

# 下蜀层发育的潴育性水稻土的 微土壤学研究\*

陈清頌

(安徽农业科学院)

微土壤学并不是土壤学的一个分支<sup>[1]</sup>,而是应用显微镜技术观察土壤的微形态结构特征<sup>[1,2]</sup>。自1938年Kubiena出版了第一本关于微土壤学的专著以来,这个方法很快的在欧洲国家中得到了重视。在最近的几年中因为土壤切片技术的不断完善,微土壤学得到迅速的发展,累积了很多的新资料。微土壤学的研究主要是用来帮助认识土壤中物质动态的规律<sup>[1]</sup>,如土壤中的生物活动,有机质的腐殖质化作用,粘土、腐殖质物质、硅酸和铁质的淋溶淀积作用,土粒排列情况,孔隙性质,土层中可溶性物质的浓缩和聚集,次生矿物的分离和结晶作用,新生体的形态、组成及其分布规律以及原生矿物的风化等问题,应用此法的研究成果有助于解决土壤的发生和分类诸问题<sup>[1,2]</sup>。因此作者想对我国土壤进行一些这方面的研究,本文就对安徽省下蜀层发育的潴育性水稻土所进行的初步研究结果,作一简要报导,以供大家讨论。

## 文献回顾

在微土壤学中,有许多描述土壤形态构造特征的专用术语。Kubiena<sup>[1]</sup>所用的土壤组织 (Soil fabric) 是指“土壤组成的空间排列”。构成组织的单位是土壤的基本物质,如岩石、矿物颗粒、碎片、腐殖质粒子、膜、胶衣、粒子堆积物、粒间支架物和盐分、胶体的堵塞物等。最低级的组织单位为组织骨架 (Fabric skeleton) 和组织乳浆 (Fabric plasma)。前者指岩石和矿物的残留物以及未分解或分解很慢的有机物质,后者指易移动的高度分散的活性物质,这种物质的组成和形状很容易改变,并且还容易重新沉淀。Osmond<sup>[2]</sup>曾指出土壤组织的类型并不甚多,而各土壤都有其相应的组织形态,所以曾根据土壤组织来命名土壤。Brewer 和 Sleeman<sup>[3]</sup>认为土壤组织是土壤物理组成的一种表示,是描述土壤单粒、复粒和孔隙的分布与空间的排列情况。他们修改了 Kubiena 关于组织骨架和组织乳浆的概念,把土壤组织骨架改为骨架颗粒,指土壤中比较稳定的单粒(包括大于胶粒的矿物颗粒和稳定的硅质和有机体)后者改为土壤乳浆,指非骨架部分的一切胶体物质和可溶物质。

关于土壤微结构的形态特征及其形成条件也有很多的研究。Frei 和 Cline<sup>[4]</sup> Cady<sup>[5]</sup>, McCaleb<sup>[6]</sup>, Brewer<sup>[7]</sup>, Мицашина<sup>[8]</sup> 等曾研究土壤中土粒的定向排列现象,并对定向排列的土粒组织给予不同的名称,如“光学定向粘土”、“带状粘土”、“次生粘土”、“混成壤

\* 郭庆芳同志协助做切片,谨表谢忱。

土”、“結晶凝聚結構”、“流痕結構”、“波紋結構”、“合成拜來石”、“活性拜來石”、“鉄拜來石”等。Frei 和 Cline<sup>[4]</sup> 认为定向排列是由于土壤表层的胶粒,在有机胶体及其他亲水胶体(如 SiO<sub>2</sub>) 影响下所发生的淀积作用。Парфенова 和 Яралова<sup>[8]</sup> 认为光学定向粘土是由土壤表层易移动元素在富非酸影响下往下层移动而合成的。Минашина<sup>[8]</sup> 认为,土壤顆粒高度分散而逐渐沉积和变干,也能形成光学定向粘土,如碱土、脫碱土和龟裂土的淀积层中就可見到;灰鈣土沒有粘土分散和淋溶的条件,所以沒有光学定向粘土,因此,他认为土壤中的光学定向粘土是淋溶淀积作用的产物,由于形成条件不同,光学定向粘土的結構形态亦有差异,沿土壤的裂隙与管壁可形成流痕結構的粘土,就地則可形成杂乱纖維狀結構的粘土。

但是 Попов<sup>[9]</sup> 认为光学定向組織的形成是由于水的表面张力、下降液流、毛管流和側流的作用。Brewer<sup>[8]</sup> 則強調干湿交替在形成这种組織中的作用。他曾經用 60% 的伊利石和 40% 的高岭石悬浮液通过砂柱获得了类似自然状态的光学定向粘土的淀积层,并发现不同的阳离子 (Ca、Mg、K、Na、H) 对定向排列沒有影响;并指出,土壤中有足够的盐类和砂粒存在是形成土粒定向排列的必要条件。大量粉砂的加入,則对定向粘土的形成有干扰作用。

## 材 料 和 方 法

供試土样采自安徽合肥西郊,系发育在下蜀层上坡地潜育性水稻土(俗称白土)的耕层和犁底层,用容重取土器取土,注明土样的上、下、左、右方向。风干后,用小刀切成体积約 1 立方厘米的土块,用紗布包裹,依次浸漬在 5%、10%、15%、20% 的不同浓度的明胶溶液中各 3—4 天,明胶的温度維持在 40℃ 左右。之后,取出浸泡在 30% 的甲醛溶液中,使明胶固定并硬化,甲醛浸泡時間至少 10 天,之后解开紗布,自然干燥 3 天。

选择一个密閉的工作室,維持室温在 30℃ 左右。准备一些长 4 厘米、寬 3 厘米、高 2.5 厘米的硬紙盒。将熔化的石蜡倒入紙盒,待石蜡接近凝固前投入土样标本,用灼热鉄絲支架土块使它悬浮在石蜡正中央。石蜡冷却后,剝去紙盒,即得到一个长方形埋有土样的蜡块,可放在手搖切片机上切片。

切片刀必須特別銳利,安裝傾角是 25—30°, 切片时速度不宜过急,防止砂粒損坏刀口。經過上述处理的标本,可切成 3—25 微米的各种厚度的切片。用透射光源在普通顯微鏡下观察切片,光源为 300W 亮度的灯泡。

## 結 果 和 討 論

### (一) 潜育性水稻土的微結構特征

潜育性水稻土的切片組織<sup>1)</sup>可以明显的分为二个部分,一部分是团聚組織,一部分是非团聚組織。团聚組織是由土粒团聚体<sup>2)</sup>、复合团聚体<sup>3)</sup>和粒間間質<sup>4)</sup>以不同迭結形式构成

1) 本文中所指的組織定义是:“土粒和粒間間質的空間排列情况”。

2) 土粒团聚体是指最小的团聚体单位。

3) 复合团聚体是指土粒团聚体的集合体。

4) 这里所指的粒間間質是指出現在顯微鏡視野中的不同顏色和不同透明程度的物質。这些物質散布在土粒之間,好象是一些胶結剂,大概相当于 Kubiena 和 Brewer 等所指的組織乳漿或土壤乳漿。

的。根据 30 张切片观察,这种土壤内的迭结形式一般可分为鲷状迭结、鳞片状迭结、葡萄串迭结、镶嵌迭结、栅状迭结、皱纹迭结、海绵状迭结等类型(图 1)。海绵状迭结是供试土

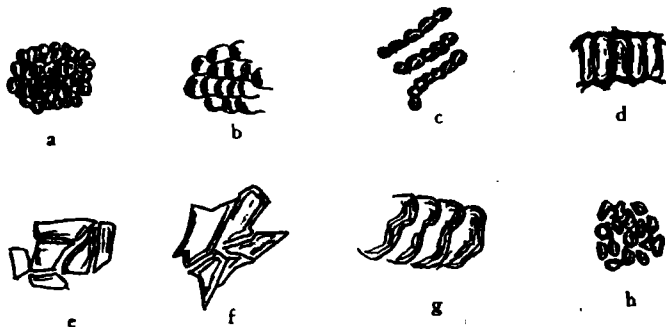


图 1 潜育性水稻土土粒团聚体和复合团聚体的迭结型式  
a——鲷状迭结； b——鳞片状迭结； c——葡萄串迭结；  
d——栅状迭结； e, f——镶嵌迭结；  
g——皱纹迭结； h——海绵状迭结。

样表土团聚组织最主要的迭结形式。如图 2 所示,暗色部分系由土粒团聚体构成的复合团聚体,它们的外形浑圆,边缘整齐,界限分明,呈疏松的海绵状迭结。浅暗色部分系非团聚组织。构成团聚组织的粒间间质是深黄棕色,构成非团聚组织的粒间间质则呈浅黄棕色,集结的情况不一,完全透明处为孔隙。潜育性水稻土表土不同方向的切片,形态差异甚小。

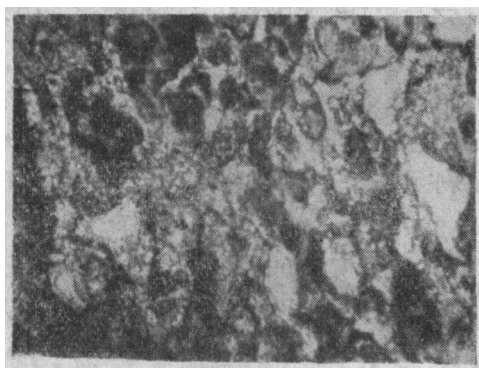


图 2 潜育性水稻土表土的组态形态特征——疏松海绵状迭结形态。左边肾形孔隙外圍有一圈定向排列土粒组成的土链构成孔隙壁的基本部分。(放大 625 倍)

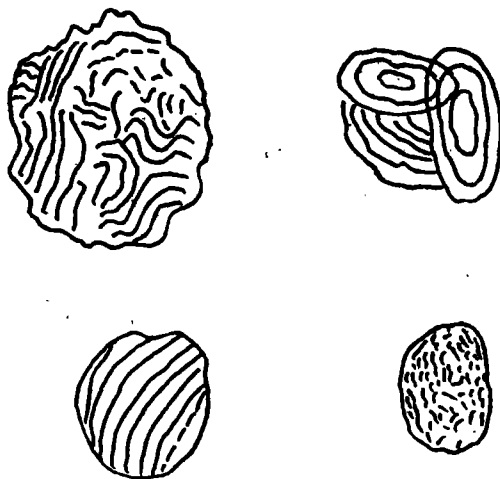


图 3 潜育性水稻土土粒团聚体的内部构造,黑线条纹系棒形土粒以顶端相互联结构成(根据 30 张切片在 1,000 倍视野下描繪)

在 500 倍以上的视野中观察 3—5 微米厚度的切片,可以清晰的观察到部分土粒团聚体的内部结构(图 3)。土粒团聚体的内部组织均系粒径大小一致的(0.7—0.9 微米)棒形土粒<sup>1)</sup>,呈链状定向排列组成,这可能与土粒的电荷有关。有的呈同心圆的套环形状,有的呈条纹状,土链排列大多保持平行,但是也能观察到若干从排列混乱向土链平行排列转化

1) 本文中所指的土粒不适合于 Kubiens 和 Brewer 等所谓的组织骨架或骨架颗粒的概念,因为它们能够移动聚集和容易重新改变其排列状态的。

的过渡性組織特征。呈同心圓套环組織的土粒团聚体是沒有內核的,有的甚至是中空的,这可能是由干燥过程中水分蒸发所引起,空处为浅黄色透明度很高的粒間間質所充滿。潞育性水稻土的非团聚組織基本上也是由带状土鏈的形式組成的。土鏈都以不同程度的流綫型分布在土粒团聚体和复合团聚体之間,并在粒間間質所构成的胶团之間的裂縫处,有大量的土鏈絲状吐出物(图4)。詳細的觀察表明,土粒的定向排列和粒間間質的浓度无关。

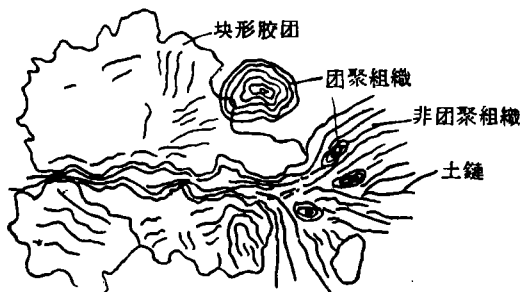


图4 潞育性水稻土非团聚組織的内部构造,黑綫条同图3,封閉圆环表示团聚組織(根据30张切片在1,000倍視野下描繪)

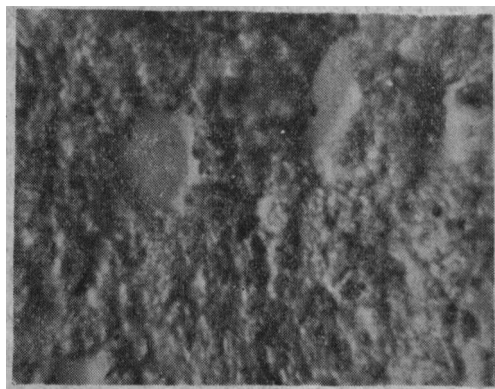


图5 潞育性水稻土犁底层的組織形态特征——紧密的鱗状迭結形态。中部下方可观察到柱状体組織的特征。(放大625倍)

潞育性水稻土犁底层(20厘米)的团聚組織呈明显的鱗状迭結,其特点为比表土紧密。在依垂直方向切制的切片中,发现有明显的柱状体組織(图5)。柱状体的内部結構系由大小不一的土粒团聚体組成,透明度不一。柱状体排列方向大多和孔隙方向平行。

潞育性水稻土的极小孔隙<sup>1)</sup>(一般为1—3微米)构成网状体系。极小孔隙的发生一般是:(1)在土粒团聚体的外围形成,呈环形分布;(2)在鏈間的間隙发生;(3)在带状土鏈折断时发生;(4)团聚組織的内部极小孔隙则是由于环状土鏈发生不均匀的向心收縮形成的;(5)在非团聚組織中,则是由于平行土鏈排列疏密不一致所形成的。

潞育性水稻土的小孔隙的大小差别很大,长可23.2—87微米、寬可14.5—29微米不等;都发生在土粒团聚体和复合团聚体之間。而且孔隙壁是不光滑的。小孔隙不如极小孔隙分布得均匀,并大多集中于棕黄色粒間間質区域。底土的孔隙一般在柱状体之間,而且排列的方向与柱状体保持平行,少有橫向排列的情况;孔隙的沟通情况尚好。

潞育性水稻土切片中嵌有大量完全不透明的鉄、錳球形結核和树枝状体,頗类似新生体。結核的大小不一;直径从5.8到21、31.9、58微米不等。同时还看到許多的类似鉄锈的漬斑,沉积在大孔隙的周围。在有些切片中,发现有結核嵌在孔隙壁上;也有类似錳質的树枝状沉积物,当錳質沉积物开裂时,形成明显裂縫,植物根大多沿裂縫生长,裂縫边缘不平滑,間或有不显著的稜角。

黄褐土的切片呈現均匀的深棕黄色或黄褐色,与潞育性水稻土有显明的区别。它的团聚組織很发达,多呈鱗状紧密迭結,孔隙发育不良。孔隙壁一般較潞育性水稻土光滑,

1) 文中所用的形状大小形容語,完全根据 Brewer 和 Sleeman 所建議的描述系統<sup>[8]</sup> 如<0.005毫米——极小; 0.02—0.005毫米——很小; 0.1—0.02毫米——小; 0.5—0.1毫米——中等; 2.0—0.5毫米——粗; 10—2毫米——很粗。孔隙直径用測微尺測定。

突起少,且多不沟通,说明它受干湿变异的机械力较少,影响土壤组织的发育。黄褐土粒间质质的颜色远比潞育性水稻土浓,透明度较低,浓淡颜色的分界线也较不明显。在孔隙外围,也沉积了大量稠密的黄褐色胶状物,形成一圈,向外扩散;它的小孔隙比潞育性水稻土大,是由大的复合团聚体分裂形成的。切片的节理面不如潞育性水稻土整齐,土团割切后常形成具有稜角的较小复合团聚体,而潞育性水稻土的团聚体较为浑圆。黄褐土的大孔隙多在这些菱角状团聚体之间,呈不整合的接触。

## (二) 潞育性水稻土的组织反应和微化学反应

组织反应一般指土壤切片的染色反应,利用一些物理试验或化学试剂的作用来判断土壤组织的组成成分。Kubiena 所提出的微物理方法主要是用燃烧反应来判断切片中有机物质的分布情况,由于本试验中用明胶做透固剂,明胶本身是一种有机质,因此不能用燃烧反应来观察有机质分布情况。

潞育性水稻土的切片可被美蓝染成深蓝色,但藻红不能染色。切片中的深棕黄色粒间质着色最深,浅黄色的胶状物着色较浅。刚果红可使前者染成深橙色,后者染成黄橙色,在孔隙外围则出现大量赤色和暗青色的胶团。刚果红是一种理想的电荷符号指示剂,赤色指示着色物质具有负电荷,青色指示正电荷。刚果红的染色反应表明,潞育性水稻土中的组成物质其电荷符号是不同的,带正电的物质可能是铁、铝、锰质化合物,带负电的物质可能是有机质和硅酸。

在刚果红染色的切片边缘滴入盐酸,发现切片的红色逐渐变成蓝色,变色反应是缓慢进行的,首先红色变成黄色,然后变成黄绿色,再变成青色,最后染成美丽的蓝色。在用盐酸染成蓝色的切片中,滴入过量的氢氧化钠,蓝色又变成红色,但在锰片沉积的周围却保留一部分隐隐约约的青色,孔隙的外围也是青色;但是青色不是均匀分布的,而是集团分布的,主要集中在孔隙和新生体的部分。

潞育性水稻土表土的切片,局部呈现明显的普鲁士蓝反应;普鲁士蓝多集中在小孔隙的外围,用斑点和团块状星罗棋布地分布着。蓝色反应是很不均一的,有的地方呈蓝色,有的地方呈青蓝色。底土的普鲁士蓝反应和表土不同,常是整片染成蓝色。

在潞育性水稻土的切片上曾进行了微 pH 的测定。将混合指示剂滴在切片上,用擦镜纸吸去多余的指示剂,发现切片的 pH 值是不均一的。整个切片出现各种不同的着色, pH 可以从 6.0 到 7.2;大部分在 6.4 左右;在团聚组织的外围发现有酸性物质, pH 为 6.0;在小孔隙密集的区域,锰片沉积的极小孔隙区以及在树枝状锰质沉积的外围, pH 都为 7.2。底土较高的 pH 反应多呈条带状分布。切片的微 pH 变化可反映盐类的沉积情况。土壤中的盐类大概是聚积在孔隙壁上和孔隙周围(图 6)。根据这个观察,也可说明一般测定的土壤 pH 值只能反映土壤酸度的总情况。

用盐酸处理切片时,发现有稀少的气泡反应,可能土壤中含有少量的碳酸盐。在切片中滴入 30% 过氧化氢,可产生大量气泡,破坏了切片的组织,部分定向土链也被搞乱。但过氧化氢的破坏作用不能理解为只是土壤有机质被氧化的结果,因为明胶也可以和它发生强烈的气泡反应。

我们也曾进行潞育性水稻土悬液的显微镜观察。将干燥状态的潞育性水稻土团块投入蒸馏水中,振荡 10 分钟后,用吸管吸取最上部的悬浮液放在显微镜下观察,很少发现单

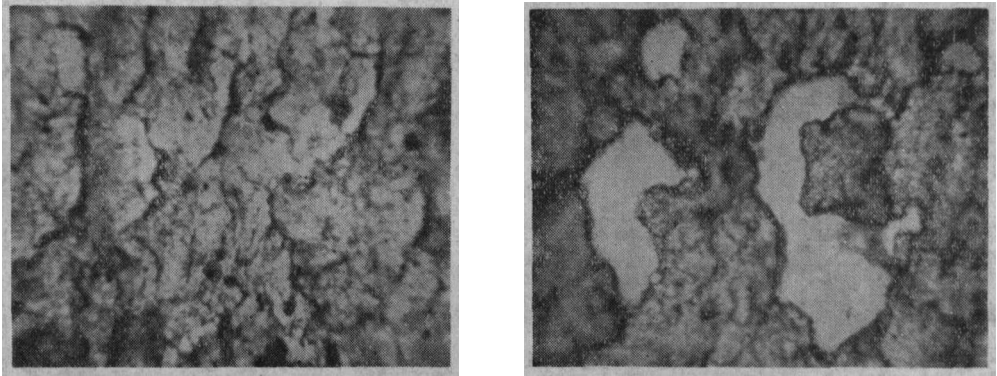


图 6 左图表示潞育性水稻土表土的小孔隙形态特征，图中的黑色曲折线条系淀积在孔隙外圈的大量盐类和胶体物质。这些部分的 pH 值都在 7.2 左右。非孔隙分布区域如右下角其 pH 值为 6.4。(放大 625 倍)

右图表示小孔隙壁土粒定向排列密集成土链(黑色环线)的情况，注意左边孔隙的左下部嵌埋石英碎块的情形，石英碎块周围也有土链组织的形成。(放大 625 倍)

粒，多属土粒团聚体和极少数的复合团聚体，团聚体内部保留原来的土链结构或套环状结构。这些团聚体在水中好象是一个土粒单位，分散部分的土粒都带有明显的浅黄色胶衣，只有极少数不带胶衣的土粒呈现布朗运动。土粒和胶衣既能被美蓝染色，也能被刚果红染色，用美蓝染色的胶衣外围在透射光下呈现一种紫红色的荧光现象。30%的过氧化氢不能去掉胶衣，胶衣可能不是有机质。土粒及其胶衣都呈普鲁士蓝反应，中心色浓，外围色浅。把悬浮液放在电灯上蒸干，形成长方形或拟圆形的结块，其内部土粒的排列混乱，或者是以整齐的土链形成套环状定向排列，或者是各种曲度的扭带状排列，极少孤立存在的单个土粒。

水稻土中土壤组织的刚果红染色反应，说明土壤中不同电荷物质的分离和浓缩，十分明显，这是土壤中发生了物质转化和移动的一个有力证明。切片中普鲁士蓝反应充分说明水稻土中的铁质经过不断的氧化还原过程而发生淋溶淀积。水稻土孔隙附近强烈的普鲁士蓝反应说明这些地区是一个强烈的氧化区域，大量的铁质淀积在这些地方。一般表土的普鲁士蓝反应都比底土弱，均一度也较差，正说明土壤表层发生了铁质漂洗作用。土壤组织的微化学测定，还可以了解土壤中铁质的移动情况，非团聚组织的普鲁士蓝反应较弱，可推想铁质先在这些地方移动；蓝色的扩散相可说明铁质的漂洗先由外围开始，逐渐向内部发展。团聚组织的普鲁士蓝反应较强，可推想其抵制淋溶作用的能力较大。

此外，潞育性水稻土的组织形态特征也可以说明一些土壤农业生产特性。在组织反应的测定中，发现压缩空气的爆发和过氧化氢的气泡爆发，可扰乱土壤中定向排列系统的作用，从而使人领悟到，为甚么农民特别强调“晒田”和“灌猛水”对减轻土壤澄性使土壤“回酥”的原因，作者过去对“回酥”本质的解释<sup>[12]</sup>似不够全面。

从土壤悬浮液的观察，供试土壤的微结构是比较稳定的，可能是水稻土中含定向排列的粘土较多。由于潞育性水稻土的微结构较稳定，从而使它的毛管系统远较黄褐土发达，它没有黄褐土的粘粒闭塞作用，它的吸水力比黄褐土强，在雨季时有一个较深的湿润土层，潞育性水稻土的透水性虽因断水后形成结皮而减低，但却有比黄褐土较高的引水力和保水力。根据 De Boodt 和 De Leenheer<sup>[15]</sup> 的研究，土壤中直径大于 8.6 微米的孔隙，能保

証土壤中水分和气体的良好交换, 0.2—8.6 微米的是决定土壤持水性能的“持水的”孔隙。潴育性水稻土的极小孔隙大多为 1—3 微米, 有很好的持水作用, 同时它也含有大于 8.6 微米的孔隙, 有利于气体的交换。

### 摘 要

潴育性水稻土(在合肥地区俗称白土)的组织可分为团聚组织和非团聚组织二个部分。借 300W 亮度的透射光源, 在 500 倍以上的视野中, 观察 3—5 微米厚度的切片, 发现它的组织基本是由大量 0.7—0.9 微米直径大小的棒形土粒以顶端互相联结而形成的定向排列土链。潴育性水稻土的组织反应说明, 在土层中粘粒漂洗过程引起铁质的分离、聚积和淋溶作用。此外, 潴育性水稻土中澄性与结皮的特性, 也可能受定向排列的粘土的影响。

### 参 考 文 献

- [1] Kubiena W. L.: 1938. Micropedology, Collegiate Press, INC Amer. Iowa, 4, 78—81, 125—131, 221—223.
- [2] Osmond, D. A.: 1958. Micropedology, Soils and Fertilizers, Vol. XXI, No. 1, Feb., 1—5.
- [3] Brewer, R. and Sleeman, J. R.: 1960. Soil Structure and fabric, Their definition and description. Jour. of Soil. Sci. Vol. 11, No. 1, 172—185.
- [4] Frei, E. and Cline, M. G.: 1949. Profile Studies of normal Soils of New York, II. Soil Sci., 68: 333.
- [5] Cady, J. G.: 1950. Rock weathering and Soil formation in the North Carolina Piedmont region, Soil. Sci. Soc. Amer. Proc., 15: 337.
- [6] McCaleb, S. B.: 1953. Profile studies of normal Soils of New York, IV. Soil Sci., 77: 319.
- [7] Brewer, R. and Haldane: 1957. Preliminary experiments in the development of clay orientation in Soils. Soil Sci., Vol. 84, No. 4, 301—309.
- [8] Минашина, Н. Г.: 1958. Оптически ориентированные глины в почвах, почв. 4, 90—95.
- [9] Попов, И. В.: 1949. Минералогические исследования структур глиняных пород. Пробл. сов. почвовед. сб. 15, АН СССР.
- [10] Качинский, Н. А.: 1960. Природа механической прочности и водопрочности почвенной структуры в связи с ее гелелизом, сб. трудов по Агрономической физике, вы. 8, 111—119.
- [11] 陈清頔: 1960. 安徽省的白土水稻土类型. 土壤学报, 8 卷 1 期。
- [12] 陈清頔: 1962. 江淮地区黄泥土岗地利用问题的探讨. 安徽农业科学, 第 1 期。
- [13] Dettmann Margaret G.: 1958. 纯粘土和土壤团粒对水分的吸收. 生物学文摘; 土壤学部分, 1960, 5 期, 23, 中国科学技术情报研究所。
- [14] Emerson, W. W.: 1959. The Structure of Soil crumbs. Jour. of Soil Sci., 10, 235—244.
- [15] De Boodt, M., De Leenheer, L.: 1959. 土壤结构状态的指标和植物生长. 生物学文摘, 土壤学部分, 1961, 2 期, 15. 中国科学技术情报研究所。

## MICROPEDOLOGICAL STUDY ON THE PADDY SOILS DERIVED FROM HSIASHU LOAM

CHEN CHING-SHOW

(SUMMARY)

The present article deals with a description about the micromorphological features on the soil fabric of the paddy soils (known as Baity or white soil). They occur in areas of Hefei, Anhwei province. The study of  $3\mu$  thin-sections of undisturbed soil horizon indicated that the classification of the fabric of the soil according to its arrangement of the mineral grains and the matrix may be in general divided into two parts, e.i., aggregative and separative. However, it was found that the strongly and continuously arranged particle-chains ( $0.7-0.9\mu$ ) were the basic structure of the fabric. Microchemical investigations also showed that the downward movement of clay is associated with the eluviation of the iron materials in the upper part of soil profile.