

TURANG WURAN YU  
SHENGTAI XIUFU SHIYAN ZHIDAO

# 土壤污染与 生态修复实验指导

王友保 ◆ 主 编




安徽师范大学出版社

TURANG WURAN YU  
SHENGTAI XIUFU SHIYAN ZHIDAO

# 土壤污染与 生态修复实验指导

王友保◆主 编

 安徽师范大学出版社  
· 芜湖 ·

责任编辑:吴毛顺 舒贵波  
装帧设计:王 芳 桑国磊

责任校对:李 玲  
责任印制:郭行洲

## 图书在版编目(CIP)数据

土壤污染与生态修复实验指导/王友保主编. —芜湖:安徽师范大学出版社, 2015.6  
ISBN 978-7-5676-1969-2

I. ①土… II. ①王… III. ①土壤污染-污染防治-实验 IV. ①X53-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 106069 号

**内容简介:**本书主要介绍了土壤污染与生态修复研究方面的一些常用实验,包括样品的采集与制备、土壤理化性质分析、植物的耐性与可塑性、植物体内重金属含量及富集测定、土壤酶活性与土壤呼吸强度的测定、土壤重金属的形态分布与吸附-解吸特性以及土壤微生物分析等,可作为高等院校生态学、生物学、环境学、地理学、林学、园艺学等专业学生的实验教材和参考书,也可作为其他教学科研人员及环境、林业、农业等科技工作者的参考用书。

## 土壤污染与生态修复实验指导

王友保 主编

出版发行:安徽师范大学出版社

芜湖市九华南路 189 号安徽师范大学花津校区 邮政编码:241002

网 址:<http://www.ahnupress.com/>

发 行 部:0553-3883578 5910327 5910310(传真) E-mail:asdcbsfxb@126.com

印 刷:安徽宣城海峰印刷包装有限公司

版 次:2015 年 6 月第 1 版

印 次:2015 年 6 月第 1 次印刷

规 格:700 mm × 1000 mm 1/16

印 张:10

字 数:168 千

书 号:ISBN 978-7-5676-1969-2

定 价:20.00 元

凡安徽师范大学出版社版图书有缺漏页、残破等质量问题,本社负责调换。

# 前 言

近年来,随着城市化进程的加速和工农业的飞速发展,环境污染问题日益突出,对环境污染的监测、治理和修复也越来越受到人们关注。在监测和治理环境污染问题上,除了传统的物理和化学方法外,人们也在极力寻找新的解决问题的方法和途径,努力使生产发展与环境保护二者相协调,污染生态学和恢复生态学应运而生。污染生态学和恢复生态学基本原理在自然科学多个领域都得到广泛应用,利用污染生态学和恢复生态学的理论和方法来解决环境问题得到重视,相关报道不断出现。

本书力求简明扼要、通俗易懂,从样品的采集与制备、土壤理化性质分析、植物的耐性与可塑性、植物体内重金属含量及富集测定、土壤酶活性与土壤呼吸强度的测定、土壤重金属的形态分布与吸附-解吸特性以及土壤微生物分析等多角度,给出土壤污染与生态修复研究的一些常用实验方法。在编写过程中,我们特别突出可行性和多样性,因此选入大量适合大学课堂教学的实验。

本书由王友保主持编写,第一部分由张杰编写,第二部分由张杰、王友保编写,第三、四部分由黄永杰、储玲编写,第五、六、七部分由王友保编写,王振东、徐夏、王鑫、黄丽红、朱成凤等参加了部分章节的编写工作,最后全书由王友保统稿。本书还参考和引用了大量国内外近年出版的教材和著作,主要文献列于文后。

由于水平和能力有限,书中错误和不当之处在所难免,敬请广大同行专家和读者批评指正。

王友保

2015年2月

# 目 录

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 第一部分 | 样品的采集与制备 .....  | 001 |
| 实验 1 | 土壤样品的采集与制备 .....  | 001 |
| 实验 2 | 植物样品的采集与制备 .....  | 006 |
| 第二部分 | 土壤理化性质分析 .....  | 011 |
| 实验 3 | 土壤水分的测定 .....   | 011 |
| I    | 烘干法 .....   | 011 |
| II   | 酒精燃烧法 .....   | 012 |
| 实验 4 | 土壤质地的测定 .....   | 014 |
| I    | 比重计速测法 .....  | 014 |
| II   | 土壤质地手测法(野外快速测定) .....                                     | 020 |
| 实验 5 | 土壤容重和孔隙度的测算 .....   | 021 |
| I    | 土壤容重的测定 .....   | 021 |
| II   | 毛管孔隙度的测定 .....  | 024 |
| 实验 6 | 土壤结构形状与土壤团聚体组成的测定 .....                                   | 026 |
| 实验 7 | 土壤有机质的测定(重铬酸钾容量法 - 外加热法) .....                            | 030 |
| 实验 8 | 土壤中氮(全氮和有效氮)的测定 .....                                     | 033 |
| I    | 土壤全氮的测定(半微量开氏法) .....                                     | 033 |
| II   | 土壤有效氮(水解氮)的测定(碱解扩散法) .....                                | 037 |
| 实验 9 | 土壤中磷(全磷和速效磷)的测定 .....                                     | 039 |
| I    | 土壤全磷的测定( $\text{HClO}_4 - \text{H}_2\text{SO}_4$ 法) ..... | 040 |
| II   | 石灰性土壤速效磷的测定(碳酸氢钠法) .....                                  | 042 |
| III  | 酸性土壤速效磷的测定( $\text{NH}_4\text{F} - \text{HCl}$ 法) .....   | 044 |

|       |                             |     |
|-------|-----------------------------|-----|
| 实验 10 | 土壤中钾(全钾和速效钾)的测定             | 046 |
| I     | 土壤全钾的测定(NaOH 熔融 - 火焰光度计法)   | 047 |
| II    | 土壤速效钾的测定(醋酸铵 - 火焰光度计法)      | 049 |
| 实验 11 | 其他土壤因子的测定                   | 051 |
| I     | 土壤 pH 的测定(电位法)              | 051 |
| II    | 土壤氧化还原电位的测定(电位法)            | 052 |
| III   | 土壤水溶性盐总量测定(电导法)             | 054 |
| 第三部分  | 植物的耐性与可塑性                   | 056 |
| 实验 12 | 植物耐性指标的分析                   | 057 |
| I     | 植物幼苗生长指标的测定                 | 057 |
| II    | 组织细胞膜透性的测定                  | 058 |
| III   | 植物组织丙二醛含量的测定                | 059 |
| IV    | 植物叶片叶绿素含量的测定                | 061 |
| V     | 植物叶片蛋白质含量的测定(考马斯亮蓝 G-250 法) | 062 |
| VI    | 植物体内游离脯氨酸含量的测定              | 064 |
| VII   | 植物组织可溶性糖的测定                 | 066 |
| VIII  | 几种抗氧化酶活性的测定                 | 067 |
| IX    | 超氧阴离子自由基含量的测定               | 075 |
| 实验 13 | 重金属胁迫下植物体的可塑性响应             | 077 |
| I     | 植物光合作用及光能利用效率对重金属胁迫的可塑性响应   | 078 |
| II    | 植物蒸腾作用及水分利用效率对重金属胁迫的可塑性响应   | 079 |
| III   | 重金属胁迫下植物光合、蒸腾与生理和形态结构性状的关系  | 081 |
| 第四部分  | 植物体内重金属含量及富集测定              | 084 |
| 实验 14 | 土壤和植物样品中铜和锌含量的测定            | 084 |
| 实验 15 | 重金属在植物体内的迁移、积累和分布           | 086 |
| 第五部分  | 土壤酶活性与土壤呼吸强度的测定             | 088 |
| 实验 16 | 土壤蔗糖酶活性的测定                  | 088 |
| 实验 17 | 土壤过氧化氢酶活性的测定                | 091 |

|       |                                    |     |
|-------|------------------------------------|-----|
| I     | 滴定法测定土壤过氧化氢酶活性 .....               | 091 |
| II    | 紫外分光光度法测定土壤过氧化氢酶活性 .....           | 092 |
| 实验 18 | 土壤脲酶活性的测定 .....                    | 093 |
| I     | 比色法测定土壤脲酶活性 .....                  | 094 |
| II    | 土壤脲酶动力学参数的测定 .....                 | 096 |
| 实验 19 | 土壤磷酸酶活性的测定 .....                   | 100 |
| 实验 20 | 土壤淀粉酶活性的测定 .....                   | 102 |
| 实验 21 | 土壤多酚氧化酶活性的测定 .....                 | 103 |
| 实验 22 | 土壤蛋白酶活性的测定 .....                   | 105 |
| 实验 23 | 土壤呼吸强度的测定 .....                    | 107 |
| 第六部分  | 土壤重金属的形态分布与吸附-解吸特性 .....           | 110 |
| 实验 24 | 土壤重金属形态分布的测定 .....                 | 110 |
| I     | Tessier 连续提取法 .....                | 110 |
| II    | BCR 连续提取法 .....                    | 113 |
| 实验 25 | 土壤中重金属吸附-解吸特性的分析 .....             | 115 |
| I     | 吸附与解吸热力学实验 .....                   | 115 |
| II    | 吸附与解吸动力学实验 .....                   | 118 |
| 第七部分  | 土壤微生物分析 .....                      | 121 |
| 实验 26 | 土壤微生物的分离和纯化 .....                  | 121 |
| 实验 27 | 土壤微生物数量的平板培养计数 .....               | 129 |
| 实验 28 | 土壤微生物生物量的测定 .....                  | 133 |
| I     | 氯仿熏蒸提取法 .....                      | 133 |
| II    | 液态氯仿熏蒸-水浴法 .....                   | 136 |
| III   | 总磷脂脂肪酸法 .....                      | 138 |
| 实验 29 | 土壤微生物的形态学检查 .....                  | 140 |
| 实验 30 | 土壤微生物 16S rDNA 的 PCR-DGGE 分析 ..... | 144 |
| 参考文献  | .....                              | 150 |

# 第一部分 样品的采集与制备

## 实验 1 土壤样品的采集与制备

### 一、土壤样品的采集

土壤是一个不均一体,影响它的因素很多。有自然因素,包括地形(高度、坡度)、母质等;有人为因素,包括耕作、施肥、环境污染等。土壤的不均一性给土壤样品的采集带来了很大困难,如采集 1 kg 样品,再在其中取出几克或几百毫克,使其足以代表一定面积的土壤,要比常规的化学分析困难得多。实验室工作者只能对送来样品本身的分析结果负责,如果送来的样品本身不符合要求,那么任何精密的仪器和先进的分析技术都将毫无意义。因此,分析结果能否说明问题,关键在于采样。

#### 1. 采样前的准备

根据土壤环境污染的监测目标和任务要求,首先到研究区现场踏勘,了解地形地貌、植被分布、土壤类型等因素,然后制订具体采样方案(如采样路线、采样单元、样点布设、采样时间、采样数量等)。同时,准备采样工具(如土钻、土铲、铁锹、锄头、小榔头、铅笔、采样标签纸等)和配套的仪器设备(如 GPS 定位仪、罗盘、高度计、卷尺、样品袋、照相机等)以及安全防护用品(如工作服、雨具、防滑登山鞋、安全帽等)。

#### 2. 采样点的布设

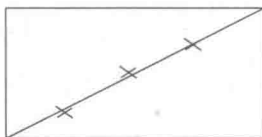
在调查研究基础上,选择一定数量能代表被调查地区的地块作为采样单元( $0.13 \sim 0.2 \text{ hm}^2$ ),在每个采样单元中,布设一定数量的采样点,同时选择对照采样单元布设采样点。为减少土壤空间分布不均一性的影响,在一个采样单元内,应在



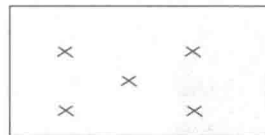
不同方位上多点采样,并且均匀混合成具有代表性的土壤样品。

对于大气污染物引起的土壤污染,采样点布设应以污染源为中心,并根据当地的风向、风速及污染强度系数等在某一方位或某几个方位上选择。采样点的数量和间距依调查目的和条件而定。通常在近污染源处采样点间距小些,在远离污染源处间距大些。对照点应设在远离污染源,不受其影响的地方。由城市污水或被污染的河水灌溉农田引起的土壤污染,采样点应根据灌溉水流的路径和距离等来考虑。总之,采样点的布设既要考虑土壤的全局情况,又要视污染情况和监测目的而定。下面介绍几种常用采样布点方法:

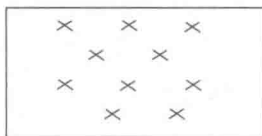
(1) 对角线布点法。该法适用于面积小、地势平坦的污水灌溉或受污染河水灌溉的田块。布点方法是由田块进水口向出水口引一斜线,将此对角线三等分,在每等分的中间设一采样点,即每一田块设三个采样点。根据调查目的、田块面积和地形等条件可做变动,如多划分几个等分段、适当增加采样点等。图 1-1 中记号“×”处即采样点。



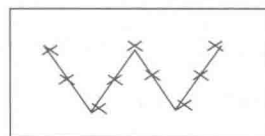
(1) 对角线布点法



(2) 梅花形布点法



(3) 棋盘式布点法



(4) 蛇形布点法

图 1-1 土壤采样布点示意图

(2) 梅花形布点法。该法适用于面积较小、地势平坦、土壤较均匀的田块,中心点设在两对角线相交处,一般设 5~10 个采样点。

(3) 棋盘式布点法。这种布点方法适用于中等面积、地势平坦开阔、土壤较不均匀的田块,一般设 10 个以上采样点。此法也适用于受固体废物污染的土壤,因为固体废物分布不均匀,应设 20 个以上采样点。

(4) 蛇形布点法。这种布点方法适用于面积较大、地势不很平坦、土壤不够均匀的田块。该法布样点数目较多,为全面客观评价土壤污染情况,在布点的同时要与土壤上生长作物监测同步进行,以便对比和分析。



### 3. 采样深度

采样深度视监测目的而定。如果主要调查表层土壤污染状况,只需取 0~20 cm 土壤层的土壤就可以了;如要调查土壤污染深度,则应按土壤剖面层次分层采样。土壤剖面是指地面向下的垂直土体的切面。在垂直切面上,可观察到与地面大致平行的若干层具有不同颜色、性状的土层。典型的自然土壤剖面分为 A 层(表层、腐殖质淋溶层)、B 层(亚层、淀积层)、C 层(风化母岩层、母质层)和底岩层,如图 1-2。采集土壤剖面样品时,需在特定采样地点挖掘一个 1 m×1.5 m 左右的长方形土坑,深度约 1.0 m,一般要求达到母质层或潜水处即可,如图 1-3。根据土壤剖面颜色、结构、质地、松紧度、温度、植物根系分布等划分土层,并进行仔细观察,将剖面形态、特征自上而下逐一记录。随后在各层中部分别用小土铲自下而上逐层采样,每个土壤剖面土层采样点的取土深度和取样量应一致,并根据监测目的和要求获得分层试样或混合样。用于重金属分析的样品,应将金属采样器接触部分的土样弃去。

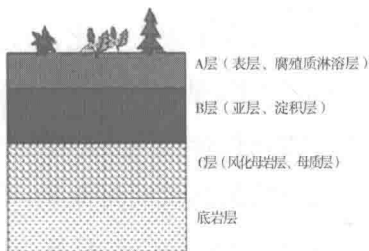


图 1-2 土壤剖面分层示意图



图 1-3 土壤剖面挖掘示意图

### 4. 采样时间

为了解土壤污染状况,可随时采集样品进行测定。如需同时掌握在土壤上生长作物受污染的状况,可依季节变化或在作物收获期采集。一年中在同一地点采样两次进行对照。

### 5. 采样量

野外采集的土壤样品一般是多样点均量混合而成,取土量往往较大,而一般方法取样只需要 1~2 kg 即可,因此对所得混合样需反复按四分法弃取,最后留下所需的土量,装入塑料袋或布袋内。

### 6. 采样注意事项

(1) 采样点不能设在田边、沟边、路边或肥堆边;

(2) 详细记录现场采样点的具体情况,如土壤剖面形态特征等;

(3) 现场填写标签两张(如标明地点、土壤深度、日期、采样人姓名等),一张放入样品袋内,一张扎在样品袋口上。

## 二、土壤样品的制备和保存

从野外采回的土样,经登记编号后,都需要经过一个制备过程:风干、磨细、过筛、混匀、分装,制成满足分析要求的土壤样品。样品制备的目的是:剔除土壤以外的侵入体(如植物残茬、昆虫、石块等)和新生体(如铁锰结核、石灰结核等),即除去非土壤成分;适当磨细,充分混匀,使分析时所称取的少量样品具有较高的代表性,以减少称样误差;全量分析项目,样品需要尽可能磨细,以使分解样品的反应能够完全;防止霉变,使样品可以长期保存。

### 1. 新鲜样品和风干样品

为了样品保存和工作方便,从野外采回的土样都要先进行风干。但是,由于在风干过程中,有些成分如低价铁、铵态氮、硝态氮等会发生很大变化,故这些成分的分析一般均用新鲜样品。对于土壤速效磷、钾的测定,是用新鲜样品还是风干样品,一直是个有争议的问题。有人认为新鲜样品比较符合田间实际情况,也有人认为新鲜样品是暂时的田间情况,它随着土壤中水分状况的改变而变化,不是一个可靠的常数,而风干土样测出的结果是一个平衡常数,比较稳定和可靠,而且新鲜样品称样误差较大,分析又不方便。因此,在实验室测定土壤速效磷、钾时,大多仍以风干土为宜。

### 2. 样品的风干、制备和保存

(1) 风干。由野外采回的土壤样品含水量大都处于风干到水分饱和状态之间,通常需要进行干燥。干燥分为风干(通常气温在  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,空气相对湿度为  $20\% \sim 60\%$ )和烘干(通常在  $35\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ )两种。风干法操作方便,相对而言对土壤性状影响较小。风干应在通风的室内自然阴干,严禁曝晒,防止污染,尤其是供微量元素分析用的土样,绝对不能用旧报纸衬垫。当土样达到半干状态时,须将植物残根、侵入体和新生体等进一步剔除干净;大土块捏碎,以免干后结成硬块,不易压碎,这对黏性土壤尤为重要。风干场所要防止酸、碱等气体及灰尘的污染。

(2) 磨细过筛。风干后的土样,倒入钢玻璃底的木盘上,用木棍研细,使之全部



通过 2 mm 孔径的筛子。充分混匀后用四分法分成两份,如图 1-4 所示。一份作为物理分析用,另一份作为化学分析用。作化学分析用的土样还必须进一步研细,使之全部通过 1 mm 孔径的筛子。近年来很多分析项目趋向于用半微量分析方法,称样量减少,要求样品的细度增加,以降低称样的误差,因此现在有人使样品通过 0.5 mm 孔径的筛子。但必须指出的是,对于土壤 pH、交换性能、速效养分等的测定,样品不能研得太细,因为研得过细容易破坏土壤矿物晶粒,使分析结果偏高。同时要注意土壤研细会使团粒或结粒破碎,这些结粒是由土壤黏土矿物或腐殖质胶结起来的,因而不能破坏单个的矿物晶粒。因此,在研碎土样时,只能用木棍滚压,不能用榔头捶打。因为晶粒破坏后,暴露出新的表面,增加了有效养分的溶解。

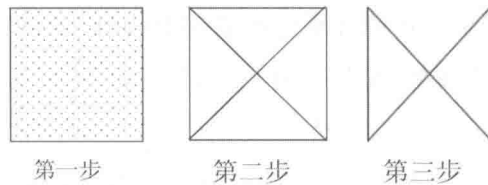


图 1-4 四分法取样步骤图

全量分析包括 Si、Fe、Al、有机质、全氮等的测定,不受研碎的影响,而且为了减少称样误差,使样品容易分解,需要将样品磨得更细。方法如下:取部分已混匀的 1 mm 或 0.5 mm 的样品铺开,划成许多小方格,用骨匙多点取出土壤样品约 20 g,磨细,使之全部通过 100 目筛子。测定 Si、Fe、Al 的土壤样品需要用玛瑙研钵研细,瓷研钵会影响 Si 的测定结果。

在土壤分析工作中所用的筛子有两种:一种以筛孔直径的大小表示,如孔径为 2 mm、1 mm、0.5 mm 等;另一种以每英寸长度上的孔数表示,如每英寸长度上有 40 孔为 40 目筛子,每英寸有 100 孔为 100 目筛子。孔数愈多,孔径愈小。筛目与孔径之间的关系可用下式表示:

$$\text{筛孔直径(mm)} = \frac{16}{1 \text{ 英寸孔数}}$$

$$16 \text{ mm} = 25.4 \text{ mm}(1 \text{ 英寸}) - 9.4 \text{ mm}(\text{网线宽度})$$

(3) 保存。过筛后的土样经充分混匀,然后装入带磨口塞的玻璃广口瓶或塑料容器中,内外各具标签一张,写明样品编号、采样地点、土壤名称、筛孔直径、采样深度、采样日期和采样人等信息,所有样品都须按编号专册登记。制备好的土样要妥

善贮存,避免日光、高温、潮湿和有害气体的污染。一般土样保存半年至一年,直至全部分析工作结束,分析数据核实无误后,才能弃去。

## 实验2 植物样品的采集与制备

在研究植物与环境相互关系时,往往涉及相关环境中植物样品的采集与制备。这类植物样品的采集主要指包含农作物样品的采集和野生植物样品的采集。对于野生植物样品的采集,不仅包含植物学内容的植物标本采集与制作,还包含供分析测试用的植物样品的采集。在调查研究的基础上,我们要制订方案,确定布点位置和采样方法、采样时间及频率,采集具有代表性的样品,并选择适宜的样品制备和保存方法。

### 一、植物样品的采集

#### 1. 采集原则

(1) 代表性。即采集能代表一定范围污染情况的植株为样品。这就要求对污染源的分布、污染类型、植物的特征、地形地貌、灌溉出入口等因素进行综合考虑,选择合适的地段作为采样区,再在采样区内划分若干小区,采用适宜的方法布点,确定有代表性的植株。采集时,不要选择田埂、地边及离田埂、地边 2 m 以内的植株。

(2) 典型性。系指所采集的植株部位要能充分反映通过监测所要了解的情况。根据要求分别采集植株的不同部位,如根、茎、叶、果实等,不能将各部位样品随意混合。

(3) 适时性。系指在植物不同生长发育阶段,施药、施肥前后,适时采样监测,以掌握不同时期的污染状况和对植物生长的影响。根据研究需要,在植物不同生长发育阶段,定期采样。

#### 2. 布点方法

在划分好的采样小区内,常采用梅花形布点法(图 2-1)或交叉间隔布点法(图 2-2)确定有代表性的植株,最好结合土壤采样进行。

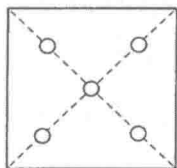


图 2-1 梅花形布点法

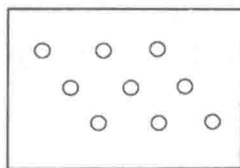


图 2-2 交叉间隔布点法

### 3. 采样

(1) 采样前的准备工作。采样前应预先准备好采样工具,如小铲、枝剪、布袋、塑料袋、标签、记录本和采样登记表等。

(2) 样品采集量。样品采集量应根据分析项目数量、样品制备处理要求及重复测定次数等来确定。一般要求样品经制备后,应有 20 ~ 50 g 干样品,新鲜样品可按含 80% ~ 90% 的水分计算所需样品量,不少于 0.5 kg。

(3) 采样方法。在每个采样小区内的采样点上分别采集 5 ~ 10 处植株的根、茎、叶、果实等,将同部位样混合,组成一个混合样;也可以整株采集后带回实验室再按部位分开处理。若采集根系部位样品,应尽量保持根部完整。对一般旱作物,在抖掉附在根上的泥土时,注意不要损失根毛;如采集水稻根系,在抖掉附着泥土后,应立即用清水洗净。根系样品带回实验室后,及时用清水洗(不能浸泡),再用纱布拭干。如果采集果树样品,要注意树龄、株型、生长势、载果数量和果实着生的部位及方向等。如要进行新鲜样品分析,应在采集后用清洁、潮湿的纱布包住或装入塑料袋,以免水分蒸发而萎缩。

(4) 样品的保存。将采集好的样品装入布袋或聚乙烯塑料袋中,贴好标签,注明编号、采集地点、植物种类、分析项目等,并填写采样登记表。

样品带回实验室后,若测定新鲜样品,应立即处理和分析。当天不能分析的样品,暂时放在冰箱中保存。保存时间的长短,视污染物的性质及在生物体内的转化特点和分析测定要求而定。如果测定干样品,则将鲜样放在干燥通风处晾干。

## 二、植物样品的制备和保存

从现场采回来的植物样品称为原始样品,采集后必须及时进行制备,放置时间过长营养元素性质及含量将会发生变化。要根据分析项目的要求,按植物特性采

用不同方法进行选取。例如,块根、块茎、瓜果等样品,洗净后可切成4块或8块,再按需要量各取每块的1/8或1/16混合成均样;粮食、种子等充分混匀后平铺于玻璃板或木板上,用多点取样或四分法多次选取得到均样。最后,对各个平均样品进行预处理,制成待检样品。

### 1. 植物样品的制备

#### (1) 新鲜样品的制备。

测定植物内容易挥发、转化或降解的污染物质(如酚、氰、亚硝酸盐等),营养成分(如维生素、氨基酸、糖、植物碱等),以及多汁的瓜果蔬菜样品时,应使用新鲜样品。其制备方法如下:

①将样品用去离子水洗净,晾干或拭干。

②将晾干的鲜样切碎、混匀,称取样品于高速组织捣碎机的捣碎杯中,加适量去离子水,开动捣碎机捣碎1~2 min,制成匀浆。对含水量大的样品,如熟透的西红柿等,捣碎时可以不加水或把过多的水分置于另一器皿,待捣碎完全后混合均匀;对含水量少的样品,可以多加水。

③对于含纤维多或较硬的样品,如禾本科植物的根、茎秆、叶子等,可用不锈钢刀(或剪刀)切(剪)成小片或小块,混匀后在研钵中加石英砂研磨。

#### (2) 干燥样品的制备。

分析植物中稳定的污染物,如某些金属元素和非金属元素、有机农药等,一般用干燥样品。其制备方法如下:

①干燥。擦净或洗净的样品要尽快在干燥处风干或用恒温烘箱烘干。烘干时要用适宜的温度,常用的烘干方法有:在不超过105℃温度下短时间(15~30 min)干燥(或杀青),然后降温至60℃~70℃烘干;籽粒等样品可直接在70℃~80℃下,烘至样品干燥适于研磨或粉碎;为避免CO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>及其他挥发性化合物的损失,可用不高于40℃的低温长时间进行干燥。不论用什么方式进行干燥处理,都应防止烟雾和灰尘的污染。

②磨碎过筛。为使试样的组成更均匀,更易于分析,须将风干或烘干的样品研磨粉碎并均匀混合。谷类的果实样品必须先脱壳再进行粉碎。植物试样过筛一般没有标准筛孔规定,但不能磨得过细,以免灰化时引起微粒飞失。对多数分析来说,过0.5~1 mm筛即可;若称样仅1~2 g,宜用0.5 mm筛;称样小于1 g,须用0.



25 mm 筛或 0.1 mm 筛。若测定试样中的微量元素,研磨分析样品的细度相当重要,至少过 0.8 mm 筛,并混合均匀。

用于微量元素测定的样品在制备时应该特别注意防止可能引起的污染。在干燥箱中烘干时,应该防止金属粉末的污染;在研磨时,应防止金属器械对样品的污染,最好使用玛瑙研钵并过尼龙筛,也可选用特制的不锈钢磨或瓷研钵。如果要准确地分析铁元素含量,必须在玻璃或者玛瑙研钵上研磨。

## 2. 植物样品的保存

及时有效地对野外采集的样品进行正确保存,是保证样品室内化验分析取得准确结果的前提条件,也是长期生态监测和研究的需要。样品的保存方法和保存时间随实验监测目的不同而不同,也因样品特性不同而不同。

### (1) 新鲜样品的保存。

在烘干过程中样品可能发生化学变化,如糖焦化或淀粉被酸性汁液水解等,因此最好用新鲜样品测定这类成分。新鲜样品是指那些刚从野外采集的活的植物体,如植物的叶、花、果、根等,也包括整棵植株。这些活的植物体采集后,如不及时正确保存,可能会因失水和呼吸代谢等原因而萎蔫,体内各成分含量也会发生变化,影响分析结果。对于新鲜的植物样品,一般采取冷冻法保存。

需要进行生化分析的样品或需要保存较长时间再进行分析的样品,可用液氮罐保存或超低温冰箱保存;对一般要进行养分、热量或矿物质分析的样品,可用冰箱进行常规冷冻保存。在野外采样时,应携带内加冰块保温瓶或小型液氮罐,将采集的植物样品及时放入保温瓶或小型液氮罐中,回到实验室对样品进行适当处理后再放入冰箱或大的液氮罐中保存。

新鲜样品保存前,应根据需要进行适当处理,如剪成小段、捆扎、装入信封或用塑料膜包裹等,并挂上标签,写明样品名称、采样地点和编号等。对保存的新鲜样品应定期进行检查,防止混淆、拿错或散失。

### (2) 干燥样品的保存。

干燥样品是指经过自然干燥或烘干后的样品。干燥样品的保存一般较新鲜样品容易。在正常室温下,只要保持干燥、避光和防止霉变、虫蛀,就能使样品保存较长时间。





干燥样品保存前,为避免占用较大空间,可在烘干后及时将其粉碎。粉碎后将其装入透气的纸袋或信封内,写明样品名称、采样地点和编号等,然后放入干燥皿中保存,也可置于自然干燥通风处保存,或储存于有磨口的广口玻璃瓶或广口塑料瓶中,内外贴上标签备用。对于已烘干的试样,在研磨或储存过程中,仍会吸收一些水分,因此在精密分析工作时,称样前需在  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  下烘  $12\sim 24\text{ h}$  或  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  下烘  $2\text{ h}$ 。称样时应充分混匀后多点取样,在称样量少而样品相对较粗时更应该注意。分析后剩余的试样若需长期保存,则需再次烘干,然后进行灭菌处理(如用  $\gamma$  射线),再装瓶并用石蜡密封保存。

保存的干燥样品,要定期进行检查,防止霉变及虫、鼠危害。