

赣中丘陵地区红壤及红壤性水稻土的 胶结物质及其与土壤结构形成的关系*

姚贤良 于德芬

(中国科学院土壤研究所)

提高赣中红壤的肥力水平除供给必需的养分外,结构性的改善亦很重要^[1]。土壤结构性直接或间接地影响肥力水平,而自然胶结物质又是形成良好土壤结构的重要因素。本文着重研究红壤中的胶结物质及其与土壤结构形成的关系。

一、文献综述

对于土壤结构性与胶结物质的关系,前人曾作过很多工作。早期多研究人工合成团聚体或胶结物质的总量与水稳性团聚体的关系。Dumont^[40], Sideri^[2], Rost 和 Roweles^[3], Alderfer 和 Merkle^[4], Lutz^[5], Peerikamp^[6], Demolon 和 Henin^[41] 等人都认为粘粒和有机质对水稳性团聚体的形成起主导作用。所不同者仅在解释形成机制和强调某一因素的作用时有分歧。如 Dumont 认为,水稳性团聚体的形成机制是无定形粘粒包结土壤颗粒。Sideri 认为水稳性团聚体的形成是通过粘粒的定位吸附。Lutz 在研究砖红壤团聚体的形成时强调无定形铁的作用,认为铁有双重作用,一部分可作为絮凝剂,另一部分可起胶结作用。与上述诸作者相反, Demolon 和 Peerikamp 则强调有机质的作用,他们认为有机胶体与砂粒结合而形成团聚体的作用比粘粒大。Baver 把胶结物质分成三类:粘粒、不可逆或弱度可逆的无机胶体(如铁、铝氧化物)和有机胶体。他还指出当有机质含量较低时,粘粒对团聚体形成有很大影响;但如有机质含量较高,粘粒的作用就变小^[7]。近年来研究者对自然结构的本性、胶结物质性质与团聚体形成的关系以及不同发生土层内团聚体的形成特点和机制作了不少工作。如 Kawaguchi 在研究水稻土的水稳性团聚体时指出,表层土壤的团聚体由土壤颗粒和化学物质所形成,易被破坏;而底层土壤的团聚体多由无定形铁、锰化合物所形成,其团聚体较稳固^[8,9]。Biswas 认为表层团聚体形成与粘粒和有机碳含量呈正相关,而在底层中则与无定形三氧化铁和阳离子代换量呈正相关^[10]。Saini 对胶结物质的性质进行了研究,认为水稳性团聚体的大小并不决定于粘粒和有机质的总量,而与蒙脱土和糖醛物的含量有关^[11]。Tokubo 认为水稳性团聚体的形成是由于粘粒和极性聚合物通过水分子中氢键的吸收作用^[12]。

苏联研究者在近十多年来广泛应用了胶体化学的观点和方法,对各类水稳性团聚体进行解剖研究,对团聚体形成的实质有了进一步的认识。最早 Антипов-Каратаев 把团聚体分成三组:主要由分子内引力而形成的非水稳性团聚体、借矿物组成间的化学吸收而形成的水稳性较高的团聚体以及主要由有机胶结物质或有机矿质胶结物质的胶结作用而形成的水稳性极强的团聚体^[13]。往后 Вершинин, Хан, Келлерман, Орлова, Винокуров, Колоскова 以及 Мигунова 等人对苏联主要土类的水稳性团聚体进行了化学和物理化学的解剖研究^[14-22]。Хан 在研究黑钙土的各级水稳性团聚体时曾指出,团聚体中有机质和粘粒的含量以及阳离子交换量都随着粒径减小而下降。Орлова 在研究栗钙土和碱土的水稳性团

* 本文承蒙熊毅教授指正,特此志谢。

聚体时得出与 Хан 类似的结果,并认为由物理化学作用和化学固结作用所形成的团聚体,其直径可达 5 毫米,而大于 5 毫米的团聚体则是由其他因素形成的。Винокуров 从耕种暗化土中分离出 3—1、1—0.5 和 <0.25 毫米三级水稳性团聚体,再用 А. Ф. Тюлин 法在各级团聚体中分离出与腐殖酸钙和腐殖酸铁结合的二组复合体。结果指出,随着团聚体粒径增大,由腐殖酸钙结合的复合体的含量也增高,而由腐殖酸铁结合的复合体、氮素以及腐殖质含量则减少;他并认为团聚体粒径减小,质量较好。Колоскова 在研究灰色森林土、灰褐土、淋溶和普通黑钙土各级团聚体的胶结物质组成时,认为胶结物质在各级团聚体内的分配与土壤类型有关。Келлерман 把苏联主要土类的水稳性团聚体分成四类:(1)松结态胡敏酸盐粘土型(Рыхлый гуматно-глинистый тип);(2)铁质粘土胡敏酸盐型(железисто-глинисто-гуматный тип);(3)铁质和富里酸铁质胡敏酸盐型(железистый и фульво-железисто-гуматный тип);(4)胡敏酸盐富里酸铁质型(гуматно-фульво-железистый тип)。肥沃黑钙土的水稳性团聚体属于第一种类型,红壤的水稳性团聚体属于第三种类型。按苏联土壤学者的大量研究结果,各种胶结物质所形成的团聚体对土壤肥力水平有明显影响。但绝大部分研究工作偏重于研究不同生物气候带自成土的水稳性团聚体,故只能得出与自然肥力相关的概念。对同一生物气候带由于不同耕作而引起的变化研究较少。

近年来我国研究者非常重视农民的耕作措施对形成良好土壤结构的影响,并开始进行工作^[23]。我们在 1961 年对江西进贤县不同利用方式下的红壤结构与肥力的关系也作了研究,初步认为土壤团聚体的孔隙性和水稳性与肥力水平密切相关,而这些性质又与团聚体胶结物质的类型和性质有密切关系。本文是 1961 年工作^[1]的继续。

二、研究对象和方法

(一) 試驗土壤 研究土样为江西进贤县的一个土壤系列:第四纪红色粘土(红壤母质, 34—83 厘米)、荒地红壤(0—5 厘米)、旱地红壤(乌黄土, 0—16 厘米)、肥力水平較低的红壤性淹渍水稻土(结板田, 0—10 厘米)、肥力水平中等的淹渍水稻土(黄泥田, 0—13 厘米)、肥力水平較高的轻度潜渍水稻土(乌泥田, 0—14 厘米)以及乌泥田犁底层(14—21 厘米)。各試驗土壤的地形部位和基本物理性质详见参考文献[1]。

(二) 研究方法

1. 团聚体胶结物质的分离和测定 采取原状土,用薩維諾夫法分析水稳性团聚体,取直径为 3—1、1—0.5 及 <0.25 毫米的三级团聚体¹⁾作分析用。

(1) 有机胶结物质的分离和测定:称取上述风干的水稳性团聚体各 5 克,进行下述各项連續测定²⁾。各级有机碳是按邱林法测定的。1) 脂蜡物质:将样品放入脂肪抽提器内,以 1:1 酒精苯浸提 8 小时。2) 游离及松结态有机胶结物:在已提除脂蜡物质的土样中注入 100 毫升 0.1N NaOH,連續提取 4 次,在提取液中加入 1N H₂SO₄ 分离胡敏酸和富里酸。3) 与无定形三氧化物结合的有机胶结物质:将上述处理过的土壤用蒸馏水洗至中性,然后用湯姆氏液处理 3 次去铁^[24,25];以林菲罗林比色法测定无定形三氧化铁含量。在去三氧化物的土样中再以 0.1N NaOH 提取这级胶结物质。4) 与粘粒紧密结合的胡敏素:

1) 按照威廉斯的概念以 3—1 毫米团聚体在肥力上表现为最好。根据我們 1961 年的工作,肥土中这级含量是高的,故采用这级。根据 1961 年的工作,1—0.5 毫米的团聚体与土壤肥力水平有一定相关性。<0.25 毫米的团聚体,据一般概念认为在肥力上的作用較小,但在我們的試样中这级团聚体的含量很高,故也选作研究对象。在取样时在 <0.25 毫米的粒級中不包括留在沉降筒內的极細分散物质。

2) 在样本测定过程中,承蒙本所生物化学組邵杰传和鄒季文等同志大力帮助,特此志謝。

用次溴酸鈉液破坏,然后按有机碳总量減去(1 + 2 + 3 + 5)的差数求得。5)有机殘渣:将次溴酸鈉处理过的土样按一般方法測定。

(2) 无机胶結物質的分离和測定: 1) 全鉄: 按全量分析法处理土壤, 然后用林菲罗林比色法測定。2) 无定形三氧化鉄: 用湯姆氏液提取測定。3) 与有机質結合的无定形三氧化鉄: 为除去有机質后土壤中无定形鉄的含量減去未除去有机質时土壤中无定形鉄含量的差值。

2. 团聚体順序脫胶后的显微鏡形态观察 选具有代表性的水穩性团聚体(1—0.5毫米) 15—20顆, 分別放入表面皿內, 按上述脫胶方法順序脫胶。在每次脫胶后用 40 倍实体显微鏡观察并照相。

3. 团聚体順序脫胶后的顆粒分析 称取 4 份 5—10 克的风干水穩性团聚体样品, 分別作下列处理: (1) 脫游离态有机胶結物; (2) 脫游离态有机胶結物和无定形三三氧化物; (3) 脫游离态有机胶結物、无定形三三氧化物和与无定形三三氧化物結合的有机胶結物; (4) 脫游离态有机胶結物、无定形三三氧化物、与无定形三三氧化物結合的有机胶結物和胡敏素。各土样脫胶后用蒸餾水洗至中性, 用吸管法測定顆粒分配。团聚体的差热分析是按常用方法測定的¹⁾。

三、試驗結果和討論

(一) 水穩性团聚体中胶結物質的組成及其在团聚体形成中的作用

水穩性团聚体中的胶結物質, 有些主要是有机物質, 有些主要是无机物質, 由于其含量和性質不同, 对团聚体形成的作用也不同。

由表 1 可見, 紅色粘土中的有机碳总量最低, 其次为旱地紅壤和結板田, 荒地紅壤与黃泥田稍高, 而以烏泥田最高。各級团聚体中有机碳量的分配, 除紅色粘土无規律外, 一般皆以 3—1 毫米的团聚体最高, <0.25 毫米的最低, 并且在 3—1 毫米的团聚体中的含量比土壤中的含量还要高些, 尤以烏泥田最为明显。这表明了有机胶結物在这几类土壤中的团聚作用是明显的。

各类土壤团聚体中有机碳总量的变化規律, 在絕大程度上决定了各种有机胶結物質的含量变化。因此, 脂蜡物質、游离态和松結态有机胶結物、胡敏素以及有机殘渣, 在各类土壤团聚体中的含量变化与分配規律大致与总碳量是一致的。所不同者, 与无定形三三氧化物結合的有机胶結物, 在低有机質含量的紅色粘土和旱地紅壤中較多地集中在 <0.25 毫米的团聚体内。

关于脂蜡物質、游离态和松結态有机胶結物以及胡敏素的团聚作用实质, 不少研究者提出了自己的看法^[13,16,17]。根据我們的資料, 这几类物質对形成耕层較大团聚体來說是非常重要的。因为它们一般皆以 3—0.5 毫米的团聚体中含量較高。但其作用机制則有待深入研究。

还必須指出, 游离态和松結态中的胡敏酸和富里酸的比值并不决定于有机总碳量的含量(表 2), 例如荒地紅壤的有机碳含量比旱地紅壤及結板田高, 但其胡敏酸和富里酸的

1) 此項工作是在本所物理化学研究室許冀泉等同志帮助下进行的, 特此志謝。

表 1 紅壤水穩性团聚体的胶結物質組成

土壤編号	土壤名称	团聚体直径(毫米)	有机胶結物的含量(C%)						无机胶結物的含量(%)				
			总量	脂肪类的	游离态及松散态的	与游离R ₂ O ₃ 結合的	胡敏素	残渣	粘粒(<0.001毫米)	三氧化铝	三氧化铁	无定形三氧化铁	与有机质結合的三氧化铁
1—3	紅色粘土	土壤	0.30	—	—	—	—	—	50.0	26.7	4.87	1.22	—
		3—1	0.25	0.05	0.06	0.09	0.04	0.01	49.2	26.5	4.57	1.29	0.90
		1—0.5	0.27	0.04	0.07	—	—	0.03	48.2	26.2	4.50	1.31	1.17
		<0.25	0.37	0.03	0.04	0.18	0.05	0.07	46.9	25.6	4.41	1.50	0.61
1—1	荒地紅壤	土壤	1.14	—	—	—	—	—	32.8	20.6	3.55	0.74	—
		3—1	1.13	0.09	0.28	0.07	0.51	0.19	31.3	20.7	3.62	0.79	0.62
		1—0.5	1.05	0.12	0.29	0.12	0.32	0.21	30.6	20.3	3.59	0.81	0.57
		<0.25	1.05	0.07	0.26	0.09	0.42	0.20	27.3	19.8	3.34	0.72	0.57
3—1	旱地紅壤	土壤	0.66	—	—	—	—	—	8.7	11.7	2.20	0.52	—
		3—1	0.70	0.09	0.14	0.15	0.18	0.14	7.6	12.8	2.57	0.79	0.45
		1—0.5	0.70	0.06	0.12	0.11	0.26	0.16	7.2	13.2	—	0.81	0.24
		<0.25	0.59	0.03	0.10	0.24	0.12	0.11	7.1	10.9	2.10	0.71	0.29
5—1	結板田	土壤	0.88	—	—	—	—	—	14.8	13.8	2.60	0.35	—
		3—1	1.20	0.11	0.25	0.10	0.59	0.15	13.9	13.9	2.80	0.38	8.93
		1—0.5	1.12	0.09	0.26	0.18	0.45	0.15	12.8	12.3	2.63	0.34	13.30
		<0.25	0.81	0.03	0.19	0.14	0.32	0.14	11.5	12.7	2.47	0.29	16.60
6—1	黃泥田	土壤	1.19	—	—	—	—	—	16.7	14.8	2.59	0.37	—
		3—1	1.37	0.13	0.37	0.14	0.55	0.20	17.4	15.3	2.56	0.41	8.20
		1—0.5	1.30	0.12	0.31	0.18	0.46	0.23	16.4	16.0	2.61	0.35	8.43
		<0.25	1.07	0.13	0.28	0.21	0.32	0.14	15.6	14.3	2.27	0.30	9.63
7—1	烏泥田	土壤	2.08	—	—	—	—	—	12.8	15.7	1.95	0.26	—
		3—1	2.44	0.15	0.54	0.34	1.06	0.36	19.7	16.9	2.04	0.29	9.81
		1—0.5	2.18	0.09	0.41	0.27	1.12	0.28	19.6	16.0	2.02	0.28	—
		<0.25	1.70	0.08	0.45	0.21	0.71	0.24	16.3	15.0	1.86	0.25	6.45
7—2	烏泥田	土壤	1.13	—	—	—	—	—	20.0	16.8	2.68	0.34	—
		3—1	1.14	0.09	0.24	0.18	0.31	0.32	21.4	17.4	2.58	0.40	9.69
		1—0.5	1.14	0.07	0.29	0.18	0.48	0.13	21.4	18.2	2.39	0.38	10.09
		<0.25	1.03	0.07	0.18	0.14	0.48	0.16	19.7	16.0	2.39	0.29	12.97

比值要比后二类土壤低得多。这表明地带性土壤的有机胶結物組成在人为耕作影响下是会不断改变的,而且随着胡敏酸含量的增加,土壤結構不断改善。紅壤地区土壤結構性的改善不仅决定于增加土壤有机质总量,而且还要改善有机质的性质^[27,28]的論点有着普遍意义。

无机胶結物中粘粒的含量以紅色粘土为最高,荒地次之,旱地最少,各类水田中的粘粒含量相近。粘粒在各級团聚体中的分配有二种趋势:紅色粘土、荒地、旱地和結板田,在土壤中的粘粒含量比团聚体内高;于各級团聚体内的分配,差异不显;黃泥田和烏泥田耕层内,团聚体中的粘粒含量比土壤中高,并以3—1毫米内为最多。这表明烏泥田中較多的粘粒集中在大团聚体中,看来这与有机质的胶結影响有关。紅色粘土中即使粘粒含量

表 2 游离态有机胶結物質的胡敏酸和富里酸含量比例

土壤编号	1—3			1—1			3—1			5—1		
	3—1	1—0.5	<0.25	3—1	1—0.5	<0.25	3—1	1—0.5	<0.25	3—1	1—0.5	<0.25
团聚体(毫米)												
胡敏酸(C%)	0.005	0.006	0.007	0.056	0.051	0.062	0.051	0.047	0.035	0.113	0.096	0.065
富里酸(C%)	0.053	0.056	0.030	0.216	0.236	0.200	0.088	0.069	0.056	0.137	0.158	0.118
胡敏酸 富里酸	0.09	0.11	0.23	0.21	0.22	0.31	0.58	0.68	0.63	0.83	0.61	0.55

土壤编号	6—1			7—1			7—2		
	3—1	1—0.5	<0.25	3—1	1—0.5	<0.25	3—1	1—0.5	<0.25
团聚体(毫米)									
胡敏酸(C%)	0.164	0.131	0.113	0.247	0.199	0.234	0.051	0.068	0.016
富里酸(C%)	0.201	0.178	0.168	0.291	0.212	0.216	0.192	0.221	0.161
胡敏酸 富里酸	0.82	0.74	0.67	0.85	0.94	1.08	0.27	0.31	0.1

很高,但团聚体中的含量却較土壤中的要低。三氧化物,三氧化鉄和无定形三氧化鉄的含量及其在各級团聚体内的分配基本上是与粘粒相一致,然以烏泥田中的含量为最低,紅色粘土中为最高。与有机質結合的三氧化鉄在各級团聚体内,无明显規律。而在有机質含量极低的紅色粘土中无定形三氧化物是随粒径減小而增加,这和 Seij Sugo^[29]指出的,紅壤中大量的次生顆粒(0.05—0.02 毫米)系由无定形三氧化物的作用而形成的論点相吻合。

根据各种土壤的 3—1 毫米团聚体所含各种胶結物質,可以初步認为:紅色粘土母質的团聚作用以无机胶結物为主,旱地紅壤中无机和有机胶結物質都有很大作用;水田中有机胶結物質的作用逐渐增大,而无机胶結物質的作用相对減低。

(二) 粘土矿物組成在团聚体形成中的作用

第四紀紅色粘土及其所发育的土壤中的粘土矿物鉴定,过去已有不少工作。熊毅指出主要为高岭石,也含有少量伊利石^[30]。张效年等認为主要是高岭石和蒙脫石的混合类型,并指出在紅壤性水稻土中都含有一定量的伊利石^[26,31]。从图 2 的差热曲綫中可以看出,我們的結果和他們是相似的。除烏泥田外所有試样的粘土矿物組成以高岭石和石英为主,并含有无定形三氧化鉄^[32]。所不同者紅壤母質和荒地紅壤中的高岭石和无定形三氧化鉄的反应明显,含量較高,亲水性較強。

旱地和結板田中石英較多,亲水性弱。至于烏泥田的反应較为特殊,有待进一步研究。粘

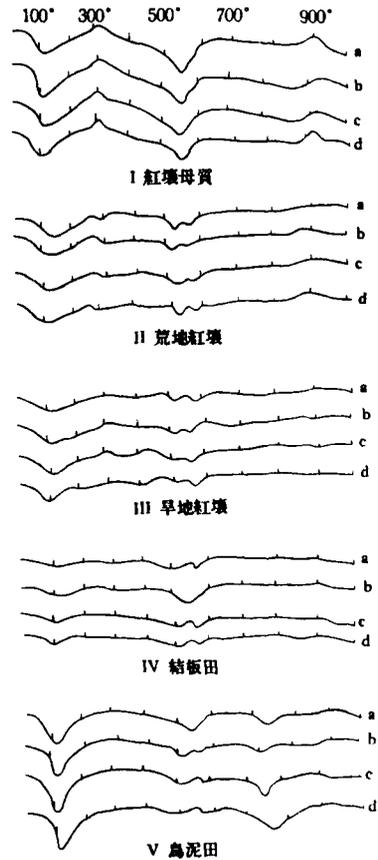


图 1 各类水稳性团聚体的差热曲綫

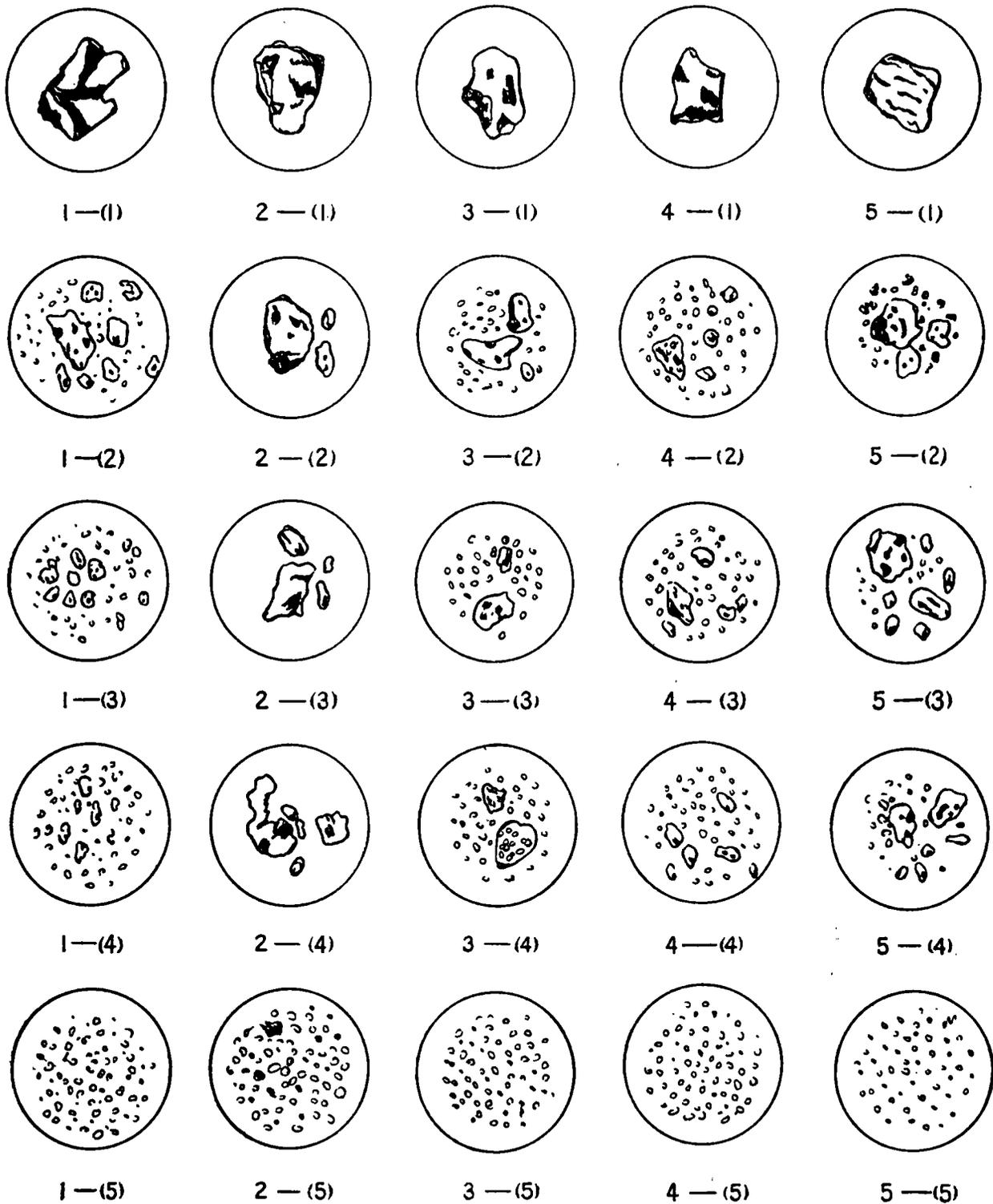


图2 各类水稳性团聚体(1—0.5毫米)顺序脱胶后的分散状态

1—红壤母质 2—红壤荒地 3—红壤旱地 4—结板田 5—乌泥田

(1)—自然状态 (2)—脱游离有机胶体 (3)—脱 $R_2O_3 \cdot nH_2O$; (4)—脱与 $R_2O_3 \cdot nH_2O$ 结合的有机胶体
 (5)—脱与粘粒紧吸附的胡敏素。(1), (2), (3), (4) 放大 40 (5) 放大 100 (普通显微镜)

土礦物和團聚體形成關係過去曾有不少工作，Buzagh 和 Ghosh^[42] 用人工方法把腐殖質加到高嶺石中或把蛋白質加到斑脫土中作結構性試驗，認為蛋白質可使斑脫土造成疏水表面而增強團聚體水穩性。Peterson^[33] 認為高嶺石能形成板狀團聚體，濃脫石能形成粒狀團聚體。Антипов-Каратаев^[13] 從理論上推斷，在不飽和土壤中極性腐殖質能滲入濃脫類礦物晶格內形成水穩性很強的團聚體。Robinson^[34] 以鈣飽和高嶺石、伊利石和濃脫石，認為由濃脫石形成的團聚體水穩性較差，而高嶺石最強。以上的人工合成研究只能反映粘土礦物在團聚體形成中的作用，而不能闡明不同土壤性質和有机膠結物組成對團聚作用的影響。根據 Масленкова^[39] 的研究，同樣礦物，由於有机膠結物的種類不同，所形成團聚體的性質也不同。我們所得的資料，雖各種土壤中的粘土礦物大致相似，但因膠結物質組成不同，團聚作用和團聚體的性質也有差異。

(三) 團聚體順序脫膠後的分散狀況及其與團聚體形成的關係

如圖 2 所見，1—(1)，具有明顯的稜角，顆粒排列很致密，大孔隙少，色棕紅；2—(1)，稜角不顯，呈粒狀，顆粒排列較致密，表面不平整，有裂痕，灰棕色；3—(1)，呈粒狀，顆粒排列較松，表面不平整，灰棕色；4—(1)，稜角不顯，顆粒排列較致密，表面不平整，有裂痕，淺棕灰色；5—(1)，呈良好粒狀，顆粒排列較疏松，有根毛，表面很不平整，色棕灰。用 0.1N NaOH 除去游離有机膠結物質後，各類團聚體都有不同程度的分散：1—(2)，大部分散成較小的結構單位，并有細粒出現；2—(2)：除崩裂成二個較小團聚體外，尚保持原狀；3—(2)，與 1—(2) 相似，但崩裂的結構單位較大，細粒較少；4—(2)，與 3—(2) 相似；5—(2)，崩解情況較 4—(2) 弱，細粒很少。從上述觀察可以說明，游離态有机膠結物對形成較大團聚體的作用比較明顯。至於 1—(2)，看來與 NaOH 對無定形三氧化物的膠溶作用有關。各類團聚體進一步用湯姆氏液處理，除 1—(3) 表現繼續分散和細粒增多外，其他土壤團聚體變化甚小。再繼續用 NaOH 脫去與無定形三氧化物結合的有机膠結物質，結果是紅壤母質繼續分散，并大部變成細粒，如 1—(4)。烏泥田團聚體也有分散作用，但分散成的結構單位較大，細粒較少。最後用次溴酸鈉脫除胡敏素，所有供試團聚體都分散為細粒。這說明胡敏素膠結得最緊，并大部集中在較小團聚體內。

上述觀察結果除荒地紅壤的變化較為特殊外，其他土壤中團聚體的崩解情況與上面各類膠結物質組成資料是基本一致的。無定形三氧化物和與無定形三氧化物結合的有机膠結物對紅壤母質水穩性團聚體的形成有明顯作用。但對耕種土壤，尤其是水田，游離态有机膠結物質和胡敏素對團聚作用極為重要。根據順序脫膠的形態觀察，各種膠結物質的團聚作用是不同的：胡敏素似和形成小團聚體有關，而游離态有机膠結物質和形成大團聚體有關。根據這些情況設想，土壤團聚體的形成是多種多樣的。一般含有机質不多的紅壤，首先通過粘粒的內聚力和無定形三氧化物的絮固把土粒初步團聚起來，以後再經無定形三氧化物的膠結作用形成較大的團聚體，由這種作用形成的團聚體較致密。但如土壤含有較多的有机質，則有机膠結作用更為明顯，胡敏素與土壤顆粒結合較緊，都成小的團聚體，游離态有机膠結物質可將這些小團聚體再結成大團聚體，這種作用形成的團聚體較疏松。為了証實上述設想，我們曾進行了相應的團聚體磨片



圖 3 烏泥田團聚體磨片觀察的一部分——環狀粒組排列示意圖
(按偏光顯微鏡下放大 630 倍描繪)



圖 4 紅壤母質團聚體磨片觀察的一部分——透結狀粒組排列示意圖
(按偏光顯微鏡下放大 630 倍描繪)

观察¹⁾以及脱胶后土壤颗粒分配和粘粒释放数量的试验。磨片观察结果(图 3、4), 烏泥田中的粒组排列比较复杂而紊乱, 并有許多环状粒组排列, 組織比較疏松, 孔隙亦較多; 而紅壤母質中, 顆粒排列非常致密, 并有很多迭結式的和迭結放射状的粒组排列, 亦非常致密, 孔隙也少。以上不同情况可以說明烏泥田的团聚作用比較复杂。

再从水稳性团聚体(3—1 毫米)順序脱胶后土壤颗粒分配和粘粒释放数量来看(图 5, 6), 烏泥田在脱游离态有机胶結物后, 大部分散成 <0.5 毫米的顆粒(90%), 释放出粘粒 11.6%, 如进一步将与 R_2O_3 結合的有机胶結物脱去, 0.5—0.25 毫米的顆粒減少 10%, 粘粒释放量增到 17%。再繼續脱去胡敏素, 0.005—0.001 毫米的顆粒減少 6%, 粘粒含量增加到 21%。这个結果說明, 团聚体在脱胶过程中逐渐变小, 并将团聚的粘粒逐步释放出来。这种土壤內土粒的团聚作用比較复杂, 且是多种多样的。但紅壤母質的团聚体經過氫氧化鈉分散后, 粘粒即大量释出, 进一步脱胶, 顆粒分配及粘粒释出量都无显著变化, 这說明紅壤母質的团聚作用比其他土壤, 特别是烏泥田要简单得多。

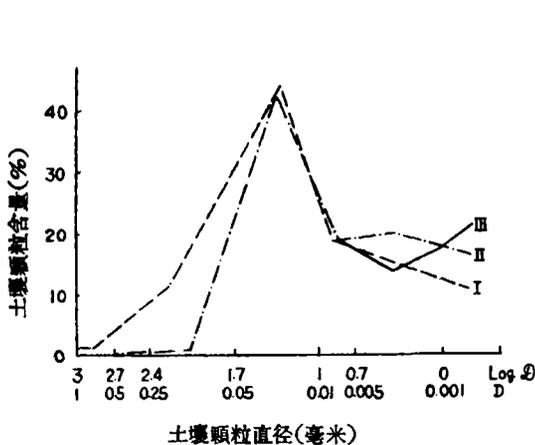


图 5 烏泥田水稳性团聚体(3—1 毫米)順序脱胶后的土壤颗粒分配

- I. 脱去游离有机胶結物后的土壤颗粒分配
- II. 脱去游离的和与 R_2O_3 結合的有机胶結物后的土壤颗粒分配
- III. 脱去游离的和与 R_2O_3 結合的有机胶結物以及胡敏素后的土壤颗粒分配

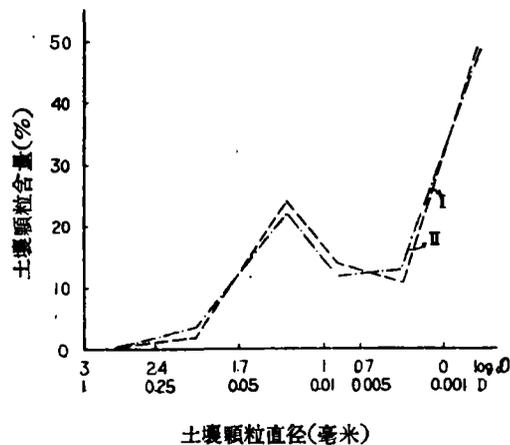


图 6 紅壤母質水稳性团聚体(3—1 毫米)順序脱胶后的土壤颗粒分配

- I. 脱去游离有机胶結物后的土壤颗粒分配
- II. 脱去游离的和与 R_2O_3 結合的有机胶結物后的土壤颗粒分配

根据上述資料, 我們对胶結物質与紅壤結構形成的关系的初步認識是: 首先, 影响紅壤結構的胶結物質可大致分为三类: (1) 以无机胶結物質为主, 有机胶結物的作用較少, 无机胶結物中除粘粒外主要是无定形三氧化二物; 有机胶結物中以富里酸为主, 胡敏酸和富里酸的比例为 0.1—0.2, 如紅壤母質。(2) 以无机胶結物为主, 有机胶結物已有相当作用, 其中以富里酸为主, 但胡敏酸显著增加, 胡敏酸和富里酸比例达 0.5—0.7, 如旱地紅壤。(3) 以有机胶結物为主, 无机胶結物也有一定作用, 胡敏酸含量增加, 胡敏酸与富里酸的比值可达 1, 如烏泥田。其他几种土壤属于过渡类型。不同胶結物質形成的土壤結構无論对

1) 磨片观察資料由本所樊潤威、朱济成同志供給。磨片技术是在中国科学院地質古生物研究所磨片室的协助下进行的, 特此表示感謝。

顆粒排列的疏密及孔隙性都有明显的影响。

有机胶結物質中的脂蜡类物質、游离态有机胶結物質及胡敏素的含量多随着团聚体粒径的減小而減少。但与无定形三氧化物相結合的有机胶結物質及无定形三氧化物的含量,在有机質含量很低的土壤中是随着团聚体粒径的減小而增加。

如何評价土壤团聚体的好坏有很多說法,总的可归納为二种。一种是从防治土壤侵蝕观点出发,偏重于团聚体的水稳性^[35];另一种是从認識和提高肥力出发,不仅重視水稳性而且更重視多孔性^[36]。近年来,我国及苏联有一些研究工作是从后一观点出发的,但都是研究团聚体内的养分貯量和团聚体胶結的稳定性。如 Винокуров 根据微团聚体内氮素和腐殖質的含量較高,而認為团聚体随着直径的減小而質量变好^[38]。武玫玲等認為紧結态腐殖質在創造良好的結構中起重要作用^[23]。根据我們的資料,紧結态胡敏素所形成的团聚体的稳定作用是明显的,但所形成的結構单位較小。从土壤肥力考虑,团聚体的質量不仅要注意水稳性,还要考虑团聚体的多孔性和其中养分的有效性。然微团聚体中的多孔性和养分的有效性不会太好。团聚体的孔隙性是随着直径減小而減少^[37]。有些水稳性強的微团聚体,养分貯量虽高,但有效性很差^[38],由此看来,以胡敏酸为主的游离态有机胶結物質在形成良好团聚体中的作用是不容忽視的。良好的团聚体必須是多种多样地結合的,既有胡敏素胶結的稳定性很大的微团聚体,也有經新鮮有机胶結物質再胶結成的大团聚体。这种多样作用結合的团聚体既有一定的水稳性,也有良好的孔隙性,貯存养分的有效率也較高。在漬水条件下吸附在微团聚体間的游离态有机胶結物質可因吸水而膨胀,团聚体可分散为微团聚体,但土体比較松烂而不淀浆或起浆。当土壤脱水后,由于游离态有机胶結物的收縮,又可把微团聚体再拉在一起而形成具有一定水稳性的大团聚体,并使土体又多孔隙。本文的試驗土样中,烏泥田的結構就好象有这个特点:漬水时土体軟烂,而脱水后孔隙性良好;但結板田就不一样,漬水时很板,脱水后孔隙性較差,这些性質可能是水田土壤糯、粳的一种指标。根据本文研究資料,要在紅壤地区創造良好的土壤結構,不仅要注意腐殖質的量,还更要注意腐殖質的質。

四、摘 要

本文引用了胶体化学的观点和方法及显微鏡观察技术,研究了江西紅壤中的胶結物質和結構形成的关系。結果表明,不同土壤中的胶結物質大致可分成三类:(1)以无机胶結物質为主(如第四紀紅色粘土母質);(2)无机胶結物質和有机胶結物質(如旱地紅壤);(3)以有机胶結物質为主(如烏泥田)。三类胶結物質中的胡敏酸含量是以第四紀紅色粘土中为最少,旱地紅壤中稍高,烏泥田中最多,胡敏酸和富里酸的比值相应为 0.1—0.2, 0.5—0.7 及 1。胡敏酸和富里酸的比值并不决定于有机碳总量,而在一定程度上与耕作水平密切相关。看来肥沃的土壤要大些。三类胶結物質所形成团聚体的孔隙性,以第一类为最低(30%),第三类为最高(40%)^[1]。

各类团聚体中的脂蜡物質、游离态有机胶結物質和胡敏素含量,在絕大多数情况下,是随着团聚体粒径的減小而減少。当土壤含有机質較少时,团聚体中与有机質結合的无定形三氧化鉄和无定形三氧化鉄的含量是随着团聚体粒径的減小而增多。

良好团聚体的形成要通过多种多样的結合作用,既由胡敏素結合成稳定性很大的微

团聚体,又有由較新鮮的有机胶結物質把微团聚体結合为大团聚体。这种大团聚体既有一定的水稳性,又具备多孔性及养分速效性的特点。

土壤粘土矿物在形成团聚体中的作用与其他胶結物質密切相关。

参 考 文 献

- [1] 姚賢良、于德芬: 贛中丘陵地区紅壤性水稻土的結構状况及其肥力意义。土壤学报, 10 卷 3 期, 267—288 頁, 1962。
- [2] Sideri, D. I.: On the formation of structure in soil. II. Synthesis of aggregates, on the bonds uniting clay with sand and clay with humus. Soil Sci., 42, 461—481, 1936.
- [3] Rost, C. O. and Chas A. Rowles: A study of factors affecting the stability of soil aggregates. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 5:421, 1940.
- [4] Alderfer, R. B. and Merkle F. G.: The comparative physical constitution of waterstable granules and of the originating soils. Soil Sci., 53:105, 1942.
- [5] Lutz, J. E.: The relation of free iron in the soil to aggregation. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1:43—45, 1936.
- [6] Peerkamp, P. K.: The influence on soil structure of the "natural organic manuring" by roots and stubbles of crops. Trans. 4th. Intern. Congr. Soil Sci., 2:50—54, 1950.
- [7] Baver, L. D.: Soil physics. 3rd-edition. 1956.
- [8] Kawaguchi, K.: Formation of waterstables aggregates and Localization of the mechanical and chemical constituents in paddy Soils. Soil and plant food, 3, 202, 1957.
- [9] Kawaguchi, K. and Kita, D.: Stability of aggregates in paddy Soils and some factors affecting the stability. Soil and plant food, No. 4, 95, 1958.
- [10] Biswas, T. D.: Water stable aggregates in some Indian soils. J. Indian Soc. of Soil Sci., 9—4, 1961.
- [11] Saini, G. R.: I. Properties of waterstable aggregates. II. Relationship of organic mater to particle and bulk densities of soil. Soils and fertilizers, V. XXIV, No. 5, 1961.
- [12] Tokubo, K. and Okuda, A.: Studies on the effect of soil conditioners: VII. Mechanism of the formation of waterstable aggregates in soils. Soil and plant food. 4, 106, 1958.
- [13] Антипов-Каратаев, И. Н. и др.: О почвенном агрегате и методах его исследования, М., 1948.
- [14] Вершинин, П. В.: О физико-химической природе почвенной структуры. Сборник тр. по агрономической физике, В. 3, 1953.
- [15] Хан, Д. В.: Влияние перегнойных веществ, состава минералов и обменных катионов на образование водопрочных агрегатов в черноземных почвах. Почвоведение, 4, 63—70, 1957.
- [16] Келлерман, В. В.: Физико-химические свойства водостойчивых агрегатов в различных типах почв СССР. Изд. АН СССР, М., 1959.
- [17] Орлова, В. К.: Структура почв светло-каштанового комплекса в связи с характером гумусовых веществ. Вест. МГУ, 2, 75—84, 1959.
- [18] Винокуров, М. А. и др.: Качественный состав водопрочных агрегатов в зависимости от их размера. Науч. докл. высш. школы, биол. серия, 3, 230—232, 1959.
- [19] Колоскова, А. В. и др.: Качественный состав агрегатов некоторых почв Волжско-каменской лесостепи. Почвоведение, 10, 100—104, 1959.
- [20] Колоскова, А. В.: Строение агрегатов выщелоченных черноземов Татарской АССР. Науч. докл. высш. школы, биол. серия, 1, 93—97, 1960.
- [21] Колоскова, А. В. и др.: Физико-химические свойства водопрочных агрегатов разного размера. Науч. докл. высш. школы, биол. серия, 1, 189—202, 1961.
- [22] Мигунова, Е. С.: О природе прочности естественной структуры черноземов и серых лесных почв. Науч. докл. высш. школы, биол. серия, 2, 186—192, 1959.
- [23] 武致玲、馬毅杰: 土壤中有机矿质胶体融和的研究: I. 土肥相融实质的探討。土壤学报, 9 卷 1—2 期, 9—21, 1961。
- [24] Аренюшкина: Руководство по химическому анализу почв. Изд. МГУ, 1961.
- [25] Цюрупа, И. Г.: К вопросу выделения свободного (несиликатного) железа и алюминия из почв и глины. Почвоведение, 4, 96—106, 1961.
- [26] 中国科学院农业丰产研究丛书編輯委员会編: 丰产水稻的土壤环境。科学出版社, 1961 年。
- [27] Бзнава, М. Л.: Состав гумуса субтропических почв. Почвоведение, 3, 140—146, 1949.

- [28] Кульчицкая, А. И.: Фракционный состав гумуса некоторых почвенных типов Ленкоранин и его роль при оструктуривании почв. Вестн. МГУ, серия биол. почв. 3, 71—78, 1959.
- [29] Seij Sugo: Fundamental aspects of soil structure. Bull. of the national inst. of Agri. Sci., No. 12, 289—301, 1962.
- [30] Сюн И.: Общая характеристика коллоидов почв Китая. Почвоведение, 3, 71—72, 1956.
- [31] 张效年、李庆遠: 华南土壤的粘土矿物組成。土壤学报, 6卷3期, 178—192, 1958。
- [32] Горбунов, Н. И. и др.: Рентгенограммы, термограммы и кривые обезвоживания минералов, встречающихся в почвах и глинах. Изд. АН СССР, М., 1952.
- [33] Peterson, J. B.: The effect of montmorillonitic and Kaolinitic clays on the formation of platy structures. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 9:37—48, 1944.
- [34] Robinson, D. O.: Soil aggregate stability. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 15:25—29, 1950.
- [35] Kirkham, Don.: Soil physics 1936—1961 and a look ahead. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 25, 6, 423—427, 1961.
- [36] Качинский, Н. А.: Природа механической прочности и водопрочности почвенной структуры в связи с её генезисом. Сборник Тр. по агроном. физике, в. 8, 1960.
- [37] Качинский, Н. А.: О структуре и её дифференциальной порозности. Докл. к VI международному конгрессу почвоведов. АН СССР, 1956.
- [38] 陈家坊等: 江苏南部几种水稻土的有机矿质复合体性质的初步研究。土壤学报, 10卷2期, 183—192, 1962。
- [39] Масленкова, Г. А.: Исследование структурообразующих свойств полимеров методом инфракрасной спектроскопии. «Бюл. науч.-техн. информ. по агроном. физике» № 8—9, 61—69, 1960. (Реф. журнал. по почв., 1962, № 8, 8д70).
- [40] Dumont, I.: Les enduits de revêtement des particules terreuses. Compt. Ren. Acad. Sci. [Paris] 140: 1087—1089, 1909. (見于參考文獻2中)
- [41] Demolon, A. and S. Henin: Recherches sur la structure des limons et la synthèse des agrégates, Soil Research, 3:1—9, 1932. (見于參考文獻7中)
- [42] Buzagh, A. von.: Zur Theorie der Peptisation. Kolloid Ztschr. 43:220—224, 1927. (見于參考文獻2中)

ХАРАКТЕРИСТИКА КЛЕЯЩИХ ВЕЩЕСТВ КРАСНОЗЕМНЫХ И КРАСНОЗЁМОВИДНЫХ РИСОВЫХ ПОЧВ И СВЯЗЬ ИХ С СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕМ ПОЧВ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПРОВИНЦИИ ЦЗЯНСИ

Яо Сянь-лян и Юй Дэ-фен
(Почвенный институт АН Китая)

(Резюме)

В настоящей статье изучена связь количества и состава клеящих веществ краснозёмных и краснозёмовидных рисовых почв с их структурообразованием в центральной части провинции Цзянси путём коллоидно-химического метода и техники микроскопического исследования. Для исследования были выделены водопрочные агрегаты с диаметром 3—1 мм; 1—0.5 мм и < 0.25 мм (по методу Саввинова). Было установлено исследованиями, что образование агрегатов из четвертичных красных глинистых материнских пород в первую очередь связано с коагуляцией и наклеиванием неорганических коллоидов (не-силикатных полуторных окислов). Образование агрегатов в богарно-пахотных краснозёмных почвах происходит за счет наклеивания неорганических и частично органических коллоидов. При образовании агрегатов краснозёмовидных рисовых почв, в особенности с высоким плодородием, главную роль играет наклеивание органических коллоидов. У агрегатов вышеуказанных трех типов почв соотношение гуминовой кислоты к фульвокислоте соответственно равно 0,1—0,2; 0,5—0,7; 0,7—1,0. С уменьшением размера агрегатов содержание смолистых и битумных, свободных и рыхлосвязанных органических веществ, а также гуминов в большинстве случаев уменьшается, а в малогумусовых почвах с уменьшением размера агрегатов количество подвижных полуторных окислов и полуторных окислов, связанных с органическим веществом увеличивается. Сформирование агрономически ценных агрегатов тесно связано с многократным наклеиванием почвенных частиц и разными клеящими веществами: вначале цементирование обусловлено цементацией гумина к элементарным частицам и образуются более прочные микроагрегаты, затем при участии свободных и рыхлосвязанных органических веществ из микроагрегатов образуются более крупные агрегаты, которые не только водопрочны, но и пористы.