

# 中性水稻土的胶体含量及其对土壤物理性质的影响\*

陈家坊 何群

(中国科学院南京土壤研究所)

我们在研究苏州地区水稻土发僵问题时[1,2],除了测定土壤的某些物理性质外,还测定了土壤胶体的数量和特性,希望从它们之间的表观联系,瞭解某些田块土壤物理性质恶化(即发僵)的原因,为提高和保持水稻土的肥力提供部分科学依据。本文只讨论土壤胶体含量及其对土壤某些物理性质的影响。

## 一、供试土壤和测定方法

供试土壤中,1973和1974年所采的标本,其基本情

况和测定数据已经发表[1,2],1975年的标本采自无锡县东亭大队,代表不同通透性的七个黄泥土剖面\*\*。七个剖面中,据群众经验和剖面形态:2、4、7三个剖面为爽水田;1号排水不畅,土壤通透性差;3号原为爽水田,后因排水出路变差,田块有成为囊水田的趋势,田面易开裂大缝,心土层呈灰色;5号为囊水田;6号属过渡型。各剖面的主要特征和氧化还原电位分别如图1和图2所示。

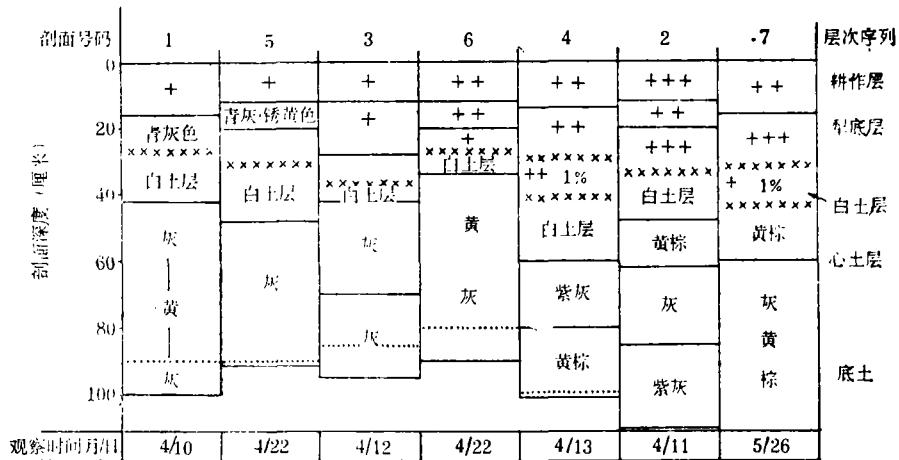


图1. 土壤剖面特征示意图(1975)年

注: (1) “+”示锈色斑纹的数量; (2) “……”观察时见水深度;

(3) “××××”除注明土壤有机质含量外,此线以上有机质含量>1.8%,此线以下<0.6%; (4) ——或××××土层界

土壤有机质和粘粒含量按常规法测定。无定形氧化硅用0.5N NaOH热提取——硅钼兰法[3]。游离氧化铁用柠檬酸钠—连二亚硫酸钠提取,α、α'联二吡啶显色[4]。络合态铁的测定应用pH 8.0—8.5的0.1M焦磷酸钠提取——邻菲罗啉显色法[5]。

## 二、土壤胶体物质含量及其作用

本文所称胶体物质,包括土壤有机质、粘粒、游离氧化铁和无定形物质。上述方法所测定的硅和铁氧化物,绝大部分存在于粘粒中。现将分析结果列于表

\* 邵宗臣同志参加部份测定。

\*\* 剖面观察和田间测定均由1975年4月在本所东亭点工作的同志共同完成。

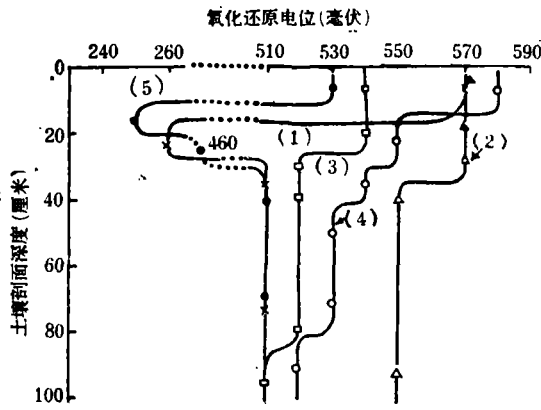


图2 剖面各层的土壤氧化还原电位(1975年)

注: (1) 7号剖面未测定, 6号除犁底层为500毫伏外, 其它各层次土壤电位与4号相近似。

(2) 刘元昌同志参加测定。

1、2。

表1 1974年标本(1)的分析结果(风干土为准)

标本号	有机质 %	游离氧化铁 (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %)	无定形硅 (SiO <sub>2</sub> %)	络合态铁 Fe毫克 /100克土	土质情况或群众反映
1	2.47	2.24	1.56	32.5	松
2	2.37	2.27	1.20	20.0	板
3	2.75	2.87	1.72	33.0	很松
4	1.90	1.89	1.18	25.8	松
5	2.68	1.82	0.94	20.3	僵
6	2.49	1.86	1.05	28.8	松
7	2.75	2.25	1.29	27.0	松
8	2.12	1.53	1.01	22.5	僵
9	2.84	2.20	1.40	46.5	僵
10	2.54	2.06	1.52	53.0	松
11	2.89	1.95	1.33	38.8	松
12	2.15	2.01	1.47	42.0	不松
13	2.72	1.53	0.90	14.3	松
14	3.08	1.73	1.07	32.0	松
15	2.83	1.82	1.37	34.5	僵

过去曾指出发僵土壤一般有机质含量较高[2]但从表1,2来看除因发僵土壤的持水能力较强,通透性差[1,2],有利于有机质的积累外,施用有机肥的数量和质量也影响水稻土中有机质的含量。表1,2所示土壤有机质含量与土壤孔隙度、粗细孔隙比例,或土块抗压强度都不显相关性,说明有机质与上述土壤物理性质的关系,可能受有机质特性和土壤粘粒含量的影响。可是,过去的资料[2]曾指出粘粒含量与土壤物理性质的相关性也未再现。但是从图3可以看出有机质和粘粒含量的比值,与干土块的总孔隙度呈良好的正相关

( $r=0.64$   $p<0.001$ ,  $r^2=0.41$ )。而这一比值与自然含水量和pF 2条件下的总孔隙度并不显相关性。

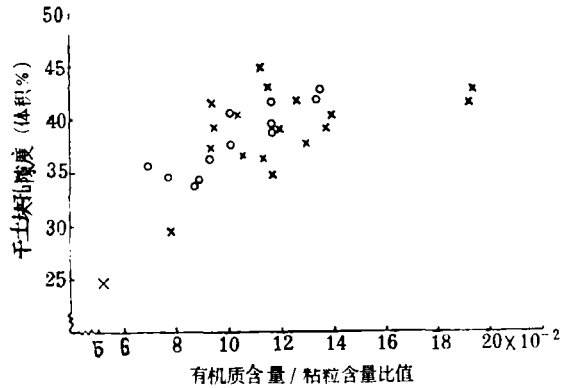


图3. 土壤有机质和粘粒含量比值与干土块孔隙度的关系

注: 图中×为1973年资料[2], o则为1975年资料, 参见表2, 以下同。

游离氧化铁和无定形硅的含量, 约占粘粒量的10—15%与土壤孔隙之间似无规律性的关系。但是土壤中无定形硅含量(SiO<sub>2</sub>%), 与土块的抗压强度却呈一定的负相关性(图4), 与1973年的实验结果[2]相同, 而游离氧化铁(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>%)同土块抗压强度之间并无相关性, 与1973年资料[2]不一样。

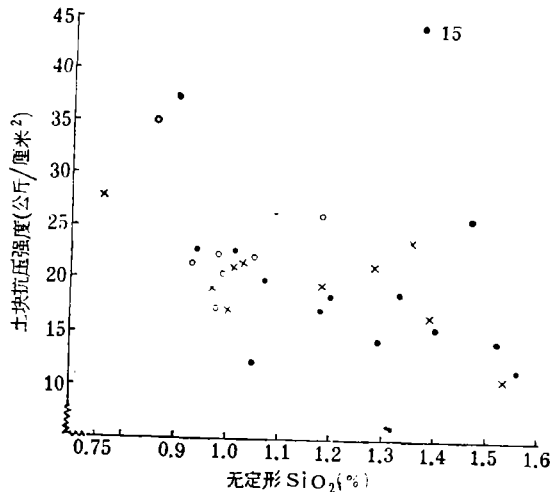


图4. 土壤中无定形氧化硅对土块抗压强度的影响

注: 图中·为1974年所采标本, 以下同。

从表3可看出, 除个别标本外(如图4右上角1974年的15号标本, 其抗压强度高达每平方米44.4公斤), 大多数供试标本(32个)中, 无定形氧化硅含量与土块抗压强度( $<38$ 公斤/厘米<sup>2</sup>), 呈良好的负相关。偏相关系数表明在上述相关性中游离氧化铁的影响甚微。

表 2

1975年七个剖面各层次的一些理化性质(风干标本)

剖面号	层次(厘米)	有机质 (%)	游离 氧化 铁 ( $Fe_2O_3\%$ )	无定形硅 ( $SiO_2\%$ )	络合态 铁 Fe 毫 克/100克土	粘粒* ( $<0.001$ 毫米%)	干土块总 孔隙度** (体积%)	土块抗压 强度* (公斤/厘米 <sup>2</sup> )
1	0—15	2.12	2.08	0.98	22.8	22.9	36.2	17.4
	15—27	2.01	2.63	0.86	26.7	23.0	33.6	35.0
	27—42	0.47	1.90	0.89	4.5		34.4	
	42—100	0.45	3.00	1.43	2.8		29.8	
	100—110	0.34	2.63	1.18	2.3		30.2	
2	0—12	2.33	2.19	1.18	25.0	26.3	36.2	26.0
	12—20	2.11	2.13	1.03	18.0		35.4	
	20—33	1.88	2.16	1.05	17.5	26.7	35.8	22.3
	33—47	0.49	2.66	1.13	1.6		34.7	
	47—62	0.38	3.99	1.28	1.5		30.6	
	85—110	0.29	2.60	1.13	1.5		29.4	
3	0—12	2.98	1.54	0.98	31.5	21.9	42.6	22.4
	12—27	2.91	1.62	0.99	26.8	21.7	41.8	20.5
	27—37	1.99	1.96	0.95	19.0		37.4	
	37—42	0.56	2.77	1.11	4.5		37.7	
	42—70	0.48	2.42	1.44	1.6		32.4	
	70—95	0.36	2.13	1.14	1.0		28.7	
4	0—14	2.55	1.90	0.93	27.5	25.1	37.4	21.6
	14—30	2.03	2.02	0.84	15.0	26.3	34.7	30.8
	30—40	1.01	2.10	0.77	6.3		35.5	
	40—60	0.49	2.67	0.82	4.0		36.9	
	60—80	0.66	2.41	1.21	3.1		30.6	
	90—100	0.51	2.16	1.53	2.8		35.1	
5	0—12	2.71	1.79	1.07	30.0	23.1	38.9	
	12—20	2.58	1.72	1.04	23.0	22.0	38.5	
	20—31	2.29	1.75	0.84	13.3		38.9	
	31—48	0.43	1.98	0.87	2.5		35.1	
	48—90	0.52	2.48	1.43	2.8		29.8	
6	0—12	2.53	2.04	1.10	37.5	25.1	37.4	
	12—20	2.49	2.19	1.04	35.0	21.3	37.0	
	20—27	2.39	2.15	1.00	30.0		41.9	
	27—33	0.61	3.28	1.00	5.8		31.0	
	33—48	0.63	2.87	0.97	4.1		28.3	
	48—90	0.51	2.24	1.09	2.5		31.0	
7	0—15	2.35	1.99	1.06	51.5	25.5		
	15—31	2.16	1.73	1.03	37.5	25.6		
	31—43	1.05	1.31	1.33	7.3			
	43—60	0.43	2.30	1.50	9.5			
	60—	0.42	2.80	1.52	8.5			

\* 土块抗压强度和粘粒含量均由土壤物理室提供。

\*\* 封腊法测定,重复4次,土壤比重以2.65计。

当然,无定形硅也不是决定土块抗压强度的主要因素,因为 $r^2 < 0.3$ 。再则 $0.5N NaOH$ 法有溶蚀层状硅酸盐矿物的作用[6],影响无定形硅的测定量。当土壤pH在中性以下时,矿物中的硅常以水溶性 $Si(OH)_4$ 进入土壤液相,以后因脱水而淀积,或以 $H_3SiO_4$ 形态被土壤中铁铝氧化物所吸附[7,8]。这部分 $SiO_2$ 易为 $0.5N NaOH$ 所提取。看来无定形硅并不是形成微团聚体的胶结物质,而似属土壤孔隙的填充物,从而对土块的抗压强度产生一定的负影响。这与土壤中形成脆盘的原因相似[9]。

表3 无定物质含量同土块抗压强度的相关性

标本数	33			32		
	Si-Ap	Fe-Ap	Si-Fe	Si-Ap	Fe-Ap	Si-Fe
相关系数	-0.320	-0.140	0.356	-0.512	-0.170	0.375
P<0.1	不显著		P<0.05	P<0.001	不显著	P<0.02
偏相关系数	Si-Ap	Fe-Ap	Si-Ap	Fe-Ap		
	-0.313	-0.032	-0.537	0.035		
	P<0.1	不显著	P<0.001	不显著		

注 Si——无定形硅( $SiO_2\%$ ), Fe——游离氧化铁( $Fe_2O_3\%$ ), Ap——土块抗压强度(每平方米公斤数)。

土壤中游离氧化铁的含量,与土块孔隙度和抗压强度之间相关性虽不显著,但1975年1—6号剖面各土层的自然含水量(渍水层次剔除),与无定形氧化硅同游离氧化铁的分子比率的正相关趋势,却说明土壤中游离氧化铁对孔隙性的影响。因为无定形氧化硅充填孔隙,有利于持水孔隙的增多,而游离氧化铁可能在形成大团聚体时具有一定的作用[10]。

### 三、土壤络合态铁的含量及其作用

应用焦磷酸钠以提取土壤络合态铁是有争议的,有人认为焦磷酸钠可能提取出水合氧化铁和其它含铁矿物中的铁[11],但较近的研究证明:焦磷酸钠提取土壤中有机物质同铁的络合物是有专性的[12]。本工作中应用此法测定土壤络合态铁,不仅因为它具有选择性,而且也比较简便。

供试样本中凡耕层或有机质较高的层次,每100克风干土含络合态铁约在15—52毫克(Fe)之间,而剖面中30厘米以下直至80—100厘米,就锐减至6毫克以下,个别的可为7—9毫克(表1,2,4)。络合态铁占游离氧化铁的百分数,在土壤有机质大于2%时,约在1.2—3.7%间,其下层次则降至0.07—0.6%。根据测定结果,络合态铁同土壤孔隙之间未见数量上的相关

性。从表1各组对此标本的分析结果来看,松土的络合态铁含量高于僵土,但亦有相反的情况。尽管如此,风干土的络合态铁含量同土块抗压强度之间却有一定的负相关(图5), $n=33$ 时, $r=-0.292, p<0.1$ 。如排除1974年的<15>号标本,则 $r=-0.740, p<0.001, r^2=0.548$ 。远比图4中的相关性为高。

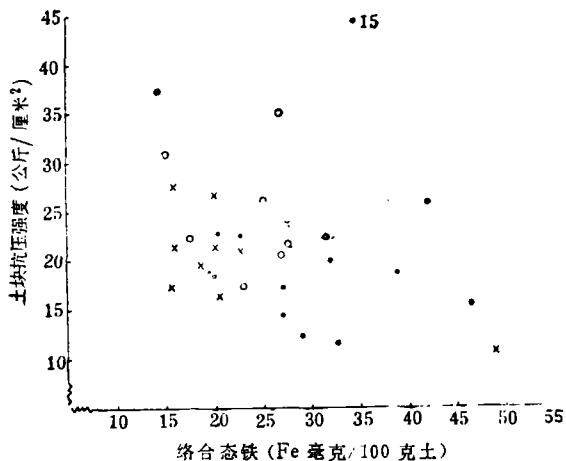


图5 土壤络合态铁对土块抗压强度的影响

不同土壤中络合态铁占游离氧化铁百分比的差别甚大,说明络合态铁与游离氧化铁含量之间无相关性。但络合态铁量与土壤有机质含量却密切相关。我们曾用回归方程式: $y = bx + c$ 表示两者间的关系,式中y为络合态铁(Fe,每百克风干土毫克数),x为有机质含量(%),b、c为常数。根据表2所示数据的计算结果(七个剖面分别计算),其相关系数为0.92—0.99,p值除5、7号剖面小于0.01外,其它均小于0.001。表明土壤中络合态铁的含量主要决定于土壤有机质的含量。但b、c值分别在10.5—18.2和-8.4—0.8之间,设 $y=0$ 时的x值变动在-0.04—0.63之间,反映七个剖面的有机质在特性上有差异。为此,我们曾将1973年所采的僵土和松土[2]进行淹水还原处理,而后测定其水溶性、交换性铁(中性N醋酸铵提取,以交换性铁为主[13])和络合态铁(表4)。从各对比标本的分析结果来看,一般是僵土的水溶性、交换性铁含量高于松土,而松土则络合态铁含量较僵土为高。

根据表4数据,我们还计算土壤有机质含量(%)与络合态铁(Fe毫克/100克干土)或与水溶性、交换性铁(Fe毫克/100克干土)的相关系数。根据计算结果(表5),可以看出这样的迹象,即松土的有机质在渍水还原的条件下,不仅为铁的价格转化提供电子,而且可为络合态铁的形成提供配合基,其数量与有机质含量

表4 风干土和渍水还原后络合态铁等含量

标本号	土质情况 (群众反映)	有机质* %	无定形铁* (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %)	络合态铁		
				Fe 毫 克/100 克风干土	水溶性交 换性铁 Fe 毫 克 %	渍水还原以后 络合态铁 Fe 毫 克 %
无一1	松	2.38	1.83	19.6	87.0	44.7
无一2	僵	2.47	1.62	16.0	54.0	34.8
无一3	松	2.63	2.04	25.0	89.0	62.0
无一4	僵	3.00	1.62	27.7	124	53.3
无一6	松	2.33	1.88	19.6	89.5	60.5
无一7	僵	2.68	1.83	20.0	113	49.5
无一8	松	2.12	1.87	15.6	56.0	74.0
无一9	僵	2.22	1.86	22.8	70.0	57.5
无一12	僵	2.29	1.53	16.0	70.0	55.5
无一13	松	2.38	1.70	20.0	65.0	63.5
无一17	松	3.03	1.62	49.0	180	127
无一18	僵	2.52	1.77	27.5	110	87.5
无一19	松	2.42	1.94	20.6	85.5	61.5
常一1	松	3.82	1.80	30.0	93.8	96.0
常一3	松	2.62	2.15	21.2	98.0	65.5
常一5	僵	1.43	1.83	12.6	44.5	40.8
常一6	松	2.24	2.03	13.8	67.0	50.5
练一3	僵	3.03	2.99	27.4	188	108
练一7	松	3.29	2.57	28.0	174	144

注: \*引自1975年的资料[2],常一5、6为未发表资料。

呈正相关。而僵土中有机质所提供的配合基数量较少,并与有机质含量不显相关性,说明僵土和松土中有机质的特性有一定的差异。

表5 土壤有机质含量同络合态铁(A)以及同水溶交换性铁(B)的相关性  
(土壤经渍水还原以后)

土壤	标本数	A		B	
		相关系数(r)	显著水平	相关系数(r)	显著水平
僵土	8	0.449	不显著	0.801	<0.01
松土	11	0.724	<0.01	0.607	<0.05

#### 四、提 要

根据本文的初步研究,有如下的一些印象:(1)土壤有机质含量和粘粒含量的比值与干土块的总孔隙度呈良好的正相关;(2)无定形氧化硅和络合态铁与土块的抗压强度呈一定的负相关;(3)游离氧化铁为土壤中较为复杂的胶体物质,同土壤孔隙度和土块抗压强度间没有显示相关性;(4)松土的有机质在渍水还原后提供配位基的数量较多,且与有机质含量呈正相关,僵土的有机质则否。表明这两种物理性质不同的土壤,其有机质特性上也有差异。

#### 参 考 文 献

- [1] 陈家坊、赵诚斋、周正度, 苏州地区水稻土发僵田块耕层的土壤孔隙特性。土壤,第3期,81—85页,1978。
- [2] 陈家坊、武玫玲、何群、刘彬, 苏州平田地区水稻土发僵问题的探讨。土壤,第6期,286—291页,1975。
- [3] Hashimoto, I. & Jackson, M.L., Rapid dissolution of allophane and kaolinite after dehydration. Clays & Clay Min. 7:102-113, 1960.
- [4] Aguilera, N.H. & Jackson, M. L., Iron oxide removal from soils and clays. S.S.S.A.P.17: 359-364, 1953.
- [5] Александрова, Л.Н., О применении пирофосфата натрия для выделения из почвы свободных гумусовых веществ и их органо-минеральных соединений, почв. №2,90-97, 1960.
- [6] Hetur, J.M. & Jeanroy, E., The differential solubility of iron, silica and alumina in dilute sodium hydroxide and dithionite reagent. c.f. Soil & Fert. 37(2427),1974.
- [7] Koji wada & M.E.Warward, Amorphous clay constituents of soils. Adv. in Agron. 26:211-254, 1974.
- [8] Mckeague, J.A. & Cline, M.G., Silica in soil solution. (1). Canad. J. soil sci. 43:70-82,1963.
- [9] Mckeague, J.A. & Cline, M.G., Silica in soils. Adv. In Agron. 15:339-389, 1963.
- [10] Arca, M. N. & weed, S.B., Soil aggregation and porosity in relation to contents of free iron oxide. soil sci. 101:164-170, 1966.
- [11] Титова.Н.А, Железо-гумусовые комплексы некоторых почв. Почв. №121, 38-43, 1962.
- [12] Mckeague, J.A. et al., Differentiation of forms of extractable iron and aluminium in soils. S.S. S.A.P. ,35:33-38, 1971.
- [13] 保学明等, 水稻土中氧化还原过程的研究, VII, 亚铁存在形态。土壤学报,第12卷3期,297-306页,1964。