合状态的腐殖质(原土复合量)起作用,而原土复合量的多少很大程度上决定了 $<0.01\text{mm}$ 土粒团聚量。有机无机复合和土粒团聚的关系是通过原土复合量和 $<0.01\text{mm}$ 土粒团聚量间的关系来体现的。

关键词 有机无机复合,土粒团聚,紫色水稻土

近几十年来,国内外土壤工作者对土壤有机无机复合与团聚体形成间的关系做了相当多研究工作^[1-6, 11-13]。早在1963年,А.ф.Тюлин根据Тапон提出的有机矿质胶体的结构模式作为其分组的理论依据,把土壤微团粒分为胡敏酸钙团聚体(G_1)和胡敏酸铁团聚体(G_2)两大类^[6];1967年Edwards和Bremner提出一个以有机无机复合体为基础的团聚体形成模式^[11];Tisdall和Oades(1982)在剖析土壤团聚体中各种大小结构单元及各种胶结剂的组成的基础上,提出了团聚体组成与主要胶结剂的理想模式^[12];姚贤良、关连珠等(1988, 1991)对红壤、黑土、棕壤团聚体的胶结物质的组成和存在状态作了深入研究^[4,5]。这些研究都希望能把土壤科学研究中的两大问题:有机无机复合和土粒团聚联系起来,普遍认为土壤有机无机复合是稳定性团聚体和土壤肥力形成的重要机制和物质基础。但是,由于有机无机复合和土粒团聚所涉及因素和范围的复杂性,这两个问题又常分属不同的研究领域^[7,8],把有机无机复合和土粒团聚联系起来研究存在较大困难。

本文在对紫色水稻土有机无机复合性状和土粒团聚状态研究基础上,初步探讨了有机无机复合和土粒团聚间的关系。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

采集四川盆地紫色水稻土有代表性的三个土属九个土种的土壤样品作为研究材料^[9]。

1.2 测定方法

1. 铁铝氧化物组成: 见文献^[9]。

2. 有机无机复合度的测定: 采用比重组法^[10]。

3. 结合态腐殖质分组测定: 采用傅积平改进法^[10]。

4. 水稳性微团聚体的测定: 用蒸馏水浸泡土样(过 1mm 筛孔)一昼夜, 振荡 2 小时, 用吸管法测定水稳性微团聚体大小分布, 同时测定其土壤颗粒大小分布。以下列式计算 <0.01mm 土粒团聚量和 <0.01mm 土粒团聚度:

(1) <0.01mm 土粒团聚量 = >0.01mm 水稳性微团聚体的含量 - >0.01mm 物理性砂粒的含量。

(2) <0.01mm 土粒团聚度 = $\frac{\text{<0.01mm 土粒团聚量}}{\text{<0.01mm 物理性粘粒含量}} \times 100$ 。

2 结果与讨论

2.1 紫色水稻土有机无机复合性状

表 1 所示, 供试紫色水稻土 A 层(主要是耕层)的有机质含量变幅大, 在 17.34—45.33g/kg, 原土复合量和有机无机复合度分别为 11.1—33.36g/kg 和 53.8—84.8%。中性紫色水稻土分布于正冲沟, 土壤排水困难, 一季中稻, 冬季蓄冬水, 有机质分解困难, 尤其是分布于村边田块大肥泥田和豆瓣泥田, 有机物质来源丰富, 土壤有机质含量高, 但土壤有机质中, 粗有机质、游离态有机物质较多, 尽管土壤原土复合量较高, 在 17.45—31.36g/kg 间, 但有机无机复合度相对较低在 56.8—64.6%间。钙质紫色水稻土分布在冲沟两侧, 土质虽粘重, 但排水性好, 水旱轮作, 有利于进入土壤中的有机物质分解, 土壤有机质含量在 22.84—28.74g/kg 间, 原土复合量在 20.19—21.88g/kg, 占土壤有机质的比例高, 有机无机复合度大, 为 71.1—88.4%。酸性紫色水稻土排水性虽好, 但土质砂性重, 粘粒含量低, 原土复合量和有机无机复合度都较低, 分别为 5.29—19.13g/kg 和 53.2—69.5%。

在土壤剖面中, 与 A 层相比, P 层和 W 层土壤有机质更新机会少, 有机质主要来源 A 层有机物的垂直下移及少量作物根系, 有机质腐殖化程度高, 土壤有机质含量和原土复合量随深度的增加而下降, 有机无机复合度则随深度的增加而明显增大, 尤其是钙质水稻土的 W 层和酸性紫色水稻土的 P 层, 有机无机复合度高达 90.0%以上。

2.2 紫色水稻土颗粒团聚状况

供试土壤 >0.01mm 和 >0.001mm 水稳性微团聚体的含量分别为 766.0—931.1g/kg 和 930.1—998.0g/kg(表 2)。不同土壤间 >0.001mm 水稳性微团聚体含量的差异较小, 因此, 宜选用 >0.01mm 水稳性微团聚体的含量来表征土壤颗粒团聚性。由

于 $>0.01\text{mm}$ 水稳性微团聚体的含量中包含了 $>0.01\text{mm}$ 土粒(物理性砂粒),因而,它难以真实地反映出不同土壤间土粒的团聚状况,相应地, $<0.01\text{mm}$ 土粒(物理性粘粒)团聚转化为 $>0.01\text{mm}$ 水稳性微团聚体的数量($<0.01\text{mm}$ 土粒团聚量)以及占 $<0.01\text{mm}$ 土粒的百分数($<0.01\text{mm}$ 土粒团聚度)能较真实地表征出土壤 $<0.01\text{mm}$ 物理性粘粒的团聚状况,因为这两个指标扣除了土壤颗粒大小分布的影响。紫色水稻土 $<0.01\text{mm}$ 土粒团聚量为钙质土 $>$ 中性土 $>$ 酸性土;在土壤剖面上,随土层深度的增加, $<0.01\text{mm}$ 土粒团聚量呈下降趋势。在不同土壤间和在不同土层间, $<0.01\text{mm}$ 土粒团聚度的变化不象 $<0.01\text{mm}$ 土粒团聚量那样有明显规律,但仍表现为钙质土 $>$ 中性土 $>$ 酸性土。

表1 土壤有机无机复合和腐殖质结合形态

Table 1 Organo-mineral complexing and combined forms of humus in the paddy soils developed from purple soils

编号 No.	采样地 Location	土属 Soil genus	土壤 Soil	土层 Soil layer	有机质 O.M. (g/kg)	轻组有 机质 O.M.of light fraction (g/kg)	重组腐* 殖质 Humus of heavy fraction (g/kg)	松结合态 腐殖质 Loosely combined humus (g/kg)	稳结合态 腐殖质 Stably combined humus (g/kg)	紧结合态 腐殖质 Tightly combined humus (g/kg)	有机无机 复合度 Degree of com- plexing (%)		
1	四川重庆	中性紫色水稻土	大肥泥田	A	45.33	16.06	29.27	14.52	1.28	13.35	64.6		
2				P	40.32	14.24	26.08	11.91	2.14	12.03	64.7		
3				W	37.49	11.96	25.53	12.32	1.95	11.57	68.1		
4			四川重庆	中性紫色水稻土	紫黄泥田	A	30.73	13.28	17.45	7.29	1.68	8.78	56.8
5						P	22.47	6.55	15.92	7.88	1.53	6.93	70.9
6						W	18.54	4.39	14.15	6.73	1.21	6.24	76.3
7					豆瓣泥田	A	40.73	9.37	31.36	12.68	2.82	15.82	77.0
8						P	45.22	15.25	29.97	10.95	2.64	16.65	66.3
9						W	37.47	8.67	28.80	12.27	2.45	14.09	76.9
10	四川遂宁	钙质紫色水稻土	黄泥田	A	28.74	8.32	20.42	6.58	2.70	10.75	71.1		
11				P	23.44	4.80	18.64	7.83	3.19	8.00	79.5		
12				W	14.05	0.93	13.12	6.46	2.75	6.99	93.4		
13			四川遂宁	钙质紫色水稻土	大眼泥田	A	25.65	3.77	21.88	8.60	2.95	10.88	85.3
14						P	21.93	1.74	20.19	6.80	4.61	8.77	92.1
15						W	21.68	0.66	21.02	9.50	2.64	8.66	97.0
16					二泥田	A	22.84	2.65	20.19	10.10	2.22	8.21	88.4
17						P	19.48	2.25	17.23	7.06	2.30	7.66	88.5
18						W	18.00	1.24	16.76	6.96	2.29	7.77	93.1
19	四川宜宾	酸性紫色水稻土	油沙田	A	35.97	16.43	19.13	9.77	1.57	7.77	53.2		
20				P	13.09	1.99	11.10	8.68	0.78	1.67	84.8		
21			红沙泥田	A	17.34	5.29	12.05	7.33	1.34	3.55	69.5		
22				P	5.71	0.29	5.42	4.17	0.59	0.33	94.9		
23			四川宜宾	酸性紫色水稻土	红沙田	A	17.45	5.53	11.92	6.83	1.22	3.77	68.3
24						P	6.71	0.34	6.37	4.75	0.73	0.89	94.9

* 重组腐殖质=原土复合量。

表 2 紫色水稻土颗粒团聚状况

Table 2 Aggregation of particles in the paddy soils from purple soils

编号 No.	<0.01mm 物理性粘粒 Physical clay (g/kg)	<0.001mm 粘粒 clay (g/kg)	水稳性微团聚体 Waterstable microaggregate			
			>0.01mm (g/kg)	>0.001mm (g/kg)	<0.01mm 土粒团聚量 Content of <0.01mm soil particle aggregation (g/kg)	<0.01mm 土粒团聚度 Degree of <0.01mm soil particle aggregation (g/kg)
1	481.0	129.2	890.8	969.4	372.8	77.3
2	503.0	129.3	859.8	937.4	362.8	72.1
3	524.0	134.4	801.8	919.9	325.8	62.2
4	499.8	224.7	840.3	991.4	340.1	68.1
5	531.3	270.9	780.4	981.9	311.3	58.6
6	541.8	258.3	786.6	978.6	328.4	60.6
7	582.8	207.8	789.0	958.2	371.8	63.8
8	588.0	220.5	787.3	948.5	375.3	63.8
9	598.5	241.5	786.7	946.1	385.2	64.3
10	617.2	274.3	827.9	952.7	445.1	72.1
11	633.0	284.9	806.9	954.9	439.9	69.5
12	633.0	288.0	785.8	932.5	418.8	66.2
13	654.1	329.2	856.3	984.7	510.4	78.0
14	664.7	351.3	796.9	967.6	461.6	69.4
15	675.2	350.3	845.3	960.6	480.5	71.2
16	663.6	264.8	804.8	957.5	468.4	70.6
17	681.5	293.3	766.3	930.1	447.8	65.7
18	671.0	280.6	766.0	939.3	437.0	65.1
19	252.5	124.2	946.7	980.3	199.2	78.9
20	164.7	88.0	920.3	977.0	85.0	51.6
21	230.7	117.0	911.8	981.1	142.5	61.8
22	149.0	46.6	930.6	990.7	79.6	53.4
23	262.9	98.3	900.0	997.0	162.9	62.0
24	227.7	72.5	931.1	998.0	155.8	69.7

2.3 有机无机复合与胶结物质的关系

2.3.1 原土复合量 土壤原土复合量(重组腐殖质)与土壤有机质、轻组有机质、松结

态腐殖质、稳结态腐殖质和紧结态腐殖质均呈极显著正相关(表3)。土壤原土复合量不同,腐殖质的结合状态也明显不同,松结态和紧结态腐殖质与原土复合量变化的一致性最好。原土复合量主要是由松结态和紧结态腐殖质构成(表1)。

表3 有机无机复合与土粒团聚的关系

Table 3 The relationship between organo-mineral complexing and soil particle aggregation

项目 Item	原土复合量 Content of complexing	有机无机复合度 Degree of organo-mineral complexing	<0.01mm 土粒团聚量 Content of <0.01mm soil particle aggregation	<0.01mm 土粒团聚度 Degree of <0.01mm soil particle aggregation
游离铁	0.4824*	0.2712	0.9354**	0.4395*
无定形铁	0.5946**	-0.6423**	-0.1033	0.1587
铁活化度	-0.3580	-0.2810	-0.9261**	-0.4296*
无定形铝	-0.5255**	0.2124	-0.8860**	-0.2535
络合态铁	0.7274**	0.5438**	0.2050	0.2363
络合态铝	0.2700	-0.4436	-0.4505*	-0.3023
有机质	0.9344**	-0.6743**	0.3654	0.4272*
轻组有机质	0.6578**	-0.9044**	0.0054	0.3468
原土复合量		-0.3953	0.5823**	0.4204*
松结态腐殖质	0.8355**	-0.4012	0.2923	0.3589
稳结态腐殖质	0.5118**	0.1984	0.7985**	0.3996
紧结态腐殖质	0.9742**	-0.3788	0.6505**	0.4233*
<0.01mm 物理性粘粒	0.5651**	0.2002	0.9774**	0.3791
<0.001mm 粘粒	0.2957	0.3214	0.8781**	0.3104
>0.01mm 微团聚体	-0.4354*	0.2113	-0.7688**	0.0419
<0.01mm 土粒团聚量	0.5823*	0.1803		0.5433**
有机无机复合度	-0.3957		0.1803	0.1995
<0.01mm 土粒团聚度	0.4240*	-0.1995	0.5433**	

注: $r_{(0.05)} = 0.405$, $r_{(0.01)} = 0.515$, $n = 24$ 。

原土复合量与土壤游离态铁、无定形铁和络合态铁均呈显著性或极显著性正相关,土壤铁氧化物参与了有机无机复合过程。表3所示的原土复合量与无定形铝的负相关性是由于钙质土有机无机复合性状造成的。在中性土和酸性土中,原土复合量与无定形铝呈正相关,相关系数分别为0.7586($n=9$)和0.4959($n=6$),因此,在中性土和酸性土有机无机复合过程中,无定形铝也起了一定作用。

原土复合量与<0.001mm粘粒含量的相关性不像与<0.001mm物理性粘粒的相关性那样显著。参予有机无机复合过程不仅仅只是<0.001mm粘粒,而且粗粘粒(0.002—0.001mm),细粉粒(0.005—0.002mm),中粉粒(0.01—0.005mm),甚至于>0.01mm土粒

也可能参予有机无机复合。

2.3.2 有机无机复合度 由于引入土壤有机质总量的因素,有机无机复合度与胶结物质的关系较为复杂。有机无机复合度与有机质含量和轻组有机质含量呈极显著负相关。随土壤有机质的增加,轻组有机质增加的速度明显大于原土复合量(重组腐殖质)的增加速度,原土复合量在有机质中的比例相对下降,有机无机复合度随有机质的增加而明显下降,并且,有机无机复合度与腐殖质结合状态(松结态、稳结态和紧结态)无明显的依赖关系;与土壤物理性粘粒含量也无明显相关性。

2.4 土粒团聚与胶结物质的关系

2.4.1 <0.01mm 土粒团聚量 首先,<0.01mm 土粒团聚量与<0.01mm 物理性粘粒的含量和<0.001mm 粘粒的含量呈极显著正相关;但与土壤有机质的含量和轻组有机质的含量无明显的相关性,而与土壤原土复合量呈极显著正相关,显然,土壤有机质在土壤颗粒团聚过程中,是与矿物质呈复合状态的腐殖质才起作用,由于轻组有机质对土壤颗粒团聚作用的效应不明显,以至使有机质的总效应也不显著。原土复合量中,稳结态和紧结态腐殖质对土壤颗粒团聚作用的效应明显,而松结态腐殖质起的作用相对较差。

铁铝氧化物含量与<0.01mm 土粒团聚量的混乱关系同样是钙质土的团聚体特征所致的。在钙质土中,土壤游离铁的含量较高,但无定形铁、铝的含量低^[9]。在中性和酸性土中,铁的氧化物对土粒团聚起了重要作用^[3],<0.01mm 土粒团聚量与无定形铁的含量呈显著正相关(中性土 $r=0.922^* n=9$,酸性土 $r=0.8923^* n=6$);无定形铝也参予了土粒团聚(中性土 $r=0.3451 n=9$,酸性土 $r=0.5152 n=6$)。

2.4.2 <0.01mm 土粒团聚度 它所反映的是土壤<0.01mm 土粒发生团聚的程度,因此,它与胶结物质的关系并不完全像团聚量与胶结物质之间的关系。即团聚度是有随<0.01mm 土粒的含量增大而增大之趋势,但两者间并无显著相关性,而却与土壤有机质的含量有显著相关性($r=0.4272^* n=24$)。随土壤有机质含量的增加,<0.01mm 土粒发生团聚的程度增大,这种依变关系同时也反映在原土复合量以及其中的紧结态腐殖质上。因它是土粒团聚的核心。

<0.01mm 土粒团聚度与铁、铝氧化物含量间的关系同样较为复杂。中性和酸性土中,<0.01mm 土粒团聚度与无定形铁呈显著性正相关($r=0.6047^* n=15$)。

2.5 有机无机复合和土粒团聚的关系

有机无机复合和土粒团聚都是表征土壤中有有机物质和矿物质相互聚合效应,但是两者的着眼点和研究问题的角度明显不同。有机无机复合是讨论土壤中有有机物质的复合状况和复合程度,其出发点是有机物质,主要是用化学理论进行研究^[7];而土粒团聚实质上是矿物质颗粒的聚合状况和程度(即与机械分析结果相比较),出发点是矿质颗粒,研究方法是较多地在土壤物理学范围进行讨论^[8],因此,可以说两者之间是有着本质的区别。但它们既然又都是用来研究同一土壤问题,那末也应当还有其本质上联系的一面。

<0.01mm 土粒团聚度和有机无机复合度由于分别涉及<0.01mm 物理性粘粒含量和有机质含量这两个基数,因而使其与土壤胶结物质含量之间的关系较为复杂,其实它们之间也无直接明显的相关性。只是土壤中以有机无机复合状态存在的有机质-原土复合量和以团聚状态存在的物理性粘粒-<0.01mm 土粒团聚量,它们不仅与胶结物质含量间

存有良好的相关性,而且它们之间是呈显著性正相关($r=0.5823^{**}$ $n=24$)。土壤中与矿物质复合的腐殖质数量的多少很大程度上就决定了土粒的团聚量。由上所述,有机无机复合和土粒团聚的关系是通过原土复合量和 $<0.01\text{mm}$ 土粒团聚量关系来体现的。

参 考 文 献

1. 杨彭年,1984:石灰性土壤有机矿质复合体及其团聚性的研究,土壤学报,第27卷,2期,144—152页。
2. 魏朝富等,1991:不同耕作制度对紫色水稻土有机无机复合性状的影响。土壤肥力研究进展(张先婉主编)25—32页,中国科学技术出版社。
3. 李庆逵等,1992:中国水稻土。172—207页 289—310页,科学出版社。
4. 关连珠等,1991:不同肥力黑土、棕壤微团聚体组成及其胶结物质的研究。土壤学报,第28卷3期,260—267页。
5. 姚贤良等,1989:不同利用方式下红壤结构的形成。土壤学报,第27卷1期,25—33页。
6. 傅积平等,1990:土壤胶体物质的团聚作用。土壤胶体第三册(熊毅、陈家坊主编),487—513页,科学出版社。
7. 袁可能,1989:我国土壤化学研究工作的回顾(1949—1989)。土壤学报,第26卷3期,249—254页。
8. 姚贤良等,1986:土壤物理学。48—125页,农业出版社。
9. 魏朝富等,1991:四川盆地紫色水稻土有机无机复合体铁铝氧化物组成的研究。西南农业大学学报,第13卷5期,518—526页。
10. 傅积平,1985:土壤有机无机复合体分组。土壤胶体第二册(熊毅等主编),40—73页,科学出版社。
11. Edwards, A. P. and Bremer, J. M., 1967: Microaggregate in soil. J. Soil Sci 18, 64—73.
12. Tisall, J. M. and Oades, J. M., 1982: Organic matter and Waterstable aggregate in soils. J. Soil Sci, 33 141—163.
13. Huang, P. M. and Schnitzer, M., 1986: Interaction of soil minerals With natural organics and microbes. Soil Sci. Soc Amer Inc. Madison Wisconsin. USA.

RELATIONSHIP BETWEEN ORGANO-MINERAL COMPLEXING AND SOIL PARTICLE AGGREGATION IN PADDY SOILS DEVELOPED FROM PURPLE SOILS

Wei Chaofu, Xie Deti and Chen Shizheng

(*Department of Soil Science and Agrochemistry, Southwest Agricultural University, 630716*)

Summary

The content of soil complexing in paddy soils developed from purple soils appears in the sequence of neutral soils > calcareous soils > acid soils and decreases with depth of soil layer, while the degree of organo-mineral complexing is in the order of calcareous soils > neutral and acid soils and increases with the depth of soil layer. The content and degree of <0.01mm soil particle aggregation are in the sequence of calcareous soil > neutral soils > acid soils. The content of soil complexing is positively related with the contents of organic matter, physical clay, Fe oxide and <0.01mm soil particle aggregation. But the degree of organo-mineral complexing is negatively related to content of organic matter, but insignificantly related to the combined forms of humus, the content of physical clay and the degree of <0.01mm soil particle aggregation. The complexing humus with mineral (content of soil complexing) in soil organic matter plays an important role in soil particle aggregation. The content of <0.01mm soil particle aggregation depends on the content of soil complexing to a great extent. The relationship between complexing of organo-mineral and aggregation of soil particle is reflected by the relationship between the content of soil complexing and the content of <0.01mm soil particle aggregation.

Key words Complexing of organo-mineral, Aggregation of soil particle, Purple paddy soil