

中國亞熱帶地區(長江流域)土壤 形成的一般特性

舒 瓦 洛 夫

(長江水利委員會)

長江流域的主要地區皆屬於濕潤的亞熱帶地區，因而決定了該區土壤的性質和特徵。

衆所周知，亞熱帶土壤形成的一個極主要特性是：整個生物和化學分解作用十分強烈；它是在熱、光和水分充足的條件下，以及在較長時間內較深的土層都是濕潤和溫暖的，並且在生物無休眠期的情況下進行的。這種對有機體生命活動有利的條件加速了上述的分解過程，一般比我們所處的溫暖亞熱帶快二至三倍。無論是在天然生長的本本和草本植物羣落地區，或者是在幾乎全年種植作物的田地上，有機物和土壤中有機殘餘物的積累都有相應的增加。有機物的分解和礦物質化在微生物活動十分強烈的情況下進行得這樣快，一方面，不能促成土壤中腐殖質的大量積累；另一方面，加速了生物循環過程(即由不能為作物攝取的化合物元素轉變為能為作物攝取的化合物元素)。換言之，提高了土壤中的有效肥力。

從亞熱帶成土過程的其他特性來看，文獻中累加說明的特性是土壤礦物組成的(成土母質)崩解(風化)以及在崩解時所產生的可溶性風化物的淋溶。原始礦物的分解速度比溫暖氣候帶要快若干倍，並且分解得較為完全，即由複雜的礦物分解成簡單的氧化物，其中很多都是成溶液態和成強水化膠體態。這些溶液態的物質隨水分沿着土壤和岩石剖面而移動。風化因子在濕潤亞熱帶條件下滲入的深度，一般要比標準的土層(根系分佈層)深，因此形成較厚的風化壳——約 10—20 米以上(如果風化不是隨同表層侵蝕同時進行)。

這個過程的一般概念，在文獻中闡述得極為廣泛，以下的情況對該概念足可說明：由於降雨，土壤和風化壳受到強烈的洗刷，很多可溶性的化合物從其中洗出，然後隨着地下水而帶入河流和海洋。最初移動的物質都是一些 B. B. 波雷諾夫所謂的：易淋溶元素(鈣、鈉、鎂和鉀)。矽酸鹽類和其他的稀有元素，尤其是稀有的鹼性元素(銻、鉍和

鎳),以及錳等元素同樣也淋失較快。因此土壤和風化壳內缺乏這些元素;而活動性不大的元素如鐵、鋁和過多的鈣却相當豐富。同樣,氫氧化物和其他礦物組成內的化學結合水的數量也急劇增加*。

由於上述物質轉變和移動的結果,因此,在土壤和風化壳中有很多膠體礦物質的聚積,土壤溶液皆呈酸性反應,土壤和風化壳由於氧化鐵或其各種不同的化合物而呈現顯明的紅色、紅黃色及各種不同的色澤。

這就是長江流域亞熱帶地區土壤形成過程中大家已知的特性。這個地區不同於其他亞熱帶地區,它們之間的差別僅在於上述過程的表現形式和程度不同,這些皆是各個地區的自然條件所引起的。以下將要說明的類似地區性的特性,能造成土壤覆被很大的差別,這對於農業來說具有很大的實際意義:完全可以說,長江流域除了一部分發育在較厚的紅黃色風化壳上的紅壤和黃壤之外,頗大一部分地區都分佈着處於發育初期階段的年齡較輕的幼年土,它們甚至還未曾失去岩石原始碳酸鹽的特徵,並且還在繼續發育。比如分佈在很多河谷地區和某些河湖平原地區;特別是長江下游地區的土壤就是這種土壤。根據它們的性質,這些土壤與較北地帶的沖積土十分相似。這裏自然環境錯綜複雜,在這種環境下,土壤發育也就有很大的特徵(例如發育在四川紫色頁岩和其他岩石上的中性和碳酸鹽土)。相同的土壤和土壤形成地區性的特徵,將在概述最後部分研討。這裏我認為有必要從土壤水分狀況和物理性質方面提一下與亞熱帶土壤發生學有關的一般情況。

根據在長江流域很多地區的野外觀察發現,雖然土壤腐殖質含量不高(1.5—2%),而且全年極度耕作,但很多都具有明顯的粒狀團粒結構。在所有種植有多年生草本植物的土壤上,這種在農業上有價值的結構表現得最為顯明,驟看起來,似乎這種現象與上面發現的有機礦物質化很快的情況相矛盾,事實上,這些發現的事實僅僅指出,有機物質的大量累積和這樣快的分解,對於土壤來說,不是什麼貧乏。土壤結構的經常恢復和在根系及有機物分解影響下的孔隙度恢復是一樣的,是物質的生物循環對於土壤物理性質積極影響的結果。亞熱帶土壤由於有氫氧化鐵**的存在,土壤顆粒本身很快的膠結成有結構的團粒是很有可能的。

基於以上所說,因此,我認為土壤結構和孔隙形成及為作物保持了良好的水分物理性質的向上趨勢,仍然是亞熱帶土壤形成一般特性之一。至於提到土壤結構和孔隙,當然,我們要考慮植物根系集中的和分解的有機殘餘物直接與土壤礦物部分膠結起來的

* 景觀地質化學概論, А. И. 別列里曼著,一九五五年三月出版, 291 頁。

** 參考費里波維茲在土壤學報上發表的一篇題為“最新的試驗研究”一文,一九五六年二月。

土壤表層。至於土壤的底層，可以說，物理特性發展的方向是與土壤表層和較深的風化壳層相反的。無論是在最底層形成的，或者是在由土壤剖面上部進入底層的次生風化產物和土壤形成產物，主要的都是水化膠體物質，根據它們的性質來看，數量上分佈的範圍比原始礦物要大，然而這些水化膠體物質是由原始礦物形成的。由於這樣一個緣故，可以推測到底層的發育除了變得粘重外，將變得十分板結。實際存在的情況證實這種推測。幾乎在每一個亞熱帶土壤不同深度的剖面上皆可發現由粘質無結構可塑性物質構成的板結層。這些層次的板結現象通常都是與土壤潛育現象同時發生的。土壤潛育的特徵表明了土壤滲透性很強、地下水停滯和土壤還原過程發展的情況。

上述情況並非新穎的，很多作者在關於亞熱帶和熱帶土壤的文獻中，都曾不只一次的談到過。在第五屆國際土壤學會的很多報告中也已提到過。但是，據我看來，從熱帶和亞熱帶土壤水分物理性質和水分狀況形成觀點來看，這種情況還未給予應有的估計。

通常都是在根系分佈層以下的土壤，即 1—1.5 米處，發現土壤粘重和板結的現象，但在 50 厘米以下土層往往也發現這種現象。由於受水稻栽培的影響，板結層更加接近表層。

這樣，根據部分土壤的物理性質，亞熱帶土壤是向着以下二個極為不同的方向發育。

(一)表層是向着結構、孔隙、水分和空氣滲透變好的方向發育。如果我們考慮到各層都有作物養分元素的生物積累，則可得出結論，表層是向着促成土壤肥力元素積累的方向而發育的。

(二)相反的，底層由於土壤形成過程中產生的次生的膠體物質（氧化鋁鐵和矽酸等）是向着孔隙度減低、土壤板結和土壤水分及空氣滲透極度降低的方向發展。如果考慮到在這種情況下產生了強烈嫌氣分解的條件和化學還原作用，那麼可以說，剖面底層的發育是向着對作物根系生存和生命活動不利的方向進行。

總的說來，土壤的整個剖面和風化壳底層的剖面都是向着水分滲透力、即滲透的能力，降低的方向發育。

在這種情況下，心土層的粘重和板結起着限制因子的作用。現在我們沒有調查地區直接測定土壤滲透係數的完整資料，但是，可以列舉出很多間接的觀察和事實，而這些間接觀察和事實能夠證明，很多分佈極廣的土壤的滲透力是相當弱的。首先在各省進行的水稻需水試驗的結果是很有價值的。下面在敘述某些個別土類時，我還要提到這些試驗，在這裏只能指出，在多數情況下每公頃總的灌溉需水量為 7,000—9,000 立方

米,而滲透量不超過三分之一,即每公頃不到 3,000 立方米。在灌水期接近 90 天的情況下,土壤的物理滲透每晝夜為三毫米。很多試驗中得到的這種滲透數值還要低。一般說,還未超出精確度的範圍。可惜的是,這些對我們有價值的灌水試驗材料中沒有對土壤和水文地質條件加以詳細描述。因此,很難分析出這種滲透弱的原因,即很難分析滲透弱的原因是由於土壤物理性質,還是由於地形條件而引起的地下水停滯。但是,分佈在丘陵坡上的水稻田,如北碚(四川省)試驗站滲透水量和灌溉水量都未超出以上引證的數字。沒有種植水稻的旱地土壤缺乏這種類似的材料。分佈於丘陵和山區的标准亞熱帶的黃壤和紅壤也沒有直接測定土壤滲透的資料。根據野外的觀察和對這些土壤的描述,可以認為,底層土壤經常都為水分所飽和,土壤的最大田間持水量(極限田間持水量)十分接近田間持水量,而事實上水分滲透能力都很小。土壤表層周期性的受到乾旱,但不低於作物的凋萎係數。如果這些土壤具有疏鬆的表層或者具有生草層,則看起來水分滲透良好,但是可能滲透的範圍却被土壤自由孔隙的較小的容積所限制。

在這種條件下,一般降雨滲透到土壤和岩石內都受到相當的限制,降雨形成的地表逕流也就相應的增加。因此,在長江流域絕大部分山區和丘陵區發現一個有代表性的特徵:雖然天然降雨充沛,却幾乎全無泉水的出現;同時,地表逕流係數每一平方公里往往都超過 20—25 公升/秒。只有嚴重侵蝕的和喀斯特石灰岩的地區不在此例,該區大部分泉水是由於降雨沿着喀斯特溶洞和裂隙滲透而形成的。

水分滲透性降低、土壤變得板結和粘重,這是亞熱帶土壤發育總的趨勢。從農業和林業利益觀點來看,有其優點和缺點的兩個方面,在地形平緩,植被破壞的情況下,地表逕流的增加,加深了土壤的侵蝕。因受侵蝕而不宜栽培作物的土壤在長江流域佔有相當大的面積。水分滲透弱,在平原地形的條件下就能引起土壤周期性的過渡飽和,從而對旱作的播種(如唐白河流域)起着不良的影響。

從優點方面可以看出,在無雨季節,森林營造有可能借助水分滲透弱的粘重心土層上形成的臨時上層帶水作為補充水分。但是主要的優點顯然是,土壤底層的粘重和板結能阻滯水稻田表層和水塘內水分的滲透,從而在有適當灌溉設備的條件下可以充分利用降雨來灌溉。

上述亞熱帶土壤一般物理特性和水分狀況特徵,和亞熱帶土壤形成的其他特性一樣,其表現都是不同的。發育過程較久的老年土,即丘陵和山區的非谷地土壤,表現出的差別特別顯明;發育在現代沖積物上的幼年土(分佈於河谷地區的),表現出的差別則較弱。然而,在幼年土分佈的地區,廣泛分佈着質地粘重、透水性弱的變種,這種沖積物在頗大程度上都是十分粘重的鐵、鋁風化壳重複沖積和侵蝕的產物;除此之外,大部分

是湖相沉積物。

上面已經說到對亞熱帶土壤形成過程中物理性質方面的見解，不得不提一下這個過程的一般特徵，爲了說明這些特徵引證了 A.H. 別列里曼一書的引文。土壤和風化壳因降雨而受到強度的冲刷就是對這一特徵理解的依據，強度的冲刷能從土壤和風化壳中淋溶出很多可溶性的化合物，這些化合物隨着地下水而帶入河流和海洋。這種強度冲刷的情況原則上是對的，但從地質大循環這一觀點來看，我們認爲，在亞熱帶土壤形成方面，還應作一些補充說明。

風化物淋溶的產生，第一，遭受風化的岩石必須是滲透的岩石（即是岩石透水）。第二，必須具有地下水流的條件（由於地下水的運動可將透水的淋溶物帶入河流和海洋）。第三，風化壳的水分滲透性在整個風化壳範圍以內，即使不是增加，但至少不能比原始岩石的水分滲透性低。

上述第一和第二種情況在自然界中並不是經常和到處都存在。在長江流域很多地區這些情況實際上是不存在的。至於第三種情況，可以說，自然條件和土壤變化的總和以其發展的範圍可以導至這一條件的消逝。因此，風化壳的淋溶應當不是加強而是減弱。我認爲物質轉移的這種限制是在發育最初階段開始的。根據土壤和以後心土層的形成來看，這種物質的轉移也就大大縮小到風化壳內部物質的轉換和變化，通過岩層的淋溶也就不存在。

上述的見解仍然符合於大量不同類型的堅實新生體存在的說法，這些新生體通常都在亞熱帶土壤的澱積層和風化壳的底層上發現。我們認爲鐵質結核、鐵錳結核和其他堅硬的結核以及膜網細紋，如果聚集很多時，就可形成所謂網紋層或蜂窩狀層。堅硬結核之間的空隙都填塞有類似高嶺的可塑性物質，並且疏散的化合物使心土層顯出各種不同的顯明色澤。

這些複雜次生礦物質和化合物的產生與簡單氧化物的固結（構成複雜的礦質化合物），無疑地，必能在土層中阻滯下來，即不受到強烈的淋溶。往往觀察到的這些堅硬結核的形成（甚至碳酸鈣也包括在結核的成分內），就是活動性物質的轉移受到“阻滯”的證明。老的風化壳中碳酸鹽類結核的產生可有各種不同的解釋。但幼年土中和河湖幼年沖積物中找到的這些結核，無疑的是現代成土過程的產物和上述可溶性物質淋溶受到“阻滯”的結果。

在熱帶和亞熱帶的條件下，物質都是呈液體狀態，即以懸移質和推移質形式而進入河湖和海洋。這些物質主要來源於土壤表層和露頭岩石的沖蝕。正如上述在熱帶和亞熱帶的條件下，地表逕流大大超過土壤內部逕流，顯然，這種情況必須看作是熱帶和亞

熱帶典型地區的特徵。

在土壤概述的最後部分還要說到沼澤化的問題，土壤沼澤化在長江流域同樣有其獨特的特徵。

在長江流域中、下游廣大平原地區和在很多的山間谷地可以找到各種不同類型的地表沼澤和土壤沼澤，這些沼澤化現象與地表逕流和地下逕流的不同的補給條件有關；而這些不同的補給條件則取決於河湖沉積層中河湖相的不同的交錯和比例，取決於當地中地形和小地形的特徵和土壤的相對年齡以及水工建築物的影響，同時，水文狀況的季節變化在很大的程度上受千百年來就有的並且分佈很廣的水稻栽培的影響。

但是，由於對水文地質情況研究較少，較具體的判斷以上的水分情況和沼澤化因子的作用是很難的。長江流域未進行過水文地質調查，甚至極簡單的地下水位測定也很少。平原地區的岩層地貌條件也很少研究。因此目前對水文狀況瞭解所依據的材料是間接的從一般對自然條件分析中所得的材料。

除了部分地區在某些土壤改良敘述前尚待研究當地特徵外，我們發現以下與長江中下游低窪平原相關的一般情況。

(一)根據洞庭湖、漢水地區不深鑽孔的研究，沖積層一般厚度都超過 25—30 米。較深鑽孔研究的材料我們沒有，但是可以推測到沖積層的一般厚度不會大大超過上述的數字，因為在平原之間普遍都有突起來的、基岩受沖蝕的殘丘(下第四紀的，第三紀的或者更老的和各種不同岩層的)。這些岩石都變成很厚的風化壳。由此可見，現代河床下的複沖積物很可能是由各種不同岩石構成的。但是，最新膠結起來的沖積物不是一般普通的岩石，而是風化壳，即含鐵鋁的風化壳、磚紅壤風化壳，也即粘重的不透水層。

(二)大多數沖積物無論是原來形成的或者是後來(即沉積以後)變質而成的，質地都較為粘重。這一層的下面 8—20 米深處都埋藏一層小粒狀細砂和砂質壤土。

(三)山區丘陵地過渡到平原較少見，同時也未發現有沖積扇和山麓低窪斜坡地，因此大面積的山間地下水流和平原尖滅地下水流是很少的。

(四)平原地形的特徵是低窪，即低於長江和各支流的洪水位，長江河床為標準的沖積物所淤積，然而在有些地方，如漢口到南京間某些狹窄的地方，河流仍然沖蝕基岩。

中等和小型平原地形的特徵是低的傾斜窪地(長形或是圓形)，其中很多都為目前經常和臨時的湖泊和支流所佔有，距河口 600 公里以上的河床低於海水面。

(五)在平原地區多少世紀以來就建立起來的水工建築物，都是各種不同大小的和各種不同長度的複雜的堤壩和渠道系統。所有渠道都設置在低窪的地區，並且有些大型渠道可以通航。在這種情況下，所有的水工建築物按其作用的特性和它的用途來看，

只從屬於一個基本任務，那就是調節地表逕流(防止洪水，排除洪水和當地暴雨逕流和稻田多餘水的排除)，調節地下水位是渠道的副加任務。

(六)排除地下水的方法在農作制裏都廣為採用，然而這些方法是不盡相同的。這就是僅從耕作層和耕作層以下土層中(即不超過 50 厘米深)排除過剩的土壤水。這種土壤水分的排除，都是藉助於前作冬播前(水稻收割後)在田地上作起來的和水稻後作播種前春季平整土地時作起來的臨時淺而窄的溝道來進行，實質上這也只是農業技術上的措施，而不是目的為季節性的改良耕作層所採用的水利土壤改良措施。

(七)在區域性的踏勘時，在各個不同地區不同時間裏所觀察到的地下水位離地表都較淺，季節變化為 1—1.5 米左右，夏季水稻播種季節地下水和稻田裏的灌水混淆起來。未種植水稻的地區，地下水離地表深度約為 1 米。秋季、稻田停止灌水(這時差不多雨季也已結束)，地下水慢慢降低到離地表 1—1.5 米。

從以上所談可得出以下結論，整個河湖沖積物層，除了 1—1.5 米的表層外，經常都為地下水完全飽和(飽和至田間持水量)，然而地下水流仍然是不存在的。當地找到的地下水，其來源都是依靠表層灌溉水、降雨和洪水以及直接的淹沒水。地下水都是通過作物葉面蒸發(蒸騰)和地表蒸發而消耗的。

土壤沼澤化過程的加強在上述水文和水文地質條件下是很有可能的，但是土壤改良家應當將這地區沼澤化表現的獨特形式和溫暖地帶的沼澤化加以本質上的區別。這種差別的原因在於濕潤過剩和沼澤的來源上，在這種情況下，最標準的差別是：土壤的沼澤化潛育化乃由於季節性的瀦水和地表水所引起，而不是從鄰近地方流來的地下水尖滅和升高的結果。因此，在土壤剖面上發現經常潛育的地方就是地下水經常停滯的深度處和由於毛細管作用而水分過渡飽和的底層。根系積極活動的表層是在有季節性的瀦水和乾旱的條件下發育而成的。因為長江流域平原地區主要農作物是水稻，所以這種潛育的表現形式正如其他農業區一樣，並不是什麼不良的現象。

地下水停滯和其季節性動態以及發現的土壤潛育的特徵都與亞熱帶土壤形成中一般獨特的特徵有密切的關係。不在典型範疇以內的情況這裏不準備談，而將在地區的描述中加以研究；土壤鹽化現象就是這一範疇內的。土壤鹽化雖分佈有限，但仍需進一步研究。

以上對土壤形成特徵和土壤水分狀況特徵的初步見解在相當程度上都是根據踏勘中對這一區域的瞭解。毫無疑問，通過長江流域已經開始了的和不久就要大規模進行的較為詳細的區域調查和系統觀察，這些見解將能得到進一步的確認。