

中法比瑞文化協會叢書

土 壤 肥 料 實 驗

中法比瑞文化協會主編

馬 壽 徵 著

商 務 印 書 館 印 行

中法比瑞文化協會叢書

土 壤 肥 料 實 驗

中法比瑞文化協會主編

馬 壽 徵 著

商務印書館印行

中華民國三十六年二月重慶初版
中華民國三十六年六月上海初版

（6472 滬報紙）

中法比瑞文
化協會叢書

土壤肥料實驗一冊

定價國幣伍元

印刷地點外另加運費

* 版 翻 *
* 權 印 *
* 所 必 *
* 有 究 *

著 者 馬 壽 徵

主 編 者 中法比瑞文化協會

發 行 人 朱 經 農
上海河南中路

印 刷 所 商 務 印 書 館
刷 印 書 館

發 行 所 商 務 印 書 館
各 地 印 書 館

序

此書爲余任教勞大時編授，後在浙江建設廳化學肥料管理處，繼續將所授方法逐一加以實驗；並將歐美土壤肥料學家及各實驗場所採用方法翻譯成中文。由「土壤與肥料月刊」按期介紹，以供國內研究土壤肥料學者之參考。同時將其中最簡切者，分類作有系統之實驗，究其理論與方法，均有介紹之價值。最近各大學將土壤肥料列入必修科目，足知土壤肥料在農學上之重要。但中國尚缺乏此類專門書籍之參考。茲得各方來函促將此稿出版，以作各大學，各試驗場，各檢驗機關實驗時之指南，乃以此付印。

「土壤肥料實驗」共分四篇六章：第一篇爲土壤調查。著者將歐美最近各實驗場所採用方法及各學者對於土壤調查整個意見，加以綜合之實驗，並採取適合我國有效之使用爲原則。理論與方法並重，使研究者容易瞭解各種方法之使用。第二篇爲肥料實驗，內分肥料分析與肥料實驗二章，肥料分析爲比國採用之國際公認法，肥料實驗爲最近俄國，德國，英國，及美國所採用之幾種國際標準法，均曾在浙江土壤調查所實驗，爲最有效方法。第三篇爲土壤分類。土壤分類各國學者均有主觀意見，因此所採用方法頗多分歧，無一定標準可尋。著者將其綜合加以說明，編入以供各研究者之使用。第四篇爲土壤中生物測定養分之比較法。此篇主要目的，在使研究者對於生物實驗所得結果之應用與推定。

本書所採用材料多得前浙江土壤調查所同人余皓，宋達泉，黃希素，吳香魁，劉疑福等之襄助，同時亦得何尚平先生顏實甫先生與徐仲年先生之敦促，深表謝忱。本書之成，多承王啓壤同學割製圖表，謹旗核印，亦深感謝！書中遺誤，事所難免，著者雖竭力避免，仍恐不少，尚望讀者隨時指正，實深感幸！

馬壽徵序於民國三十二年十月十日四川省立教育學院土壤肥料研究室

目 次

第一篇 緒論.....	1
第一章 土壤調查.....	3
第一節 土壤調查對於農業改良之重要.....	3
第二節 土壤調查之目的與方法.....	4
A. 土壤調查之目的.....	4
B. 土壤調查之方法.....	5
第一項 田間工作.....	5
第一目 出發前之準備.....	5
第二目 土壤形態之觀察.....	6
a. 土壤垂直切面之掘出.....	6
b. 土壤色調.....	7
c. 土壤結構.....	11
d. 土壤組織.....	16
e. 土壤之膠結.....	18
f. 土壤力結性.....	18
g. 土壤原變及其層次之劃分.....	19
h. 新生體與浸入物.....	20
i. 土壤骸骨與有機遺體.....	24
j. 土壤切面之特性.....	25
k. 觀察土壤形態應注意之點.....	29
第二項 室內工作.....	29
第一目 土壤之調理及調製.....	29
第二目 機械分析.....	29
a. 目的.....	29

b. 方法概論.....	30
c. 本書採用之機械分析法.....	31
第三目 化學分析.....	33
A. PH值之測定.....	53
B. 全氮之測定.....	60
C. 磷鉀之測定.....	61
D. 有效磷鉀之定量.....	68
E. 土壤中鹽基之置換法.....	75
第二篇 肥料實驗.....	88
第二章 肥料分析.....	88
第一節 肥料樣品之處理及調製.....	83
第二節 氮質肥料分析法.....	83
第一項 銨態氮.....	85
第二項 硝酸態氮.....	86
第三項 有機氮.....	87
第四項 石灰氮.....	88
第五項 銨態氮及硝酸態氮之化合肥料.....	88
第六項 硝酸態氮及有機氮之化合肥料.....	89
第七項 銨態氮，硝酸態氮及有機氮之化合肥料.....	89
第三節 磷酸肥料分析法.....	90
第一項 無機酸溶解磷酸.....	92
第一目 一般法.....	92
第二目 特種法（又名枸橼酸機械法）.....	98
第三目 容量分析法.....	93
第二項 水溶磷酸.....	94
第一目 重量分析法.....	94
第二目 容量分析法.....	95
第三項 溶於水及鹼性枸橼酸銨磷酸.....	96
第一目 重量分析法.....	96

第二目	容量分析	96
第四項	鹼性枸橼酸銨溶解磷酸	97
第一目	重量分析法	97
第二目	容量分析法	97
第五項	百分之二枸橼酸溶解磷酸	98
第一目	重量分析法	98
第二目	容量分析法	99
第六項	託瑪斯磷肥磨碎度測定法	99
第七項	礦質磷肥偽稱託瑪斯磷肥檢定法	100
第四節	鉀質肥料分析法	101
第一項	定氮化鉀鉀	101
第二項	Corenwerder 及 Contamine 法	102
第三項	Schlossing 改變法	102
第三章	肥料試驗	104
第一節	肥料試驗應注意事項	104
第二節	肥料試驗之分類	107
第三節	肥料試驗之施行法	107
第四節	肥料試驗之設計	114
第一項	三要素試驗法	114
第二項	三要素用量試驗法	115
第三項	肥料之效能比較試驗法	116
第四項	硫酸銨酸性試驗法	117
第五節	誤差計算法	123
1.	機逢區集法	120
2.	拉丁方法	124
計算程序	124	
試驗組與變量分析之關係	129	
舉例說明	130	
第四章	檢定土壤肥料有效養分之生物試驗	133
第一節	密采利西氏盆體試驗法	138

第一項 原理	130
第二項 方法	140
第二節 羅伯艾氏幼苗試驗法	140
第一項 原理	140
第二項 方法	140
第三節 黑麴菌試驗法	155
第一項 黑麴菌方法之演進	155
第二項 培養液之製備	156
第四節 圃場試驗法	157
第一項 目的	157
第二項 方法	157
第五節 肥力之評價	157
第三篇 土壤分類	159
第五章 土壤分類之說明	159
第四篇 土壤中生物測定養分之比較法	163
第六章 原理	163
第一節 試驗樣品	163
第二節 試驗方法	164
第三節 試驗結果	165
附本篇參考書目	173

土壤肥料實驗

第一篇 緒論

晚近國內凡百事業，莫不冠之以「技術標準化」五字，如農業生產技術標準化，工業生產技術標準化等，其取意蓋欲引用科學方法，以發展國內一切生產事業，冀收事半功倍之效也。

土壤肥料實驗，對於農業生產之關係，至巨且要，蓋一切農業改良事業非根據實際實驗之結果，不能有所推進，是以土壤肥料實驗，實乃農業改良之引路燈也。

緣是故，國人不欲發展中國農業則已，苟欲發展中國之農業，則土壤肥料實驗，不可不積極提倡進行也；然提倡進行，亦非易事，設僅空言提倡，而不見諸實行；或已見諸實行，而無一定標準，則土壤肥料實驗，依然無補於事，徒然虛費時力糜費金錢而已。瞻顧國內，對於土壤肥料實驗問題，其注意者未嘗無人，且十餘年前，早有人舉行之矣。迨至晚近數年，則各省農事機關於其農業改良計劃中，更莫不有土壤肥料實驗問題之一項，可見近年國人對於土壤肥料實驗問題之重視矣。然數年來實驗之結果如何？結果宣告於農民，農民因此獲益者又如何？著者答曰：『渺不可知』。今惟推根究源，土壤肥料實驗行之數載，未收成效者何也？蓋一則普通農事機關不過虛列此項名目，藉供行政上之裝飾與點綴耳；一則非行之不力，乃方法未得其當，組織未能嚴密，徒勞而無功也。然則如之何而後可？依著者之意見，土壤肥料實驗，亦非「技術標準化」，難望其收效於萬一。茲就管見所及，請於下列各章分別討論之。

I. 土壤肥料試驗之重要

植物之生長繁榮，既以土壤爲其寄托之所，以肥料爲其營養之食料，則植物不可一日無土壤肥料以生存，換言之，土壤肥料實乃農業生產中之基礎要素也。

土壤因氣候之差異，土質岩石之不同，河流分佈之情形，地勢高低之狀況，其性質與種類亦各有別，此各種不同之土類，將如何判別其土性之優劣與肥瘠，供農業改良上之參考與證實殊非易事，昔者，許多農業化學家曾以化學分析應之，惜乎分析之結果，難以引用，蓋與事實相距過遠也。迄自勞氏（Guss）與葛氏（Gilbert）創設羅薩斯特農業試驗場以後，始以實地試驗爲鑑別土性優劣惟一之正確方法，嗣後各國仿行，繼此而創設農業試驗場，研究土壤之屬性，闡明與植物生命之關係，與日俱進，不下以千萬計，蓋亦有鑑於此也。

肥料，自發明化學製造方法以來，突飛猛進，至晚近已達極盛時代，故其製品種類遂因之繁多，品質遂因之而複雜，至其反應之變化，功效之利弊，則尤爲神祕，雖予以化學分析，亦難完全洞悉其底蘊。肥料品類之複雜與土壤相等，故肥料優劣之最後判斷，亦非予以實地實驗，不能詰其究竟也。

土壤肥料與植物之關係及其實驗之重要，著者已予相當之說明。茲爲節省篇幅與時間起見，不欲再有所發揮，即請討論下節『土壤肥料實驗如何技術標準化』一題可也。

II 土壤肥料如何技術標準化

土壤肥料試驗技術標準化之重要，已如前文所言，然究竟如何技術標準化，始能收其實驗之效果？依著者之意見，土壤肥料實驗技術標準化之工作，應分兩方面同時進行之。

第一應盡量採取各國最近對於土壤肥料實驗之法則，絕不可存絲毫科學之壁壘，與樹立門戶之意見，以限制真理之宣揚。

第二應盡量以中國情形配合，使用其法則，使其所實驗法則，不純粹爲技術，而且標準化。

本乎此，則實驗研究之結果，是必精確而且可靠，由技術而產生之方法，斯余所謂土壤肥料實驗技術標準化也。茲分述如後。

第一章 土壤調查

第一節 土壤調查對於農業改良之重要

土地資本及勞力，爲一切生產事業之要素，缺一不可，單以土地而論，工廠有廠基，商店有店址，開礦亦須礦地，至土地之於農業尤爲基本。就土地之面積而言，工商礦業所應用之土地均屬較小，而農業上所須者，尙不知在其若干倍以上，就土地之性質而言，工商業所用之土地只要地點合宜，其餘均在其次，而農業所須之土地則大不然，地點地勢固應加注意，而尤須適合植物之生長，否則如爲不毛之地，即地點地勢均好，亦無若何價值可言；因農業依人類用勞力耕種土地以生產植物或動物，轉供人類需要之事業，故土地之重要，實在其他各種生產事業之上，一切農業均依賴土地，無土地即無農業，植物之生長固非土地不可，即動物之生產，其所需之飼料，亦全賴土地所供給。土地對於農業之關係，既如是之深，故適合農業生產之土地亦決非普通一般之土地。農業上可以耕種之土地，必爲土壤。土地和土壤相視之似爲同一名詞，實則土地係指地殼之露出部分，與海洋等爲對立之名詞，換言之，凡陸地均爲土地，土壤即普通所謂之泥土，爲地球表面非固結岩石物質之表層，與其下層物質有異，性鬆軟，含有空氣及水分以及植物所必須之各種養料，因受不同自然環境之影響，而形成各種差異之特性，足以資生植物，轉供動物與人類之需要。故與其謂農業之基本爲土地，則不如謂爲土壤，更爲適當。

土壤既爲農業之基本，故農業之改良，首宜就土壤着手。土壤改良之目的，乃使土壤適合植物生長之需要，但土壤爲一極複雜之物體，欲使其能適合植物之生長，又應對土壤之本身加以深切之認識。

以我國今日之處境，農業之應現代化，實無疑義。試觀近年來世界不景氣之影響，與夫連年災患匪禍，農產歉收，飢饉兵燹之結果，農村經濟已瀕破產。是以倡導復興農村者，議論紛紛，莫衷一是。復興之道，以增加生產爲

唯一捷徑，但增加生產之方法，有倡改良作物品種者，有倡興修水利者，有視消除病蟲害為急者，見仁見智，各有其理，惟就作物生育之要素上，以量之比例言之，則土壤問題，實推首要。據德國著名農學家希耳霍斯特氏(Von Seelhorst)積多年研究之結果，謂作物之收穫量設為一百，則其中五十來自肥料，二十五來自耕耘，十五來自種子，十來自輪作。所謂肥料及耕耘均屬土壤範圍，故希氏之言即謂：作物之生育，百分之七十五均與土壤發生密切關係。於此可見土壤與作物生育之關係，可謂既深且切。故土壤改良實為農林改良之基礎。

至言改良土壤當自調查着手，土壤調查，在歐美各國固已舉行有年矣，顧我國乃晚近十餘年間之新興事業，設所研究，專司其責者，亦不過二三機關而已。今日中國土壤調查機關之可得而述者有二：一為經濟部地質調查所附設之土壤調查部，成立於民國十八年夏，一為廣東土壤調查所，成立於民國十九年秋，斯二者，分道揚鑣，各樹一幟，雖為時甚短，但於土壤調查事業，均能積極進行，不遺餘力，其他浙江省土壤調查所廣西省土壤調查所亦均已有所報告多種出版。自是以後，國內農界人士對於土壤調查問題，漸加注意而發生興趣，蓋農林事業，在在受天然環境之支配，而天然環境中，土壤實與氣候同佔首要之位置，故於土性土宜未經調查明晰以前，農林事業之推進莫不深感困難也。

第二節 土壤調查之目的與方法

土壤調查對於農林改良之重要，已如前述，茲更將土壤調查之目的與方法，分別詳述如下：

A 土壤調查之目的

土壤調查之目的，綜合言之有二：一以土壤為自然科學研究之對象，即純學理之探討，一以增加生產富裕民生為目的，即實際應用之研究，若分析言之，則有下列諸端：

- (1) 測定土壤之性質；
- (2) 使土壤為系統之分類；
- (3) 判別土壤肥力之高低；
- (4) 為農業經濟各要素評價之標準；

- (5) 爲介紹農作物新品種之依據；
- (6) 供農科學校，農政機關，農事試驗場，及其他農業改良研究事業之參考；
- (7) 爲估計地價之根據，用爲他年平均地權之標準；
- (8) 爲政府實施墾荒政策及移民政策之指南；
- (9) 使農民明白自己土壤之性質，引起改良之思想；
- (10) 爲私人農業經營，選擇良田之參考；
- (11) 與國內外土壤科學研究機關聯絡，共同作學術上之探討；
- (12) 完成總理『地盡其利』之遺教。

B 土壤調查之方法

十九世紀以前，各國土壤調查方法，極不一致，尤其對於土壤分類一項，有以地質系統爲根據者，有以岩山區別爲根據者，有以氣候爲根據者，甚至有以土壤利用觀念爲根據者（如泰爾氏分土壤爲肥性麥土，曰弱性麥土，瘠性麥土等）。當時各國間缺乏聯絡，未能公開討論，以致方法未臻完善。迨至一九〇九年，國際農學會開會於匈牙利，一九一〇年開會於斯突克奧姆，一九二二年開會於蒲勒克，一九二四年開會於羅馬，一九二七年成立國際土壤學會，開會於華盛頓，一九三〇年開會於列寧格萊，及一九三五年開會於牛津，始確定土壤調查分類之方針，尤注意於土壤垂直切面之研究。自是以後，土壤調查之方法漸趨一致，土壤調查在我國，專屬草創，故於方法上尤須慎重考慮，作合理之規定，統籌兼顧，庶乎能適合國情而仍能與國外研究互相引證。茲參考歐美各國過去土壤調查之成績，及最近國際間土壤調查之趨勢，擬定暫行調查方法如下：

第一項 田間工作

第一目 出發前之準備

田間工作所應攜帶之儀器及其用具列舉如下：

a 底圖 凡預定調查之處，應備一詳細之底圖，其比例面積爲二萬五千分之一，或五萬分之一，全省概測調查所用之底圖，則以四十萬分之一者爲便。

b 氣壓表 氣壓表於測高度時用之，若能攜帶蒸溜水，酒精燈，溫度表玻璃瓶等，測水之沸點，以較準氣壓表者，則更可得真確之結果。

- c 土鑽 土鑽為採取下層土壤時用之，式樣不一。
- d 定層取土器 土壤之自然比重為其特性中之重要者，測自然比重所用之取土器，種類亦多，以哈倫德 (Harland) 等所擬者較佳。
- e 垂直切面採取器 此器為鐵製之盒，一面活動，可任意開閉，盒背裝以螺絲鑽，用以壓此器於土中。
- f 切面樣本器 此器為一面裝玻璃之木盒，形狀大小與切面採取器同，為裝盛切面樣本之用。
- g 布口袋 布口袋為裝盛土壤樣品之用，其大小按所需土量而定。
- h 鋁製罐 此罐為裝盛濕土之用。
- i 小鐵斧 破碎岩石與土塊結核等用。
- j 鐵鈎 掘出切面及採取土樣用。
- k 羅盤針 指示方向用。
- l 淡鹽液 測定石灰用。
- m 皮尺 疊曲木米突尺，顏色鉛筆，筆記冊，及各種調查用之表格。
- n 攝影機 攝影特種典型土壤垂直切面及地形用。
- o 測驗器 田間檢定土壤輸質濃度用。

第二目 土壤形態之觀察

a 土壤垂直切面之掘出

田間工作，則以土壤形態之觀察為主要之目的，蓋土壤形態具有自然之特性，一經擾動，則失其本來之面目，故除於田間直接觀察外，實屬無意義也。土壤形態之觀察，既如此重要，然則吾人應採何種方法，於自然情況之下，以觀察土壤形態之特徵。此法無他，惟剖開土壤之垂直切面，使其內部之形態，得以全部顯露，而一一識別，如土層之多寡，色調之變動，質地之精粗，結構之形態，化學成分之轉移，新生體之有無，侵入物之存否，孔度之大小，小動物活動之痕跡，以及植物根伸展之狀態等，均得詳加研究。以上所述各種形態之觀察方法，未加說明以前，關於土壤垂直切面掘出之技術，應先加以敘述。

土坑之大小，理論上以愈大愈好，實際上坑長二公尺，深闊各一公尺，是對於形態上之觀察與土樣之採集矣。坑之方向，以供觀察之垂直切面直對目光者為最適宜，次以全無日光之照射；而以半陰半陽之狀態者為最劣，又

供觀察之切面，可按其自然層次分為若干階段之梯形，如此每一土層均可清晰顯露，土樣之採集最好由下而上，以免表土以下各層，受上層墮落土塊碎屑之影響。

藉土鑽考察土壤形態，吾人不敢贊同，其弊點：第一土鑽之對徑長不及四公分，換言之，即土壤形態之觀察，範圍亦僅限於四公分以內，其次則經土鑽採出以後之土樣，已失其本來面目，而改變其固有之組織，再次如土鑽對於粗砂礫質以及石質土之採取，更無能致其效用，故鑽孔調查土壤，對此土性之觀察，僅能獲一模糊之印象，故土壤垂直切面之掘出，雖多費勞力時間，實一勞而可使吾人腦幕中永無懷疑陰影之存在矣。

b 土壤色調

土色差異，在土壤形態上，最引起觀察者之注意，如黑鈣土 (Chernozem) 灰色土 (Sierozem) 白土 (Bielozem) 黃土 (Zheltzem) 紅土 (Terra Rossa)，諸如此類命名，在土壤分類上頗有意義。因為色調不同之土壤，同時也表現每個不同之土性，故土壤色調之研究，良有以也。

土色，實際上乃一種極難判別之土性，其中原因，因為在天然環境之下，土色變動複雜，考察者不易得理想上之純色 (Pure color) —— 紅、黃、白、黑等，因此，研究土色時，應該注意及此土色之純雜 (Homogeneous or heterogeneous)。

土色純一，常於表土層見之，土色斑雜則每發現於底土土層。土色斑雜有三種原因解釋之：a 土層中有粗大石粒，b 土層中有新生體之存在，c 土層中某種物質未能均勻分佈。

1. 土壤化學組成與其色調之關係

土壤化學成分不同與含量之多寡，使土壤呈現種種不同之色調，茲分別討論之。

(一) 腐植質 (Humus)：一般言之，土壤中腐植質含量多寡之關係，曾予以比較研究，茲錄其結果如下：

土 色	淡 灰				灰			深 灰			深 棕		
色調等級	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
腐植質%	2.54	2.65	3.26	3.66	4.11	4.35	5.86	6.96	7.37	7.63	7.89	8.16	8.4

(二) 鐵質含氫氧化物 (Hydroxide of iron)：鐵質氧化物含量多，土呈紅色或鐵銹色含量少，土呈棕黃色或淡紅色。三價氧化鐵 $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ 色之變化，因其中所含水分子 (H_2O) 之多少而變異，舉例說明如下：

Limonite $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$ ：黃或棕色

Xanthosiderite $Fe_2O_3 \cdot 2H_2O$ ：金黃棕色

Goethite $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ ：黃，棕或棕黑色

Turyite $2Fe_2O_3 \cdot H_2O$ ：紅至棕紅色

Hematite Fe_2O_3 ：紅

上表，土壤紅色之深淺，與鐵質含量之多寡關係少，而與其中鐵質脫水作用 (Dehydration) 輕重之關係較為重大。

(三) 矽酸，碳酸鈣及高嶺土 (Kaolinite) 等，若多量存在，則土變為白色或呈灰白色。

(四) 二價鐵質化合物 (Ferrous Compounds or protoxide of iron) 於多量水分存在之下，使土壤中空氣閉塞，以致引起鐵質還元作用，使土色變為藍綠，或為死灰 (Dull greyish)。此種現象多發現於土層深處。

(五) 氧化錳若有多量存在之時，染土色為深黑或深棕，又若氧化錳與氧化鐵同時存在，可使土壤為另一種色調。

2. 土壤色調之分析：

土壤色調之分析，現在尚未見正確之研究方法提出，多半是抽象之說明，而無數學上量的解釋，是正殷望於現在與未來之土壤學者予以研究與發明。此類問題，姑置不論，茲介紹蘇俄土壤學者提出之土壤色調分析之專門名辭。

色度 (Color intensity)：色度乃說明純色深淺之名辭，如淡棕，棕，深棕，又如淡灰，灰，深灰，黑。

斑雜 (Tints or shades)：斑雜一名辭，表示純色雜以異色斑點或條紋，如黑色雜以棕色斑點，或紅色雜以黃色條紋。

和色 (Intermediate colors)：和色表示兩種純色，等量存在，均勻混合，如灰棕色，紅黃色。

除上述三個土色名詞之外，Theremnov氏又提出三個名詞：

色調 (Tonality)：土壤主色 (main shade) 呈現之顯名度。

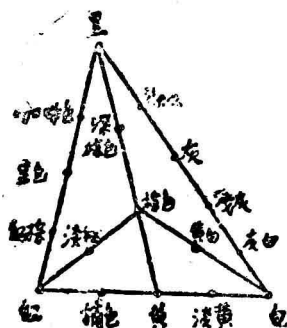
光澤 (Brightness) : 土壤主色受黑色染着之程度。

飽和 (Saturation) : 土壤主色受白色冲淡之程度。

在土壤裏面，紅色的氧化鐵和黑色的有機質，每使土中淡色物質染色；但若後者有多量存在，則又可使紅色與黑色變淡。

土色最常看見的有下列幾種。黑色，灰色，棕色，栗色，紅棕，淡黃，灰白，黃色，紅色，藍色，綠色。

Tiuremnov 氏對於土色之分析，最有研究，他用四種顏色不同的物質，配合成各種人工的土色，這四種物質，第一是黃色鎘化鋇 (Barium Chromide)，第二種是紅色氧化鐵，第三是白色碳酸鈣，第四是黑色煙煤粉。紅黃黑白是土壤中四種基本的顏色，這四種基本的顏色，配合的結果，按理論上說，應該如下圖所表示：



現在再提出一位土壤學者，J. G. Hutton 氏，他對於土色的分析，又發明了新的研究途徑。他用紅黃黑白四種基本的土色物質，以各種不同的比例，牢放在光之合成的圓盤上，轉以很快的速度，就獲得各種不同的土色，他研究的結果，示如下：

土色名	白色 %	黑色 %	黃色 %	紅色 %
灰色	22.0	60.0	1.0	7.0
深灰色	16.0	67.0	9.6	8.0