

# 土壤的粘韌率及粘韌曲線

侯光炯

(四川大學農學院)

## 目次

- |                  |           |
|------------------|-----------|
| 一、引言             | 四、測定與計算方法 |
| 二、研究動機及經過        | 五、研究結果    |
| 三、主要發見           | 六、討論      |
| 附圖 1 至 15 共 26 幅 |           |

## 一、引言

在米丘林學說的指示下，我們可以檢查出過去中國的土壤科學，還殘存着幾個基本缺點：第一、土壤個體的認識和分類，一般還偏重經驗。例如有些地方，人們依土層發育方式分類，另外一些地方，則依顏色、質地、碳酸鈣含量和酸鹼度等土質特性分類。對於土壤分類的最高綱目，大家雖主張用土壤本體性質，可是大多數人還是用顯域土或隱域土等反映地理環境的名辭。只有少數人採用高砂土或低砂土等反映膠體組成的名詞。現有的自然體分類系統中，再也找不出一個比土壤分類更紛歧多變的東西了！土壤個體，混雜不分，人們祇有望而却步，於是談生產者，便不得不借助植物生理科學來研究作物的榮枯健病，這實在是農學界中一大憾事！第二、土壤個體性質與發展史的認識，現在還都生硬的從氣候地形方面研究，或則單純倚靠化學分析，遺棄了農作物，農具和水利等重要因素。這是唯心的美國式土壤科學的特質。在蘇聯，大土壤學家威廉士，早已把土壤分類特性中的構造，和農具及灌溉法，都聯系起來，過去我們因襲了資產階級科學家的舊習，與先進的馬克思列寧主義的科學思想背道而馳，這是一個極端不合理的現象。

時至今日，馬克思列寧主義的蘇聯土壤學說，已被介紹到中國來了。可是上項缺點，還未見有人加以改正。這裏面的原因，似乎也有兩個：第一、未來土壤工作，應如何由土壤、農藝、園藝、森林、水利各項專家通力合作，大家都還未加討論；第二、美國式土壤工作方法的不合理部分，尙未經大家努力揭發和批判，甚至還未經

考慮。過去一般人都抱着改良主義眼光對待流傳廣遠的美國式土壤科學，所以土壤學始終未能為農業服務。這兩點在目前加速進行建設的趨勢下，不能不算是嚴重的情形，有立即糾正的必要。

本文所述的土壤粘韌曲線法，可能是準確分類土壤的一種新方法。作為一個初步嘗試，也可能引起大家對於土壤個體分類標準的討論。進一步，還可使大家明瞭美國式土壤分類制的缺點，和聯系土類性質及農業利用法的可能性。依此法分析土壤，就不會有一種土壤，因為性質不明，而被歸列入幼年土類以內的。它的操作方法，既簡捷，亦精確，又不費錢。只是若求熟練，還需一番預習的工夫罷了。筆者誠懇的希望大家先就本法原則，加以討論，然後再考慮到應否採用或如何採用。

## 二、研究動機及經過

在土壤物理學的研究論文裏，我們不時可以看見一些關於土壤膠質組成一例如矽鋁率 and 代換性鹽基—影響土壤含水量的記載。另外有些結果又告訴我們：大於膠粒，但非膠性的粉砂粒和砂粒，都是不能吸收多量水分的。所以土壤膠質的性質，和土壤吸水數量間，關係極為密切。

不久以前，大家還以為土壤含水量的變異，都是土中粘粒含量大小不同所引起的。所以研究對象，總不外乎粘土、砂土、壤土等各種質地名詞，所謂土壤物理學，幾乎就是一部祇論膠粒數量不問膠粒品質的膠體物理學。這種情形，直到 1935 年英人史各斐氏 (R. Schofield) 用 PF 法重新研究土壤毛細作用潛在能力 (capillary potential) 時，才有所改變。

根據史氏學說，土壤含水量貧乏時，毛細作用潛在能力最大，是時土壤的吸水力亦甚大。其後土壤含水量漸漸加多，毛細作用潛在能力隨之而逐漸減小，吸水力亦漸減。我們由此可以體味到土壤含水量的變異，是膠質種類和數量兩種因素變異的總和。如果兩種土壤含膠粒的數量相同，那末在同一毛細作用潛在能力時二者含水量的差異，就是膠粒種類的差異。反之，同一種類的土壤，在相同毛細作用潛在能力時含水量的變異，一定代表膠粒數量的變異 (等於土壤質地的變異。) 從史氏之研究，我們自然而然可以想到一種測定土壤屬類的方法，那便是廣泛比較同質地土壤在各個毛管所能含水分的數量，以得土壤膠質的屬類，進而作土壤屬類的決定。

死啃住史氏學說向前進，可能得到一連串的含水量數字，作為土壤種類的代

表，但所遇的困難，一定很多，第一 PF 測定法裝置較難，應用起來不方便。第二、正確識別土壤膠質屬類，應該從理化性變化規則方面入手，決不能倚靠單純的吸水量數字。第三、找一定質地的土壤做供試品，在事實上也有困難。

因此，筆者決心克服種種困難，於1938年調查江西土壤的時候，發覺肥沃一點的紅壤，往往粘而不韌，瘦瘠一點的紅壤，往往韌而不粘。因此想到土壤的粘韌性，可能與膠質種類有關。抓住這一點，筆者便試用匈牙利土壤學者亞拉內氏(Arany)的滴管測定粘限法，改將粘限擴充為低韌點、高韌點、成漿程三點，一口氣用滴管測定。果然不出所料，這三點間的距離，在不同的土壤中，顯出很明顯的差異。隨後又根據膠質在酸鹼液中所呈的兩性行爲，試用酸鹼液代替蒸餾水，進而測土壤粘韌三點的變化，果又得到一系列特殊型式的粘韌曲線。此種曲線，不要型式的變異，與土壤種類的變異，是完全符合的。至此筆者對研究史氏學說中所存在的困難問題，遂告全部克服。簡單地說，新法中低韌點高韌點成漿程三種粘韌狀態，都能代表一定的PF，並且測定法極為簡便，無須特殊裝置。第二、新法依據膠質兩性行爲在粘韌性方面的表示，作為土壤分類的標準，是一個有意義的建議。因為照這樣做，我們就能利用全部土壤膠質化學的原理，解釋土壤種類的特徵，同時又可徹底消除土壤物理與化學間的鴻溝。第三、土壤粘韌三點距離的比例，以及粘韌曲線的类型式，都與土壤質地無關。所以依本法分類，可不必選擇一定的質地，做供試樣品。由於這一點成功所鼓勵，筆者便展開了下列一連串的研究。

### 1. 測定法方面

筆者所定計算粘韌率的實驗式，在某些土壤中，得到的答數，完全與膠質矽鋁率相合。又所擬兩種粘韌曲線的类型式，亦足以表示膠質的組成，與土壤形態變異的意義。

### 2. 原理方面

現在把低韌點含水量作為甲段，低韌點到高韌點的距離—粘限，作為乙段，高韌點到成漿程—超粘限，作為丙段，那麼甲段的毛管能最大，乙段次之，丙段又次之。由試測各種成分效應的結果，知影響各段含水量的物質，頗屬一定。甲段大都只被有機膠質及各種鹽基飽和狀態之高矽性無機膠質所影響，乙段可被氫離子飽和態的高矽性無機膠質所影響，丙段則被各項遊離態膠質，如氫氧化鐵、氫氧化鋁、膠粒態碳酸鈣、膠粒態矽鐵鹽等所影響。各種物質之存量，與其相關段的吸水量，都顯着正比例的關係。倘就一個土壤來說，上列三段的先後次序，可以表示土壤中

各種膠質爭奪水分的情形。就從風乾狀態說起罷，最初是腐植質與鹽基飽和態高矽性膠質，一馬當先，首先吸水，深入於帶有多量餘剩電荷的晶格以內，呈現附着狀態 (adhesion)，那時的土壤，自然不現粘性，只現韌性。等二者吸飽後，酸性高矽性膠質開始自由吸水，充填於晶粒的孔隙間，而呈同質內聚(粘附)的現象 (cohesion)。自此以後，所剩下膠凝態的低矽性及次生性膠質，才緩緩的吸水，抵達了成漿程。至成漿程時，毛管能完全消滅，土壤就不再吸水了。由此可見粘韌三點的次序，正代表土壤內部不同組成分吸水力大小的次序，這其間發生的明晰分野，正就是我們所擬利用物理性測定土壤膠質組成法的基礎。

上節甲乙兩段所代表的膠質，緩衝力高大而帶負電，丙段所代表的膠質，緩衝力低小而多帶正電。這些膠質的等電點，和牠們在等電點兩方的活動程度，從粘限曲線和超粘限曲線的形狀上，都可以看出來。大概的說：變化最少—表示對酸鹼緩衝力最大—的一條曲線，一定是低韌點曲線。變化最劇烈—表示對酸鹼緩衝力最小—的一條曲線，幾無例外地是超粘限曲線。如果以超粘限曲線中最低的一點，即凹折點，看成膠質等電點所在的區域，再以隆起最高的部分，看成膠質活動力最大的地方，那麼高矽土（所含的次生性膠質亦多帶高矽性）的凹折點，必然鹼性方面在 0.1 規定度以下，低矽土的凹折點，必常在鹼性方面 0.1 規定度附近。此與“高矽土等電點”低於“低矽土等電點”的原則，亦殊符合。又在低矽土中，酸方的超粘限曲線，常隆起甚高，表示低矽性正電膠質在酸方活動度較大，（參閱後列圖2）在高矽土中，同線之隆起最高部，相反的位於鹼方 0.1 規定度附近。（參閱後列圖1）從這裏，我們可以了解粘韌曲線和用化學方法測出的緩衝曲線，功用上是相同的。所不同的，祇是普通緩衝曲線中 pH 的範疇，每可限制所用酸鹼的濃度，在強酸或強鹼 0.1 規定度以下，而粘韌曲線所用強酸或強鹼的濃度，則可伸展到 2.0 規定度。這又是粘韌曲線的一個重要特點。

### 3. 應用方面

任何土壤，經過本法檢查後，都可顯示兩種性質，一種是粘韌率，一種是粘韌曲線。由粘韌率我們可以大概推知土壤膠質的組成，和各種成分比較的存量。由粘韌曲線，我們可以推知各種膠質的電化學性質，由此更可得各土層間淋溶及澱積的情形。筆者曾把礦質土的粘韌率分為四級，即大於 2.5 者，2.5—2.0 者，2.0—1.5 者及小於 1.5 者。使除腐植質土層以外的一切土壤（包括用雙氧水除去腐植質的土層），都可依剖面中非發育性土層的粘韌率，歸劃入高矽土、低矽性高矽土、高矽性低矽

土與低砂土的四個大類中。我們隨後就把這四個大類，作為土壤分類的最高綱目，順利地完成了一個土壤分類制。本來在一般分類制中，各土層間淋溶與澱積的狀況，都只能從形態和酸鹼度幾方面聯合推斷。結果將形態不顯著的土壤，被迫歸入幼年土類中，弄得因果混亂，是非不明，大大影響了土壤分類的嚴格性和科學價值。可是自有本法做武器，我們已能完全拋棄了這種主觀的武斷型式，步入客觀。例如對黃色酸性的土壤，我們已可正確的判定其成自灰棕壤，棕壤或紅壤，對黑色的土壤，也可很快的決定牠成自腐殖質或還元鐵。我們已用不到主觀地冥想着許多發育的理論，是非黑白，可決於5、6小時勞動的成果，這能不算是土壤科學的一點最低要求麼？

### 三、測定與計算方法

#### 1. 低韌點高韌點與成漿程的測定方法

在沒有強光射入的房間內，取已知吸濕水重量，且已通過每寸100篩眼的風乾土10厘米（如標本數量少時，用2厘米亦可。），平放在一塊薄玻璃布上，由一微量滴管，滴入純淨之蒸溜水。搓捏此布包多次，使土壤能均勻潤濕，凝聚成團。當此團在翻摺時不生裂痕亦不粘着布面時，就已達到低韌點。由此可以算出100厘米烘乾土，由烘乾態經吸濕水態到達低韌點時所吸水分的總量，命名為低韌限。（即上節中所稱的甲段）隨後用力強壓在布內的泥球30—50次。將此小球，折碎為許多小片，放入一小型的蒸發皿內，再滴入蒸溜水，而用一尖端微曲的玻棒（或銀質\*挖耳）充分攪拌，注意勿使泥糊粘染四壁的面積擴大。當碎塊已融合成為均一的糊狀時，應試用玻棒尖端，向水平方向拉出糊漿，使成鋼筆尖狀的小泥柱。密切留意此小泥柱在何時形狀最長，尖端最尖，硬度最大，那時便是土壤的高韌點（亦即脫粘點）。高韌點與低韌點之差，即為粘限。嗣仍繼續滴入蒸溜水，不時用棒尖在糊漿的面上，劃一“H”字母，並用中指尖在坩堝外輕輕敲擊。如一擊之下，H字立即消逝，即已達成漿程。成漿程與高韌點的差數為超粘限。

#### 2. 粘韌曲線的測定方法

用0.1、0.3、0.5、1.0四種規定度的氫氧化鈉與硫酸溶液，（合前述之水，共為九種溶液），就同一土壤標本，重複作上項測定。分別求得該土在不同酸鹼濃度下

\* 用少量標本時。

的低韌限粘限與超粘限。以由水測得的低韌限爲一，改算他數爲蒸餾水低韌限的倍數。然後以此等比例數（連同用水測得的結果）譜入曲線表中。表中以酸鹼濃度爲橫坐標（由左至右，先濃酸、次稀酸、次水、次稀鹼、次濃鹼），粘韌限比值爲縱坐標。如此即可聯成低韌限曲線、粘限曲線與超粘限曲線。此爲甲種粘韌曲線圖（參看後列圖 1 甲）。另外又可依下式將全部數值，改算爲兩項數值：

$$\text{甲乙段中粘限比} = \frac{\text{粘 限}}{\text{低韌限} + \text{粘限}}$$

$$\text{乙丙段中粘限比} = \frac{\text{粘 限}}{\text{超粘限} + \text{粘限}}$$

依同法將各數譜入曲線表中，可得另外兩條曲線，此即乙種粘限曲線圖。（參看後列圖 1 乙）此圖中二曲線的聯合變化狀態，可以表示土中原生性膠質的緩衝力。大抵新風化的礦石，尙未水化爲矽鋁酸複鹽，或高度風化的紅壤，矽鋁酸複鹽殘存已極少者，二曲線的升降大抵相符或對稱，反之則常作不對稱的相互交錯。簡言之，甲種粘韌曲線圖，表示淋溶沉積中成分的特性，可用以識別土壤發育層的名稱。乙種粘韌曲線圖，表示土壤中主要膠質部的風化程度，可用以識別土壤的耐肥能力。

### 3. 計算粘韌率方法

用蒸餾水測得的各種粘韌限，可用爲計算粘韌率的根據。計算方法，見下式中。

$$\text{粘韌率} = \frac{\text{低韌點}}{\text{粘限}} + \frac{\text{低韌點}}{\text{超粘限}} + \frac{\text{粘限}}{\text{超粘限}}$$

用於分類土壤的粘韌率，以不含腐植質或已除去腐植質的未發育礦質土層爲供試品。這一點必須特別注意。

## 四、試驗結果

### 1. 數種標準粘土的研究\*

筆者曾取粘土四種，測定其粘韌曲線，而得下列的結果：

(1) 微晶高嶺土：這是一種不含游離鐵質的高矽土。內含多量碳酸鈣。筆者取其中之一部，加酸處理，製成鹽基不飽和態高矽土，和原樣品一同作粘韌曲線測

\* 粘土的吸水力較大，故縱坐標粘韌比值距，比普通的粘韌曲線圖加大四倍。

定。得到的結果見圖 1 甲、1 乙、2 甲、2 乙。

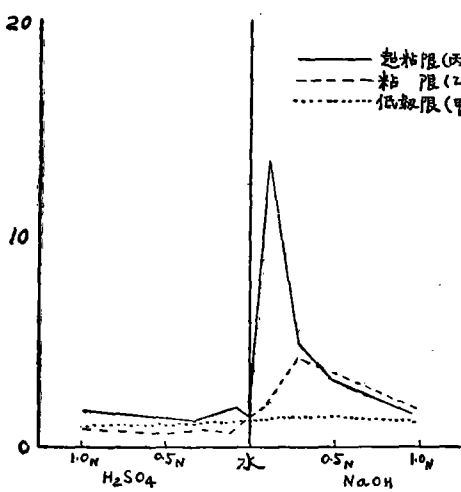


圖 1 甲 微晶高嶺土(含碳酸鈣者)

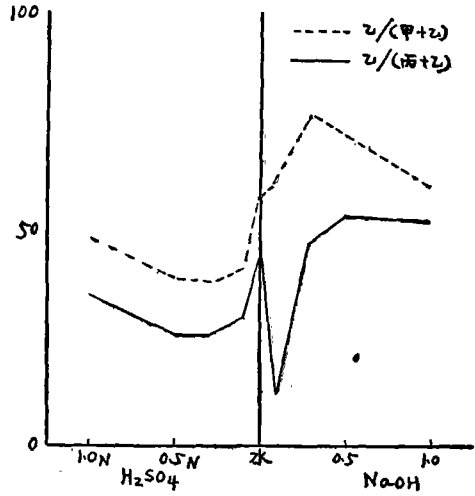


圖 1 乙 微晶高嶺土(含碳酸鈣者)

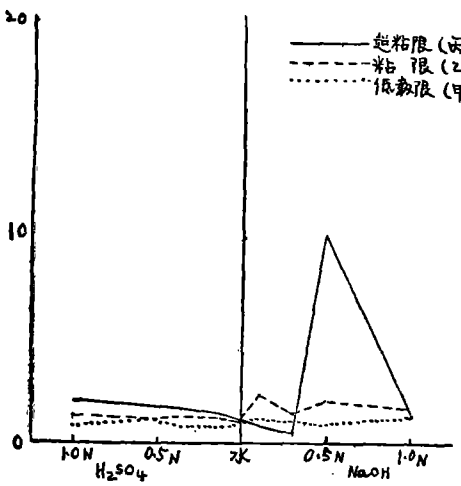


圖 2 甲 微晶高嶺土(用酸處理呈酸性者)

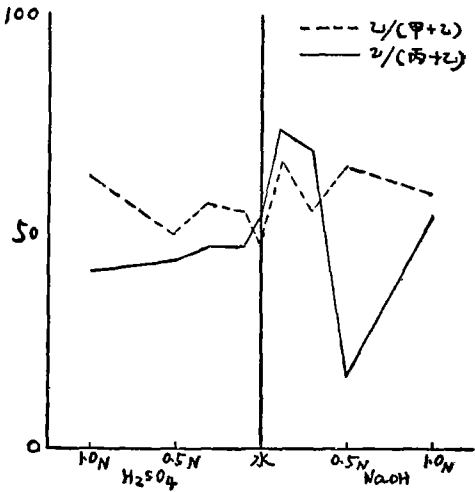


圖 2 乙 微晶高嶺土(用酸處理呈酸性者)

上圖表明下列各點：(i) 原土及加酸處理後之土，其粘限曲線和超粘限曲線，都在鹼方 0.1 規定度以下凹折。(ii) 矽鋁酸複鹽中的鋁質，只在膠質呈不飽和狀態時，始吸水分散，表現在鹼方 0.5 規定度地方超粘限曲線的上升(參看圖 2 甲)。(iii) 矽鋁酸

複鹽中的矽質，在膠質呈不飽和狀態時，影響分散之力很小，表現在驗方 0.1 規定度處超粘限曲線的低落(見圖 2 甲)。如果此膠質為碳酸鈣所飽和，分散之力便甚大，表現在驗方 0.1 規定度處超粘限曲線的急劇上升(見圖 1 甲)。

(2) 中性紫色土：代表含游離鐵的高矽性土。樣品呈中性反應，不含碳酸鈣，採自北碚會上房。其粘韌曲線如次圖：

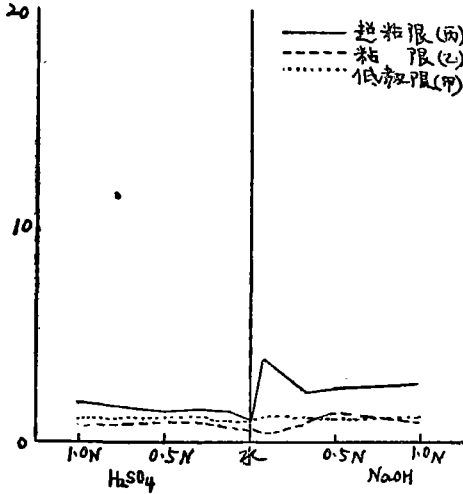


圖 3 甲 紫色土(會上房系)

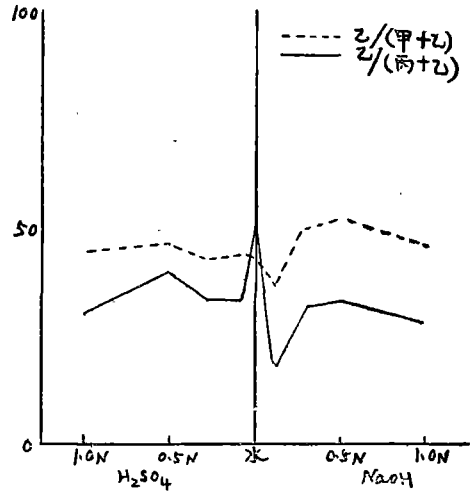


圖 3 乙 紫色土(會上房系)

此圖與圖 1 甲所示的曲線，大致相同，但有下列三特點：(1) 強驗方的超粘限曲線，遠高於粘限曲線，且高於 1 甲、2 甲圖中的超粘限曲線。(2) 弱驗方粘限曲線，降至低韌限曲線以下，與 1 甲、2 甲圖中情形正屬相反。(3) 本土並不含碳酸鈣，但驗方 0.1 規定度處，超粘限曲線仍急劇上升。可知矽鋁酸複鹽中的矽質，在紫色土中，是和游離鐵相結合的。他影響土壤吸水分散的能力，正和結合碳酸鈣時相同，都很強大。

紫色土中的鐵質，據余皓同志分析結果，知大部屬游離鐵，這一點表現在強驗方超粘限曲線的升高上面。若和上面參看，可知紫色土中的鐵，一部是和矽鋁酸鹽中的矽結合的，大部則是屬游離態的。

紫色土只要不是酸性，都有上述曲線型。酸性的紫色土，則顯着和灰棕壤與紅壤相同的曲線。所以紫色土之顯酸性者，應依其曲線形狀，分列為灰棕壤或紅壤。顯中性或碳酸鈣性者，可統稱之為紫色土，或視之為一種兼含負電性高矽態鐵質與游離態鐵質的高矽土。這樣分類，可和牠們的肥度完全符合。



因矽鐵鹽的存在，土壤膠質部中矽鋁酸複鹽的活動力，大見低減，於是弱鹼方的粘限界線，乃降至低韌限曲線以下。這在膠質活動力低小的低砂土中，亦有相似的情形。

(3)高嶺土：這是一種不含游離鐵的低砂土。也含有多量的碳酸鈣。筆者就原樣品與用酸處理的酸性高嶺土，分別測定其粘韌曲線(見圖4甲、4乙、5甲、5乙)，得知下列的事實。

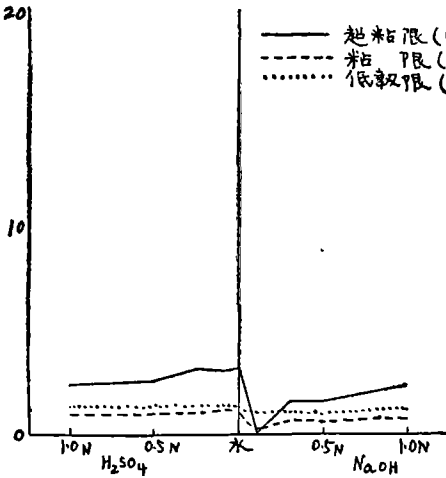


圖4甲 高嶺土(含碳酸鈣者)

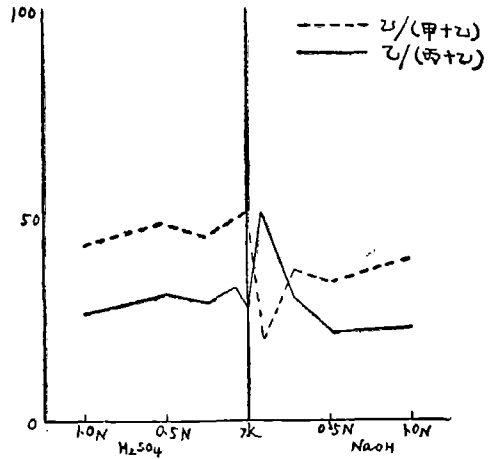


圖4乙 高嶺土(含碳酸鈣者)

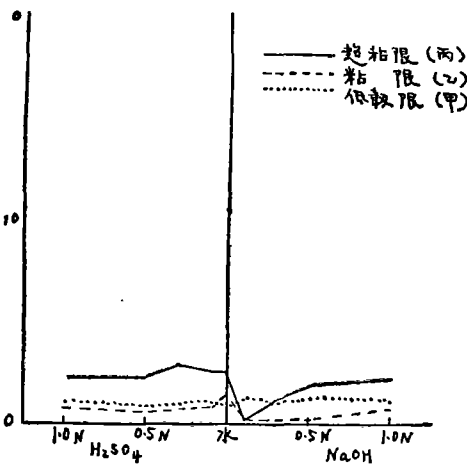


圖5甲 高嶺土(用酸處理呈酸性者)

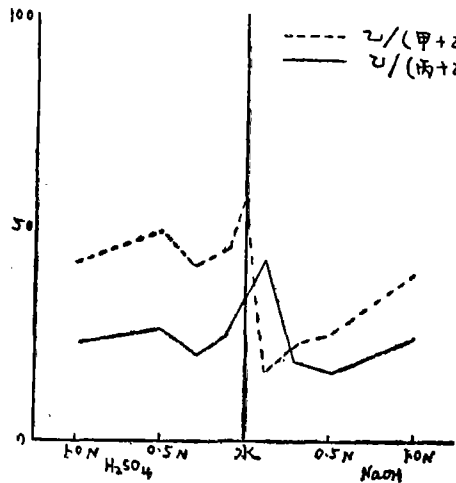


圖5乙 高嶺土(用酸處理呈酸性者)

(i)兩種高嶺土的粘限曲線和超粘限曲線，都提高到鹼性方面0.1規定度處四折，表示其等電點高於高砂土。(ii)含碳酸鈣與去碳酸鈣者的粘韌三線形狀均相

同,表示低砂土中不含可和鈣結合的負電性膠質,此點正與理論相符。(iii)本土中代表次生性膠質的超粘限曲線,在酸性方面昇高程度,遠大於鹼性方面,表示此土中有多量正電性膠質存在。

以上三點,都是高砂土與低砂土化學性的強烈對照,在粘韌曲線中,均一宜無遺。

(4)紅壤:代表含有游離鐵的低砂性土壤。標本採自雲南兔耳關,係宋達泉同志在雲南調查時所採。(其粘韌曲線,見圖 6 甲、圖 6 乙)。

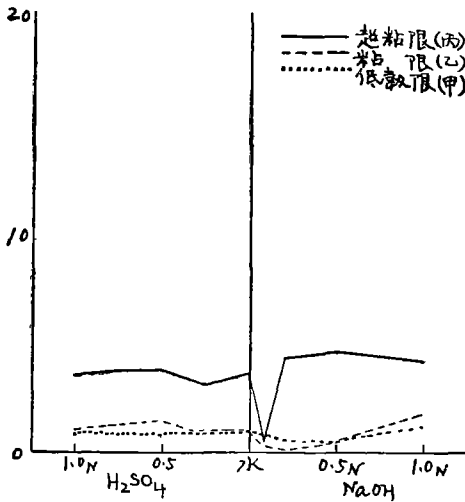


圖 6 甲 紅壤(兔兒關系)

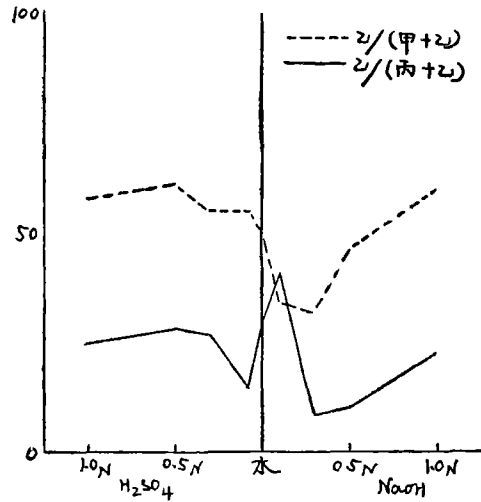


圖 6 乙 紅壤(兔兒關系)

由圖可見於高嶺土中加入游離態正電性鐵質的影響,足使超粘限曲線在酸鹼兩方皆大大昇高,而仍保留“在鹼性方面 0.1 規定度處凹折”和“在性酸方面例外昇高”的特點。如以紅壤和紫色土相比,則酸方超粘限曲線的昇高,和鹼方 0.1 規定度處同線的急劇下降,都已使紅壤顯明地暴露其低砂土的特點。紫色土與此,是完全相反的。

由以上四種土壤的研究,我們可作下列的初步總結:

(1)超粘限曲線在酸鹼兩方的昇降情形,明顯地指出膠質主要組成分的變化。牠在整個的酸方,都代表正電性原生膠質——即矽鋁率極低的矽鋁鐵複鹽——的活動範圍。此種膠質存量愈多,曲線昇高愈劇。到了鹼性方面,如果其中的矽結合鈣質或鐵質時,便都在 0.1 規定度處表現其存量或活動力。如果有次生性的鐵鋁等膠質,便都在 0.3 規定度以上表現其存量或活動力。如果屬不飽和態矽鋁酸複鹽,

則其中之鋁，便在 0.5 規定度處表現其存量或活力，此數者間各不相涉。其隆起甚高者，均為存量豐富之證。

(2) 粘限曲線在不含碳酸鈣與矽鐵鹽的高矽土中，可在弱鹼方昇高，但均緊鄰着低韌限曲線。當含碳酸鈣時，此線只能在強鹼方顯著昇高，但仍可保持在低韌限曲線附近。如所含的為矽鐵鹽，則在弱鹼方與酸方，均可低降至低韌限曲線以下不遠之處。惟有富含正電性鐵鋁鹽的低矽土，此線可於酸方隆起到低韌限曲線以上，在鹼方降至低韌限曲線以下。

(3) 由乙種粘韌曲線，可知耐肥力較高之土，只有微晶高嶺土一種，而紫色土並不在內。由此亦可推知紫色土之肥沃度，並不在其膠質風化度之適宜，主要乃在其機械風化後所遺留的肥分。

## 2. 數種母質的粘韌性及其與肥料關係的研究

本項研究的目的是，在推廣以上(1)項所得的原則，並參考化學反應的事實，用以發現更多物質的粘韌性。現在分述研究結果如次列。

(1) 兩種強酸性黃色土壤屬類的辨明：在野外調查時，單憑酸鹼度測定，往往無法辨認土壤的屬類，尤以黃色的土壤為然。粘韌性測定，於此可有很大的幫助！例如圖 7 與圖 8 所示者，均為一種強酸性的黃色土。在形態上幾無法辨認其屬類。但粘韌曲線型式，可告訴我們圖 7 所示者，是一種低矽性高矽土，或灰棕壤。因(i)各線凹折處，都在鹼方 0.1 規定度以下。表示其等電點與高矽土近似。(ii)膠質中矽的活動力甚高，(鹼方 0.1 規定度處的粘限曲線，上昇甚高)，表示其含有一種不

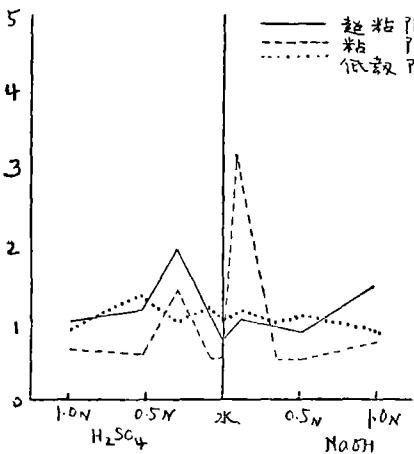


圖 7 灰棕壤(豌豆坪系)  
c 層一號數 7-11-c

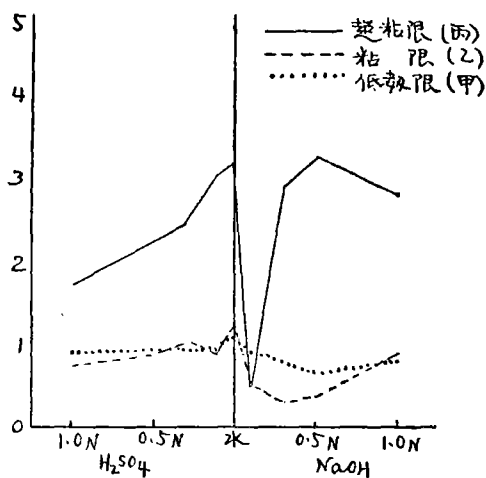


圖 8 老黃壤(西山坪系)

飽和狀態的高矽性膠質(參看圖2甲)。(iii)超粘限曲線在酸性方面的昇高度,大於鹼性方面,表示其中不含正電性膠質,而却含有少許次生性膠質。再看圖8,可知其代表一種富含正性膠質的低矽土。同時又類似上節圖6甲所示的型式。圖6既代表紅壤,圖8當然即代表黃化了的紅壤,或老黃壤。

(2)黃壤施用肥料鹽類適否的研究:就上節圖8所代表的西山坪系老黃壤,分別加入硝酸銨與硫酸銨,試其粘韌點。結果可見加硝酸銨者(圖9),超粘限曲線在鹼性方面0.3規定度處和0.5規定度以上處均顯著下降,表示次生性鐵膠粒的活動力,在被硝酸根飽和後,大見低減。加硫酸銨者(圖10),則因二價的硫酸根,被次生性鐵膠粒附着的力較強,足以遺留多量銨基,引致全部土壤大量分散,故超粘限曲線大大升高。此項研究結果,在實用上也有兩點意義:(i)施用硫酸銨,可能增重老黃壤受雨水分散的程度,因而加重其冲刷。(ii)施用硫酸銨後黃壤的物理性可變壞,因而作物利用銨的能力不高,施硝酸銨即無此缺點。這是我們利用盆栽試驗所得的結果。現在粘韌曲線也有同樣的表示,真出乎意料之外\*。

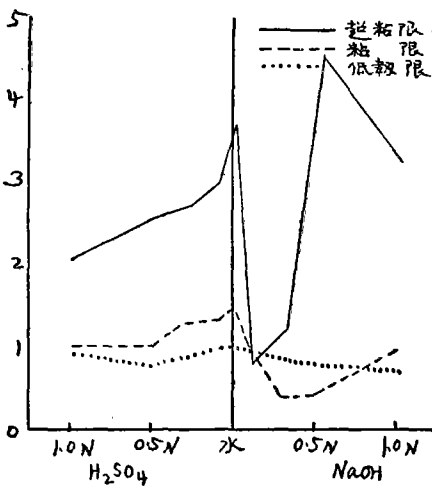


圖9 老黃壤(西山坪系)+硝酸銨

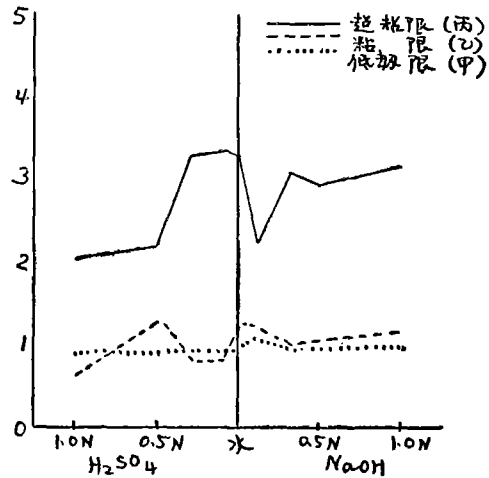


圖10 老黃壤(西山坪系)+硫酸銨

(3)潛育性土層的特徵:圖11示一潛育性土層的粘韌曲線。此圖中粘限及超粘限曲線,均在鹼性方面0.1規定度處回折。在屬類上言,當為低矽性土壤。再看酸性方面的粘限及超粘限曲線均高於鹼性方面,又可知其中所含者為正電性膠質,並非為負電性的矽鐵鹽。聯合這兩點,可以明白的說出潛育作用的結果,有生成低

\* 此係單獨施加硫酸銨的結果。如果硫酸銨和其他肥料混合施用,當然不能適用本項討論。

矽性膠質的可能。

(4) 鹼化土層的特徵：供試標本，是含有碳酸鈣和少數游離鹽類的富公灘系，屬高砂土。在圖12中，可見碳酸鈣有澱積於此土中的情形，表現在鹼性方面0.1規定度處超粘限曲線的急劇上昇。此外又有鈉質分散土粒的影響，則可從鹼性方面粘限曲線，普遍上昇上看出。

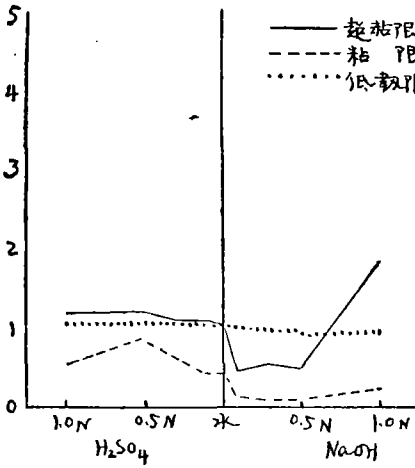


圖11 潛育性土(姚家溝系)

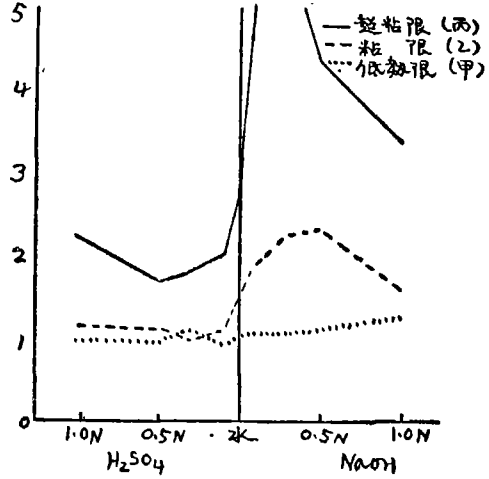


圖12 幼年鹼土(富公灘系)

(5) 新風化岩石及純有機膠質的特徵：圖13甲及圖14顯示石灰岩及牛糞的粘韌曲線，皆平直無變化，緩衝力鉅大異常。圖13乙可明示所用石灰岩，為一新風化的岩石。

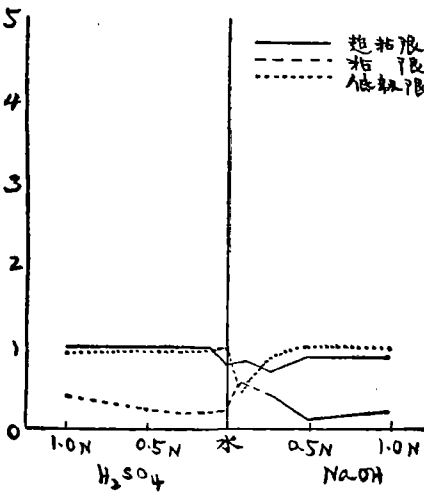


圖13甲 新風化石灰岩

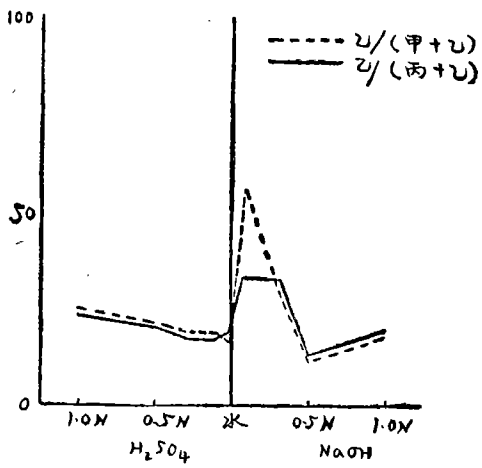


圖13乙 新風化石灰岩

### 3. 一個微灰化性高砂土威海衛系剖面發育度的研究

威海衛系土壤，經梭頗、熊毅、李慶遠等氏研究，知道牠屬灰化性土。在梭頗氏所著“中國土壤”一書內“山東棕壤”一章中，威海衛系的機械成分，膠質矽鋁率和層次命名，記載很為詳細。筆者對此早就抱有一種希望，以為粘韌率和粘韌曲線的測定結果，如果能和這些記載，完全符合，那麼本法的實用價值就很大了。測定結果，是很足令人興奮的。現在分條彙述於次：

(1) 發育層次的吻合：比較附圖15甲乙丙丁戊，我們可以見到三種A層與兩

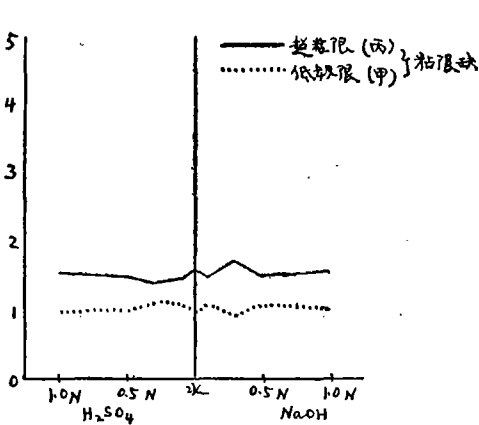


圖14 牛糞(已腐熟者)

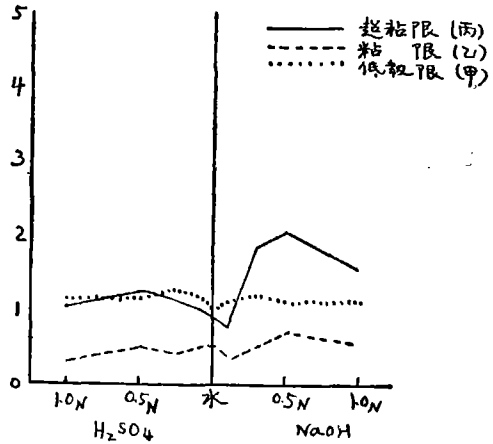


圖15甲 微灰化高砂土(威海衛系) A<sub>0</sub>層—1868號

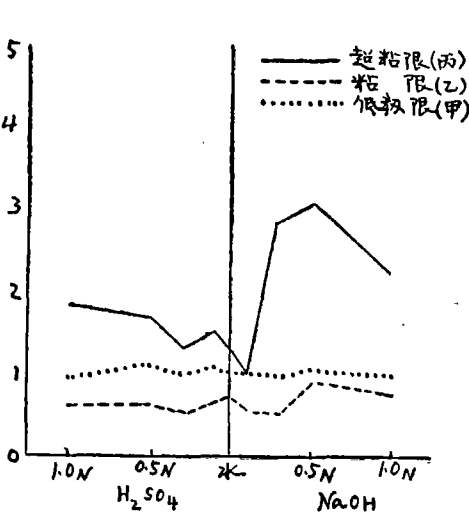


圖15乙 微灰化高砂土(威海衛系) A<sub>1</sub>層—1869號

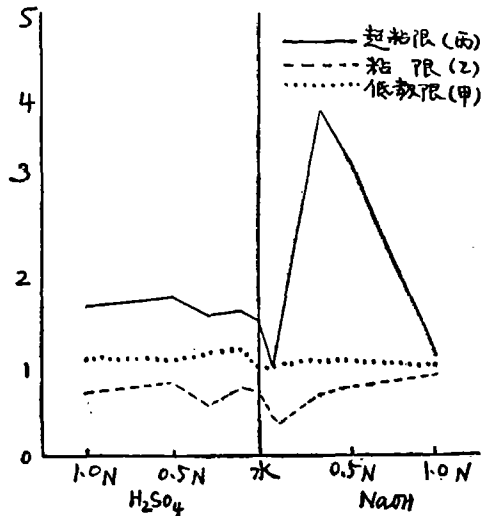


圖15丙 微灰化高砂土(威海衛系) A<sub>2</sub>層—1870號

種 B 層的特徵，為(i)甲乙丙三個 A 層的超粘限曲線在酸性方面均低下，丁戊兩個 B 層的超粘限曲線，在酸方均上昇甚高。(ii) B 層在酸鹼兩方的粘限曲線，均高於低韌限曲線，A 層則反是。(iii)鹼方的超粘限曲線，由 A 層至 B 層，漸漸增高，表示矽鋁酸複鹽，漸漸分解，更逐漸濃聚，而析出次生性鐵鹽。

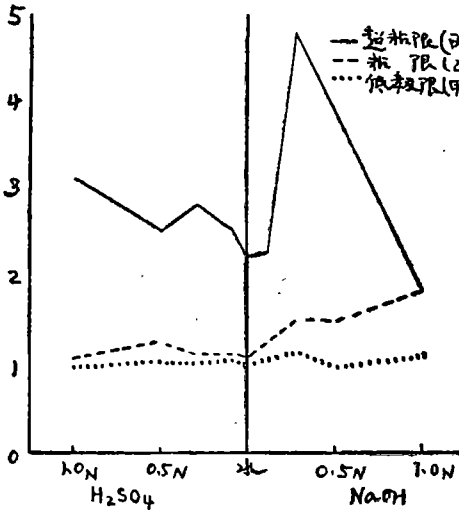


圖15丁 微灰化高砂土(威海衛系)  
B<sub>1</sub>層—1871號

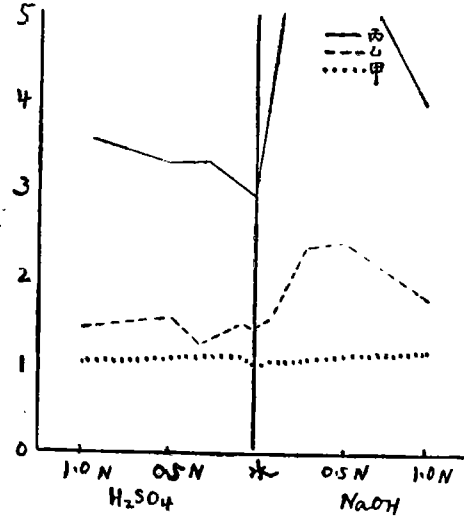


圖15戊 微灰化高砂土(威海衛系)  
B<sub>2</sub>層—1872號

根據第(第1)項的研究結果，又可證明圖15丁、15戊均為富於正電性膠質的低砂性土，即 B 層。圖15甲、15乙、15丙均為含有分解態矽鋁鐵複鹽的低砂性高砂土，即 A 層。此與化學分析結果，也完全吻合。

(2)粘韌率與膠質矽鋁率的吻合：觀下表可知粘韌率不獨與化學分析結果所得之膠質矽鋁率相合，且數字之差異，也甚合理。

土壤標本號數	層次	用化學分析所得的膠質矽鋁率	用本法測得的粘韌率
1868	A <sub>0</sub>	2.16	3.95
1869	A <sub>1</sub>	2.29	2.73
1870	A <sub>2</sub>	2.31	2.47
1871	B <sub>1</sub>	2.11	1.90
1872	B <sub>2</sub>	2.09	1.56

(3)粘限與土壤中膠粒百分率的吻合：前文中曾經說過，在不飽和狀態之下，矽鋁酸複鹽的比較存量，可比例於粘限。此矽鋁酸複鹽，即機械分析中所得的膠粒。其數字幾與粘限完全相似。茲表列其結果如下：

土壤標本號數	層次	用機械分析測得的 膠粒%	用本法測得的粘限(水)
1868	A <sub>0</sub>	8.80	7.00
1869	A <sub>1</sub>	16.77	12.50
1870	A <sub>2</sub>	15.26	12.10
1871	B <sub>1</sub>	26.62	23.90
1872	B <sub>2</sub>	30.73	30.20

## 五、討 論

關於土壤吸收養分的效率,本文中只述及西山坪系兩個例子,其餘的研究結果,筆者曾有專文發表,茲不贅述。多方面的事實,似乎都指明:粘韌曲線法可能使我們利用來解決許多土壤肥力學上的問題,正和本文所證明牠能指示土壤屬類一樣。茲就優點和缺點兩項,總括地一述有關本法的問題,希望先進及同仁加以教正。

### 1. 本法的缺點

(1)本項測定所用的樣品,最初是50厘米;後來改為10厘米,5厘米,最後減為2厘米,1厘米。現在決定標準用量為10厘米。原因是手續上的誤差,以及測定中室溫與體溫的影響,都將在2厘米時較為嚴重。只有標本數量不多時,還得用2厘米罷了。由此可以看見本法的最大缺點,是操作手續中,人手與環境的影響均太大。

(2)粘限與膠粒含量相合一事,在土中含有碳酸鈣及原生性低矽膠質時,往往不能實現,尚待設法改良。

(3)粘韌率,因可受鹽基種類的影響,無法與膠質矽鋁率相合時亦甚多。

(4)本法在純理論方面的探討,尚付闕如。例如粘韌率計算法,現在還是一個實驗式。各粘韌曲線,尚未能引用數學原理,用公式表出。乙種粘韌曲線各部的意義,尚不甚明瞭。理論研究時,所用的供試品,尚苦不能利用純粹化合物以模擬各種具有一定晶體構造的土壤。還有:到達各粘韌點的標準,尚無法用能量來表示。

(5)促進土壤各部均勻吸水,現在只靠攪拌,可能是不適當的。應該再加研究。(一次急促加入水分時,土粒外部急速膨脹,內部一時不能吸水,所需水量,絕不足以代表粘韌點。)

### 2. 本法的優點

(1)本法所需設備,極為簡單,工作進行,尤為迅速。如果僅求知粘韌率,至多只需費半小時即可。即使重複一次,也只需1小時。若要做粘韌曲線(在熟練者不需重複),那麼前後測定九次,總共也只需5小時。試比較所省的人力、藥品、設備



和所得研究結果的豐富，便可見本法是現時代下土壤分類研究工作中可以推薦的方法。

(2) 本法所測得的粘韌率，代表土壤膠質在風化期中所失矽質的比量。即是說，土壤風化度愈深，膠體因水解而失矽愈多，膠體晶格內的剩餘電量愈少。因此使得甲乙兩段吸水能力減弱，而粘韌率亦隨之而減低。此數與化學分析所得之膠質矽鋁率，所以能吻合者，原因即在此。

(3) 土壤膠質的特性，經 S. Mattson 氏等研究，已顯示有兩性行爲。此種理論，較爲複雜，一般人常苦無法掌握，甚至有譏其爲不切實用者。其實土壤肥料作物間的關係，如果不以膠質化學爲出發點，一切問題便無法解決（近代出版的植物生理學，已都趨重於膠質之研究），並不單是對土壤分類一件事是重要的。本法粘韌三綫在酸鹼方各部位的變化型式，完全可以反映膠體的一切特性，所以牠是通俗化膠體化學的一個重要工具。

(4) 土壤組成的研究，一般須借助化學，且須分多次測定，所得結果，還不是物質的“動”的性質的表現。本法的重要貢獻，就是能從物理性方面，開闢一綱領的“動”的土壤化學性的研究新途徑。這在土壤以外的物質，可能也是有用的。

(5) 土性的差異，過去偏重在質地方面，所以常受忽略膠體品質的影響。本法專考慮品質，並不考慮質地，但却並不受到忽略質地的影響。主要因爲本法本身，有全面研究土壤的優點。幼年土與其他形態不顯著的發育性層次，當可由本法作分類標準，可免陷入於主觀。