

土 壤 化 学

F. E. 貝 尔 主 編

科 学 出 版 社

土 壤 化 学

F. E. 貝 尔 主 編

科 学 出 版 社

1 9 5 9

CHEMISTRY OF THE SOIL
EDITED BY FIRMAN E. BEAR
REINHOLD PUBLISHING CORPORATION
U. S. A., 1955

內 容 簡 介

本书比較全面而系統地介紹了土壤化学中的主要理論,并通過某些具体的研究成果說明了理論問題,所引用的研究方法也是比較現代化的。全書除導言外共分十章,由美、英和瑞典等國的十二位土壤化学專家各就其專長分別寫成,對於土壤化学領域內的各個主要問題談得比較全面,收集的文献也較多,總結了資本主义國家近年來關於土壤化学方面的成就,可供土壤工作者、植物生理工作者、农业工作者及高等学校有关专业的師生閱讀。

土 壤 化 学

F. E. 貝 尔 主 編

袁可能 朱祖祥 俞震豫 譯

*

科 学 出 版 社 出 版 (北京朝陽門大街 117 号)
北京市書刊出版業營業許可証出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

*

1959 年 7 月第 一 版
1959 年 7 月第一次印刷
(京) 0001—6,000

書号: 1802 字數: 323,000
开本: 787×1092 1/16
印張: 14 2/9

定价: (10) 2.00 元

代 譯 序

随着化学、物理和生物等基础学科的进展,許多新的科学技术逐渐应用于农业問題的研究上,从而在理論上闡明了生产实践中的种种現象,作为改进农业措施的論据。土壤化学就是在这样情况下成长起来的一門学科。它以化学、物理化学和生物化学等的科学技术为工具,来闡明粘土矿物、土壤有机質、土壤养分等的性質,并且进一步的来探求这些組成在不同自然条件及不同利用情况下的变化規律,为土壤分类、土壤生成发育、土地利用、輪作、施肥及肥料工业规划等的研究提供科学論据。

过去也出版过許多有关土壤化学的专著,但是大部局限于研究方法和分析方法。1955年美国化学学会編印的“土壤化学”一书,才比較全面的介紹了土壤化学中的主要理論,并且通过某些具体的研究成果來說明問題。这本书是由美国“土壤学杂志”总編輯 F. E. 貝尔 (Bear) 主編,由十三位美、英和瑞典专家分別执笔的,其中某些編写者在他自身的专业方面是极有造詣的;本书所引用的研究方法是比較現代的,作为“土壤学”中的补充資料来講,有一定的参考价值。因此这本书出版以后,迅速地得到了中国、苏联和日本等土壤工作者的注意。

但是这本书也有不少的缺点:首先是它的取材不很全面,其中个別的編者甚至完全忽略了苏联科学工作者的卓越貢獻,在 H. П. 列美佐夫 (Ремезов) 教授对于这本书的书評中,曾經一再的提到这一点*。誠然,取材的局限性限制了本书的內容,例如对于土壤有机物質的研究,除了 S. A. 瓦克斯曼 (Waksman) 的早期工作以外,英美土壤研究者在这方面的的工作是比較貧乏的,而实际上瓦克斯曼对于土壤有机質的貢獻,在今天也只能作为科学进展过程中的历史性叙述。由于編者漠視了苏联科学家的卓越成就,致使“土壤有机質”一章成为本书中薄弱的一环。其他类似的情况还有,我們将在下面分別提到。原书印校比較草率,錯誤很多,在中文譯本中均已由譯校者加以改正。

本书共分“土壤发育”、“土壤的化学組成”、“土壤胶体化学”、“阳离子与阴离子的代換現象”、“土壤有机物”、“植物养料的土壤固定”、“土壤中氧化还原过程”、“酸性土、硷性土、硷土和盐土”、“微量元素”以及“土壤化学与植物营养”十章。总的看来,各章执笔者对本书的要求在認識上并不一致,而且在編写过程中彼此交換意見也似乎不够。因此不仅文章的詳略大有不同,并且在物理化学和土壤矿物等的基本理論上,也有不少叙述得重复的地方。現在我們把每章予以个別的分析。

第一章“土壤发育”是由加利福尼亚大学 Isaac Barshad 教授写的。这章的主要内容是通过具体例子,用比較穩定性的原生矿物和化学成分,以及机械成分的分析結

* 見苏联土壤学杂志 (Почвоведение, 1958, 10: 89—92)。

果,來說明成土母質在形成土壤过程时的变化。

作者参考了 Jackson 和 Marshall 的材料,把母質中原生矿物的风化循序加以总结,并且引用某些稳定性的矿物作为指标。他假定由單純的母質而发育的土壤剖面中,如果未經混雜外来物質,那么剖面各层間稳定性原生矿物的比例是不变的。

作者在寒温带情况下,举个例子來說明土壤发育,用石英及鈉长石作为指标矿物。在根据稳定性化学成分来計算剖面发育时,他引用了 SiO_2 和 Fe_2O_3 作为指标。(当然,我們不能机械的搬用这些例子,例如在华东某些紅壤中,石英、鈦鉄矿和銳鈦矿应该是良好的指标。)

本章用了大量的篇幅,根据指标矿物、指标原素、土壤容重、粘粒 ($<5\mu$) 含量、粗粒 ($>5\mu$) 含量等的变化,通过具体的計算方法,使剖面发育过程中各土层間的淋溶、淀积以及粘粒形成等作用,得以用具体数量表达出来。

实际上 Barshad 教授与其說他是位土壤专家,不如說他是一位矿物专家,他对由原生矿物到粘土矿物风化过程間的变化,曾經做了卓越的研究工作(大部发表在美国矿物杂志上)。在这章中他努力意图把化学、矿物及机械組成的分析結果相互地結合起来,來說明土壤剖面发育中的变化,是很有参考价值的。但是作者把土壤中物質移动仅仅看成是淋溶和淀积的关系,完全忽略了成土作用中的生物因子。其实生物物質循环对于次生矿物形成的关系,是波雷諾夫教授所早已指出过的。列美佐夫教授对于这一章有这样的总结性評論:“Barshad 对于土类有这样的观点,似乎土壤是建立在平衡状态中,这项‘气候論’的缺点,在苏联的土壤文献中已經充分的說明了。”

本章的后一部分把植物生长、养分吸收、有机質、水分与土壤发育的关系,都分別的提了一小段,似乎并不能說明什么問題,而大部分都在后面几章更詳尽的包括了。

本章的最后部分討論了各种成土因子与土壤发育的关系,主要的是根据 Jenny 的見解,而这项見解却忽視了各項成土因子間相互联系的基本观点。

第二章是“土壤的化学組成”,密歇根大学 K. Lawton 教授著。本章的最初十頁概括的說明了土壤中原生矿物及次生矿物的化学成分。接着又把硅、鈦、鋁、鉄、鈣、鎂、鉀、鈉、磷、氮等的存在状态,分別加以約略的說明,实际上是有些重复的。最后一部分把有机質土壤(泥炭土及腐泥土)的矿質成分及有机組成加以討論,而对有机部分的分組仍是沿用瓦克斯曼早期所采用的方法。我們觉得本章是全书中較弱环节之一,如果将土壤原生矿物部分对照第一章来看,而将粘土矿物部分对照第三章来看,那么这章所能留給讀者的內容实在很少。

第三章“土壤胶体化学”是 Rutgers 大学 S. J. Toth 教授写的。他在一般的介紹了胶体的通性以后,便对高岭石、蒙脫石及云母石(伊里石)三个类型的結構加以說明,引用了 Gruner 及 Grim 等五幅結構图。随后把土壤胶体的主要物理化学性質(包括代換量、阴离子及阳离子代換作用、酸度等)分別加以說明。最后兩頁专讲土壤有机質的胶体性質,所引用的材料是比較陈旧了。Toth 教授以二十頁的篇幅結束了“土壤胶体化学”的一章。当然說明了有关胶体化学方面基本的必要的知識,但是他的要求是不高的,他所引用的文献,一般讲来也是在土壤胶体化学研究上比較早期的工作。

第四章“阳离子与阴离子的代換現象”，是瑞典学者 L. Wiklander 所写。在談到土壤中离子代換性質的来源的时候，引用英国 Schofield 的工作結果，說明了由于同晶置換所产生的永久負电荷，及由于 OH 基的解离所产生的負电荷（在高 pH 时）和正电荷（在低 pH 时）的相互关系。然后，根据胶体化学上的理論，論証了离子扩散层的性質。在关于离子代換方程式的部分，作者以大量的篇幅，討論了 Donnan 平衡理論在土壤中的应用，并进而討論了阳离子和阴离子在土壤体系中的不均等分布情况以及有关因素的影响。因为所有代換方程式中的离子数量都应以活度表示，所以作者介紹了几种主要的測定土壤中离子活度的方法，如 Marshall 的胶膜电极法、Peech 的电位差法等，并对各种方法在应用上的限制加以說明。

在阳离子代換部分，作者主要根据 Donnan 平衡理論，討論了稀释作用和阳离子代換量对阳离子“价效应”的影响，认为土壤溶液愈稀释或阳离子代換量愈大，则二价离子的吸附量愈較一价离子为多。作者根据同样的理論，討論了离子的飽和度和相伴离子对其吸附作用的影响。作者认为各种离子的相对代換力因吸附剂种类和各离子的特性而不同，对于不同土壤，不可能得到同一的相对代換次序。

在阴离子代換部分，根据 Donnan 平衡理論，推断了阴离子的負吸附作用随阴离子价数的增加和相伴阳离子价数的减小而增高。引用 Mattson 的結果，說明土壤 pH 愈低，阴离子的吸附量愈大。最后，作者引用自己的实验材料，討論了土壤的两性性質与 pH 的关系。

作者与 Mattson 一道，对于 Donnan 平衡理論在土壤体系中的应用曾做出了卓越的貢獻；同时由于 Donnan 平衡理論在近几年来逐漸引起土壤学者愈来愈多的注意，所以本章中对 Donnan 平衡的应用給予詳細的討論是可以理解的。一般說，本章的理論性較高，是本书中叙述得較好的一章。但是土壤中的一些离子代換現象也可以应用其他的理論来解释，甚至比 Donnan 平衡解释得更合理，而作者在这方面却没有給以应有的比較。此外，近几年来大家比較注意的多价离子的代換現象、多相离子体系的代換作用、代換作用的动力学和代換过程中的能量变化，在本章中都沒有占有应有的篇幅。

第五章“土壤有机物”由苏格兰土壤工作者 G. K. Fraser 著。在腐殖質的概念上，作者把它分为两种体系，第一是植物殘体分解过程中的各級产物，第二是土壤生物活动的产物。由于作者所工作的 Macaulay Institute 的研究方向偏重于碳水化合物及蛋白質化学，本文对土壤有机物的观点也由此出发。

本章首先讲到植物体的主要成分，包括碳水化合物类、木素、蛋白質以及脂肪类等。在碳水化合物类中，作者說明了纖維、半纖維的分子結構及性質。并且对含氮的碳水化合物做了簡單介紹。作者从苯丙烷的聚合物出发，來說明木素的构造，討論到木素和土壤腐殖質的关系，而沒有得出結論。簡單的說明了蛋白質的构造及土壤有机質中的氮素分配情况。

文中簡單的談到土壤有机物的累积方式，說明了富有基性养分土壤中所累积的腐化有机質，酸性土壤中所累积的酸性粗有机質，以及嫌气状态下的有机質累积作

用。接着便討論到分析土壤有机物的方法。

文中介紹了分析木素、蛋白質、維絨、半纖維、糖类、油脂类等通用方法。至于腐殖質部分的分析，作者比較詳細的說明了 2% NaOH 的提取法。文中也提到德国学者以溴化乙醚来提取胡敏(未腐殖化部分)的方法，以及英国学者所建議的焦磷酸鈉溶液的提取法。对于含氮有机質的分析，則提出了通过氨基酸測定的色层分析法。

作者完全无视于苏联学者在这方面的大量工作。无论在分离腐殖質的体系方面，和各部分腐殖質性质的研究方面，对全苏科学院的研究工作是不应该忽略的，特别是对苏联科学院土壤研究所第 38 期专报上所发表的論文及 Кононова 教授的专著。在参考书中作者提到 U. Springer 的一篇早期研究报告，但是对于他和其他德国学者比較晚近的卓越研究成果，則既无引証，亦沒有在参考文献中列出。

本章的后部分以較大的篇幅討論到有机物的分解，实际上主要的是植物体在堆肥中的分解，以及无机养分对于增加植物体分解率的影响。接着引証了三个挪威土壤剖面的有机質分析，无论在分析方法上及土壤的代表性方面，都不是很动人的参考材料。最后零星的討論到腐殖質的代換量，以及土壤有机質中个别基体的測定方法。

本章的具体内容及編写体系似乎都不能令人滿意，而文后所列的参考文献，与本文内容又很难彼此呼应。

第六章“植物养料的土壤固定”由 L. T. Kardos 教授編写。本章内容实际上只包括磷、鉀以及鈹的固定，而以磷为主。本章首先討論到胶体对溶液中离子吸附的理論，但是由于物理化学上吸附作用的可逆性因土壤胶体性质及其他条件影响而受到限制，而认为土壤对离子的固定作用是吸附作用的进一步发展。

作者引用比較晚近的材料說明 PO_4^{3-} 在晶格中代換了 OH^- ，来証实同晶代換作用的存在，但是以为同晶代換作用在磷固定的全量中只占极少一部分；同时也引証了有关磷酸和硅酸的代換材料。当然磷酸是不是真的代換胶体中的硅酸，是一个有待进一步研究的問題。

本章分 Fe^{+++} 、 Al^{+++} 和 Ca^{++} 两段來說明磷酸盐的化学沉淀，文中按照平衡常数及溶度的理論，計算了不同 pH 土壤中 Fe^{+++} 、 Al^{+++} 及 Ca^{++} 对可溶性磷肥的沉淀量。作者以为有机質对磷酸的吸附是阴离子的极性吸附，而土壤有机質中羧酸类的螯状化作用足以抑制 Fe、Al 对磷酸盐的沉淀，因此有机質对磷的固定影响是不大的。

在討論到阳离子的固定作用时，重点是放在鉀的固定。作者根据 Volk 的早期成果，說明温度、干燥对于固定鉀的关系，并討論到白云母粘粒对于固定鉀的可能性。随后本章深入討論到离子粒径与晶格距离对于各項阳离子固定的关系，进一步說明了不同阳离子在水化时的粒径膨胀情况，指出 K、 NH_4 、Rb 等离子在水饱和中与晶格緊密接触，而不受膨胀。作者也介紹了一些介电常数对于阳离子固定关系的理論。最后讲到固定状态鈹在三种粘土矿物中的硝化作用，除了蒙脫土的硝化率近 15% 以外，其余都小于 5%。本章对于磷的固定部分叙述得相当完善，但是对于氮的固定方面，内容却較貧乏。

第七章“土壤中的氧化还原过程”系宾夕法尼亚州立大学的 F. G. Merkle 教授所写。本章首先说明成土过程中的氧化还原电位的变化,主要是由于铁、镁黑色矿物在风化时的氧化作用,亚铁在风化过程中变成高铁。铁、锰、钛、铜等形成土壤中的主要氧化还原因子。大量累积的植物残体为土壤氧化-还原作用的另一体系,这方面包括碳、氮、硫、磷。

其次讨论到氧化还原作用对成土作用的影响,例如灰化作用在很大的程度上是由于在有机质的还原影响下易溶性 Fe^{++} 、 Mn^{++} 受淋溶而引起。而热带气候条件下表面有机质的迅速分解,以及表土铁质在高温情况下的氧化,便引起红壤化作用。

作者对于氧化还原测定方法的理论做了简要的介绍,说明 pH 对于 Eh 值的变化,并且讨论到两种校正的方法。

文中把 1920 至 1953 年间有关土壤氧化-还原方面的主要研究列了一个表,并且把这些结果加以总结。这些工作说明了一般土壤中氧化-还原电位的范围及季节变化,分析技术上应注意的细节,例如水土比例和电极面积的影响,以及定量滴定的方法等。作者引用了植物生理研究上的结果,以为某些植物的叶部黄萎现象是由于高量活性 Mn 使活性 Fe:Mn 的比例超过了氧化-还原电位应有的平衡,因而抑制了 Fe 的活性。最后讲到土壤空气与氧化-还原电位的关系。但是本章所讨论到的文献全部限于美国。所附的 96 篇参考文献中,除两篇曾见于德国杂志外,其余全是美国材料,对于中国和日本在水稻土方面所做的工作是忽略了。

第八章“酸性土、硷性土、硷土和盐土”是 D. W. Thorne 教授等编写的。全章中有三分之一是讲土壤酸度的一般性理论,从 pH 的定义说起,讲到土壤中主要胶体类型的代换量和滴定曲线,以及电解质、水、二氧化碳等对于 pH 的影响;这部分的最后一节总结了土壤主要养分在不同 pH 情况下的活性,大体上是参照 Truog 早期的见解。

第二部分讲到酸性土壤。作者一般的讨论了酸性土壤施用石灰的好处,然后根据土壤代换量来估计石灰施用率。他提到用四十年前 Comber 氏测定活性 Fe^{+++} 的方法来估计代换性氢量。最后有两页讲到了石灰施用的农业技术问题。

全章讲到硷性土的共有两页,说明 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 的溶度和 CaCO_3 对于 Fe^{++} 活性的影响,以及石灰性土壤中所发生的植物萎黄病。

本章的最后一部分是盐土和硷土及其改良。作者引用代换性钠的百分数和导电度来做分类依据,文中对于盐土的检定,主张以土壤水饱和状态下的抽取液的导电度为标准。对于硷土的检定则着重于代换性钙,文中提出了所谓“石膏需要率”的速测法,是文献上不很熟知的。最后谈到灌溉水的质量,注意于 Na 离子在全部阳离子中所占的比例以及硼的含量。

全章是写得很平凡的。这些材料似乎在普通土壤学中都应该包括了。

第九章“微量元素”是苏格兰土壤工作者 R. L. Mitchell 写的。作者在微量元素的化学分析及光谱分析方面,曾经做过了极有价值的工作。全章似乎可以分为三个部分,第一部分是微量元素的地球化学,第二部分是微量元素在土壤中的分布,第三

部分是微量元素对于植物营养。

第一部分中,作者首先引用 Goldschmidt 的地壳中元素分布量,次之通过具体例子说明从超基性岩石到酸性岩石中间的微量元素含量变化情况,指出 Co, Ni, Cr, Zn, B 等較大量的存在于基性火成岩,而 Ba, Zr, La 等則較大量的存在于酸性火成岩。而有些元素如 Mn, Sr 等則分布比較均匀。其次分析了微量元素在某些主要原生矿物中的分布。最后提到大量元素在沉积岩中的累积方式,并同时说明了并存的微量元素。

第二部分讲到土壤中的微量元素。首先说明各种微量元素在不同母质而发育的土壤中的含量,其次讨论到某些微量元素的吸收代换性能,指出土壤胶体对于 Cu, Pb, Ni, Co, Zn 等阳离子的吸附力远较对 Ca 离子为大。而阴离子方面,则胶体对 B 及 Mo 的吸附力远较对 P 及 S 为低。在以后的数据中,作者对于微量元素的吸附性阳离子以 pH 2.5 的 HAc 来提取,其所得的数值较之 N. NH₄AC 提取的約大 10 倍以上。最后作者提到灰化作用、潛水灰化作用对某些微量元素在剖面中移动的影响。

第三部分讨论到 B, Cu, Mn, Mo, Se, Zn 等在土壤中的含量及其和作物生长的关系。这一部分写的极为概略,对于某些元素在生物化学上的机制一点也沒有提到。今天看来,不研究微量元素在生物化学合成中的作用,也就是沒有接触到这门科学在农业生产中的关键性問題。作者除了引証 Виноградов 的“土壤中稀有及扩散元素的地球化学”中的某些元素含量以外,对于全苏科学院在这方面所做的卓越研究(特别是对于 B),完全忽略了。

第十章“土壤化学与植物营养”,为北卡罗林大学 A. Mehlich 教授等所著。作者首先叙述土壤养分对于植物营养的概念,接着便举 15 种植物生长上所必要的元素,并且对它們在植物生理上的机制分别加以极为简单而扼要的说明。

作者对于根系吸收性能加以重点讨论,以較大的篇幅引載了 Drake 及 McLeen 等对于根系代换量、酸度、自由键能相互关系的数据。本章对于植物吸收 Ca, K 两离子的选择性能說得很詳細,引証了 Mattson 所援用的 Donnan 氏平衡学說,闡明植物对二价离子的吸收所需要的能量較之一价离子为大。通过某些具体例子,証明不同吸收性能的植物根系对于在溶液中的 K 和 Ca 有同样的吸收能力,而在胶体吸附状态下,吸收性能較强的植物,才較吸收性能小的植物摄取为量較多的 Ca。

作者将离子进入植物体内的机制分为物理化学作用以及生理代謝作用,并通过图解做了简单说明。随后比較詳細的讨论各种类型粘土对 K 离子和 Ca 离子的键能,并分析了根系吸收性能和胶体键能的关系,这方面的参考材料是引証得相当完备的。本节最后讨论到土壤环境因子(包括代换量、离子比例、pH)与根系吸收的关系,分为大量元素和微量元素来说明。

对于阴离子部分,本章的重点在于磷的机制。说明了有效性磷在幼苗时期的重要性,接着讲到磷的固定以及阴离子的代换性能。

本章最后一部分介绍了螯状化作用,讨论到如何通过这个作用来防止 Al⁺⁺⁺,

Fe^{+++} 对磷酸盐的固定,以及从援用 Ca^{++} 的螯状化作用,来增进磷灰石的肥效,此外也提到有关 Zn^{++} , Fe^{+++} , Cu^{++} 等微量元素的螯状化作用。对于土壤本身所含的有机质在这个作用上的影响讨论得不多,当然,这方面的工作也还正处在开始的阶段。

作者在结束本章时,举出了美国的具体例子来说明。土壤化学对于植物营养的理论如何应用于农业实践。我们觉得这是全书中比较完美的一章。

总的说来,本书各章的详略和深浅虽很不一致,但却是土壤化学方面比较完全的一本参考书。其中第一章“土壤发育”、第四章“阳离子与阴离子的代换现象”、第五章“植物养料的土壤固定”——磷的固定和钾的固定、第七章“土壤中的氧化还原过程”、第十章“土壤化学与植物营养”都是相当完备的。

原书的末段是有关土壤分析方法的附录,在大量元素方面,以美国农业化学协会的方法为标准,在微量元素方面,加入了光谱分析法。关于土壤分析方法的专著,在国内已有比较详细的材料编译出版,而原书中所引用的方法,也不是都适合于国内的设备条件,因此译者把附录部分删除了。

读了这本书我们可以发觉,土壤化学是在急遽的进展中,作为一门应用的生物学,它是势必随着近代的基础学科的进步而发展的。土壤化学已经不能建筑在单纯普通化学知识的基础上,它和物理化学、晶体矿物、植物生物化学间的联系是无法分离的。不仅如此,要使土壤化学完成它应用科学的任务,在研究每个具体的问题上,它必须与当地农业上的环境条件相结合。

苏联列美佐夫教授在结束他对这本书的评述时,曾希望苏联土壤学家及农业化学家能从比较先进方法的角度,集体的来编写一本能正确反映现代土壤科学水准的土壤化学集刊。

其实土壤学是地域性较大的科学,不但每个国家的生物、气候条件各有不同,而农业生产制度也有很大的差别。中国的土壤化学研究,必须以耕作对于土壤性质的影响为重点,根据我们自己的农业特点来提出提高土壤肥力的理论,并且要使这些理论能贯彻在农业技术措施上。

在结束对这本书的评介时,我希望中国土壤工作者进一步能以自己的研究资料,写成“土壤化学”一书。

李 慶 健 1959年3月

(根据“土壤通报”1958年第一期60—64页的书评改写)

目 录

代譯序.....	iii
导言.....	F. E. 貝尔 1
1. 土壤发育.....	I. 巴仙特 4
2. 土壤的化学組成.....	K. 劳登 42
3. 土壤胶体化学.....	S. J. 託司 66
4. 阳离子和阴离子的代換現象.....	L. 維克倫德 81
5. 土壤有机物.....	G. K. 佛勒塞 113
6. 植物养料的土壤固定.....	L. T. 卡杜斯 133
7. 土壤中的氧化还原过程.....	F. G. 麦克利 150
8. 酸性土, 硷性土, 硷土和盐土.....	D. W. 商尼 L. F. 西茲 164
9. 微量元素.....	R. L. 密歇尔 189
10. 土壤化学与植物营养.....	A. 梅立希 M. 特拉克 212

導 言

F. E. 貝 爾 (Firman E. Bear)

(新泽西州鲁铁尔大学土壤系)

什么是土壤？密歇根州的 Veatch 給它下一个定义，认为“容纳着不同比例、而又相互平衡的、无机及有机胶体，活的和死的动植物体，水以及气体的无机物质的质体”即是土壤。

英国威尔士的 Robinson 对土壤定义又作了下列的重要补充，他认为：“只有对所有土壤发生层次或包括一直深入到母质为止的全部土层进行了研究之后，才能获得关于土壤的真正概念。如果只采取土壤剖面中某些个别发生层次的土壤样品而研究其性质，这对为了某些目的来说，虽然可能也已足够，但为了获得全面的概念，实验室内研究还必须以野外自然剖面的观察作为补充。”

早些时候，美国农部的 Cameron 曾指出：“把土壤作为作物生产的介质来进行研究时，我们必须考虑植物本身（或至少它的深入于土中的部分，即根部），土壤的固体颗粒，土壤水分或水溶液（除二氧化碳是通过地上部分获得的以外，植物是从溶液中获得全部生存物质的），土壤空气以及在土壤内所进行的生物过程。这些事物的一个共同特征就是：它们是处于不断的变化之中的，因此，土壤在本质上是恒动的。”

母岩和矿物形成母质，从母质生成土壤，因之，土壤化学家对于探求母岩和矿物的详细化学知识是很有兴趣的。但追溯母岩因受气象、地质及生物因素的作用而产生的（已产生的及正在产生的）变化，对土壤化学家来说，应更为关切。土壤是由于母岩和矿物的风化残物而发生，由于母岩及矿物的成分有很大变化，而且影响土壤生成的若干因素在本性上及作用方式上都有多种多样的变化，因之，其最后形成的土壤也有很大的差异，它们在地球表面上不论沿水平方向以及沿垂直方向都不相同。

若干年来，土壤化学的观念和化学中其他部门的知识一样，都经历了很大的变化。有时，人们认为英国的 Davy 是第一个土壤化学家，虽然他所特别感兴趣的是把土壤看做硷金属及硷土金属的可能来源，但在的一系列有关农业化学的讲演中也涉及到土壤和植物营养的关系。

在食品生产上，最重要的是把注意力引向研究土壤的化学组成和作物需求的关系。在这一方面最闻名的先驱化学家有德国的 Liebig，法国的 Boussingault，英国罗柴姆司担脱试验站的 Gilbert。这些化学家分析了土壤中若干矿物元素的总含量作为评价土壤肥力状况的起点，同时他们也分析了作物，以测定它们从土壤所吸收的物质。

在美国,当 20 世紀早期,伊利諾斯州的 Hopkins 领导进行一系列的分析工作时,这一形式的土壤化学工作曾发展到了它的最高峰。开始时对大量的土壤样品进行全面的矿物成分分析,以后分析工作就局限于犁层土壤内主要矿质养料及氮素的总含量,这样的分析结果代表了所谓“银行存款”,备作物在其生长过程中“支付”之用。这种分析证明土壤中若干营养元素的总含量各地很不相同,而各个地理区域之间的差别则更大。但同时对文献上所累积的和记载的数以千计的这种分析资料究有多大价值,也开始产生了怀疑。

就在这个时候,土壤学家对于测定土壤复合体中所含的营养元素对植物的有效率也作了努力。加利福尼亚州的 Hilgard 认为有效矿物养料的原始来源是由沸石所组成的,因此,他认为在分析土壤时需要以强酸消化来代替高温熔化。由于他的建议,就对土壤在三种不同浓度的盐酸中的溶解度进行了研究,研究结果发现采用比重为 1.115 的盐酸可以获得最大的溶解度。Hilgard 于是写道:“因为只要把任何一种浓度的盐酸用蒸气蒸馏就可很容易地得到这种浓度*的盐酸,所以作者就采用它,认为它最适合于土壤分析的目的。”美国的公职农业化学家协会也就把这溶剂和浓度,另加上时间和温度的规定,制定为美国公证方法整体中的一部分。

然而大量的沸石被及时地证明是不存在于任何土壤中的。代替这一方面学说而提出例证的,最早为英国的 Way,以后又有许多其他化学家,其中特别闻名的如苏联的 Gedroiz,瑞典的 Mattson,美国农部的 Hendricks,加利福尼亚州的 Kelley。他们指出营养阳离子的有效来源是以交换状态被吸附于粘粒矿物及胶体腐殖质上的,它们可以用中性盐溶液迅速地从交换态释放出来。这一指出把注意力引向对下列问题的研究:土壤的阳离子代换容量,不同来源的土壤中所含若干吸附阳离子的数量及比例。此外,在营养阴离子中也发现某些阴离子同样被吸附于土壤上,为了弄清楚这些现象而进行的研究工作,其数量也是相当巨大的。

在这同时,对土壤溶液也做了很多研究工作,这中间也涉及到从土壤中分离浸出液的各种方法。浸提所采用的是各种不同的弱溶剂。在这方面若干最早的研究工作是由英国的 Dyer 完成的,他采用了 1% 檸檬酸溶液以仿效假想中的植物根部对土壤的溶解作用;在美国,从事于这方面研究工作的最早一批人员中有:威斯康辛州的 Truog,伊利諾斯州的 Bray 以及康涅狄格州的 Morgan。Morgan 的浸提法采用了醋酸钠的高度缓冲液,这一方法被应用得很广泛。以后新泽西州的 Purvis 和 Hanna 把土壤放在硼酸稀溶液中进行电析,使土壤速测技术更趋于完善。同时在分析土壤上所生长的植物以测定土壤的养分供给能力这一方面也做了不少工作,若干美国土壤化学家及植物化学家并曾合作写成了关于这方面技术的简明专集。

在这一整个时期中,为了寻找土壤分类的更可靠基础,对土壤的野外研究也曾作了很大的努力。这种研究最后终于使俄国的道庫恰也夫及其同事们发现了:气候及其相关的植被是决定成熟土壤的本性的主导因素。以此为基础,地球上的土壤最后

* 即比重为 1.115。——译者

被划分为若干大土类,其中四个突出的例子为:灰紅色漠境土壤,在雨量中度而溫暖的区域中的黑色黑鈣土,湿润而寒冷区域中的灰棕色灰化土,以及雨量充沛的热带区域中的紅色砖紅土。

以上这种分类观念一旦发展之后,进一步仔細研究这些大土类間的差別(这种大土类原来只是根据它們剖面中某些发生层次的表面顏色以及其他一些易于观察的特征来識別的)就显然很有必要了。这种研究表明:在土壤剖面中可溶性物質及胶体物質是有向下移动的現象的,其移动的程度决定于降水量和蒸发量之間的关系,也决定于温度和时间。化学家在这一方面所发现的最主要之点可以用下列現象來說明:沙漠土壤的盐度和硷度,黑鈣土B层中的碳酸鈣沉淀,灰化土的酸度,鉄鋁氧化物在它們B层中的聚积度,砖紅壤中硅酸盐态二氧化硅的损失以及鉄鋁氧化物在它們剖面中的聚积。

这些研究工作是很有启发意义的,它們提供了对粘粒矿物进行更細緻研究的始点,而土壤的物理性質和化学性質在很大程度上是依赖于粘粒矿物的。正象我們所推想的一样,这些粘粒矿物的特征是和气候本性以及从这气候中所生成的土壤的性質有关。黑鈣土中所发现的粘粒矿物的主要类型为蒙脫石,灰化土中为伊利石,砖紅壤中为高岭石。

土壤的生产能力在很大程度上受它自然所含的有机質和在耕作中所加入的有机質的影响。德国的 Thaer 是研究土壤有机質的創始人。在这一研究領域內的其他科学家还有德国的 Mulder, 法国的 Deherain, 美国农部的 Schreiner 和 Shorey, 美国加利福尼亚州的 Jenny, 新泽西州的 Waksman 等。Waksman 并曾写成专书,很好地彙述了这一工作。

对土壤和作物需求的关系进行不断研究的結果,发现了有不少营养元素是植物所必需的,但其需要量极少。在这一羣所謂“微量”元素中間,有錳、鋅、銅、硼、鉬、鈷、碘和氟。这些微量元素在土壤中的含量以及动植物对它們的需求量都很少,以至在分析工作上也产生了若干很困难的問題。

現在土壤化学家所用的工具包括化学實驗室中在进行定性及定量分析时所采用的全部近代器械。它們也包括 X-射綫的衍射仪,差热分析仪,岩石显微鏡,电子显微鏡,以及光譜仪等。同时,土壤化学家也認識到研究土壤必須在野外及在實驗室內同时观察。

在本专集內将由若干专家各就其专长分別写成各章,而这一导言只是为以后更細緻的討論叙述鋪平道路。希望研讀本书的讀者,能从本书中获得为了相当全面地了解所謂近代土壤化学的必需資料。

1. 土壤发育

I. 巴仙特 (Isaac Barshad)

(加利福尼亚大学土壤系)

土壤是一种独立的不断运动着的物体,根据作用于它的动力的不同,而产生各种性质。Hilgard 和道庫恰也夫首先認識了这些事实,因之他們就被尊为土壤学的奠基者。他們最先認識到土壤性质是某些物理作用和化学作用的产物,而这些物理作用或化学作用,不仅受产生土壤的岩石或岩石物质的影响,同时也受气候、植物、地形和作用的時間的影响。由于他們和追隨于他們的土壤学家的努力,土壤科学才成为地学系統中的一門重要科学。

就广义讲,土壤学是研究土壤物质发展的科学。土壤物质可說是存在于地壳最外部的物质,它們受到某些內在的遗传因素和在地球表面特定的位置以及在这特定位置上的环境条件的作用,而具有显明的矿物学和化学的特性。因此,我們可以从一定深度出发研究土壤物质的某一性质的发展因地区而不同的现象。例如研究地面 6 吋深范围内的氮素含量受温度变异的影响;或者,我們也可以研究任何一个地点的土壤物质在地面下不同深度的变异情况。承认土壤发育的结果使土壤物质随深度而变异乃是土壤学主要贡献之一。

很多土壤学家认为:一种土壤可以按它们的特性——因深度不同而发生性质上的独特变化,来下定义。同时他們认为从表层向下直至各项性质都保持着均一性的深度为止,其間所包含的全部土壤物质,可以看做是一个整体,并称之为土壤剖面;因深度不同而表现出显著的性质差别的个别土壤层次,称为土层。

为了审定土壤剖面的发育,必須审定每个土层的土壤物质的原始状况,这种原始状况所指者即成土母质。由均一的母质发育而成的土壤剖面,它的母质层可說就是存在于剖面的底部;但实际上,这种母质只不过是保存着的母质,并不是原来的母质。也有很多土壤,它們的母质是因深度不同而不相一致的,要审定这种土壤剖面的发育,那就比較困难了。

必須認識,一个土壤剖面的母质是可以由各种各样的物质組成的,它可以是固結的岩石,也可以是风化了的岩石,也可以是土壤物质(如冲积物),或者也可以是以前的土壤剖面。只要我們能对母质的原始状况加以測知,那末在这些母质上的土壤发育状况,也就可以查明了。所以研究土壤发育最重要的問題之一是确定土壤剖面中每个部位上土壤物质的原始状况;原始状况被确定后,就可根据从母质轉变为土壤的过程中所发生的矿物学的、化学的及物理学的变化,来测定土壤的发育。本文的目的

是扼要地叙述从数量上来测定这些变化的方法，同时也讨论那些促使母质转变为土壤物质和土壤剖面的化学作用及物理作用的本质。

审定土壤发育的分析方法

要测定在一个化学反应中所产生的变化，必须把这个反应中的作用物质和生成物质区分清楚。反应进行的程度是由反应开始和終了时的生成物质和作用物质的数量来决定的。这对于化学家在研究化学反应来说是很简单的，但是对于早期的土壤学家或地质学家在审定岩石的分解作用来说，就不是那么容易了。譬如，最早的土壤化学分析大都是把全部土壤作为一个整体而进行全量的化学分析的，其中既包括反应的作用物质，也包括生成物质。这种化学分析虽然在说明整个反应中的总变化方面有一定价值，但不能精确地启示作用物质所发生的变化和生成物质的种类。我们所以不能分别地对作用物质或生成物质进行分析的原因，是因为难于把它们分离开来，也难于把它们区别得很清楚。即使这种分离工作可以做到，但是我们必然会发现有许多作用物质是在其固体状态下进行化学变化的，因之，在这些作用物质中，既含有作用物质又含有生成物质，它们是不可分离的。但为了审定土壤发育这一目的，并按照目前可以应用的土壤分析方法，我们可假定以非粘粒部分代表作用物质，而以粘粒部分代表生成物质。

采用土壤分析法来获得化学上的及矿物学上的数据，使我们能最精确地判断土壤剖面的发育，要求分析技术必须能提供这样的成果，以便把土壤中的无机物质区分为三大类：(a)原生矿物，这是由原来的火成岩及变质岩留传下来的；(b)次生矿物如粘粒矿物，这是由原生矿物形成的；(c)游离的氧化物及碳酸盐类，如 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 SiO_2 及 CaCO_3 等。

通常极大部分原生矿物都属于土壤的粗粒部分(其直径大于 2μ)，而次生矿物则主要都属较细的粒组即所谓粘粒部分(其直径小于 2μ)。但有时粗粒部分也可能含相当多的经过局部蚀变的矿物，同样，细粒部分也可能含相当多的原生矿物，因此在土壤的完全分析中，这两部分矿物都应考虑在内。游离氧化物和碳酸盐类在土壤的粗粒和细粒部分都有存在，它们往往以吸附的形态包围于原生及次生矿物的表面，有时也形成沉淀物而起着胶结的作用，把原生和次生矿物胶结在一起，形成团聚体、结核体或硬盘——这些都是固结的土壤物质。所以我们要测定土壤中的游离氧化物时，首先就要把它们从固体土壤表面移入于溶液中，而同时在分离时不能使原生矿物和次生矿物发生溶解。在这方面目前的分析技术还不是完全满意的，不过也已有很大的进步。事实上，即使我们采用了能想得出的最好的方法来分析游离氧化物，但在分离游离氧化物的过程中，一部分原生和次生矿物受到某种程度的分解作用，其可能性还是存在的。在审定这些土壤的剖面发育时，为了克服这一困难，我们只有这样干脆地假定：象这种溶解作用是不显著的，并且也假定用一定方法测定出来的游离氧化物数量是有真正代表性的。

从上面的讨论看来，为了取得审定土壤发育的数据而进行的土壤分析，应包括下

述步驟：

1. 去除并測定有机物。
2. 去除并測定游离氧化物及碳酸盐类。
3. 从去除有机物及游离氧化物后的土壤中，提取粘粒并測定之。
4. 对除掉有机物及游离氧化物的粘粒，用一已知的代換性阳离子飽和之，然后进行化学的全量分析。

5. 对除掉有机物及游离氧化物的全部土壤，用同一已知的阳离子飽和后进行化学的全量分析。

6. 进行土壤的矿物学分析，并根据这种分析，可很清楚地区別粘粒与非粘粒部分；分析时应和化学分析一样，应先把土壤中的有机物、游离氧化物和碳酸盐等除掉。矿物学家所用的一般分析技术，可适用于非粘粒部分的分析；但对于粘粒部分，应采用特殊的分析技术，其中包括特殊的 X-射綫技术、热差分析、脫水分析、表面測定分析、阳离子和阴离子的代換分析及化学全量分析的单独評价。

这些分析方法的詳細說明，見本书附录部分。

确定母質均一性的规范

审定土壤剖面发育的第一步工作是确定当成土作用开始时在整个土壤剖面中母質的均一程度。

由于土壤母質的种类是千变万化的，因此确定其均一性的规范或标准也很多。現在把它們列在下面：

1. 全量的矿物学分析，特別注意于重矿物組的矿物学分析。
2. 对非粘粒部分中抗风矿物(包括輕矿物和重矿物)研究其顆粒大小分布的性质。
3. 对非粘粒部分任何个粒組(最好是細砂或粗粉砂)研究其所含两种抗风矿物的比值性质。
4. 研究整个非粘粒部分中顆粒大小分布状况。
5. 研究粘粒在不同深度上的分布特征。
6. 研究非粘粒部分在化学組成上的变化特征。

全量的矿物学分析

定性的矿物学分析方法，在区分不同来源的物质时是很有用的，但在鑑別来源相同而性质差別不大的物质时，是不够敏銳的。因之在过去这一方法曾成功地应用在土壤上，以鑑別母質的层积特征和測定母質的来源。

抗风矿物的顆粒大小分布

利用抗风化的矿物的顆粒分布模式来检查土壤母質在深度分布的均一性，其原理如下：在土壤形成过程中，不易风化的矿物因不会发生显著的变化，所以，它們的