

石灰性土壤微团聚体的分組分离及其特性的初步研究*

傅積平 張敬森

(中国科学院土壤研究所)

土壤微团聚体的分組及其特性和形成条件等问题的研究, 不仅有助于阐明土壤结构的形成机制, 并能为培育土壤肥力指示途径。关于微团聚体的分組和分离方法, 最初是由 A. Ф. Тюлин^[1] 在 1938 年提出的。根据他的“分組胶散法”, 可以从土壤中分离出两组性质不同的微团聚体^[2] (I 组简称 G₁; II 组简称 G₂)。这个方法在加拿大^[23,25,26] 和日本^[5] 曾被用来研究旱地土壤和水稻土。近年来, 在我国非石灰性土壤的研究中, 也得到了初步的应用^[1,2,3]。但应指出, 分組胶散法只适用于中性和酸性土壤, 而不适用于石灰性土壤。正如方法建议者 A. Ф. Тюлин^[1] 本人所指出的: “采用分組胶散法所获得的石灰性土壤胶体组成的资料是不能完全确信的”。长期以来, 有关石灰性土壤微团聚体的分組分离, 虽曾引起国内外不少研究者的注意, 但却一直是个悬而未决的问题。

Смолина^[4] 在研究苏联灰钙土时认为, 可用草酸钠代替氯化钠来胶散 G₁ 组。Карнаухов^[9] 认为, 当土壤碳酸钙含量低于 5% 时, G₁ 组的胶散剂可用 1% 醋酸。但 Шатемиров^[21] 却认为, 氯化钠既能胶散 G₁ 组, 而且还能与土壤中的碳酸钙作用生成碱, 使 G₂ 组胶散, 因此, 当氯化钠作用于石灰性土壤时, 胶散出来的微团聚体应为 G₁ 和 G₂ 两组的总和; 同时, 如用 0.05N HCl 则只能胶散 G₁ 组。这样, 就有可能求出两组微团聚体的含量。尽管各人对胶散剂的选择有所不同, 但都企图把 A. Ф. Тюлин 的分組胶散法直接应用于石灰性土壤各组微团聚体的定量测定。然而由于他们在工作中考虑石灰性土壤与非石灰性土壤的共同性较多, 而往往忽视石灰性土壤的特殊性, 因此, 都不能得到令人满意的结果。

我们认为, 从微团聚体的形成来说, 石灰性土壤与非石灰性土壤在某些性质上虽有其共同之点, 但石灰性土壤却还有其特殊的一面, 即含有较多的碳酸钙。碳酸钙在土壤中是处于比较活跃的状态。它随着土壤的水热状况和土壤空气中 CO₂ 分压等条件的改变, 或形成碳酸氢钙随水移动, 或又变成碳酸钙而重新析出^[21], 使碳酸钙在土壤剖面中发生频繁的淋溶和淀积。与此同时, 碳酸钙既能促使土粒的凝聚, 也可形成碳酸钙膜, 把土粒包裹于其中^[13]。显然, 由此而形成的一些微团聚体是具有一定的水稳性的, 只有在溶去碳酸钙以后, 才有重新分散的可能。从形成原因来分析, 这组微团聚体似乎应当与 G₀、G₁ 和 G₂ 组区分开。基于以上的认识, 我们认为, 对于石灰性土壤来说, 有可能在 A. Ф. Тюлин 分組胶散法的基础上, 在分离 G₀ 组后(即在氯化钠处理前), 接着用 0.02N HCl 处理土壤^[8], 去除碳酸钙, 还能分离出被碳酸钙凝聚或包裹而成的另一组微团聚体(简称 G₀₋₁ 组)。通

* 参加本项工作尚有阮俊峯同志。本文承熊毅教授和陈家坊先生指正, 特此致谢。

过对各組微团聚体的測定和某些特性的研究,初步认为,改进法能适用于石灰性土壤。从而为石灰性土壤微团聚体的分組研究,以及不同土壤間微团聚体性质的对比提供了可能性。

现将初步結果整理于后,以求指正。

一、供試土壤样本和研究方法

供試驗用的土壤样本有三个:石灰性浅色草甸土二个,其中一个采自北京朝阳区,当地羣众称黑土,肥力水平較高;另一个采自山东临清,当地羣众称鸡粪土,肥力水平較低。碱化碳酸盐草甸黑鈣土一个,采自黑龙江安达。此外,还以中国科学院土壤研究所南京試驗場的中性土壤—黄棕壤作为对照。供試土壤的一般性状列于表 1。

表 1 供試土壤一般性状

土号	土壤名称	母质	采集地点	深度 (厘米)	CaCO ₃ (%)	pH	交换量 (毫克当 量/100克 土)	腐植质 (%)	全氮 (%)	全磷 (%)	物理性粘粒 (<0.01毫 米,%)	質地
1	石灰性 浅色草甸土	河流 沉积物	北京朝阳区	0—20	5.87	8.07	12.13	1.89	0.087	0.178	46.10	重壤土
2	石灰性 浅色草甸土	河流 沉积物	山东临清	0—15	7.57	8.22	11.16	0.93	0.059	0.133	37.86	中壤土
3	碱化碳酸盐 草甸黑鈣土	黄土性 物质	黑龙江安达	0—3	8.10	9.87	23.00	2.04	0.121	0.105	30.96	中壤土
4	黄棕壤	下蜀系 黄土	南京試驗場	0—17	0.00	6.00	8.56	1.45	0.080	0.050	30.40	中壤土

关于石灰性土壤各組微团聚体的分离方法,除 G₁、G₂ 組按 A. Ф. Тюлин 的分組胶散法^[7], G₀ 組按水稻土的分离方法^[1] 以外,并在分离 G₀ 組后用 0.5N 及 0.02N HCl 处理土壤,分离出 G₀₋₁ 組微团聚体。所提取的各組微团聚体的粒径都小于 10 微米。现将分組分离方法簡介如下。

称取风干土,加水制成 4% 的悬浮液,按 Астапов^[6] 修正的 Stokes 公式,在規定時間內,从 10 厘米深度吸出小于 10 微米的顆粒,反复操作,直至悬浮液接近澄清为止,即得 G₀ 組。剩余土壤滴加 0.5N HCl,用玻棒攪拌,直至土壤不剧烈冒泡,改用 0.02N HCl 調节土壤悬液 pH 至 6.0—6.5,并保持一昼夜不变(否則再用 0.02N HCl 調节)。經处理后的土壤,用蒸餾水淋洗几次,而后同提取 G₀ 組一样分离出 G₀₋₁ 組。剩余土壤用 N NaCl 淋洗脫鈣,制成鈉質土,按提取 G₀ 組方法分离出 G₁ 組。再用研磨法分离 G₂ 組。殘存的顆粒即为大于 10 微米的殘渣部分。分离步驟可參见图 1。

分离所得各組微团聚体的悬浮液,均用 1:9 HCl 聚沉,在 50—60℃ 下烘干,称重,并換算成占风干土的百分数。供特性研究各組微团聚体标本,可借巴氏滤管,用蒸餾水洗至无氯离子反应,而后烘干,磨細,通过 100 孔篩保存备用。

各組微团聚体的組成和特性的測定方法,除碳、氮、碳酸鈣的含量采用常法、交換量采用氯化銨法^[1] 外,其它方法簡介如下。

(1) 显微照相:取少量未加聚沉剂各組微团聚体的悬浮液,滴加于玻片上,用蒸餾水稀釋,混勻,在干燥器中于室温下干燥。制成的标本放在备有照相附件的普通显微鏡

下,进行微形态描述和照相。

(2) 吸水和脱水量测定: 称取各組微团聚体标本 0.2 克, 装入高 2.5 厘米、直径为 4 毫米的刻度玻管中, 人为造成相同的容重, 并放在吸水测定仪^[4]上进行吸水量的测定。完成吸水测定的标本(連同玻管)装入塑料套管中(只留出土面), 应用紅外綫水分测定仪, 在 60℃ 下进行脱水量的测定。测定結果換算成每克标本吸水和脱水的毫克数。并以吸水或脱水总量为 100, 将各次测定結果換算成占总量的百分数, 以此分別繪出吸水和脱水曲綫。

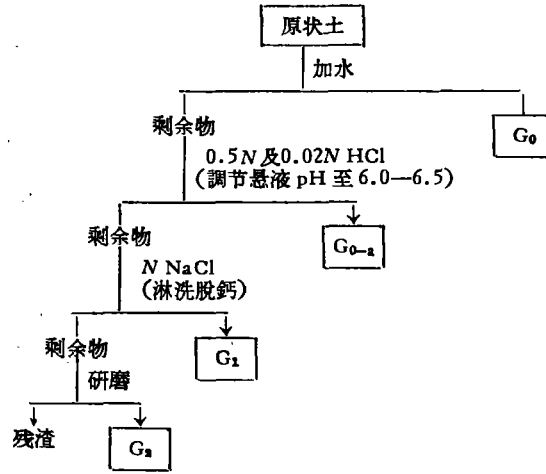


图 1 各組微团聚体分离图式

(3) 磷酸吸收和固定能力的测定

磷酸吸收量——称取标本 1 克, 置于 50 毫升三角瓶中, 加 P_2O_5 浓度为 50ppm 的磷酸二氢钾溶液 25 毫升, 加塞, 振荡 1 小时, 放置一昼夜后过滤。吸取滤液, 用钼蓝法比色定磷。加入量减去剩余量而后換算为每百克标本吸收的毫克数。經磷酸吸收测定后的标本, 繼用 95% 的无磷酒精洗去游离的磷酸盐, 备作固磷量的测定。

土壤固磷量、固磷率和磷酸有效率的计算:

磷酸固定量 = 磷酸吸收总量 - (吸磷后有效磷量 - 吸磷前有效磷量)

磷酸固定率 = $\frac{\text{磷酸固定量}}{\text{磷酸吸收量}} \times 100$

磷酸有效率 = $100 - \text{磷酸固定率}$

(4) 活性铁测定——用 4% $N_2S_2O_4$ 和 0.05N HCl 交替处理二次, 提取液以 $\alpha-\alpha'$ 联氮苯显色。

二、分組分离方法的探討

石灰性土壤中含有的碳酸鈣具有凝聚和包裹土粒的作用, 因此, 去除碳酸鈣, 也就成为正确分离石灰性土壤各組微团聚体的重要步骤。为此, 我們对供試标本, 在預先提淨 G_0 組后, 再按以下四种方法去除碳酸鈣, 而后分別測定 G_1 、 G_2 組含量(表 2), 以研究碳酸鈣对微团聚体分离的影响。

(1) 按 A. Ф. Тюлин 法^[17], 用 N NaCl 淋洗脱鈣。

(2) 按 Шатемиров 法^[22], 用 0.05N HCl 淋洗脱鈣。

(3) 用 0.05N HCl 淋洗脱鈣, 繼用 N NaCl 洗至中性。

(4) 用 0.5N 及 0.02N HCl 去除碳酸鈣, 分离出 G_{0-a} 組, 繼用 N NaCl 淋洗脱鈣。

表 2 結果表明, 采用不同方法去除碳酸鈣, 对微团聚体的胶散量有很大影响。例如第 2 处理, 虽脱鈣最快, 但因土壤胶体为氢离子所饱和, 这就与鈉离子饱和时不同, 水化膜較

表 2 不同方式去除碳酸鈣对胶散量的影响

土 号	土 壤	处理 胶散量(%)		NNaCl (1)		0.05N HCl (2)		0.05NHCl+ NNaCl (3)		0.5N 及 0.02N HCl + NNaCl (4)		
		G ₁	G ₂	G ₁	G ₂	G ₁	G ₂	G _{0-a}	G ₁	G ₂		
1	浅色草甸土	8.5	5.0	4.1	12.1	—	—	2.5	7.1	5.0		
2	浅色草甸土	14.3	10.6	—	—	18.0	6.8	5.0	7.2	10.3		
4	黄棕壤	7.7	3.0	3.9	8.3	9.0	3.4	0.0	—	—		
脱钙时间(天)		15—20		2		2—3		4—6				
氯化钠淋洗量(升)		8.5—12.5		—		1.0—1.5		4.5—6.0				

薄,顆粒之間易于相互碰撞而絮凝,影响顆粒的分散而增加沉降速率,致使部分 G₁ 組顆粒混入 G₂ 組中,如与第 1、3 处理比較,則 G₁ 組量偏低而 G₂ 組量偏高。第 3 处理虽脱鈣亦較快,但与第 1 处理比較,則 G₁ 組量略偏高,这可能是与部分 G₂ 組顆粒胶散有关^[12]。至于第 4 处理,虽 G₂ 組量与第 1 处理接近,但 G₁ 組量却相差悬殊,两种处理之間的差值,大体上与第 4 处理所分出的 G_{0-a} 組量接近。由此可見,第 2、3 两种处理虽脱鈣迅速,但都不能分出 G_{0-a} 組,并且不是 G₁ 組量偏高就是 G₂ 組量偏高。而 A. Ф. Тюлин 法(即第 1 处理),不仅脱鈣费时,而且也不能把 G_{0-a} 組从 G₁ 組中分出。我們的改进法(即第 4 处理),則既能較快地去除碳酸鈣,还可分出 G_{0-a} 組,因此,这就更能反映石灰性土壤微团聚体的真实情况。应当提到的是,如按 A. Ф. Тюлин 原法(不分离 G₀ 組),直接用 N NaCl 淋洗石灰性土壤以胶散 G₁ 組,看来是有困难的。在第 1 处理中,用氯化鈉能够脱鈣的可能解释,是因为我們对土壤事先經過提淨 G₀ 处理,这不仅随 G₀ 組悬液携出了一部分碳酸鈣,还与氯化鈉对碳酸鈣的溶解作用有关^[13]。

为了进一步探索 G_{0-a} 組与碳酸鈣之間的关系,我們曾测定了 G₀ 組(20% CaCl₂ 聚沉)和殘余物(提淨 G₀ 組后剩余的土壤)中的碳酸鈣含量。表 3 結果表明,在 G₀ 組中不仅含有碳酸鈣,且其含量的分配率是随土壤中 G₀ 組量的增加而相应增多。但 60% 以上的碳酸鈣仍留于殘余物中。可以設想,在殘余物中的碳酸鈣可能是呈膜状或較大的碳酸盐聚

表 3 G₀ 和殘余物中碳酸鈣含量的分配状况

土号	土壤名称	碳酸鈣 (%)	占原土碳酸鈣量(%)		土壤微团聚体含量(%)	
			G ₀ 中	殘余物中	G ₀	G _{0-a}
1	浅色草甸土	5.87	37	63	28.3	2.5
2	浅色草甸土	7.57	16	84	13.0	5.0
3	黑鈣土	8.10	4	96	2.8	8.4

积物^[10];也可能与土粒垒結成层^[13],而把部分土粒比較牢固地包裹于其中。因此,用稀酸去除碳酸鈣后所分离出的 G_{0-a} 組顆粒,便是受碳酸鈣凝聚和包裹的部分。这可以从两个方面来加以闡明。首先,我們曾对稀酸处理后的土壤进行总酸度和交換性氫的測定,結果表明,土壤总酸度和交換性氫都未見增加。証明用稀酸处理土壤并未引起土壤交換性高

子組成发生变化,避免了 G₁、G₂ 组的分散。其次,从表 2 可见, G₀₋₂ 组只存在于石灰性土壤中,而不存在于中性土壤(4 号土);且其含量与土壤中碳酸鈣含量密切相关(表 3)。由此可见, G₀₋₂ 组确是石灰性土壤所特有的一组微团聚体。把它单独分出进行研究,显然十分必要。

此外,为检验改进法的精确程度,我们曾把改进法与 A. Ф. Тюлин 的分组胶散法进行了对比。现将两种分离方法所测得的结果,重复间的误差以及损失率等列于表 4。

表 4 结果表明,应用改进法对各组微团聚体和残渣进行定量测定,两次重复间相对误差都小于 10%;土壤损失率在 3—5%,这与前人^[1,11] 对非石灰性土壤的测定误差和损失率是相近的。说明改进法应用于石灰性土壤是能符合分组分离方法的精确度要求。应用分组胶散法进行定量测定,尽管分离的误差也能符合要求,但毕竟胶散费时,更重要的是

表 4 不同分离方法所得各组微团聚体和残渣含量的比较

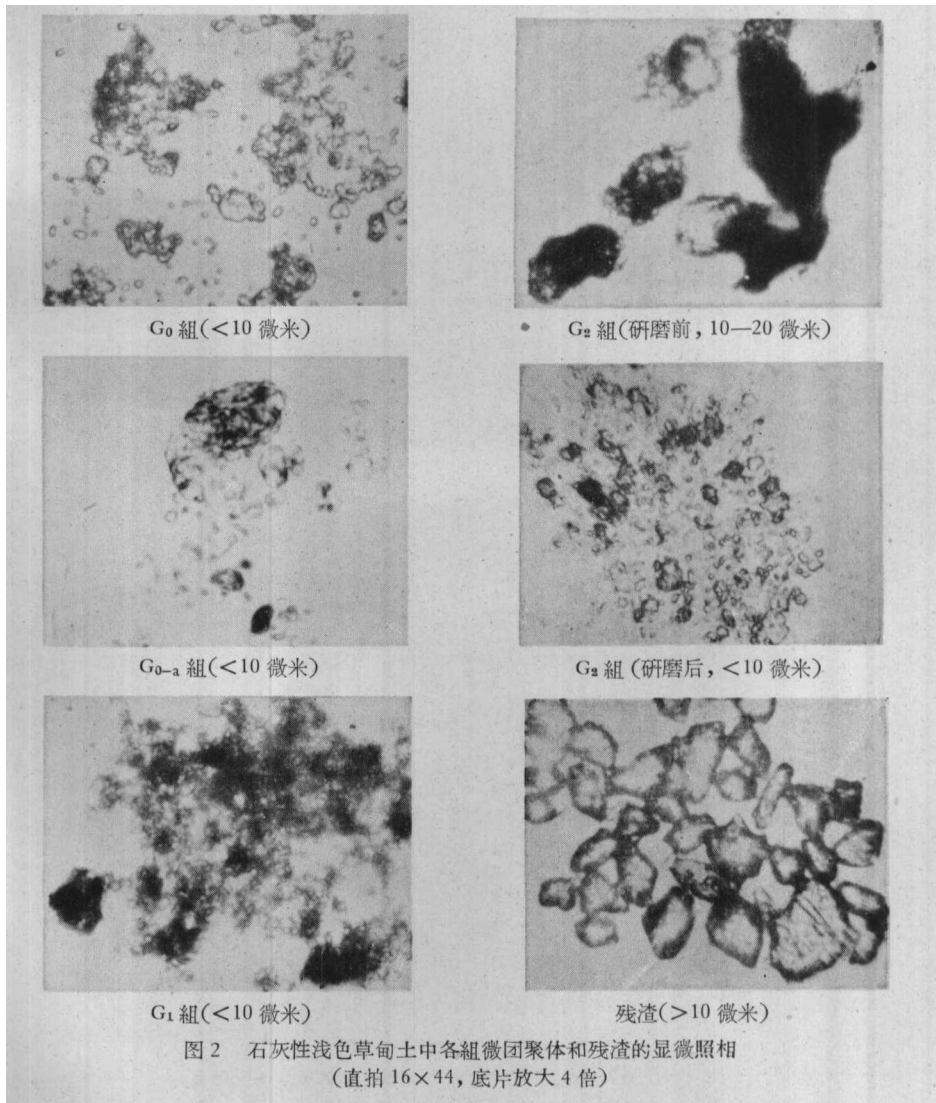
土 壤 号	土 号	差 误		A. Ф. Тюлин 法						改 进 法										
				各組微团聚体 (<10 微米) 占风干土 (%)				>10 微米残渣部分 (%)	损 失 率 (%)			各組微团聚体 (<10 微米) 占风干土 (%)				>10 微米残渣部分 (%)	损 失 率 (%)			
				G ₀	G ₁	G ₂	总量	总量	CaCO ₃ 损失	土壤损失	G ₀	G ₀₋₂	G ₁	G ₂	总量	总量	CaCO ₃ 损失	土壤损失		
浅 色 草 甸 土	1	重 复	1	29.0	8.2	5.6	42.8	48.7	8.5	5.9	2.6	27.7	2.4	7.7	4.9	42.7	48.9	8.5	5.9	2.6
			2	29.0	8.8	4.4	42.2	49.3				28.9	2.5	6.5	5.1	43.0	48.2			
		平 均 值	29.0	8.5	5.0	42.5	49.0	28.3				2.5	7.1	5.0	42.9	48.6				
		绝对误差	0.0	0.3	0.6	0.3	0.3	0.6				0.1	0.6	0.1	0.2	0.4				
		相对误差 (%)	0.0	0.4	12.0	0.7	0.6	2.1				4.0	8.5	2.0	0.5	0.8				
浅 色 草 甸 土	2	重 复	1	12.8	14.4	10.2	37.4	55.1	7.8	7.6	0.2	12.9	5.3	7.3	10.2	35.7	57.9	9.9	7.6	2.3
			2	13.0	14.2	10.9	38.1	53.7				13.0	4.7	7.0	10.3	35.0	51.4			
		平 均 值	12.9	14.3	10.6	37.8	54.4	13.0				5.0	7.2	10.3	35.4	54.7				
		绝对误差	0.1	0.1	0.4	0.4	0.7	0.1				0.3	0.2	0.1	0.4	3.3				
		相对误差 (%)	0.8	0.7	3.8	1.1	1.3	0.8				6.0	2.8	1.0	1.1	6.0				
黑 钙 土	3	重 复	1	2.9	4.3	24.6	31.8	54.7	13.8	8.1	5.7	2.6	8.1	4.8	17.3	32.8	54.9	13.5	8.1	5.4
			2	2.5	4.4	25.1	32.0	53.8				2.9	8.6	4.1	17.1	32.7	52.5			
		平 均 值	2.7	4.4	24.9	31.9	54.3	2.8				8.4	4.5	17.2	32.8	53.7				
		绝对误差	0.2	0.1	0.3	0.1	0.5	0.2				0.3	0.4	0.1	0.1	0.8				
		相对误差 (%)	7.4	2.3	1.2	0.3	0.9	7.1				3.6	8.9	0.6	0.3	1.5				
黄 棕 壤	4	重 复	1	15.2	7.5	3.1	25.8	71.5	2.7	0.0	2.7	13.6	0.0	—	—	—	—	—	—	—
			2	14.5	7.8	2.8	25.1	72.0				13.8	0.0	—	—	—	—			
		平 均 值	14.9	7.7	3.0	25.5	71.8	13.7				0.0	—	—	—	—				
		绝对误差	0.4	0.2	0.2	0.4	0.3	0.1				0.0	—	—	—	—				
		相对误差 (%)	2.7	2.6	6.7	1.6	0.4	0.7				0.0	—	—	—	—				

不能分出 G_{0-a} 组,而使这组颗粒混于 G_1 组中,致使 G_1 组量偏高。此外,对于碳酸钙含量较高的 3 号土来说,由于 G_0 组量低,随 G_0 组携出的碳酸钙也就少(仅占原土碳酸钙量的 4%),而绝大部分碳酸钙残存于土壤中(见表 3),因此,用 N NaCl 脱钙胶散 G_1 组便不能达到和 1、2 号土同样的效果,致使 G_{0-a} 组部分混入 G_2 组中,而造成 G_2 组量偏高。我们认为,对于石灰性土壤可应用改进法,但对非石灰性土壤仍可应用 A. Ф. Тюлин 的分组胶散法。这样既照顾到石灰性土壤的特殊性,又便于与非石灰性土壤作比较。

三、石灰性土壤各組微团聚体特性的初步分析

(一) 各組微团聚体的形态特征

我們应用显微检验的方法,进一步研究了各組微团聚体的形态特征和稳固程度。标本采用山东临清的石灰性浅色草甸土(2 号土)。在显微照相时,对于 G_2 组,我们还从提净 G_1 组后的剩余物中,在研磨前,直接提取 10—20 微米的颗粒(其中包括部分未分散的



G₂ 組顆粒和殘渣),亦在顯微鏡下照相,以此與研磨分離所得的 G₂ 組顆粒作對比。

圖 2 表明,各組微團聚體在形態上具有較大的差別。G₀ 和 G_{0-a} 組的顆粒較近似,既有單粒,也有不少微團聚體。這組微團聚體顏色較淺,膠膜不明顯,外形呈波浪狀,內部顆粒排列較松,能見到細小孔隙。G₂ 組與它們相比則有明顯不同,儘管 G₂ 組微團聚體經研磨處理後已由大變小,但仍以微團聚體為主。這組微團聚體外形圓渾,顏色較暗,在顆粒外部包有不均勻的黑色膠狀物,使透明度降低,在普通顯微鏡下尚難正確判斷內部顆粒的排列實況。G₁ 組就比較混雜,其中被有黑色膠膜的微團聚體,可能是在分離過程中混入的部分 G₂ 組顆粒^[17]。在大於 10 微米的殘渣部分,只見分散的石英等礦物顆粒,邊緣稜角明顯,未見微團聚體。

為了進一步了解各組微團聚體的穩固程度,我們曾用 30% 雙氧水處理各組微團聚體,并用 4% 次亞硫酸鈉單獨處理 G₂ 組,再製成玻片標本,置於顯微鏡下觀察其破壞情況。由圖 3 可見, G₀ 和 G_{0-a} 組當用 30% 雙氧水處理後絕大部分已分散,但並不能全部破壞

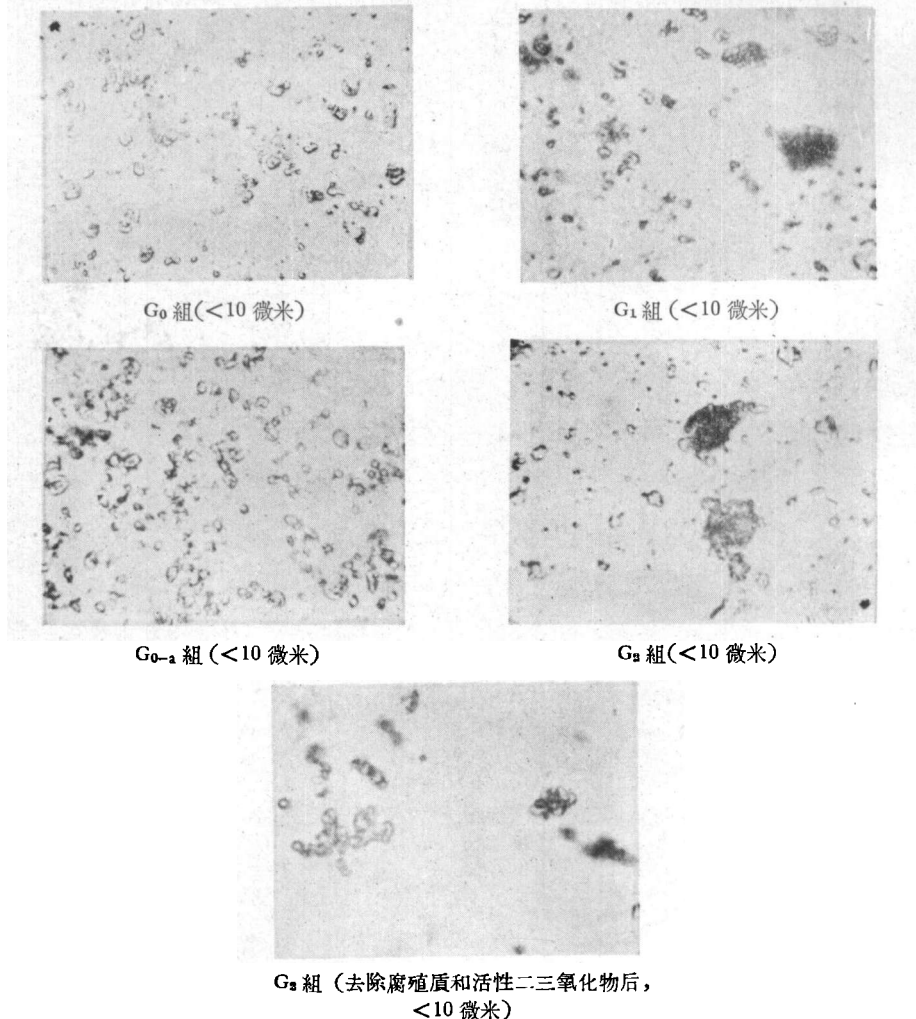


圖 3 石灰性淺色草甸土中各組微團聚體去除有機質後顯微照相
(直拍 12×45, 底片放大 4 倍)

G_1 和 G_2 组,说明这两组微团聚体是比较稳固的。 G_2 组颗粒外部所包裹的黑色胶膜,可能是腐殖质和二三氧化物相互作用所形成的凝胶,它把颗粒包裹和胶结成稳固性较大的微团聚体。因此,对 G_2 组来说,只有当用 4% 次亚硫酸钠处理,去除腐殖质和活性二三氧化物后,才见大部分微团聚体分散。这一现象与我们对各组微团聚体进行腐殖质和活性铁的测定结果完全相符合。由此证明,分离所得的各组微团聚体,实际上是以某种类型微团聚体为主的,而混以不等量的其它类型微团聚体的一种组合。因此,А. Ф. Тюлин^[19,20] 所简单地认为 I 组 (G_1) 就是胡敏酸钙团聚体; II 组 (G_2) 就是铁-腐殖质微团聚体的概念尚需商榷。

此外,关于 G_0 组的概念,还有必要作进一步的讨论。根据我们的初步研究证实, G_0 组是不同于 G_1 和 G_2 组的另一组为水分散微团聚体,其中既包含有单粒,也有不少微团聚体。А. Ф. Тюлин 及其同事们^[7,12,18] 认为 G_0 组 (А. Ф. Тюлин 早期称 III 组) 是非团聚化的细土,仅用作校正 G_1 组含量,显然不够妥当。因此,不仅对水稻土^[1],而且对于旱地土壤,把 G_0 组单独分出进行研究也有一定意义的。

(二) 各组微团聚体的保水和供水性能

通过吸水量和脱水量的测定,是能反映各组微团聚体在保水和供水性能方面的一般状况的。供试标本采用 2 号土。各组微团聚体标本经 30% 双氧水处理后,均人为造成容重 1.25,总孔隙度 53.7%;未处理的标本,容重为 1.02,总孔隙度 62.2%。

1. 各组微团聚体的吸水状况: 各组微团聚体在不同时间内所吸收的水量是不等的。吸水总量和持续时间是 $G_0 \approx G_{0-a} < G_1 < G_2$ (表 5); 而吸水速度则是 $G_0 > G_{0-a} > G_1 > G_2$ (图 4)。这就表明, G_0 和 G_{0-a} 组吸水少而快,持续时间短; G_2 组吸水多而慢,持续时间长; G_1 组则居中。经 30% 双氧水处理后的各组微团聚体,吸水量约减少 30%,吸水速度却增快一倍左右(图 5)。说明腐殖质对于土壤的吸水起着重要的作用。由于在

表 5 各组微团聚体吸水状况

吸水时间 (分)	组		G_0		G_{0-a}		G_1		G_2	
	吸水量(毫克/克)		A	B	A	B	A	B	A	B
5			160	125	115	105	125	95	130	90
10			290	205	210	180	220	170	210	165
20			425	280	320	275	320	260	290	240
30			505	320	395	335	380	315	340	290
40			575	320	500	335	445	380	395	355
60			600	—	600	—	550	400	485	425
80			600	—	600	—	605	400	540	465
100			—	—	—	—	670	—	605	465
120			—	—	—	—	705	—	645	—
140			—	—	—	—	705	—	690	—
160			—	—	—	—	—	—	765	—
180			—	—	—	—	—	—	785	—
毛管湿润时间(分)			40	24	48	25	82	37	141	57

注: A——未处理; B—— H_2O_2 处理。

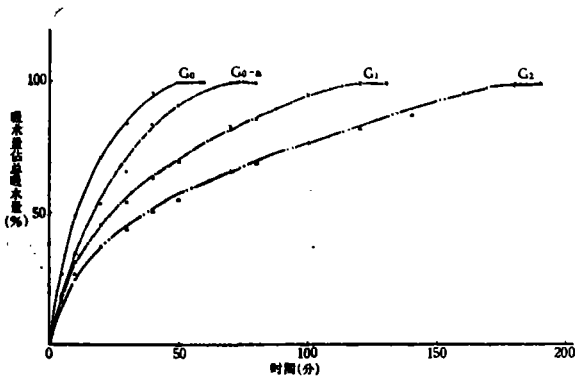


图4 各組微团聚体吸水曲线

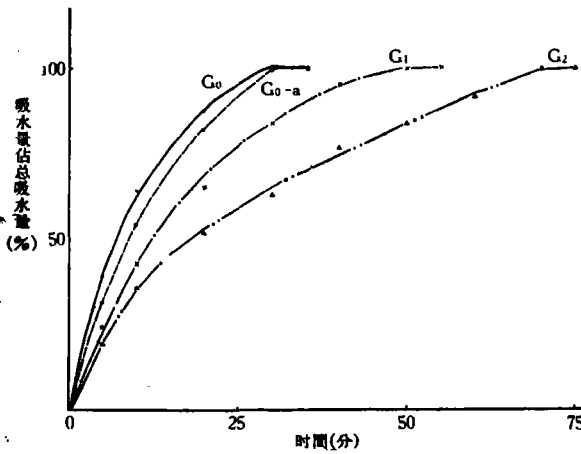


图5 各組微团聚体去除腐殖质后吸水曲线

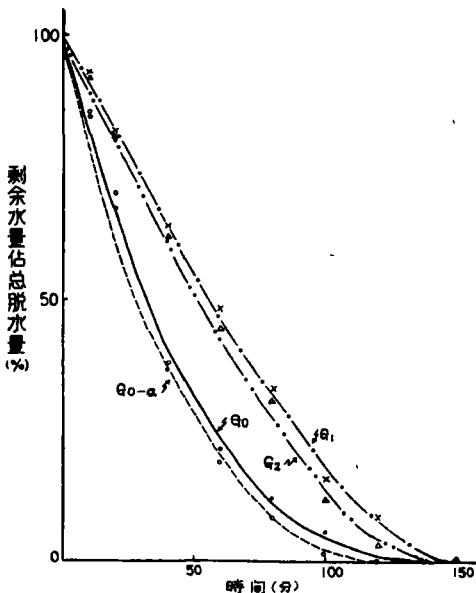


图6 各組微团聚体脱水曲线 (60°C)

試驗条件下所吸收的水分是以毛管水类型为主,所以,当毛管湿润后吸水速度就趋于缓慢,在这种情况下吸水可能是因膨胀吸水所致。

2. 各組微团聚体的脱水状况: 各組微团聚体在不同时间的脱水量也是不等的。由表6可見,脱水总量是 $G_0 < G_{0-a} < G_1 < G_2$; 脱水持续时间則是 $G_0 \approx G_{0-a} < G_1 \approx G_2$, 但脱水速度是 $G_0 \approx G_{0-a} > G_1 \approx G_2$ (图6)。說明 G_0 、 G_{0-a} 組脱水少而快; 而 G_1 、 G_2 組却脱水多而慢。由于在 60°C 下不可能除尽一切土壤水分, 所以脱水总量一般都低于吸水总量。

根据吸水和脱水状况的研究可以判断出, G_0 和 G_{0-a} 組吸水少但脱水快, 吸水脱水持续时间短, 表明对水分的供保劲短而快。而 G_1 和 G_2 組則相反, 表明对水分的供保劲长而緩。

(三) 各組微团聚体的保肥和供肥性能

1. 各組微团聚体的养分儲量: 表7結果表明, 不論碳或氮, 在 G_0 、 G_{0-a} 和 G_1 組中含量都相差不大, 而 G_2 組則显著高于上述三組。各組微团聚体中碳、氮含量还与土壤的肥力水平有一定关系, 尤以 G_2 組表現最为显著。但 C/N 比的变幅较大, 尚看不出明显的規律性。含磷量以 G_1 組最高; G_2 組最低; G_0 和 G_{0-a} 組居中, 但差别不大。交换量 G_1 与 G_2 組接近, 且远較其它兩組为高。用 30% 双氧水处理后的标本, 交换量略有增減, 但不甚显著。从含磷量和交换量的測定結果可以認為, 石灰性土壤各組微团聚体的特

表 6 各組微团聚体脫水狀況 (60°C)

脫水時間 (分)	組 脫水量 (毫克/克)	G ₀	G _{0-a}	G ₁	G ₂
		5	25	35	15
10	55	60	30	45	
20	125	125	85	125	
40	245	265	180	245	
60	310	345	255	355	
80	340	400	335	440	
100	365	420	435	560	
120	385	425	465	615	
140	385	425	495	635	
160	—	—	495	635	

表 7 各組微团聚体的养分狀況

組	碳 (C%)	氮 (N%)	C/N	全磷 (P ₂ O ₅ %)	交換量(毫克当量/100克 标本)	
					未处理	H ₂ O ₂ 处理
石灰性淺色草甸土 (1号土)						
G ₀	1.74	0.190	9.2	0.167	26.19	—
G _{0-a}	1.78	0.143	12.4	0.171	26.80	—
G ₁	1.78	0.205	8.7	0.188	32.68	—
G ₂	3.40	0.228	14.9	0.165	31.24	—
石灰性淺色草甸土 (2号土)						
G ₀	0.87	0.122	7.1	0.130	28.40	26.18
G _{0-a}	0.88	0.133	6.6	0.138	30.53	31.27
G ₁	0.95	0.127	7.5	0.145	36.06	34.57
G ₂	1.14	0.207	5.5	0.113	38.87	40.13

性不全同于一般土壤,并且也說明在各組微团聚体中有机和无机部分結合状况的复杂性。造成这种差别的原因,尚待进一步确証。

2. 各組微团聚体对磷酸的吸收和固定能力: 由表 8 可見,磷酸吸收量以 G_{0-a} 組最低,其它三組就比較接近。但磷酸固定率各組間却相差很大。G₀ 組固磷能力最弱,磷酸有效率最高; G_{0-a} 和 G₂ 組則相反; G₁ 組居中。因此,对磷素來說,养分的有效性是 G₀ > G₁ > G_{0-a} ≥ G₂。

石灰性土壤中各組微团聚体固磷量的差异,不仅与鈣离子有关,还取决于土壤中活性二氧化物的含量。我們对活性鉄的測定結果(表 9)表明, G₂ 組合活性鉄量最高; G₀ 和 G_{0-a} 組最低; G₁ 組居中。这与磷酸有效性的結果是基本相符的。

为了进一步了解活性二氧化物对磷酸吸收量的影响,我們曾对 4% 次亚硫酸鈉处理后的标本进行磷酸吸收量的測定。由表 10 可見,去除活性二氧化物后,吸磷量約降低 50% 以上,但各組之間相比,仍以 G₁ 和 G₂ 組吸磷量最高,这可能是与 G₂ 組富含粘粒有关^[1]。

表 8 土壤及各組微团聚体对磷酸的吸收和固定能力

組	磷酸吸收量	固 磷 量	固 磷 率	磷酸有效率
	(P ₂ O ₅ 毫克/100 克标本)		(%)	
石灰性浅色草甸土 (1号土)				
全 土	80.0	55.8	70	30
G ₀	107.8	27.9	26	74
G _{0-a}	98.1	38.5	39	61
G ₁	106.9	40.5	32	68
G ₂	108.1	70.4	65	35
石灰性浅色草甸土 (2号土)				
全 土	75.0	65.9	88	12
G ₀	110.5	9.7	2	98
G _{0-a}	93.4	47.1	50	50
G ₁	109.6	46.1	42	58
G ₂	105.0	49.3	47	53

表 9 土壤及各組微团聚体活性 Fe₂O₃ 含量(%)

土壤名称	全 土	G ₀	G _{0-a}	G ₁	G ₂
浅色草甸土(1号土)	1.87	3.52	3.44	4.00	4.74
浅色草甸土(2号土)	1.89	3.72	3.72	3.86	4.30

表 10 各組微团聚体去除活性三氧化物后对磷酸的吸收
(P₂O₅ 毫克/100 克标本)

处 理	G ₀	G _{0-a}	G ₁	G ₂
石灰性浅色草甸土 (1号土)				
未 处 理	107.8	98.1	106.9	108.1
处 理	37.5	22.5	83.1	86.3
石灰性浅色草甸土 (2号土)				
未 处 理	110.5	93.4	109.6	105.0
处 理	45.0	40.0	48.7	47.5

由于本項研究着重探討石灰性土壤微团聚体的分組分离方法,为了檢驗方法的可靠性和寻找分組的理論依据,还对各組微团聚体的某些特性进行了初步探索。有关各組微团聚体的特性,有机和无机部分的結合状况以及在形成土壤結構和肥力上的意义,尚待今后繼續研究才能得到闡明。

結 論

1. 对 A. Ф. Тюлин 的分組胶散法作适当的修改,可适用于石灰性土壤。根据我們的研究結果,石灰性土壤除可分出 G₀、G₁ 和 G₂ 三組微团聚体以外,还可在分离 G₀ 組后接着

用 0.5N 及 0.02N HCl 处理土壤, 去除碳酸鈣, 再細分出 G_{0-1} 組微团聚体。应用改进法对各組微团聚体进行定量測定, 两次重复間相对誤差都小于 10%; 土壤損失率在 3—5%。証明改进法是能符合分组分离方法的精确度要求的。

2. 应用显微檢驗法的研究結果表明, 分离所得的各組微团聚体, 实际上是以某种类型微团聚体为主的, 并混有其它类型微团聚体的一种組合。各組微团聚体的穩固程度是不同的, 水穩性是: $G_0 < G_{0-1} < G_1 < G_2$; 抗双氧水分散能力是: $G_0 \approx G_{0-1} < G_1 < G_2$ 。 G_2 組微团聚体穩定性最大, 只有經次亚硫酸鈉处理去除腐殖質和活性三氧化物后才見全部分散。由此証明, G_2 組顆粒外部所包裹的黑色胶状物, 可能是腐殖質和三氧化物相互作用所形成的凝胶, 它把顆粒进一步包裹和胶結成穩固性較大的微团聚体。

3. 各組微团聚体对水分的供、保性能是不同的。 G_0 和 G_{0-1} 組吸水少但脫水快, 吸水脫水持續時間短, 表明对水分的供保勁短而快。 G_1 和 G_2 組則相反。

4. 对各組微团聚体养分状况的研究結果証实, 养分儲量大体上是 $G_0 \approx G_{0-1} \lesssim G_1 < G_2$; 而对磷素來說, 其有效性則是 $G_0 > G_1 > G_{0-1} \gtrsim G_2$ 。

参 考 文 献

- [1] 陈家坊等: 1962. 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.
- [2] 兰士珍等: 1962. 黑龙江省北安赵光地区的土壤. 土壤通报, 3 期, 6—14.
- [3] 何 肇: 1962. 苏南水稻土的水漬状况与土壤有机-矿质复合体的关系. 土壤学报, 10 卷 2 期, 193—199.
- [4] 蒋剑敏等: 1956. 土壤胶体膨胀的初步研究. 土壤学报, 4 卷 2 期, 129—139.
- [5] 桥元秀教、原田登五郎、湯本利信、原正明: 水田土壤の有機无機膠質複合体に関する研究. 農業技術研究所報告, B (化学) 第 9 号, 201—256.
- [6] Астапов, С. В.: 1944. Экспериментальное исследование скоростей падения элементарных частиц и микроагрегатов в спокойной воде. Почвоведение. № 2—3, 85—100.
- [7] Германова, В. Н.: 1947. Новая модификация метода проф. А. Ф. Тюлина последовательного разделения элементарных частиц почвы на группы. Почвоведение. № 3, 188—190.
- [8] Кудрин, С. А.: 1938. О методке определения в почвах карбонатов кальция и магния. Почвоведение. № 9, 1191—1194.
- [9] Карнаухов, Н. И.: 1962. Новый метод дробной пептизации применительно к карбонатным почвам. реферативный журнал биология д. Почвоведение. № 5, 5д60.
- [10] Ларионов, А. К.: 1955. О характере распределения карбонатов в Лессовых породах. Доклады АН СССР т. 102, № 4, 815—817.
- [11] Марковский, А. Г. и Пономарева, В. А.: 1954. Групповой состав частиц почвы менее 0.01мм и его значение в поглощении почвами фосфорной кислоты. Почвоведение. № 8, 49—60.
- [12] Пчелкин, В. У.: 1947. Методка выделения первичных частиц из почвы. Сов. Агрономия, № 2.
- [13] Рашевская, И. М.: 1954. К вопросу о методах определения суммы сульфатов в почвах и об обволакивания гипса карбонатами. Почвоведение. № 9, 72—74.
- [14] Смолина, Л. Б. и Нагорная В.: 1941. Определение группового состава коллоидов некоторых почв Памира. Почвоведение. № 1, 61—64.
- [15] Тюлин, А. Ф.: 1938. Пептизация почвенных коллоидов и методы ее изучения. Почвоведение. № 4, 527—561.
- [16] Тюлин, А. Ф.: 1939. Неоднородность почвенных органо-минеральных коллоидов в зависимости от различного количественного и качественного содержания в них полуторных окислов. Почвоведение. № 7, 92—103.
- [17] Тюлин, А. Ф.: 1943. Методы пептизационного анализа в связи с вопросом об общих закономерностях в химических и физических свойствах почв. Почвоведение. № 4—5, 3—15.
- [18] Тюлин, А. Ф.: 1944. Сравнительная коллоидно-химическая характеристика черноземов западной Сибири и Черноземов Европейской части Советского Союза. Почвоведение, № 7—8, 305—324.
- [19] Тюлин, А. Ф.: 1954. Вопросы почвенной структуры в лесу. Почвоведение. № 1, 30—44.

- [20] Тюлин, А. Ф.: 1955. Вопросы почвенной структуры в лесу. Почвоведение. № 1, 33—44.
- [21] Тюлин, А. Ф.: 1958. Органо-минеральные коллоиды в почве, их генезис и значение для корневого питания высших растений. Изд. АН СССР.
- [22] Шатемиров, К. Ш.: 1958. К изучению группового состава коллоидов карбонатных почв и глин. Изд. АН. Кирг ССР, вып. 5, 55—64.
- [23] Atkinson, H. J. and Turner, R. C.: 1944. Soil colloids: Separation by peptization, Soil Sci. 57, 233—240.
- [24] Bradfield, R.: 1941. Calcium in the Soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 6, 8—15.
- [25] Brydon, J. E. et al.: 1959. A study of the clay-humus complexes of a chernogenic and a podzol soil. Canadian Jour. of Soil Sci., 39, 136—143.
- [26] Sowden, F. J., Doreen, I. Parker and Atkinson, H. J.: 1952, Comparison of organic matter fractions from three soil types. Scientific Agriculture, 32, 3, 127—134.

МЕТОД ДРОБНОЙ ПЕПТИЗАЦИИ И СВОЙСТВА МИКРОАГРЕГАТОВ В КАРБОНАТНЫХ ПОЧВАХ

Фу Цзи-пин и Чжан Цзинь-шэн

(Почвенный институт АН КНР)

(Резюме)

При выделении разных групп микроагрегатов в карбонатных почвах нашей модификацией метода проф. А. Ф. Тюлина можно получить более рациональные результаты. Микроагрегаты в карбонатных почвах должно разделять на четыре группы: G_0 , G_{0-a} , G_1 , G_2 . После выделения группы G_0 , группа G_{0-a} ещё находится под защитой карбонатных оболочек и может пептизироваться в воде лишь после разрушения их оболочек обработкой 0.02 N HCl.

Микроскопическое исследование показывает, что выделяемые микроагрегаты являются комбинацией микроагрегатов разных групп, в составе которой одна из этих групп преобладает над другими. Стабильность микроагрегатов разных групп различна. Водопрочность их: $G_0 < G_{0-a} < G_1 < G_2$; противодействие пептизации H_2O_2 : $G_0 \approx G_{0-a} < G_1 < G_2$. Последнее доказывает, что частицы группы G_2 покрыты черной коллоидной пленкой, и может быть, при взаимодействии гумуса и полутораокислов образуется гель, которая коагулирует почвенные частицы и образует микроагрегаты.

Водное свойство микроагрегатов разных групп различно, группы G_1 и G_2 поглощают много воды, и освобождают её медленно, группы G_0 и G_{0-a} находятся в противоположном положении.

Запас питательных веществ в разных группах микроагрегатов изменяется по порядку: $G_0 \approx G_{0-a} \lesssim G_1 < G_2$; а их доступность— $G_0 > G_1 > G_{0-a} \gtrsim G_2$.