

土壤机械组成 微团聚体组成 及其研究方法

И. А. 卡庆斯基

科学出版社

土壤机械組成、微团聚体組成 及其研究方法

H. A. 卡庆斯基著

田积瑩 据忠和 夏增祿 朱理徽 楊兴邦譯
尹崇仁 田积瑩校

科 学 出 版 社

1 9 6 4

Н. А. КАЧИНСКИЙ
МЕХАНИЧЕСКИЙ И МИКРОАГРЕГАТНЫЙ СОСТАВ
ПОЧВЫ, МЕТОДЫ ЕГО ИЗУЧЕНИЯ
ИЗДАТЕЛЬСТВО АН СССР 1958

內 容 簡 介

本书系苏联著名土壤物理学家 Н. А. 卡庆斯基教授所写。全书共分七章,主要介绍土壤机械组成、微团聚体组成及其分析原理和技术等方面的研究,着重介绍了土壤质地分类及土壤机械分析方法的发展历史以及著者研究的近况。可供农林院校有关专业师生、土壤科学工作者、农业工作者及水利土壤改良工作者参考。

土壤机械组成、微团聚体组成
及其研究方法

[苏] Н. А. 卡庆斯基 著
田积莹、琚忠和、朱理微 译
夏增祿、楊兴邦

*

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

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1964 年 11 月第 一 版 开本: 850×1168 1/32

1964 年 11 月第一次印刷 印张: 5 3/16

印数: 0001—3,600

字数: 134,000

统一书号: 13031·1993

本社书号: 3068·13—4

定价: [科七] 0.90 元

《土壤机械組成、微团聚体組成及其 研究方法》第一版序言

毫无疑问，土壤的所有性質皆与土壤的机械組成有关。这說明在土壤学发展成为一門科学的道路上为什么土壤学家及农学家对这个問題有很大的兴趣。在解答这个問題时，可以将其分成合乎邏輯的三个部分。

- 1) 土壤机械成分大小的分类；
- 2) 大小不同的土壤机械成分的性質（物理性質、物理化学性質及化学性質）；
- 3) 根据机械組成的土壤分类。

1938年在《土壤学杂志》第7—8期上，我們发表了《根据机械組成的土壤分类》这篇文章。这个分类和我們早先所推荐的土壤机械分析方法，在生产实践中都已經經過了两年考驗，并且被大家評論过：a) 1938年在莫斯科大学土壤研究室召开的国立品种試驗网土壤学家會議上討論过；б) 1939年在苏联科学院土壤研究所土壤分类委员会中討論过。在这段时期，我們在分析方法上又进行了补充的研究，所有这些目前都使得我們早先所推荐的土壤机械分析方法和根据土壤机械組成的土壤分类更加明确了。我們认为这本著作的出版是及时的，因为这个問題的研究方法还没有完全統一，同时我們发现，有人还想单独处理这些問題[奥罗維亚什尼科夫 (Г. И. Оловяшников, 1937)、普罗斯維罗夫 (Б. В. Просви́ров, 1938)、哥德林 (М. М. Годлин, 1940)]。

在这本著作中，我們利用我們早先发表过的資料討論四个問題：

- 1) 土壤机械成分大小的分类；

- 2) 土壤机械分析方法;
- 3) 土壤微团聚体分析方法;
- 4) 农业上用的根据土壤机械组成的土壤分类。

目 录

《土壤机械組成、微团聚体組成及其研究方法》第一版序言	iii
第一章 緒論	1
第二章 土壤机械成分及微团聚体	3
土壤机械成分的概念	3
土壤机械成分的来源	3
土壤机械成分的性质	8
土壤机械成分大小的分类	15
第一章及第二章参考文献	26
第三章 土壤机械分析及微团聚体分析前样品的处理	30
微团聚体分析	30
机械分析	32
分析方法的評價	36
第三章参考文献	50
第四章 土壤机械分析的原理和技术	53
土壤机械組成的田間測定(不用仪器)	53
土壤机械分析的篩分法	54
砂粒的篩分分析法	55
在气流中的土壤机械分析	57
在气流中分离土壤机械成分的卡什曼装置	57
在水中的土壤机械分析	58
在流水中的土壤机械分析	62
諾別尔的方法(1864年)	62
在流水中进行土壤机械分析的善尼法及仪器(1867年)	63
在流水中进行土壤机械分析的考比克仪器(1901年,1914年)	66
在靜水中的土壤机械分析	68
用少量样品两次淘洗的方法所进行的土壤机械分析(根据薩巴宁,1903年)	72

斯篤克方程式	78
土壤机械分析的吸管法	83
土壤机械分析的浮称法	89
以测定分散液密度为基础的土壤机械分析法	92
比重計法	93
威格納尔(1918年)的土壤机械分析法	97
H. A. 卡庆斯基方案中用吸管法进行土壤机械分析及微团聚体分 析的技术	101
土壤机械分析技术(1943年)	102
土壤微团聚体分析技术	112
第四章参考文献	115
第五章 土壤分散系数及结构系数	119
第五章参考文献	123
第六章 根据机械组成的土壤分类	125
建立土壤分类的原则	125
H. M. 西比尔采夫的分类	129
A. H. 薩巴宁、B. B. 盖美尔林格及 H. П. 热勒茨恩斯基的分类	130
Г. M. 图明及 C. A. 查哈罗夫的分类	131
B. B. 奥霍亭的分类	132
H. A. 卡庆斯基的分类	133
外国根据机械组成的土壤分类	143
第六章参考文献	144
第七章 土壤机械分析資料的整理	146
土壤机械分析的精确度	149
第七章参考文献	149
附录	150
中外人名对照表	159

第一章 緒 論

土壤机械組成及微团聚体組成是野外及室內鑑定土壤和土質的主要指标之一。因此土壤机械分析方法是土壤学、土質学实践中最流行的一种分析方法。这种情况就迫使我們有必要制定統一的分析方法及統一的土壤分类。否則的話，不同作者所作的研究工作就无法相互比較，同时也不可能就這個問題拟訂出土壤学、地質学、地理学、土質学及其他专业都需要的总结性的文件。

目前在土壤分析样品的处理方法上，以及在分离土壤机械成分及微团聚体的技术上分歧特別大，这就妨碍我們在鑑定土壤时应用統一的分类制。

为了消除上述缺点，我們批判式地审查了苏联国内及国外最有名的土壤机械分析方法及微团聚体分析方法，并且對我們早先发表的土壤机械組成分析及根据机械組成的土壤分类提出了許多修正。

在这里我們附帶說明一下，我們并不是想在这个問題上写一本专著。在这方面大家都知道有几百种分析方法及几十种分类。我們所要談的只是其中的几部分，即在这个問題的发展中被認為是邏輯上有联系的环节，或者是在目前土壤学及农学中仍然保持着有理論意义及实践意义的那几部分。

同时我們也只把我們的任务局限在土壤机械粒級（由石砾到粘粒）分析方法的說明上，并不打算詳細討論胶体的性質¹⁾。

在这本书中，我們除引用总结性的文献資料外，还引用了最近十年来在苏联科学院土壤研究所及国立莫斯科大学土壤改良和土

1) 关于土壤胶体学說，不是土壤物理学的范围，而是土壤物理化学及胶体化学的范围。

壤物理教研組的土壤物理及土壤工程實驗室所得到的新資料¹⁾。

然后再順序談談下述問題：

a) 土壤機械成分的起源、性質及分類；б) 土壤機械分析及微团聚體分析前土壤樣品的處理；в) 土壤機械分析及微团聚體分析的技术；г) 根據機械組成的土壤分類；д) 土壤機械分析資料的整理；е) 進行土壤機械分析時工作必需的精確度；ж) 根據機械組成對土壤進行評級。

本書是作者目前正在編寫的《土壤物理學》著作的第一部分。

1) 這些研究工作是由作者及在他領導下的科契麗娜 (Е. И. Кочерина)、瑪卡羅娃 (А. Ф. Макарова)、科連聶夫斯卡婭 (В. Е. Кореневская)、普拉托娃 (Е. Н. Платова)、波特拉諾娃 (Р. С. Потравнова) 及日古諾娃 (А. И. Жигунова) 完成的。

第二章 土壤机械成分及微团聚体

土壤机械成分的概念

在土壤学文献中,对土壤机械成分下了很多定义。現在我們从其中引用几个。

盖德罗依茨(К. К. Гедройц)(1926)认为,机械成分包括“各种微結晶体、超微結晶体和显微結晶体”。邱林(А. Ф. Тюлин)(1936, 1950)和安提波夫-卡拉塔耶夫(И. Н. Антипов-Каратаев)(1945)一致认为,凡是在成分上彼此存在着化学联系的顆粒都算是机械成分。罗戴(А. А. Роде)(1931)又补加了一个必要的条件,即全部的机械成分都属于一个結晶格。在后一个定义中必須补充两点:第一,要說明的是,土壤机械成分不仅可以是結晶构造,而且也可以是非結晶体,如土壤中的 SiO_2 、氢氧化鉄、某些有机物质顆粒及有机矿质化合物顆粒(胡敏酸盐)。在这种情况下,邱林和安提波夫-卡拉塔耶夫給土壤机械成分下的定义是比较精确的。第二点要补充的是,在土壤中机械成分不是矿物的小顆粒(碎片),而是复杂的岩石小顆粒。在这种情况下(如在花崗岩中),我們將看出在一机械成分中有几种結晶格配合在一起,而这些結晶格机械地保持在一个碎片中。我們认为,前面所提出的定义可归納如下:凡是在成分上彼此存在着化学联系的那些岩石、矿物以及土壤非晶体化合物的零散碎片、碎屑都应当叫作土壤的机械成分。

土壤机械成分的来源

土壤中存在的机械成分有三种类型,即矿物质的、有机质的和有机矿质的。从数量上来看,矿物质机械成分占第一位(泥炭土除外),胡敏酸盐类占第二位,游离的有机酸和半分解的有机殘体占

第三位.

所有的土壤机械成分都是由原来母岩经过风化(物理风化,化学风化,物理化学风化及生物风化)而形成的,也是由于土壤中风化产物与生物过程产物相互作用的次生反应而形成的.促使土壤机械成分形成的上述过程是同时进行的,然而在形成矿物质、有机质及有机矿物质机械成分的不同阶段,各过程所起的作用是不等

同的.当矿物质的机械成分形成时,在相对和绝对表面积均比较小的母岩破碎的第一个阶段,物理风化和生物风化占优势,如温度变化的影响,水、风、植物根系、苔藓、地衣及细菌的机械作用.

正象威廉斯(B. P. Вильямс)以及后来的许多其他研究者在这方面所作的研究那样,母岩先崩解成为碎片、石块(石头),然后再崩解成为组成岩石的矿物及其变化产物.

随着风化产物的破碎以及风化产物表面积和表面自由能的增加,生物因素和化学过程的作用日益增强;最易起变化的成分的溶解作用及其氧化或还原作用,简单和复杂可溶性盐类的淋溶,以及形成产物与新化合物、新的矿物、氧化物、次生铁、铝硅酸盐相互作用等等.

例如,根据B. P. 威廉斯(1895)的研究,土壤的石砾部分(大于3毫米)通常是由母岩碎片(花岗岩、玢岩等)和粗粒矿物碎块组成的;在砂粒粒级中,也可以见到母岩碎片,不过绝大部分是矿物,即原始母岩的崩解产物,如石英、长石、云母、角闪石和其他矿物等.

随着砂粒破碎成细砂,随着绝对表面积及比表面积的增加,也就是说,随着水、空气和生物因素对土壤固相作用范围的扩大,残留在砂粒组成中的是对化学风化最稳定的矿物,主要是石英,而不太稳定的矿物(长石、云母等)分解后则成为形成粉粒和泥粒的原材料.

粗粉粒(0.05—0.01毫米)中还存在着大量的石英.在由酸性母岩形成的中粉粒(0.01—0.005毫米)中,石英数量显著减

少、以致少于无定形的硅酸、硅酸水化物和无水硅酸等。細粉粒(0.005—0.001 毫米)在組成上是向泥粒过渡的粒級，其中集中了大部分化学风化和生物风化产物，如鉄、鋁、錳的氧化物及其水化物、高岭土、磷酸盐、腐殖質、碳酸鈣(在碳酸盐土壤中)等等。

格林卡 (К. Д. Глинка, 1906)、波雷諾夫 (Б. Б. Полюнов, 1934)、А. А. 罗戴 (1938) 在他們的研究中都曾指出过母岩风化时矿物質机械成分形成的类似过程,但也同时着重指出,土壤机械成分中不同的矿物組成是不同的土壤所固有的。这“不仅是由于机械成分是由不同的母岩所形成的,而且也是由于这些母岩是在不同外界条件下进行风化的”(格林卡, 1906)。根据 А. А. 罗戴的意見,石英和长石主要集中在粒径大于 0.005 毫米的粒級中,而云母則集中在 0.001—0.005 毫米的粒級中。

近几十年来,由于拟定了新的研究方法,对泥粒部分以及泥粒組成中土壤的胶体部分进行了深入的矿物分析。在我国費尔斯曼 (А. Е. Ферсман, 1914, 1934, 1937)、捷米亞琴斯基 (П. А. Земятченский, 1935, 1938)、И. Н. 安提波夫-卡拉塔耶夫(1945)、謝德列茨基 (И. Д. Седлецкий, 1938, 1948)、高尔布諾夫 (Н. И. Горбунов) 及其他等人对这个問題极为重視。在这以前 Н. И. 高尔布諾夫利用 X 光法、热差分析法和电子显微鏡法对苏联不同土类泥粒粒級中矿物成分进行了鉴定。根据他的資料¹⁾：“最普遍的矿物是蒙脫石組矿物(蒙脫石、拜来石、囊脫石)、高岭組(高岭石、叙永石)、水化云母組矿物(伊利石)、三价氧化物的矿物(薄水鋁石、水鋁矿、針鉄矿、赤鉄矿)以及无定形物質(水鋁英石、硅酸、蛋白石、鉄及鋁的氫氧化物、有机物質和有机-无机物質)”(1956)。現在我們从 Н. И. 高尔布諾夫的著作中引用一个綜合性的表格,这个表格以后又經他修改过(表 1)。

1) 根据高尔布諾夫及科契丽娜的資料,在壤質生草灰化土泥粒粒級中包含有(以粒級重量的百分数計算): 蒙脫石組 30—60 (隨深度增加); 云母 15—30; 水化云母 15—20; 石英 5—10。

蒙脫土的理想公式: $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot xH_2O$; 高岭土的理想公式 (因为是对称的,故为公式的两倍): $2H_2Al_2 \cdot Si_2O_5 \cdot H_2O$ 。

表 1 苏联主要土壤类型中高度分散的矿物
(高尔布诺夫资料, 1957 年)

土 壤	特征矿物和主要矿物	伴生矿物 (不是特征矿物和主要矿物)	分 布
发育于冰碛壤土和复盖壤土上的灰化土和生草-灰化土	与无定形物质混合的拜来石	云母, 水化云母, 石英, 高岭石 (少见), 三价氧化物, 蒙脱石	几乎是苏联整个生草-灰化土带
发育于花岗岩残积物上的灰化土和生草-灰化土	高岭石、拜来石	云母, 水化云母, 石英, 高岭石 (少见), 三价氧化物, 蒙脱石	很少见 (乌拉尔、白俄罗斯和乌克兰苏维埃社会主义共和国)
发育于复盖壤土上的黑钙土	拜来石	云母, 水化云母, 石英, 无定形物质, 蒙脱石	几乎是全部苏联黑钙土带
发育于古代粘土与花岗岩残积物上的黑钙土	高岭石, 拜来石	云母, 水化云母, 石英, 无定形物质, 蒙脱石	很少见 (罗斯托夫省, 乌克兰苏维埃社会主义共和国)
发育于黄土上的灰棕壤, 龟裂土和灰钙土	水化云母, 无定形物质, 拜来石	石英, 云母和其他原生矿物	乌兹别克、哈萨克、土库曼、吉尔吉斯、阿塞拜疆等苏维埃社会主义共和国
发育于页岩残积物和古代粘土上的黄壤与灰化黄壤	拜来石, 叙永石, 高岭石, 少量三水铝矿和针铁矿	云母, 水化云母, 石英, 无定形物质, 拜来石	苏联黑海沿岸阿塞拜疆苏维埃社会主义共和国
发育于安山玄武岩、花岗岩残积物和古风化壳上的红壤	叙永石, 高岭石, 三水铝矿, 针铁矿	无定形物质 (水铝英石, 三价氧化物) 与拜来石, 石英混合物	格鲁吉亚苏维埃社会主义共和国及其他亚热带地区

土壤的有机机械成分是在植物、动物、土壤微生物尸体分解时形成的，也是动植物和土壤微生物生命活动的产物。从有机残体分解和转化的最初阶段起，生物和微生物过程就起主导作用，而化学作用及物理化学作用则较小。对这点，无论是过去老的研究和现在最新的研究认识都是一致的，这些研究的总结在瓦克斯曼 (S. A. Waksman, 1936)、И. В. 邱林 (1937, 1949)、科诺诺娃 (М. М. Кононова, 1951, 1956) 的著作中都有过报导。有机质腐殖化阶段在 М. М. 科诺诺娃和她的同事们用显微镜所作的研究工作中表现得特别明显。

有机残体大规模的物理风化(机械的破碎)只是在干旱的气候条件下(在干旱草原、荒漠和半荒漠区)才能看到，在那里，枯干的植物茎，有时和裸露的根随土壤矿质部分一起被风吹走，并被磨成碎屑，以后又受到生物分解，受到化学和物理化学过程的作用。

有机体的粗粒(分解不完全的根、茎、叶和动物残体)在分析之前应从土壤样品中挑选出去，这样，在机械分析中就可以不计算它。而腐殖质如果预先没有燃烧除掉，那么它完全包含在分析样品中，主要以胡敏酸盐形态，少量呈游离腐殖酸形态落入泥粒级(小于 0.001 毫米)及细粉粒级(0.005—0.001 毫米)中。在泥粒组成中，腐殖酸大部分呈胶粒大小的颗粒(小于 0.2—0.1 微米)存在。同时按照 К. Д. 格林卡(1926)、И. В. 邱林(1949)、В. В. 盖美尔林格 (В. В. Геммерлинг, 1952) 及 М. М. 科诺诺娃的资料，在每种土壤类型中，胡敏酸是最大的颗粒(即凝聚力最大)，而富里酸凝聚力最小，其胶体颗粒接近分子大小。

有机-矿物质机械成分或胡敏酸盐是当土壤中有有机物和矿物质互相作用时形成的。正如前面已经指出的，在机械分析时，它们大部分落入到泥粒中，一部分落入到细粉粒中。在粗粒级中，胡敏酸盐仅仅存在于结核中，例如存在于硬磐中。

微团聚体。在一定条件下，机械成分可以凝集、粘着、胶结在一起。这个过程是在颗粒所固有的表面能的影响下进行的，而颗

粒的表面能又是靠靜電引力(電價結合)和范德華引力¹⁾表現出來的。對膠體大小的顆粒來說,上述這種力表現得最為顯著。在稀鹽溶液中,根據阿特拜爾格(A. A. Atterberg, 1912)的意見,凝聚上限在顆粒直徑為 20 微米時表現出來,根據 E. И. 科契麗娜(1954)的最新資料,在機械成分粒徑為 5 微米時就能表現出來。

機械成分的互相結合和互相膠結在一起便形成了團聚體。K. K. 蓋德羅依茨(1926)建議把粒徑小於 0.25 毫米的結構單位稱為微團聚體,而把大於 0.25 毫米的顆粒稱為土壤的大團聚體。在微團聚體分析時,只計算小於 0.25 毫米的微團聚體,在近代的土壤研究中,微團聚體分析常常與土壤的機械分析同時進行。

土壤機械成分的性质

在前一章中我們已經講過,大小不同的土壤機械成分在礦物質組成上有顯著差別。因而大小不同的土壤機械成分,其化學組成和其他各種性質也均不相同。

下面我們列出土壤機械成分的化學組成研究結果及某些物理化學和物理性質的研究結果,這些資料是從現代作者的研究資料及過去作者的研究資料中收集來的(表 2, 3, 4 及圖 1, 2)。

在表 2 中列舉了土壤和土質全量組成的資料,并把發生學上很不相同的土壤:黃土、復蓋粘土、灰化土、美國土壤進行了對比。自然,這些土壤的機械粒級的組成,在很多方面都有數量上的區別。這表現在 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 和其他成分的含量方面。雖然如此,但是當粒級由大變小時,粒級組成變化的基本規律是相同的: a) 在細小粒級中,特別是在泥粒中(粒徑小於 0.001—0.002 毫米), SiO_2 的含量顯著降低; b) 其中鐵、鋁、鎂、鈣、鈉、鉀的化合物同樣地甚至更顯著地增加,而在黃土中石灰的含量則顯著地增加。

在許多著作中,其中包括 C. C. 莫羅佐夫的研究,都強調指出

1) 范德華力是不帶電的原子或分子間的吸引力,與化學價的力量比較起來是相當小的。

表 2 不同土壤及土質機械粒級的全量化學組成 (土壤*重量的百分數)

土 壤	粒級機械成分的有 效直徑 (毫米)	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	R ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O + Na ₂ O	CO ₂	作者及發表年份
南俄羅斯 黃土	沒有分級	61.3	—	—	15.9	8.7	1.8	—	—	5.8	馬祖連科 (D. P. Masurenko, 1903)
	0.25—0.05	84.3	—	—	8.3	3.2	0.6	—	—	2.5	
	0.05—0.01	79.7	—	—	10.3	3.3	0.6	—	—	2.1	
	0.01—0.005	62.2	—	—	17.3	7.6	2.0	0.2	5.0	5.3	
	0.005—0.001	42.7	—	—	24.6	12.7	3.1	—	—	9.5	
	<0.001	39.0	—	—	29.9	14.1	5.1	0.3	6.0	10.1	
灰 化 土	沒有分級	85.2	—	—	8.8	1.4	1.0	—	—	0.0	羅賽爾和哈爾 (E. Russell, Hall, 1924)
	0.25—0.01	89.4	—	—	—	1.1	—	—	—	0.0	
	0.01—0.005	79.1	—	—	12.3	1.2	—	—	—	0.0	
	0.005—0.001	63.2	—	—	24.3	2.7	1.8	—	—	0.0	
	<0.001	53.7	—	—	23.2	3.4	2.3	0.3	9.0	0.0	
美國土壤 (平均資料)	1—0.2	93.9	1.2	1.6	2.8	0.4	0.5	0.05	0.8		莫羅佐夫 (1949)
	0.2—0.04	94.0	1.2	2.0	3.2	0.5	0.1	0.1	1.5		
	0.04—0.01	89.4	1.5	5.1	6.6	0.8	0.3	0.1	2.3		
	0.01—0.002	74.2	5.1	13.2	18.3	1.6	0.3	0.2	4.2		
	<0.002	53.2	13.2	21.5	34.7	1.6	1.0	0.4	4.9		
夏蓋粘土 (平茲省)	沒有分級	66.01	6.09	15.59	21.68	—	—	—	—	—	
	0.05—0.01	83.40	2.27	6.19	8.46	—	—	—	—	—	
	0.001—0.00054	50.38	9.74	16.40	26.14	—	—	—	—	—	
	0.00040—0.00028	48.48	10.62	17.82	28.44	—	—	—	—	—	
	0.00028—0.00022	47.10	11.12	18.65	29.77	—	—	—	—	—	
	<0.00022	43.47	11.19	19.02	30.21	—	—	—	—	—	

* 在莫羅佐夫 (C. C. Морозов) 表中數據是按无碳酸盐的土壤計算的。

表 3 沃龙涅什省普通黑鈣土机械粒級的某些化学鉴定
 [季基 (Г. Дикий) 在国立莫斯科大学实验室里 1916 年分析出的資料]

分析粒級机械成分的有效直径 (毫米)	土壤中 各粒級 含量 (%)	生 成 物 (%)							
		烧失量	腐殖质	处理后的残渣		用碱提 取的 SiO ₂	10% HCl 提出物		
				浓 H ₂ SO ₄ 和碱	10%盐 酸和碱		P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O
1—0.25	6.46	0.329	—	94.32	—	—	痕迹	—	—
0.25—0.01	29.98	3.54	2.51	81.68	83.28	6.71	0.026	0.166	0.02
0.01—0.001	44.36	16.36	10.95	56.44	60.01	11.90	0.104	0.196	0.039
<0.001	19.86	29.18	19.76	10.34	14.15	28.30	0.332	1.062	0.03
沒有分級的土壤	—	12.92	9.75	57.01	—	14.62	0.127	0.336	0.002

过这个規律的存在。然而我們并不同意莫罗佐夫的意見，他把上述的規律局限于严格的数量范围之内，同时断言，甚至在不同土壤带內形成的并且受到不同程度风化的母岩，“就其某个大小的机械粒級的化学組成来看是非常相近的”(1949)。

在土壤机械粒級中，其他組成成分和性質也发生有規律的变化。从表3，4及图1中可以清楚地看出：随着机械成分的有效粒径十倍地减小，腐殖质含量和交換量逐漸增加。吸湿量，最大吸湿量、持水量、毛管性能也向同一方向增加，然而由于毛管中有效孔隙的减少，毛管水移动的速度也成几十倍及几百倍的减小(表4)。粒級的透水性也向同一方向降低。至于粒級的可塑性和粘着性及其膨胀性能，在大于0.005毫米的粒級中几乎完全沒有，但在泥粒粒級中却表現得最强。有关机械成分的某些物理性質的类似观察，A. 阿特拜尔格(1912)、奥霍亭(В. В. Охотин, 1933)、П. А. 捷米亚琴斯基(1935)、梅尔尼科夫(П. Ф. Мельников, 1940, 1949)早就作过。

在这里所引用的 E. И. 科契丽娜著作对不同大小的土壤机械成分的凝聚能力进行了仔細的研究。在稀的盐溶液內，小于0.001毫米的顆粒(泥粒)明显地具有这样的能力；在細粉粒粒級內(0.005—0.001毫米)凝聚能力則表現得不太穩定，但也不是在所