

紅壤結構性的磨片观察*

樊潤威 朱济成

(中国科学院土壤研究所)

研究土壤結構性的方法很多,一般用薩維諾夫法或約德爾法以測定水穩性團聚體的相對含量,作為評定結構性的指標。但是這些方法對於解決團聚體本身的組成、性質以及水穩性的原因等,是不能勝任的。同時,經過實驗室處理所得出的結果很難真實地反映田間的情況。應用原狀土的磨片技術以研究土壤結構,可以較正確地觀察顆粒的排列狀況、團聚體的膠結物質以及孔隙的大小、形狀和分布等。

這一工作在国外開始得較早。吉拉斯和拉格特(Делаж 和 Лагат, 1904年)在巴黎首先試制土壤磨片,但未能保持土體的原樣。Б. Б. 波雷諾夫(Польнов, 1914年)在研究灰化土的發生時也應用這個方法,鑑定了一些次生礦物的特征。以後德國研究者提出卡洛利特(Кололит)作為固結劑,可以順利地制成磨片。羅斯(Росс, 1923年)作了各種固結劑的比較試驗,認為膠木和加拿大樹膠較好,但在實際上以卡洛利特或二甲苯和卡洛利特作固結劑較方便^[6]。彼高洛夫斯基(Пигулевский, 1930年)提出以三份石腊一份萘作為固結劑,然後把固結的土體切成薄片進行結構觀察^[2],往後古比耶那(Kubiens, 1938年), E. 福連(Фрей, 1947年)也做了很多工作^[6]。

近年來隨着土壤固結劑的不斷改善和顯微鏡技術的進步,應用原狀土樣磨片技術進行土壤結構性研究的工作大為發展,Э. Ф. 馬却洛娃(Мачалова, 1961年)^[6]、M. H. 波爾斯基(Польский, 1962年)^[8]、勃雷威爾(Brewer, 1960年)等的工作都較詳細地介紹了這個工作的发展情況。勃雷威爾認為,應用這種方法研究土壤性質,在土壤學中已經形成一個重要的分支。我國也開始注意到這方面的研究^[2];但是,對土壤原狀標本的磨片技術和顯微鏡觀察技術還沒有成套的經驗,現將我們摸索所得的初步結果介紹于後。

試驗土樣采自江西省進賢縣,除第四紀紅色粘土外,還有第四紀紅色粘土發育的土壤,如紅壤荒地(0—15厘米)、紅壤旱地(烏黃土0—16厘米)、紅壤水田(結板田,0—10厘米,肥力水平較低;烏泥田,0—14厘米,肥力水平較高)。分別過篩,取含量最高的一級團聚體(直徑>10厘米),待其自然風干後,供磨片之用。各類土壤的剖面描述及基本物理性質,詳見參考文獻^[1]。

一、原狀土樣的磨片製備技術

土壤磨片的製備大致分為固結、磨片、清理和觀察四個工序。

1. 固結 土壤是疏松的多孔體,在磨片前應首先把土樣硬化,而不引起任何變化。因此,在硬化時就要選擇合適的固結物質、溫度和時間,以便使土樣糞透,硬度大,而不改

* 本工作承蒙熊毅教授指導和姚賢良同志的幫助;原狀土樣磨片和照相技術系在中國科學院地質古生物研究所計承道和周思三等同志大力協助和指導下進行的,特此一并志謝。

變原來的結構狀況。固結劑有加拿大膠、膠木、卡洛利特和松香等^[6,7,5,3,8]。有機溶劑有二甲苯、丙酮、松節油和甲苯等。從取材方便並能達到制片要求，以松香加二甲苯較好。這在蘇聯應用得最多^[6,7,8]。為了能更好地闡明各類固結劑的作用，我們作了比較試驗：松香加二甲苯、松香加丙酮、松香加松節油共三種，比例都是 3:1。其結果是松香加松節油浸煮的樣本硬度差；松香加丙酮浸煮的樣本，其孔隙未能全部充滿，主要由於丙酮沸點低（56℃），在煮樣時易於揮發，而使膠液粘度增大，不易進入孔隙內；松香加二甲苯煮樣，既能煮透，又不破壞原來的結構，而且硬度大，這是由於二甲苯沸點較高（138.4—144.4℃）^[5]，在煮樣時不易揮發，膠液能較順利地滲入孔隙內。

我們也進行了松香與二甲苯比例的試驗：松香（克）：二甲苯（毫升）分為 5:1, 4:1, 3:1, 3:2, 3:3 五種。根據五種處理的硬度和煮透程度來看，還是以 3:1 較好，容易滲入孔隙內，制出的磨片質量較高。

煮樣程序：先把純松香研成粉末，通過 0.5 毫米篩，按比例在蒸發皿（150 或 250 毫升）內與二甲苯混合，用表面皿蓋好靜放 8 小時左右，接着放在恆溫箱內使其完全融化，用玻棒攪勻，保持 60—70℃，然後把已編號的土樣徐徐放入膠液中，達 3—4 小時，使樣品浸潤受熱均勻。把溫度升高到 100—105℃，經 40—41 小時，此時膠能拉成細絲，但脆性還較差。溫度再升到 130—135℃，經 5—6 小時，使細孔隙充滿膠，增加硬度，一直到試膠既能拉成細絲，脆性又好，用手指能壓成細粉末為止。此後再降到 115—120℃，保持 1—2 小時，使膠充滿大孔隙。然後把樣品由膠液中取出，在恆溫箱內徐徐地降至室溫。這樣的溫度變化可防止由於溫度的突變而引起土壤變形，並可促使土樣充分煮透。

當土樣冷卻接近室溫時，由恆溫箱內取出，順序放入標本盒內（注意其方向位置，以免混亂）。令其充分冷卻，妥善保存，以備磨片。

2. 磨片 要求把固結好的土塊，磨成對稱的平面，厚度為 0.02—0.03 毫米。磨制過程包括兩次粗磨和兩次細磨，粘上載玻片和蓋玻片。

開始在磨片機上粗磨，轉速每分鐘 600—800 次，加 600 號金剛砂（江蘇省無錫砂廠出品），磨成需要的平面，厚度約 0.8—1.0 厘米，如發現未煮透時應重新煮樣。把土樣上的金剛砂粒洗去，接着在玻璃板上加均一的最細的金剛砂（M₃₀₄ 或無錫砂廠出品的國產 3000 號，應經過沉降分離），與甘油調勻，進行細磨，一直到磨成光滑的平面為止。磨好後用水或甘油把金剛砂洗淨。

把磨好的平面粘到載玻片上，擦淨載玻片，放到金屬小台上，下面用酒精燈加熱，根據磨面的大小取 2—4 滴加拿大膠放到載玻片的中部，徐徐加熱，並不斷用特製細玻璃棒或細竹簽攪拌，使其受熱均勻。烤膠達到粘而脆為止（即能拉成細絲，冷卻後用手指稍加壓力成細粉末狀）。在上載玻片時，為避免因冷熱接觸而產生大量氣泡和土體變形，在烤膠時把要粘的土塊放到金屬小台的邊緣部位，使土樣（磨好的面向上）同時微微受熱。當膠烤得老嫩程度^[3]恰好時，把土塊磨好的面放到膠上稍加壓力，輕輕地把氣泡排除。然後按編號放到平的地方冷卻。

在冷卻後，進行對稱面的磨制，其順序、使用材料和磨制的要求與第一次粗磨和細磨相同。所不同的是這次粗磨要磨到 2—3 毫米厚。為了磨得厚薄均一，就要使力一致，並需經常變動磨的方向。此外，細金剛砂與甘油要適量，先用小方塊（硬的岩石或玻璃塊，長

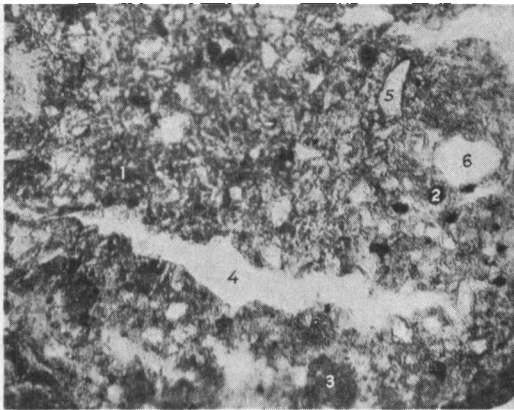
4—6 厘米,寬 2—3 厘米) 在玻璃板上將其調勻后再作細磨,磨到在偏光顯微鏡下能清楚地看到土壤的內部構造及石英粒呈灰色為止,即達 0.02—0.03 毫米的厚度。此後,用小刀把載片的土樣周圍的膠剝掉,磨片過程就告結束。

上蓋玻片: 把蓋玻片用細綢布擦淨,放在金屬台上,用酒精燈加熱,其溫度為 30—40°C。取加拿大膠 2—3 滴,滴到蓋玻片上,待膠流開時,把要粘的載玻片在酒精燈上微熱,然後迅速把載玻片傾斜,並與蓋玻片上的膠接觸,把蓋玻片吸起來;此時將載玻片倒轉過來,另一個手用火柴棒由先接觸膠的一端稍加擠壓,把多餘的膠和氣泡排除。放到平而妥善的地方硬化,或者平放到恆溫箱內以 30—40°C 的溫度保持一晝夜,然後取出冷卻。

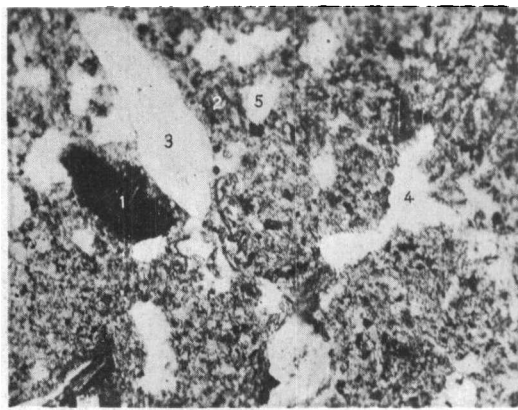
3. 清理 用銳利的小刀(先把刀熱一熱),沿蓋玻片的四周截去過剩的膠,再用硬毛筆沾上酒精把殘留的膠洗去,用細紗布擦去痕迹,就成為清潔而整齊的磨片。

最後進行登記編號,在小標籤上寫清土壤名稱、地點、日期等,並粘在載玻片上,平放保存,以備觀察。

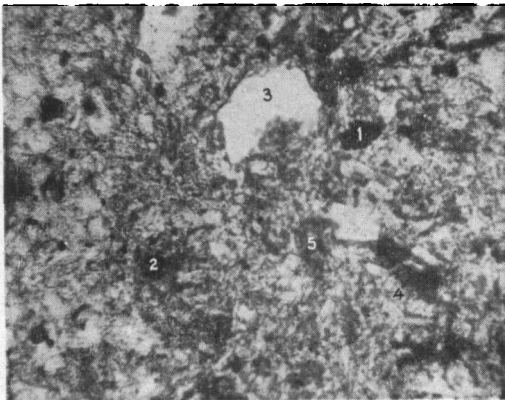
4. 觀察 首先用偏光顯微鏡檢查,在整個制片過程中原狀土樣是否受到破壞。然後再根據研究項目進行解剖和比較觀察、記載、繪制草圖、照相以及必要項目的統計等工作。



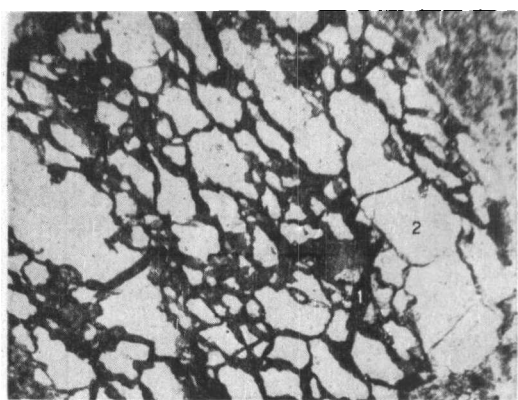
照片 1 紅壤荒地磨片放大 35 倍
1,3. 微團聚體; 2. 有機殘體; 4. 孔隙; 5,6. 石英。



照片 2 紅壤性水稻土(黃泥田)磨片放大 35 倍
1. 有機殘體; 2. 微團聚體; 3. 石英; 4,5. 孔隙。



照片 3 紅壤旱地磨片放大 35 倍
1. 有機殘體; 2,5. 微團聚體; 3. 石英;
4. 粒組間孔隙。



照片 4 紅壤性水稻土(黃泥田)磨片放大 35 倍
(系土壤內植物根的橫切面)
1. 根內有機殘體; 2. 根內有機質分解後所剩的孔隙。

二、紅壤及紅壤性水稻土磨片的觀察結果

根据上述方法所制成的各种土样的磨片,用偏光显微镜(Row Rathenow),在放大 100 和 630 倍下进行形态观察。发现有下列几项共同之处。在土壤颜色方面,除主要颜色有差别外,色泽一般很不均匀,在土壤颗粒及其密集处色泽较深,其他地方较浅;另外土壤颗粒是相互连接地交织分布着,形成各种不规则的网状,并呈现各种不同大小、不同形状的网眼。至于各种土样间的不同点分别叙述如下:

紅壤母质呈棕红色。颗粒排列较致密,有呈链状排列的粒组(图 1),也有垒结排列(图 2),但不规则的排列较多。颗粒间的网眼较小,并以小孔隙为主。有大孔隙出现时往往呈长形如“鼠状”,也有成“椭圆形”和“鼓锤形”(在放大 35 倍时观察照相,以后的孔隙形状都是 35 倍下的)等,其边缘都不整齐,而且孔隙的连续性很差。还未发现孔隙被胶结物质所堵塞,可见土体内的物质淋溶到底层是极其微弱的。有极少的黑色点,还有红色小点。石英粒大小皆有,其棱角不明显,少数较为显著,也有的很圆滑,还有的有破裂痕迹,可能在沉积时所受作用力不同所致。

紅壤荒地呈红棕色。颗粒排列较松,以链状和不规则排列的粒组为主(图 3),也有呈垒结放射状排列的粒组(图 4)。颗粒间网眼有大有小,均较母质中为多。孔隙形状有“半月形”、“蒜头形”和“梭形”等,边缘仍不整齐,孔隙分布不均,



图 1 链状排列

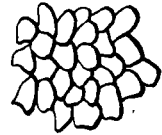


图 2 垒结排列

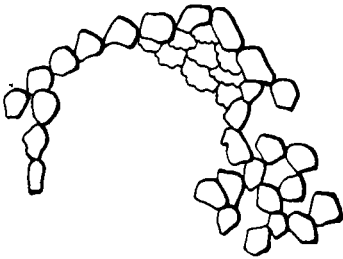


图 3 链状和不规则形排列

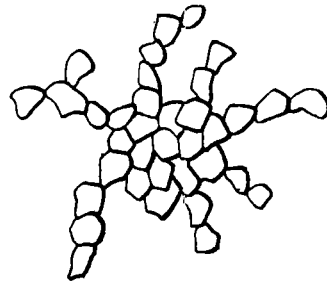


图 4 垒结放射状排列

大小混交。黑色斑点成零星分布,其形状各异,且大的较多。石英粒基本与红壤母质内的相同,只是少些。

紅壤旱地呈浅红棕色。颗粒排列较疏松,有垒结、环状(图 5)和链状排列的粒组,相互形成不规则的网状。所构成的孔隙大小不一,大孔隙较多,细孔隙也很多,彼此相连。还有根孔长而弯曲,与其他孔隙连在一起,有的连系性差点,也有的根系未完全分解仍留在孔内。在微团聚体的周围,孔隙较大且多,而微团聚体内部以细孔隙为主。土粒的排列状况直接关系到孔隙的分布,而土壤孔隙性与土壤结构性密切相关。黑色点比红壤荒地多,但大小悬殊,呈不规则形较多。小的石英粒均匀分布,棱角明显,以长形较多。

精板田属红壤性水稻土,呈灰棕色。颗粒排列较紧密,有垒结状粒组,其边缘不整齐,

相互連接成不規則的网状,网間孔隙較小,以小孔隙为主。但也有少量較大的孔隙,大孔隙呈“S”形和“鴿形”。黑色点比旱地略多,并以小的为主。較大的石英粒多些,其稜角不明显,无一定形状,有的接近橢圓形。在矿物边缘围有一圈胶膜,呈棕色,此膜厚薄不一。

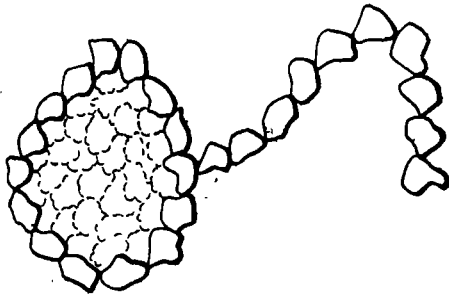


图5 环状排列 鏈状

烏泥田呈棕灰色,是另一种紅壤性水稻土。顆粒排列疏松,呈环状垒結状排列(图6)及环状排列(图7),其边缘整齐,相互形成不規則的网状,网間以大孔隙为主,其形状有弯曲状、分枝状和条状,并相互連接。黑色点特多,其大小相似,均匀分布,有2—3粒連在一起,形状不規則。这些黑色点与微团聚体混合分布,形成良好结构的土壤,如大于0.25毫米的水稳性团聚体在58%,其结构破坏率为37%,而結板田相应为23%和76%^[1]。因此对土壤中黑色物质要給予应有的重視,可能是土壤中有機部分与矿質部分融合的产物,也可能是反映土壤中結構性好坏的重要指标之一。此外,小的石英粒很多,呈不規則形。

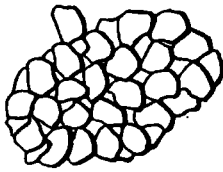


图6 环状垒結状排列

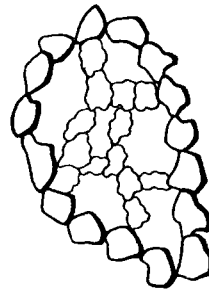


图7 环状排列

为了进一步查明所观察的某些物质的性质,我們作了一些解剖研究。

用0.1N NaOH处理土样,去除游离态和松結合态有机质,然后用蒸餾水洗到中性,待土样风干后制成磨片,用偏光显微镜观察,发现黑色点变小,其形状以圓形为主;由此可推断土壤磨片內所观察的黑色点中,有一部分系游离态和松結合态的有机质胶結物。

用0.1N NaOH处理后,接着用湯姆試剂去除土壤的游离态 R_2O_3 ,洗到无 $R_2O_3 \cdot nH_2O$ 为止(用KSCN作指示剂)。然后用蒸餾水洗到中性,在室內风干,按一般制片方法做好磨片,在偏光显微镜下观察,发现無論在顆粒边缘及顆粒之間的紅棕色都变浅了。这可証明在原状土样的磨片內,特多的紅棕色,主要为 Fe_2O_3 的顏色。

由紅壤提出的腐殖质制成磨片,在偏光显微镜下观察,发现其形状与原状土磨片中的顆粒边缘上的黑色层相似,故推断其主要是腐殖质。

根据上述观察結果,我們对土壤好坏在微形态上的区别有如下的初步意見。

1. 土壤顆粒的排列不同: 土壤顆粒的排列直接影响土体中孔隙的大小、形状和分配以及垒結性,从而影响到土壤的一系列物理性质(通气性、透水性等)以及根系的活动。一般說,土壤顆粒排列較松而粒組間网眼較大者,土壤的物理性质較好^[9,10,11]。我們的观察

結果也是這樣，肥力水平較高的烏泥田，土壤顆粒排列較疏松，並以環狀排列較多，粒組間交叉的網眼較大，孔隙性較好，團聚體內部的總孔隙度達 43%^[1]；反之，無論在母質或肥力水平較低的結板田中，土壤顆粒的排列都較致密，而以壘結狀或壘結放射狀的排列为主，粒組間網眼很小，孔隙性弱，團聚體內部的總孔隙度一般在 30% 左右^[1]。

2. 孔隙的不同：土壤中有利于通氣或運水的孔隙是大的孔隙，且要有一定的連續性。小孔隙和閉塞的孔隙其含量雖高，但不能滿足通氣和運水的要求，對細菌和根系活動也不利。根據我們的初步觀察結果，在肥力水平較高的土壤中，土壤孔隙較大且多，同時也有密集的小孔隙，這些較大的孔隙在整個團聚體範圍內，一般是有連續性的，並呈無定形的樹枝狀。但在肥力水平較低的結板田或母質內，大孔隙很少，小孔隙特多，大孔隙的連續性不顯著。

3. 土壤膠結物質的種類和性質：從整體來看，紅壤結構性的改善是與減少 $R_2O_3 \cdot nH_2O$ 的含量及增加有機質的含量密切相關^[1]。根據微形態觀察結果也符合這一特點。由紅壤母質一直到烏泥田，團聚體的顏色是由紅逐漸變為棕灰色；並在後一類的團聚體中發現大量的細小黑色膠結物質，這種膠結物質可能對團聚體形成有良好的作用。

三、小 結

1. 固結劑的選擇，固結物質與有機溶劑的比例及浸煮的溫度和時間，是能否制成原狀土磨片的关键性問題。我們用的固結劑是松香加二甲苯，比例為 3:1，浸煮的溫度和時間依次為 60—70°C，經 3—4 小時；100—105°C，經 40—41 小時；130—135°C，經 5—6 小時；115—120°C，保持 1—2 小時，然後逐漸降到室溫（在恆溫箱內）。這樣的溫度和時間控制可以一次煮透，達到固結的目的。

2. 紅壤母質（第四紀紅色粘土）、紅壤荒地、紅壤旱地、紅壤性水稻土（結板田與烏泥田）的磨片在偏光顯微鏡下觀察，發現在顆粒排列和孔隙的大小、形狀及分布等方面有明顯的差異。肥沃土中（如烏泥田）的土壤顆粒排列較松，孔隙較大而多。而瘦土（如紅壤母質及結板田）中顆粒排列較緊，孔隙較小而少。

參 考 文 獻

- [1] 姚賢良、于德芬：1962。贛中丘陵地區紅壤性水稻土的結構狀況及其肥力意義。土壤學報，10 卷 3 期，267—286 頁。
- [2] 陳清頌：1962。下蜀層發育的蘗育性水稻土的微土壤學研究。土壤學報，10 卷 4 期，380—386 頁。
- [3] 地質部礦物原料研究所岩礦研究室磨片組編：岩礦切片經驗介紹。地質出版社，1956 年。
- [4] K. 呂夫勒等著（張煦南譯）：1957。人造加拿大樹膠。地質譯叢，第 5 期，44—48 頁。
- [5] 計顯焜等編：有機化學。第 89—98 頁，1960 年。
- [6] Мачалова Э. Ф.: 1956. Изготовление шлифов из почв с ненарушенным строением. Почвоведение, № 10 стр. 98—100.
- [7] Вадюнина А. Ф. и Корчагина З. А.: Методы исследования физических свойств почв и грунтов. стр. 91—93, Москва, 1961.
- [8] Польский М. Н.: 1962. Некоторые новые приемы приготовления шлифов почв. Почвоведение, № 10, стр. 104—111.
- [9] Качинский Н. А.: 1947. О структуре почвы, некоторых водных ее свойствах и дифференциальной порозности. Почвоведение, № 6, стр. 336—347.
- [10] Качинский Н. А.: 1956. "О структуре почвы и ее дифференциальной порозности", Доклады к VI международному конгрессу. Почвоведов, стр. 35—44.

- [11] Никольский Н. Н.: 1961, Роль комковатого и разделяющегося состояния механических элементов в формировании структуры целинных и старопахотных почв. Известия ТСХА № 2, стр. 98—113.
- [12] 蓝梦九編: 土壤物理学。第 50—51 頁, 1954 年。

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНОСТИ КРАСНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ПО ШЛИФАМ

Фан Жунь-вэй и Чжу Цжи-чин
(Почвенный институт АН КНР)

(Резюме)

В настоящей работе разработана техника изготовления почвенных шлифов с ненарушенными образцами. Наблюдение микроморфологических свойств структур почвы было проведено под поляризационным микроскопом. В качестве отвердителя и растворителя были выбраны канифоль и ксилол (3:1). Температура и продолжительность пропитывания ненарушенных почвенных образцов канифолем с ксилолом соответственно составляет: 60—70°C и 3—4 часа; 100—105°C, 40—41 ч.; 130—135°C 5—6 ч.; 115—120°C 1—2 ч.. После этого температуру постепенно снижают до комнатной. Весь процесс пропитывания образцов происходит в термостате. Результатами наблюдения по изготовленным шлифам показано, что микроморфологические свойства структур между исследуемыми почвами имеют большое различие как по типам упаковки частиц, так и по размерам, формам и расположениям пор. Так например, почвы с высоким плодородием характеризуются рыхлой упаковкой почвенных частиц и лучшей пористостью, а почвы менее плодородные — плотной упаковкой частиц и плохой пористостью.