

土壤分析技术指南

Turang Fenxi Jishu Zhinan



郑必昭◎主编



土壤分析 技术指南

郑必昭 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土壤分析技术指南/郑必昭主编. —北京: 中国
农业出版社, 2012. 11
ISBN 978-7-109-17317-0

I. ①土… II. ①郑… III. ①土壤分析—分析方法—
指南 IV. ①S151.9-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 257216 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 贺志清

北京中兴印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2013 年 4 月第 1 版 2013 年 4 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 23.25

字数: 550 千字 印数: 1~1 000 册

定价: 70.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

编 委 会

主 编：郑必昭

副 主 编：王 玮 董健京 高龙华

编写人员（以姓名笔画为序）：

马小伟 王 玮 江 玲 张建华

郑必昭 赵海英 高龙华 郭延峰

梁聪杰 董健京 魏 伟

编写说明

1. 常用某些名词和符号的含义：

(1) 水：如不加说明，均指蒸馏水或去离子水（符合 GB 6682—92 要求）。如加水 200mL，即加 200mL 蒸馏水或去离子水。其中：一般常量元素项目分析用水应达到三级水要求，中、微量元素项目分析用水应达到二级水要求。

(2) 试剂：如不加说明，均指分析纯（Ⅱ级，AR）试剂。

(3) 溶液：如不加说明，均指水溶液。

(4) 定容：指在有一定容积的量器中加水或某溶液至标线，并充分摇匀。

(5) 空白试验：指为校正试剂误差、仪器误差及一切可能导入误差的操作而进行的对照试验。它除不加样品外，其余与样品的分析步骤完全相同。

(6) 稀释倍数：指稀释后的定容体积与吸取原溶液体积之比。

(7) 分取倍数：指待测液体总体积与测定时吸取的待测液体积之比，本书以 D 表示。

(8) 液土比：指浸提剂体积与土壤样品质量之比。

(9) 恒重：指两次烘干或灼烧后称量之差不超过 0.2mg。

2. 本书中各项全量分析结果计算，如不加说明，均以烘干样品作为计算基础；有效养分的结果计算则以风干样品作为计算基础。

3. 本书中称量用“精确至 000”来表示准确度。例如：“称取 1.0g（精确至 0.000 1g）”系指用万分之一克感量的天平，称量 1g 整，准确至小数点后四位，且第四位允许称量差为 ± 1 ；“称取 1.0g（精确至 0.01g）”系指用百分之一克感量的天平，称量 1g 整，准确至小数点后两位，且第二位允许称量差为 ± 1 。

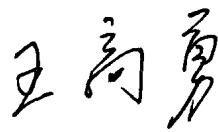
序 言

随着我国现代农业的快速发展和人民生活水平的不断提高，城乡居民对农作物的质量和数量提出了更高要求。特别是《中华人民共和国农产品质量安全法》的颁布实施，对农产品产地的管理提出了明确要求。

土壤分析是农产品产地管理中最重要的措施之一。开展土壤检测分析，可以进行土壤和作物营养诊断、指导施肥，还可为土壤分类、土壤改良及土地资源合理开发利用提供科学依据。农业部门肩负着农产品安全供应、土壤保护和合理利用的重任，对土壤分析工作历来十分重视。

太原土壤肥料测试中心组织技术骨干编写的《土壤分析技术指南》一书，在认真总结先辈们完善的土壤分析知识基础上，坚持理论与实践相结合、传统分析技术与现代科学仪器相结合，多角度地介绍了不同分析条件下同一分析项目的分析原理和分析步骤，具有很强的实用性和可操作性，是一部很有特色的土壤分析专业著作。

本书语言通俗易懂，内容丰富翔实，操作具体可行，既可作为土壤测试部门开展土壤检测分析的操作指南，对检测人员的发展和提高具有积极的指导作用，又可作为大专院校、科研机构开展科学研究、指导农业生产的参考书。因此，该书的出版，将对我国土壤分析事业的发展起到极大的促进作用，从而加快现代农业建设步伐。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '王高' (Wang Gao), written in a cursive style.

2012年11月

前 言

土壤是农业生产的基础，是保障农产品数量和质量安全的前提，土壤分析在农业生产发展中起着非常关键的作用。新中国成立以来，我国土壤分析界前辈们经过辛勤努力，确立了我国土壤分析的基本理论、基本知识和基本分析步骤，使我国的土壤分析事业取得了很大进步。

随着信息技术的应用、现代分析仪器的普及，土壤分析向“快速”和“批量”的轨道上发展，大大提高了工作效率和分析结果的精密度，促进了科学施肥技术的深入应用，提高了农产品的产量，保障了农产品的质量，为建设现代农业奠定了基础。

为较全面介绍土壤分析知识，我们在认真总结先辈们完善的土壤分析技术和现代分析仪器的基础上，结合多年积累的丰富经验，组织人员编写了《土壤分析技术指南》一书。本书依据土壤的基本特性，从土壤物理性质和土壤化学性质两大方面入手，分为基础知识、土壤样品采集与处理、土壤物理性质分析、土壤化学性质分析、土壤元素分析和仪器设备应用等六章，每一土壤分析项目既有传统分析方法，又有现代分析方法，重点突出可操作性和实用性，适于检测人员在各种条件下开展相应的土壤项目分析。

由于时间紧、内容多、编写人员的工作经历和知识水平有限，书中难免存在疏漏和缺点错误，敬请广大读者批评指正。

编 者

2012年10月

目 录

编写说明

序言

前言

第一章 基础知识	1
1.1 实验室用水	1
1.1.1 分类	1
1.1.2 制备	1
1.1.3 指标检测	2
1.1.4 贮存	5
1.2 化学试剂	5
1.2.1 分类	5
1.2.2 选用	7
1.2.3 贮存与保管	7
1.2.4 制备	8
1.3 实验室常用器皿及洗涤	11
1.3.1 玻璃器皿	11
1.3.2 瓷、石英、玛瑙器皿	12
1.3.3 铂质器皿	13
1.3.4 银、镍、铁器皿	13
1.3.5 塑料器皿	14
1.3.6 石墨器皿	14
1.4 实验室常用滤纸	14
1.4.1 分类及规格	14
1.4.2 注意事项	15
1.5 分析数据处理及误差分析	15
1.5.1 分析数据处理	15
1.5.2 误差分析	19
1.5.3 常用统计值的计算	20
第二章 土壤样品采集与处理	23
2.1 采样目的	23

2.1.1	研究土壤的基本质量和性质	23
2.1.2	编制土壤图	23
2.1.3	仲裁需要	23
2.1.4	安全性评价	24
2.2	土壤样品的采集	24
2.2.1	大田混合土壤样品的采集	24
2.2.2	特殊土壤样品的采集	26
2.3	土壤样品的处理	27
2.3.1	新鲜样品	27
2.3.2	风干样品	27
2.3.3	颗粒分析样品	27
2.3.4	其他分析样品	27
2.4	风干土样的贮存	27
第三章	土壤物理性质分析	29
3.1	土粒密度的测定	29
3.1.1	分析意义	29
3.1.2	方法选择	29
3.1.3	煮沸法	29
3.1.4	真空抽气法	31
3.2	土壤容重的测定	32
3.2.1	分析意义	32
3.2.2	方法选择	33
3.2.3	环刀法	33
3.2.4	蜡封法	34
3.2.5	挖坑法	35
3.3	土壤孔隙度的计算	36
3.3.1	分析意义	36
3.3.2	计算方法	36
3.4	土壤机械组成的测定	37
3.4.1	分析意义	37
3.4.2	方法选择	37
3.4.3	吸管法	38
3.4.4	比重计法	44
3.4.5	手测法	48
3.5	土壤大团聚体组成的测定	48
3.5.1	分析意义	48
3.5.2	方法选择	49
3.5.3	萨维诺夫法（人工筛分法）	49

3.5.4 约得乐法（机械筛分法）	51
3.6 土壤微团聚体组成的测定	52
3.6.1 分析意义	52
3.6.2 吸管法	52
3.7 土壤含水量的测定	56
3.7.1 分析意义	56
3.7.2 方法选择	56
3.7.3 烘干法	57
3.7.4 酒精烘烤法	58
3.7.5 酒精燃烧法	59
3.7.6 红外线法	59
3.7.7 中子仪法	60
3.7.8 γ 射线法	60
3.7.9 时域反射法	60
3.8 土壤田间持水量的测定	60
3.8.1 分析意义	60
3.8.2 方法选择	60
3.8.3 室内测定法（威尔科克斯法）	61
3.8.4 野外测定法	61
3.9 土壤最大吸湿水的测定	62
3.9.1 分析意义	62
3.9.2 饱和硫酸钾法	63
3.10 土壤毛管持水量的测定	63
3.10.1 分析意义	63
3.10.2 环刀烘干法	64
3.11 土水势的测定	64
3.11.1 分析意义	64
3.11.2 张力计法	65
第四章 土壤化学性质分析	67
4.1 土壤 pH 的测定	67
4.1.1 分析意义	67
4.1.2 方法选择	67
4.1.3 电位法	67
4.1.4 混合指示剂比色法	68
4.1.5 试纸比色法	69
4.2 土壤交换性酸的测定	70
4.2.1 分析意义	70
4.2.2 方法选择	70

4.2.3 淋洗法	70
4.3 土壤水解性总酸度的测定	72
4.3.1 分析意义	72
4.3.2 乙酸钠水解—中和滴定法	72
4.4 土壤有机质的测定	74
4.4.1 分析意义	74
4.4.2 方法选择	74
4.4.3 油浴加热重铬酸钾氧化—容量法	74
4.4.4 烘箱加热重铬酸钾氧化—容量法	77
4.4.5 水合热重铬酸钾氧化—比色法	78
4.4.6 低温外热重铬酸钾氧化—比色法	79
4.4.7 高温灼烧失重法	81
4.4.8 铬酸—磷酸湿烧法	81
4.5 土壤腐殖质组成的测定	83
4.5.1 分析意义	83
4.5.2 重铬酸钾氧化—容量法	83
4.6 土壤水溶性盐的测定	86
4.6.1 分析意义	86
4.6.2 土壤水溶性盐的提取	86
4.6.3 水溶性盐总量的测定	87
4.6.4 离子组成的测定	91
4.7 土壤交换性能的测定	107
4.7.1 分析意义	107
4.7.2 土壤阳离子交换量的测定	108
4.7.3 土壤交换性盐基及其组成的测定	119
4.8 土壤胶体比表面的测定	127
4.8.1 分析意义	127
4.8.2 方法选择	127
4.8.3 甘油吸附法	128
4.8.4 乙二醇乙醚吸附法 (EGME 法)	131
4.9 土壤碳酸钙的测定	133
4.9.1 分析意义	133
4.9.2 方法选择	134
4.9.3 气量法	134
4.9.4 容量滴定法	136
4.10 土壤硫酸钙的测定	137
4.10.1 分析意义	137
4.10.2 方法选择	137
4.10.3 水浸提—电导法	137

4.10.4 盐酸浸提—硫酸钡质量法	139
4.11 土壤中石灰需要量的测定	140
4.11.1 分析意义	140
4.11.2 方法选择	141
4.11.3 氯化钙交换—中和滴定法	141
4.11.4 SMP 缓冲剂法	142
4.12 土壤氧化还原电位的测定	143
4.12.1 分析意义	143
4.12.2 方法选择	144
4.12.3 铂电极直接测定法	144
4.12.4 铂电极去极化法	146
4.13 土壤还原性物质的测定	147
4.13.1 分析意义	147
4.13.2 方法选择	148
4.13.3 还原性物质总量的测定	148
4.13.4 活性还原性物质的测定	149
4.13.5 亚铁的测定	150
4.13.6 二价锰的测定	151
4.13.7 活性有机还原性物质的测定	152
第五章 土壤元素分析	154
5.1 土壤氮的测定	154
5.1.1 土壤全氮的测定	154
5.1.2 土壤水解性氮的测定	160
5.1.3 土壤铵态氮的测定	164
5.1.4 土壤硝态氮的测定	170
5.1.5 土壤尿素态氮的测定	176
5.2 土壤磷的测定	177
5.2.1 土壤全磷的测定	177
5.2.2 土壤有效磷的测定	183
5.2.3 土壤有机磷的测定	189
5.2.4 土壤有机磷分组的测定	193
5.2.5 土壤无机磷分级的测定	199
5.3 土壤钾的测定	206
5.3.1 土壤全钾的测定	206
5.3.2 土壤速效钾的测定	209
5.3.3 土壤缓效钾的测定	212
5.4 土壤钙、镁的测定	214
5.4.1 土壤全钙、全镁的测定	214

5.4.2	土壤交换性钙、镁的测定	220
5.4.3	水溶性钙、镁的测定	220
5.5	土壤硫的测定	220
5.5.1	土壤全硫的测定	220
5.5.2	土壤有效硫的测定	225
5.6	土壤硅的测定	227
5.6.1	土壤全硅的测定	227
5.6.2	土壤有效硅的测定	232
5.7	土壤铜、锌、铁、锰的测定	235
5.7.1	土壤全量铜、锌、铁、锰的测定	236
5.7.2	土壤有效铜、锌、铁、锰的测定	239
5.8	土壤硼的测定	243
5.8.1	土壤全硼的测定	243
5.8.2	土壤有效硼的测定	247
5.9	土壤钼的测定	251
5.9.1	土壤全钼的测定	252
5.9.2	土壤有效钼的测定	257
5.10	土壤硒的测定	263
5.10.1	土壤全硒的测定	263
5.10.2	土壤水溶态硒的测定	268
5.11	土壤氟的测定	271
5.11.1	土壤总氟的测定	272
5.11.2	土壤水溶性氟的测定	275
5.12	土壤铅、镉、镍的测定	277
5.12.1	土壤铅、镉、镍总量的测定	277
5.12.2	土壤有效态铅、镉、镍的测定	281
5.13	土壤全钛的测定	284
5.13.1	分析意义	284
5.13.2	方法选择	285
5.13.3	二安替比林甲烷比色法	285
5.13.4	变色酸法	287
5.13.5	过氧化氢比色法	288
5.14	土壤总铬的测定	290
5.14.1	分析意义	290
5.14.2	方法选择	290
5.14.3	酸溶—原子吸收分光光度法	291
5.14.4	酸溶—二苯碳酰二肼比色法	292
5.15	土壤总砷的测定	294
5.15.1	分析意义	294

5.15.2 方法选择	294
5.15.3 水浴消解—氢化物原子荧光法	294
5.15.4 硝酸—高氯酸—硫酸消解—氢化物原子吸收法	296
5.15.5 二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法	298
5.16 土壤总汞的测定	300
5.16.1 分析意义	300
5.16.2 方法选择	300
5.16.3 水浴消解—氢化物原子荧光法	300
5.16.4 硝酸—硫酸—五氧化二钒或硝酸—硫酸—高锰酸钾消解—冷原子 吸收法.....	302
5.16.5 双硫脲比色法	304
第六章 仪器设备的应用	307
6.1 电导仪	307
6.1.1 基本原理	307
6.1.2 基本构造	308
6.1.3 应用	308
6.1.4 注意事项	308
6.2 酸度计	308
6.2.1 基本原理	308
6.2.2 基本构造	309
6.2.3 注意事项	309
6.3 定氮仪	310
6.3.1 开氏定氮仪	310
6.3.2 杜马斯定氮仪	311
6.4 分光光度计	312
6.4.1 基本原理	312
6.4.2 基本构造	312
6.4.3 仪器使用	313
6.4.4 注意事项	314
6.5 火焰光度计	314
6.5.1 基本原理	314
6.5.2 基本构造	315
6.5.3 仪器使用	315
6.5.4 注意事项	315
6.6 原子吸收分光光度计	316
6.6.1 基本原理	316
6.6.2 基本构造	316
6.6.3 仪器使用	317

6.6.4 注意事项	318
6.7 原子荧光光谱仪	319
6.7.1 基本原理	319
6.7.2 基本构造	320
6.7.3 氢化物发生—原子荧光光谱法	321
6.8 极谱仪	323
6.8.1 基本原理	323
6.8.2 仪器使用	324
6.8.3 注意事项	325
6.9 微波消解仪	326
6.9.1 基本原理	326
6.9.2 基本构造	326
6.9.3 仪器使用	327
6.9.4 注意事项	327
6.10 离子选择电极	328
6.10.1 基本原理	328
6.10.2 基本构造	328
6.10.3 仪器使用	329
6.11 流动注射分析仪	329
6.11.1 基本原理	330
6.11.2 基本构造	330
6.11.3 仪器使用	331
6.12 质谱分析仪	331
6.12.1 基本原理	332
6.12.2 基本构造	332
6.12.3 同位素质谱分析仪器应用	333
6.13 电感耦合高频等离子体分析仪	335
6.13.1 基本原理	335
6.13.2 基本构造	335
6.13.3 仪器使用	336
6.13.4 注意事项	337
附录	338
附录1 常用元素相对原子质量表	338
附录2 常用标准滴定溶液制备	339
附录3 常用洗涤液制备	345
附录4 常用酸碱水溶液的密度和浓度	346
附录5 常用基准试剂的处理方法	347
附录6 标准筛孔比照表	347

目 录

附录 7 不同组成形式的换算因数表.....	348
附录 8 化学分析常用法定计量单位表达式	352
参考文献	353

第一章

基础知识

1.1 实验室用水

1.1.1 分类

在分析检测过程中，由于分析结果和分析精度都有要求，所需的介质必须达到一定的纯度要求，即配制各种溶液以及清洗各类容器、器皿的实验用水必须达到一定的纯度标准，而且不同的检测项目和类别也有不同的要求，因此，实验室用水必须根据纯度要求进行分类使用。具体分类标准如下：

①外观：实验室用水目视观察应为无色透明液体。

②级别：实验室用水共分 3 个级别：一级水、二级水和三级水。具体不同级别水的规格见表 1-1。

表 1-1 分析实验用水规格

名 称		一级	二级	三级
pH (25℃)		—	—	5.0~7.5
电导率 (25℃), $\text{mS} \cdot \text{m}^{-1}$	<	0.01	0.10	0.50
可氧化物质 [以 (O) 计], $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	$\leq$	—	0.08	0.4
吸光度 (254nm, 1cm 光程)	$\leq$	0.001	0.01	—
蒸发残渣 [(105±2)℃], $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	$\leq$	—	1.0	2.0
可溶性硅 [以 (SiO ₂) 计], $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	<	0.01	0.02	—

注：①由于在一级水、二级水纯度下，难于测定其真实的 pH，因此，对一级水、二级水的 pH 范围不做规定。

②一级水、二级水的电导率需用新制备的水“在线”测定。

③由于在一级水纯度下，难于测定可氧化物质和蒸发残渣，对其限量不做规定，可用其他条件和制备方法来保证一级水的质量。

1.1.2 制备

一级水：用于有严格要求的分析试验，包括对颗粒有要求的试验，如高压液相色谱分析用水。一级水可用二级水经过石英设备蒸馏或离子交换混合床处理后，再经 0.2 μm 微孔滤膜过滤来制取。

二级水：用于无机痕量分析等试验，如原子吸收光谱分析用水。二级水可用多次蒸馏或离子交换等方法制取。

三级水：用于一般化学分析试验，可用蒸馏或离子交换等方法制取。