

土壤膠体

Н. И. 戈尔布諾夫著

科学出版社

65.2643
132

土 壤 膠 体

H. И. 戈爾布諾夫 著

許冀泉 蔣劍敏 譯

袁劍舫 辛德惠

熊 毅 校

≡k606/19

科 学 出 版 社

1952

Н. И. ГОРБУНОВ

ПОЧВЕННЫЕ КОЛЛОИДЫ

ИЗД. АН СССР, 1957

內 容 簡 介

土壤胶体和粘粒部分,也就是土壤高度分散的部分,对土壤的物理-化学性质及其肥力起着巨大的作用。本书简明扼要但又很全面地阐述了土壤胶体、土壤的主要物理-化学性质和它们所依赖的因子、土壤胶体在肥力中的意义以及研究土壤胶体的方法等等,有助于了解组成土壤的各组分的性质以及它们之间的相互作用,以便更好地研究土壤的性质。本书适合从事于土壤物理、土壤化学和农业的科学工作者及教学人员阅读。

土 壤 膠 体

Н. И. 戈尔布诺夫 著

許 冀 泉 蔣 劍 敏 譯
袁 劍 舫 辛 德 蕙

*

科学出版社出版 (北京朝阳门大街 117 号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总经售

*

1959 年 7 月 第 一 版

1959 年 7 月 第一次印刷

(京) 0001-4,500

书号: 1790 字数: 90,000

开本: 787×1092 1/27

印张: 4 插页: 4

定价: (9) 0.55 元

中文版序言

中国专家們决定用本国文字发表我們的“土壤胶体”一书。在我知道这个决定以后,我要向付出自己劳动的中国同行們,特别是譯者許冀泉、蔣劍敏、袁劍舫、辛德惠等同志以及热誠地同意校閱譯本的熊毅教授表示深切的謝意。

土壤高度分散部分,也就是土壤胶体和粘粒部分,对土壤的物理、化学性質及其肥力起着巨大的作用。这个結論是根据无数的研究結果得出的,其中俄国和苏联学者們的研究占着光榮的地位。

但是,农业专家們,特别是年輕的农学家和大学生們,有时却对胶体的作用估計不足。缺乏广大讀者所易接受的书籍,是造成这种状况的原因之一。

我写这本书就是企图弥补这方面的一部分缺陷,希望它能促进土壤胶体知識的传播,使現代科学的成就更加广泛地应用于土壤研究。

作者也希望本书中文版的发行,能促进中苏两国土壤学家、农业化学家及其他专家們之間工作經驗的交流和科学协作的进一步发展。

作者恳求中国讀者們提出自己对本书今后改进的批評意見和希望。



目 录

中文版序言	iii
緒言	1
I. 土壤胶体与土壤吸收性能	3
1. 胶体是什么	3
2. 胶胞的构造	5
3. 土壤与胶体的化学組成	11
4. 土壤与胶体的矿物組成	16
5. 土壤胶体的状态(溶胶和凝胶)	25
6. 土壤吸收性能	29
7. 土壤吸收性能的种类	31
8. 吸收性阳离子和交换性阳离子	33
9. 阴离子吸收	40
II. 土壤溶液和土壤空气	45
1. 土壤吸收性阳离子与溶液阳离子的交换	45
2. 土壤溶液	47
3. 土壤酸度和硷度	50
4. 土壤和土壤溶液的緩冲性	59
5. 土壤中的氧化-还原現象	62
6. 紧結合水(土壤吸湿水和最大吸湿水)	63
7. 松結合水	67
8. 土壤空气	68
III. 土壤胶体和土壤物理性質	72
1. 胶体和土壤的膨胀	72
2. 土壤的粘着性和硬度	74
3. 土壤結構和微結構	80
4. 土壤胶体組成的变化	82

• i •

01051

IV. 研究胶体的专门方法	85
1. 从土壤中分离胶体和粘粒	85
2. 在研究土壤和植物中X射綫的应用	87
3. 土壤的热分析	93
4. 在土壤胶体研究中电子显微镜的应用	95
5. 在土壤研究中放射性原子的应用	98
6. 色层吸附分析	103
7. 用染料測定粘土矿物	106

緒 言

本書的任務是向讀者介紹土壤膠體、土壤的主要物理-化學性質和它們所依賴的因子及其在肥力中的意義。

土壤是非常複雜的自然體，由固體、液體和氣體組成。這些部分或組分彼此間是密切相互作用着的；其中一部分改變，其餘兩部分將不可避免地發生變化。

土壤固體部分含有植物養分，所以有巨大的意義。由於土壤礦物不斷的（雖然是緩慢的）溶解，營養物質得以進入溶液，然後被植物和微生物吸收。植物和微生物本身對土壤固體也發生作用：促進植物不能利用的物質轉化為能利用的物質。

土壤固體部分還含有植物養分的另一個來源——動物和植物有機體的殘體，它們分解後釋放出它們以前吸收的營養物質。

最後，土壤固體部分還包括施入的肥料，這是植物養分的第三個來源。

土壤固體部分是由各種大小的顆粒組成，從幾厘米到幾分之一微米（1 微米 = 0.001 毫米）。小於 0.25 微米的顆粒叫做膠粒，從 1 微米到 0.001 毫米的全部顆粒叫做粘粒。膠體和粘粒決定土壤的各種性質：粘着力、硬度、膨脹能力、吸收性能。

土壤固體部分的各種性質可用數量表示。因此本書中列舉了數字資料、插圖和圖表。為了取得表征土壤的數量資料，應用了各種各樣的方法。現代的理論水平和技術水平允許應用十分完善的方法如樂琴射線分析、差熱分析、電子顯微鏡、放射性同位素來研究土壤。但是這並不是說不能和不該應用以前的老方法。

土壤液體部分或土壤溶液與土壤固體部分是在不斷的相互作用着。土壤溶液的意義可從下面的事實得到理解：它是植物直接取得養分和水分的中介質。

土壤溶液的組成是很易變化的。在一年的各個季節中，在晝夜間，甚至在幾小時中，它都可能不同。溶液中鹽分的數量和組成隨土壤溫度和土壤含水量的變化而變化。在地下水升降，在水分水平運行和土壤乾燥時，土壤溶液組成的變化最劇烈。施肥也影響溶液的組成，同時影響土壤膠体表層的化學組成。土壤溶液中的鹽分與膠體的相互作用對土壤性質有巨大的意義。酸性土壤的施用石灰、鹼化土的施用石膏、鹽漬土的沖洗、酸化、施肥等等措施之所以能實現，就是由於考慮到這種相互作用。

土壤第三個組成部分——氣體部分或土壤空氣——與土壤固體部分和土壤溶液也是相互作用的。在干土中土壤空氣包圍了固體顆粒的表面並充滿了其間的孔隙。空氣的組成在極短的時間內也會改變。土壤空氣中的碳酸氣含量特別容易改變：其數量的變化取決於有機質的分解速度、活有機體的呼吸強度、土壤空氣和大氣的交換速度。

這樣說來就很明白了，要研究土壤性質就必須很好地了解組成土壤的各組分的性質以及它們之間的相互作用。這些問題在我們的土壤學專門文獻中已有所闡述。但是，有關土壤物理-化學性質和土壤膠體的科學普及讀物幾乎還沒有。本書的目的就是想在某種程度內填補這個空白。本書適於已有化學、物理學和土壤學初步知識的讀者閱讀。

請將批評意見按下面的地址寄給作者：

蘇聯 莫斯科 В-17, Пыжевский, 7, Почвенный институт им. В. В. Докучаева.

I. 土壤胶体与土壤吸收性能

1. 胶体是什么

所有物体都能用研磨、溶解或其他方法粉碎为大大小小的颗粒。物体的粉碎状态或分散状态就是分散体系。在这体系中有两部分：分散相与分散介质。

所谓分散相就是被分散物体的颗粒的总称，所谓分散介质，就是让这些颗粒在其中散布开的液态、气态或固态物质。

根据颗粒大小可区分为粗分散体系、胶体分散体系、分子分散体系和离子分散体系。

在胶体分散体系中，分散相颗粒的大小可以从 1 到 100 微米（一毫微米等于千分之一微米）。因此，从 1 到 100 毫米的颗粒就称为胶体，胶体颗粒的大小是有条件的，可以遇到很多这样的情况：分散相是由较粗的颗粒，比方说，直径为 0.001 毫米的颗粒组成，而其性质仍与胶体的性质相似。著名的土壤胶体学家 K. K. 盖德罗依茨(Гедройц)提议把所有小于 250 毫微米 (<0.00025 毫米)的颗粒都算作胶体。

某些微生物按其大小也可算作胶体。土壤中的胶体可由较粗的颗粒粉碎而成，或由分子-分散物质相互结合而成。

精确测量胶体颗粒的大小，最近尚未成功。在普通显微镜中只能看到直径约为 0.001 毫米的颗粒。更细的颗粒可用超显微镜来看，但不能精确测定大小与形状。目前电子显微镜已被广泛应用，利用电子显微镜可放大 50000—100000 倍。电子显微镜使精确测量胶体颗粒的大小和确定其形状成为可能。

但是不一定要用这种复杂的仪器来检查胶体，也可以根据某些特征来判断胶体的存在，这种特征早已被人们所利用。我们谈

一談这些特征。

假使在暗室中把一杯茶放在墙壁上的小孔旁边，光从小孔进入，那末在溶液中就会见到光锥，这叫了道尔现象或了道尔锥(图1)。当光线经过混浊的水和某些染料时也能发现光锥，这就表明了这些物质的胶体本性。在纯水或盐类溶液中并不形成亮的光锥。

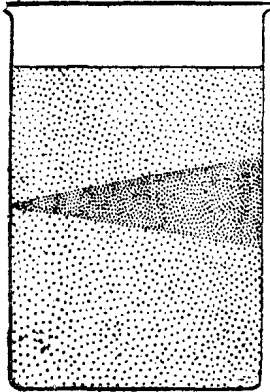


图 1 了道尔锥

胶体的另一个间接标志是不通过动物膜和胶体膜。若把糖溶液或任何盐溶液与胶体溶液一起注入胶囊中，并把它放在有水的容器中，那末盐与糖将透过薄膜(囊)，而胶体不透过。

关于胶体的其他特征与性质，例如在电流作用下移动的能力，聚沉作用与消散作用，将在下面谈到。

胶体在自然界中分布极广。我们在日常生活中、在工业中和农业中经常碰到它们，但常常没有留意到这些。可以毫不夸大地说，我们处在胶体世界中。

地球内部的宝石、吃的食品、穿的衣服与鞋子、从制造厂与工厂烟囱中放出的烟、天空的云、河中的混水、土壤、粘土都含有胶体。

胶体颗粒很小，因而有很大的总表面与表面能。

表 1 立方体的表面积(根据 K. K. 盖德罗依茨)

边长(厘米)	立方体数	总面积(平方厘米)
1	1	6
0.1	10^3	60
0.01	10^6	600
0.001	10^9	6000
.....
0.0000001	10^{21}	60000000

为了对胶体的表面有一概念，让我们来计算一下由1立方厘米固体分割而成的小立方体所有各面的总面积，如表1所列。

由表可见，若把1立方厘米物体进行分割，使每一新立方体的边长等于0.0000001厘米，那末全部立方体的总表面将等于60000000平方厘米或0.6公顷。

土壤胶体由于总表面大而具有吸收性能。矿质胶体、有机胶体与有机矿质胶体总称为土壤吸收性复合体。

下面要详细叙述土壤的吸收性能。但是，为了理解胶体构造与吸收性复合体组成的意义，必须在这里给吸收量下一定义。

所谓吸收量就是被土壤胶体所吸收的阳离子总量，也就是被土壤所吸收的阳离子总量。吸收性阳离子被土壤胶体牢固地保持住，但是可被其他阳离子代换。

2. 胶胞的构造

要理解土壤胶体的性质，必须熟悉它的构造。不管化学组成如何，在胶体中应该分出下列几部分。

胶粒和包围在它表面的离子层及水分子层一起称作胶胞(图2)。胶胞在湿润时可以被所谓胶胞间溶液彼此互相分开，虽然不是经常如此。胶胞的最内部称胶仁。在化学方面，胶仁是复杂的化合物，呈无定形构造或结晶构造。

土壤矿质胶体的胶仁主要由铝硅酸盐组成，有时由硅酸、氧化铁与氧化铝组成。矿质胶体通常是稳定的，并且只有经过长时期以后才会分解。有机胶体的胶仁主要由胡敏酸与富啡酸、蛋白质、纤维素及其他复杂物质所组成。

有机胶体比较不稳定，可被分解，也能由植物与动物的分解产物重新形成。在胶仁表面分布着由两种相反电荷的离子所组成的双层。

里面的一层离子，即包在胶仁上的一层，称作电位决定离子，而外面的一层离子则称作补偿离子。电位决定离子与胶仁及补偿离子间的界线，在图上用粗线表示。

土壤胶体的电位决定离子,通常带负电荷,而补偿离子则带同样数量的正电荷。补偿离子在土壤中称作交换性阳离子或吸收性阳离子。这些阳离子的总量就是土壤的吸收量。

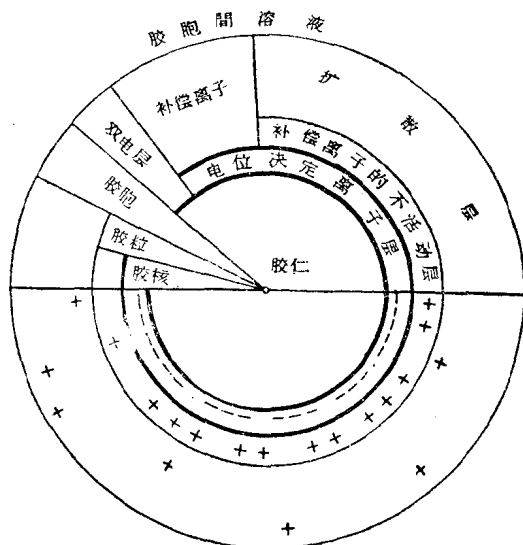


图 2 胶胞构造图式

大部分吸收性阳离子分布在电位决定离子近旁。这部分就形成离子的不活动层。小部分吸收性阳离子分布在离电位决定离子有若干距离的地方,形成所谓扩散层。外面的圆圈标明胶胞的界限,同时也表示扩散层的界限。

胶仁和电位决定离子一起称作胶核;胶核和补偿离子的不活动层一起叫胶粒。胶粒上的负电荷数(即不考虑扩散层中的离子)超过正电荷数。因此,胶粒带负电荷。

用下列方法很易发现胶体的电荷。假使把胶体溶液放入弯曲管中,在其开口的末端置两片与直流电源相联的金属板,那末经过若干时间后就能观察到一个金属板旁聚集有胶粒,而另一板旁的溶液变清了。在这种情况下,当胶粒带电荷时,它会向正极移动,反之亦然。颗粒在电场中的移动称作电泳(图 3)。

还有另外一种发现胶体电荷的方法，称作电渗。通常用这个方法测定土壤与粘土胶体的电荷。电渗法的原理是：当土壤试样停留不动时，则电荷与胶粒相反的溶液（胶胞间溶液）就移向直流电极之一极。液体的移动可从它毛细管中弯月面的移动看到。戈尔基科夫（Гортиков）的仪器（图4）是用电渗测定胶体电荷最方便的仪器。仪器由试管组成，试管底下放土，用离心机把土压紧。在压紧以前先把水或土壤溶液注入土中，然后用橡皮塞把试管塞好，通过橡皮塞插入玻璃管。玻璃管的末端应插到试管底部。在土壤紧压后通过塞上第二个孔再插入一根玻璃管，玻璃管末端不触到土样。每根管子都有根支管：长的支管充满与氯化钾一起煮过的洋葱，以保证其导电性；另一根短的支管是毛细管。在毛细管的末端能观察到液体弯月面的移动。长的支管与电极一起放入有盐溶液的小玻璃杯中。当仪器装好后，把电极与直流电源相联，并观察

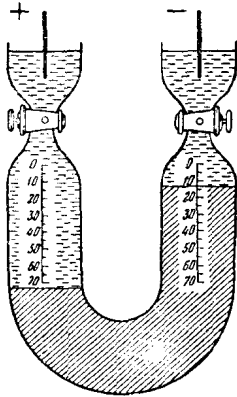


图3 用电泳测定胶体电荷的仪器

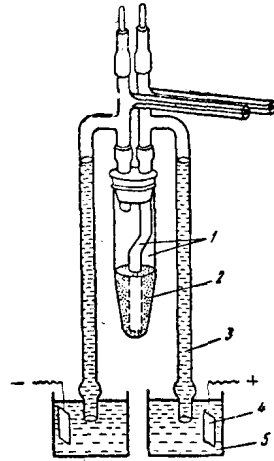


图4 用电渗测定胶体电荷的仪器
1—溶液 2—土壤 3—含KCl的洋葱 4—电极 5—盐溶液

毛细管中液体的运动。在一根毛细管中液体将移向 \sim 方面，在另一根毛细管中液体将移向另一方面。如果液体向负极运动，那末它带正电荷，而土壤带负电荷。土壤胶体的电荷愈多，液体会运动

得愈快。胶体电荷的数量与电动电位成正比，且取决于胶粒与胶核电荷数之差。这种电位以希腊字母 ζ 表示，并称为仄塔-电位。大部分土壤的电动电位范围为20—60毫伏，依胶体的性质、吸收性阳离子、土壤溶液中盐分的组成与浓度而定。

胶胞中正负电荷的数目是相等的。因之，胶胞呈电的中性。

离子扩散层只有在湿润土壤中才存在。土壤干燥后，扩散层的离子转入不活动层。扩散层中的离子数以及扩散层的厚度取决于许多因素，其中特别是胶体表面的分子的化学性质、解离(分子分解成离子)作用、介质反应和土壤湿度。

表2所列数据表明有多少离子存在扩散层中(即解离状态)。

表 2 胶体扩散层中的阳离子数量(占吸收性阳离子总量的%)

土 壤	阳 离 子			
	K	Na	Cl	Mg
为下列一种阳离子所饱和的薄层黑钙土				
钙土	14.7	17.0	3.3	2.7
薄层黑钙土	—	—	2.4	6.2
深厚黑钙土	—	—	2.1	9.3
暗-栗钙土	5.7	—	1.2	1.4

扩散层中的阳离子，即使数量不大，对土壤性质也有很大的影响。扩散层愈大，胶粒电荷愈高，反之亦然。如果胶粒电荷高，则胶粒彼此排斥，这种土壤在水中就散开，变得泥濘而粘性。在水中不散开的结构性土壤，胶粒的电荷不高。

图5与图6表示带负电荷的胶体构造图式，图7表示带正电荷的氢氧化铁胶体图式。硅酸胶胞存在硷性溶液中，在酸溶液中它几乎没有阳离子扩散层。

因为这图的构造与上述胶胞构造图式相似，所以这里只稍为解释一下。每一图式以半径分为三部分。上部举出胶胞名称，右面指出分布在胶体表面的化学根与离子，左面表示出电荷数，没有表示离子。

带正电的氢氧化铁(图7)，它的补偿离子是带负电的阴离子，

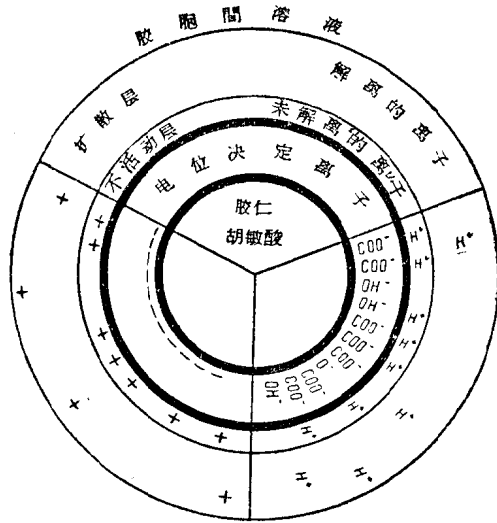


图 5 胡敏酸胶胞的构造图式

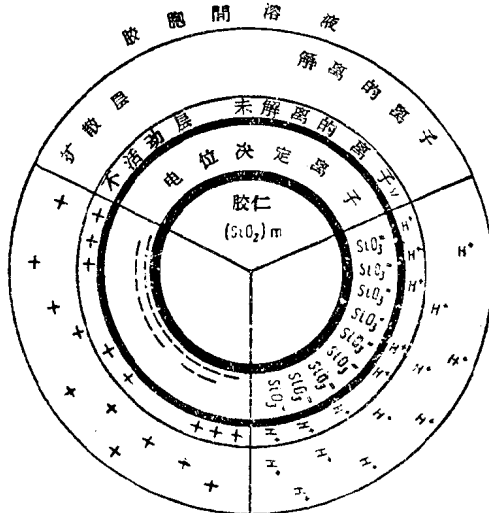


图 6 硷性介質中硅酸胶胞的构造图式

例如氯离子,而胡敏酸与硅酸的补偿离子是阳离子。

上面所讨论的胶体构造图式都是属于无定形物质的。结晶物质有类似的构造。

因为在下面要不止一次地讲到无定形物质与结晶物质,所以应该稍为详细地说明一下这些术语的意义。

在各个方向上性质(硬度、导热性、导电性、光性等)都相同的物质称无定形物质。无定形物体又名各向同性体。玻璃、蛋白石、硅酸、新沉淀的二三氧化物以及许多有机物质都是无定形物体。

晶体的性质就不一样,它因方向不同而改变,即它是各向异性的。例如,云母晶体在一个方向上容易割裂,而在另一方向上就难割裂,即在不同的方向上有不同的机械坚固性。

从无定形物质与晶体在构造上的不同可以解释上述的差异。在无定形物体中,原子、离子与分子没有严格的排列,因此它没有一定的外形。

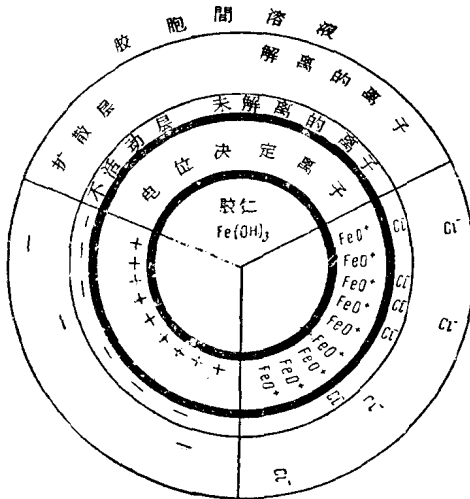


图 7 带正电的氢氧化铁结构图式

在晶体中,分子间的排列有比较严格的规律,形成所谓空间格子,这就决定了它们的结晶构造。晶体是有各种形状的多面

体,其形状受相互間以一定角度排列起来的面所限制。例如,氯化鈉晶体呈立方形,石英晶体为頂端呈角錐形的六方柱体。

土壤胶体是无定形的、結晶的与无定形和結晶体間过渡的物体。

胶体的不同构造影响到它們的性質和所有土壤的性質。无定形胶体通常表面大,它們与水、盐以及胶体相互之間都容易起作用。結晶胶体表面小,难于与水、盐及其他胶体相互作用。但是各种胶体所表現出的这种差异是不一样的。例如,蒙脫石晶格的层間距离大,水易于侵入晶体内部。高岭石同样是粘土矿物,但层間距离近,水不侵入晶体内部。再如,新沉淀的无定形氢氧化鉄吸收很多磷酸;当氢氧化鉄結晶以后,表面減少,磷酸的吸收也就減少。人們推測分布在蒙脫石晶格内部的阳离子可被盐的阳离子代換,但是这种假定目前还没有直接的試驗証实。在沸石中发生这种阳离子交換,但土壤中很少碰到沸石。阳离子交換主要是而且可能是仅仅在結晶表面进行,因此不管胶体具有无定形結構还是結晶結構,上面所討論到的胶体表面的构造图式在原理上仍然都是一样的。

假使粘土矿物胶体結晶内部的阳离子发生交換,那末其交換量要比通常发现的大5—10倍。

我們已討論了有一定化学組成的均質胶体的构造。在土壤中胶体是由各种化合物的混合物构成或者是以薄膜状复盖在土壤的粗粒上。例如,氢氧化鉄可以和有机物质成混合物或以化学結合态而存在:胡敏酸、硅酸、氢氧化鉄与氢氧化鋁的薄膜可以沉淀在石英砂的顆粒上。虽然胶膜很薄,但对土壤性質往往发生十分強烈的影响。

3. 土壤与胶体的化学組成

土壤吸收性复合体是由有机胶体、矿質胶体和有机矿質胶体构成。

有机胶体是由植物与动物有机体分解而形成。耕作层中的有