



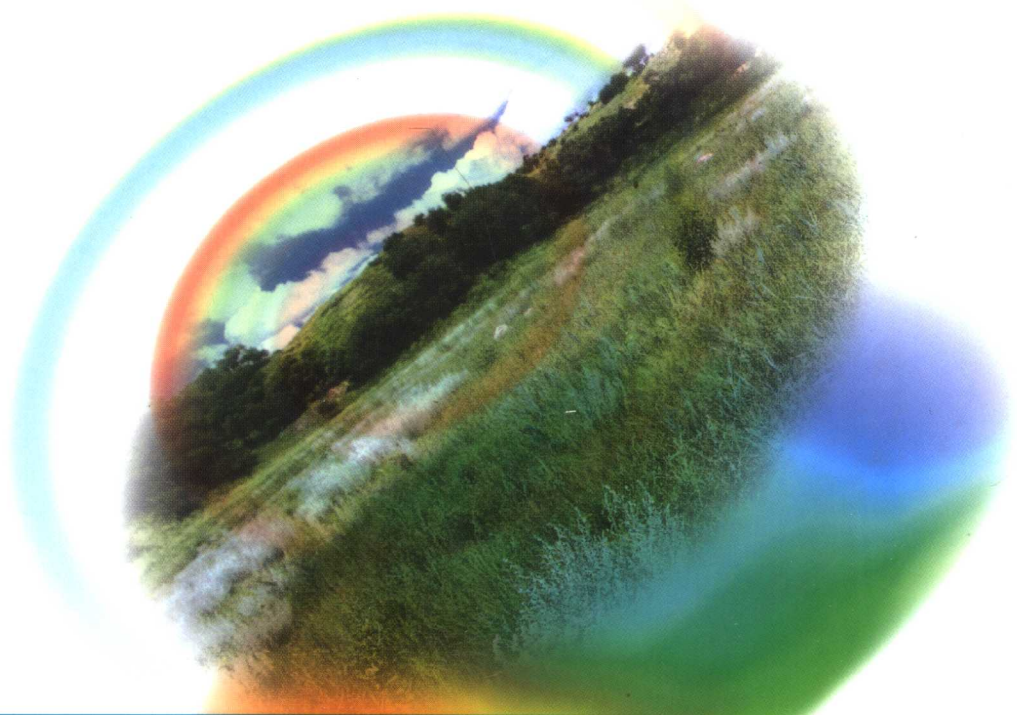
普通高等教育“十五”国家级规划教材

生态学

实验与实习

Shengtaixue Shiyan yu Shixi

杨 持 主编



高等教育出版社

生态学实验与实习

Shengtaixue Shiyan yu Shixi

杨 持 主编



高等教育出版社

内容提要

《生态学实验与实习》是“十五”国家级规划教材,是《生态学》(面向 21 世纪课程教材)的配套教材。本书编者十分注重对学生创新能力的培养,以及新技术、新方法、新仪器设备的介绍。同时,为解决由于地域性差异等因素造成某些生态学实验无法完成的问题,该教材特别配备了 7 个实验课件。此外,书后附录还列出了植物生态学与动物生态学常用的调查和数理统计方法,以方便读者使用。

全书分四个部分,共 26 个实验。第一部分:生态因子对生物的作用及生物对环境的适应性;第二部分:种群结构、动态与种间关系;第三部分:群落与生态系统的结构、过程与功能;第四部分:景观生态分析及生态规划。

本教材适用于高等院校生物学、环境科学、生态学专业的学生使用,也可供有关科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

生态学实验与实习/杨持主编. —北京:高等教育出版社,2003.8

ISBN 7-04-011452-6

I. 生... II. 杨... III. 生态学-实验-高等学校-教材 IV. Q14-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 025884 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京人卫印刷厂

开 本 787×960 1/16
印 张 12.75
字 数 230 000

版 次 2003 年 8 月第 1 版
印 次 2003 年 8 月第 1 次印刷
定 价 24.40 元(含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

由李博院士主编的《生态学》(面向 21 世纪系列教材)已于 2000 年 2 月正式出版发行。

为了落实教育部“关于‘十五’期间普通高等教育教材建设与改革意见”的精神,高等教育出版社于 2001 年 7 月 29 日至 8 月 5 日在内蒙古大学召开了《生态学实验与实习》教材编写大纲研讨会,确定了教材的编写原则,强调实验教材要体现对学生创新能力的培养,并根据学科的特色,加强教材的适用性。既考虑到北方高校又兼顾南方高校;在学科的发展上,既考虑到对基础理论的验证又联系到新技术、新方法、新仪器设备的使用和掌握;特别提出在实验中增加课件的比例,充分发挥现代信息技术的优势,让学生获得更多、更丰富的知识。

20 世纪 60 年代以来,由于工业的高度发展和人口的大量增长,带来了许多全球性的问题(例如,人口问题、环境问题、资源问题和能源问题等),关系到人类的生死存亡。生态学研究从内容到方法、手段都进入到一个新的发展阶段。现代生态学结合人类活动对生态过程的影响,从纯自然现象研究扩展到自然—经济—社会复合系统的研究。研究工作更加强调尺度、格局与过程、等级、异质性。研究层次向宏观和微观两极发展,在宏观方向上扩展到生态系统、景观与全球研究;在微观方向上近年来出现了分子生态学等新的分支学科。而且,由于现代高新技术向生态学领域的渗透,尤其是计算机、高精度分析测定技术、高分辨率遥感仪器和地理信息系统等技术的成熟,有力地促进了生态学向实验科学的发展。无论从理论联系实际的角度看,还是从体现学生素质教育和创新能力与实践能力的培养的要求看,加强课堂实验和野外实习对生态学专业和相关专业的学生来说,都是十分必要和迫切的教学环节。

面临上述这些新问题、新发展,处于教学第一线的编者,经过反复总结、推敲,将多年的教学和科研积累,以及当前先进技术和方法融合于此书之中。希望本教材的出版能够在提高学生素质和创新、实践能力上发挥出更好的作用。

本书分四个部分,共 26 个实验。第一部分:生态因子对生物的作用及生物对环境的适应性;第二部分:种群结构、动态与种间关系;第三部分:群落与生态系统的结构、过程与功能;第四部分:景观生态分析及生态规划。

附录部分列出了植物生态学和动物生态学常用的调查方法以及常用的数据

处理方法,供学生随时查看。

在本教材的使用过程中,可以根据学校允许的学时数和学校的地区特点灵活选取内容。目录中标注有*号的实验,是建议首先选择的实验。部分实验由于内容较多,例如第四部分的4个实验,在有限的时间内完成是比较困难的,学生可以不做。但把这部分内容写进书中,是希望提供给学生更多的实验知识,使他们了解这类问题的处理方法。

由于有些生态学实验受到地域条件的限制,或由于学生在单元时间内不可能完成,而把这些实验制作成课件,就可以有更广泛的实用性。因此,在26个实验中安排了7个课件。生态学实验与实习的课件如何制作,采用什么方式,本书对此进行了尝试。编者希望通过一段时间的实践,再不断进行完善。因此,在本书的第一版中没有对其做严格规定。

本书26个实验分别由内蒙古大学、东北师范大学、山东大学、云南大学、华东师范大学、南开大学、中山大学承担。

此外,内蒙古大学牛建明教授对课件部分按顺序做了编排链接,并在课件的开头给出了《生态学实验与实习》课件光盘使用说明文件。

华东师范大学宋永昌教授作为本教材的审稿人,对本书的编写提出了宝贵的意见。在这里表示衷心的感谢。

由于编者的水平所限,教材中一定会有不少不足和错误的地方,希望使用本教材的教师、学生和有关的科学工作者提出宝贵意见。

编者

2003.3

目 录

第一部分 生态因子对生物的作用及生物对环境的适应性	(1)
实验一 生态因子的综合测定技术	(1)
一、太阳辐射强度的观测	(2)
二、大气降水的观测	(2)
三、蒸发量的测定	(4)
四、空气和土壤温度的测定*	(4)
五、空气湿度的测定*	(6)
六、土壤水分、养分的测定*	(7)
实验二 水分胁迫对植物的影响	(17)
一、叶片缺水程度的鉴定*	(18)
二、根系缺水程度的鉴定——TTC还原法*	(19)
三、叶片游离脯氨酸的测定*	(20)
四、脱落酸(ABA)的测定*	(21)
实验三 温度胁迫对生物的影响	(24)
一、温度胁迫对植物的影响*	(25)
二、动物对低温耐寒性的测定*	(26)
实验四 盐胁迫对植物的影响*	(30)
实验五 污染胁迫对生物的影响	(35)
一、重金属污染对植物叶绿素含量的影响*	(35)
二、氯气污染对植物磷酸化酶活性的影响	(37)
三、农药污染对植物微核产生的诱变效应*	(38)
实验六 溶解氧对水生动物的影响	(41)
第二部分 种群结构、动态与种间关系	(47)
实验七 种群生命表的编制与存活曲线*	(47)
实验八 Logistic方程参数的估计和曲线的拟合——动物 种群在有限环境中Logistic方程的拟合*	(53)
实验九 种群空间分布格局的调查	(56)
实验十 植物种群生殖分配的测定	(60)
实验十一 植物种群遗传多样性的测定	(63)
一、等位酶技术*	(64)

二、随机扩增多态性 DNA 技术(RAPD)·····	(71)
三、单序列重复技术·····	(75)
实验十二 种间关系分析(课件)* ·····	(78)
一、种间竞争·····	(79)
二、他感作用·····	(80)
第三部分 群落与生态系统的结构、过程与功能 ·····	(82)
实验十三 群落的基本特征分析* ·····	(82)
一、草地群落结构特征的分析·····	(83)
二、森林群落结构特征的分析 ·····	(88)
实验十四 物种多样性指数分析* ·····	(91)
实验十五 群落的分类与排序 ·····	(99)
实验十六 重金属在水生食物链中的积累和分布(课件)* ·····	(106)
实验十七 群落第一性生产力的测定与分析 ·····	(110)
一、森林群落生产力的测定与分析 ·····	(111)
二、草本群落生产力的测定与分析* ·····	(118)
三、水域第一性生产力的测定与分析 ·····	(122)
实验十八 植物热值的测定* ·····	(125)
实验十九 群落演替分析(课件)* ·····	(129)
实验二十 系统分析(课件)* ·····	(130)
实验二十一 生态系统多样性分析(课件)* ·····	(135)
实验二十二 热带雨林生态系统(课件)* ·····	(137)
第四部分 景观生态分析及生态规划 ·····	(139)
实验二十三 景观生态分析 ·····	(139)
实验二十四 遥感与地理信息系统在自然资源调查和制 图中的应用(课件)* ·····	(143)
实验二十五 生态环境影响评价 ·····	(144)
实验二十六 生态规划 ·····	(155)
附录 ·····	(160)
附录 I 植物生态学野外调查方法 ·····	(160)
附录 II 动物生态学野外调查方法 ·····	(173)
附录 III 生态学实验数据处理的基本方法 ·····	(186)

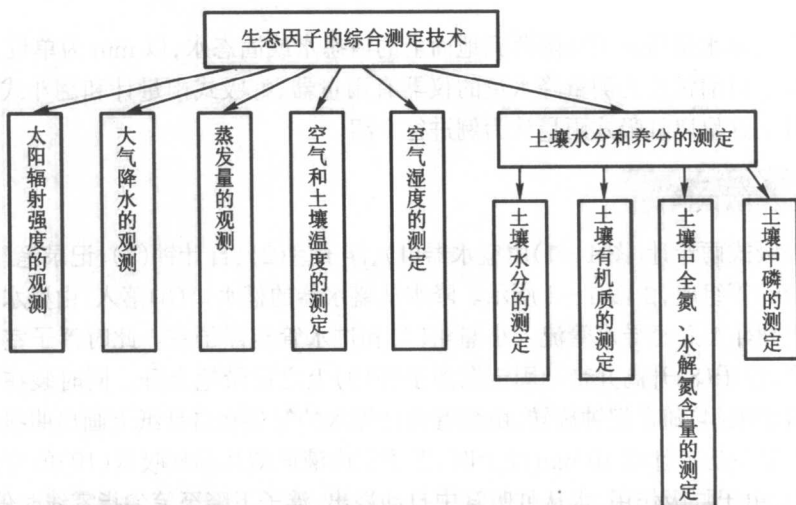
第一部分 生态因子对生物的作用及生物对环境的适应性

实验一 生态因子的综合测定技术

目的和意义

生态因子是指环境中对生物的生长、发育、繁殖和分布能产生直接或间接影响的环境要素。各种生态因子构成生物的生态环境,而生物个体或群体在某一地段上所占有的生态环境就是它的生境。在长期的进化过程中,植物不仅逐步适应了其所处的生境,而且对其生境能产生某种程度的改造作用。因此,植物与生态因子的相互关系是生态学研究的基本内容之一,并已经在实践中得到广泛应用。本实验通过对太阳辐射强度、温度、湿度、水分、土壤等生态因子的测定,使学生掌握几种常见的生理生态测定仪器的工作原理及使用方法,并通过不同群落或同一群落不同部位生态因子的质量和数量的比较,认识植物与环境之间的相互关系。

本实验的内容比较多,下面以框图的形式展现出来。



一、太阳辐射强度的观测

太阳辐射强度的观测包括直接辐射、天空总辐射、散射辐射、地面反射辐射。这里以天空总辐射为例作一介绍。

仪器与设备

仪器的设计原理是以物体的热电效应为基础的。由康铜—铜制成热电堆，热电堆将吸收的热能转化为电能，输出为电压，其输出量的大小与辐射强度成正比。

仪器的感应主体由透光罩、感应器、干燥器等组成。透光罩是双层石英罩，既可以滤去投在黑片上的大气长波辐射，也可以防止风吹去黑白片上的热量。感应器下面的干燥器内装硅胶，以吸收罩内水分。辐射观察的记录器是灵敏度较高的电流表，常称为辐射电流表或微安表。测量时，将天空辐射表热电堆的热端(+)和冷端(-)分别与辐射电流表的正极和负极相接。

方法和步骤

1. 用仪器罩盖住感应面，松开电流表的绝电器进行零点读数，并记录观测时间；
2. 暴露感应面，待电流指针稳定后，每隔 10~20 s 读数 1 次，连续读 3 次。

二、大气降水的观测

大气降水是指从天空降落到地面上的液态水或固态水，以 mm 为单位，取 1 位小数。目前常用的测量降水量的仪器有雨量器、虹吸式雨量计和翻斗式遥测雨量计。这里以虹吸式雨量计为例进行介绍。

仪器与设备

虹吸式雨量计(图 1-1)由盛水器(1)、浮子室(2)、自计钟(3)、记录笔(5)和外壳(16)等组成，由图 1-1 所示。降水从盛水器的盛水口(6)落入，由盛水器的锥形大漏斗汇总经导水管流入小漏斗(7)和进水管至浮子室。此时浮子室内水位上升，浮子(8)升高并带动固定在浮子杆(9)上之记录笔上升。同时装在钟筒上的自记纸(4)随自记钟旋转，由装有自计墨水的笔尖在自计纸上画出曲线。

当笔尖达自计纸 10 mm 线上时，浮子室内液面即达到虹吸管(10)的弯曲部分(12)，由于虹吸作用，水从虹吸管中自动溢出，浮子下降至笔尖指零线时停住，

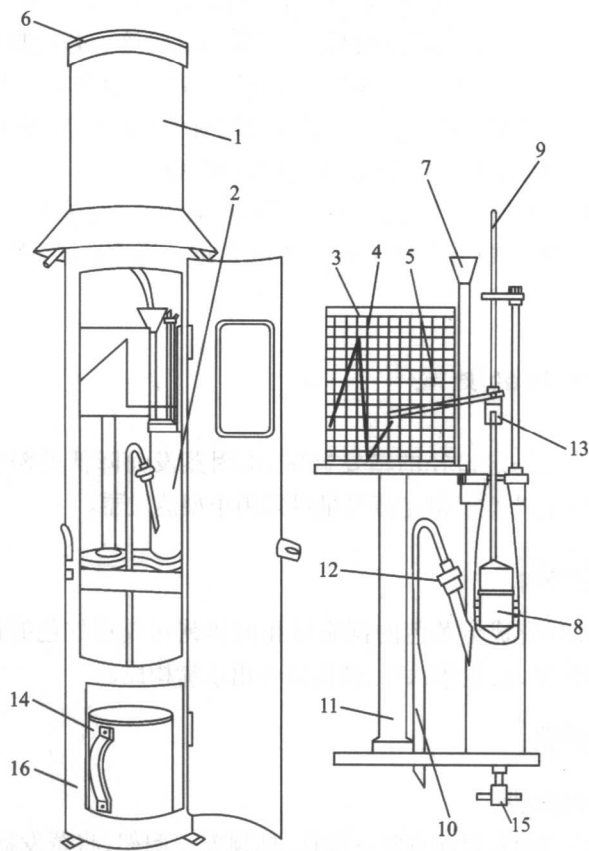


图 1-1 虹吸式雨量计

继续降水时重复上述动作。

方法与步骤

1. 将虹吸式雨量计安装在观测场平整的地面上,用三根钢丝绳牵固,以免因振动使记录发生变化,承水口面用水平仪调整至水平。

2. 把自计纸卷在钟筒上,再把自计钟上满发条放在支柱(11)的钟轴上,注意齿轮的啮合情况是否良好。

3. 将虹吸管的短弯曲端插入浮子室的出水管内,并用连接器密封紧固。

4. 将笔尖注入自计墨水,用手指夹住记录笔杆,使笔尖接触纸面。对准时间消除齿隙。

5. 用清水缓慢倒入盛水器至虹吸作用开始出现止,虹吸管溢流停止后,笔尖停留在零线上。偏离多时,要拧松笔杆固定螺钉(13)进行粗调;微调时,用手

指扳动记录笔杆,调节笔尖指零线。虹吸作用应在 10 mm 上开始,若未达到或超过 10 mm 线,需旋松虹吸管连接器,上下移动虹吸管。若虹吸作用不正常溢流时间超过 14 s 时,则是虹吸管弯曲部分脏污,可取下虹吸管,用软布系于绳中央,先用肥皂水,后用清水拖擦洗净。若虹吸时有气泡产生,不能溢完,说明虹吸管内漏气,可用白蜡或凡士林的油脂混合物涂堵密封。

当仪器工作正常时,雨量记录有如下特点:无雨时,纪录为水平线;有雨时,记录为平滑的上升曲线;当水从浮子室溢出时,记录为垂直线。贮水筒(14)各校验降水量用。

三、蒸发量的测定

蒸发量是指在一定口径的蒸发器中,水因蒸发而降低的深度。蒸发量以 mm 为单位,取 1 位小数。测定蒸发量可采用小型蒸发器。

仪器与设备

蒸发器是由钝化成金黄色的铜质皿和镀锌钝化成彩虹色的钢质防禽圈组成。皿是由内径 20 cm 的承水口、圆筒以及出水嘴构成。

方法与步骤

1. 蒸发器的安装

在观测场地内的安置地点竖一圆柱,柱顶安一圈架,将蒸发器安放其中,蒸发器口缘面用水平仪调整至水平,距地面高度 70 cm。

2. 测量每天 20:00 进行观测,测量前一天 20:00 注入的 20 mm 清水(即今日原量)经 24 h 蒸发剩余的水量,计入观测簿余量栏。然后倒掉余量,重新量取 20 mm(干燥地区和干燥季节需量取 30 mm)清水注入蒸发器内,并计入观测簿次日原量栏。蒸发量计算式如下:

$$\text{蒸发量} = \text{原量} + \text{降水量} - \text{余量}$$

四、空气和土壤温度的测定

地面观测中测定的是离地面 1.5 m 高度处的气温。气温的测定包括三项:空气温度、空气最高温度、空气最低温度。土壤温度的测定包括地表温度(0 cm 地温)、地中浅层温度(5、10、15、20 cm)及较深层(40、80、160、320 cm)的温度。

仪器与测定方法

常用测定温度的仪器有最高温度表、最低温度表、曲管地温表、直管地温表、自计温度计等。

1. 最高温度表

最高温度表专门用于测定一定时间间隔内的最高温度,其构造与普通温度表不同。它的感应部分内有一玻璃针,深入毛细管使感应部分与毛细管之间形成一窄道(有的是感应部分和毛细管相接处特别狭窄)。感应球内水银体积膨胀产生压力,压力大于窄道处摩擦力可将水银挤过窄道进入毛细管,毛细管中水银柱上升,温度下降时,球部内水银收缩,由于窄道极小,窄道摩擦力大于水银柱的内聚力而不能缩回感应部分,水银就在此处中断。因而处在窄道上部的水银柱顶端的示度就是一定时间内曾经出现过的最高温度值。

调整方法:手握住表身,球部向下,磁板面与甩动方向平行;手臂向外伸出约 30° 的角度,用大臂将表前后 45° 范围内甩动,毛细管内水银就可落入球部,使示度接近当时的干球温度。调整后,放回时应先放球部再放表身。动作要迅速,避免日光直接照射,甩动角度不得过大,以防止球部翘起。

2. 最低温度表

最低温度表是用来专门测定一定时间间隔内的最低温度的仪器。它的测温液是酒精,它的毛细管内有一哑铃形的小游标。最低温度表水平放置时,游标停留在某一位置。当温度上升时,酒精膨胀绕过游标而上升,而游标由于其顶端对管壁有足够的摩擦力,能维持在原位不动;然而当温度下降时,酒精柱收缩到与游标顶端相接触,由于酒精面的表面张力比游标对管壁的摩擦力要大,游标不致突破酒精柱而借表面张力将游标带下去。由此可知,游标只降低不能升高,所以游标远离球部一端的示度,即是一定时间间隔内曾经出现过的最低温度。

调整方法:抬高最低温度表的感应部分,表身倾斜,使游标回到酒精柱的顶端游标停止滑动,再把温度表放回原处,先放表身,后放球部。

3. 曲管地温表

曲管地温表是测定浅层(5~20 cm)土壤温度使用最普遍的温度计。这种温度计是具有乳白玻璃插入式温标的水银温度表,表杆近球部弯曲成 135° 的角,温度计下部的毛细管与玻璃套管之间充满棉花或草灰,其作用是消除温度表上部和埋在地下的部分因温度不同而引起套管内空气对流而产生的读数不准确性。一套曲管地温表包括4支不同长度的温度计,可供测定5、10、15、20 cm深处的土壤温度。在更深的土层中测定地温则可使用直管地温表。

4. 直管地温表

直管地温表分内外两个部件,外部鞘筒由铁管或硬胶管制成,如由硬胶管制

成的鞘筒,其下端连接一个传热良好的铜管;内部部件是一支装在特制铜套管中的水银温度表,表球部与套管之间充满铜屑,形成了良好的传导介质,并提高温度表的惯性。特制铜套管被系在链子上或镶在一木板下端,长度约与鞘筒等长,链子或木板上端与鞘筒帽相连接。每组直管地温表共4~8根,可供测定0.2、0.4、0.6、0.8、1.2、1.6、2.4和3.2 m深处的土壤温度。

5. 自记温度计

自记温度计是连续记录温度变化过程的变形温度计。仪器由感应部分、杠杆系统和钟筒三部分组成。感应部分的双金属片是由两条不同性质的金属(铜和铁)薄片沿平面焊接成双层的一块平板,温度变化时,它的两个组成部分因膨胀量不同引起挠曲。如果双金属片作出弧形,并将它的一端固定不动,那么在温度改变时引起变形,其自由端将发生移动,并通过杠杆系统放大传递给杠杆长臂上的笔尖,使装有甘油墨水的笔尖与钟筒上的记录纸相接触。钟筒的转动是靠装在钟筒下部时钟装置驱动的,于是记录纸上得到连续的温度变化记录。特制的记录纸印有弧形坐标线,横坐标表示时间,纵坐标表示温度。

自计钟有“日计型”(钟转1周为24 h)和“周计型”(钟转1周为7 d)。日计型纸每一小格代表10 min或15 min,周计型的每一小格为2 h,温度刻度每小格为1℃。

五、空气湿度的测定

测定空气湿度的常用仪器有干湿球温度表、通风干湿表、毛发湿度计等。

1. 干湿球温度表

由两支型号完全相同的温度表组成,一支球部包有湿纱布称为湿球,另一个称为干球。由于纱布上的水分不断蒸发,消耗的潜热使湿球及其附近的薄层空气降温。另一方面湿球与流经其周围的空气发生热量交换,当湿球因蒸发而散失的热量与从周围空气中获得的热量相平衡时,湿球温度维持稳定。干湿球产生温差,通过温差测得空气湿度的大小。

计算公式为: $e = E_t - AP(t - t')$

式中: e ——绝对湿度, $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (即水气的密度);

E_t ——湿球温度下的饱和水汽压;

t ——干球温度,℃;

t' ——湿球温度,℃;

P ——当时大气压;

A ——干湿球系数。

2. 通风干湿表

通风干湿表携带方便,精确度较高,是一种适于野外测定空气温湿度的良好仪器。通风干湿表两支温度表的球部由双层金属管保护着,金属管表面镀镍,可将照到球部的太阳光及其他物体的辐射热反射出去。通风装置主要由通风器及三通管组成,通风器内有一个风扇,当风扇转动时,空气从双层金属保护套管下部被吸入,绕温度表球部向上流动,经中央圆管从通风器窗口排出,这样就可以使球部处于 $2.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 恒定速度的气流中。此外,温度表两侧各有一金属保护板,仪器还附有贮水皮囊、防风罩及挂钩等。

读数前 4~5 min 要湿润纱布。湿润纱布时,仪器必须保持垂直,先把水囊里的蒸馏水挤到离玻璃管口约 1 cm 处,然后将玻璃管插入护管稍微停留,待纱布湿润后,使水回到水囊中。湿球纱布湿润后,启动通风干湿表把风扇发条上好,等 2~4 min 左右,待风扇风速恒定时,进行读数,先读干球,后读湿球。

3. 毛发湿度计

毛发湿度计是自动记录相对湿度连续变化的仪器,它的结构由三个部分组成。

感应部分:一束脱脂人发(40~42 根),发束的两端用毛发压板固定于毛发支架上。

传感放大部分:毛发束中央借小钩与仪器的传递放大部分相连接。传递部分由两个弯曲的杠杆即双曲臂组成。上曲臂带有平衡锤使毛发束总是处于微微拉紧状态。上、下曲臂杠杆分别借平衡锤和笔杆的重量得以轻轻保持接触。当相对湿度增大时,发束伸长,平衡锤下降,迫使笔杆抬起,笔尖上移;相对湿度减小时,发束缩短,平衡锤抬起,笔杆由于本身重量而往下落,笔尖下降,指示出相对湿度变小。

自计部分:同自计温度计。

六、土壤水分、养分的测定

(一) 土壤水分的测定



土壤水分含量测定有两个目的:一是了解田间土壤的实际含水状况,以便及时进行灌溉、保墒或排水,以保证作物的正常生长;二是作为各项分析结果计算

的基础。测定田间土壤实际含水量的方法很多,所用仪器也不同,在土壤物理分析中有详细介绍,这里重点介绍风干土样水分的测定。

土钻,土壤筛(孔径 1 mm),铝盒,分析天平,电热恒温烘箱,干燥器(内盛变色硅胶)。

1. 土样的选取和制备

(1) 风干土样:选取有代表性的风干土壤样品,压碎,通过 1 mm 筛,混合均匀后备用。

(2) 新鲜土样:在田间用土钻取有代表性的新鲜土样,刮去土钻中的上部浮土,将土钻中部所需深度处的土壤约 20 g,捏碎后迅速装入已知准确质量的铝盒内,盖紧,装入木盒或其他容器,带回室内,将铝盒外表擦拭干净,立即称重测定水分。

2. 风干土样水分的测定

取铝盒在 105℃ 恒温箱中烘烤约 2 h,移入干燥器内冷却至室温,称重,精确至 0.001 g。用角勺将风干土样拌匀,舀取约 5 g,均匀地平铺在铝盒中,盖好,称重,精确至 0.001 g。将铝盒盖揭开,放在盒底下,置于已预热至 105 ± 2℃ 的烘箱中烘烤 6~8 h。取出,盖好,移入干燥器内冷却至室温,立即称重。风干土样水分的测定应做两份平行测定。

3. 新鲜土样水分的测定

将盛有新鲜土样的铝盒在分析天平上称重,揭开盒盖,放在盒底下,置于已预热至 105 ± 2℃ 的烘箱中,烘烤 12 h。取出,盖好,在干燥器中冷却至室温,立即称重。新鲜土样水分的测定应做 3 份平行测定。

4. 结果计算

$$\text{水分(干土 1\%)} = \frac{\text{烘干前铝盒及土样质量} - \text{烘干后铝盒及土样质量}}{\text{烘干后铝盒及土样质量} - \text{烘干空铝盒质量}} \times 100$$

(二) 土壤有机质的测定

土壤有机质是土壤中各种营养元素,特别是氮、磷的重要来源。它还含有刺激植物生长的胡敏酸类等物质。由于它具有胶体特性,能吸附较多的阳离子,因

而使土壤具有保肥力和缓冲性。它还能使土壤疏松和形成结构,从而可改善土壤的物理性状。它也是土壤微生物必不可少的碳源和能源。因此,除低洼地土壤外,一般来说,土壤有机质含量的多少,是土壤肥力高低的一个重要指标。

仪器、设备及试剂

1. 仪器与设备

硬质试管,油浴消化装置(包括油浴锅和铁丝笼),可调温电炉,秒表,自动控温调节器。

2. 试剂

(1) $0.800\ 0\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 重铬酸钾标准溶液:称取经 130°C 烘干的重铬酸钾($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$,分析纯)39.224 5 g 溶于水中,定容至 1 000 mL。

(2) $0.2\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ FeSO_4 溶液:称取硫酸亚铁($\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$,化学纯)56.0 g 溶于水中,加浓硫酸 5 mL,稀释至 1 L。

(3) 指示剂

① 邻啡罗啉指示剂:称取邻啡罗啉(分析纯)1.485 g 与 $\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.695 g,溶于 100 mL 水中。

② 2-羧基代二苯胺(o-phenylanthranilic acid,又名邻苯氨基苯甲酸, $\text{C}_{13}\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$)指示剂:称取 0.25 g 试剂于小研钵中研细,然后倒入 100 mL 小烧杯中,加入 $0.1\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 溶液 12 mL,并用少量水将研钵中残留的试剂冲洗入 100 mL 烧杯中,将烧杯放在水浴上加热使其溶解,冷却后稀释定容到 250 mL,放置澄清或过滤,用其清液。

方法和步骤

1. 样品制备

称取通过 0.149 mm(100 目)筛孔的风干土样 0.1~1 g(精确到 0.000 1 g),分别放入 6~8 支干燥的硬质试管中,用移液管准确加入 $0.800\ 0\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 重铬酸钾标准溶液 5 mL(如果土壤中含有氯化物需先加 Ag_2SO_4 0.1 g),用注射器加入浓 H_2SO_4 5 mL 充分摇匀,管口盖上弯颈小漏斗。

2. 测定

① 将置于铁丝笼中的 8~10 支试管(每笼有 1~2 个空白试管),放入温度为 $185\sim 190^{\circ}\text{C}$ 的石蜡油浴锅中,并控制电炉,使油浴锅内温度始终维持在 $170\sim 180^{\circ}\text{C}$,待试管内液体沸腾发生气泡时开始计时,煮沸 5 min,取出试管,稍冷后擦净试管外部油液。

② 冷却后,将试管内物质倾入 250 mL 三角瓶中,用水洗净试管内部及小漏斗,使三角瓶内溶液总体积达到 60~70 mL,保持混合液中硫酸浓度为

2~3 mol·L⁻¹, 然后加入 2-羧基代二苯胺指示剂 12~15 滴, 此时溶液呈棕红色。用标准的 0.2 mol·L⁻¹ 硫酸亚铁滴定, 滴定过程中不断摇动三角瓶, 直至溶液的颜色由棕红经紫色变为暗绿(灰蓝绿色), 即为滴定终点。如用邻啡罗啉指示剂, 加指示剂 2~3 滴, 溶液的变色过程中由橙黄→蓝绿→砖红色即为终点。记取 FeSO₄ 滴定毫升数(V)。

每一批样品测定的同时, 进行 2~3 个空白试验, 即取 0.5 g 粉状二氧化硅代替土样, 其他步骤与试样测定相同。记取 FeSO₄ 滴定毫升数(V₀), 取其平均值。

3. 计算

$$\text{土壤有机碳}(\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}) = \frac{c \times 5}{V_0} \times (V_0 - V) \times 0.001 \times 3.0 \times 1.1 \times 1000 \div (m \times k)$$

式中: *c*——重铬酸钾标准溶液的浓度, mol·L⁻¹;

*V*₀——空白滴定用去 FeSO₄ 体积, mL;

3.0—— $\frac{1}{4}$ 碳原子的摩尔质量, g·mol⁻¹;

1.1——氧化校正系数;

m——风干土样质量, g;

k——将风干土换算成烘干土的系数。

$$\text{土壤有机质}(\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}) = \text{土壤有机碳}(\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}) \times 1.724$$

式中: 1.724 为土壤有机碳换成土壤有机质的平均换算系数。

注意事项

① 含有机质高于 50 g·kg⁻¹ 者, 称取土样 0.1 g, 含有机质为 20~30 g·kg⁻¹ 者, 称土样 0.3 g, 少于 20 g·kg⁻¹ 者称取 0.5 g 以上。

② 土壤中氯化物的存在可使结果偏高。因为氯化物也能被重铬酸钾所氧化, 因此, 盐土中有机质的测定必须防止氯化物的干扰, 少量氯可加入少量 Ag₂SO₄, 使氯根沉淀下来。Ag₂SO₄ 的加入, 不仅能沉淀氯化物, 而且有促进有机质分解的作用。Ag₂SO₄ 的用量不能太多, 约加 0.1 g, 否则生成 Ag₂Cr₂O₇ 沉淀, 影响滴定。

③ 必须在试管内溶液表面开始沸腾才开始计算时间。掌握沸腾的标准尽量一致, 然后继续消煮 5 min, 消煮时间对分析结果有较大的影响, 故应尽量计时准确。

④ 消煮好的溶液颜色, 一般应是黄色或黄中稍带绿色, 如果以绿色为主, 则说明重铬酸钾用量不足。在滴定时若消耗硫酸亚铁量小于空白用量的 1/3, 有氧化不完全的可能, 应弃去重做。

(三) 土壤中全氮、水解氮含量的测定

土壤中氮素绝大部分为有机的结合形态。无机形态的氮一般占全氮的