

# 土壤知识通俗讲话

## 十五、土壤中的胶体

許冀泉

### 一、什么是土壤胶体

在解释这个名词之前，让我们先做一个简单的实验：挖一小块土放入玻璃杯中，加一点儿浓盐水湿润以后，用手指研磨成泥浆状，然后加入开水冲稀，这时，整个玻璃杯都变浑浊了。当我们过一会儿再去看来，我们就会发现杯中的土已分成了许多层次。下部是粗砂，上部是一些较细的砂子，最上层是颜色较深的细土粒，而在水中悬浮着的，则是更细的土粒，这些土粒甚至于放置几个月也不能完全沉下去。这些现象告诉我们，土壤中包含有无数大大小小的砂粒和土粒。

平常的土粒都是由许多颗粒聚集而成的团聚体，用手指研磨可以拆散团聚体，使它成为微团聚体和单独的土粒。煮沸和加入适量钠盐都是为了帮助它分散得好。大的土粒直径可以达到几厘米，小的土粒直径只有几毫微米（一毫微米等于千万分之一厘米），肉眼看不见，在电子显微镜下放大数千倍或数万倍后才能看得清。

通常把直径在1—100毫微米之间的颗粒称为胶体颗粒，因为这样微小的颗粒一般都具有胶体的特性。胶体的首要特性是它具有巨大的比面（单位体积的总表面积），有显著的表面性能。拿土壤胶体来说，土壤

吸收水分和粪肥中的臭气的的能力，就是土壤胶体具有表面性能的表现。其次，胶体常带电荷，或带正电，或带负电，因此，在胶体表面能牢固地吸附电性相反的离子。氨态氮能保留于土壤中，而硝态氮不易保留，就是由于土壤胶体平常都带负电荷，好吸附阳离子  $\text{NH}_4^+$  而排斥阴离子  $\text{NO}_3^-$ ，使后者随土壤溶液而流失。

颗粒大小不是决定胶体特性的唯一因素，直径比一般胶体的上限大1—2倍的土粒就已具有胶体的特性，所以，俄国著名的土壤化学家盖德罗茨茨把直径在250毫微米以下的土粒叫做土壤胶体。粘性土所含胶体多，砂性土所含胶体少。土壤胶体在整个土壤中所占的分量虽然不很大，但是，由于它具有表面性能，并带有电荷，所以，是土壤中最活跃的部分。

### 二、土壤胶体的组成

从土壤胶体中可以分出有机胶体和矿质胶体两部分。黄土的胶体呈黄色，但是，由黄土变来的黑土的胶体却是黑色的。这是由于黑土胶体中有有机质较多的缘故。如果把黑土的有机胶体用浓的双氧水氧化掉，就可以看出黑土胶体的颜色实际上比黄土胶体还要淡些，这是土壤中矿质胶体本身的颜色。黄土和红土有机胶体很少，它们的颜色是由蒙在矿质胶体表面的氧

表1 土壤中常见的粘土矿物的化学组成(%)

粘土矿物	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{K}_2\text{O}$	吸着水	结晶水	
水化云母类	伊利石	50—56	25—30	2—6	0—2	2—4	4—6	3—4	7—8
	蛭石	30—40	7—15	3—11	<1	20—30	<1	4—10	12—14
蒙脱类	蒙脱石	50—60	11—22	0—6	0—3	2—8	0.1—3	>10	2—3
	绿脱石	41—55	4—15	10—31	0.3—3	0.3—6	<1	8—17	6—10
高岭类	埃洛石	43—47	36—40	<1	—	—	—	3—5	13—15
	高岭石	40—50	30—40	<1	—	—	—	1	12—14
二三氧化物	三水铝矿	—	65	—	—	—	—	—	35
	针铁矿	—	—	89.9	—	—	—	—	10.2
	赤铁矿	—	—	100	—	—	—	—	—

化鉄胶膜所引起的。氧化鉄胶体的形态和数量不同，所产生的颜色也不同。矿质胶体是土壤的主要部分。

(1) 土壤中的矿质胶体：矿质胶体又可分为晶质的粘土矿物和非晶质的硅酸和鉄鋁二三氧化物。

粘土矿物是岩石在风化和成土过程中形成的次生矿物，是一般粘土的主要成分，所以，被称为粘土矿物。根据化学分析，它们含有硅、鋁、鉄、氧、氢及少量鈣、鎂、鉀等元素，表1中所列，是土壤中常见的几种粘土矿物的主要化学组成。硅、鋁和氧(或氢氧)等以一定的次序排列起来，即形成一定的晶体结构。每个硅原子与四个氧原子组成一个基本结构单位，称为硅氧四面体，而鋁原子则与六个氧原子组成一个基本结构单位，称为鋁氧八面体。因为氧原子比硅原子和鋁原子大一—2倍，所以，硅原子和鋁原子被氧原子包围在中心(见图1,2)。各种粘土矿物在结构上的不同，主要是四面体和八面体结构单位的数量和排列不同。

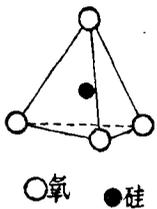


图1 硅氧四面体

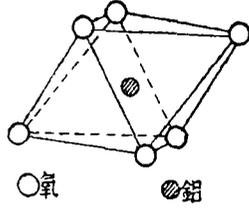


图2 鋁氧八面体

现在已经知道的土壤次生矿物有十几种，但根据其结构的相似性，可归纳为几大类，其中最重要的是：水化云母类、蒙脱类、高岭类以及鉄鋁二三氧化物矿物(三水鋁矿、針鉄矿和赤鉄矿等)。前三大类属于层状水化鋁硅酸盐类，其四面体和八面体成层状排列，水化云母和蒙脱类矿物中四面体层与八面体层之比为2:1，称为2:1型矿物。高岭类矿物由一层四面体与一层八面体组成，称为1:1型矿物。此外，粘土和土壤胶体中还经常含有细小的原生矿物，如云母、长石和石英，这些矿物也是主要由硅、鋁和氧所组成的。

在风化和成土过程中，从矿物和动植物残体中分解出来的硅酸和鉄鋁二三氧化物，受土壤溶液反应和电解质的影响，好象豆浆遇到石膏凝聚成豆腐一样，成为絮状的凝胶而沉淀下来。鉄鋁二三氧化物凝胶的分子没有一定的排列次序，所以，没有一定的晶形，叫作无定形胶体。

各类土壤中的矿质胶体组成很不相同，华南红壤以高岭石、赤鉄矿和三水鋁矿为主，华北一带的土壤以水化云母类矿物为主，而在东北黑土的胶体中则有较多的蒙脱矿物。矿质胶体的组成在一定程度上反映了各类土壤的发生学特征。

(2) 土壤中的有机胶体：关于土壤中有有机胶体的本性和形成过程，现在还没有十分明白，但是，可以把有机胶体分为下列两大类：

1) 动植物有机体的代谢产物和有机残体的分解产物——木质素、纤维素、蛋白质和醣醛酸等。

2) 由上述这些产物经缩合或聚合作用而形成的高分子化合物——腐殖酸。

腐殖酸是在土壤中形成的特殊有机物，也是土壤有机胶体的主要部分，约占有机胶体总量的85—90%。各类土壤中腐殖酸的质和量，随土壤成育的环境而有规律的变化，各种腐殖酸都似乎可以看作是一系列分子大小不等的混合物(所谓高聚物体系)，没有明显的结晶构造。含碳量较低，含氧量较高，分子较简单的叫富啡酸；含碳量较高，含氧量较低，分子较复杂的叫胡敏酸。富啡酸和胡敏酸的元素组成列于表2。

表2 富啡酸和胡敏酸的元素组成(%)

腐殖酸	碳	氢	氧	氮
富啡酸	44—48	3.5—5	44—48	3—4
胡敏酸	52—62	3—4.5	30—39	3.5—5

土壤中的这些胶体，相互之间有密切的联系。鉄鋁二三氧化物胶体是两性胶体，但在一般土壤的条件下，常带正电荷，所以，它能与带负电的粘土矿物、硅酸胶体和有机胶体结合成复合体，或在这些胶体之间起桥梁作用，把它们互相联结起来。有机胶体还可通过吸附在粘土矿物表面的钙离子或鋁离子等而形成胶膜。有机-矿质胶膜是成土过程的产物。

土壤胶体的组成经常在变化着。植物和某些微生物(如硅酸盐细菌)能利用云母和水化云母类矿物中的钾，引起矿物的分解，富啡酸和其他有机酸能强烈分解粘土矿物。硅酸和鉄鋁二三氧化物凝胶不断在土壤中形成，又不断随着时间的过程而逐渐由老化而结晶成石英和二三氧化物矿物。土壤中随时进行着有机胶体的分解、合成和转化。微生物的活动在这些方面起了主要的作用。有机胶体与矿质胶体结合后，稳定度大大提高，有利于有机胶体的积累，但是结合的状态和数量随矿质胶体而异。

生活在土壤中的动物如蚯蚓、蚂蚁、昆虫、田鼠等，攪松土壤，搬运、消化植物残体，转化有机胶体。

人为活动对耕作土壤的胶体起着积极的影响。农民每年往地里施入大量的有机肥料，使土壤增加了不少有机胶体。犁、耙、深翻、浇、灌，创造了适宜的土壤物理状况和微生物活动条件，促进土肥相融，改变着土壤胶体的组成、状态、含量和分布，把生土变为熟土，熟土变为油土。人定胜天，我们将来一定能使土壤胶体朝着有利的方向改变。