

土壤中有機礦質膠體融和的研究

I. 土肥相融實質的探討

武致玲 馬毅杰

(中国科学院土壤及水土保持研究所)

全国著名的农业劳动模范馬同义同志,在河南省长葛县长期研究土地深翻的基础上,提出了“土肥相融”的概念,他认为土肥相融是培育肥沃土壤的重要途径。在田间进行施用有机肥料、精耕细作等一系列措施后,随着肥料的逐渐分解,肥料与土壤逐步融和至彼此不分,整个土壤呈现均匀一致的灰色或黑色,即达到土肥相融。

土肥相融的结果,使土壤建立了良好的结构,大大地改善了土壤的物理、化学和生物性质,提高了土壤肥力,为作物的生长提供了良好的土壤环境。土壤有机矿质复合体是组成土壤结构的基本单位。土壤有机矿质复合体的形成是以土壤有机矿质胶体为基础的。有机肥料是有机胶体的主要来源;有机肥料经过腐熟,产生腐殖质,具有高度的化学活性,它能与土壤中的矿物质相结合,形成土壤有机矿质复合胶体。

本文拟从土壤有机矿质复合胶体方面的研究,进行土肥相融實質的探讨。工作尚属初步,敬希多予指正。

一、文献简述

关于土壤中有機礦質复合胶体的形成问题,早在1915年 Аарнио 曾研究氫氧化鉄鋁溶胶与有机胶体间的复合作用;但在此阶段及其稍晚时期的研究者,几乎都未涉及复合的机制问题^[4]。1927年 А. Ф. Тюлин^[4] 提出土壤中的带负电荷腐殖质、硅酸溶胶与带正电荷二三氧化物溶胶复合的图式。Н. Е. Myers^[19]在这方面亦曾进行广泛研究,认为土壤矿物胶体与有机胶体间的作用是一种物理化学反应,作用结果将降低吸收量。然而,这种正确的论点却被其后的某些学者否认。Н. Е. Сакур^[18] 在研究冰渍粘土和胡敏酸钠相互作用时,就认为有机胶体与粘土是机械的混合物。Д. И. Сидери (Sideri)^[20]亦否认腐殖质和粘粒间的化学反应,而认为:由于粘粒的表面张力,使腐殖质在粘粒表面呈定向排列,形成半透性膜。Л. Н. Александрова^[11]、W. Flaig、Bentelspacher^[4] 等人是完全不同意以上两种看法,认为它们是没有根据的。А. Ф. Тюлин^[5]又在1938年从胶体化学的观点,研究证明腐殖质可以被固定在粘土矿物颗粒的表面,其作用方式可有三种类型:(1)若有二三氧化物参与作用,则属化学的牢固结合;(2)若胡敏酸被阳离子凝聚,则腐殖质与粘土矿物的作用属吸着结合,相互间联系则较疏松;(3)若土壤中阳离子很少,则一部分胡敏酸将不与粘土矿物结合,而以游离状态存在。Л. Н. Александрова^[8,9,10,11]的研究也认为腐殖质与土壤矿质部分的相互作用是复杂的物理化学过程,其结果是导致部分腐殖质被土壤矿质颗粒吸收,并固定于表面。她还认为这一吸收过程可分为两个基本阶段:首先,在

土壤顆粒表面形成不溶于水的腐殖酸、腐殖酸盐和腐殖质鉄鋁化合物；然后，所形成的上述物质与土壤固体顆粒表面进一步相结合。在一定时间，这种凝胶膜与土粒联系并不牢固，具有相当高度的活性；但当进一步脱水时，结合将逐渐牢固。她还把土壤中区分为有机矿质化合物和有机矿质胶体二类。认为有机矿质胶体是由高度分散的矿物质、胡敏物质和有机矿质衍生物三部分通过团聚过程所形成的复合物。正如 A. Ф. Тюлин^[4] 所指出的，Александрова 的这种观点是具有相当代表性的，它反映了苏联和欧美某些学者 (Malquori A., Flaig W. 和 Bentelspacher, Springer U.) 的看法。

我们还值得着重谈谈 A. Ф. Тюлин^[4] 对于土壤中小于 0.01 毫米微粒的多年的研究。他认为土壤中大部分的腐殖质是以有机矿质胶膜的形态与小于 0.01 毫米矿粒表面相结合，其中有的是吸着结合，有的是化学结合。植物营养元素(氮、磷、钾)亦主要存在于这些凝胶膜中(约占土壤总含量的 90% 左右)。因此，他认为在矿粒表面上的有机矿质胶膜，不仅是植物营养物质的重要来源，而且在土壤吸收性能的形成、土壤溶液与固相的交换反应上都起着重要的作用。A. Ф. Тюлин 认为不论土壤中腐殖质含量多少，大于 0.01 毫米残余物几乎都是白色，这意味着只有小于 0.01 毫米的次生粘土矿物才具有牢固地固定腐殖质的能力。在这方面 Д. В. Хан^[13,14] 亦证实了腐殖质同粘土矿物(特别是蒙脱类矿物)的相互结合部分，对于创造土壤肥力是具有重要的意义。

由上看来，关于土壤中有机矿质复合胶体问题的研究是取得一定的成就；然而，应该承认在土壤化学这方面的研究仍然是不够的。此外，在国外多数学者的研究工作中，大都还局限于不同土类的相互比较，而人为耕作措施的影响则很少研究。

二、供試样品和試驗方法

(一) 供試样品

本試驗所用的土壤有两种：一种是輕壤质草甸褐土，当地羣众称黄沙土，采自河南省长葛县；另一种是中壤质浅色草甸土，当地羣众称二合土，采自北京市朝阳区。从这两类土壤中，分别采取肥力水平不同的两种土壤，肥和瘦系相对而言，不同土壤的肥力等级没有固定的指标，在比较研究中还要考虑其他因素。施肥影响土壤肥力的变化，主要在土壤表层，因此取样深度为 0—20 厘米。供試土样呈強石灰性反应，pH 約 8 左右。理化性质列于表 1 和表 2。

表 1 供試土壤的化学性質

土 壤		有机质 (%)	阳离子交 換量* (毫克当 量/100克)	全 氮 (%)	全磷** (%)	速效磷** (毫克/100 克)	速效钾 (毫克/ 100克)
名 称	肥沃度						
輕壤质草甸褐土	較 高	1.40	7.98	0.102	0.15	9.55	8.0
輕壤质草甸褐土	較 低	1.09	7.04	0.069	0.13	4.50	3.6
中壤质浅色草甸土	較 高	1.49	11.32	—	0.17	3.63	—
中壤质浅色草甸土	較 低	1.32	10.37	—	0.16	2.00	—

* 阳离子交換量由胡荣梅、陈定一測定。

** 全磷、速效磷由傅积平、唐誦六測定。

表 2 供試土壤的機械分析(比重計法)*

土 壤		機 械 組 成 (毫 米) %						質 地
名 稱	肥 沃 度	2—0.25	0.25—0.01	0.01—0.005	0.005—0.001	<0.001	<0.01	名 稱
輕壤質草甸褐土	較 高	0.7	78.8	5.5	5.5	9.5	20.5	輕壤
輕壤質草甸褐土	較 低	0.5	79.5	6.0	5.0	9.0	20.0	輕壤
中壤質淺色草甸土	較 高	1.0	63.0	9.0	15.5	11.5	36.0	中壤
中壤質淺色草甸土	較 低	0.8	64.2	9.0	14.0	12.0	35.0	中壤

* 由本所土壤物理組測定。

(二) 試驗方法

1. 土壤微團聚體分析方法：系按 Н. А. Качинский 法^[17]。稱取樣品 10—30 克，置於 750 毫升振盪瓶中，加入 250 毫升蒸餾水，靜止 24 小時後，振盪 2 小時(往復式振盪機，速度為每分鐘約 180 次)，然後將懸濁液通過 0.25 毫米孔徑的篩子，再按機械分析吸管法，吸取各級微團聚體，並計算出其百分含量。

2. 不同形態的腐殖質測定方法：系按 А. Ф. Тюлин 法^[21]。稱取一定量的樣品置於離心管中，進行脫鈣處理(0.05 NHCl 和 1N NaCl)。然後把脫鈣後的樣品用 0.004 N NaOH 提取到溶液無色為止，所得之為游離松結態胡敏酸鹽(свободные рыхло-связанные гуматы)。繼用 0.05 N H₂SO₄ 洗去活性鉄鋁三氧化物，再以 0.01 N NaOH 反復提取到溶液不再呈現顏色為止，所得的是吸着聯結態胡敏酸鹽(адсорбционно-связанные гуматы)。最後剩餘在土樣內的腐殖質作為緊結態腐殖質(прочно-связанные гуматы)，其中包括粗有機質在內。以上三組均分別按 И. В. Тюрин 法測定碳的含量。

三、結果和討論

(一) 關於微團聚體的研究

土壤結構性一般用粒徑 10—0.25 毫米團聚體的百分數來表示。大團聚體是由微團聚體不斷聚結而形成的。微團聚體分析系將土壤置於水中，將大團聚體進行比較猛烈的振盪，使其散開為粒徑 < 0.25 毫米微團聚體和單粒。因此，微團聚體是比較基本的單位，其本身的結合是比較牢固的，對於微團聚體進行研究，是很有意義的。

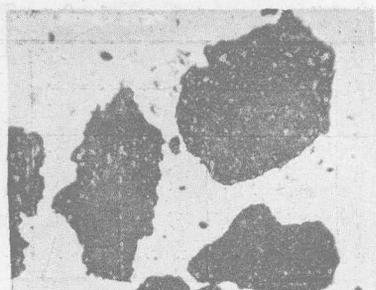
1. 微團聚體的分布與形態：從土壤微團聚體的分析結果(表 3)可以明顯看出，兩種類型的土壤都是粒徑 < 0.01 毫米部分，肥土比瘦土多，粒徑 1—0.25 毫米亦然；相反的是，

表 3 土壤微團聚體分析*

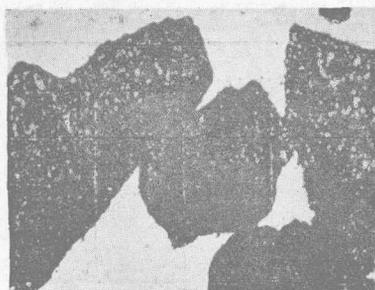
(單位：百分含量)

土 壤		團 聚 體 大 小 (毫 米)				
名 稱	肥 沃 度	1—0.25	0.25—0.01	<0.01	0.01—0.005	<0.005
輕壤質草甸褐土	較 高	1.10	89.63	9.37	4.38	4.99
輕壤質草甸褐土	較 低	0.53	93.06	6.51	2.89	3.62
中壤質淺色草甸土	較 高	4.17	77.78	18.07	7.66	10.41
中壤質淺色草甸土	較 低	3.90	80.40	15.65	6.96	8.69

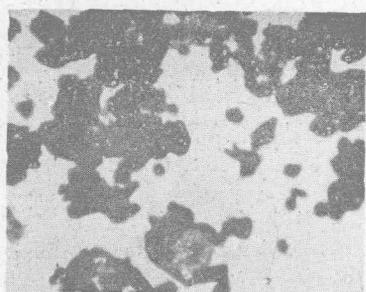
* 楊梅芝分析。



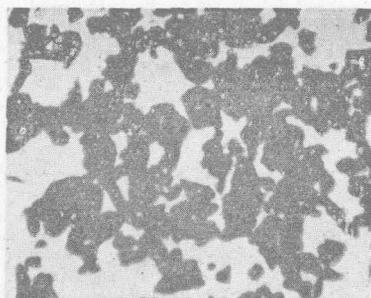
A



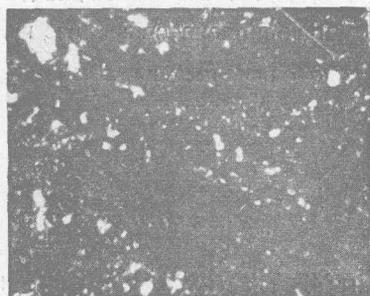
A'



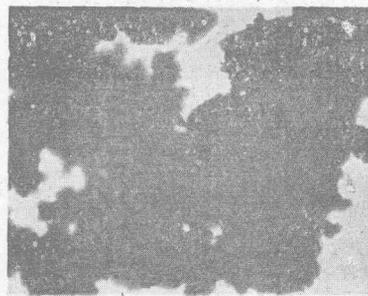
B



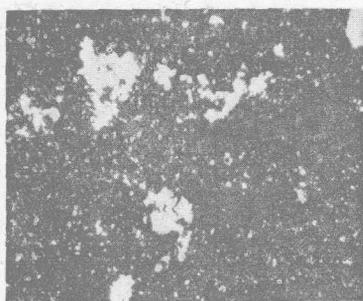
B'



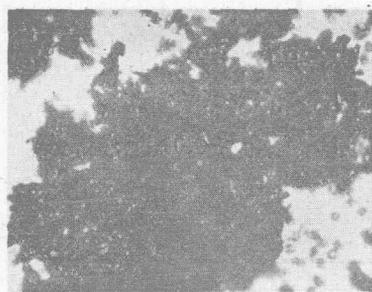
B



B'



Γ



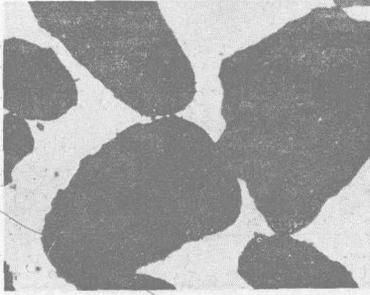
Γ'

图1 輕壤质草甸褐土的不同粒径微团聚体显微镜照相

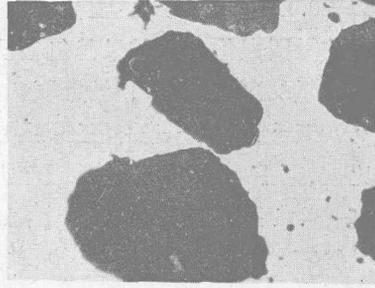
較肥的土 A—1—0.25 毫米; B—0.25—0.01 毫米;
B—0.01—0.005 毫米; Γ—<0.005 毫米。

較瘦的土 A'—1—0.25 毫米; B'—0.25—0.01 毫米;
B'—0.01—0.005 毫米; Γ'—<0.005 毫米。

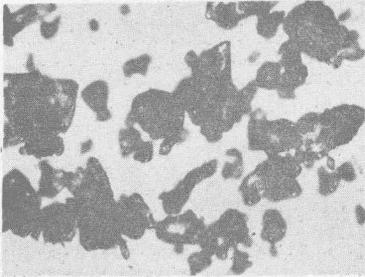
(A, B, A', B'—均放大 280 倍; B, Γ, B', Γ'—均放大 950 倍)



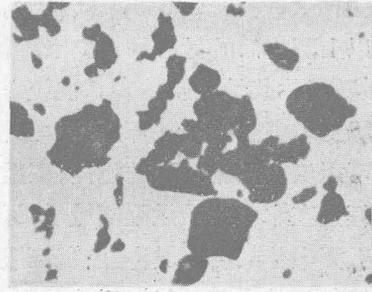
A



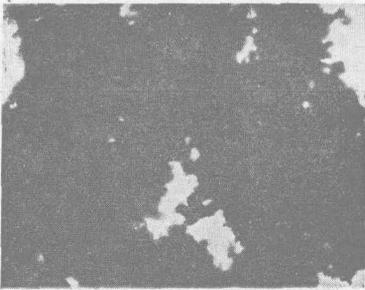
A'



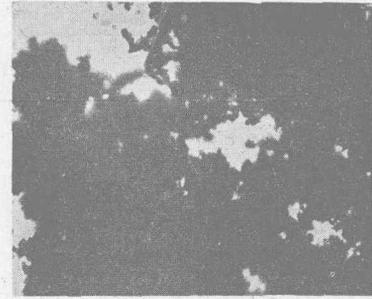
B



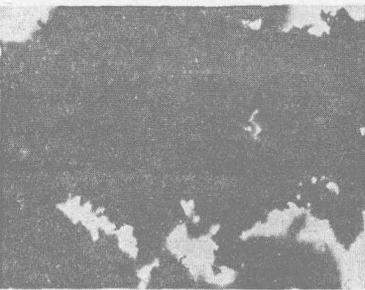
B'



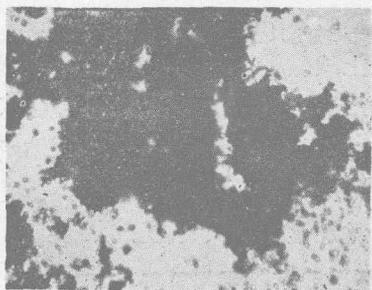
B



B'



Γ



Γ'

图2 中壤质浅色草甸土的不同粒径微团聚体显微镜照相

較肥的土: A—1—0.25 毫米; B—0.25—0.01 毫米;

B'—0.01—0.005 毫米; Γ—<0.005 毫米。

較瘦的土: A'—1—0.25 毫米; B'—0.25—0.01 毫米;

B'—0.01—0.005 毫米; Γ'—<0.005 毫米。

(A、B、A'、B'—均放大280倍; B、Γ、B'、Γ'—均放大950倍)

粒径 0.25—0.01 毫米部分,肥土較瘦土少。

以上的微团聚体分析結果是包括已經分散的单粒在內,于是我們对于以上划分的各組进行显微鏡的形态观察¹⁾,結果証明:粒径 < 5 微米 (< 0.005 毫米)和 10—5 微米 (0.01—0.005 毫米)部分,基本上属于微团聚体,都呈現疏松多孔的綿絮状态;但是肥土与瘦土相比較,則前者細小孔隙多,顏色也較暗(图 1, B、Γ、B'、Γ'; 图 2, B、Γ、B'、Γ')。粒径 0.25—0.01 毫米部分在显微鏡下的观察,无论是肥土或瘦土,基本上呈单粒状态,多半是分散的石英、长石等,顏色較浅,仅有局部的微团聚体(图 1, B、B'; 图 2, B、B')。粒径 1—0.25 毫米部分中,一部分是团块,一部分是粗砂;肥土的团块边缘呈波浪状,瘦土則較平滑(图 1, A、A'; 图 2, A、A')。

从以上两方面的材料結合起来看,微团聚体主要分布在 10 微米以下。土肥相融程度越高,微团聚体数量也就越多。粒径 1—0.25 毫米部分包含团聚体和粗砂两部分,同类型土壤的肥土和瘦土的粗砂含量基本上相近(表 2)。因此,粒径 1—0.25 毫米团聚体含量的差别可以反映土肥相融的程度;在显微鏡下观察,也可以看出形态上的差别。这部分团聚体是經過在水中比較猛烈振荡后仍然保持的部分,結合是比較牢固的。

2. 微团聚体的腐殖质含量:在輕壤質草甸褐土中,粒径 < 10 微米微团聚体的腐殖质含量結果(表 4)表明:(1) 无论是肥土或瘦土,土壤微团聚体的腐殖质含量是比較高的,

表 4 輕壤質草甸褐土腐殖质含量*(%)

土壤肥沃度	腐殖质含量	10—5 微米微团聚体腐殖质含量	<5 微米微团聚体腐殖质含量
較 高	1.40	3.86	5.74
較 低	1.09	3.19	4.76

* 計算均以烘干土为基准。

土壤顆粒越細小,腐殖质含量越高。(2)粒径 < 10 微米微团聚体的腐殖质含量,肥土比瘦土高,这表示土肥相融程度較高者,其腐殖质含量也較多,腐殖质渗透到土壤細小部分中的也更多。

以上試驗結果与 Д. В. Хан 所得者相一致^[13],这显示出在土壤中,微团聚体的形成是与腐殖质有着密切的关系。粒径 < 10 微米的微团聚体随土壤肥沃度增加而增加,这可能是由于随着耕作、施肥等农业技术措施的进行和水热条件的变化,以致在与土壤腐殖质积累的同时,复合体将逐渐变性(如縮合、陈化、結晶等),使有机胶体与矿质胶体的結合不断地加强,大大有助于微团聚体的形成。我們曾用过氧化氢把腐殖质彻底破坏后,< 10 微米部分呈現单粒状态(图 3, B、B、B'、П、П')。这些工作完全可以証实有机矿质胶体的融和在形成 < 10 微米的微团聚体中所起的重大作用。

綜合上述,我們不难看出,較肥沃的土壤中 > 0.25 毫米和 < 0.01 毫米这两部分都比瘦土显著的增加。根据一般研究者认为,直径在 0.25 毫米以上的团聚体应視作有效团粒^[17,22]。另一方面,对于 < 0.01 毫米來說,据 А. Ф. Тюлин 研究认为^[4],在土壤中 90%

1) 显微鏡照相工作,得到中国科学院植物研究所植物形态室和資料室同志的帮助,謹致謝于此。

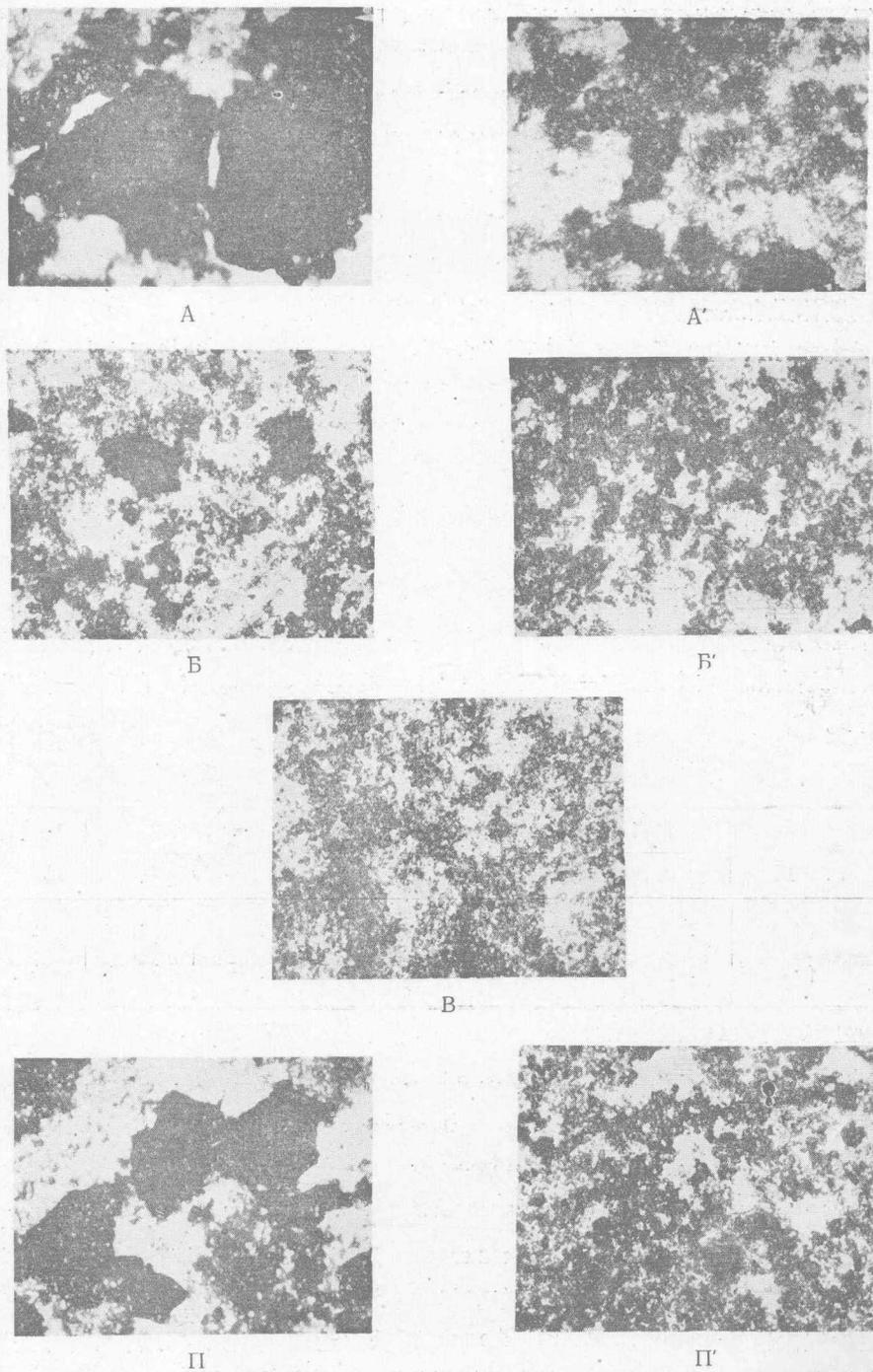


图3 <5微米微团聚体分散程度的显微镜照相(放大950倍)

輕壤質草甸褐土 較肥的土: A—加水处理; B—加0.2毫升30% H_2O_2 处理;
B—加0.3毫升30% H_2O_2 处理。

較瘦的土: A'—加水处理; B'—加0.2毫升30% H_2O_2 处理。

中壤質淺色草甸土: II—較肥的土,加0.2毫升30% H_2O_2 处理;
II'—較瘦的土,加0.2毫升30% H_2O_2 处理。

以上的氮、磷、鉀营养物质都集中在这一粒径上。因此,我們认为从微团聚体的角度来看,土肥相融确实提高了土壤肥力,并且也显示出肥沃土壤的优越性。

3. 微团聚体稳固程度:为了进一步探討土肥相融过程中所形成的微团聚体的品质,我們以水和过氧化氢分别对 < 5 微米粒径的微团聚体进行处理,并置于显微镜下观察其破坏程度。

据观察所见,輕壤質草甸褐土加水处理的結果(图 3, A、A'),肥土仍以团聚体状态存在,而瘦土被分散开了,这表明前者结构的稳固程度較高。我們认为这主要是与有机胶体与矿质胶体融和的程度有关。加过氧化氢处理的結果(图 3, B、B')表明,在輕壤質草甸褐土中,加入 0.2 毫升 30% 过氧化氢后,肥土仍然呈现团聚状态,而瘦土却完全散开,呈单粒状态存在。肥土中只有当加入 0.3 毫升 30% 过氧化氢处理后,方才散开,呈单粒状态。在中壤質淺色草甸土試驗中也証明了土壤肥瘦不同,用同量的过氧化氢处理其散开程度是有差别的(图 3, П、П')。

从以上結果,不难看出,土肥相融程度越高的土壤,其微团聚体的稳固程度是比較高的。

(二) 关于土肥相融的实质問題

1. 有机矿质胶体融和中的腐殖质結合形态:从上述結果我們感到有必要从土壤中有有机矿质胶体的融和观点出发,进一步探索土肥相融的实质。为此进行了下面一些工作,結果列于表 5。

表 5 輕壤質草甸褐土中不同形态的腐殖质

土 壤 肥 沃 度	游离松結合态		吸着联結合态		紧 結 态		腐殖质* 总量(%)
	含量(%)	占总量%	含量(%)	占总量%	含量(%)	占总量%	
較 高	0.37	26.62	0.21	15.03	0.81	58.27	1.39
較 低	0.38	35.19	0.11	10.19	0.59	54.64	1.08

* 腐殖质总量为前三个数值的总和。

从表 5 得出:土壤肥瘦不同,結合的腐殖质的形态也不相同。土壤越肥,吸着联結合态胡敏酸和紧結合态腐殖质的含量越高,游离松結合态胡敏酸的含量越低。游离松結合态的胡敏酸借鈣离子与粘粒相結合,吸着联結合态胡敏酸則通过二、三氧化物与粘粒相結合,紧結合态腐殖质可伸入粘土矿物晶层之間与粘粒紧密結合。因此,上述結果表明了土壤越肥,有机矿质胶体融和得更好。正如 Л. Н. Александрова 所指出的:这是由于腐殖质中有着活泼的功能团,在土壤矿物质的内外表面也存在着許多活泼的原子团或化学键,在它們之間必然会发生物理化学的作用^[1]。А. Ф. Тюлин 更认为土壤中絕大部分腐殖质都是以有机矿质胶膜的形态,固定在小于 0.01 毫米矿物微粒的表面^[4]。

在前面,我們曾认为有机矿质胶体的融和首先与細小的微团聚体的形成有着密切的关系。因此,为了进一步探討腐殖质与土壤矿物胶体間的作用,我們分析了 < 5 微米微团聚体中腐殖质的結合形态。結果列于表 6。

表 6 結果表明,土壤越肥,< 5 微米微团聚体中紧結合态腐殖质占总量的百分数越高,

土壤，粘土矿物以云泰为主¹⁾，这可以解释在 < 5 微米微团聚体中，紧結态腐殖质高达 72.76%—63.33% 的原因。

根据上述结果，我们认为土肥相融是有机肥料和土壤之间产生一系列的错综复杂的物理、化学、生物化学和物理化学等变化过程。有机肥料中含有大量的粗有机质、纤维素、半纤维素、木质素和腐殖质等。新生的腐殖质具有高度的化学活性，能与钙、镁、铁、铝等离子作用；又具有活泼的胶体性质，与水化铁、铝氧化物胶体形成复合胶体；也能通过钙、镁、铁、铝而附着于粘土矿物表面，或伸入蒙脱类、云泰类粘土矿物晶层间。这样相互作用、相互渗透的结果，形成了土壤有机矿质复合体，原来的性质转化为另一种新的性质，这就是土肥相融过程的实质^[2]。肥土 < 5 微米微团聚体中紧結态腐殖质有着显著增加，这说明有机矿质复合体是随着土肥相融过程而逐渐稳固。

(三) 团粒结构形成的机制

为了进一步探讨团粒结构形成的机制，我们选取中壤质浅色草甸土的两组粒径团聚体进行不同形态腐殖质的分析(表 7)。

表 7 中壤质浅色草甸土两种粒径团聚体中腐殖质的结合形态*

土壤肥度	团聚体 (毫米)	游离松結态		吸着联結态		紧 結 态		腐殖质 总量(%)
		含量(%)	占总量%	含量(%)	占总量%	含量(%)	占总量%	
較 高	3—1	0.031	2.03	0.12	7.84	1.38	90.13	1.53
	1—0.5	0.10	6.02	0.19	11.45	1.37	82.53	1.66
較 低	3—1	0.035	2.33	0.14	9.33	1.32	88.34	1.50
	1—0.5	0.11	6.54	0.20	11.90	1.37	81.56	1.68

* 样品由本所土壤物理组供给。

由表 7 我们不难看出：不论肥土或瘦土在两种粒径团聚体中起主要作用的，都是紧結态腐殖质，约占总量 81—90%；换句话说，游离松結态和吸着联結态胡敏酸二者合计仅占 19—10% 左右。将肥、瘦土中同一粒径团聚体加以比较，不论 3—1 毫米或 1—0.5 毫米，都可得到相同的趋势：即土壤越肥，游离松結态和吸着联結态胡敏酸含量越低，而紧結态腐殖质含量越高，这意味着紧結态腐殖质在良好结构形成中起着重要的作用。如果将同一土壤(肥土或瘦土)中的不同粒径大小的团聚体加以对比，可以看出：无论是肥土或瘦土，紧結态腐殖质在 3—1 毫米中的含量都大于 1—0.5 毫米中的，游离松結态及吸着联結态则相反。根据文献，一般认为在农业生产中更有意义的是 3—1 毫米粒级^[22]，显然，这更有力地说明了与粘粒紧密结合的腐殖质在创造土壤结构中的重要作用。

此外，从表 7 我们还可以看到：同一种土壤(肥土或瘦土)不同粒径大小的团聚体中，游离松結态胡敏酸含量差别最为显著，不论肥土或瘦土，1—0.5 毫米的含量几为 3—1 毫米的三倍。我们认为这似乎表明：新生的活性较大的腐殖质，大部分先与土壤细小颗粒作用，然后随着时间的加长和水热条件的变化，腐殖质和粘粒的结合越来越紧，加之植物根系的挤压等生物因素，以及土壤中不断形成的新鲜腐殖质的胶结作用，使小团聚体进一步彼此团聚为大的结构，从而使土壤结构更加良好。

1) 根据本所許冀泉、卢小霞等分析资料。

上述結果雖然可以看出土壤肥瘦不同, 同一粒徑大小的團聚體中, 腐殖質結合形態間的差別, 但是如果我們改換另一種方式表示, 則這種差異將更明顯(表 8)。

表 8 中壤質淺色草甸土的兩種粒徑團聚體中腐殖質的結合形態

土壤肥沃度	游離松結態		吸着聯結態		緊結態	
	含量(%)	比 值	含量(%)	比 值	含量(%)	比 值
3—1 毫 米						
較 高	0.031	100	0.12	100	1.38	100
較 低	0.035	113	0.14	117	1.32	95.7
1—0.5 毫 米						
較 高	0.10	100	0.19	100	1.37	100
較 低	0.11	110	0.20	105.3	1.37	100

土壤中大團聚體和微團聚體的形和許多因素有關, 一般認為腐殖質起着最重要的作用。根據以上結果, 我們認為團粒結構的穩固性不僅與腐殖質的數量有關, 而更重要的是質量; 腐殖質和粘粒的牢固結合是創造穩固團粒結構的有利保證。正如 Шлезинг^[12] 曾指出的: 腐殖質和土壤粘粒部分的相互作用是土壤結構穩固性的原因。

綜合上述, 可以看到土肥相融的結果, 形成了土壤有機礦質複合體, 土壤逐漸起着質的變化, 調節植物所需的水分、養分等生活條件的能力也就越來越強。所以說土肥相融是培育肥沃土壤的關鍵, 也充分體現了人的主觀能动性在改造土壤中的作用。

四、摘 要

1. 通過微團聚體分析和微團聚體的顯微鏡形態觀察表明, 微團聚體主要分布在 0.01 毫米以下部分, 呈疏松多孔綿絮狀態, 肥土比瘦土的數量多, 且細小孔隙多, 顏色也較深暗。0.25—0.01 毫米部分, 肥土比瘦土的數量少, 基本上都呈單粒狀態存在, 多半是細分散的石英、長石等, 顏色較淺, 僅含有少量的微團聚體。1—0.25 毫米部分, 肥土比瘦土的數量多, 一部分是團塊, 一部分是粗砂, 肥土的團塊邊緣呈波浪狀, 瘦土則較平滑。

2. 土壤越肥, 腐殖質含量越多, 腐殖質滲透到土壤細小部分中的也更多, 因而形成的微團聚體品質較好。過氧化氫和水對 < 5 微米微團聚體的破壞情況亦証實了肥土微團聚體的穩固程度比瘦土高。

3. 土壤及 < 5 微米微團聚體分析結果都反映出: 土壤肥瘦不同, 結合的腐殖質的形態也不同。土壤越肥, 緊結態腐殖質含量越高, 而游離松結態胡敏酸含量越低。肥瘦間這種差異在微團聚體中表現更為顯著, 特別是緊結態腐殖質尤為明顯。肥土微團聚體中占總量的 72.76%, 而瘦土僅為 63.33% (土壤肥瘦間分別為 58.27% 和 54.64%)。然而吸着聯結態胡敏酸却有相反的趨勢, 即在土壤中, 肥土含量比瘦土高; 而在 < 5 微米微團聚體中則反之。我們認為這可能是由於土壤中存在着部分胡敏酸與游離二三氧化物相作用, 形成有機礦質化合物所致。不論土壤或微團聚體中腐殖質的結合形態都說明了, 土壤越肥, 有機礦質膠體的融和越為徹底, 從而也証實了土肥相融的實質——土壤中有機礦質膠體的融和。

4. 中壤質淺色草甸土中,两种粒径团聚体腐殖質結合形态的分析結果表明,不論土壤肥瘦,緊結态腐殖質在两种大小团聚体中起着主要的作用,占团聚体腐殖質总量的81—90%左右,游离松結态及吸着联結态胡敏酸二者合計仅占19—10%。土壤越肥,緊結态腐殖質的含量更显增高;而游离松結态和吸着联結态胡敏酸含量則越低。不論肥土或瘦土,緊結态腐殖質在3—1毫米团聚体中含量都大于1—0.5毫米,而其他二种形态胡敏酸則有相反趋势。同时,在农业生产中的意义也以3—1毫米为大。因此,这些結果都从不同角度表征着与粘粒紧密結合的腐殖質在創造土壤良好結構中起着重要的作用。

5. 值得注意的是游离松結态胡敏酸含量,在不同粒径团聚体中差別較为显著,不論肥土或瘦土,1—0.5毫米的含量几为3—1毫米的三倍。我們认为这显示出:新生的活性較大的腐殖質,大部分先与土壤細小顆粒作用,然后随着時間的加长和水热条件的变化,腐殖質和粘粒結合越来越紧,胶膜亦愈增厚,加之植物根系的挤压等生物因素,以及土壤中不断形成的新鮮腐殖質的胶結作用,使小团聚体进一步彼此团聚为大結構体,从而使土壤結構性更加良好。

参 考 文 献

- [1] 熊毅: 土肥相融是培育肥沃土壤的基础。科学通报, 1960年第17期。
- [2] 中国科学院土壤及水土保持研究所土壤培肥組: 土肥相融是瘦土变肥土的关键。土壤, 1960年第8期。
- [3] Гедройц, К. К.: Структура почвы и почвообразование. Изб. Соч. I. Москва, 1955.
- [4] Тюлин, А. Ф.: Органио-минеральные коллоиды в почве, их генезис и значение для корневого питания высших растений. Изд. АН СССР, 1958.
- [5] Тюлин, А. Ф.: О формах связи гуминовых веществ с минеральной частью почвенных коллоидов. Почвоведение, 7—8, 718—999, 1938.
- [6] Тюрин, И. В.: Органическое вещество почвы. Сельхозгиз, 1937.
- [7] Тюрин, И. В.: К методике анализа для сравнительного изучения состава почвенного перегноя, или гумуса. «Тр. почв. ин-та» т. 38, 5—21, 1951.
- [8] Александрова, Л. Н.: Органио-минеральные соединения и органио-минеральные коллоиды в почве. Доклады советских почвоведов К VII международному конгрессу в США. Изд. АН СССР, 1960.
- [9] Александрова, Л. Н. и Надь, М. К.: О природе органио-минеральных коллоидов и о методах их изучения. Почвоведение, 10, 21—27, 1958.
- [10] Александрова, Л. Н.: О природе и свойствах продуктов взаимодействия гуминовых кислот и гуматов с полутораокисями. Почвоведение, 1, 14—29, 1954.
- [11] Александрова, Л. Н.: Процессы взаимодействия гуминовых веществ с минеральной частью почвы. Почвоведение, 9, 23—34, 1954.
- [12] Келлерман, В. В.: Физико-химические свойства водоустойчивых агрегатов в различных типах почв СССР. Сб. вопросы физико-химии почв и методы исследования. Изд. АН СССР, Москва, 1959.
- [13] Хан, Д. В.: Состав перегнойных веществ и их связь с минеральной частью почв. Почвоведение, 1, 10—18, 1959.
- [14] Хан, Д. В.: Влияние перегнойных веществ состава минералов и обменных катионов на образование воде прочных агрегатов в черноземных почвах. Почвоведение, 4, 63—70, 1957.
- [15] Хан, Д. В.: Поглощение органического вещества минералами почвы. Почвоведение, 11, 678—680, 1950.
- [16] Хан, Д. В.: К вопросу о связи органического вещества с минералами почвы. Доклады АН СССР. т. 81, № 3, 461—464, 1951.
- [17] Качинский, Н. А.: Механический и микро-агрегатный состав почвы методы его изучения. Изд. АН СССР. Москва, стр. 134—137, 1958.
- [18] Сакун, Н. Е.: К вопросу взаимодействия гумата с минеральной частью почвы. Почвоведение,

8, 3—19, 1942.

- [19] Myers, H. E.: Physico-chemical reactions between organic and inorganic soil colloids. *Soil Sci.* 44, 331—361, 1937.
- [20] Sideri, D. J.: On the formation of structure in soil. *Soil Sci.* 42, 461—479, 1936.
- [21] 土壤通訊, 1955 年第 14 期.
- [22] Александрова, Л. Н. и Найденова, О. А.: Лабораторно-практические занятия по почвоведению. Сельхозгиз, 1957.

ИЗУЧЕНИЕ СОЕДИНЕНИЯ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ КОЛЛОИДОВ ПОЧВ

I. ИССЛЕДОВАНИЕ СУЩНОСТИ СОЕДИНЕНИЯ ПОЧВЫ С УДОБРЕНИЕМ

У Мэй-лин и Ма И-де

(Институт охраны почв и почвоведения АН КНР)

(Вывод)

1. Изучение почвенных микроагрегатов (распространение, форма, стабильность) и содержания гумуса в них показывает, что тем больше содержание гумуса, больше он проникает в мелкие частицы почв, чем лучше соединяется почва с удобрением, следовательно, образующиеся микроагрегаты тем и больше, качественнее и стабильнее.

2. Изучение формы связывания гуматов почв и микроагрегатов размером < 5 микронов показывает, что от плодородия зависит форма связывания гуматов. Чем плодороднее почва, тем больше содержание прочносвязанных гуматов и меньше содержание свободных рыхлосвязанных гуматов. Уровень плодородия заметно наблюдается в микроагрегатах, особенно ярко выражается в прочносвязанных гуматах, что указывает на то, что стабильность органо-минеральных комплексов повышается с ходом процесса соединения почвы с удобрением.

3. Результаты анализа формы связывания гуматов агрегатов (диаметром 3—1 мм. и 1—0.5 мм.) среднесуглинистой светлой луговой почвы показывают, что прочносвязанные гуматы играют существенную роль в агрегатах двух разных размеров, независимо от уровня плодородия почв. Они составляют 81—90% общего количества агрегатного перегноя и это особенно более заметно в почвах, где лучше соединяется почва с удобрением. Из этого следует, что гуматы, прочно-связанные с илистыми частицами, имеют важное значение в создании устойчивой структуры почв.

Обобщив вышесказанное, мы видим, что соединение почвы с удобрением образует органо-минеральные комплексы, постепенно вызывая качественное изменение почв и, следовательно, повышая плодородие почв. Поэтому соединение почвы с удобрением является основанием более плодородных почв и полно выражает значение субъективной подвижности человека в преобразовании почв.