

土壤分析

沈炳炎編著

新 农 出 版 社

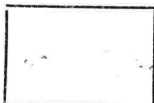
土壤分析

沈炳炎編著

新農出版社

土 壤 分 析

版權所有



不准翻印

一九五一年八月初版

定價人民幣 三五〇〇 元

編 著 者

沈

炳

炎

出 版 者

新 農 出 版 社

上海天津路212弄20號305室

印 刷 者

新農出版社附設印刷工場

上海微甯路717弄11—12號

總發行所

中國科技圖書聯合發行所

上海中央路24號304室

電話19566 電報掛號21968

分 銷 處

全 國 各 地 書 店

目 次

第 一 章	緒言.....	1
第 二 章	土壤礦物質成分之分析.....	3
第 三 章	普通分析.....	8
第 四 章	機械分析.....	16
第 五 章	土壤化學成分之速測法.....	21
第 六 章	土壤鹽基交換作用.....	30
第 七 章	土壤酸度之測定.....	35

第一章 緒言

本書所列舉的分析方法，都是作者在浙江省農業科學研究所化驗室工作平時所用過的方法，根據作者的經驗，認為比較精確簡便。例如：測定全氮量的方法，採用金屬硒粉或亞硒酸作為接觸劑，可以減少燒灰時間的，同時再通入蒸氣，使氮氣就比較容易蒸溜出來，這樣也可以縮短蒸溜的時間。土壤中有有效養分的測定，是農業上感到迫切需要實用的分析方法，由於土壤中所含的養分，不是可以全部能供給植物吸收的，祇有有效養分才能被植物所吸收利用的，因此土壤有效養分的測定是土壤分析方法的重要問題，過去，測定土壤有效養分的方法很多，但這些分析法，每每感覺到由於有些感染因子影響了反感顏色，所以常常覺得不方便，作者彙集最新的皮、殷二氏 (Peech & English) 的土壤化學成分微量速測法，這種方法的優點就是改用輔助試劑，減少感染反感顏色因子的影響。

此外，本書的取材於下列各書：

Wright: Soil Analysis.

Talbot: Quantitative Chemical Analysis.

Shinner: Methods of Analysis A. O. A. C.

Mahin and Carr: Quantitative Agriculture Analysis.

Peech and English: Rapid Microchemical Soil Tests.

總之，本書所彙集的土壤分析方法，在一般實驗室都可以應用，

但最適於作為高級農業技術學校的實驗教本，惟在理論方面，並未加以詳細說明，這是為了求其簡明。

第二章 土壤礦物質成分之分析

第一節 供試土樣之調製

土壤調製之目的，在使採取極少量的土壤，能够代表其所採取地方的土壤性質；所以土壤的採取不能不注意採取地方之地勢與植物，宜於地勢平坦及植物生長一致的地方去採集才好。選好了地方，掘一穴，深約二尺，並修切穴壁一面，使與地平面成直角。再從地面至九寸深處，鏟一上下等厚的土壤一片，即為表土；自九寸至十八寸處為底土。如此採取表底土五、六次。放在牛皮紙上混合均勻後，裝入袋中，並註明該土壤之採取地方、深度、地面植物生長情形及採取時間等。

所採取的土壤，置於通風蔭蔽的地方，數日後，即為風乾土壤。再放在白鐵盤中，用橡皮塞將土壤磨碎，通過粗孔篩，棄去石礫及植物根部。所篩過的土樣，再經不斷地碾磨，用每吋距離有百孔的篩篩過的土樣，稱為百篩土，簡稱細土，以供分析之用。

第二節 水分

稱取細土 2 克，放入已知重量的瓷坩堝中，於溫度 $105^{\circ}-110^{\circ}\text{C}$ 電烘箱中，烘四、五小時後，取出放入乾燥器中，冷卻後，稱其重量。復放入電烘箱中，每烘一小時，復稱重一次，至恆量始止。土樣減輕之重量與原來重量之比，乘上 100，即為水分之百分率。

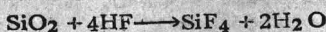
第三節 燒失

取上節已定水分之烘乾土，於 650°C — 900°C 電熱爐中或酒精噴燈上，燒灼之。直至坩堝內之土樣呈鮮紅色，再燒十分鐘後，放入乾燥器內冷卻，稱其重量。復燒灼之，稱其重量，直至重量不變始止。所減輕重量與烘乾土重量之比，乘上100，即為土壤之燒失百分率。燒失代表有機質及膠體中之水分。若土壤非酸性含有碳酸根，宜於燒灼後用硼酸銨液濕潤之，然後置入 150°C 烘箱中，烘乾至恆量。

第四節 二氧化矽

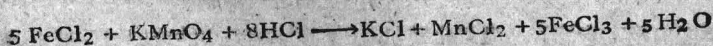
稱取 2 克細土或已定燒失之土壤於鉑坩堝中，混合以 10 克無水碳酸鈉，加蓋。放入電爐中，熔化坩內混合物成為流體狀時，再繼續加熱 10 分鐘，直至坩內混和物猶為流體時。用鉗子夾住坩堝旋轉之，使流體徐徐冷凝於坩堝壁上。待完全冷卻後，放入大蒸發皿中。加水約 100 cc，加玻璃蓋。用微火煮之，並用玻璃棒不時攪動坩內之混合物，待它完全燒煮在溶液中後，用水淋洗坩堝。加 1 cc 乙醇，使錳質還原。加 15cc. 濃鹽酸，置於水浴上蒸發至乾，並在 105° — 110°C 電烘箱中加溫 2 小時，冷卻後，加濃鹽酸及水各 15 cc。稍煮後，過濾，並洗至無氯離子為止。將濾液蒸發至乾，並在 105° — 110°C 電烘箱內加溫 2 小時。用 15cc 濃鹽酸溶解。過濾，將濾液盛入 250cc 量瓶中，並淋洗至無氯離子存在始止。稀釋至刻度，搖動之，俾混合均勻，留作分析之用，即為溶液 A。

將二次過濾所得之沉澱，連同濾紙放入原鎢坩堝中。先放入烘箱內烘乾後，再移入電熱爐中，加蓋，燒灼之。燒至坩堝內殘渣呈鮮紅色，繼續燒十分鐘，冷卻，稱其重量。復燒十分鐘，復稱，至恆量為止。用水濕潤之。再加 6—8c.c. 氫氟酸及硫酸數滴。很小心蒸發至乾，並燒灼數分鐘，冷卻，稱重。所稱重量之差，即為二氧化矽之量。反應如下：



第五節 氧化鐵

吸取溶液 A 150 cc 於 600 cc 燒杯中，如熱至沸，徐徐滴入氯化亞錫液，至溶液之黃色消失為止。保持溶液之一定溫度，俾還原作用繼續進行完全。待溶液冷至室溫時，加入 30c.c. 氯化汞液，發生白色沉澱（如沒有白色沉澱發生，是氯化亞錫用量不夠。如有黑色沉澱，為氯化亞錫用量太多之故）。放置五分鐘後，加冷水稀釋約 400 cc，加入 5c.c. 硫酸亞錳液，最後用 0.1 N 過錳酸鉀滴定之。每 1 cc 0.1 N 過錳酸鉀液 $\equiv$ 0.007984 克 Fe_2O_3 。反應如下：



第六節 氧化鐵鋁及鋳

吸取溶液 A 100c.c. 於燒杯中，徐徐加入氫氧化鋁至沉澱剛發生為止。再加微量鹽酸使溶液呈微酸性，加熱煮沸，加入氫氧化鋁液至

沉澱發生，繼續煮沸，使過量之氫氧化銨蒸發乾淨。過濾之，並用熱水淋洗沉澱至無氯離子為止。將濾液及洗液保存燒杯內，以供分析鈣、鎂之用。沉澱經烘乾，燒灼，稱其重量。代表 Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 及 P_2O_5 之總量。

第七節 二氧化鎢

將上節燒過之沉澱放入鉑坩堝中。加 2 克焦性硫酸鉀，很小心用微火燒至白煙完全驅淨為止。用稀硫酸沖入蒸發皿中，蒸發至 50 cc 左右時，加入 10cc 濃硫酸及 4cc 3 % 過氧化氫，並稀釋至 100 cc。用同法處理標準液，用比色法測定土壤中二氧化鎢之含量。

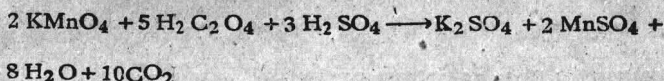
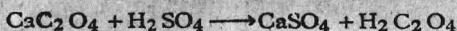
第八節 氧化鋁

自第六節所得之總量中減去 氧化鐵 二氧化鎢及五氧化二磷之量，即為氧化鋁之重量。

第九節 氧化鈣

將第六節之濾液蒸發至 250 cc 加入 6 滴甲基紅作指示劑，加入 5 克氯化銨後，溶液呈酸性反應。煮沸之，加入含有 1 克草酸銨液，隨即由滴定管滴入稀氫氧化銨 (1+9)，至溶液呈中性或弱鹼性為止。置水浴上加溫約一小時，待上部溶液完全清亮時，滴入一滴草酸銨液，以試沉澱有否完全。放置 15 分鐘，用澄清法過濾，用熱水淋洗原燒杯及漏斗上之沉澱，以除淨附着在沉澱上之草酸銨液。用玻棒將濾紙戳一小孔，用熱水將漏斗上之沉澱洗入原燒杯中。同時，用濃硫酸 5cc

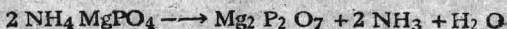
加入 70cc 水中配成稀硫酸液，加溫至 70°C，而將此溫熱稀酸液徐徐倒入漏斗上，以溶解剩餘之沉澱。再用熱水淋洗，稀釋至 200cc，加熱近沸，最後用 0.1 N 過錳酸鉀液滴定之。反應如下：



由上列反應式，可知草酸鈣與過錳酸鉀克分子比例為 5 : 2。每克當量過錳酸鉀用相當於 5/10 CaO 克 = 28.04 克氧化鈣，即每 1cc 0.1 N 高錳酸鉀 = 0.002804 克氧化鈣。

第十節 氧化鎂

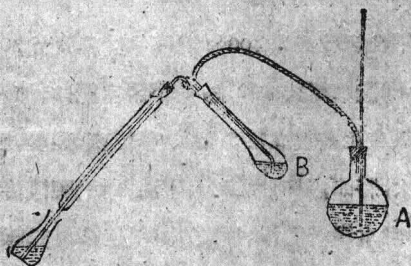
將已定過鈣之濾液盛入 400cc 燒杯中，蒸發至 200cc，冷卻後，徐徐加入 10cc 磷酸二氫銨飽和液，並不斷地攪拌，加入濃氫氧化銨，而使溶液中之氫氧化銨濃度為 5 %。放置過夜，翌晨，過濾，用 2.5 % 氨水淋洗 4—5 次。將原燒杯放在漏斗下面，用稀鹽酸溶解漏斗上及杯中之沉澱，並用熱水淋洗乾淨。加入稍過量之磷酸二氫銨液（約 1cc），不斷地攪拌。並加入氫氧化銨，使沉澱發生，放置 2 小時以上，過濾之，並用 2.5 % 氫氧化銨淋洗至無氯離子為止。烘乾濾紙，燒灼之。冷卻後，秤其重量，即為 MgP_2O_7 之重量，乘上 0.3621 即得 MgO 之重量。反應如下：



第三章 普通分析

第一節 全量氮

克氏定氮法，係將土壤放入克氏燒瓶中，加入接觸劑及濃硫酸，經燒煮後，土壤中之氮素轉變成硫酸氫銨。然後加入過量之濃鹼液，蒸溜出之氨，以前老法，用一定量之標準酸液吸收之，再用標準鹼液滴定剩餘之酸液。最近新法，蒸溜出之氨氣，被吸收於硼酸中，直接用標準酸液滴定之。而硼酸之用量，勿用考慮在內。所用之接觸劑改用亞硒酸 (Selenious acid) 或金屬硒粉，效力提高，縮短燒煮時間。



氨之蒸溜兼用蒸汽蒸溜法，可縮短蒸溜時間。其裝置方法頗為簡單，如上圖形，A 為 1 呎燒瓶，內盛沸水，以作蒸汽發生器，將所發生之蒸汽導入克氏燒瓶 B 之底部。

秤取細土 10 克，用濾紙包裹，投入克氏燒瓶底部。順着瓶壁徐徐加入 30cc 濃硫酸，不斷地搖動。加 10 克無水硫酸鈉（增高硫酸之沸點）及

0.5 克亞硒酸 (Selenious acid) 或 0.1 克金屬硒粉。移入毒氣櫥中，瓶口上放置一只小漏斗，燒瓶傾斜 30° 角度，燒煮之。燒至瓶內混合物為無色時，再繼續加熱 10 分鐘。冷卻之，加入 75—100 c.c. 冷水，搖動之，使混合。

量出 5 % 硼酸約 50 cc 盛入錐形燒瓶中，加入 2—3 滴甲基紅，置於蒸溜器下。量出 40% 氫氧化鈉 150 cc，沿克氏燒瓶壁流下。立即連接蒸溜器，並通入水蒸氣。先以微火加溫瓶底，待瓶內混合物煮沸後，漸增火力。硼酸吸收氮後，指示劑由紅色變成黃色反應。繼續蒸溜至 200 c.c. 時，去火，最後用 0.1 N 標準酸液滴定之。每 1 cc 0.1 N 酸液 $= 0.0014$ 克氮素。

如將土壤內含有之硝酸包括在全量氮中，可秤取細土 5 克，置於克氏燒瓶內。加入水楊酸 (Salicylic acid) 2 克及濃硫酸 30 cc，混合均勻後，加鋅粉約 2 克，放入毒氣櫥中，用微火加熱，至泡沫不發生時，繼續燒煮 10 分鐘後，加入 10 克無水硫酸鈉及 0.5 克亞硒酸或 0.1 克金屬硒粉，其餘燒煮蒸溜等手續，同如前。

第二節 硝酸氮

秤取 50 克細土或 25 克泥土 (Peat)，放入 500 cc 搖瓶中，加入含有 5 cc N 硫酸銅液之 250 cc 蒸溜水，搖動 10 分鐘。如土壤酸度不太強時，須加入 0.4 克氫氧化鈣及 1 克碳酸鎂，再搖動 5 分鐘，使銅質沉澱。用乾燥濾紙，以澄清法過濾，棄去首先濾出 20 cc 濾液。如土壤酸太強時，於首次搖動後，濾取 125 cc 濾液盛入燒瓶中，加入 0.2

克氫氧化鈣及 0.5 克碳酸鎂，搖動 5 分鐘後，過濾如前法。

吸取濾液 10 cc 或 25 cc (如硝酸含量在 10 ppm)，注入小蒸發皿中，於水浴上蒸發至乾。冷卻後，立即滴入 2cc 酚二磺酸 (Phenoldisulphonic acid) 於皿之中央。將蒸發皿旋轉之，濕潤皿內之殘渣。放置 10 分鐘後，加水 15cc，以玻棒攪動之。徐徐加入稀氨水 (1+1) 至鹼性反應。倒入比色筒中稀釋至 50cc，與經同法處理之標準液比色。

第三節 銨態氮

置 25 克土壤及 100 cc N 氯化鈉冷液於 400 cc 燒杯中，攪拌之，使全部土壤濕潤後，靜置半小時。以澄清法過濾，聚集上部清液於一研燒瓶中，復用 N 氯化鈉液將全部土壤沖入濾紙上，再用氯化鈉液淋洗之，聚集濾液約 500cc。加入過量氧化鎂，立即蒸溜，所蒸溜出之氮吸收於 50cc 5% 硼酸液中，指示劑用甲基紅，最後用 0.1 N 酸液滴定之。每 1cc 0.1 N 酸液 = $\frac{1}{1000}$ 0.0017 克 NH_3 。

第四節 全量磷

藥劑之配製

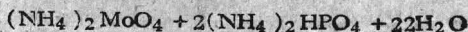
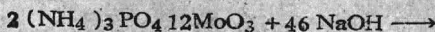
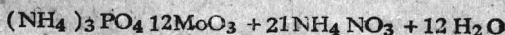
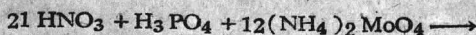
(1) 鉬酸銨試劑 溶解 100 克鉬酸 (H_2MoO_4) 於 144cc 濃氫氧化銨及 271cc 水中。再將 489cc 濃硝酸加入 1,148cc 水中。然後將鉬酸銨徐徐加入稀硝酸液中，不斷地攪動，待完全溶解後，加入稀薄磷酸液 1—2 滴。放置數日，俟黃色沉澱完全下降後，將上部清液虹吸

入試藥瓶中，以備分析之用。或溶解 217.5 克鉬酸銨於 830cc 水中，將此液加入 1,660cc 硝酸中。

(2) 硝酸鎂 溶 40 克硝酸鎂於 100cc 水中。

試驗手續

置 4 克土壤於蒸發皿中，用硝酸鎂 5cc 濕潤之，放在水浴上蒸發至乾。再於沙浴上燒至暗紅色。冷卻後，用玻棒將殘滓搗碎。加 15cc 濃鹽酸及 5cc 濃硝酸，加玻蓋。繼續在水浴上加熱 1—2 小時（每隔 15 分鐘搗碎殘滓一次）。冷卻後，淋洗玻蓋。並將皿內混合物沖入 250cc 量瓶中，稀釋至刻度。混合均勻，俟溶液清亮後，吸出 50cc 注入燒杯中。自滴定管徐徐加入濃氫氧化銨至黃色沉澱將發生時，再從另一滴定管滴入稀硝酸液(1+2)，使沉澱剛好溶解。加入 40% 硝酸銨液 5cc，加溫至 60°C，徐徐加入鉬酸銨液 20cc 並於 40°C 水槽中保溫約 2 小時後，放置過夜。翌晨，用哥氏濾坩(Gooch crucible)及石棉(用前須以硝酸及過錳酸鉀久煮後，再用草酸還原，最後用水洗淨)，以緩和吸力過濾。洗杯及淋洗沉澱，直至酸根完全洗淨為止。取出濾坩連同沉澱放入原燒杯中。加入蒸溜水 50cc 及酚酞指示劑 3 滴，滴入 20cc 0.1 N 氫氧化鈉液，用玻棒充分攪拌後，再用 0.1 N 鹽酸液滴定剩餘之鹼液。反應如下：



由上列反應式可知鉬酸磷鉍與氫氧化鈉起化學變化時， P_2O_5 ：
 $NaOH=1:46$ ，所以每一研 N 氫氧化鈉 $= \frac{1}{46} = 142.04/46 = 3.088$ 克
 之 P_2O_5 ，即每 1cc 0.1 N 鹼液 $= \frac{1}{10} = 0.0003088$ 克之 P_2O_5 。

第五節 速效磷

藥劑之配製

(1) 浸提液 pH 3. 稀釋 0.1 N 硫酸液為 0.002 N 濃度，每一研再加入 3 克之硫酸鉍。

(2) 鉬藍試劑 秤 19.5 克三氧化鉬 (99.5—100.0% MoO_3) 放入 800cc 克氏燒瓶中。加入 500cc 濃硫酸，加溫，徐徐搖動之，冷至 $150^\circ C$ 。用小表面皿秤 1.25 克金屬鉬粉 (200 Mesh) 倒入克氏燒瓶中，保持溫度為 $140^\circ - 150^\circ C$ ，俟鉬粉全部溶解，冷卻後，吸出 5cc 稀釋至 20cc，用 0.1 N 過錳酸鉀滴定至呈淡紅色為止。此液濃度應為 0.11 N，如濃度低於 0.109 N 須加入不足量之金屬鉬粉，加溫至 $150^\circ C$ 使之溶解，盛於 Pyrex 瓶中。

(3) 稀鉬藍試劑 此液須於試驗時當日配製，將鉬藍試劑加入三倍蒸溜水即成。

(4) 8% 亞硫酸氫鈉液 溶解 40 克亞硫酸氫鈉於 500cc 0.1 N 硫酸液中，須於試驗時臨時配製之。

(5) 標準磷液 (50 p.p.m.) 溶解 0.2195 克磷酸二氫鉀於水中。加入 25cc 1 N 硫酸，稀釋至一研，此液含有百萬分之 50 磷。將 100cc 稀釋至 500cc，此液為百萬分之 10，為比色之標準液。吸取 5cc

(10 p.p.m.) 標準液於 50 cc 量瓶中，加入 35 cc 水及 4 cc 亞硫酸氫鈉液，稀釋至刻度，此為 1 p.p.m. 磷液之標準色。如吸用 2 cc 照上法配製而成，即為 0.4 p.p.m. 標準色。

試驗手續

取 4 克土壤放在搖瓶內加入 400cc 浸提液。加塞，往返搖動 30 分鐘，用 11 cm 乾濾紙過濾，將上部混濁濾液倒入原瓶內，再行過濾。吸出 35cc 清亮濾液放入 50cc 量瓶中。加 4cc 亞硫酸氫鈉液，移置水浴上加溫 40 分鐘，加入 2cc 稀鉬藍試劑。將量瓶旋轉俾溶液混合均勻，繼續加溫恰恰 25 分鐘，移入冷水中迅速冷卻至室溫。稀釋至刻度。與標準色比較。如所測定之供試劑顏色太深，可以減少土壤溶液之用量，稀釋至 35cc，以後處理同於前。

第六節 全量鉀

稱取 0.5 克細土放入鉑坩堝中。再加碳酸鈉 3 克，混合均勻後。加蓋，放在電熱爐中。熔化坩內混合物成流體狀時，用鉗子夾住坩堝壁旋轉之，而使流體漸漸冷卻，黏凝壁上。俟完全冷卻後，放入大蒸發皿中，加水約 100cc 加玻璃蓋，用微火燒煮之，直至坩內混合物完全燒煮在溶液中為止。將坩內溶液及附着物，沖洗於蒸發皿中。俟溶液冷至室溫時，傾入 250cc 量瓶中，並洗淨蒸發皿，稀釋至刻度。不斷地搖動，混合均勻後，用乾濾紙濾入無水燒瓶中。

吸取上部清液 25cc 注入 250cc 燒瓶中。加酚酞指示劑 3 滴，用稀醋酸 (1+2) 滴定至鹼性消失為止。再加入 2—3 滴醋酸，使呈微酸