

# 森林土壤 实验常规分析方法

主编 / 谭波 倪祥银 吴福忠 李娇

SENLIN TURANG  
SHIYAN CHANGGUI  
FENXI FANGFA



四川大学出版社

# 森林土壤 实验常规分析方法

---

主编 / 谭 波 倪祥银 吴福忠 李 娇  
编委 / 曹 瑞 陈亚梅 付长坤 贺若阳  
胡筠怡 梁子逸 谭 羽 杨 帆  
杨开军 游成铭 赵海蓉 张 钰



四川大学出版社

项目策划：杨丽贤  
特约编辑：张澄  
责任编辑：周艳  
责任校对：谢瑞  
封面设计：墨创文化  
责任印制：王炜

### 图书在版编目(CIP)数据

森林土壤实验常规分析方法 / 谭波等主编. — 成都：  
四川大学出版社，2020.12  
ISBN 978-7-5690-2805-8

I. ①森… II. ①谭… III. ①森林土—实验—分析方法  
IV. ①S714-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第036028号

### 书名 森林土壤实验常规分析方法

---

主 编	谭波 倪祥银 吴福忠 李娇
出 版	四川大学出版社
地 址	成都市一环路南一段24号(610065)
发 行	四川大学出版社
书 号	ISBN 978-7-5690-2805-8
印前制作	四川胜翔数码印务设计有限公司
印 刷	郫县犀浦印刷厂
成品尺寸	148mm×210mm
插 页	1
印 张	6.25
字 数	171千字
版 次	2020年12月第1版
印 次	2020年12月第1次印刷
定 价	35.00元

---

版权所有 ◆ 侵权必究

- ◆ 读者邮购本书，请与本社发行科联系。  
电话：(028)85408408/(028)85401670/  
(028)86408023 邮政编码：610065
- ◆ 本社图书如有印装质量问题，请寄回出版社调换。
- ◆ 网址：<http://press.scu.edu.cn>



四川大学出版社  
微信公众号

# 前 言

土壤是生命的摇篮。它具有一定的肥力，能给植物根系和土壤生物提供生活空间、矿质元素、水分，是生态系统地上与地下物质循环和能量流动的交换场所。森林约占全球陆地面积的27.6%，是陆地生态系统的主体。森林土壤被誉为陆地生态系统中巨大的“土壤碳库”“水库”“生物基因库”，在全球碳循环、水土保持与水源涵养、生物多样性保育、区域气候调节等方面具有十分重要的、不可替代的作用和地位。

改革开放以来，我国科学家围绕森林土壤开展了一系列的土壤学、生态学和环境科学研究，取得了大量卓有成效的研究成果，改进了许多森林土壤分析测试的方法。这为我国农、林、牧、副、渔业的可持续发展，环境治理，土壤生态安全建设提供了有力保障。但迄今为止，关于森林土壤实验分析方法的专著或教材仍然缺乏。本书基于四川农业大学“生态系统过程与调控”研究团队过去十多年来从事与森林土壤生态有关的森林土壤养分、土壤生物、土壤酶、生物元素循环等研究的科研积淀及从事林学、土壤学、生态学等的教学经历，从森林土壤分析实验研究方法角度出发，对森林土壤生态研究过程中常规测试指标的分析方法进行了阶段总结。本书主要介绍了土壤分析实验室的安全准则、森林土壤实验常用仪器的使用指南以及森林土壤、植物、凋落物和水样常规测试指标的分析方法，希望为森林土壤生态的研

究工作者提供参考和借鉴。

本书是在国家自然科学基金项目（编号 31500509、31570445、31500358、31670526、31622018、31800521、31870602、31800373 等）研究的基础上对现行方法的整理和归纳总结。由于我们学识和水平有限，所述方法难免有错误和疏漏之处，敬请专家和读者批评指正！

# 目 录

<b>1 实验室安全准则</b> .....	( 1 )
1.1 实验室管理制度 .....	( 1 )
1.2 实验室安全管理制度 .....	( 2 )
1.3 实验室卫生制度 .....	( 3 )
1.4 仪器使用管理制度 .....	( 4 )
1.5 药品使用管理制度 .....	( 5 )
1.6 实验人员实验守则 .....	( 6 )
<b>2 森林土壤实验常用仪器使用指南</b> .....	( 8 )
2.1 森林土壤分析实验前处理仪器 .....	( 8 )
2.2 森林土壤理化分析实验仪器 .....	( 16 )
2.3 森林土壤呼吸通量实验仪器 .....	( 40 )
2.4 森林土壤生物学实验仪器 .....	( 50 )
<b>3 土壤相关指标测定</b> .....	( 56 )
3.1 土壤样品采集与处理 .....	( 56 )
3.2 土壤理化性质测定 .....	( 58 )
3.3 土壤碳组分测定 .....	( 63 )
3.4 土壤氮组分测定 .....	( 70 )
3.5 土壤磷组分测定 .....	( 82 )
3.6 土壤钾组分测定 .....	( 89 )
3.7 土壤金属元素测定 .....	( 92 )

3.8	土壤微生物测定 .....	(96)
3.9	土壤动物测定 .....	(108)
3.10	土壤酶活性测定 .....	(111)
3.11	土壤呼吸测定 .....	(118)
<b>4</b>	<b>凋落物相关指标测定 .....</b>	<b>(123)</b>
4.1	凋落物样品采集与处理 .....	(123)
4.2	凋落物理化性质分析 .....	(124)
4.3	凋落物碳、氮、磷测定 .....	(126)
4.4	凋落物腐殖化测定 .....	(131)
4.5	凋落物组分测定 .....	(134)
4.6	凋落物金属元素测定 .....	(137)
4.7	凋落物微生物测定 .....	(140)
4.8	凋落物酶活性测定 .....	(144)
<b>5</b>	<b>水样相关指标测定 .....</b>	<b>(151)</b>
5.1	水样采集与处理 .....	(151)
5.2	水样理化性质分析 .....	(152)
5.3	水样碳、氮、磷的测定 .....	(153)
5.4	水样金属元素测定 .....	(165)
5.5	水样微生物测定 .....	(170)
<b>6</b>	<b>植物样品相关指标测定 .....</b>	<b>(177)</b>
6.1	植物样品采集与处理 .....	(177)
6.2	植物水分的测定 .....	(179)
6.3	植物灰分中的常量元素分析 .....	(181)
6.4	植物激素提取 .....	(183)
6.5	植物生理生化指标测定 .....	(185)
6.6	植物木质素、纤维素测定 .....	(191)
6.7	植物叶绿素测定 .....	(192)
6.8	植物总酚测定 .....	(193)

# 1 实验室安全准则

## 1.1 实验室管理制度

● 实验室是科学研究和人才培养的重要基地，实验人员应认真执行实验室安全管理制度、仪器管理制度、药品管理制度等相关要求，不得在实验室内进行与实验工作无关的活动。

● 进入实验室必须穿工作服，进入无菌室换无菌衣、帽、鞋，戴好口罩，非研究所人员不得进入实验室，严格执行安全操作规程。工作服应经常清洗，保持整洁，必要时高温消毒。

● 实验人员应在其分配的实验台面上活动，不得占用他人台面，特殊情况下应提前与所涉及的人员商量，严禁在实验台面上随意涂画。

● 实验室的设施布局不得随意变动，仪器设备未经管理员同意不得擅自使用，严格遵守公用仪器操作规程和使用预约登记制度，登记时要记录仪器设备的使用情况，设备租借按相关程序向实验室管理员提出申请。

● 严格执行实验室门禁卡、钥匙的管理制度，门禁卡、钥匙由实验室管理员统一管理，任何人不得私自借给他人使用或擅自配置钥匙，特殊情况下应提前向管理员提出申请。

● 实验室内要保持清洁卫生，不得乱扔纸屑等杂物。进入实验室工作的实验人员对实验室卫生负责。实验结束后，应及时进行清扫整理，桌、柜等表面应用消毒液擦拭，保持无尘，杜绝污染。

● 实验室应井然有序，物品摆放整齐、合理，不能随意移动。不得存放实验室以外的个人用品、仪器等，严禁在冰箱、恒温箱、烘箱内存放私人物品。

● 化学试剂应定期检查并有明晰标签，仪器应定期检查、保养、检修。

● 实验结束后，实验人员应及时清理实验用具，有毒、有害、易燃的物品和废弃物的处理应按有关要求执行。关好门窗、水电，在管理员处归还钥匙并签字确认。

## 1.2 实验室安全管理制度

实验室是进行实践教学和科研工作的重要基地，为做好实验室安全工作，确保实验工作的顺利开展，需具有行之有效的管理制度。

● 安全工作，人人有责。实验人员必须牢固树立“安全第一”的思想，严格遵守实验室管理制度和实验室操作流程，防止任何安全事故的发生。

● 实验室内严禁烟火，存放的一切易燃、易爆物品都要单独隔离，与火源、电源保持一定距离，严禁闲杂人员入内。

● 充分熟悉灭火器、急救箱的存放位置和使用方法，安全用具不准移作他用。

● 装药品的容器上应贴上标签，注明名称等。

● 危险药品要专人、专类、专柜保管，实行双人双锁管理

制度。各种危险药品要根据其性能、特点分门别类地进行贮存，并定期进行检查，以防意外事故发生。

- 不得私自将药品带出实验室，实验室内严禁存放个人物品。

- 有危险的实验在操作时应使用防护眼镜、面罩、手套等防护设备。

- 能产生有刺激性或有毒气体的实验必须在通风橱内进行。

- 浓酸、浓碱具有强烈的腐蚀性，使用时要特别小心，切勿使其溅在衣服或皮肤上，废酸应倒入酸缸，不要往酸缸里倾倒碱液，以免酸碱中和放出大量的热而发生危险。

- 实验中所用药品不得随意散失、遗弃，对反应中产生的有害气体应按规定处理，以免污染环境，影响健康。

- 实验完毕后，实验人员应关闭所使用的仪器设备，切断电源、气源和水源，对实验室做一次系统的检查，关好门窗，防火、防盗、防破坏。

### 1.3 实验室卫生制度

- 实验室是进行人才培养、科学研究的重要场所，必须加强管理，为实验人员创造一个良好的实验环境。

- 凡进入实验室参加实验的人员，必须穿工作服，保证整洁、干净。非研究所人员未经许可不得进入实验室。

- 进入实验室工作的实验人员对实验室卫生负责，注意保持室内卫生及良好的实验秩序。每次做完实验，应将所有仪器设备复位，清理好现场。

- 实验室内各种设备器材的摆放要合理、整齐，实验室内

严禁放置私人物品。

● 实验室要做到定期清扫、经常通风，保持良好的实验环境。

● 能产生有异味、影响实验室安全的气体的实验，必须在通风橱内进行，并做好尾气收集及排放措施。

● 实验室产生的废液不要随意倒入水槽中，特别是有毒、有害液体，必须装入废液缸中并贴好标签，不要随意放置。

● 公共区域实验台面应保持整洁，使用完的仪器配件、药品等应放入对应储物柜中，堆放在实验台面上的物品若无明晰标签，一律按垃圾处理。

● 实验室中有害气体、粉尘含量必须符合国家规定标准，对污染环境的有害物质要定期进行分析和监测，确保实验人员的健康和安

## 1.4 仪器使用管理制度

为确保实验室高效运转和管理，保证科研工作的顺利开展，需采用行之有效的仪器使用管理制度。

● 实验室仪器使用应坚持“先预约、后使用”的原则，未经实验室管理员的同意，其他人员不准使用、移动、调换及借出仪器。

● 使用仪器前应先检查仪器是否正常。仪器设备运行期间，不得擅自离岗，发现异常及故障应及时关机，做好有关记录并立即报告实验室管理员，不得隐瞒不报或擅自修理。仪器故障排除后方可使用，杜绝仪器“带病”运转。

● 仪器的使用应严格按照仪器说明书中的要求进行，使用人员必须掌握仪器的工作原理、性能、操作程序后方可使用仪

器。所有仪器使用者均应爱护仪器设备，轻拿轻放，切忌野蛮操作。如因违反操作规程导致仪器设备损坏，要追究当事人责任，并按有关规定给予必要的处罚。

● 实验室仪器原则上不外借，需借用仪器的外来人员，一律填写外来人员实验仪器使用登记表，经管理员同意及相关负责人签字后方可借出，并按实验室仪器使用收费标准收取相关费用。出借仪器归还时，如发现损坏等，应按价赔偿。

● 仪器使用结束后，应将各部件恢复到所要求的位置，及时做好清理工作，到管理员处签字确认。

● 仪器室应有安全设施，并定期检查，切实做好防火、防盗等安全工作。如有遗失或其他事故，应及时查清原因并上报给相关负责人。

### 1.5 药品使用管理制度

土壤分析所需的化学药品不仅种类繁多，而且大多数具有一定的危险性，对其加强管理是保证分析数据质量的关键，更是确保安全的需要。

● 要遵循既有利于科研、又保障安全的原则，加强危险药品管理和使用的安全教育。

● 化学药品存放应保证阴凉、通风、干燥、避光，有防火、防盗设施，周围禁止吸烟和使用明火。

● 根据药品的种类、性质分类存放，并采用科学的保存办法。如受光易变质的药品应装在避光容器内，易挥发、潮解的药品要密封，长期不用的药品应蜡封，装碱的玻璃瓶不能用玻璃塞等。

● 化学药品应在容器外贴上标签，并涂蜡保护，短时间存

放药品的容器可不涂蜡。对于分装的药品，容器标签上应注明名称、规格及浓度，无标签的药品不能擅自乱扔、乱倒。

● 对危险药品要严加管理：危险药品必须存入专柜，加锁防范。互相发生化学反应的药品应隔开存放。危险药品都要严加密封，并定期检查密封情况，高温、潮湿季节尤应注意。要加强对火源的管理，危险药品专柜周围和内部严禁火源；变质、失效的化学药品要及时销毁，销毁时要注意安全，不得污染环境。

● 药品不得与配制的溶液放在一起，固体药品应与液体药品分开保存，使用结束后试剂药品应及时收拾清理，保证实验台面整洁干净。

● 定期对药品进行检查，确保药品的用量，并在保质期内使用，严禁使用过期、失效的药品。

## 1.6 实验人员实验守则

● 实验人员进入实验室工作，应严格遵守实验室的管理条例，必须服从实验室管理员的安排，不得大声喧哗，要保持实验室的安静和室内卫生。

● 爱护仪器设备。实验人员必须掌握仪器的工作原理、性能、操作规程后方可使用仪器，未经同意不得擅自用实验室仪器设备，凡因违反操作规程或擅自用仪器设备造成损失者，按照相关规定给予一定处罚。仪器发生故障时，应立即停止使用，并报告实验室管理员，严禁擅自拆卸、搬弄仪器。

● 爱惜药品和实验材料。实验中要注意节约使用实验材料，未经实验室管理员同意，不得将实验用品带出实验室。

● 实验中应注意安全，使用仪器设备和易燃、易爆、有毒药品时，必须严格遵守操作规程，防止意外事故发生。在实验过

程中若出现事故，应立即切断电源、水源，停止实验并向实验室管理员报告。

● 用过的废渣、废纸、火柴梗等杂物不得随意丢弃，须置于指定地方。特别是有毒有害物质，必须在实验室管理员指导下进行处理，不准乱扔、乱放。

● 实验结束后，要及时清理实验台面，保证实验台面整洁干净。将使用的仪器和工具清洗后放回原处。规定在原地使用的仪器，不得任意移动。

● 离开实验室时，应关好门窗、水电，以确保实验室的安全。实验室管理员审查仪器设备还原情况，确认无误后，签字确认。

### 参考资料

- [1] 艾德生, 黄开胜, 马文川, 等. 实验室安全管理模式的研究与实践 [J]. 实验技术与管理, 2018, 35 (1): 8-12.
- [2] 李倦生, 王怀宇. 环境监测实训 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [3] 陆锦冲. 和谐社会视角下高校实验室安全管理制度的构建 [J]. 实验技术与管理, 2012, 29 (10): 1-4.
- [4] 蒲雪梅, 陈华. 大学化学实验 [M]. 2 版. 北京: 化学工业出版社, 2015.
- [5] 宋英明. 高校实验室化学药品的使用与管理 [J]. 中国培训, 2016 (22): 76.
- [6] 谢绍龙, 钟文海. 高校实验室危险化学品安全管理制度之建立 [J]. 中国高新区, 2017 (11): 51-52.

## 2 森林土壤实验常用仪器 使用指南

### 2.1 森林土壤分析实验前处理仪器

#### 2.1.1 电子天平 (ESJ200-4A)

##### (1) 主要用途

电子天平主要用于土壤、植物、药品等的称重，要求在一个相对无振动、无气流，室内温度恒定，相对湿度为 45%~60% 的专用工作室使用。

##### (2) 操作流程

①调水平：天平开机前，应观察天平后部水平仪内的气泡是否位于圆环的中央，否则通过天平的地脚螺栓调节，左旋升高，右旋下降。

②预热：天平在初次接通电源或长时间断电后开机时，至少需要 30 min 的预热时间。因此，通常情况下，不要经常切断天平电源。

##### ③称量：

a) 按“ON/OFF”键，接通显示器。

b) 等待仪器自检。当显示器显示零时，自检过程结束，天平可用于称量。

c) 放置称量纸，按显示屏两侧的“TARE”键去皮，待显示器显示零时，在称量纸上加所要称量的试剂、药品等。

d) 称量完毕，按“ON/OFF”键，关闭显示器。

### (3) 注意事项

①天平在安装时已经过严格校准，故不可轻易移动天平，否则校准工作需重新进行。

②严禁不使用称量纸直接称量，具有挥发性、腐蚀性、吸潮性的物品必须放在加盖的容器中称量。

③每次称量后，清洁天平，避免对天平造成污染而影响称量精度，影响他人的工作。

## 2.1.2 电热鼓风干燥箱（DHG-2450B）

### (1) 主要用途

电热鼓风干燥箱由箱体、控温系统、电加热鼓风系统组成，供工矿企业、化验室、科研单位等作干燥、烘焙、熔蜡、灭菌用。在土壤分析实验中，可用于土壤、植物、药品和玻璃器皿的干燥，以及土壤、植物水分含量的测定。

### (2) 操作流程

①打开箱门，将待处理样品放入箱内隔板上，关上箱门，关闭放气阀，打开真空阀，接通真空泵抽气，使箱内达到所需的真空度，关闭真空阀和真空泵电源。

②接通电源，将面板上的电源开关置于“开”的位置，此时仪表显示数字，表示设备进入工作状态。通过操作温度控制器，设定所需要的箱内温度。

③仪器开始工作，箱内温度逐渐达到设定值，经过所需的干燥处理时间后，处理工作完成。

④关闭电源，待箱内温度接近环境温度后，打开充气阀，解除箱内真空状态，打开箱门，取出样品。

### (3) 注意事项

①使用时应当观察真空泵的油位，以免由于缺油而损坏电机。

②水及腐蚀性太强的物品不宜放入其内。

③开门取样品时注意箱内温度，以免烫伤。

## 2.1.3 红外石英消化炉 (SKD-20S2)

### (1) 主要用途

红外石英消化炉可用于农业、林业、环保、地质等部门及高等院校、科研部门，对植株、种子、土壤等进行消化。在土壤分析实验中，红外石英消化炉可用于土壤和植物样品中 C、N、P 等元素分析的消化处理。

### (2) 操作流程

执行分段式程序升温（例如：分三段设定温度到 420℃）：

①打开电源开关（红色开关）。

②按“SET”键+“A/M”键 3 s，跳出程序参数修改界面，连续按“SET”键数次，“RUN”设置为“3”、“pro”为“1”；再设置  $r_1=200$ ， $T_1=5$  min， $c_1=200^\circ\text{C}$ ； $r_2=180$ ， $T_2=5$  min， $c_2=350^\circ\text{C}$ ； $r_3=200$ ， $T_3=90$  min， $c_3=420^\circ\text{C}$ ；…； $r_{32}=0$ ， $T_{32}=0$  min， $c_{32}=0^\circ\text{C}$ 。设置好后等待几秒钟，程序会自动保存。

③打开启动开关（绿色开关），程序自动运行、自动结束。如果出现不运行的情况，再检查相关设置。

### (3) 注意事项

①温控表里的参数不得随意更改。

②先把准备消化的样品放在消化架上，再放到消化炉中。

③消化炉的消化孔不能空着，如没有足够样品，可直接将空