

土壤肥料分析

中国农科院土肥所 编

农业出版社

土壤肥料分析

中国农科院土肥所编

农业出版社

内 容 提 要

本书介绍了土壤肥料的分析方法。包括分析工作须知，主要试剂配制，石灰性土壤及盐碱土分析，肥料分析，植物分析等部分。每种测定都介绍一、二个以上的分析方法，可根据实验室的具体条件，选择适宜的方法。在每个分析项目中，一般都叙述了分析意义、方法原理、测定步骤、结果计算等。此书可供农业院校、农业科研单位分析工作者参考。

土 壤 肥 料 分 析

中国农科院土肥所编

农业出版社出版 新华书店北京发行所发行

农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 32 开本 7.625 印张 1 插页 153 千字

1978 年 4 月第 1 版 1979 年 7 月北京第 2 次印刷

印数 44,001—69,000 册

统一书号 16144·1671 定价 0.63 元

酸碱度标准比色卡片

(一般土壤)

pH



碱性

8



中性

7



弱酸性

6



酸性

5



强酸性

4

酸碱度标准比色卡片

(石灰性土)

pH



强碱性

9.0



碱性

8.5



8.0



微碱性

7.5



中性

7.0

彩图 酸碱度标准比色卡片

目 录

| | |
|--|----|
| 第一章 分析工作须知 | 1 |
| 一、分析天平 | 1 |
| (一) 普通分析天平 | 1 |
| (二) 气阻分析天平 | 3 |
| (三) 半自动分析天平 | 4 |
| (四) 全自动分析天平 | 5 |
| (五) 砝码和称量 | 5 |
| 二、磁质器皿和玻璃器皿的洗涤和使用 | 7 |
| 三、容量分析操作 | 12 |
| 四、重量分析操作 | 18 |
| 第二章 主要试剂配制 | 25 |
| 一、标准液的制备及标定 | 25 |
| (一) 1N, 0.5N; 0.1N, 0.02N盐酸标准液 | 25 |
| (二) 0.02N、0.03N硫酸标准液 | 26 |
| (三) 1N, 0.5N, 0.1N, 0.05N氢氧化钠标准液 | 27 |
| (四) 0.5N, 0.05N 高锰酸钾标准液 | 28 |
| (五) 0.2N硫酸亚铁标准液 | 29 |
| (六) 0.4N 重铬酸钾标准液 | 30 |
| (七) 0.5N, 0.05N 硫代硫酸钠标准液 | 31 |
| (八) 0.1N碘标准液 | 32 |

| | |
|------------------------------------|-----------|
| (九) 0.05N乙二胺四乙酸二钠盐(EDTA) 标准液 | 33 |
| (十) 0.03N硝酸银标准液 | 34 |
| 二、其他主要试剂制备 | 34 |
| (一) 指示液 | 34 |
| (二) 其他特定试剂 | 35 |
| 第三章 土壤肥料样品的采集和处理方法 | 38 |
| 一、土壤水分样品的采集方法 | 38 |
| 二、土壤样品的采集方法 | 38 |
| (一) 土壤养分样品的采集方法 | 38 |
| (二) 土壤盐分样品的采取方法 | 39 |
| (三) 土壤样品的处理 | 40 |
| 三、肥料样品的采集方法 | 41 |
| (一) 固体肥料 | 41 |
| (二) 液体肥料 | 41 |
| 四、植株样品的采集方法 | 41 |
| 第四章 土壤水分的测定 | 43 |
| 一、方法原理 | 43 |
| 二、测定步骤 | 43 |
| 三、结果计算 | 43 |
| 第五章 土壤氢离子浓度 (pH) 的测定 | 44 |
| 一、分析意义 | 44 |
| 二、方法原理 | 44 |
| 三、测定步骤 | 44 |
| (一) 电位计法 | 44 |
| (二) 快速混合指示剂测定法 | 46 |
| 第六章 土壤水溶性盐类的测定 | 47 |
| 一、分析意义 | 47 |

| | |
|-----------------------------|-----------|
| 二、土壤水浸提液的制备 | 47 |
| 三、土壤全盐量的测定 | 48 |
| (一) 蒸干法 | 48 |
| (二) 电导法 | 49 |
| 四、碳酸根和重碳酸根的测定 | 50 |
| 五、氯根的测定 | 53 |
| 六、钙和镁的测定 | 54 |
| 七、硫酸根的测定 | 56 |
| 八、钠钾测定 (间接法) | 58 |
| 第七章 土壤代换性盐基的测定 | 59 |
| 一、分析意义及其方法选择 | 59 |
| 二、方法原理 | 59 |
| 三、测定步骤 | 61 |
| (一) 代换性钠钾的测定 | 61 |
| (二) 代换性镁的测定 | 62 |
| (三) 代换性盐基总量的测定 | 62 |
| (四) 代换性钙的测定 | 62 |
| 四、结果计算 | 62 |
| 第八章 土壤有机质的测定 | 65 |
| 一、分析意义 | 65 |
| 二、方法原理 | 65 |
| 三、试剂配制 | 66 |
| 四、测定步骤 | 66 |
| 第九章 土壤中氮素的测定 | 68 |
| 第一节 土壤全氮量的测定 | 68 |
| 一、分析意义 | 68 |
| 二、方法原理 | 68 |

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| 三、测定步骤 | 68 |
| (一) 蒸馏法测氮 | 69 |
| (二) 扩散法测氮 | 70 |
| (三) 比色法测氮 | 71 |
| 第二节 土壤有效氮的测定 | 72 |
| 一、分析意义 | 72 |
| 二、酸水解法 | 72 |
| 三、冷碱水解法 | 74 |
| 第三节 土壤无机氮的测定 | 75 |
| 一、土壤硝态氮的测定 | 75 |
| (一) 酚二磺酸比色法 | 76 |
| (二) α -萘胺法 (速测法) | 79 |
| 二、铵态氮的测定 | 80 |
| 第十章 土壤中磷的测定 | 82 |
| 第一节 土壤全磷量的测定 | 82 |
| 一、分析意义 | 82 |
| 二、土壤全磷分析方法的选择 | 83 |
| (一) 容量分析法 ($H_2SO_4-HClO_4$ 法) | 86 |
| (二) 比色分析法 | 92 |
| 第二节 石灰性土壤有效磷的测定 | 96 |
| 一、分析意义 | 96 |
| 二、浸提液的选择 | 97 |
| 三、方法原理 | 98 |
| 四、测定步骤 | 99 |
| (一) 1%碳酸铵法 | 99 |
| (二) 0.5M碳酸氢钠法 | 104 |

| | |
|--|-----|
| 第十一章 土壤中钾的测定 | 108 |
| 第一节 土壤全钾量测定 | 108 |
| 一、分析意义 | 108 |
| 二、方法选择 | 108 |
| 三、测定步骤 | 109 |
| (一) 氢氟酸—硫酸($\text{HF}-\text{H}_2\text{SO}_4$) 消煮法 (直接火焰光度计法) | 109 |
| (二) 碳酸钙—氯化铵($\text{CaCO}_3-\text{NH}_4\text{Cl}$) 焙熔法 | 111 |
| 第二节 石灰性土壤有效钾的测定 | 118 |
| 一、分析意义 | 118 |
| 二、浸提液的选择 | 118 |
| 三、方法选择 | 119 |
| 四、测定步骤 | 119 |
| (一) 直接火焰光度计法 | 119 |
| (二) 亚硝酸钴钠容量法 | 120 |
| 第十二章 土壤中碳酸钙的测定 | 124 |
| 一、方法原理 | 124 |
| 二、测定步骤 | 124 |
| (一) 气量法 | 124 |
| (二) 快速滴定法 | 126 |
| (三) 碳酸钙含量约测法 | 126 |
| 第十三章 有机肥料中氮磷钾的测定 | 128 |
| 第一节 有机肥料中全氮的测定 | 128 |
| 一、分析意义 | 128 |
| 二、方法原理 | 128 |
| 三、试剂配制 | 129 |
| 四、测定步骤 | 129 |

| | |
|------------------------|-----|
| 第二节 有机肥料中铵态氮的测定 | 130 |
| 一、分析意义 | 130 |
| 二、方法原理 | 130 |
| 三、试剂配制 | 131 |
| 四、测定步骤 | 131 |
| 五、结果计算(举例) | 131 |
| 第三节 有机肥料中全磷全钾的测定 | 132 |
| 一、分析意义 | 132 |
| 二、方法原理 | 133 |
| 三、测定步骤 | 133 |
| (一) 样本制备 | 133 |
| (二) 消化 | 133 |
| (三) 浸提 | 133 |
| (四) 磷素的测定(钒钼酸铵法) | 134 |
| (五) 钾素的测定 | 134 |
| 第十四章 植物氮磷钾的测定 | 137 |
| 一、分析意义 | 137 |
| 二、植物磷钾的测定 | 137 |
| (一) 测定磷钾前植物样品的处理 | 137 |
| (二) 测定步骤 | 139 |
| 三、植株中全氮的测定 | 143 |
| 四、植株中的氮磷钾一次消化法 | 144 |
| 第十五章 植物中水分及灰分的测定 | 145 |
| 一、植物中水分的测定 | 145 |
| (一) 烘干法 | 145 |
| (二) 135℃干燥法 | 146 |
| (三) 真空干燥法 | 146 |

| | |
|-------------------------------|-----|
| (四) 水分馏出法 | 147 |
| 二、植物中灰分的测定 (干灰化法) | 148 |
| 第十六章 植物中蛋白质的测定 | 150 |
| 一、分析意义 | 150 |
| 二、方法原理 | 150 |
| 三、试剂配制 | 151 |
| 四、测定步骤 | 151 |
| 五、结果计算 | 152 |
| 第十七章 植物籽实中脂肪的测定 | 153 |
| 一、分析意义 | 153 |
| 二、方法原理 | 153 |
| 三、测定步骤 | 154 |
| (一) 脂肪提取器测定法 | 154 |
| (二) 浸泡测定法 | 155 |
| 第十八章 植物淀粉和糖的测定 | 156 |
| 第一节 植物籽粒中淀粉含量的测定 | 156 |
| 一、分析意义 | 156 |
| 二、测定步骤 | 156 |
| (一) 酸水解法 | 156 |
| (二) 酶水解法 | 159 |
| (三) 直接测定法 (旋光法) | 160 |
| 第二节 还原糖的测定 | 162 |
| 一、分析意义 | 162 |
| 二、测定步骤 | 163 |
| (一) 容量分析法 | 163 |
| (二) 比色法 | 168 |

| | |
|------------------------------|-----|
| 第十九章 土壤机械分析 | 173 |
| 一、分析意义 | 173 |
| 二、土壤机械分析的依据 | 173 |
| (一) 土粒分级 | 173 |
| (二) 土壤质地分类 | 174 |
| 三、方法原理 | 178 |
| 四、司笃克公式 | 178 |
| (一) 吸管法 (卡琴斯基法) | 179 |
| (二) 比重计法 | 191 |
| (三) 比重计速测法 | 204 |
| 附录一 常用分析仪器 | 209 |
| 一、火焰光度计 | 209 |
| 二、光电比色计 | 212 |
| 三、分光光度计 | 217 |
| 四、电导仪 | 221 |
| 五、酸度 (pH) 计 | 222 |
| 附录二 纯水制造——离子交换法 | 225 |
| 一、概述 | 225 |
| 二、离子交换树脂的性质 | 227 |
| 三、纯水制造 | 228 |

第一章 分析工作须知

一、分析天平

土壤肥料分析的任务是测定土壤、肥料样品中含有各种化学和物理成分的含量。测定物质含量，经常使用称量。分析天平是精确称量的最有效工具。因此了解分析天平的知识，正确掌握操作技术是获得准确的分析结果的重要条件之一。

常用分析天平按其称量准确度来分可分为百分之一（称量 500 克，准确称量到 0.01 克），千分之一（称量 200 克，准确称量到 0.001 克），万分之一或万分之二（称量 100、200 克，准确称量到 0.0001 克或 0.0002 克）。按其构造来分可分为普通分析天平，气阻分析天平，半自动分析天平，全自动分析天平。台秤或称药用天平，能准确称到十分之一克（准确称量到 0.1 克）。

现将四种分析天平的构造及使用时的注意事项简单说明如下：

（一）普通分析天平：

普通分析天平的构造如图 1 所示。天平横梁具有等长两臂（分析天平的称量，主要应用等臂原理，因此称量与砝码的重量相等），横梁中间装有细长而垂直的指针 1，用以观察横

梁的摆动或倾斜情况。
为了便于观察，在指针尖端处的天平柱脚上装有刻度的指针标尺 2。

横梁的中央固定一个三棱形向下的玛瑙刀口 8，架在天平柱上磨光的玛瑙平板上，这是天平横梁的支点。梁的两端各有一个向上的玛瑙刀口，其上悬有铰，天平盘就挂在铰的挂钩上。三个刀口的棱边必须完全平行，并且位于同一水平面上。使用天平时必须注意保护刀口的尖锐程度。转动升降枢装置的枢轴 4，可以

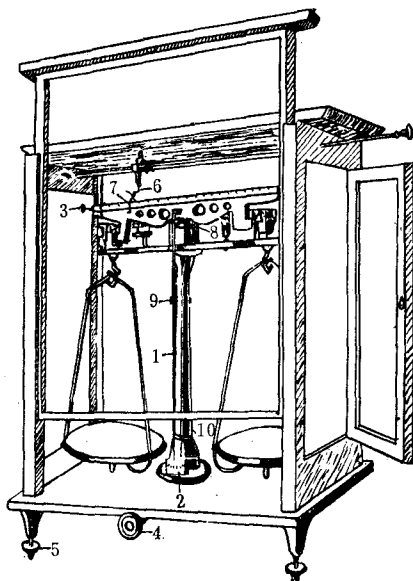


图1 普通分析天平

1. 指针
2. 指针标尺
3. 平衡螺旋
4. 升降枢轴
5. 调整水平的螺旋
6. 游码钩
7. 游码
8. 玛瑙刀口
9. 重心小锤
10. 观察水平的悬锤

使天平横梁上升或下降。当天平在休止时，必须把横梁托住，使刀口架空而不与平板接触，以防磨损。有些分析天平，挂盘的铰有支架把它托住，使横梁两端的刀口架空。

横梁两端装有调节摆动平衡的螺旋 3。这两个螺旋有时安装在横梁架的两边架中，其作用相同。指针 1 上装有重心小锤 9 以调节天平自由摆动部分的重心。天平活动部分的重心距离支点愈远，天平就愈稳定，而灵敏度愈低，重心愈上，

则灵敏度愈高，摆动的周期愈长。

横梁上具有放置游码7的刻度尺。刻度“0”在横梁的中央刀口处。左右各划分十等分，刻度“10”恰处于横梁两端的刀口上面。游码用操纵杆末端的游码钩6钩取。天平开放时必须使游码钩脱出游码，以免妨碍摆动和损坏玛瑙刀口。

分析天平都装在特制的匣内，以防尘埃侵入和温度改变及气流的影响。匣前玻璃门是为整修天平时用的，取放砝码和称量物品时只用两侧的玻璃门。匣下有三只脚，后面的一只是固定的，前面的两只装有螺旋5。天平的准确水平位置可由悬锤10或水准器的水泡来决定。

(二) 气阻分析天平：

普通分析天平虽然是足够灵敏和准确的，结构也比较简单，易于修理和校正，但是摆动很快很多次才能停止，称量很费时间。气阻分析天平的结构，与普通分析天平基本相同，不同之处是在天平横梁的两臂下装有空气阻抑器，如图2所示。

气阻器由铝制的圆筒形套盒组成。外盒固定在天平柱上，直径较小的内盒悬于铰钩上。天平开放时，内盒能自由地上下移动，但由于盒内空气的阻力，天平指针摆动很慢，很快

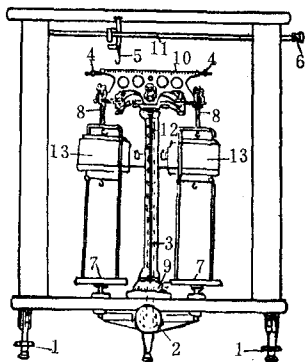


图2 气阻分析天平

1. 调节水平的螺旋
2. 升降枢轴
3. 指针
4. 平衡螺旋
5. 游码钩
- 6, 11. 游码操纵杆
7. 天平盘
8. 铰
9. 指针标尺
10. 游码刻度尺
12. 重心螺旋
13. 气阻器

地就会停摆。

(三) 半自动分析天平：

气阻天平往往结合半自动装置，消除了用镊子添加1克以下砝码的麻烦。这种天平还常附有光幕设备，取代横梁刻度和游码装置，毫克和十分之几毫克在光幕上读得。故称半自动—气阻—光幕分析天平（图3）。它的构造有三个特点：

1. 自动放置1克以下砝码的装置（图3，附件甲）。天平横梁1的右臂一端的铰上有一个悬挂砝码的金属齿形小窄片2，前后各有凹齿四个，每个环形小砝码（一般为10、10、20、50、100、100、200、500毫克共八个环）都挂在专用的8个小钩4上。利用旋转盘5可以把小钩放下或提起，放下的砝码重量能从旋转盘5直接读出来。例如图上的读数是530毫克。1克以上的砝码则和普通天平一样，须用镊子夹取和放在天平盘上。

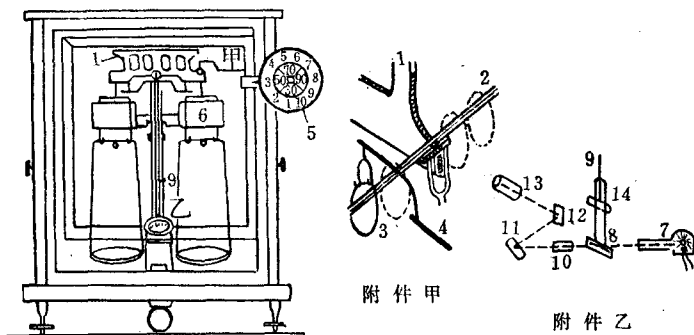


图3 半自动分析天平

- 1.天平横梁 2.悬挂小砝码的金属窄片 3.环形小砝码 4.砝码钩 5.升降小砝码的旋转盘 6.气阻器 7.光源（小灯） 8.刻度标尺 9.指针
10.透镜 11、12.反射镜 13.幕 14.不用光幕时观察指针倾斜的标尺

2.气阻器(图3, 6)构造和一般气阻分析天平的气阻装置相同。

3.光幕装置(图3, 附件乙),10毫克以下的重量,可以利用光幕装置观察指针的倾斜度来确定。当升降枢放下时,小灯7就发光,并使光聚成一小点,瞄准在透明的微型刻度标尺8上。标尺固定在指针9上。标尺上的微型刻度经透镜10放大和两个反射镜11、12引到毛玻璃做的幕13上。这块毛玻璃可以左右移动,使中间黑线与刻度“0”点吻合。在幕上可以直接读出标尺的刻度数(每一大格相当于1毫克,每大格又划分为十小格,可读出0.1毫克)。

(四) 全自动分析天平:

全自动分析天平的构造一般与半自动分析天平相仿,即包括气阻、光幕和砝码的加或减,全部在匣外用旋转盘操纵。称量一般可到200克。

(五) 砝码和称量:

1.砝码:每架分析天平都有与它配套的一匣砝码,不能混乱使用。砝码的准确度必须与天平的准确度相适应。

重于1克的砝码一般用黄铜制成,轻于1克的砝码则用铝片或其他合金片制成,一般放在匣内玻璃盖下的槽内。

砝码必须用镊子夹取,切忌用手接触,以免沾污生锈。砝码只能放在匣中的一定位置或天平盘上,不得放在其他任何地方。

2.游码:应用10毫克以下砝码很不方便,所以用铝丝或铂丝等制成的游码来代替。游码本身的重量一般是10毫克。当它放在刻度尺中部“0”处时,对天平的摇动不发生任何