

植株 土壤 水和空气中无机营养元素的

物理化学分析

(瑞典) Ove Emteryd 著
陕西省黄土高原治理所
陕西省土壤肥料研究所
同延安 徐明岗 杨江峰 译
薛澄泽 总校审



陕西科学技术出版社

物理化学分析

(瑞典) Ove Emteryd 著

陕西省黄土高原治理所

陕西省土壤肥料研究所

同延安 徐明岗 杨江峰 译

薛澄泽

总校审

Ove Emteryd
CHEMICAL AND PHYSICAL
ANALYSIS OF INORGANIC
NUTRIENTS IN PLANT
SOIL WATER AND AIR

1989

**植株 土壤 水和空气中
无机营养元素的物理化学分析**

(瑞典) Ove Emteryd 著

陕西省黄土高原治理所

陕西省土壤肥料研究所

同延安 徐明岗 杨江峰 译

游澄泽 总校审

陕西科学技术出版社出版发行

(西安北大街131号)

西北农业大学印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 7印张 1插页 145千字

1991年8月第1版 1991年8月第1次印刷

印数 1—1200

ISBN 7-5369-1021-5/S·103

定价: 3.20元

序

本书是瑞典农业大学化学家 Ove Emteryd 教授从事农业化学分析工作 20 多年的经验总结。1987 年以来，Ove Emteryd 教授与陕西省农业科学院黄土高原综合治理研究所，在共同执行“中国—瑞典水土保持合作项目”期间，又进一步结合中国实际，特别是黄土地区的实际情况，研究筛选了有关土壤、植株、水和空气等方面共 24 种分析方法，是一本很好的农化分析参考书。

该书内容丰富，方法新颖，实用性强，适合我国国情。其中有些方法，如铵态氮、硝态氮、有效磷的测定，是国际上通用的标准方法；有些方法如土壤水分特征曲线测定、土壤有机碳的测定以及空气取样等，在国际上都具有创新特色。选用的方法既有常规分析，又有精密仪器分析。所述比色方法，特别适合我国乡镇一级分析室应用，因其方法简单、快速、精确，可测定土壤及植株中的铵态氮、硝态氮、磷、钾、钙、氟、pH 等项目，因此，对土壤、植株养分诊断及推广测土施肥技术特别有利用

价值。本书可作为各级分析室分析人员、土壤农化、水土保持、环境保护等专业的科技工作者、教师及有关专业大学生的参考书。

朱象三

1990年10月

译 者 的 话

随着我国土壤科学的发展和对外科技交流的加强，迫切要求测试方法走向国际标准化。为了促进我国化验分析技术的不断提高，对土壤肥料工作有所裨益，我们翻译了这本书。

该书包括土壤、植株、水和空气等样品的测试，涉及土壤物理性质、化学性质的测定，全量及有效营养元素的测定，污染元素测定等内容。

参加本书翻译的有同延安、徐明岗、杨江峰。译稿承蒙西北农业大学薛澄泽教授进行总校审；原陕西省农业科学院副院长朱象三研究员为本书作序；陕西省科学技术委员会农医处处长、高级农艺师梅福生，土壤肥料研究所吕殿青研究员等，对本书的译出给予了很大的支持；土壤肥料研究所所长高宗和陕西省黄土高原治理所等对本书的出版给予了大力资助。特致衷心感谢！

译者水平有限，缺点和错误在所难免，敬请读者指正。

译 者

1990年7月

引 言

作物收获总是导致土壤中无机营养成分的损失。在许多情况下，养分在村庄周围富集，且被淋洗到水的生态体系中去。由于人口增长，在许多国家，这种养分的损失非常广泛，导致了土壤和植被的枯竭。

土壤肥力和关于植物营养成分利用知识的增加，毫无疑问，是有相互关系的。因之，这些知识，就是维护产量的先决条件。在农业和林业体系中，认识营养成分的循环，不仅是对农业工作者和林业工作者，而且对整个人类都变得越来越重要。

植物营养成分的循环，在许多国家，在不同的经济条件下，都做过研究。在某些情况下，新技术可能改变灵敏度，或使得测定某些物质成为可能，但其成就总是在加快分析速度以及减少分析人员的情况下取得的。这主要是由于理论上和大型的、贵重的仪器设备的功能所致。总的来讲，它是基于可以接受的、已经简化的和机械化的方法。

本书的目的旨在提出各种国际上适用的、可以通过手动操作以及在某些情况下依赖于所使用仪器的型号可以半自动化的方法来实现。

关于土壤、植株、水、空气样品的分析，有许多不同的国家性和国际性的方法。关于植物养分的研究，提出了以下的方法标准：

——适合于小型和大型的分析室的方法。

——国际上所建立起来的方法，以便世界范围内的调查结果具有可比性。

——没有被包括在本书内，可形成未来方法基础的一些方法。

在过去10年中，瑞典农业大学林学生态系，开展了国家及国际的研究项目。现在，与中国陕西省农业科学院所进行的合作项目中，建立了农业分析室，同时引进了国际性的分析方法。此外，在马来西亚的 Sabah 省也建立了田间分析室，在那儿所从事的是林业调查和环境研究。另外，与坦桑尼亚合作和同埃塞俄比亚的关于水和土壤的合作计划正在进行。这种国家及国际的合作在众多院校和研究所之间已经开始，其活动类似于上面所提到的。20年的实验室工作，上面所提到的项目合作，以及下述人员的专业知识都对这本方法指南做出了有价值的贡献。作者对他们深表谢意。他们有植物生态学教授 Hilmar Holmen，土壤学教授 Nils Nykvist，水文学博士 Harald Grip，微生物学博士 Anders Nordgren，森林土壤学博士 Peter Högberg，林业工作者 Lars-Gösta Norden 和 Tord Magnusson，及瑞典农业大学林学院、林业生态系的其它成员。对植物营养学教授 Jan Persson，农学院土壤科学系农学家 Gerd Johansson 表示谢意。同时感谢 Ulla Axelsson，Birgitta Johansson 和 Kevin Bishop 及林学生态系分析室的成员对于本书的校对及打印。

这是《植株、土壤、水和空气中无机营养元素的物理化学分析》的第一版。对方法提出的改进意见，作者将深表谢

意。需要此书和提出改进意见者，请与作者联系。
本书用英文及瑞典文同时出版。

Ove Emteryd

目 录

土样、水样、空气和植株分析一览表	1
方法 1 土壤物理 (土壤水分特征曲线)	2
方法 2 有机样品中的阳离子全量测定 ($\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ 消解法)	19
方法 3 土壤中的阳离子全量测定 (氢氟酸消解法)	24
方法 4 全氮或凯氏氮的测定	30
方法 5 湿消化法测定土壤和植株样品中的有机碳	40
方法 6 土壤 pH (A)、电导 (B)、含水量 (C) 的测定	46
方法 7 土壤滴定曲线—缓冲容量	56
方法 8 生物活性—土壤呼吸的测定	60
方法 9 土壤硝化势的测定	65
方法 10 土壤有效氮指标—植物硝酸还原酶 活性的测定	99
方法 11 土壤交换性阳离子的测定	76
方法 12 土壤有效氮的测定	85
方法 13 石灰性土壤有效磷的测定 (Olsen法)	89
方法 14 土壤有效磷的测定 (Sibbesen法)	93
方法 15 酸性土壤有效磷的测定 (Bray和Kurtz法 No. 4)	99
方法 16 水中 pH、电导率、颜色和碳的测定	103

方法17	水中阳离子(钾、钠、钙、镁、 锰、铁、铜、锌等)的测定	108
方法18	水中硝态氮、亚硝态氮、全氮、铵态氮、 磷酸盐、全磷、硫酸盐和氯化物的测定	111
方法19	大气中气态氮和微粒态氮的测定 (Ferm法)	128
方法20	大气中气态和微粒态 NO_x 、 SO_x 的测定 (Ferm法)	134
方法21	有效微量元素铜、锰、铁、锌、镍、 镉等的测定(DTPA浸提法)	139
方法22	钾、钙、钠、氟等的离子选择电极测定	144
方法23	流动注射分析测定铵态氮、硝态氮、 亚硝态氮、全氮、氯化亚锡法磷、 抗坏血酸法磷、硫酸盐和氯化物	159
方法24	原子吸收—发射技术	197
附 录	溶液浓度的简单计算 元素周期表	211

土样、水样、空气和植株分析一览表

1987~1988
中国~瑞典水土保持
合作项目

合作项目

提取分析

```

graph TD
    A[样品储存条件  
AD: 风干样  
FC: 5±5℃ 封样冷藏  
FC-20: -20℃ 封样冷藏] --> B[测定项目  
2, 3, 4, 5, 11, 12  
1, 6, 9  
6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21]
    B --> C[土壤分析]
    B --> D[水、空气样分析]
    C --> E[土壤全量分析  
(HNO3+HF)  
PK: Ca, Mg, Na, Mn, Cu, Fe, Zn]
    C --> F[土壤水分特征曲线]
    C --> G[土壤pH、电导、含水量]
    C --> H[土壤测定项目、土壤缓冲力]
    C --> I[生物活性  
土壤呼吸]
    C --> J[土壤硝化力  
NH4+-NO3]
    C --> K[植物吸收效率  
还原酶活性]
    D --> L[水样: pH、电导、颜色]
    D --> M[水样: K, Ca, Mg, Na, Mn, Fe, Cu, Zn]
    D --> N[水样: 全氮、全磷]
    D --> O[气体样品: 空气中氨、NOx, SOx]
    E --> P[有效磷  
(0.5M NaHCO3)]
    E --> Q[有效磷  
(钼蓝法)]
    E --> R[有效磷  
(Bayer and Azur No. 4)]
    E --> S[微量元素  
(DTPA, pH 3)  
Mn, Cu, Fe, Zn, Ni, Cd]
    F --> T[阳离子代换量]
    F --> U[有效磷  
(2M KCl)]
    F --> V[有效磷  
(0.5M NaHCO3)]
    F --> W[有效磷  
(钼蓝法)]
    F --> X[有效磷  
(Bayer and Azur No. 4)]
    F --> Y[微量元素  
(DTPA, pH 3)  
Mn, Cu, Fe, Zn, Ni, Cd]
    
```

FC+5℃保存天数
1, 6, 18
6, 8, 9, 18
3, 4, 12, 13, 14, 15
30, 7, 17, 21

FC-20样品

土壤分析

样品储存条件

测定项目

AD: 风干样

FC: 5±5℃ 封样冷藏

FC-20: -20℃ 封样冷藏

2, 3, 4, 5, 11, 12

1, 6, 9

6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21

土壤全量分析
(HNO₃+HF)
PK: Ca, Mg, Na, Mn, Cu, Fe, Zn

土壤水分特征曲线

土壤pH、电导、含水量

土壤测定项目、土壤缓冲力

生物活性
土壤呼吸

土壤硝化力
NH₄⁺-NO₃

植物吸收效率
还原酶活性

水、空气样分析

水样: pH、电导、颜色

水样: K, Ca, Mg, Na, Mn, Fe, Cu, Zn

水样: 全氮、全磷

气体样品: 空气中氨、NO_x, SO_x

有效磷
(0.5M NaHCO₃)

有效磷
(钼蓝法)

有效磷
(Bayer and Azur No. 4)

微量元素
(DTPA, pH 3)
Mn, Cu, Fe, Zn, Ni, Cd

阳离子代换量

有效磷
(2M KCl)

有效磷
(0.5M NaHCO₃)

有效磷
(钼蓝法)

有效磷
(Bayer and Azur No. 4)

微量元素
(DTPA, pH 3)
Mn, Cu, Fe, Zn, Ni, Cd

方法1

土壤物理(土壤水分特征曲线)

1.1 原理

土壤水的能量状态如正压或负压(即张力或吸力),通常用总水势(Total Water Potential) φ_t 表示:

总水势(φ_t) = 重力势(φ_g) + 基质(或压力)势(φ_p) + 渗透势(φ_o), 这里我们着重涉及到的是能够引起土壤水分保持的基质势(Matric or Pressure Potential)。

基质势直接与水压有关。压力的标准单位是Pa, 但水压也可表示为水柱高度(1,000 cm水柱高所产生的压力相当于100KPa)。

水分子靠和重力相对抗的力保持在土壤中。这种力是由于水分子结构所产生的不对称电荷使之成为一个偶极体。因此,在水分子中氢原子的一端带有轻微的正电荷,它被水分子周围分子环境中近距离的负电荷所吸引,环境中最普遍的负电荷是另一个水分子中的氧原子,这叫作水分子之间的氢键。由于氢键的作用,使水具有很高的表面张力。

暴露在固体颗粒表面的原子常有不对称的电荷分布,这就产生了静电力,它吸引极性水分子的一端,这就叫吸附。

表面张力和吸附力是土壤中水势（基质势）产生的原因。一定容积土壤吸附点的最主要依赖于颗粒的表面积。土壤颗粒表面吸附活性的分布，也是很重要的。作用于水体的土壤保水力，也取决于那些特殊孔隙中两壁之间的距离。

因此，土壤固体颗粒大小，孔径粗细与持水强度之间存在明显的关系。土壤水分特征曲线也就是土壤水的容量与持水强度即基质势之间的图形关系。测定这种关系的一种方法是对一个水分饱和土壤施加一个已知的外力，在外力的作用下，引起排水，直到所留下的水被大于或等于所施加的驱水力所保持。当平衡时，通过称量土重而测定所保留下来的含水量。在不同外力作用下，重复做类似的测定，就有可能做出象图1—1那样的曲线。

驱水力可能是负压，通过张力（或吸力）使水分运动；也可能是将水压出土壤的正压。

从土壤持水量和作物需水量的关系来看，土壤水的不同部分可以用土壤水分曲线图来区分（如易排水、有效水、非有效水）。田间持水量和永久萎蔫点这两个传统的概念，对于描述土壤特性是非常有用的。虽然这些不同组分的水和它们的概念很不精确或有某些错误的简化，但为了实用目的，用土壤水分曲线图却很容易解释。

田间持水量是在自然排水之后土壤水的容积含量，也就是在标准地下水位情况下，排水达到平衡时的土壤水含量。当最初植物根际过多的水分被排出时（几天之内）水的横向运动几乎停止，就认为达到了平衡。在平衡期间，通过土壤表面的渗透量等于它的蒸发量。

因此，田间持水量的概念是不够确切的，它已被持水强度（Water Retention Strength）所代替，即在1—3米的水柱间隔内（0.1—0.3巴*，pF2.0—2.5）的不同张力值。

永久凋萎点是植物因缺水而永久萎蔫时的土壤容积含水量。不同植物的萎蔫点不同，但一般情况下，可用150厘米水柱张力时的含水量（15巴；pF4.2）表示（见图1—1，并参见图1—8）。

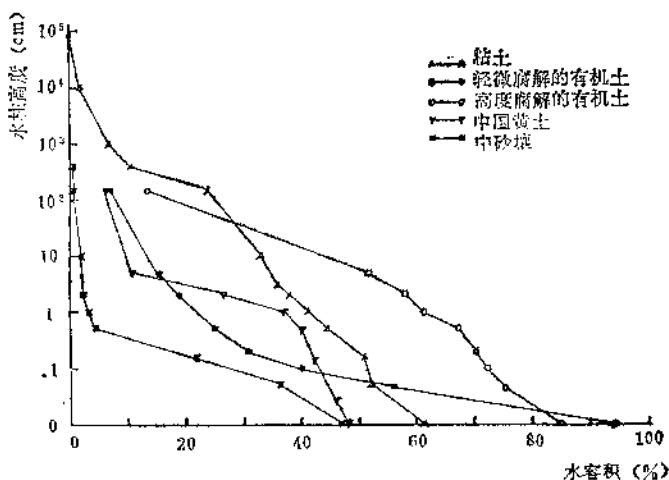


图1—1 不同类型土壤所做的土壤水分特征曲线

* 注：压力的国际单位制(SI)是帕(Pa)。

1Pa = 1 牛顿/米²，1巴(bar) = 10⁵Pa。

1.2 设备

1.2.1 钢制取土环：为了能够测定未受干扰的土体，用一边带有利刃的取土环，将其用力压入土体内采取土样，然

后用盖子盖好见图(1—2)。

1.2.2

砂石板：是一块用熔融

直径 7.0cm

高度 5.0cm

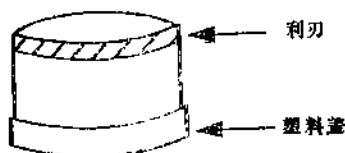


图1—2 钢制取土环

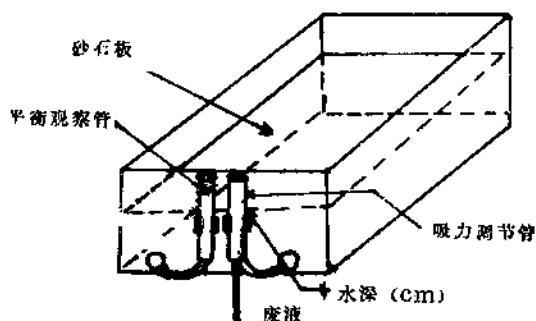


图1—3 能装入砂石板的聚乙烯盒子

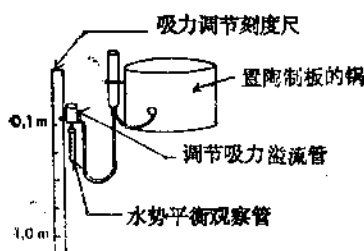


图1—4 带有溢流管装置的陶瓷吸力板

砂制成的板，放在一个能排出多余水的不漏水盒子内（见图1—3）。

1.2.3 陶制吸力板：

(1) 与水相连接的有可调整的溢流管装置的陶瓷板（见图1—4）。此溢流管装置用于调节吸力。

(2) 把陶瓷板与气相连

接在抽气泵上，此排气系统包括压力计、缓冲容器、一个与继电器相连接的主压力调节装置和能与每个吸力板相连的吸力调节器（见图 1—5）。

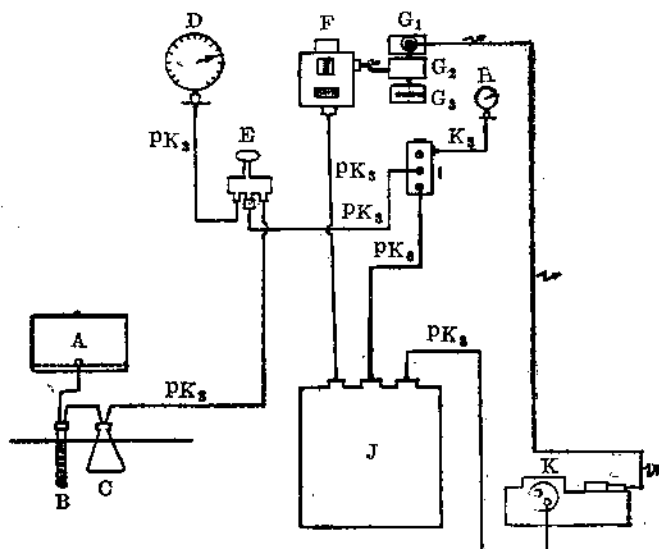


图1—5 测定张力在20—80KPa的装置图

A: 带有防止蒸发盒的吸力板 (100KPa); B: 量筒 (吸力平衡观察用); C: 缓冲容器 (三角瓶); D: 连接吸力板 (A) 上的压力计; E: 控制调节器 (吸力控制或叫抽吸控制调节器); F: 真空压力主调节器 (0—100KPa); G: 接电器 (G_1 : 吸力泵, G_2 : 接口, G_3 : 开关); H: 主真空系统压力计; I: 压力分配器插孔; J: 主缓冲容器; K: 真空泵; PK_3 : 小管, PK_6 : 大管。