

土壤的乾濕變異與片狀結構的發展*

陸 景 岡

(浙江農學院)

片狀結構是土壤結構的基本形式之一，主要出現於土壤的上部層次或表層中，其分佈深度通常在表面下至數厘米處，深者一般亦不過十餘厘米，少數土壤如在生草灰化土及淋溶黑土中則出現在 A_2 層中，其深度可能較大。有片狀結構的土壤，含有機質常較少；質地不一；結構性不強；地勢一般低平，水分來源豐富，但又不經常積水；這種土壤植被常較稀疏或竟缺乏植被。片狀結構發育的層次，植物根株及鬚根都較少。

在自然情況下，片狀結構常出現於土壤之薄層表面結皮之下，結構橫軸平行於表面，隨着表面地形的起伏，其片狀層次亦作相應的起伏，例如在溝邊上，土壤之片狀層次即平行於直立的溝壁表面。從結皮層至片狀結構層通常有一過渡層次，在這過渡層次中夾有許多橢圓形的細孔，直徑多在一毫米以下，一般上部較大，下部較小且較密。其形成大體係土壤在濕潤時，其下層土中所含氣體因水的侵入而向上排出，待水分移動至結皮層下受阻滯而停留，乾後即成圓形細孔。在表層具有團粒結構或含有機質較多的土壤中，土壤不易糊化，因之結皮層的形成較難，而過渡層中的圓形細孔亦較少，或完全沒有。由過渡層向下，孔隙的密度較大，孔徑轉小，形狀由橢圓而轉為扁圓形，最後出現橫向裂隙，而形成片狀結構。

片狀結構之每層片厚度不一，大體愈近地表厚度愈小，表現亦愈為清晰，向下厚度逐漸增大，在某一深度處就會突然消失。層片表面雖不平滑，但界限顯著。如自斷面上觀察，可發現各層片均為橫向裂隙所隔成，而裂隙並不連續，因之層片在橫軸上的延展也就有一定的限度。

從野外觀察來看，片狀結構是比較易於形成的一種土壤結構，它不僅有較廣泛的分佈，並且其形成所需的時間也常常是較短的。例如我們發現在杭州華家池浙江農學院的農場耕地中，溝壟間短期內即形成了片狀結構。

關於片狀結構形成的條件，至今尚缺乏系統的說明材料。歸納一般的說法，通常有

* 本文英文稿曾在 1956 年 8 月在巴黎召開的第六屆國際土壤學會上提出。

本文在室內試驗及寫稿過程中，蒙朱祖祥教授的指示與修正並代寫外文摘要，特此誌謝。

以下兩種：

(1) 由於沉積形成：認為片狀結構是不同時期的水流搬運物質在湖泊、海洋或河流邊緣層層累積而成。

(2) 由於壓力形成：認為是在壓力條件下形成，例如一些耕地在耕作層下部由於犁底經常施以壓力，可以形成片狀結構。

此外，在 Peterson^[2]的工作中曾闡明了片狀結構的形成與土壤膠體的種類有關。也有人認為土壤在凍結時，由於水塊開展的作用，可以形成片狀結構^[3]。根據筆者的觀察，在土壤表層常見的一種片狀結構，常難以用上述諸原因滿意解釋，因而推想可能有其他形成的原因。本工作即在於研究土壤乾濕變異與片狀結構形成的關係。

實 驗 部 分

在探討片狀結構的成因時，我們首先注意到了在平整地形上片狀層次是依水平方向排列的，這啓示了我們關於片狀結構的形成可能和土壤中水分的變異有關。由於和地表等距離處之土壤，常常有相等程度之乾濕變異，所以我們就在實驗室內對土壤進行了乾濕的交替處理，觀察是否由於土壤的乾濕交替結果，可以發展出片狀結構的特徵來。

(試驗一) 片狀結構形成與土壤乾濕變異的關係：

試樣共分兩類：

1. 風乾土碾細通過直徑 2 毫米土篩。此類土包括：(1) 杭州華家池沖積層上部細砂壤土。(2) 杭州玉皇山下石灰岩上風化之紅色粘土。(3) 杭州錢塘江邊粉砂質脫鹽土。(4) 杭州玉泉紅土上發育之紅壤表層粘壤土。(5) 杭州華家池沖積層底部細砂土。(6) 杭州淨寺燧石層上風化之紅色粘土。

2. 田間自然土塊，切取後尚稍濕潤，完全保留原自然狀態。此類土包括：(1) 杭州華家池沖積層上部細砂壤土(無結構、含少量有機質、較堅實)。(2) 杭州華家池沖積層下部細砂土(無結構、極少量有機質、鬆散)。

試驗時取銅盒(Keen-Raczkowsky 銅盒，高 1.6 厘米，直徑 5 厘米，盒底有孔)，盒底先放濾紙一張，將碾細土樣裝入盒內，每裝入少許即在桌上輕擊數下，使之密實，裝滿後，刮平上部。如試樣為自然土塊，則切取與盒容積大小相同之土塊，安放盒內，盒底亦先置濾紙一張。將裝土後銅盒放於平底水槽內，使盒頂高出於水面，浸泡 12—15 小時，使達水分飽和，然後置於 60—80°C 下乾燥之，乾燥與浸泡交替進行數次，最後將土塊烘乾，用刀縱切為二，觀察之。

由試驗結果可見，任何供試土樣經乾濕交替處理後均產生不同明顯程度之片狀結構，形態上與田間自然片狀結構非常相似(圖 1)；細碎土樣較自然無結構之土塊更易於產生明顯之片狀結構。

爲了進一步明確片狀結構的形成與乾濕變異次數和程度的關係，我們又做了以下

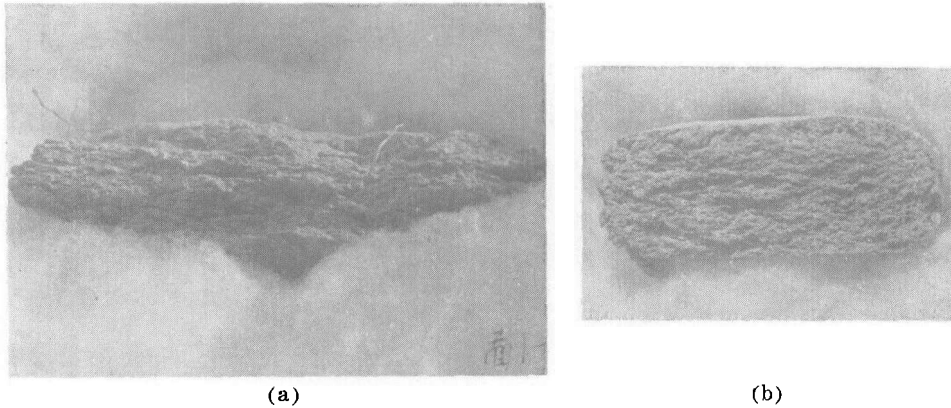


圖 1 自然片狀結構與人工片狀結構之形態比較(a)自然片狀結構(b)室內經三次乾濕處理後所得之人工片狀結構。

幾個試驗。

(試驗二) 乾濕變異次數對片狀結構形成的影響：

取杭州玉泉紅土上發育之紅壤為供試土樣。按國際制機械分析結果，含砂粒 40.6%、粉砂 19.6%、粘粒 39.8%，屬壤質粘土，pH 值 5.5，含有機質少量。土樣經風乾後磨細，通過孔徑 2 毫米的土篩。

試驗時按前述方法將土樣裝入銅盒內，然後將銅盒按不同要求，進行下述各種乾燥與濕潤之處理。濕潤——在平底水槽內浸泡(水面低於盒頂)，乾燥——在烘箱中進行。

處理：將裝入土樣之銅盒五隻，置盛水的平底水槽內浸泡，每次浸泡時間為一晝夜，使達水分飽和，然後取出，於 70—80°C 溫度下烘 10 小時，使之乾燥。5 隻銅盒分別用此種方法做一次、二次、三次、四次、五次乾濕變異，最後比較其片狀結構發育之明顯程度。

結果顯示：經一次乾濕變異處理者，片狀結構幾乎不發育，僅具有極少數橫向裂隙，土塊體積不膨脹；經二次乾濕變異處理者，已有相當明顯之片狀結構，土塊體積亦有顯著膨脹；三次、四次、五次乾濕變異處理者，片狀結構依次隨次數增多而發育更為顯明，五次乾濕變異處理者，最後膨脹高度為 0.7 厘米。(圖 2)

(試驗三) 乾濕變異程度對片狀結構形成的影響：

(一) 充分乾燥，不同的濕潤程度比較。

(所用樣品、銅盒及操作方法均同試驗二)。

將裝入銅盒之土樣各做四次乾濕變異，每次於 70—80°C 溫度下烘至恒重，但每次用不同的浸泡時間，使具有不同的濕潤程度(表 1)，處理四種，重複二次，最後烘乾觀察。

結果表明片狀結構發育之明顯度隨乾濕變異程度(即每次浸泡時間的長短)遞增，乾濕變異程度愈大者，膨脹度愈大，片狀結構生成亦愈明顯(表 1)。

(二) 充分濕潤，不同的乾燥程度比較。

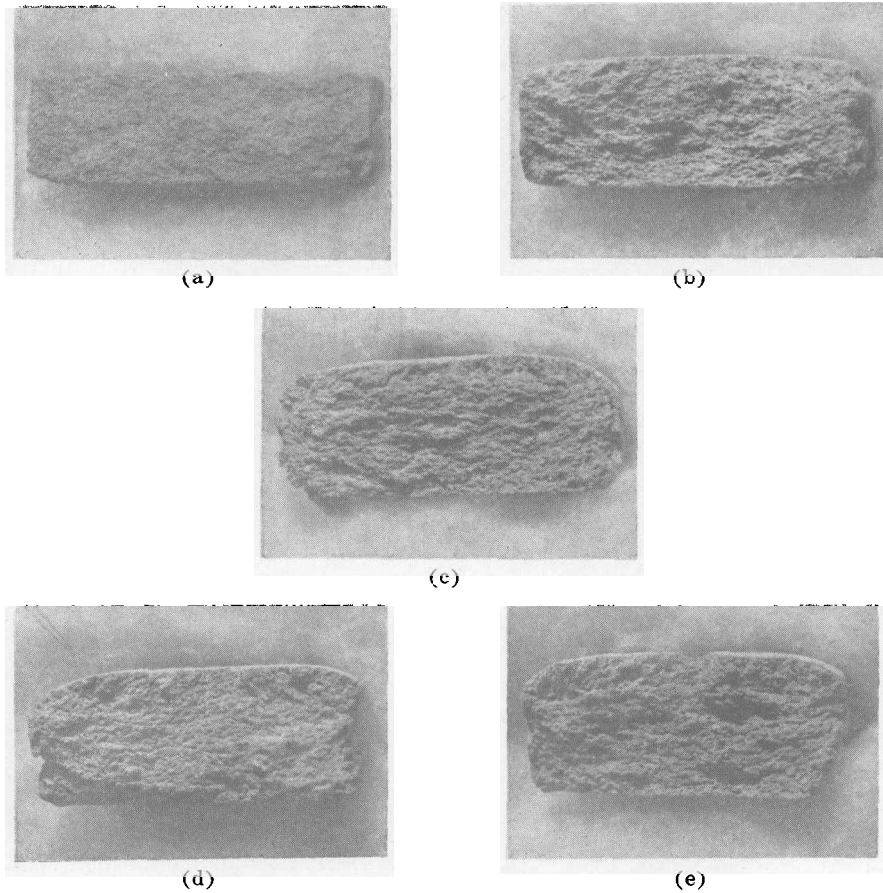


圖 2 乾濕變異次數對片狀結構形成的影響(a)一次(b)二次(c)三次(同圖 1 b)(d)四次(e)五次。(注意片狀結構之發展與土塊之膨脹度均隨土塊之乾濕變異次數遞增)

表 1 充分乾燥與不同的濕潤程度對土壤片狀結構形成的影響

樣品號數	每次在水槽內浸泡的時間(分鐘)	最後一次濕潤後土塊膨脹的高度(毫米)	片狀結構的發展
1 A	泡至土全濕立即取出水槽,約 4—7 分鐘	2	+
1 B	同上	2 +	+
2 A	10	3 -	++
2 B	10	3	++
3 A	30	5	+++
3 B	30	5	+++
4 A	60	6 -	+++
4 B	60	6 -	+++

(樣品、銅盒及操作方法同試驗二)。

將裝入銅盒之土樣各做三次乾濕變異,每次濕潤時浸至飽和,然後在 80°C 溫度下用不同時間乾燥之(表 2),使具不同之乾燥程度,處理四種、重複二次,最後烘至恒重觀察。

表 2 充分濕潤與不同的乾燥程度對土壤片狀結構形成的影響

樣品號數	在 80°C 溫度下每次進行乾燥的時間(小時)	第三次濕潤後土塊膨脹的高度(毫米)	片狀結構的發展
5 A	0.5	0	-
5 B	0.5	0	-
6 A	1	< 1	±
6 B	1	< 1	±
7 A	2	2 -	+
7 B	2	2	+
8 A	4	2 +	++
8 B	4	3	++

由表 2 可見，片狀結構的明顯程度隨乾濕變異程度(即每次乾燥時間的長短)遞增，乾濕變異程度愈大者，膨脹度愈大，片狀結構形成亦愈明顯。

(試驗四) 乾濕變異中脫水速率對片狀結構形成的影響：

(樣品、銅盒及操作方法同試驗二)。

將裝入銅盒之土樣做二次乾濕變異，每次濕潤時浸至飽和，乾燥時分別以不同溫度控制其脫水速率(表 3)。溫度低者脫水慢，須儘量延長乾燥時間，最後直至恒重(小數後一位)為止，剖開土塊觀察。處理共三種，重複二次。

表 3 乾濕變異中脫水速率對片狀結構形成的影響

樣品號數	乾燥時控制其脫水速率之溫度 °C	第二次濕潤後土塊膨脹高度(毫米)	片狀結構的發展
9 A	110	5 -	+++
9 B	110	6	+++
10 A	70	2 +	++
10 B	70	3 -	++
11 A	35	0	-
11 B	35	0	-

由表 3 可見，脫水速率快者，膨脹度大，片狀結構發育明顯(表 3)，脫水速率慢者，情形相反。此種關係在兩次乾濕變異後已很顯明。

(試驗五) 土塊所受壓力大小(即代表土塊濕潤時體積膨脹之可能性)對片狀結構形成的影響：

(樣品、銅盒及操作方法同試驗二)。

將裝入銅盒之土樣予以各方面生成片狀結構之良好條件(5 次乾濕變異，每次以 110°C 溫度充分乾燥及浸泡一晝夜充分濕潤)，僅土樣上部復有平底瓦片，使無法膨脹，最後乾燥之，剖開觀察(泥土燒製之瓦片，外部無釉，於土塊乾濕過程中，瓦片亦能隨之乾濕)。

在此試驗條件下，土塊內僅有極少量橫向裂隙，沒有片狀結構形成。

(試驗六) 乾濕變異前原土壤結構對片狀結構形成的影響：

採用上述同一土樣，一部分磨細過篩，另一部分保留原有團塊狀結構，將兩部分同時置於一較大的銅盒中(底部有孔，盒高約七、八厘米，形狀與上述銅盒相似，僅容積較大)，使之乾濕變異五次，每次以 110°C 溫度充分乾燥及浸泡一晝夜充分濕潤，最後乾燥之，觀察結果。

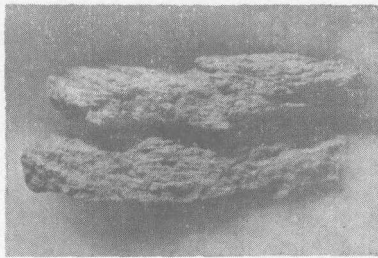
結果顯示片狀結構僅形成於原土樣被磨細無結構的部分，原有結構處不形成片狀結構。

(試驗七) 對田間片狀結構的試驗：

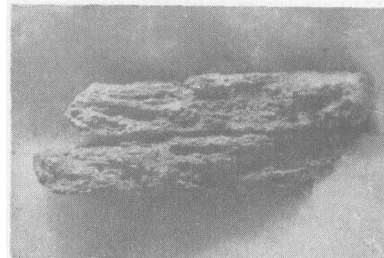
爲了瞭解田間片狀結構與室內人工片狀結構的生成原因是否一致，以及片狀結構生成後是否會再消失，我們取杭州華家池沖積層上部細砂壤土(發育微弱)之自然土塊爲供試土樣。試驗時將田間具有良好片狀結構之土塊風乾，然後小心切成與 Keen-Raczkowsky 銅盒容積同樣大小，置於盒內(盒底先放入濾紙一張)，一塊使片狀結構橫軸與盒底平行，一塊使橫軸與盒底垂直，另切取土壤相同但不具片狀結構之田間土塊一塊，裝入銅盒，做爲對照。將三土塊分別乾濕變異二次(浸泡至充分濕潤及 80°C 烘箱內充分乾燥)，觀察其變化。

試驗結果可概述如下：

1. 片狀結構橫軸與盒底平行之土塊，在第一次濕潤時即膨脹甚快，高出銅盒達 5 毫米之多，兩次乾濕變異後，片狀結構較原有者發育更爲良好、清晰，層片厚度多在 0.5 毫米左右(較原來稍薄)(圖 3a)。



(a)



(b)

圖 3 田間原具有片狀結構之土塊經過乾濕變異處理後之形態(a)使結構之橫軸與盒底平行，經處理後片狀結構較原有者發育更爲良好，層片較原來更薄，(b)使結構之橫軸與盒底垂直，經處理後，原有之片狀結構大部消失，但新形成了橫軸平行於盒底之片狀結構。

2. 片狀結構橫軸與盒底垂直之土塊，在第一次濕潤時亦能膨脹，但膨脹較慢，尤可注意者，其膨脹自兩端開始，過程如圖 4 所示，最後膨脹高度亦約 5 毫米左右。在兩次乾濕變異後，原有橫軸垂直於盒底之片狀結構大部消失，僅保留若干不明顯之痕跡，而新形成了橫軸平行於盒底之片狀結構，層片厚度多在 1 毫米左右，尙相當顯明(圖 3b)。

3. 不具片狀結構之自然土塊，兩次乾濕變異後，膨脹很少，片狀結構形成不明顯。

(試驗八) 片狀結構橫軸生成方向的研究：

根據上面所進行的試驗，銅盒內所形成的片狀結構其橫軸大致水平(如圖 1)，僅在

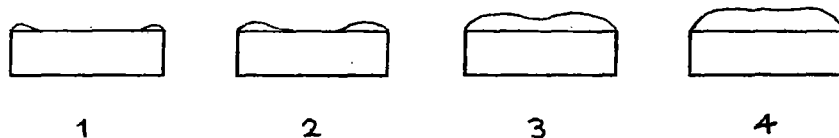


圖4 使自然片狀結構之橫軸垂直於盒底，將土壤濕潤時膨脹之過程示意圖

兩端及近盒底邊緣處有彎曲，從這裏可以看出片狀結構的層片方向似和土壤的蒸發面平行，證諸野外觀察中所發現的層片排列和地表平行的事實，也彼此符合。爲了進一步證明片狀結構層片排列方向與土壤蒸發面形狀的關係，我們又進行了下面二個試驗。

在第一個試驗裏，所用土樣、銅盒、乾濕方法均與試驗二相同，只是把土表形狀切割成下陷的三角形(如圖 5a)，將此盒經三次乾濕處理，結果形成了片狀結構，其橫軸方向如圖 5b 所示。

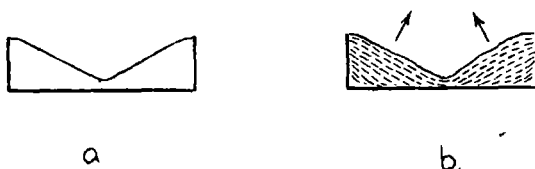


圖5 改變土表形狀對所形成的片狀結構的橫軸方向的影響(箭頭表示水分蒸發的方向)

在第二個試驗裏，所用土樣、銅盒、乾濕方法也與前相同，只是在土壤表面的中央安置一圓形玻片，以防止水分的直接蒸發，因玻片重量不大，當土樣濕潤時仍可向上膨脹，但乾燥時水分只可沿玻璃與盒緣間之縫隙逸出，如圖 6a 所示，經三次乾濕變異後，生成片狀結構，其橫軸方向如圖 6b 所示。

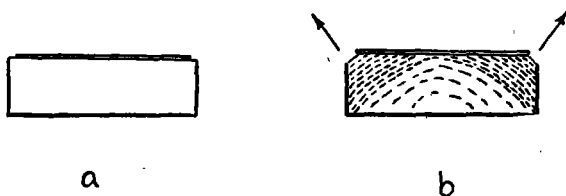


圖6 土樣上方蓋有玻片對所形成片狀結構的橫軸方向的影響(箭頭表示水分蒸發的方向)

最後，爲了研究土粒形狀和土粒排列方向與片狀結構間的關係，我們又把片狀結構在 125 倍顯微鏡下進行觀察，根據觀察結果無論自然生成與人工形成的片狀結構土塊，其土粒排列均無一定規則，結構層片之間爲闊窄不一之裂縫。

討 論

(一)形成片狀結構的原因很多，地表常見的片狀結構可能不是因沉積、水凍或壓力

等原因造成，而係常經乾濕變異的結果。理由如下：(1)這種結構橫軸的方向，常平行於地面，但並不一定水平，假如是沉積或壓力等原因造成，這些條件不會恆與地面平行。(2)這種結構常見於距離地面不深的土層中，假如是沉積或壓力等原因造成，這些條件不僅存在於表層土中，甚至下層會較上層的條件更好些。(3)就這種結構的形態說，層片與層片之間並不完全脫離，而只為一些不連續的橫向裂隙所隔成，此外層片常常愈近地表愈為清晰，向下層片漸厚，層次不顯明，這些均非沉積或壓力等原因所可滿意解釋。

(二)在乾濕變異條件下產生的片狀結構分佈地區甚廣，其形成可能與土壤種類無直接關係，而主要受下列幾方面條件的限制：(1)地面植被情況——在多數地面植被情況良好的環境下，土壤由於植物根的作用形成團粒結構，因而乾濕變異的程度較小，又因土壤體既形成團粒結構後，不易膨脹，這樣均致不易產生片狀結構。(2)原土壤結構情況——如原有土壤含有機質或其他膠結物豐富，因結構牢固，則不易形成片狀結構。(3)地表裸露時間的長短及乾濕變異機會的多少——如時間過短或缺少乾濕變異機會的地方，不易形成。根據上述，凡地面少植被、原缺乏結構的土壤，如不受人為翻動，露於地面一定時期後，多半會產生不同明顯程度的片狀結構。

(三)土壤在乾濕變異條件下產生片狀結構可能為一簡單的機械作用，即當土塊濕潤膨脹時，體積變大，再經乾燥，體積不能恢復，必然留裂隙於土塊中，此種裂隙常垂直於水分逃逸的方向，在土塊乾燥過程中逐層生成，因橫向裂隙逐層排列，遂成片狀結構。推想其形成步驟如下圖(圖7)：

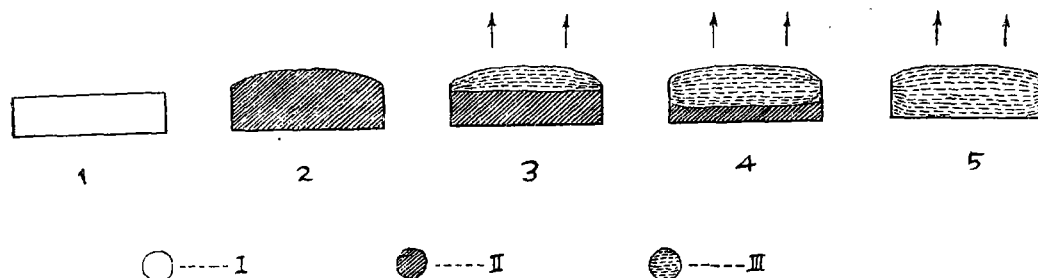


圖7 乾濕變異中土壤片狀結構形成步驟之推想 (I)示乾燥土塊，(II)示濕潤後之土塊，(III)示形成之片狀結構。(箭頭表示水分向上蒸發)

片狀結構之每一層片中並沒有特殊的膠結物，因而極不穩固，易於破壞，從顯微鏡下觀察的結果，層片中的土粒排列也沒有次序，看來大概凡遇水能膨脹的土壤均有生成的可能，這些都因為這種片狀結構的形成只是一簡單的乾濕變異與體積膨脹的過程所致。

在所研究之各因子中，乾濕變異次數多、乾濕變異程度大以及乾濕變異中脫水速率快均能促使土塊膨脹程度增加，所以均能使片狀結構的形成更為明顯。因為片狀結構的形成常與土塊的膨脹相聯繫，所以如果對土壤施以壓力，使之不易膨脹，則雖經乾濕變異依然不能形成片狀結構。

土塊在乾濕變異過程中，因能膨脹而產生片狀結構，同時產生片狀結構後，內部留下較多孔隙，再經濕潤時，能更好地膨脹，此現象於不同乾濕變異次數的比較試驗中，可明顯地看出。在對田間具有片狀結構的土塊的試驗中，使之濕潤，一次便可有較大的膨脹程度，說明這種結構與室內因乾濕變異而產生的片狀結構有相同的特點，顯然，也可能具有相同的成因。

在對田間具有片狀結構土塊的濕潤試驗中，結構橫軸與盒底平行者，向上膨脹快而均勻，橫軸與盒底垂直者則慢而不勻，後者膨脹自兩端開始，這裏首先說明了膨脹情況與片狀結構確有關係，否則兩者應有相同的膨脹情況。其次說明着垂直於片狀結構橫軸的方向會有較大的膨脹度，似也表明着層片的發生與膨脹有密切關係。此外，後者在兩次乾濕變異後，原有片狀結構大部消失而形成另一方向的新片狀結構，進一步證明了這種結構的不穩定及易於破壞。但如條件適當，形成也不困難。

(四)此種片狀結構因係乾燥時土塊收縮產生橫向裂隙形成，所以它的橫軸方向主要決定於水分的蒸發面而經常與之平行。在一般自然情況下，水分多向上蒸發，重力水多垂直向下流失，因而片狀結構的橫軸一般為水平方向，但接近地表處，因地面常不絕對水平，水分垂直於微有起伏的地表蒸發，故片狀結構橫軸亦平行於地表生成，此種現象在各地野外所見非常顯明。

在室內研究時，銅盒內結構橫軸的方向大致水平，說明因水分向上蒸發造成。但因在烘箱內溫度上昇時，接近銅盒邊緣部分先熱，蒸發較快；最後在盒底角落部分水分向外傳送面小，乾燥較慢，因而造成土塊上部與底部近邊緣處結構的橫軸方向微有彎曲，無非為各部分乾燥的次序不同所致。在改變土塊形狀及改變乾燥條件的兩試驗中，橫軸形成的方向均明顯地與水分逃逸方向垂直，也說明了這種關係。

此外，結構橫軸形成的方向與土塊濕潤時水分進行的方向可能也有關係，這方面還須進一步的工作加以肯定。

(五)通常所見的片狀結構每愈至深處愈不明顯，至一定深度上會完全消失。根據此種片狀結構形成的條件，推測上述現象的原因可能是：(1)一般在地表因能接受陽光，水分子易向大氣中逃散，易於乾燥，降雨時又首先接受水分，易於潮濕，土壤下層則不具有這些條件，乾濕變異的程度較小。(2)通常地溫的變幅愈至深層愈小，土壤下層在溫

度不易上昇的條件下,乾燥時必然脫水速率也慢。(3)下層土壤接受上部土層的壓力,在潮濕時膨脹的可能性也小。在幾重原因的影響下,使這種片狀結構只在距離地表很近的土層中方能發現。

(六)片狀結構在沖積母質的土壤上易於發現,但在不少情況下,可能其成因並非由於沖積。根據推測,在沖積地上常地勢比較平坦,水分易於停積;有時新沖積地植被尚未繁茂,均為形成片狀結構的有利條件。

濱海鹽土地帶也為片狀結構最易發現的地區之一,可能除地勢平坦一因子外,因土壤缺乏結構、少有機質,加以植被稀疏,同時這些地區雨量也較豐富,土壤有乾濕變異的機會,使片狀結構有充分發展的可能。

在碱土地區,地表發現的片狀結構每極為清楚,可能不僅因土壤缺乏結構、地面植被稀疏,而且碱土下層因有堅實之 B 層,水分不易下滲,使上層無結構的土壤有充分濕潤的機會,這樣便容易形成良好的片狀結構。

在灰化土及生草灰化土地區, A₂ 層中經常有良好的片狀結構,為一般人所熟知,是否具有上述同樣的成因還不能肯定,但有些條件很值得注意,例如 A₂ 層均缺乏有機質;不具良好結構;下面有一堅實的 B 層,水分易在此停積;同時 A₂ 層一般距地表並不很遠,具有較大乾濕變異以及膨脹的可能。假如說含粉砂較多的土壤,在乾濕變異中易於形成片狀結構(見下節), A₂ 層恰巧也是含粉砂較多的層次。這說明它的片狀結構也可能是乾濕變異的結果。在黑龍江省虎林縣的生草灰化土上,筆者曾發現被侵蝕地區混入表土的 A₂ 層土塊能單獨形成片狀結構(根據每一土塊結構的橫軸均平行於地表,說明片狀結構是混入表土後形成的),且在形態上與下層者非常相似,說明了上層與下層的片狀結構可能有相同的成因,而上層的這些零碎土塊能單獨形成片狀結構用沉積、壓力、水凍等原因均不易解釋,可能仍是乾濕變異的結果,當然這方面也還須進一步的研究,方能肯定。

(七)片狀結構在形成上與質地的關係,根據室內室外的一些初步觀察,砂性土(尤其是粗砂土)土粒間缺乏粘性,潮濕後極少膨脹,所以不易形成片狀結構;粘性過強的土壤雖容易膨脹,但有時易粘結成團,亦不易形成片狀結構,工作中初步的印象是:含粉砂或細砂較多的土壤易於形成片狀結構。在本次工作中曾發現自然土塊與同一土壤被磨細者雖同樣可形成片狀結構,但前者較後者為難(表現在須較多次的乾濕變異或形成者不顯明),尤其質地較粘者,這種現象更為顯著。另一現象為質地較粘之土樣,有時雖經過篩(孔徑 2 毫米),但多半粘成小顆粒狀態,其銅盒中試驗結果與粗砂幾乎相同。從這些現象均使我們懷疑到土粒間粘結力過強者(有時由於質地,有時由於其他膠結劑的影

響),在乾濕變異中可能形成片狀結構較難,這些均需於進一步的工作中加以系統研究。質地結構形成上很可能也是影響較大的因子之一。

摘 要

一、片狀結構形成的原因很多,但在地表常見的一種可能不是沉積、冰凍或壓力等原因造成,而係常經乾濕變異的結果。

二、在乾濕變異條件下產生的片狀結構分佈地區甚廣,可能其形成與土壤種類無直接關係。凡地面少植被、原缺乏結構的土壤,如不受人為翻動,露於地面一定時期後,多半會產生不同明顯程度的片狀結構。

三、土壤在乾濕變異條件下產生片狀結構可能為一簡單的機械作用。即土塊濕潤時膨脹,體積變大,再經乾燥,體積不能恢復,留下橫向裂隙於土中,遂成片狀結構。在所研究的各因子中,乾濕變異次數多、乾濕變異程度大以及乾濕變異中脫水速率快均能促使土塊膨脹,所以能使片狀結構形成更為明顯。如對土塊施以壓力,不予膨脹,雖土塊具有各方面生成片狀結構的良好條件,仍不能形成片狀結構。

對田間具片狀結構土塊的試驗中,說明它可能與室內人工片狀結構有相同的成因,一方面也說明了這種結構的不穩定,易於破壞,但如條件適合,形成也不困難。

四、此種片狀結構因係土塊乾燥時產生橫向裂隙所形成,所以結構橫軸生成的方向主要決定於水分的蒸發面而經常與之平行。這種關係在野外具體表現為結構橫軸常與地表平行,在室內的幾項試驗結果與此也相符合。此外結構橫軸形成的方向是否與土塊濕潤時水分進行的方向有關,還待進一步的研究解決。

五、通常所見的片狀結構每每愈至土壤深處愈不明顯,推測其原因可能是下層土壤具有以下特性:①乾濕變異程度小,②乾燥時脫水速率慢,③受到上部土層的壓力,濕時不易膨脹,是幾方面生成上的不利條件綜合影響下的結果。

六、片狀結構容易在沖積母質的土壤上、濱海鹽土地帶以及碱土地區等處表土上發現,這可能與:地勢平坦,水分易於停積;植被稀疏;土壤缺乏結構;或下層堅實,水分常積於上部,使表土能充分濕潤等因子有關。

在灰化土及生草灰化土地區, A_2 層中的片狀結構是否具有上述同樣的成因,還不能肯定,但有些條件很值得注意,如 A_2 層缺乏有機質,沒有良好結構;下面有一堅實的 B 層,水分易在此停積;一般 A_2 層距地表不遠;同時在質地方面含粉砂較多,說明其片狀結構也可能是乾濕變異的結果。

七、質地在片狀結構的形成上也可能是影響較大的因子之一,工作中初步的印象是

含粉砂或細砂較多的土壤易於形成，土塊內粘結力過強時不易形成，但迄無充分證據，還有待進一步的研究。

參 考 文 獻

- [1] Chang, C.W., An experimental study on the development of adobe structures in soils, *Soil Sci.*, **25**: 213—228, 1941.
- [2] Peterson, J. B., The effect of montmorillonitic and kaolinitic clays on the formation of platy structures, *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 1944, Vol. **9**: 37—48.
- [3] Монин, С.А., Лабораторно-практические занятия по почвоведению и географии почв, 1954, 40.

THE DEVELOPMENT OF PLATE-LIKE STRUCTURE OF SOILS AS AFFECTED BY THE ALTERNATE WETTING AND DRYING PROCESSES

(ABSTRACT)

LUH CHIN-KANG

(Chekiang Agricultural College, China)

The mode of genesis of plate-like structure of soils under different conditions may be different. Broad field observation reveals that soils favoring plate-like structure formation generally have an easy access to an abundant but intermittent supply of water, low content of raw organic matter as well as of humus, indefiniteness but not being too sandy in texture, and weakness in structural stability.

The present paper reports the evidences gathered from the field observation and laboratory experiments showing that plate-like structure can be developed through the effect of alternate wetting and drying processes.

Laboratory experiments have shown that the degree of perfection of the development of plate-like structure as evidenced both from the horizontal natural crackings and from the volume of swelling of the soil body increases with increase in the number of cycles of alternate wetting and drying. (Plate I.) In order to assure the effectiveness of the processes, both drying and wetting should be carried out as thorough as possible.

A mechanism explaining the formation of plate-like structure is proposed. According to the suggested mechanism, swelling of the soil as a result of wetting affords the necessary conditions for the formations of

plate-like structure, while the actual development of structural plates is accomplished through the drying processes. The greater the rate of drying, the better the conditions for the development of plate-like structure.

The horizontal axis of the structural plates as demonstrated by the laboratory experiments runs parallelly to the contour of the drying surface. The development of plate-like structure is greatly hindered by exerting pressure on the surface upon wetting. Microscopic examination of the structural units reveals that no definite orientation of the individual soil particles are noticeable and the horizontal crackings separating layers of structural plates were seen to be discontinuous and of non-uniform in dimension.

The following is a brief account of the mechanism of plate-like structure formation through the effect of alternate wetting and drying processes:

The evaporation of water from the saturated soil leads first of all to the formation of a thin crust on the very surface of evaporation. This leaves, beneath the crust a series of cracking spaces parallel to the surface due to the shrinkage of the soil while drying. Further drying compels water to evaporate from below the surface into these cracking spaces. Thus a second layer of laminated dry soil may form below the first layer of the surface crust. As evaporation continues on, the process repeats itself with decreasing intensities because part of water will be lost inevitably through the few connections that may exist between adjacent layers of structural plates. The layers developed below the surface crust are of course somewhat different in nature because the conditions of drying prevailing here are different. Thus the drying out of the soil below the surface usually proceeds in a much more restricted rate—a fact, that may explain the presence of structural plates in the underlying layers which are absent in the surface crust. On rewetting the soil, the particles or aggregates in cracking spaces then may serve as wedges to push layers of structural plates further apart as a result of swelling.

This theory may afford explanations to the facts that in the laboratory experiments better development of plate-like structure is always accompanied by the greater extent of swelling of the soil and the latter in turn can be augmented by increasing the number of cycles of alternate wetting and drying processes. The proposed mechanism also suggests that not only should both wetting and drying be thorough enough so as to assure the formation of as many horizontal crackings and structural plates as possible, but also the rate of drying should be great enough to check as much as possible the lose of water through capillary action. It is also evident ac-

according to the supposition given above that any factor inhibiting the swelling of the soil, (such as pressure exerted upon the surface) will make it impossible to develop plate-like structure through alternate wetting and drying processes. As further evidences to support the suggested mechanism, it is worth while to point out the facts that plate-like structure usually occurs near the soil surface and that structural plates run always parallelly to the surface of evaporation.

The soils that are most liable to the formation of plate-like structure according to this mechanism are those medium in texture, and low in organic matter and colloid contents.

The plate-like structure thus developed is believed to be temporary in the sense that it will be easily disintegrated by either mechanical forces as practiced in the usual cultivation processes or by prolonged flooding followed by incomplete drying.