

# 土壤结构改良剂

吴增芳 编

科学出版社

# 土壤结构改良剂

吴增芳 编

科学出版社

1976

## 内 容 简 介

本书根据国外的大量有关资料,综述了土壤结构的基本概念,土壤结构改良剂的研究简史,土壤结构改良剂的分类、性质、制法和品种,土壤结构改良剂在提高土壤肥力中的作用,土壤结构改良剂在水土保持、治沙以及改良盐、碱土中的应用与效果,土壤结构改良剂在作物栽培中的应用效果、持续期和影响因素,土壤结构改良剂作用的机制等;同时,还介绍了土壤结构改良剂的研究方法。本书可供化学工业、土壤科学、农业科学技术、水利和水土保持等方面的工作者和农林院校师生参考。

## 土 壤 结 构 改 良 剂

吴增芳 编

\*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

1976年8月第一版 开本:787×1092 1/32

1976年8月第一次印刷 印张:8 5/16

印数:0001—20,200 字数:189,000

统一书号:13031·491

本社书号:730·13—12

定 价: 0.85 元

## 前 言

长期来,特别是近二、三十年来,有不少土壤学、农业物理学和农业科学工作者从事于土壤结构改良剂的研究工作,不断地探索和总结关于恢复和创造人工团粒,改良土壤结构,提高肥力的新途径、新方法和新技术。土壤结构改良剂的问世及其在农业中的应用,就是这一研究工作所取得的新成果。

国外对于土壤结构改良剂的研究,迄今已有八十余年历史。目前,随着高分子合成技术的日益发展,化学工业部门试制和生产土壤结构改良剂的品种愈来愈多。同时,由于电子显微镜、电子计算机、放射性示踪元素、红外线光谱仪等新技术、新装置在土壤学研究中的应用,使土壤结构改良剂的研究,更加广泛,愈益深入。不少国家已在农业中应用土壤结构改良剂来提高土壤肥力,防止土壤侵蚀,保持水土,固定流沙,改良盐碱土以及防止稻田和灌溉系统的渗漏等等。土壤结构改良剂的应用,已成为农业化学化的重要内容。

过去,我国对于土壤结构改良剂也作了研究,并取得了一定成绩。今后,随着我国农业科学和化学工业的飞速发展,对土壤结构改良剂的研究必将更加广泛和深入。有鉴于此,编者遵照毛主席关于“洋为中用”的教导,将国外有关土壤结构改良剂的资料进行综合,编写成本书,供国内化学工业和农业科学工作者以及农林院校师生参考。

本书初稿完成后,承中国科学院南京土壤研究所土壤物理组进行审阅,提出了许多宝贵意见,并推荐了若干文献。编者根据这些意见对初稿作了修改和补充。另外,在本书编写

过程中，又承中国农林科学院图书馆的大力协助。在此一并表示感谢。

由于编者水平所限，书中难免有缺点和错误，盼请读者批评指正。

编 者

# 目 录

前言 .....	iii
第一章 土壤结构与土壤结构改良剂的研究简史 .....	1
一、土壤结构与土壤肥力 .....	1
二、改良土壤结构的途径与方法 .....	21
三、土壤结构改良剂的研究简史 .....	24
第二章 土壤结构改良剂的分类、性质、制法和品种 .....	35
一、土壤结构改良剂的分类 .....	35
二、土壤结构改良剂的性质 .....	37
三、土壤结构改良剂的制法 .....	63
四、土壤结构改良剂的主要品种 .....	67
第三章 土壤结构改良剂在提高土壤肥力中的作用 .....	75
一、创造团粒改良土壤结构 .....	75
二、改良土壤的物理性质 .....	91
三、改良土壤的化学性质 .....	101
四、提高土壤的生物学活性 .....	113
第四章 土壤结构改良剂在水土保持和治沙及盐碱土改良中的应用与效果 .....	117
一、土壤结构改良剂在水土保持中的应用与效果 .....	117
二、土壤结构改良剂在治沙中的应用与效果 .....	125
三、土壤结构改良剂在盐碱土改良中的应用与效果 .....	131
第五章 土壤结构改良剂在作物栽培中的应用效果、持续期和影响因素 .....	146
一、土壤结构改良剂在作物栽培中的应用效果 .....	146
二、土壤结构改良剂应用效果的持续期 .....	161

三、影响土壤结构改良剂施用效果的因素 .....	165
第六章 土壤结构改良剂作用的机制 .....	177
一、土壤腐殖质和粘土矿物的理化性质与相互作用 .....	178
二、粘土-有机复合体结合的机制 .....	184
三、土壤结构改良剂作用机制的几种论说 .....	204
第七章 土壤结构改良剂的研究方法 .....	223
一、研究土壤结构改良剂理化性质的方法 .....	223
二、土壤结构改良剂在应用中的几个方法问题 .....	232
三、测定土壤结构改良剂团聚度的方法 .....	235
四、测定团粒水稳性的方法 .....	238
五、测定团粒机械稳固性的方法 .....	244
六、测定团粒生物稳定性的方法 .....	247
七、测定团粒孔隙度的方法 .....	248
八、某些与团粒结构相关的理化性质的测定 .....	252
主要参考文献 .....	256

# 第一章

## 土壤结构与土壤结构改良剂的研究简史

土壤是农业生产的基本生产资料，是农作物赖以生长发育的重要环境条件，是人们取得各种农副产品的基地。

如众所周知，在正常的气候条件和耕作栽培管理下，农作物产量与土壤肥力的高低密切相关。可以说，在一定条件下，农作物的产量是随着土壤肥力的提高而增长的。长期来，人们为了进一步提高农作物产量，而不断致力于土壤肥力的研究。

通过长期农业实践和科学实验，业已表明，土壤结构状况对于土壤肥力的高低有很大的影响。现将土壤结构的形成与恢复及其与土壤肥力的关系、土壤结构改良剂的研究简史等问题分述于下。

### 一、土壤结构与土壤肥力

#### (一) 土壤结构的类型

土壤结构是指土壤中的矿物质颗粒，包括初生粒子和次生粒子与有机、无机胶体粘结或排列的形式。大家知道，土壤是由固相、液相和气相物质组成的。在固相物质中，土粒间的相互接触关系是不同的。当土粒一个一个并列排列，彼此分散不粘结成团的，就称之为单粒结构，或谓分散性无结构的土壤。当土粒彼此间通过有机、无机胶体的作用粘结成不同形



状的土块,则称之为结构土壤。由于土粒与有机、无机胶体粘结、排列的型式不同,因而构成了不同的土壤结构类型。土壤结构的类型,正如图 1 所示,形状很多,颇不一致。就土块或土团即土壤结构单位的形状而言,有柱状的、片状的和块状的,我们分别称之为柱状结构、片状结构和块状结构;再由结构单位的大小又在上述结构类型下分成若干次一级的种类,如小柱状结构、薄片结构、大块状结构等。

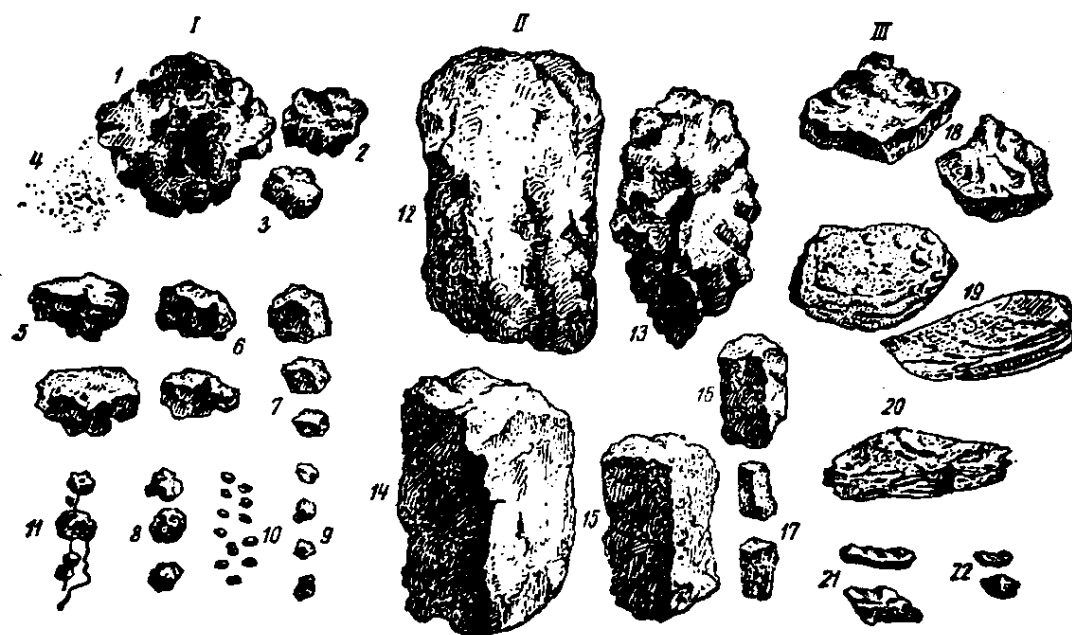


图 1 土壤的结构类型

- I——块状结构型: 1—11;  
 II——棱柱状结构型: 12—17;  
 III——片状结构型: 18—20

通常,土壤的结构类型常因土壤种类的不同而异,甚至同种土壤,由于土层不同,它的结构类型也不完全相同。在自然土壤的不同土层中,有粒状、核状、块状、柱状(或棱柱状)、片状(或鳞片状)结构以及松散的单粒结构。在农业土壤的耕层中,主要是粒状结构,砂性过重的砂土,可能是分散的单粒结构;缺乏有机质的粉砂质土壤,常呈片状板结层结构;粘重的土壤,呈大块状;水田长期淹水,大结构多已泡散,或呈微团

粒结构,或为单粒结构,等等。

在土壤结构类型中,以粒径为 0.25—10 毫米,而且在质量上又具有机械稳定性、水稳性的团粒结构对土壤肥力的影响最佳。因此,团粒结构被誉为土壤肥力的基础。基于这一认识,所以,习惯上常以团粒结构的有无用来区分土壤的结构性,或者以团粒结构的多少区分结构性的好坏,并以此度量土壤肥力的基础是高还是低,等等。

## (二) 土壤的团粒结构

土壤的团粒结构(如图 2 所示),按其粒径大小的不同,通常可将它分成大团粒和微团粒。粒径  $>0.25$  毫米的团粒,称为大团粒,粒径  $<0.25$  毫米的则称为微团粒。土壤中天然团粒的形成,既是土壤本身的各种物理、化学因素以及与它密切相关的生物因素等综合作用而成。同时,它还与气候条件,特别是与人类的农业耕作相关。

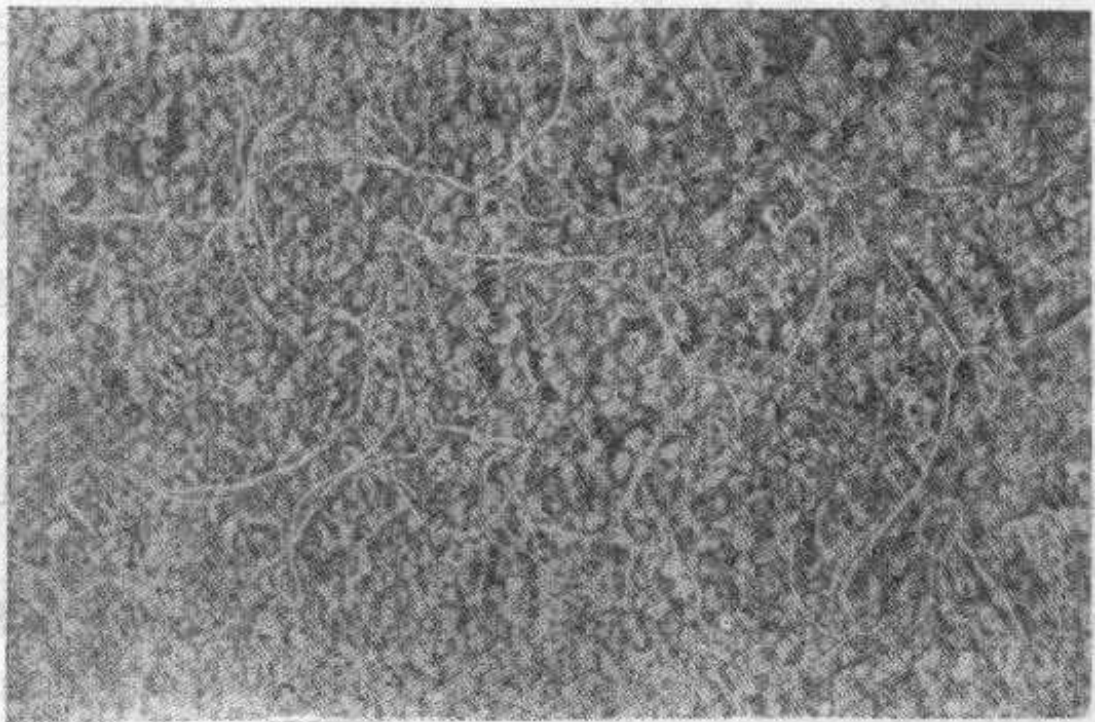


图2 耕作层中的团粒结构(俯瞰图)

## 1. 团粒结构的形成

土壤中天然团粒的形成是一个渐进过程，它需要有生物有机体的参与。G. V. 杰克斯 (Jacks)<sup>[3]</sup> 认为，这个结构形成过程又包括了两个不同的但又有关联的过程：(a) 分散颗粒经胶结作用而形成团聚体；(b) 形成的团聚体经定形定位而形成土壤或土壤各层次所特有的大结构。前一过程主要是一种物理化学作用，后一过程主要是生物作用。在非生产性土壤诸如碱土中，结构主要是非生物作用的结果。概括地说，团粒的形成乃是土壤中矿物质分散颗粒、无机胶体和有机胶体经一系列复杂的物理、化学和生物学过程共同综合作用的结果。

### (1) 矿物质分散颗粒与胶体的理化作用。

土壤中的大团粒是由微团粒胶结团聚成的，微团粒又是由土壤中矿物质分散颗粒和液相(分散介质)以及其它因素之间相互作用团聚成的。土壤的矿物质分散颗粒主要是岩石和矿物的初生独立粒子和土壤中无定形化合物。土壤中的矿物质分散颗粒是组成微团粒、大团粒的重要组成部分。此外，它还包括了土壤中的有机物质。土壤中的矿物质分散颗粒和有机物质的固体粒子，由于表面能的关系，加上胶体的凝聚相互吸持着；由于范德华 (Van der Waalls) 引力、剩余价键和氢键的作用，使它们彼此胶结、粘合；除这些作用外，加上其它一些因素的作用，形成了团粒。微团粒的形成过程，如图 3 所示。

据 B. 阿尼奥 (Anio) 和 B. H. 西马科娃 (Симакова) 研究证明，作为胶体的相互凝聚，在胶体粒子的溶胶中，异性电荷间需有一定比例。在一种电荷粒子占绝对优势的情况下，凝聚过程可能中止，而且溶胶趋于稳定状态。譬如，当胶体溶液中存在着带负电荷的腐殖酸和带正电荷的  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  时，就能观察到胶体相互沉淀。但是，在  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  过剩时，它占据

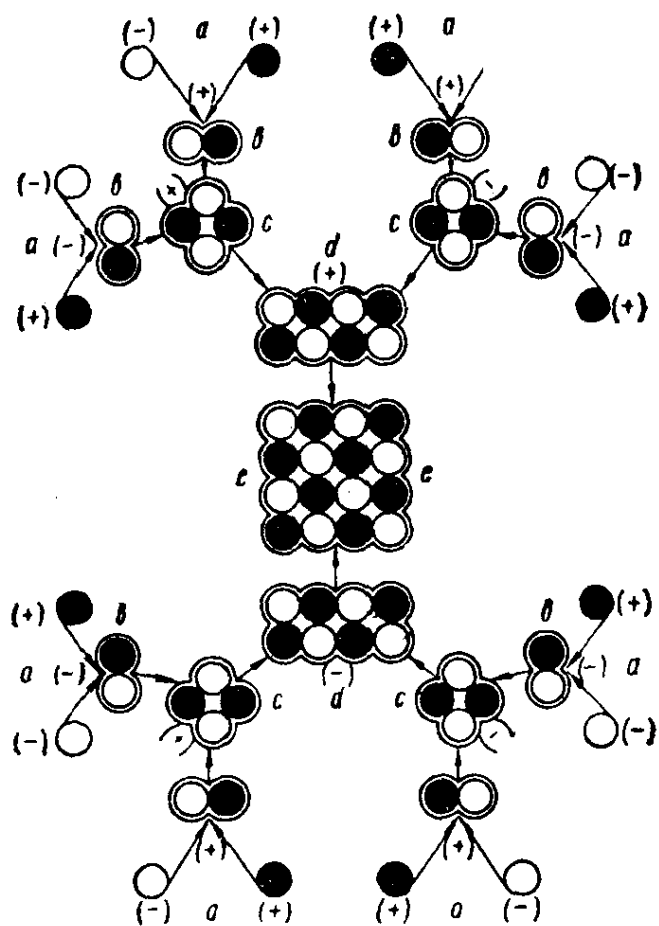


图3 在胶体凝聚时微团粒的形成模式

*a*——原胶粒和电解质离解的离子； *b*——第一级微团粒； *c*——第二级微团粒； *d*——第三级微团粒； *e*——第四级微团粒

了绝对优势地位,有机酸胶体粒子的电荷经电性中和作用后,它连同正电荷胶体粒子变成凝聚粒沉降,其后,它们便不能与别的正电荷胶体粒子间发生凝聚。这种现象被称为胶体的保护作用。在所说的例子中,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  “保护”了凝聚作用中的有机胶体。

某些胶体,如  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  和  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , 依介质的反应能够重新充电, 这与它们的离解离子在酸性介质和碱性介质中具有不同性质相关。这是两性胶体或为两性体(酸性兼碱性)。根据其电荷符号,它们在凝聚过程中,可能与负电荷胶体粒子一起沉降,也可能与正电荷胶体粒子一起沉降。

随着凝聚过程开始即形成初生微团粒。但是,由于胶体粒子的凝聚在等电势点中很少能观察到,当初生微团粒持有剩余电荷——正电荷或负电荷,以及在有异性电荷情况下,将相互吸引,形成二级、三级以及更多级的微团粒,直至形成大团粒。图 3 所示正是这一过程的模式。在微团粒形成过程中,有机胶体如腐殖质类物质,包括腐殖酸、细菌胶质、多糖类、糖醛类,乃是活跃的土壤团聚剂。这些天然的高分子化合物和铁、钙离子等,在凝聚过程中有着重大作用。

胡敏酸和乌敏酸类有机酸能独立产生不可逆的凝聚作用,并且在胶体变性过程中,或者在胶体脱水收缩作用过程中,粘结团聚成团粒结构。图 4 展示了这个过程的可能进程。

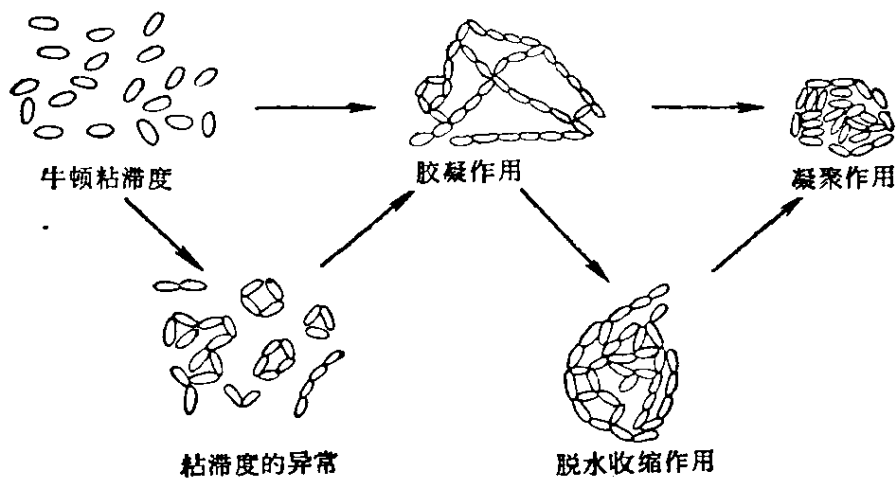


图 4 在胶凝和胶体脱水收缩作用的凝聚过程中粒子的团聚模式

在凝聚过程中形成的微团粒和大团粒,能够进一步通过各种途径而趋稳定,最近许多研究表明,土壤中交替发生的许多化学过程均能产生或增强微团粒和团粒的机械稳固性和水稳性。

## (2) 团粒形成过程的多相性作用。

土壤中分散固体粒子形成微团粒和团粒的过程是在液相中进行的。液相即为分散固体粒子的分散介质。土壤团粒形

成过程的多相性作用,可以通过一系列观察得到证明。在适宜的湿润土中,毛管力和土壤的结合水在团粒形成过程中的作用,就是明显的例证。毛管力和结合水的结构形成作用,在土壤干燥时即显示出来。因为弯液面和吸附水能够使毛细管收缩,以致矿物质分散颗粒接近,随后,即强烈显示出粘粒间的原子和分子引力(见图5)。可见,团粒的形成和多相性作用紧密相关,毛管力和结合水同样是形成团粒的重要因素。

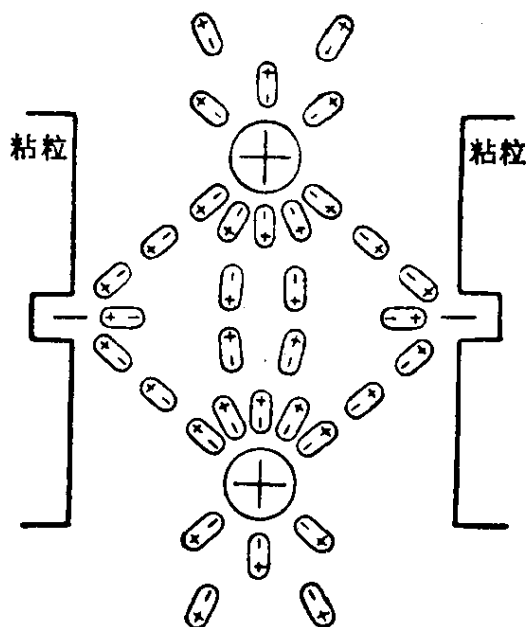


图5 在吸附水的参与下粘粒团聚时粘粒间的结合模式

(3) 团粒形成中的生物作用。

团粒形成作用不仅与上述作用相关,而且还与生物的作用分不开。我们可以将土壤结构的形成比作一座城市的建设。砖、石头与胶泥很像土壤的母质一样到处不同但到处都有,它们是城市的非生物部分。工人、设计人员以及建筑物之间的交通联络为生物部分;没有它们就不可能制造出可供居住的场所。在这里土壤母质提供了砖头;整个土壤上面或里面的土壤区系,即所有的以任何方式与土壤接触的植物、动物以及微生物制成了胶泥;通过无数有机体对土体进行挤压与变形活动的最后结果,形成了土壤的团粒结构。

在土壤区系中,各类生物对团粒结构形成所起的作用是不同的。其中微生物的作用在于制造胶泥用以胶结土壤矿物质分散颗粒。微生物所制造出的胶泥,实际上就是指腐殖酸、细菌胶质、多糖类和糖醛类等天然高分子化合物,这是土壤的

天然胶结剂。微生物除上述制造胶泥的作用外，真菌类的菌丝体尚具有将土壤矿物质分散颗粒束缚在一起的功效。当然，一根菌丝不可能长久存在下去，但真菌菌丝体有可能使土壤保持一种暂时的团聚状态，然后由一些其它因素来加固这种结构。大生物包括那些肉眼能见到的动植物区系的作用，在团粒的成形、龟裂、裂缝与孔隙等方面给予土壤结构以可见的特征。例如，草根在结合与挤压土壤颗粒以及穿透土体方面的作用是众所周知的。土壤中的动物群落，特别是食土与其他打洞动物，它们从一端摄入矿物质颗粒和新鲜植物材料，又从另一端将这些物质变成有结构的土壤排泄出来，或者借挖沟道而对土壤结构具有相当的影响。概括地说，在土壤领域中

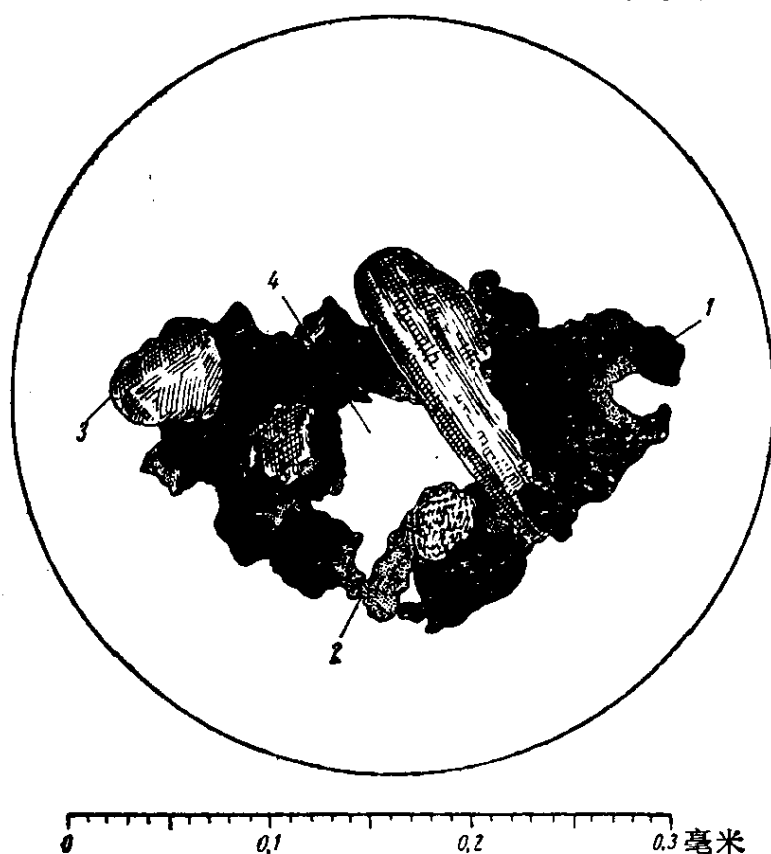


图6 普通台地壤质淤泥-粉砂黑钙土A耕作层  
(苜蓿)疏松包裹的微团粒

- 1——初生微团粒； 2——有机胶结剂；
- 3——矿石结晶物； 4——微孔隙

的大生物结构形成因素,在草地土壤中为植物根系的活动,而在森林土壤中则为动物的活动。

总之,土壤生物群在土壤中通过运动、压缩和扩展以及将物质从它体内经过的过程中,所进行的生物物理活动,对于团粒结构的形成起着重要作用。

综上所述,土壤中的矿物质分散颗粒与无机、有机胶体,通过一系列物理化学、液相以及生物的复杂作用,逐渐形成了天然团粒。M. H. 波尔斯基 (Польский) 曾经用土壤光片圈内的团粒构造的研究法证明,至少团粒的大小是由初生微团粒往更大团粒方面增加。他用土壤光片法获得了微团粒和复合团粒构造的光片素描图(图6和图7)。

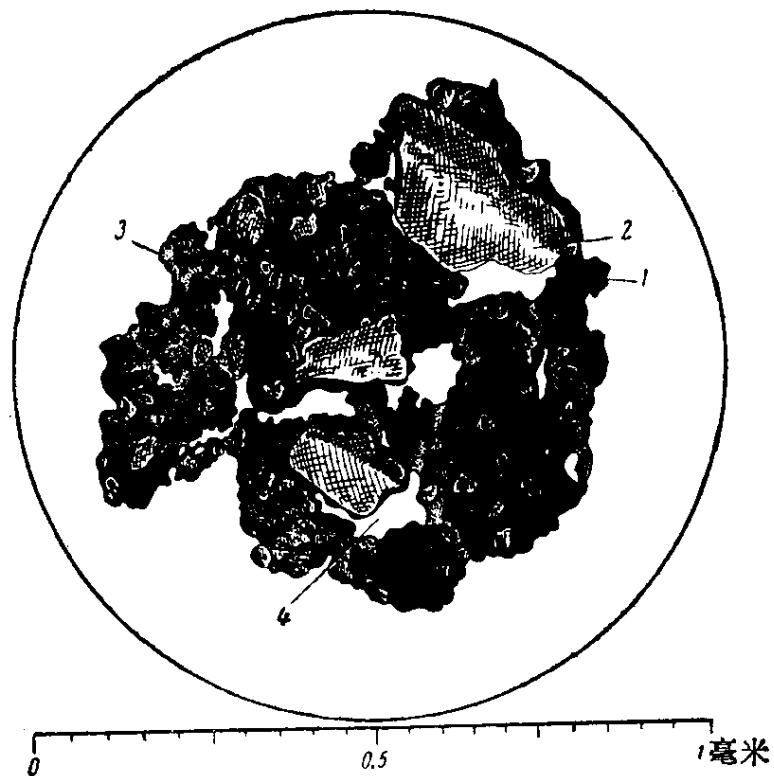


图7 普通台地壤质淤泥-粉砂黑钙土A耕作层(苜蓿)高级序复合团粒

- 1——第一级序微团粒; 2——矿石结晶物;  
3——有机胶结剂; 4——可见微孔隙



土壤的团粒结构可能主要是由次生颗粒集合而成的，也可能主要由初生粒子集合而成，或者由次生颗粒和团聚在次生颗粒中的初生粒子集合而成。

## 2. 气候条件对团粒结构形成的影响

土壤中团粒结构的形成，除了与土壤本身所发生的一系列复杂的理化作用和生物作用过程相关外，它还与气候因素相关联。我们可以这样说，团粒结构是在气候影响下于土壤中形成的。正因为如此，所以土壤中团粒数量的多少，与气候条件密切相关。这一点，在图 8 中看得十分明显<sup>[20]</sup>。

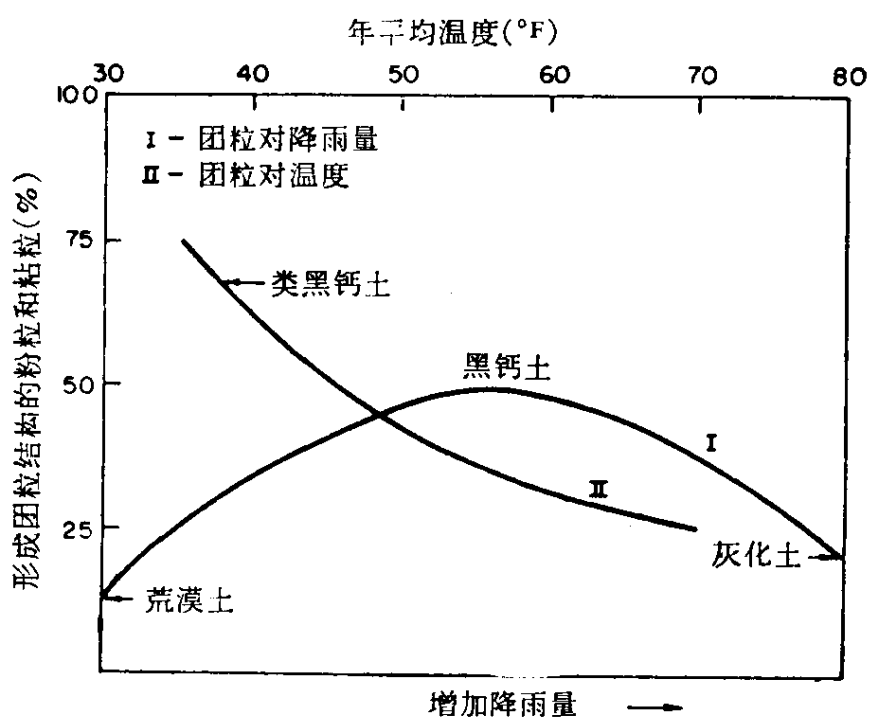


图 8 气候对土壤团粒形成作用的影响

从图 8 看出，粉粒和粘粒中团粒含量随着降雨量的增加，而从荒漠土的约为 15% 的最低值增至黑钙土或腐殖质草原土的约为 50% 的最高值。当雨量再增加，则团粒含量的百分率又趋下降。在灰化土中，团粒含量相应降到 25% 左右。这