

研究江西紅壤的科學意義與實用價值

吳心宇、劉驥翀、戴月婷、曾詩雅

一·紅壤簡介

紅壤生態實驗站內的紅壤



紅壤主要發育於熱帶和亞熱帶雨林、季雨林或長綠闊葉林植被下，是一種缺乏鹼金屬和鹼土金屬、但富含鐵和鋁氧化物的土壤，在中國土壤

系統分類中，紅壤屬於濕潤鐵鋁土，它的酸鹼度呈酸性，酸鹼值在4-6之間，外表通常呈紅色。

從宏觀來說，紅壤分佈主要集中於非洲、亞洲、大洋洲及南北美洲的低緯度地區，大致以南北緯 30° 為限。針對中國境內而言，其分佈從北起長江沿岸、南抵南海諸島、東自臺灣省、西至雲貴高原及橫斷山脈的範圍，其中包括粵、桂、閩、贛、湘、鄂、皖、江、浙、川、黔、滇，總面積達113.3萬平方公里，佔全國總面積約13.39%。根據成土條件的變化和富鋁化作用的強度，中國境內的紅壤可分為4個類型：包括 (1)在熱帶的磚紅壤，適宜椰子、油棕、劍麻、香蕉等熱帶經濟作物；(2)磚紅壤性紅壤，多見於南亞熱帶，適宜亞熱帶和部分熱帶作物，如油茶、油桐、柑橘、甘蔗、香蕉、荔枝、鳳梨等，宜栽農作物以水稻為主；(3)紅壤，多見於亞熱帶低山丘陵地帶，適於種植油茶、油桐、柑橘等亞熱帶經濟作物，宜栽農作物以水稻，玉米等為主；(4)黃壤。

紅壤多數出現在高溫多雨、植被茂密的地區，中國紅壤區的年均溫度為攝氏(下文均以攝氏為溫度單位)15至25度，少於10度的年積溫為4500至9500度，最冷月平均溫度為2至15度，最熱月平均溫度28至38度；年降雨量為1200至2500毫米；冬季溫暖乾旱，夏季炎熱潮濕。在如此季節分明的氣候下，紅壤的形成過程是透過富鋁化和生物富集相互作用而產生的。在高溫多雨的條件下，土壤中易被溶解的的矽酸鹽類物質被強烈分解，矽和鹼金屬以及鹼土金屬在淋溶作用下不斷淋失，而次生礦物逐漸形成，在脫矽富鋁作用下，鐵、鋁氧化物相對增多，有利於紅壤的形成。此外，在高溫多雨的條件下，生物富集作用得以進行：生長茂密的植被從土壤中大量吸取礦物質養分並透過光合作用合成幹物質，再以凋落物的形式回歸到土壤層，從而豐富土壤中的礦物質養分和有機質含量。生物富集作用能彌補土壤裡因富鋁化作用而淋失的礦物質成分，並加速生物與養分之間的循環，有助維持紅壤的

肥力。

紅壤的剖面結構可分為A-B-C型，A層深0至15厘米，外表呈濁棕色並擁有核狀結構，土壤質地稍為鬆散；B層為15至80厘米，外表呈亮棕色，土壤質地較粘、結構緊實，並有少量鐵質結核；BC層為網紋層，深度為80至150厘米，外表呈亮紅棕色並帶有灰白色，土壤質地同樣較粘，結構亦為緊實。最後一層為C層，為岩石風化散碎物質。整個土壤剖面的酸鹼值介乎4.5至5.5度，呈酸性反應。

二·紅壤的科學研究意義

紅壤是中國最主要的土壤資源之一，主要分佈在長江中游至下游以南一帶的地區。自古以來，紅壤對農業的生產極具重要，它能夠有效提升農業產量和生態環境。因此不同國家的土壤部門均投放大量資源去研究紅壤的特性，包括興建實驗室、培育人才等。從科學上對紅壤的研究進展而言，我們可以窺見紅壤是極具科學意義的。

自信史以來，以農立國的中華民族已對土壤極為重視。當時的人們相信，只要妥善保持水土，便能確保農業的生產量，從而保障他們的生活。目前所發掘的最早土壤分類文獻分別有《禹貢》和《管子地員篇》，兩篇均寫於公元前二、三世紀（即戰國中期至西漢初年一段時間），對研究古代中國的土壤分佈和特性等方面，無疑存在著極大的科學意義。近代中國的土壤分類則以美國的土壤分類方法作為借鏡，起始於二十世紀三十年代，當時的土壤科學家將全中國的土壤分成十數大類和數千土系。後來，經過數次的修訂，最終接納了中國南京土壤研究所提出的土壤分類方法，將全國分成了12個土剛、32個亞剛、74個土類和272個亞類（中國自然環境背景, 2008）。其中，紅壤便屬於鐵鋁土（土剛）中的濕潤鐵鋁土（亞剛）。這些土壤分類法對日後中國的土壤研究方面，成為了不可或缺的藍本。

數十年以來，中國多位著名學者均致力對紅壤作出多方面的研究，趙其國便是其中之一。從50年代起，趙其國便參與對中國紅壤的勘察和研究工作，他曾參加過中國科學院轄下的雲南熱帶生物資源綜合考察隊，對雲南省的土壤作出多方面的研究；其後，趙其國透過遙感技術和地理信息系統（GIS）對紅壤作出實驗室研究，以進一步了解中國紅壤的特性和時空變化，並透過研究紅壤退化來幫助找出各項可行的治理方法，從而達至提升農產量的目標。

後來，趙其國更出版了《中國東部紅壤地區土壤退化的時空變化、機理及調控》一書，此書以江西、湖南、福建、浙江、廣東和廣西作為紅壤研究的重點地區，來找出土壤的時空變化規律和土紅壤退化的對治方法。此書對中國紅壤的研究進展而言，可說是極具重要。趙其國在書中提到，中國的紅壤退化主要的原因有三個，分別是自然侵蝕、土壤酸化和人文活動的污染。趙其國認為，要消除紅壤退化，就必須改變現有的土地利用模式。書中提到：

在紅壤低丘崗地區，實行立體農業模式，即頂林（丘頂種林木）、腰果（丘腰種果樹），谷農（谷地種農作物），塘漁（水塘養漁）。

— 《中國東部紅壤地區土壤退化的時空變化、機理及調控》

趙其國的立體農業模式現於多個地區進行測試，測試的初步結果顯示，不同地區的植被覆蓋量均有所增加，紅壤水土流失的情況也大為減少；紅壤條件的改善也對農產物的種植有極大的幫助，令農產品的數量較以往大幅提升。對紅壤研究的學者來說，這些結果無疑對他們產生極大的鼓舞。結果，許多學者紛紛對這種農業模式展開研究，在紅壤的科學研究進展上，生起了重大的意義。

其次，土壤圈所涉及的物質循環，包括碳循環、氮循環和磷循環等，對局部地區乃至全球的環境均有一定的影響，因此，對土壤圈的研究也受到各國學者的關注。在1980年代中，趙其國在江西建立了中國科學院紅壤生態試驗站，該試驗站是中國南方最大的土壤科學研究站，主要就紅壤的特性和土壤退化等方面作出不同的研究（有關紅壤生態試驗站的資料，可參閱本報告較後部份的介紹）。及後，趙其國又在位於南京的土壤研究所設立了「土壤圈物質循環開放實驗室」，以進一步了解大氣圈、水圈、生物圈和土壤圈之間的物質循環，從而幫助理解中國東部紅壤退化與物質循環的關係。

在海外，土壤科學家也積極對其國內的紅壤加以研究，以了解紅壤的特性和幫助解決紅壤水土流失的問題。例如，在日本的沖繩縣，土壤科學家設立了多個紅壤（當地稱為「赤土」）研究室，以對當地的紅壤進行研究。為改善紅壤的土壤環境，當地政府更在1995年10月設立《赤土條例》，以規管人文活動對紅壤造成的壓力和沖擊。結果在條例實施後，人文活動（特別是城市開發）所造成的紅壤流失由每年18萬噸大幅大跌至每年5萬噸（沖繩縣衛生環境研究所, 2008）。

由此可見，從科學上對紅壤的研究進展而言，紅壤甚具科學意義。數十年以來，不同國家的土壤部門均投放大量資源去研究紅壤的特性。中國的土壤科學家趙其國在研究中國的紅壤方面作出了莫大的貢獻；而日本的《赤土條例》更可作為我們有效保護紅壤的借鑒。

三．研究紅壤的實用價值

紅壤在中國以至世界所佔的面積都十分廣大，在中國以南的大部分地區，紅壤都是主要的土壤類型。而在全國耕地面積中，更有近三分之一是紅壤。可惜由於紅壤易退化和養份低的特點，難以符合中國大量人口對於土地發展和糧食的需求，因此，研究紅壤對於土地農業生產的提升和環境生態的保育有着很大的實用價值。

以農業方面的成果來看，紅壤研究對於農業發展有很大的幫助。中國很早就認識到發展紅壤的重要性並開始進行研究，在60年代，在祁陽縣官山坪的紅壤研究站，研究員解決了在紅壤上種植潛育性水稻土「鴨屎泥田」水稻「坐秋」生產產量低的問題，使用新的種值方法後，紅壤水稻的畝產量由200公斤提升至350公斤左右，而把這些技術向農民推廣後，累計每年增產糧食達30億公斤。這對於解決中國的糧食問題有着重要的幫助。而在近年來，隨著環境保持型的新施肥技術在湖南永州和祁陽地區推廣應用11.86萬公頃，增加了糧8503公斤，創造了純經濟效益8712萬圓人民幣（中國科學院地理科學與資源研究所, 2008）。

在這之後，針對紅壤的科學研究在「八五」（中國政府的五年一次發展計劃，即第八個五年計劃，由1991-1995年）和「九五」（1996-2000年）期間繼續是重點項目，「八五」期間的丘陵立體農作制利用技術，「九五」期間，「南方紅黃壤丘陵區低產志綜合治理研究」和「紅壤帶南部丘陵區糧食與經濟果牧綜合發研究」都是重點的攻關項目，並且取得了重大的研究成果。特別是九五期間，紅壤農業研究增加了經濟作物的開發，不單止為糧

食生產，亦為經濟發展有重要價值。

而在近五十多年對紅壤的研究以來，紅壤研究的成果豐富，中國對於整治紅壤已有成熟的經驗和技術。針對紅壤的養份低，容易受侵蝕，產生水土流失，土壤退化的特點，研究人員對政府和農民推廣了相應的整治策略和技術。

在政府層面，對紅壤地區進行規劃，實行管制和保護。主要採取以下數種方法：

- 植樹造林：在紅壤退化嚴重的區域，種植樹木，以保護土壤層，並利用樹根抓實泥土，有效減少水土流失。
- 平整土地：針對某些坡度低的區域，以小型工程把土地修平，以減少雨水造成的沖刷和流失。
- 加強水利建設：以水利設施，如水壩等，控制降雨對紅壤的影響。
- 增加紅壤有機質含量：借此提升土壤的肥力。
- 坡度管理：對於坡度大於25度的陡坡，主要以植樹造林，而坡度25度以下的，則應情況修建梯田種植，以減少水土流失。

在農民的生產方面，主要採取施肥的方法：

- 科學施肥：針對不同的紅壤情況採取相對應的施肥，對於肥力不足的紅壤土，主要增施氮，磷，鉀等礦質肥料，氮肥以粒狀或球狀深施，磷肥則與有機肥混合成顆粒肥施用。針對紅壤酸性高的問題，可以施用石灰來降低酸性。
- 客土摻砂：由於紅壤成份中以壤土佔主要，透氣度，水份和營份保持都比較差，採取在紅壤中摻以砂土的方法，能改善土壤成份，有助改善紅壤的特質。
- 合理耕種：選種適當的作物，林木，紅壤一般可以種稻，茶，絲，甘蔗，而山地則適合種植杉樹，油桐柑橘，毛竹，棕櫚等經濟林木。
- 旱地改水田：有利減少水土流失，幫助有機質積累，提高生產力。
- 立體農業模式：在低丘崗地區，在丘頂種植林木，在丘腰種植果樹，在谷地種植農作物，在水塘養漁。實行多模式農業。

這些措施已在中國南方的紅壤地區普遍實行，為各地農業和環境帶來很大的助益。以江西為例，在其著名的環境改造工程「山江湖工程」中，紅壤的研究成果便起到很大的作用。在其「治江必先治山」的理念中，如何在紅壤土上增加植被率，便是紅壤的重要實用案例之一，使江西的森林覆蓋率由1985年的31.5%升至2007年的60.1%。其中，對於紅壤特性的準確掌握，是綠化成功的重要因素之一。而江西山江湖工程的成功，更吸引了許多國家的重視，由此開展了一系列的紅壤研究國際合作，如中德的紅壤合作研究，世界銀行援助的「紅壤開發項目」。

由此可見，研究紅壤，除了在土壤科學上的意義之外，其研究成果在農業，經濟和環境都有很高的實用價值，特別對於中國的高糧食需求和可持續的經濟發展有重要作用。



四．實地引證－中國科學院紅壤站

紅壤站的建立，正好是紅壤的科學意義和實用價值的體現。

中國科學院紅壤生態實驗站

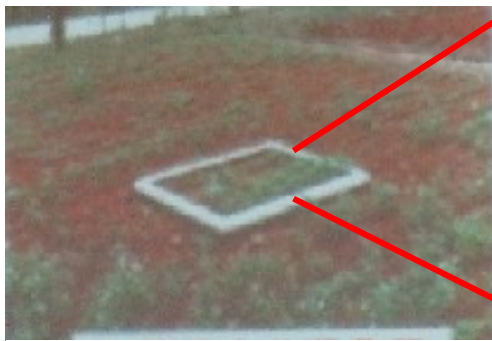
中國科學

院紅壤生態實

驗站（下稱紅壤站）建於1985年，隸屬於中國科學院南京土壤研究所，並且是中國生態網絡（CERN）中的一個重點農業網站，作為一個長期、綜合的試驗研究基地。2005年名為江西鷹潭農田生態系統國家研究站，是中國科學院在南方設置的最大農業生態實驗站。

紅壤站的建站目標有三，分別是：1. 成為生態系統及生態環境要素監測和數據積累國家基地、2. 成為生態系統和生態環境中的重大科學問題野外研究基地及3. 成為紅壤地區高新技術與優化模式引進示範基地。站內的研究大致集中在地理系統、生態系統與土壤系統等方面進行不同方向的綜合研究，目的在於促進紅壤資源高效利用、幫助生產力穩定提高、提高生態與環境相協調、確保農村持續發展、提供科學依據與技術支持等。

在紅壤站內，設置了不少的野外長期監測研究設施，如6個生態過程長期觀測地下室---水稻土發生地下室、重金屬和有機物遷移地下室、原狀土紅壤發生地下室、水份平衡地下室、大型排水份採集器和土壤水份養份平衡



大型排水份採集器地面部份



地下室部份

場；亦有不同類

別的長期監測研究樣地---水田有290個微區並12個長期試驗，試驗項目例如稀土農用、有機肥、氮(N)、磷(P)、鉀(K)化肥、有機質形成機理等實驗；旱地有190個小區及15個長期試驗，試驗項目例如旱地作業、使用化肥、有機



原狀土紅壤發生地下室



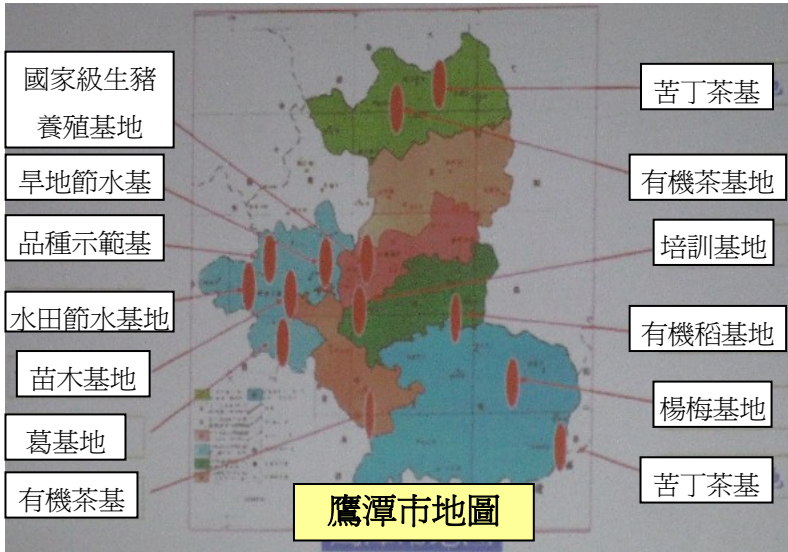
壓力計量度地壓



水分平衡地下室

肥、有機肥

和化肥等實驗；坡崗地有70個徑流小區及12個長期試驗，試驗項目例如可蝕性研究、不同利用方式、侵蝕機理與恢復、農林複合等實驗。



以上這種種的野外實地設施將研究紅壤的科學意義實踐出來，不單如此，實驗得出的成果更會在示範基地作出示範，並向大眾，特別是農林業者作出推廣。這些示範成果主要是圍繞農產改善，如草地、豬、魚、果、稻及複合農林業系統。可見紅壤的實用價值透過科學研究和改進而得以提升，並大大幫助改善農林業者的生產和生計。

紅壤站不但對紅壤進行實地的研究和測試，更有不少與紅壤及其周邊環境有關的多方面研究，如退化紅壤質量恢復機制和調控技術、紅壤性水稻土長期施肥對水稻產量影響、紅壤水稻土有機質積累與產量變化的

協同性、紅壤水田土壤有機碳積累過程監測、季節性乾旱成因與對策、水稻土演替與持續利用、紅壤水稻土固碳量及未來固碳潛力、典型紅壤30cm土層水份年際變化、典型紅壤地區大氣濕沉降氮量、不同施肥處理的土壤微生物生物量等等。可見紅壤站是一個將紅壤的論理與實踐同時體現的學術科研地方。

五·總結

紅壤的廣佈對中國土壤研究而言構成很重要的位置，是不可忽略的。「水能覆舟，亦能載舟」，同樣道理，紅壤帶來的水土流失問題會令中國農業的發生構成威脅，但另一方面，若紅壤開發及使用得宜，則會令中國大片的紅壤土地成為農業發展的優厚資源。因此，紅壤一直被學者、農業界等重點研究，其科學意義已得到一定程度上的肯定；同時，研究得出得結果更直接向農民推廣，並應用到農業生產上，以幫助增加土地農業生產。對於紅壤的研究，不但對中國農業發展有利，更有助於提高國內對環境生態保育的意識，是保持中國農業及生態可持續發展的先決條件。

本組成員到紅壤生態實驗站參觀



參考文獻

任美鏢 (2005)。趙其國院士主編的《中國東部紅壤地區土壤退化的時空變化、機理及調控》與《紅壤物質循環及其調控》。生態環境, 第12卷, 第四期, 521及522頁

中國土壤的類型 「中國自然環境背景(2008)」 <http://geog.hkbu.edu.hk/china/Soil/soil-lx/soilx-main.htm> (2009/01/16 存取)

沖繩県衛生環境研究所 「赤土条例の効果」 <http://www.eikanken-okinawa.jp/news/news01/news0104.htm> (2009/01/16 アクセス)

沖繩県衛生環境研究所 「水質・赤土研究室」 <http://www.eikanken-okinawa.jp/suiaka/suiaka.htm> (2009/01/16 アクセス)