

稻草、紫云英对土壤复合体性质的影响*

刘忠翰 蒋剑敏 熊毅

(中国科学院南京土壤研究所)

大家都知道,有机物质有改土培肥的作用,但其中过程十分复杂,一般对氮素供应方面的研究较多,有机物质改善土壤团聚性和供肥保肥性的研究较少。本文拟就稻草、紫云英对黄棕壤和红壤的有机无机复合体性质的影响进行初步研究,并用氨化风化煤与聚乙烯醇作对比。

一、实验材料和方法

本实验采用的土壤有二种:江西进贤第四纪红色粘土发育的红壤和南京江宁下蜀黄土发育的黄棕壤底土。这两种土壤有机质含量低,分别为0.50%和0.48%。试验用有机物质有四种:稻草、紫云英、风化煤和聚乙烯醇。稻草秸秆经粉碎,紫云英剪成5毫米左右,风化煤(含有机质91.20%)采自山西大同,经氨化处理24小时(煤:17%氨水=100:10),氨化后风化煤全N含量由0.88%提高到3.07%,pH(H₂O)由4.45提高至8.86。土壤分别与有机物质均匀混合,其中稻草、紫云英加入量为5%,氨化风化煤为10%,聚乙烯醇为0.05%。于温室培育(以淹水为主,间歇落干)一年半后,分别提取其微团聚体(加水振荡2小时后用筛分法与沉降法提取)、重组(比重大于2的部分),<2微米的复合胶体(超声波分散后提取)与不同结合形态腐殖质(以0.1N NaOH提取的为松结态,0.1N NaOH与0.1M Na₄P₂O₇混合液提取的为联结态,加0.1N NaOH与0.1M Na₄P₂O₇,再用超声波处理提取的为稳结态,残余部分为紧结态)。阳离子交换量系用罗义真修改的BaCl-H₂SO₄法^[1]。电泳:0.02%Na质复合胶体于振荡机上振荡1小时,在蒋剑敏修改的Mattson微电泳仪上测定^[2]。粘度:1%Na质复合胶体振荡1小时并放置一昼夜,测粘度前再在21.5千赫兹300毫安下超声20分钟,然后在温度30℃下用乌氏粘度计测定。总表面积:用Heilman等的乙二醇乙醚法^[3]。其余按常规方法分析。

二、结果

(一) 有机物质对土壤结构性的影响

良好土壤结构的评价依据是团聚体的机械稳定性和水稳性,以及孔隙性。实验所用的红壤和黄棕壤,由于铁铝等的胶结作用,已具有很高的团聚度,结构系数分别为96%和77%。因此,在微团聚体分析中<0.001毫米粘粒含量远比机械分析的结果为低。人工合成的结构改良剂聚乙烯醇在黄棕壤和红壤中都有增加微团聚体水稳性的作用,0.25—0.05毫米团聚体显著增加,1—0.25毫米微团聚体适量增加,并降低了分散系数。稻草、

* 本文系第一作者学位论文的一部分(作者已调至云南省环保所)实验材料的制备承马毅杰同志热忱帮助,特此致谢。

紫云英对结构系数没有影响,但在黄棕壤中,稻草有团聚作用,增加0.25—0.05毫米微团聚体,在红壤中,稻草和紫云英表现出局部分散作用,使0.25—0.05毫米微团聚体含量减少,0.05—0.01毫米微团聚体含量增加。氨化风化煤在两类土壤中都表现出分散作用,在红壤中尤为强烈,<0.001毫米粘粒含量显著超过对照红壤和黄棕壤(表1)。

表1 供试土样微团聚体组成

Table 1 The microaggregate composition of soil sample

处 理 号 ¹⁾ Treatment No.	微团聚体的含量(%) % of various sizes of microaggregate						分散系数 (%) Coefficient of dispersion	结构系数 (%) Coefficient of structure	
	1—0.25 (mm)	0.25—0.05 (mm)	0.05—0.01 (mm)	0.01—0.005 (mm)	0.005—0.001 (mm)	<0.001 (mm)			<0.01 (mm)
1 (黄照)	1.0	6.3	54.4	14.9	15.5	7.8	38.2	23.0	77.0
2 (黄稻)	1.2	9.5	51.4	13.0	17.0	7.9	37.9	23.1	76.9
3 (黄紫)	1.3	7.1	53.9	14.0	16.1	7.6	37.7	22.4	77.6
4 (黄煤)	1.5	5.3	44.1	12.8	18.5	17.8	49.1	52.4	47.6
5 (黄烯)	2.0	18.6	48.5	12.2	12.6	6.1	30.9	18.0	82.0
11 (红照)	4.0	28.8	63.8	1.0	0.6	1.8	3.4	3.7	96.3
12 (红稻)	6.3	17.3	71.9	0.8	1.4	2.3	4.5	4.7	95.3
13 (红紫)	4.7	14.1	77.8	0.1	1.5	1.8	3.4	3.6	96.4
14 (红煤)	3.0	8.0	18.8	9.3	13.4	47.5	70.2	97.3	2.7
15 (红烯)	11.8	33.4	52.6	0.6	0.8	0.8	2.2	1.6	98.4

1) 1. 黄棕壤对照; 2. 黄棕壤+5% 稻草; 3. 黄棕壤+5% 紫云英; 4. 黄棕壤+10% 氨化风化煤; 5. 黄棕壤+0.05% 聚乙烯醇。

1. Yellow-brown earth added nothing; 2. Yellow-brown earth added 5% rice straw; 3. Yellow-brown earth added 5% milk vetch; 4. Yellow-brown earth added 10% ammoniacal weathered coal; 5. Yellow-brown earth added 0.05% polyvinyl alcohol.

11. 红壤对照; 12. 红壤+5% 稻草; 13. 红壤+5% 紫云英; 14. 红壤+10% 氨化风化煤; 15. 红壤+0.05% 聚乙烯醇。

11. Red earth added nothing; 12. Red earth added 5% rice straw; 13. Red earth added 5% milk vetch; 14. Red earth added 10% ammoniacal weathered coal; 15. Red earth added 0.05% polyvinyl alcohol.

所试验的有机物质加入土壤后,一般都降低土壤容重,尤以稻草、紫云英处理为显著,黄棕壤容重由1.34克/厘米³分别降至1.21和1.24克/厘米³,红壤容重由1.36克/厘米³分别降至1.17和1.22克/厘米³。风化煤使黄棕壤、红壤的比重分别由2.74和2.80降至2.64和2.70,聚乙烯醇对土壤比重的影响不大。稻草、紫云英和聚乙烯醇可增加土壤的有效孔隙,对黄棕壤的作用较红壤尤为显著,在黄棕壤中主要增加0.2—0.1毫米和0.1—0.05毫米传导孔隙,而在红壤中则主要增加0.05—0.01毫米和0.01—0.005毫米贮藏孔隙。在黄棕壤中稻草处理增加土壤有效孔隙的作用似较紫云英显著,而在红壤中,稻草提高土壤有效孔隙的作用似较紫云英低。风化煤处理虽增加了红壤的总孔隙,但所增加的都是无效孔隙(表2)。

(二) 有机物质对土壤保蓄养分的影响

有机物质施入土壤所产生的有机无机复合作用,不仅改变土壤微团聚体的情况,而且也改变土壤养分的保蓄能力。

表 2 土壤孔隙容积分析结果
Table 2 The analytic results of soil pore volume

处理编号 ¹⁾ Treatment No.	大孔隙 (%) Large pore space	>0.2 mm (%)	0.2—0.1 mm (%)	0.1—0.05 mm (%)	0.05—0.01 mm (%)	0.01—0.005 mm (%)	<0.005 mm (%)	>0.2—0.005 mm 有效孔隙 总量(%) Content of effective pore space
1 (黄照)	2.02±0.52	1.05±0.18	0.30±0.20	0.52±0.20	4.15±1.07	2.23±0.88	42.55±1.71	8.25±2.19
2 (黄稻)	2.23±0.97	1.52±0.24	2.97±0.31	1.48±0.06	6.10±0.18	2.80±0.18	41.45±0.50	14.87±0.67
3 (黄紫)	3.02±1.74	1.01±0.29	2.05±0.09	1.02±0.03	4.85±0.61	3.52±0.39	39.08±1.05	12.44±0.50
4 (黄煤)	2.50±0.75	2.01±1.05	0.85±0.09	0.55±0.05	2.72±0.10	2.05±0.48	43.13±1.57	8.10±1.33
5 (黄烯)	3.30±0.62	1.04±0.44	2.70±0.48	1.00±0.03	4.90±1.47	3.02±0.88	37.83±1.33	12.64±1.12
11 (红照)	3.70±1.56	1.35±0.42	0.43±0.60	0.43±0.04	1.45±0.07	0.80±0.56	44.25±0.35	4.45±0.56
12 (红稻)	3.63±0.44	0.39±0.19	0.22±0.16	0.32±0.08	3.08±0.43	1.82±0.03	45.85±1.79	6.33±0.35
13 (红紫)	4.33±1.25	1.00±0.31	0.17±0.03	0.43±0.12	3.37±0.23	2.25±1.13	41.13±2.13	7.22±1.29
14 (红煤)	1.35±0.25	0.88±0.34	0.20±0.18	0.37±0.18	0.92±0.53	0.65±0.15	56.06±2.02	3.06±1.23
15 (红烯)	3.25±1.72	1.62±0.50	0.45±0.15	0.78±0.20	4.17±0.77	2.28±0.52	43.41±1.60	9.38±1.84

1) 见表 1。See table 1.

黄棕壤和红壤施入各种有机物质后,在土壤复合体中,有机质含量一般有随颗粒减小而降低的趋势,在 0.05—0.002 毫米粒级中最低,但粘粒部分(<0.002 毫米)的有机质含量反又提高。全氮含量呈类似的规律,而紫云英和氨化风化煤处理的各粒级复合体中均有较高的全氮含量。碳氮比随粒级细小而降低,紫云英处理的碳氮比最低。粘粒有机复合体中,碳和氮的含量都较高(表 3),有机质几乎全部与粘粒复合,其复合度为 100%±5%。在 0.05—0.002 毫米微团聚体中,稻草、紫云英和聚乙烯醇的有机碳也基本上为粘粒所结合,其复合度为 100%±7%,复合量占总复合量的 60—70%。聚乙烯醇有最高的追加复合度,接近 100%,稻草和紫云英处理在黄棕壤中的追加复合度比在红壤中的高,在二种试验土壤中,稻草处理的追加复合度都高于紫云英处理,风化煤处理有一定的追加复合度(表 4)。

在水稳性微团聚体中,0.05—0.002 毫米的微团聚体的数量最多,因此进一步研究了 0.05—0.002 毫米微团聚体中腐殖质的结合形态。分析结果表明,黄棕壤和红壤中结合的腐殖质主要是紧结态的,可占总量的 54—85%。红壤中游离松结态腐殖质较多,黄棕壤中联结态腐殖质含量较多。稻草、紫云英的加入,对稳结态的含量影响不大,但显著地增加了游离松结态的含量,腐殖质含量越高,游离松结态腐殖质越多。加有机物质后,联结态、紧结态腐殖质的绝对含量都有增加,但紧结态的百分含量有明显的降低,联结态的百分含量基本不变(表 5)。

稻草、紫云英和氨化煤都可以影响土壤阳离子交换量。一般地说,土壤有机质含量越高,土壤的阳离子交换量越大,但在粘粒有机复合体中却不一定,随有机质含量增加,其交换量有增有减;在 0.25—0.05 毫米微团聚体中,这三种处理的阳离子交换量均比对照的高。黄棕壤各处理的阳离子交换量随粒级的细小而降低,在 0.05—0.002 毫米粒级中最小,粘粒(<0.002 毫米)的阳离子交换量又急剧增加,但在红壤中的情况则不同,阳离子交换量随粒级的细小而增加(表 6)。

表3 有机物对土壤复合体有机质、全N和C/N比的影响

Table 3 The influence of organic material added in soil on the contents of organic matter, total N, and C/N ratio of soil complexes

处理编号 ¹⁾ Treatment No.	有机质 (%) Organic matter				全 N (%) Total N				C/N						
	原土 Soil sample	>0.25 mm	0.25— 0.05 mm	0.05— 0.002 mm	<0.002 mm	原土 Soil sample	>0.25 mm	0.25— 0.05 mm	0.05— 0.002 mm	<0.002 mm	原土 Soil sample	>0.25 mm	0.25— 0.05 mm	0.05— 0.002 mm	<0.002 mm
1 (黄照)	0.53	0.84	0.63	0.47	0.89	0.04	—	0.04	0.03	0.07	7.6	—	9.1	9.0	7.4
2 (黄稻)	1.32	3.19	2.24	0.84	1.34	0.08	0.12	0.09	0.06	0.11	9.6	15.4	14.4	8.1	7.0
3 (黄紫)	1.12	5.46	1.55	0.76	1.40	0.10	0.25	0.10	0.08	0.15	6.5	12.6	9.0	5.5	5.4
4 (黄煤)	2.54	4.24	3.05	2.26	6.91	0.18	0.14	0.13	0.15	0.33	8.2	17.6	13.6	8.7	12.1
5 (黄烯)	0.71	0.74	0.76	0.59	1.08	0.04	0.03	0.04	0.04	0.07	10.2	14.3	11.0	8.6	8.9
11 (红照)	0.65	0.28	0.53	0.56	—	0.04	0.02	0.04	0.05	—	9.4	8.1	7.6	6.5	—
12 (红稻)	1.65	2.68	1.08	1.08	—	0.06	0.05	0.04	0.06	—	16.0	31.0	15.6	10.4	—
13 (红紫)	1.11	2.44	0.87	0.78	—	0.08	0.10	0.06	0.07	—	8.0	14.2	8.4	6.4	—
14 (红煤)	5.01	0.62	1.63	1.56	7.53	0.15	0.02	0.05	0.06	0.24	19.4	18.0	18.9	15.0	18.2
15 (红烯)	0.81	0.57	0.70	0.62	—	0.04	0.03	0.04	0.04	—	11.7	11.0	10.2	9.0	—

1) 见表 1。See table 1.

表 4 有机质对追加复合度的影响

Table 4 The influence of organic material on additional degree of organo-mineral complexation

处理编号 ¹⁾ Treatment No.	原土有机质 ²⁾ (%) Organic matter of soil sample	重组有机质(%) Organic matter of heavy fraction	追加复合度(%) Additional degree of organo-mineral complexation
1 (黄照)	0.54	0.53	—
2 (黄稻)	1.50	1.32	80.4
3 (黄紫)	1.46	1.12	62.4
4 (黄煤)	7.43	2.54	26.1
5 (黄烯)	0.70	0.71	100.0
11 (红照)	0.61	0.65	—
12 (红稻)	2.74	1.65	41.4
13 (红紫)	1.72	1.11	35.4
14 (红煤)	7.21	5.01	61.3
15 (红烯)	0.75	0.81	100.0

1) 见表 1。 See table 1.

2) 原土有机质含量是红外灯下 40—50℃ 烘干样测定结果。

The content of organic matter of soil sample was dried at 40—50℃ under infra-red lamp.

表 5 0.05—0.002 毫米水稳性微团聚体腐殖质结合形态

Table 5 The associative forms of humus in water-stable microaggregate of 0.05—0.002 mm

处理编号 ¹⁾ Treatment No.	松结态腐殖质 Loose combined humus		联结态腐殖质 Adsorbed humus		稳结态腐殖质 Stable combined humus		紧结态腐殖质 Fixed humus	
	%	占总量的% % of total content	%	占总量的% % of total content	%	占总量的% % of total content	%	占总量的% % of total content
1 (黄照)	0.02	5.0	0.06	16.2	0.01	2.7	0.29	78.4
2 (黄稻)	0.09	12.3	0.12	16.4	0.02	2.7	0.50	68.5
3 (黄紫)	0.07	10.9	0.10	15.6	0.02	3.1	0.45	70.3
4 (黄煤)	1.44	27.5	0.91	17.3	0.07	1.3	2.82	53.7
5 (黄烯)	0.03	6.7	0.06	13.3	—	—	0.35	77.8
11 (红照)	0.05	10.2	0.03	6.1	0.01	2.0	0.40	81.6
12 (红稻)	0.21	22.6	0.05	5.4	0.02	2.2	0.65	69.9
13 (红紫)	0.14	19.7	0.04	5.6	0.02	2.8	0.51	71.8
14 (红煤)	1.24	26.9	0.06	1.3	0.04	0.9	3.28	71.1
15 (红烯)	0.05	9.6	0.02	3.8	0.01	1.9	0.44	84.6

1) 见表 1。 See table 1.

(三) 有机质对土壤复合体胶体性质的影响

有机质加入土壤后,黄棕壤和红壤复合胶体的比表面积(表 7)有减少的趋势,但稻草处理的黄棕壤,其比表面积反略有增加,原因不明,有待今后继续研究。

稻草等有机质似不影响黄棕壤复合胶体的电泳速度,但在红壤中,风化煤处理的电泳速度有显著的增加,稻草和紫云英处理的电泳速度也有增加的趋势(表 7)。

稻草等有机质对黄棕壤和红壤复合胶体的粘度影响不同。黄棕壤各处理与对照相

表 6 有机物质对土壤和微团聚体的阳离子交换量的影响(单位: meq/100g)

Table 6 The influence of organic material on cation exchange capacities of soil and microaggregate

处理编号 ¹⁾ Treatment No.	原 土 Soil sample	>0.25 mm	0.25—0.05 mm	0.05—0.002 mm	<0.002 mm	Σ 加和
1 (黄照)	26.9	36.1	22.9	22.9	49.7	26.8
2 (黄稻)	27.4	37.5	26.1	21.7	49.0	25.7
3 (黄紫)	28.2	63.8	33.7	22.9	47.2	27.6
4 (黄煤)	34.4	31.5	30.3	24.3	64.2	32.4
5 (黄烯)	27.0	30.2	22.8	23.0	48.9	26.2
11 (红照)	9.4	5.3	9.3	10.1	—	9.4
12 (红稻)	10.7	5.9	9.4	10.8	—	9.9
13 (红紫)	12.3	8.5	11.2	12.8	—	12.0
14 (红煤)	25.8	4.5	11.3	12.2	38.2	24.2
15 (红烯)	10.0	7.8	9.1	9.9	—	9.1

1) 见表 1。 See table 1.

表 7 有机物质对土壤复合胶体性质的影响

Table 7 The influence of organic material on physico-chemical properties of organo-clay complex

处理编号 ¹⁾ Treatment No.	比表面 (m^2/g) Specific surface	表面电荷密度 (meq/m^2) $\times 10^{-3}$ Surface charge density	电泳速度 ($\mu m/sec$) Electrophoretic velocity	粘度(厘泊) Viscosity (Centipoise)
1 (黄照)	480	1.03	31 \pm 4.72(54)	0.8479 \pm 0.0014(7)
2 (黄稻)	492	1.00	30 \pm 5.27(50)	0.8529* \pm 0.0007(6)
3 (黄紫)	462	1.02	31 \pm 4.82(47)	0.8459 \pm 0.0022(6)
4 (黄煤)	432	1.48	31 \pm 4.85(52)	0.8375* \pm 0.0012(6)
5 (黄烯)	463	1.05	30 \pm 5.27(49)	0.8482 \pm 0.0019(6)
11 (红照)	213	—	22 \pm 4.32(51)	1.0402 \pm 0.0415(10)
12 (红稻)	203	—	28 \pm 4.17(53)	0.8326** \pm 0.0062(6)
13 (红紫)	193	—	29 \pm 4.78(54)	0.8224** \pm 0.0011(7)
14 (红煤)	217	1.76	33* \pm 4.99(50)	0.8225** \pm 0.0013(8)
15 (红烯)	199	—	26 \pm 5.49(56)	0.9871 \pm 0.0119(6)

1) 见表 1。 * 显著。 ** 很显著。

See table 1. Markedly Very markedly.

○ 有一定影响。 △ 发生聚沉。

There is a few influence. Precipitation occurs.

比, 稻草处理的粘度增加, 风化煤处理的粘度降低, 紫云英和聚乙烯醇处理的粘度变化不明显。总之, 黄棕壤的粘度与表面积的变化一致 ($r = 0.958$, $P < 0.02$)。在红壤中, 对照与聚乙烯醇处理的粘度很大, 加稻草、紫云英和风化煤后, 都可使胶体分散而造成粘度显著下降(表 7)。

三、讨 论

(一) 有机物质改善土粒团聚的作用

土壤团聚体的研究既要考虑 >0.25 毫米的团聚体, 也要研究 <0.25 毫米的微团聚体。

土壤中的微团聚体往往集中在 0.25—0.01 毫米这一级，一般不受耕作的影响。水稻土在淹水时大团粒的含量减少，而含有大量的微团聚体。黄棕壤中加入稻草和聚乙烯醇后，可增加大粒径的微团聚体，降低土壤容重，并显著地增加总有效孔隙，主要是 0.2—0.05 毫米传导孔隙，对土壤结构性的改善十分有利^[1]。

氨化风化煤有腐殖酸铵的分散作用^[10]，可使黄棕壤的结构系数减少，红壤的结构系数的减少更为明显。黄棕壤经风化煤处理后的追加复合度最低，只 26%，或可说明其分散作用。聚乙烯醇处理的追加复合度最高，可达 100%。稻草处理的追加复合度约 80.4% (表 4)。看来，聚乙烯醇和稻草都有较高的复合能力。

在本实验中，黄棕壤 0.25—0.05 毫米水稳性团聚体含量与复合度无显著的线性关系，但随着复合度的增加，该粒级的含量有增加的趋势(图 1)。

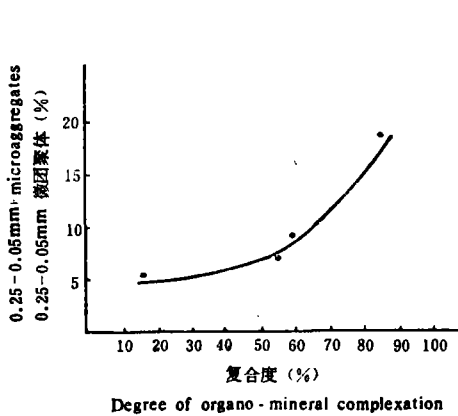


图 1 黄棕壤 0.25—0.05mm 微团聚体与复合度的关系

Fig. 1 Microaggregates of 0.25—0.05 mm in yellow-brown earth in relation to degree of organo-mineral complexation

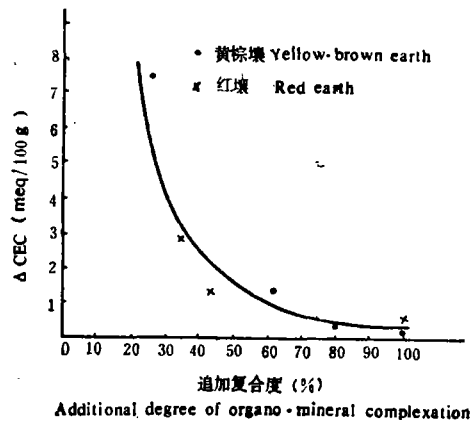


图 2 两种土壤阳离子交换量增值与追加复合度的关系

Fig. 2 Δ CEC of two soils in relation to additional degree of organo-mineral complexation

(二) 有机物质改善土壤的供肥保肥作用

土壤中施用有机物质的种类和数量不同，被土壤留存的数量也不同，从而引起全氮含量的不同(表 3)。在 <0.002 毫米复合体中，全氮含量受复合的有机质数量和腐殖化程度的影响^[10]，复合体中有机质含量变化并不与全氮含量变化呈比例，复合体的碳氮比随粒径的细小而降低，氮素发生浓缩。Turchenek 和 Oades^[13] 也报道：碳和氮多集中于粘粒复合体，粘粒复合体中有机质碳氮比低于土壤中的碳氮比。

土壤复合体氮素含量高低，还与加入的有机物质类型有关。加紫云英的土壤，氮素含量比加稻草的高。因为紫云英的粗蛋白质含量(22.9%)比稻草的粗蛋白质(3.6%)大得多^[3]。尽管稻草处理的土壤追加复合度大于紫云英处理，也不能改变这个趋势。这可能是受蛋白质与土壤粘粒有较强复合作用影响^[5]。氨化风化煤处理的氮素，集中在粘粒复合体中，其氮素不全是有机质的氮素，很大一部分是无机氮素。

土壤氮素含量还受游离有机质的影响,这种有机质主要存在于 >0.25 毫米和 $0.25-0.05$ 毫米水稳性微团聚体中,这种有机质易水解释放出氮素,其量的大小与有机质类型密切相关,紫云英比稻草和风化煤更富含氮素。

紫云英、稻草和风化煤加入土壤,可增加土壤的阳离子交换量,尤以风化煤处理为最显著。土壤阳离子交换量的增值 (ΔCEC) 似与各处理的土壤追加复合度有关(图 2),追加复合度大,说明新加入的有机物质与土壤的复合量大,覆盖交换点多,使阳离子交换量增值变小。紫云英处理的微团聚体有较高的阳离子交换量,这可能和游离的有机质含量较高有关。在粘粒复合体中,阳离子交换量并不随有机质的增加而增加,而是有增有减,说明有机无机复合的复杂性,主要取决于有机质对粘粒表面的交换点覆盖情况。

综上所述,从保肥供肥的观点出发,如只考虑有机质本身而不考虑外加无机氮素,则以紫云英的效果为最好。

(三) 有机物质引起土壤胶体性质的变化

稻草、紫云英、风化煤和聚乙烯醇等有机质与无机粘粒复合后,都会引起粘粒比表面积的改变,降低红壤和黄棕壤胶体的比表面积,这个结果与 Burford 和 Deshpande 等^[6]的实验结果相似。粘粒与有机物质复合后降低比表面积的原因,可能是有机质覆盖了粘粒晶格间的外表面。Perez Rodriguez^[11] 实验证明,钙蒙脱只让分子量低的蛙精阮进入层间,而溶菌酶和白蛋白却被吸附在蒙脱的外表面,可能象抛锚一样抛在蒙脱层的周围。Schnitzer 与 Kodama^[12] 证明富里酸可进入蒙脱的层间。这些复合方式,都有可能造成晶层间的堵塞,减少比表面积。当有机分子较大、数量较多、2:1 层状硅酸盐含量较高时,这种减少就可能明显,因此黄棕壤中风化煤有机质减少的比表面积最多。

Mattson^[9] 认为: Fe 和 Al 的氢氧化物是“碱性胶体”(“两性胶体”),硅酸、磷酸、腐殖酸是“酸性胶体”,二者互相反应可产生各种化学成分的溶胶,这些溶胶的电动行为和其他物理化学性质与酸性胶体与两性胶体的比率有关,比率越大,电动电位就越大。一般认为,红壤有比较明显的两性胶体特征,加入有机物质后,可增加土壤胶体中酸性胶体的含量,即增加复合体的负电性。所以,风化煤、紫云英和稻草处理红壤,使电泳速度分别由对照的 22 微米/秒提高到 33、29 和 28 微米/秒。有机粘粒复合胶体电泳速度的大小,会影响胶体体系的稳定性,这种影响在红壤中表现很显著。从表 7 中可看到,对照和聚乙烯醇处理的电泳速度小于 26 微米/秒,胶体体系极不稳定,易发生聚沉。但经稻草、紫云英和氨化风化煤处理后,因受有机胶体“保护作用”的影响,使土壤复合胶体电泳速度增加而易于分散。从而使粘度的读数降低,这时它们的粘度大小主要受水化的影响。电泳速度(x)与土壤分散度(y)呈显著的相关性, $r = 0.799^{**}$ ($\log y = 0.13x - 2.75, n = 10$) (图 3)。电泳速度的增加与胶粒负电荷增加有关(图 4)。在红壤中,粘粒被氧化铁所胶结,加入氨化风化煤后,其腐殖酸铵通过铁、铝键桥的作用与粘粒结合,这时复合体表面负电性增强,已不可能保持原有的胶结状态,并使原来被 Fe、Al 等氧化物胶结而掩蔽的负电荷位置释放,粘粒复合体变得更荷负电^[7],增加了电泳速度。稻草、紫云英虽然也有这种作用,但程度远不如氨化风化煤,大概是和参与复合的有机质数量和与有机质结合的阳离子有关。

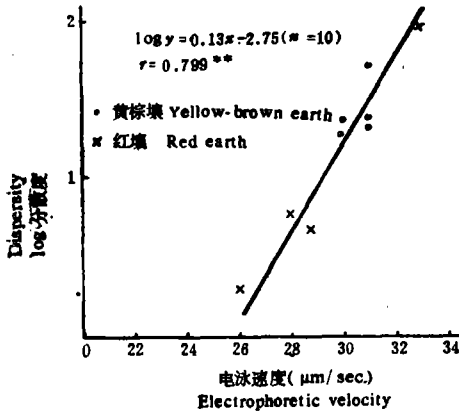


图3 土壤胶粒电泳速度与分散度的关系

Fig. 3 Electrophoretic velocity of soil clay-complexes in relation to dispersity

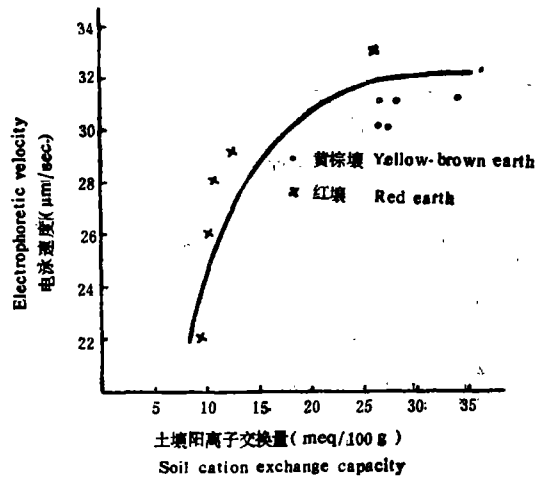


图4 土壤胶粒电泳速度与土壤阳离子交换量的关系

Fig. 4 Electrophoretic velocity of soil clay-complexes in relation to soil cation exchange capacity

四、小 结

红壤和黄棕壤的物理性状都不好, 养分含量很低, 并缺少必要的表面活性, 其中以红壤的保肥供肥性能更差。根据本文研究结果, 这两类土壤中施用有机物质后, 可促进有机无机复合体的形成, 改善土壤的结构性和保肥供肥性能。本实验所用的四种有机质对这两类土壤的结构性、保肥供肥性和颗粒表面活性都有着不同的作用。稻草有利于有机无机复合体的形成, 可造成更多的毛管孔隙, 是改良土壤的一种理想材料。紫云英的改土效果虽不如稻草, 但在提高土壤阳离子交换量和全氮含量上有显著的效果, 也是一种良好的改土材料和肥料。氯化风化煤和聚乙烯醇的使用有利有弊, 要根据实际需要而定, 风化煤要注意施用量。

参 考 文 献

- [1] 陈家坊, 何群, 许祖貽, 1980: 土壤透水性能对土壤化学性质影响的初步研究。土壤, 第5期, 69—74页。
- [2] 罗义真, 1958: 阳离子交换量半微量速测法 (BaCl₂-H₂SO₄法)。土壤学报, 第6卷3期, 209—212页。
- [3] 林心雄, 程励励, 施书莲, 文启孝, 1980: 绿肥和蒿秆等在苏南地区土壤中的分解特征。土壤学报, 第17卷, 4期, 319—327页。
- [4] 蒋剑敏, 1980: 土壤胶体电泳测定法。土壤, 第1期, 19—23页。
- [5] 蒋剑敏, 赵家骅, 1964: 土壤胶体对蛋白质的吸附。土壤学报, 第12卷4期, 411—420页。
- [6] Burford, J. R., Deshpand, J. L., Greenland, D. J., Quirk, J. P., 1964: Influence of organic materials on the determination of the specific surface areas of soil. J. Soil Sci., 15: 192—201.
- [7] Harter, R. D., & Stotzky, G., 1973: X-ray diffraction, electromicroscopy, electrophoretic mobility and pH of some stable semectiteprotein complexes. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc., 37: 116—123.
- [8] Heilman, M. D., Carter, D. L., & Gonzalez, C. L., 1965: The ethylene glycol monoethyl ether (EGME) technique for determining soil-surface area. Soil Sci. 6: 409—413.

-
- [9] Jackson, M. L., 1964: Chemical composition of soils. in F. E. Bear (ed.) *Chemistry of the soil*. 71—141. Chapman & Hall, Ltd, London.
- [10] Kyuma, K., Hussain, A., & Kawaguchi, K., 1969: The nature of organic matter in soil organo-mineral complexes. *Soil Sci & Plant Natri.*, 15: 149—155.
- [11] Perez Rodriguez, J. L., Weiss, A., & Lagaly, G., 1977: Natural clay organic complex from andalusion Black earth. *Clay & Clay Min.*, 25: 243—251.
- [12] Schnitzer, M., & Kodama, H., 1967: Reactions between a podzol fulvic acid and Na-montmorillonite. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 31: 632—636.
- [13] Turchenek, L. W., & Oades, J. M., 1978: Fractionation of organo-mineral complex by sedimentation and density techniques. *Geoderma.*, 21: 311—343.

INFLUENCE OF APPLICATION OF RICE STRAW, MILK VETCH ON THE PROPERTIES OF ORGANO-MINERAL COMPLEXES IN SOIL

Liu Zhonghan, Jiang Jianmin and Hseung Yi
(*Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing*)

Summary

This paper deals with the influence of application of rice straw, milk vetch, weathered coal and polyvinyl alcohol on the properties of organo-mineral complexes of yellow-brown earth (collected from Jiangning) and red earth (collected from Jinxian, Jiangxi). The results obtained are summarized as follows:

In the yellow-brown earth, the polyvinyl alcohol and the rice straw were conducive to the formation of aggregates and thus increased the percentage of effective pore spaces of 0.1—0.01 mm. The polyvinyl alcohol treatment could promote the stability of aggregates. In the red earth, the rice straw and the milk vetch might cause dispersion of the aggregates. In above two soils, the treatment of ammonical weathered coal caused highly dispersion of aggregates.

The changes of organic matter and total nitrogen content in microaggregates was generally similar to that in complexes in the two soils applied with the rice straw and other organic materials. The contents of the carbon and nitrogen were highest in the clay-organic complexes. The treatment with polyvinyl alcohol caused the highest additional degree of organo-mineral complexation. The additional degree of organo-mineral complexation caused by rice straw was higher than that caused by milk vetch. The treatment with weathered coal could also cause some complexation. The content of stable combined humus in the soil was not influenced by application of rice straw, milk vetch and weathered coal, but the content of the loose combined humus was markedly increased. The percentage of fixed humus was markedly decreased. The cation exchange capacity in the two soils and the microaggregates generally rised with the increase in content of organic matter, whereas the cation exchange capacity in the clay-complexes was not dependent on the content of the organic matter, but dependent on the status of the clay surface exchange points covered by the organic matter.

The total surface areas of colloidal complexes of the yellow-brown earth and the red earth were generally decreased with the application of organic materials, but the electrophoretic velocity of colloidal complexes in the yellow-brown earth was not influenced by the organic matter applied. In the red earth, the electrophoretic velocity tended to increase with the application of organic materials except polyvinyl alcohol. In general, with the organic material applied, the viscosity of colloidal complexes of soil was decreasing.

From the results mentioned above, it is considered that the application of the rice straw with the milk vetch can be favorable for the formation of organo-mineral complexes and the improvement of the fertility of soil.