

土壤颗粒分析的土样处理 及某些影响因素的研究*

邓时琴 徐梦熊

(中国科学院南京土壤研究所)

土壤颗粒组成指土壤固相中矿质单粒大小的百分含量,它是通过土壤颗粒分析获得的。分析土壤中的砾和砂时用筛分;分析细土部分时则需分两个步骤,即土壤的分散处理和土粒的分离。土壤的分散是否完全,会影响到土粒是否能全部分离。由于土壤、土质、土工以及矿物研究等方面均需土壤颗粒方面的资料,以作为农业、工程或国防建设中的参数,所以,正确进行土壤颗粒分析具有重要意义。但是,目前在分析土样处理及分析方法上均未统一,对土样中的有机质是否应该除去也还有争论。因此,在工作中常常是按送验者的要求来进行分析,由于不便比较,以致多年来的大量分析结果未能充分利用。为了统一操作规程,提高分析资料的利用率,我们对土样处理、土壤中碳酸钙和有机质对土粒分散的影响等方面,做了一些研究,现将所得结果整理于后。

一、土壤颗粒分析的土样处理方法比较

在进行土壤颗粒分析前,首先应除去土粒的胶结剂,同时使粘粒水化和增加它的负电荷,以促使复粒充分分散为单粒,但又要求不破坏土粒本身。因而,如何正确选用化学分散剂及物理分散手段,便成为颗粒分析操作中的重要步骤。

我国研究者曾进行不同分散剂处理的对比研究,认为石灰性土壤,偏磷酸钠的效果较好^[1]。土壤中如有一定量的可溶盐,并不影响它们的分散效果,反而略有促进作用。当氯化钠浓度达10%时,偏磷酸钠的分散效果(指 <0.001 毫米颗粒的含量)最高,其他盐类也这样^[2]。中性土壤以草酸钠作分散剂为宜,对酸性土壤一般认为采用氢氧化钠较好。

为了进一步研究土样处理的方法,我们选择了苏南地区几种不同肥力水平的土壤(共32个土样)进行分析。它们的成土母质,分别属于长江冲积物、太湖湖积物和下蜀黄土。土壤性状见表1。

土样处理,用以下四种方法:

1. 苏联卡庆斯基(Качинский)法——不去有机质。用0.2N和0.05N的HCl淋洗土壤中 Ca^{2+} 。并按土壤的阳离子交换量加入1N的NaOH溶液(10毫克当量/100克土,加入1N NaOH溶液1毫升)。

2. 中性盐分散法——不去有机质,不脱钙。石灰性土壤加入0.5N $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 溶液10毫升;中性土壤加入0.5N $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液10毫升。

* 姚贤良同志提过宝贵意见,特此感谢。

表1 供试土壤(耕层)性质

土样号	采 集 地 点	利用情况	成土母质		有 机 质 (%)	碳 酸 钙 (%)	阳离子交换量 (毫克当量/100克土)
1—13	沙洲常阴沙农场	粮棉轮作	长江冲积物	沉积 1—22年	0.73—2.00	6.00—9.00	5.79—17.0
14—17	沙洲扬舍公社	稻麦轮作		沉积100—200年	1.50—3.00	0.05—0.18	11.5—14.0
18—23	江阴要塞公社	稻麦轮作		沉积200 年以上	2.00—3.55	0.01—0.21	14.5—19.6
31—37	常熟辛庄公社 无锡红旗公社 江阴青阳公社	稻麦轮作	太湖湖积物		1.45—7.13	—	14.1—28.5
41, 42	江宁试验农场	稻麦轮作	下蜀黄土		1.56—1.98	—	15.5—19.7

3. 似国际法“A”法——用6% H_2O_2 去有机质,用0.2N $NHCl$ 破坏碳酸盐,然后加1N $NaOH$ 溶液4毫升。

4. 综合法(1法和3法的综合)——用6% H_2O_2 去有机质,用0.2N和0.5N $NHCl$ 淋洗土壤中的 Ca^{2+} ,并按土壤的阳离子交换量加入1N的 $NaOH$ 溶液。

经上述四法分别处理的土样,煮沸一小时后用吸管法进行分析。两次重复。悬液浓度约为1%。

所得结果均与用作标准的卡庆斯基法(1法)比较,其分散度主要根据细粘粒(<0.001毫米)的含量来评价。吸管法两次平行测定结果的允许误差,细粘粒级为 $\leq 1\%$ 。

由表2可见,在长江冲积物上发育的土壤,用3法和4法处理后,所获细粘粒含量之差均<2%,其中1/3的土样比1法的细粘粒含量高4.0—6.0%,而2法则普遍低0.3—3.5%。在湖积物及下蜀黄土上发育的土壤,以3法和4法处理后的细粘粒含量与1法的结果相近,其差均在允许误差范围内,2法则低4.4—13.1%。仅有一个土样(31号),其3法和4法的细粘粒含量相近,而高于1法5—6%,2法则与1法相近,不同方法处理后所获结构系数大小,亦有相应趋势。

卡庆斯基认为^[3],采用国际法“A”处理时,交换量不超过40毫克当量的土壤,其分散度和他的方法相近。我们采用的3法与国际法“A”类似。2法处理由于不去任何胶结物质,所以所获细粘粒含量均较其它三法低。

四种土样处理方法的比较还表明,对在三种母质上发育的土壤进行土壤颗粒分析时,如只需了解质地,土样处理可采用中性盐分散法,因其处理简便,同一样品相同处理间的重复较其它三法稳定。如需了解各级颗粒组成,特别是要了解细粘粒的含量时,建议采用综合法,虽然该法的分散度与3法(似国际法“A”法)相近,但对分散剂的用量较3法科学。

二、影响土壤分散的某些因素

碳酸盐和有机质都是土粒的胶结剂,所以,在土壤颗粒分析时,先要脱钙和氧化有机质才能使土粒分散成单粒。关于脱钙的意见较一致^[3,4]。对是否去除有机质则有不同观点^[3-6]。

英美的某些研究者认为,有机质是土壤的胶结剂之一,所以应该除去。英国鲁宾逊(G. W. Robinson)认为,少量有机质的存在对分散的影响不大。美国贝佛尔(L. D. Baver)认为,如果有少量的有机质存在,常常不用 H_2O_2 来处理,有钙离子存在的情况下大部分有机胶体将

表2 不同处理对土壤颗粒分析的影响(粒径:毫米)

土样号	处理方法	颗粒含量(%)		结构系数(%)	质地	土样号	处理方法	颗粒含量(%)		结构系数(%)	质地
		<0.001	<0.01					<0.001	<0.01		
1	微团聚体	1.0	8.8			31	微团聚体	5.9	30.9		
	(1)	5.2	15.2	80.8	粉土		(1)	47.4	71.0	87.6	粘土
	(2)	4.9	12.6	79.6	砂粉土		(2)	46.5	73.5	87.3	粘土
	(3)	5.9	14.1	83.1	砂粉土		(3)	53.0	73.5	88.9	粘土
	(4)	4.9	13.1	79.6	砂粉土		(4)	52.9	73.8	88.9	粘土
5	微团聚体	1.5	16.9			32	微团聚体	1.3	15.9		
	(1)	7.1	24.1	78.9	砂粉土		(1)	30.2	48.6	95.7	粉粘土
	(2)	7.6	24.0	80.3	砂粉土		(2)	20.7	45.4	93.7	粉土
	(3)	8.5	24.0	82.4	砂粉土		(3)	29.0	45.5	95.5	粉土
	(4)	6.9	23.5	78.4	砂粉土		(4)	28.9	45.0	95.5	粉土
8	微团聚体	2.1	24.1			33	微团聚体	1.2	17.0		
	(1)	11.9	43.1	82.3	粉土		(1)	28.5	54.4	95.8	粉土
	(2)	19.2	41.7	84.1	粉土		(2)	24.1	54.1	95.0	粉土
	(3)	15.8	42.3	86.7	粉土		(3)	28.8	53.0	95.8	粉土
	(4)	16.0	43.4	86.9	粉土		(4)	28.9	53.9	95.8	粉土
3	微团聚体	2.9	29.5			36	微团聚体	1.5	15.0		
	(1)	16.8	56.3	81.5	壤土		(1)	29.1	56.1	94.8	壤土
	(2)	17.8	56.9	83.7	粉土		(2)	12.6	43.9	88.1	粉土
	(3)	22.1	56.0	86.9	粉土		(3)	28.7	58.7	94.8	粉土
	(4)	21.7	56.1	86.6	粉土		(4)	28.1	59.5	94.7	壤土
19	微团聚体	1.9	19.6			41	微团聚体	2.0	18.1		
	(1)	19.0	52.8	90.0	粉土		(1)	23.5	44.4	91.5	粉土
	(2)	18.0	52.5	89.4	粉土		(2)	18.7	42.7	89.3	粉土
	(3)	23.9	51.9	92.1	粉土		(3)	23.6	44.9	91.5	粉土
	(4)	24.7	52.1	92.3	粉土		(4)	22.5	43.4	91.1	粉土
22	微团聚体	3.1	33.1			42	微团聚体	3.0	24.4		
	(1)	26.2	63.6	88.2	壤土		(1)	28.3	55.5	89.4	粉土
	(2)	24.1	61.3	87.1	壤土		(2)	16.8	52.2	82.0	粉土
	(3)	27.4	62.9	88.7	壤土		(3)	29.0	56.0	89.6	粉土
	(4)	26.3	72.7	88.2	壤土		(4)	28.4	54.3	89.4	粉土

注: 处理方法: (1) H.A.卡庆斯基法, (2) 中性盐分散法, (3) 似国际法“A”法, (4) 综合法。

结构系数(%): 按H.A.卡庆斯基法计算。

质地名称: 按1978年《中国土壤》一书上的质地分类。

会再度水化而进入溶液^[4]。而苏联及东欧国家的研究则持相反的意见。卡庆斯基认为^[3], 在土壤分析样品中, 去除有机质是不允许的, 因为有机质是土壤最重要的组成部分, 没有有机质, 土壤本身的概念是不可想象的, 而且在顺序淋洗掉易溶性盐和碳酸盐, 并用钠离子使吸收性复合体饱和之后去掉有机质并不能增加土壤矿物质部分的分散度^[5,6]。并认为, 使用

H_2O_2 和HCl来处理土壤,会使土壤中的硅酸铝与硅酸铁受到显著破坏。而且,经大量研究表明,在碳酸钙洗失的条件下,实际上有机质已并不起胶结土粒的作用。我国的研究者认为,不论有机质含量多少,对分析结果都有不同程度的影响,只有供试土壤中有机质含量低于1%时,才可省略除去有机质的步骤〔7〕。

为了解碳酸钙和有机质的影响,我们选择在长江冲积物上发育的9个土样(土壤性质见表1),每一土样有四种处理:1.不去有机质及碳酸钙;2.去有机质、不去碳酸钙;3.不去有机质、去碳酸钙;4.去有机质及碳酸钙。经上述处理后的土样,分别再进行加分散剂(表3a)和不加分散剂(表3b)处理。用吸管法分析,均为两次重复。

以各土样分别经不同处理后所获 <0.001 毫米细粘粒的含量(表3a)和 <0.001 毫米微团聚体的含量(表3,处理1之b)来讨论土壤中不同含量的碳酸钙或有机质,分别存在或同时存在时对土壤细粘粒的分散和微团聚体形成等的影响。

首先看碳酸钙和有机质对土壤细粘粒分散的影响:

1. 去有机质、不去碳酸钙(处理2)和不去有机质、不去碳酸钙(处理1)的比较:所有供试样品中,同一土样的处理2和1所获的细粘粒含量之差无规律性,可见,当土壤中单含碳酸钙或有机质和碳酸钙同时存在时,它们的含量对细粘粒的分散看不出规律性。

2. 去有机质、去碳酸钙(处理4)和不去有机质、去碳酸钙(处理3)的比较:19和22号两个土样的有机质含量 $>3\%$,它们处理4的细粘粒含量高于处理3,其余7个土样两处理的细粘粒含量之差均 $<1\%$,在允许误差范围内($\leq 1\%$)。说明土壤中去碳酸钙后,当有机质含量 $<2.55\%$ 时,对细粘粒分散的影响似乎不大。

3. 不去有机质、去碳酸钙(处理3)和不去有机质、不去碳酸钙(处理1)的比较:23、6、13和19四个土样两处理间细粘粒含量相差较大(1.2—4.1%),其它土样则相差较小。可见,有机质和碳酸钙同时存在时对细粘粒的分散有影响,但从有机质和碳酸钙的含量高低对其分散的影响却看不出规律性。

4. 去有机质、去碳酸钙(处理4)和去有机质,不去碳酸钙(处理2)的比较:所有供试土样中,同一土样的处理4均较处理2的细粘粒含量高。可见,土壤中单含碳酸钙时对细粘粒的分散是有影响的,而且较单含有机质时影响大。

5. 去有机质、去碳酸钙(处理4)和不去有机质、不去碳酸钙(处理1)的比较:除1和5号土样外,其余7个土样各自的处理4均较其它三个处理的分散理想,细粘粒的分散度也最高。进一步说明土壤中有有机质和碳酸钙同时存在时对细粘粒的分散影响大。

6. 不去有机质、去碳酸钙(处理3)和去有机质、不去碳酸钙(处理2)的比较:所有供试土样中,同一土样的处理3均较处理2的细粘粒含量高。同样说明了碳酸钙对细粘粒分散的影响较有机质大。

从上述结果看出,不论碳酸钙或有机质含量多少,对土壤颗粒分析(主要看 <0.001 毫米细粘粒的含量)均有不同程度的影响。它们含量多少和土壤中细粘粒的含量高低,对土壤分散的影响大小呈正相关。土壤中同时含有碳酸钙和有机质时影响最大,单含碳酸钙的比单含有机质的影响大。因此,在土壤颗粒分析前凡含有碳酸盐的土样以进行脱钙处理为宜。至于有机质是否除去或去到何种程度则需酌情处理。

有关洗失量的问题,我们认为在碳酸盐土壤的颗粒分析时,应将洗失量%单独列为一栏。洗失量 $\leq 10\%$ 的土样,以烘干样品重作为基础,计算各级颗粒含量%;洗失量 $>10\%$ 的土样,则以洗除碳酸盐和有机质后的烘干土样重为基础计算。这样,可避免所测各级颗粒组成及质地

表3 碳酸钙和有机质对细粘粒(<0.001毫米)分散的影响

土样号	碳 酸 钙 (%)	有 机 质 (%)	处 理	颗粒(<0.001毫米)含量 (%)			结构系数 (%)
				加分散剂 a	不加分散剂 b	a - b	
1	8.36	0.73	(1)	4.9	1.0	3.9	79.6
			(2)	2.7	2.6	0.1	63.0
			(3)	4.2	2.1	2.1	76.2
			(4)	4.1	4.1	0	75.6
5	5.68	1.11	(1)	7.6	1.5	6.1	80.3
			(2)	5.8	3.7	2.1	74.1
			(3)	6.8	3.0	3.8	78.0
			(4)	6.9	6.6	0.3	78.3
8	6.96	1.24	(1)	13.2	2.1	11.1	84.1
			(2)	11.0	5.0	6.0	80.9
			(3)	13.5	5.8	7.7	84.4
			(4)	14.3	11.2	3.1	85.3
13	6.14	1.14	(1)	12.9	2.5	10.4	80.6
			(2)	13.3	4.4	8.9	81.2
			(3)	16.7	5.3	11.4	85.0
			(4)	16.8	11.8	5.0	85.0
23	0.04	2.55	(1)	16.8	2.0	14.8	88.1
			(2)	17.8	10.8	7.0	88.8
			(3)	18.0	2.3	15.7	88.9
			(4)	18.7	10.4	8.3	89.3
3	8.85	1.94	(1)	17.8	2.9	14.9	83.7
			(2)	16.1	6.5	9.6	82.0
			(3)	18.8	5.2	13.6	84.6
			(4)	19.7	11.9	7.8	85.3
19	0.11	3.10	(1)	18.0	1.9	16.1	89.4
			(2)	20.6	13.1	7.5	90.8
			(3)	22.1	2.4	19.7	91.4
			(4)	23.5	12.2	11.3	91.9
6	6.49	1.86	(1)	21.9	3.9	18.0	82.2
			(2)	19.6	6.8	12.8	80.1
			(3)	25.6	6.6	19.0	84.8
			(4)	26.4	16.5	9.5	85.2
22	0.21	3.55	(1)	24.1	3.1	21.0	87.1
			(2)	24.0	15.8	8.2	87.1
			(3)	24.2	4.0	20.2	87.2
			(4)	27.2	13.2	14.0	88.6

注：处理：(1) 不去有机质、不去碳酸钙，(2) 去有机质、不去碳酸钙，(3) 不去有机质、去碳酸钙，(4) 去有机质、去碳酸钙。

$$\text{结构系数}(\%) = \frac{E - F}{E} \times 100\%$$

式中：E——经不同处理后土壤颗粒分析时<0.001毫米的细粘粒含量%，即表3a，

F——处理(1)中微团聚体分析时<0.001毫米的微团聚体含量%，即表3b。

偏轻。

其次，从表3 a-b来看，同一土样各处理中，一般都以处理4去有机质、去碳酸钙的a-b之值较其它三处理的小，可见，完全去除胶结剂的土样再加分散剂，有的土样细粘粒的含量可增加一倍多。

小 结

1. 对在长江冲积物、太湖湖积物及下蜀黄土三种母质上发育的水稻土(共18个土样),用吸管法做土壤颗粒分析时,如只需了解土壤质地,土壤处理可采用中性盐分散法,因其处理简便,同一土样相同处理间的重复也较其他三法稳定。如需进一步了解各级颗粒组成,特别是要知道细粘粒(<0.001 毫米)的含量时,建议采用综合法。

2. 土壤中碳酸钙和有机质的存在,对土壤颗粒的充分分散有不同程度的影响,并取决于它们的含量和土样中细粘粒的含量。二者含量愈高,对分散的影响愈大,反之则小。土壤中同时含有碳酸钙和有机质时影响最大,单含碳酸钙的比单含有机质的影响大。因此,在土壤颗粒分析前,对于含有碳酸盐的土样,最好进行脱钙处理。

参 考 文 献

- [1] 夏家洪、熊毅、顾月兰,石灰性土壤机械分析的良好分散剂——偏磷酸钠。土壤学报,第2卷3期,178—186页,1953。
- [2] 邓时琴、夏家洪、熊毅,土壤机械分析比重计法的研究。土壤学报,第6卷1期,70—83页,1958。
- [3] 卡庆斯基, H.A., (田积堂等译), 土壤机械组成微团素组成及其研究方法, 32—50页, 科学出版社, 1964。
- [4] Bayer, L.D., Soil physics. 4-th ed., 1—40, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1972。
- [5] Кореневская, В. Е., О методах подготовки почв к механическому анализу. Вестн. МГУ, No.8, 1953。
- [6] Махарова, А. Ф., Сравнительная оценка некоторых методов подготовки почв к механическому и микроагрегатному анализам. Изд-во МГУ, М., 1955。
- [7] 汪仁真、刘耀华, 有机质对土壤质地分析的影响。土壤, 第2期31—32页, 1961。

(上接第188页)

4.2ppm, 绿肥(黑豆+芸芥)的土壤有效磷(P)临界值为4.5ppm。

3. 上述临界值是在施磷配合施氮条件下,以纯磷增产效果确定的,试验点有84%以上是显著增产的。若亩施土粪6000斤(不加氮肥),则获得增产的试验点数为64%。

参 考 文 献

- [1] 蔡耀辉, 几种测定石灰性土壤有效磷的方法比较。土壤学报, 11(2): 215—217, 1963。
- [2] 史陶钧等, 酸性水稻土有效磷测定方法的研究。土壤学报, 16(2): 409—413, 1979。
- [3] Catc, R.B., Tr. and L.A., Nelson, Soil Sci. Soc. Am. Proc., 35: 658—660, 1971。
- [4] 蔡耀辉, 陕西省关中地区石灰性土壤上影响磷肥肥效的探讨。土壤学报, 13(1): 39—45, 1965。