

982/32

土壤的理化分析方法

叶 炳 等 編

科 学 出 版 社

土壤的理化分析方法

(根据中国科学院林业土壤研究所
土壤分析操作规程草案改编)

叶炳 邱凤琼 高拯民 等編
謝萍若 沈善敏

科 学 出 版 社

1 9 6 3

內 容 簡 介

本書是根據中國科學院林業土壤研究所的土壤分析操作規程草案改編，主要是供土壤工作者了解土壤理化基本性質方面作參考。內容包括：土壤物理方面有機械組成、土壤比重、團聚體等測定；土壤化學方面有土壤代換性能、酸鹼度、水浸提液、養分以及礦質全量分析等項目。測定方法的選擇除蘇聯的經典法而外，並介紹了快速測定法；這些快速測定法可以適應於野外工作站定期觀察土壤理化基本性質之用。

本書在此次印刷中，作者補充介紹了有關研究土壤特性所必要的一些項目，內容有：土壤容重測定，孔隙度計算，土壤氧化還原定位測定，活性鐵鋁測定，游離 Fe_2O_3 測定以及土壤與膠體磷酸以及附量的測定等。

本書可供有關科學研究機關、土壤工作者、農學院、農業技術學校教學與自學的參考。

土壤的理化分析方法

葉 炳 邱鳳璋 高拯民 等編
謝粹若 沈善敏

*

科學出版社出版 (北京朝陽門大街 117 號)

北京市書刊出版業營業登記證出字第 061 號

中國科學院印刷廠印刷 新華書店總經售

*

1959 年 7 月第 一 版 書 號：1813 字 數：155,000

1963 年 12 月第三次印刷 開 本：850×1168 1/32

(京) 9,901—12,400 印 張：6 1/15

定價：0.80 元

本書編写說明

本書編写之前，曾先有土壤分析操作規程草案(油印本，林业土壤研究所內部資料)，系1955年在学习苏联先进經驗与两年来实际工作經驗的基础上写成的。現在又經三年的实际工作，我們認为草案中极大部分內容可以肯定；且自該草案印就以来，曾有不少单位来函索取。为了滿足农林业科学研究与生产实践需要，目前国内自編的土壤分析法出版物不多，故將該草案經修改整理，以供有关方面工作参考。

本书內容中各項目測定方法的选择，极大多数是采用苏联与我国目前常用的方法，并註明原作者的姓名，以供利用分析数据者参考。此外，本书也介紹本研究所新拟的方法，多系快速測定法，經具体工作中試用，認为良好。这些新方法的提出，希望土壤分析能更紧密地結合实际。目前苏联土壤学界与国际先进的土壤工作，皆設立野外定位观察站；国内目前更是为了总结农民丰产經驗，在全国范围已普遍地設立工作点，而农民弟兄也很欢迎結合生产的土壤檢定工作；所以方法的改进，使其能在野外簡單条件下进行分析，是土壤分析工作应注意的一方面。

我們主觀上希望本书能适应一般土壤工作者的要求，叙述力求結合一般化学水平的技术人員。每章先略述意义，而后測定原理、試剂配制及操作手續，比較易懂实用。关于矿物全量分析的經典法，考虑在李庆遠等編“土壤分析法”一书中已有詳述，因此未重复編写；仅把本研究所的快速法加以介紹。

本书編写过程，曾蒙中国科学院熊毅、侯光炯、李庆遠諸先生及浙江农学院朱祖祥教授等的鼓励与帮助；并在宋达泉副所长直接指导下完成，謹此致謝。

参加本书拟定內容尚有本所土壤分析工作全体同志，并由陈甦燕同志繪制插图。本书編写限于水平，考虑不周与錯誤之处在所不免，我們恳切盼望讀者指出缺点，提出建議，冀得改进。

編者 1958年7月30日于沈阳

目 錄

本書編写說明	(v)
I. 土壤分析實驗室工作須知	(1)
II. 分析前試样的准备	(4)
III. 土壤水分的測定	(6)
IV. 土壤比重的測定	(8)
V. 土壤机械分析 I——吸管法	(9)
VI. 土壤机械分析 II——比重計法	(20)
VII. 砂土的机械分析——联合法	(24)
VIII. 由机械分析吸管法的悬浊液中分离 < 1 微米的部分	(26)
IX. 土壤团聚体組成測定	(27)
X. 土壤微团聚体組成測定	(29)
XI. 土壤中腐殖质測定——И. B. 丘林法	(31)
XII. 腐殖质快速測定法——比色法	(36)
XIII. 土壤中碳酸盐的測定——容量法	(38)
XIV. 土壤代換性能的測定	(42)
一、非碳酸盐土壤的代換性能測定	(43)
(一) 代換性鈣鎂的測定——K. K. 盖德洛以茲法	(43)
(二) 代換性鈣鎂的快速測定法	(48)
(三) 代換性盐基总量的測定——快速測定法	(51)
(四) 代換性氢及鉛的測定——A. B. 沙柯洛夫法	(52)
(五) 水解性酸度的測定——卡賓法	(54)
二、碳酸盐土壤的代換性能測定	(56)
(一) 代換性鈣鎂总量的測定——П. B. 馬达諾夫, Л. M. 伏以金法	(56)
(二) 代換性鈉鉀的測定——M. M. 哥德林法	(57)
(三) 代換性鈉鉀的快速測定法	(60)

(四) 施石膏的硷土代換性鈉快速測定法	(62)
XV. 土壤 pH 值的測定	(64)
一、引言	(64)
二、pH 值的比色法測定	(67)
三、pH 值电位計測法	(73)
四、pH 值电位滴定測法	(81)
五、利用鎘極或鎳極的电位計測定 pH	(82)
XVI. 土壤的水浸提液分析(可溶性鹽分分析)	(85)
一、分析意义与方法	(85)
二、水浸提液的获得	(86)
三、蒸发残渣量与灼烧残渣量的測定	(86)
四、 Ca^{++} 与 Mg^{++} 的測定	(87)
五、硷度的測定	(89)
六、 Cl^- 的測定	(91)
七、 SO_4^{--} 的測定	(93)
八、 K^+ 与 Na^+ 的計算	(95)
九、土壤中残存石膏含量的測定	(95)
十、水浸提液分析結果的記載与核算	(95)
十一、总鹽量的电导測定法	(96)
十二、水浸提液中 SiO_2 、 Fe^{+++} 及 Al^{+++} 的測定	(101)
XVII. 全量氮的測定——凱氏(Kjeldahl)法	(105)
XVIII. 全量氮微量法測定——И. В. 丘林法	(109)
XIX. 水解性氮的測定——И. В. 丘林法	(111)
XX. 氨态氮与硝酸态氮的測定	(113)
XXI. 全量氮与全量磷联合測定法——試用經驗法	(116)
(附: 比色法操作技术)	(118)
XXII. 全量磷野外約測法——F. 弗格尔(Fiegl)法	(123)
XXIII. 土壤中速效性磷(活性磷)的測定	(124)
一、測定意义	(124)
二、各种土类測定方法的选择	(124)
三、灰化土中活性磷的測定——A. T. 吉尔散諾夫法	(125)
四、黑鈣土中活性磷的測定——特魯阿格(Труор)法	(127)

五、石灰性土壤中活性磷的测定——馬契金 (Мачигин) 法	(129)
六、紅壤中活性磷测定——阿列尼烏斯 (Аррениус) 法, Виуаа 修正法	(130)
XXIV. 全量鉀的测定——J. 勞倫斯-斯密斯法	(133)
XXV. 全量鉀与鈉火焰光度計测定	(137)
附:鈉的化学测定法	(140)
XXVI. 土壤中速效性鉀(活性鉀)的测定	(142)
一、测定意义	(142)
二、灰化土活性鉀的测定——Я. В. 別以夫法	(142)
三、黑鈣土活性鉀的测定——E. A. 布羅夫金娜法	(145)
四、石灰性土壤中速效性鉀的测定——Д. 古席諾夫, П. В. 普 羅達索夫法	(147)
XXVII. 土壤矿物全量分析——快速测定法	(150)
一、测定意义与快速测定法系統	(150)
二、熔融手續与 SiO_2 的测定	(151)
三、 R_2O_3 的测定	(153)
四、 P_2O_5 的测定——鉬藍比色法	(153)
五、 TiO_2 的测定—— H_2O_2 比色法	(154)
六、 Fe_2O_3 的测定——容量法	(155)
七、 MnO 的测定——比色法	(155)
八、 Al_2O_3 的計算	(156)
九、 CaO 与 MgO 的测定——EDTA 鈉盐容量法	(156)
增編部分	
一、土壤容重测定及孔隙度的計算	(158)
二、EDTA 容量法测定土壤吸收容量	(159)
三、土壤氧化还原电位的测定	(161)
四、活性鉄鋁的测定——吉尔散諾夫法	(163)
五、游离 Fe_2O_3 的测定——Tamm 法	(164)
六、5% KOH 浸提液中 SiO_2 与 Al_2O_3 的测定	(166)
七、土壤与胶体磷酸吸附量的测定	(168)
附 录	(170)
一、土壤分析中有关的計算与操作技术	(170)

二、簡写符号对照表.....	(176)
三、常遇元素的原子量表 (1947年)	(177)
四、醋酸 (CH_3COOH) 水溶液的%, 比重, g/l 等值对查表.....	(178)
五、氢氧化铵 (NH_4OH) 水溶液的%, 比重, g/l 等值对查表.....	(180)
六、盐酸 (HCl) 水溶液的%, 比重, g/l 等值对查表.....	(180)
七、硝酸 (HNO_3) 水溶液的%, 比重, g/l 等值对查表.....	(181)
八、硫酸 (H_2SO_4) 水溶液的%, 比重, g/l 等值对查表.....	(183)
主要参考文献	(185)

I. 土壤分析實驗室工作須知

一、工作制度(供參考)

1. 實驗室內必須整潔嚴肅,有條不紊。
2. 工作時必須嚴格遵守操作規程,不准無故擅自離開實驗室。
3. 工作人員必須對室內未發表的研究工作保密。實驗室內儀器及工具,不准私自拿走。
4. 工作人員不得在室內招待來客,室內不准攜帶食品。
5. 如必須在非工作時間進行工作,則應先得領導同意並應避免單人工作,以免發生危險時無法施救。
6. 值班人負責檢查室內安全、清潔、破損器材登記等事宜。
7. 珍貴精緻儀器,推定專人負責保管,使用者應向保管人負責。
8. 遵守工作須知,作為工作的考績一部分。如有違犯工作須知條例而釀成事故者,得由領導上視情節輕重,分別予以必要的處分。

二、安全通則

- 1 使用煤氣時,必須注意橡皮管及燈的裝置是否正常,有無漏氣現象。
2. 煤氣不用時必須關閉熄滅,使用時不准遠離,火柴棒勿任意亂擲。
3. 視火力需要選擇各種煤氣燈的使用,如本生燈、大頭燈等皆各有特殊性能。
4. 在日光直接照射下,煤氣燈火焰不明顯,應特別注意。
5. 煤氣與空氣混合遇火,將引起爆炸,極為嚴重。當室內有煤

气臭味时，立即打开窗户，然后可用肥皂泡沫检查漏气所在，立即修理。

6. 凡久未使用的煤气管头，使用前应先检查。

7. 使用电热或电动机材时，应先检查电路接线是否正常，如220V或110V，然后才按上总电门，电热板上不宜放石棉，以免过热时损坏。

8. 每次操作前，应先尽量考虑并设法避免可能发生的危险。特殊操作应先请领导指示。

9. 废药、废液、废土或滤纸等，不准倒入水槽内，以免淤塞；应倒入瓦罐内，每天清除，不使积储。

10. 水槽经常保持清洁，水源不用时必须关妥，如发现水槽漏水或损坏时，立即报告总务人员，及时修理。

11. 凡器材损坏或有障碍时，应立即报告器材人员，及时修理。

12. 玻璃仪器使用后，必须干净，放置柜内固定位置。洗滌玻璃仪器，应按洗滌規則（見附录）。

13. 洗滌瓶必须每人自备，不准随便借用，以重卫生。

14. 配制或稀释有放热反应的试剂，如NaOH, KOH, 浓 H_2SO_4 等，必须在烧杯或烧瓶中进行，不得在量瓶或试剂瓶中进行。

15. 不准用烧杯、玻璃器皿等仪器，代作饮具。

16. 试剂瓶塞不准乱塞，瓶标签保持明显完整。

17. 使用玻璃管时，管口必须在火焰上烧成光滑。当玻璃管和橡皮管连接时，预先涂水或涂其他润滑剂，以免破损手皮。

18. 使用吸管时，切勿将试液吸入口内，凡有挥发性或有毒试液应使用抽气泵进行吸取（或医用洗耳球代抽气泵）。

19. NaOH, KOH, Na_2CO_3 等硷液不宜用玻塞，应用软木塞。

20. 遇有不易开启之瓶塞，应注意内储物的性质，与其他有经验的同志商議开启。

21. 搬运药瓶或试剂，切勿负荷过多，酿成意外，取玻璃瓶切勿仅提瓶颈，因瓶颈处玻璃易裂碎，应握瓶身，托住瓶底，尤其大型细口瓶，宜特别小心。

22. 強酸液不宜与氨液放在隣近, 有机溶剂如乙醚、酒精、苯、甲苯等以及其他易燃揮发性液体, 应放置无火源之处。

23. 易爆炸的危险藥品, 勿放在室内, 宜放在室外适当位置。

三、人身安全

1. 酸液损伤皮肤, 应立即先用蒸餾水淋洗, 再用稀 NaHCO_3 或 NH_4OH 淋洗, 而后再用蒸餾水淋洗。倘皮肤已被烧坏, 应用防毒护伤药膏塗伤口, 并加包紮。

2. 硷液损伤皮肤, 应先用蒸餾水淋洗, 而后再用硼酸或草酸液淋洗, 复用蒸餾水淋洗。倘皮肤已被烧坏, 同样应用防毒护伤药膏塗伤口并包紮。

3. 眼睛最宜小心, 尽可能不使接触有刺激性的气体, 尽可能勿把酸液或硷液溅泼。一般稀薄氨气对眼睛无损害, 浓氨水万一不慎溅进眼睛时, 应立即用大量蒸餾水淋洗, 并繼續用稀的硼酸水淋洗, 再用蒸餾水淋洗。当酸液或其它硷液侵入眼睛, 也必須立即用大量蒸餾水淋洗。严重情况应赴医院治疗。

4. 傾倒試剂至量筒或試管中, 最妥当的方法是把試管或量筒在开始时傾斜, 可防止溅泼。切勿将量筒口或試管口对准旁人身体, 以免試剂溅泼或化学反应猛烈产生混合液噴射, 伤及自身或旁人身体。

II. 分析前試样的准备

土壤分析中多数采用风干土样：如机械分析、吸收容量、代換性盐基、酸硷度等。但有时也要求保持野外自然状态的土样：如团粒分析、土壤溶液等。采用原则是根据研究目的来决定的。因土样在潮湿的情况下，易受微生物羣的作用，引起生霉而改变了土样原来的理化性质；因而，在土壤分析中多数采用风干土样。风干的方法，将野外采集的土样，当天即应平舖在木板地面上，平舖的厚度約 2 厘米左右，并随时加以翻拌，可使加速风干均匀，大約經三、五昼夜即可风干完全。倘有大的土块，应于事前用手指将它捏碎，屋內必須干燥，通风良好，无水蒸汽或氨气以及尘埃的侵入。

土样风干后，用四分法分为二份。四分法的操作，最重要是先把土样混匀，否則所分的二份土样不一致。混匀后的土样平舖在光滑地面上舖成四方形，在四方形上沿对角綫划个十字，分为四块，取对角的二块作为一份，即得二份平均土样。取其一一份研細作为化学分析用，另一份不經研細可作土壤結構測定用。

研磨土样的手續，必須严格遵守下列步骤。首先，在研磨之前，必須挑棄植物殘根及石砾，倘有鉄錳結核或石灰結核，也应除去。而后用木杵进行研磨，但不能用磁杵或鉄杵，因将使原始土粒打碎，将使机械分析失去意义。倘遇有粘重的盐土或硷土，可能形成坚硬的土块，不易研碎；則可用厚麻布作衬，用鉄杵来打碎，此法在不得已时可以通用，但不能直接用鉄杵捶土。把所有土样研細至能通过 1 毫米篩孔的篩子。应注意，必須将所有土样皆被研細通过 1 毫米篩孔，除非是石砾，可以挑棄。当測定腐殖质及全量分析等項目时，尚須再进行研細，至能通过 0.25 毫米的篩孔，而后进行測定。測定机械分析、代換性能、酸硷度，速效养分等項目，則概用通过 1 毫米篩孔的土样。

將研細後土樣，用廣口瓶盛裝，瓶塞應具磨砂玻璃。并用標籤註明土樣碼號與採樣深度，以及土類名稱，以備分析時作參考。

當測定各項目時，從小於 1 毫米的土樣中稱取所需數量的平均試樣，其法是採用方格法。把土樣平鋪在玻璃板上或光滑紙上，土樣平鋪厚度為 0.5 厘米，再將其分割為 2.5×2.5 平方厘米的很多小方塊，從每個小方塊里用小勺或刮子取少量的土樣，取時要盡可能在每小方塊中取到底部，不是僅取表面。倘所取土樣不夠供分析用量，應重新混合後，再照上述方格法取出平均土樣。

為了使方格法取樣手續簡化，可以先備大約 35×25 平方厘米光滑的化學製品膠板兩塊，其中一塊鉆很多小孔，小孔直徑約 2—3 毫米，小孔間距離約為 2—3 厘米；將多孔的膠板放在沒有孔的一塊膠板上，而後把試樣平鋪在多孔膠板表面上，平鋪後把上層多孔膠板向上平提，則試樣會在所有小孔中流下至下層沒有孔的膠板上，收集後即平均試樣。倘所取試樣太多，可以重複再進行一次。這樣可比較用牛角勺從每一小方塊中取樣較方便且均勻。

用於測定腐殖質（土壤有機質，碳不在此例）及全量氮磷鉀的土樣，還必須再進行研細，通過 0.25 毫米的篩孔。在研細以前，從 1 毫米的土樣中取需要量的平均試樣，應把殘留的微細草根在放大鏡下仔細地挑選除去，並應防止灰塵落到土壤試樣中去。草根挑選除去以後，充分混勻，用瑪瑙研鉢研細至能通過 0.25 毫米篩孔。應注意，必須將所有土樣盡皆研細通過 0.25 毫米篩孔，不宜殘留較大的土粒，或拋棄其中極小部分。因通過 0.25 毫米篩孔的土樣較少，可用硫酸紙包好備用。

大於 1 毫米部分的石礫，應另行處理。見機械分析吸管法。

III. 土壤水分的測定

一、測定意义

土壤中水分存在的形态,一般可分为三类:即化学結合水、吸湿水及自由水。本节所述仅指吸湿水而言。这种水分当它被土壤所吸附时,有湿润热的放出;它是土壤粒子表面的单分子水层,由分子吸附力所吸住。它仅能在转变为气态时才能被移去。因而它的測定法是将土样經 105°C 保温条件下烘干后,計算土样失去重量即得。但 105°C 烘干的情况下,遇有腐殖质含量較高的土样,也可能把腐殖质分解;因而迄今尚无最完善的測定法。

土壤分析結果的記載,統以“烘干土”为基础,常用%或百克土中毫克当量数为单位;使整个分析結果获得合理的相对性数值。測定土壤水分(吸湿水)也同样以烘干土为基础,用%单位表示。此值实际上是 100% 以外的数值。

土壤水分的多少,一般可以从理化性质变动来估計,土壤愈粘重,腐殖质愈丰富,吸湿水也愈高。同时也与土壤中矿物胶体(小于 0.001 毫米粒径部分)的特性有关。如含有蒙脱石为主的矿物胶体,其吸湿水性高;含高岭土的土壤,則吸湿性低;极大多数土壤是以伊里石为主,吸湿性介乎二者之間。这种关系与土壤代換性能相一致。

二、測定步骤

在已知重量的称量瓶中(或用鉛盒),称土样 10 克,准确至 0.05 克。置烘箱內保温 105°C,烘干 6 小时,移至干燥器中冷却。俟冷却完善后称重。計算每克风干土样相当于烘干土重,以“X”值表示,取有效小数三位。此 X 值备作其它各項目測定时作参考,計算

法如式(1)。計算水分%如式(2)。

$$X = \frac{\text{烘干土重}}{\text{風干土重}}; \quad (1)$$

$$\text{水分}\% = \frac{(\text{風干土} - \text{烘干土}) \times 100}{\text{烘干土重}}. \quad (2)$$

註：水分%取有效小数二位。

IV. 土壤比重的測定

土壤比重即单位体积的土壤重量与同体积水的重量之比。其测定法是利用 100 毫升的比重瓶。

在 100 毫升比重瓶内注满蒸馏水，置恒温水浴中保温 15—20 分钟。取出后，用滤纸擦干比重瓶的外壁，在分析天秤上称重，精确至 0.001 克，设为“*A*”。并记录当时测定温度。

称取平均土样约 10 克，设为“*B*”，其相当的烘干土重设为“*B'*”。将比重瓶内的水倒出一半，并将土样由漏斗上加入瓶内，注意勿使土粒损失，应用蒸馏水洗滌漏斗至比重瓶中。置电热板上煮沸半小时，俟冷，加满水。置恒温水浴中保温 15—20 分钟，取出后，用滤纸将比重瓶外壁擦干，在分析天秤上称重，精确至 0.001 克，设为“*C*”。

$$D(\text{土壤比重}) = \frac{B'}{A + B' - C}$$

注：对于含可溶性盐分的土壤，应事前有洗盐手續。

增編部分有容重及孔隙度的測定法。

V. 土壤机械分析 I——吸管法

土壤由各种大小不同的颗粒组合而成。这些颗粒具有不同的矿物和化学组成，在土壤中所引起的物理化学作用以及生物作用也不一致。

土壤水分、养分、空气状况以及植物生长条件，都显著地受着土壤颗粒组成的影响。在农业利用上有很重要的意义。

自然界土壤的原始颗粒，结合成复杂的微团聚体和大团聚体（土壤团粒）的系统。这些团聚体是变化着的，这种变化是和土壤物理性质及微生物作用的变化有密切关系。

土壤原始颗粒组成，在自然界处于相对的稳定状态。只有在经过较长时间才显示其变化，从土壤发生学观点来看，土壤原始颗粒组成也是首先需要知道的。

鉴定土壤颗粒组成的质和量的特性，应进行机械分析、结构分析及微团聚体组成。尤其以机械组成是一般土壤分析中必须进行的一项。

土壤机械组成是指在土壤中各级大小不同颗粒的相对含量，也有称颗粒分析，一般用百分率表示，以烘干土为基础。

根据 1942 年苏联土壤学家卡钦斯基氏建议，采用各粒级名称如表 1。

机械分析进行的方法，除砂土而外，一般采用吸管法或比重计法；后者操作较简便，但精确度较差。二法皆有二个主要步骤，即首先将土壤制成悬浊液，其次是在悬浊液中测定各级颗粒的含量。制成悬浊液的手续最好取得一致，则二

表 1

机械粒级 (毫米)	粒级名称
> 3	土壤石砾
3—1	粗 砂
1—0.25	中 砂
0.25—0.05	细 砂
0.05—0.01	粗 粉 砂
0.01—0.005	中 粉 砂
0.005—0.001	细 粉 砂
< 0.001	粘 粒