

主编 张会民 刘红霞

土壤与植物营养

实验实习教程

TURANG YU

ZHIWU YINGYANG

SHIYAN SHIXI JIAOCHENG

西北农林科技大学出版社

土壤与植物营养 实验实习教程

张会民 刘红霞 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

西北农林科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

土壤与植物营养实验实习教程/张会民,刘红霞主编. —杨凌:西北农林科技大学出版社,2004.8

ISBN 7-81092-088-X

I.土… II.①张…②刘… III.①土壤学:肥料学—实验—教材②植物营养—实验—教材 IV.S158-33②Q945.1-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第082054号

土壤与植物营养实验实习教程

张会民 刘红霞 主编

出版发行 西北农林科技大学出版社
地 址 陕西杨凌杨武路3号 邮 编:712100
电 话 总编室:029-87093105 发行部:87093302
电子邮箱 press0809@163.com
印 刷 西北农林科技大学印刷厂
版 次 2004年8月第1版
印 次 2004年8月第1次
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 15.125
字 数 349千字

ISBN 7-81092-088-X/S·27

定价:21.50元

本书如有印装质量问题,请与本社联系

编 委 名 单

主 编

张会民 刘红霞

副主编

苗艳芳 王留好 姚 颢

编 委

(按姓氏笔画顺序排列)

王留好 王 浩 王林生 史国安

刘红霞 李友军 陈明灿 张会民

苗艳芳 周文利 侯小改 姚 颢

前 言

《土壤肥科学》和《植物营养学》是高等院校种植类专业本科必修课程,实验、实习教学是土壤肥料课程和植物营养课程的重要环节,搞好实验、实习教学不仅可使学生加深理解该课程所学的基础理论,而且还可以加强基本技能的训练,培养学生严谨的科学态度、动手能力和解决实际问题的能力。

现代分析技术的进步,为土壤肥科学和植物营养学的快速发展提供了重要的理论基础和新的实验手段。为了适应高等教育改革的需要,为了与 21 世纪课程理论教材相配套,我们组织了部分有经验的教师收集、整理了土壤、肥料、植物分析测试的有关内容和知识编写了这本书。全书共分三个部分:第一部分为实验内容,包含 42 个实验项目;第二部分为教学实习内容,包含 11 个实习项目;第三部分为附录内容,包含与土壤肥科学、植物营养学关系密切的 7 个项目。本教材所选的实验均系比较成熟的方法,使用者可根据需要和教学条件选择适当的内容。鉴于目前大多数院校的实验设备条件有较大的更新,因此在编写过程中,删除了一些陈旧内容,增添了一些现代的分析技术。同时为了使学生毕业后还能以该教材作为实验指导书,部分项目同时列出了几种不同的分析方法,以便在不同条件下选择。本书亦可作为有关专业的研究生和科研工作者使用。

该书参阅了大量论著和文献,在此一并向作者致以深切的谢意。

该书由河南科技大学组织编写,由于编者水平有限,加之时间仓促,不足及错误之处在所难免,热忱希望读者批评指正。

编 者

2004 年 5 月

目 录

一、实验部分	(1)
实验 1 土壤样品的采集与处理	(3)
实验 2 土壤含水量	(7)
实验 3 土壤田间持水量的测定,	(10)
实验 4 土壤质地的测定	(13)
实验 5 土壤容重(土壤密度)、土粒密度的测定及比重和孔隙度的计算	(19)
实验 6 土壤全氮测定	(23)
实验 7 土壤水解氮的测定	(27)
实验 8 土壤全磷的测定	(30)
实验 9 土壤速效磷的测定/	(34)
实验 10 土壤全钾的测定	(39)
实验 11 土壤速效钾的测定	(43)
实验 12 土壤缓效钾的测定	(45)
实验 13 土壤微量元素(铁、锰、铜、锌、钼、硼、)的分析	(48)
实验 14 土壤有机质的测定	(74)
实验 15 土壤交换性能的测定	(77)
实验 16 土壤酸碱性的测定	(81)
实验 17 土壤氧化还原电位的测定	(85)
实验 18 植物样品的采集与制备	(89)
实验 19 植物全氮的测定	(95)
实验 20 植物全磷的测定	(100)
实验 21 植物全钾的测定	(104)
实验 22 植物硼的测定	(107)
实验 23 植物钼的测定	(113)
实验 24 植物锰的测定	(117)
实验 25 植物铁的测定	(119)
实验 26 植物铜的测定	(122)
实验 27 植物锌的测定	(124)
实验 28 维生素 C—盐酸溶液一次浸提植物中 Cu、Zn、Fe、Mn 的原子吸收分光 光度法(试用)	(127)
实验 29 肥料样品的采集和制备	(129)
实验 30 氨水中氮含量的测定	(131)
实验 31 铵态氮肥中氮含量的测定	(133)

实验 32	尿素中缩二脲含量的测定	(136)
实验 33	碳酸氢铵含氮量的测定	(139)
实验 34	过磷酸钙中游离酸含量的测定	(141)
实验 35	过磷酸钙有效磷含量的测定	(143)
实验 36	钙镁磷肥中有效磷含量的测定	(147)
实验 37	草木灰和窑灰钾肥中钾含量的测定	(149)
实验 38	单元钾肥中钾含量的测定	(153)
实验 39	有机肥料全氮的测定	(155)
实验 40	复混肥料中总氮的测定	(158)
实验 41	复混肥料中总磷的测定	(163)
实验 42	复混肥料中总钾含量的测定	(170)
二、实习部分		(173)
实习 1	矿物的物理性质和造岩矿物的认识	(175)
实习 2	石灰性土壤对磷的固定现象	(181)
实习 3	土壤剖面野外观察	(183)
实习 4	土壤阳离子交换现象观察	(191)
实习 5	土壤团粒分析	(193)
实习 6	农家肥料调查	(197)
实习 7	作物营养元素缺乏症状的识别	(202)
实习 8	作物缺素症试验研究	(208)
实习 9	土培试验布置	(212)
实习 10	水培试验布置	(214)
实习 11	田间肥料试验设计与实施	(216)
三、附录部分		(225)
附录 1	相对原子质量表	(227)
附录 2	酸碱指示剂	(228)
附录 3	土壤中微量元素的一般含量	(229)
附录 4	主要农作物某些营养元素的含量表	(230)
附录 5	我国主要土壤类型养分含量变幅表	(232)
附录 6	标准筛孔对照	(233)
附录 7	化学分析常用法定计量单位表达式	(234)

一、实验部分

实验 1 土壤样品的采集与处理

土壤样品的采集是土壤分析工作中的一个重要环节,是关系到分析结果和由此得出的结论是否正确的一个先决条件。由于土壤特别是农业土壤的肥力差异很大,采样误差要比分析误差大若干倍,因此必须十分重视采样,所采土壤样品要具有代表性。此外,要根据分析目的不同而采用不同的采样方法和处理方法。

一、土壤样品的采集

(一)采样的时间和工具

1. 采样时间 土壤中有效养分的含量,随季节的改变而有很大的变化。分析土壤养分供应情况时,一般都在晚秋或早春采样。同一时间内采取的土样分析结果才能相互比较。)

2. 常用采样工具 小土铲、管形土钻和普通土钻等。

小土铲:在任何情况下都可应用,但比较费工。多点混合采样,往往嫌它费工而不用。

管形土钻:下部系一圆形开口钢管,上部系柄架,根据工作需要可用不同管径的土钻。将土钻钻入土中,在一定土层深度处,取出一均匀土柱。管形土钻取土速度快,又少混杂,特别适用于大面积多点混合样品的采集,但它不太适用于砂性大的土壤,或干硬的黏重土壤。

普通土钻:普通土钻使用起来也是比较方便的,但它一般只适用于湿润的土壤,不适用于很干的土壤,同样也不适于沙土。另外,用普通土钻取样时土样容易混杂,亦系其缺点。

(二)采样方法

采样的方法因分析目的不同而异。

1) 土壤剖面样品 研究土壤基本理化性质,必须按土壤发生层次采样。

2) 土壤物理性质样品 进行土壤物理性质的测定,须采原状样品。

3) 土壤盐分动态样品 研究盐分在剖面中的分布和变动时,不必按发生层次取样,而是自地表起每 10 cm 或 20 cm 采集一个样品。

4) 耕层土壤混合样品 为了评定土壤耕层肥力或研究植物生长期土壤耕层中养分供求情况,采用这种方法。

(1)选点与布点 一般应根据不同的土壤类型、地形、前茬以及肥力状况,分别选择典型地块采取混合土样,切不可在肥料堆或路边选点。混合样品实际上相当于一个平均数,借以减少土壤差异,提高样品的代表性。

(2)混合样品的点数 从理论上讲,采样点愈多,构成混合样品的代表性愈高,但是实际上因为工作量的关系,不容易达到理论上的要求。一般小区试验可考虑 3~5 个点混合。
(为制定大田合理施肥为目的的采样,地块面积小于 0.67 hm^2 (10 亩左右)时,可取 5 点左右;面积 $0.67\text{ hm}^2\sim 2.67\text{ hm}^2$ (10~40 亩),取 5~15 个点;面积大于 2.67 hm^2 取 15~20 个点混合构成混合样品,布点方法按正确的蛇形取样法(如图 1.1)进行采样)

两种不适当的方式是因为耕作、施肥等措施往往是顺着一定方向进行的缘故。

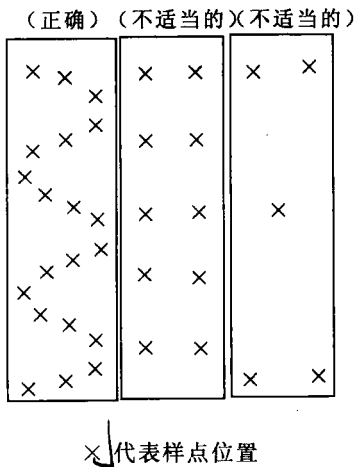


图 1.1 土壤采样点的方式

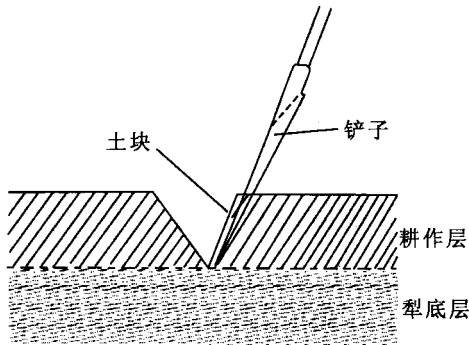


图 1.2 小土铲采样图

(3)采土 采集混合样品时,每一点采取的土样深度要一致,上下土体要一致。采土时应除去地面落叶杂物。采样深度一般取耕作层土壤 20 cm 左右,最多采到犁底层的土壤。对作物根系较深的土壤,可适当增加采样深度。

采土可用土钻或小土铲进行。打土钻时一定要垂直插入土内。如用小土铲取样,可用小土铲斜着向下切取一薄片的土壤样品(如图 1.2),然后将土样集中起来混合均匀。

如果采来的土壤样品数量太多,可用四分法(如图 1.3)将多余的土壤弃去,一般 1 kg 左右的土样即够化学、物理分析之用。四分法的方法是:将采集的土壤样品研碎混合并铺成四方形,划分对角线分成四等份,取其对角的两份,其余两份弃去,如果所得的样品仍然很多,可再用四分法处理,直到所需数量为止。

取土样 1 kg 装袋,袋内外各放一标签,用铅笔写明编号、采集地点、地形、土壤名称、时间、深度、作物、采集人等,采完后将土坑或钻眼填平。

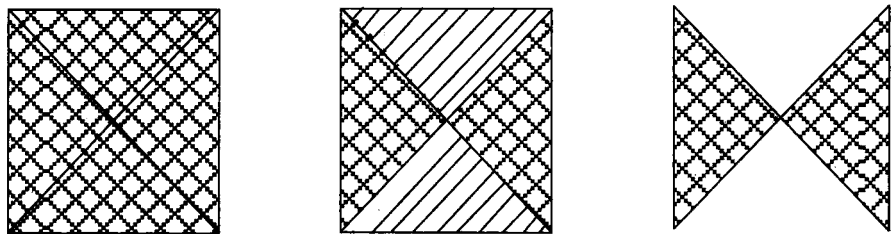


图 1.3 四分法取样步骤图

二、土壤样品的处理

(一)样品处理的目的

1. 挑出植物残茬、石块、砖块等,以除去非土样的组成部分;
2. 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,减少称样误差;
3. 全量分析项目,样品需要研磨细,使样品的反应能够完全和匀致;
4. 使样品可以长期保存,不致因微生物活动而霉坏。

(二)土壤样品的处理步骤

(包括风干、去杂、磨细、过筛、混匀、装瓶保存和登记等操作)

1. 风干和去杂

从田间采回的土样,应及时进行风干。其方法是将土壤样品放在阴凉干燥通风,又无特殊的气体(如氯气、氨气、二氧化硫等)、无灰尘污染的室内风干,把样品全部倒在干净的木板或塑料布、纸上,摊成薄薄的一层,经常翻动,加速干燥,切忌阳光直接曝晒或烘烤。在土样半干时,须将大土块捏碎(尤其是粘性土壤),以免完全干后结成硬块,难以磨细。

(样品风干后,应拣出枯枝落叶、植物根、残茬、虫体等和石块结核(石灰、铁、锰)。如果石子多,应将拣出石子称重,并记下所占百分数。)

2. 磨细、过筛和保存

(进行物理分析时,取风干土样 100 g~200 g,放在木板或胶板上用胶塞或圆木棒碾碎,放在有盖底的 18 号筛(孔径 1 mm)中,使之通过 1 mm 的筛子,留在筛上的土块再倒在木板上重新碾碎,如此反复多次,直到全部通过为止。不得抛弃或遗漏,但石砾切勿压碎。留在筛上的石砾称重后须保存,以备石砾称重计算之用。同时将过筛的土样称重,以计算石砾重量百分数,然后将土样充分混匀后盛于广口瓶中,作为土壤颗粒分析及其他物理性质测定之用)

化学分析时,取风干土样 100 g~200 g,用胶筛或圆木棒将土样碾碎,使其全部通过 18 号筛(孔径 1 mm)。这样的土样可供速效性养分、pH 等项目的测定。分析水解性氮、全氮和有机质等项目时,可取通过 18 号筛的土样 20 g,进一步研磨,使其全部通过 60 号筛(孔径 0.25 mm)为止。如需测定全磷、全钾,还应全部通过 100 号筛(孔径 0.149 mm)。研磨过筛后的土样混匀后,装入广口瓶中。

样品装入广口瓶后,应贴上标签,记明土样号码、土类名称、采样地点、深度、日期、孔径、采集人等。理想的土样存贮容器是带有螺纹盖的玻璃瓶,实验室编号常用序号,其方便之处是易于在登记册中查找,缺点是在瓶上标出的号码不能表示任何含义(如 4589-1 mm),近年来一种新的编号方法是使号码有一定含义,比如 02-7-R-16-1,此编号代表 2002 年 7 月采集的红壤第 16 号,经过了 1 mm 筛子处理。

土壤标本的摆放和造册最好按年代和土壤类型排列,瓶内的样品应保存在样品架上,

尽量避免日光、高温、潮湿或酸碱等气体的影响,否则影响分析结果的准确性。此外,在瓶内必须另加一张有编号的塑料标签,以防瓶上的标签丢失或无法辨认。

近年来,为了节约,常用塑料或纸质盛器。其中聚乙烯类容器(广口瓶、袋或桶)得到广泛应用,因为它性质稳定,不易碎,价较廉。但聚乙烯容器不适于存放有机物污染的土壤。

三、主要仪器

土钻、小土铲、土筛、米尺、布袋(盐碱土需用油布袋)、标签、铅笔、广口瓶、天平、或圆木棒、木板(或胶板)等。

思考题

土壤样品的采集与处理在分析工作中有何意义?

实验 2 土壤含水量的测定

一、测定意义

严格地讲,土壤含水量应称作土壤含水率,因其所指的是相对于土壤一定质量或容积中的水量分数或百分比,而不是土壤所含的绝对水量。

土壤含水量的多少,直接影响土壤的固、液、气三相比,进行土壤含水量测定的目的,一是为了了解田间土壤的实际含水量情况,以便及时进行播种、灌排、保墒措施,以保证作物的正常生长;或联系作物长相长势及耕作栽培措施,总结丰产的水肥条件。二是通过土样水分测定,计算土样的烘干重,也是各项分析结果计算的基础。土壤含水量的测定方法很多,如烘干法、酒精燃烧法、中子法、 γ 射线法和 TDR 法(又称时域反射仪法)等测量法,其中后三种方法需要特别的仪器,有的还需要一定的防护条件,这里不作详细介绍。烘干法是目前国际上土壤水分测定的标准方法,虽然需要采集土样,并且干燥时间较长,但是因为它比较准确,且便于大批测定,故为最常用的方法。酒精烧湿法的最大优点是所有仪器设备简单,简便易行,速度快;缺点是燃烧时土壤有机质也会分解,造成测定误差。

二、土壤含水量的测定——烘干法

(一)土壤自然含水量的测定

土壤自然含水量是指田间土壤中实际的含水量,它随时在变化之中,不是一个常数。

1. 方法原理 将土壤样品放在 $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘至恒重,求出土壤失水重量占烘干土重的百分数。在此温度下,自由水和吸湿水都被烘干,而一般土壤有机质不致分解。

2. 操作步骤

(1)取一干净铝盒在 $1/100$ 天平上称重(A),并记录铝盒号码。

(2)在田间用土钻钻取有代表性的土样($0 \sim 20\text{ cm}$)用小刀刮去钻中浮土,挖取土钻中部土样 20 g 左右,迅速装入铝盒中,盖好盒盖,带回室内(注意铝盒不可倒置,以免样品洒落),在天平上称重(B),每个样品至少重复测 3 份。

(3)将打开盖子的铝盒(盖子放在铝盒旁或盖子平放在盒下),放入 $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的恒温烘箱中烘 6 h 。

(4)待烘箱温度下降至 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右时,盖好盖子,置铝盒于干燥器中 30 min 左右,冷却至室温,称重。如无干燥器,亦可将盖好的铝盒放在磁盘中,待不烫手时称重。

(5)然后,启开盒盖,再烘3 h,冷却后称重,一直到前后两次称重相差不超过0.05 g时为止(C)。

3. 结果计算

$$\text{土壤含水量(重量\%)} = \frac{B-C}{C-A} \times 100$$

其中:A——铝盒重(g);

B——铝盒加湿土重(g);

C——铝盒加烘干土重(g)。

4. 注意事项

(1)烘箱温度以 $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为宜,温度过高,土壤有机质易碳化散逸。在烘箱中,一般土壤烘6 h即可至恒重,质地较轻的土壤烘的时间可较短,约5 h~6 h即可。

(2)干燥器内的干燥剂(氯化钙或变色硅胶)要经常更换或处理。变色硅胶在干燥时成蓝色,吸湿后呈红色,如呈红色后,需重新放在烘箱中烘到蓝色后再放回干燥器使用。

(3)在计算时要以烘干土重为基数。

(4)本法需进行三次平行测定,取其算术平均值,以一位小数(%)表示,其平行差值不得大于1%。

(5)本法测定本身的误差取决于所用天平的精确度和取样的代表性,所以,在田间取样时,需要注意取样点的代表性,在大范围内测定时需多点重复。

5. 仪器 铝盒、烘箱、干燥器、天平(0.01 g)、土钻、小刀。

(二)土壤吸湿水的测定

1. 方法原理 与土壤自然含水量相同。

2. 操作步骤

(1)取洗净的编有号码的有盖玻璃称量瓶放在 $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘干,用坩埚钳取出放入干燥器中冷却,在分析天平(1/10000)上称得其恒重(A)。

(2)用角勺将约5 g风干土样,均匀地平铺于称量瓶中,准确称重(B)。

(3)将启开盖子的称量瓶放入 $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的恒温烘箱中烘6 h左右,瓶盖放在称量瓶的旁侧或倾斜放在称量瓶上。

(4)用坩埚钳将称量瓶取出,盖上盖子,置称量瓶于干燥器中20 min~30 min,使冷却至室温,称重。启开称量瓶盖,再烘2 h,称至恒重(C)(前后两次称重之差不大于3 mg)。

3. 结果计算

$$\text{土壤吸湿水含量(重量\%)} = \frac{B-C}{C-A} \times 100$$

其中:A——称量瓶重(g);

B——称量瓶加风干土重(g);

C——称量瓶加烘干土重(g)。

4. 仪器 分析天平(0.0001 g)、角勺、玻璃称量瓶、烘箱、坩埚钳、干燥器。

三、土壤含水量的测定——酒精烧湿法

(一)方法原理

将土壤样品放在铝盒内,加入适量的酒精,点燃,使其燃烧,水分随之蒸发,求出土壤失水重量占干土重的百分数。在此情况下,自由水和吸湿水都被烘干,而土壤有机质也会分解,造成测定误差,因此,有机质含量高的土壤不宜采用此方法。

(二)操作步骤

1. 在田间选定有代表性的采样点,采取适量的土样(约 3 g ~5 g),放入已知重量(W_1)的铝盒中,迅速盖上盖子,称重得 W_2 。
2. 向铝盒中加入适量的酒精,直到土样全部浸没即可。
3. 点燃酒精,使其燃烧,经数分钟后,火焰自然熄灭,待样品冷却后再加适量酒精,进行第二次燃烧。
4. 一般情况下,样品经 3~4 次燃烧后即可达恒重。然后称重得 W_3 ,精确到 0.01 g,将数据填入下表。

表 2-1 水分含量计算表

项 目	W_1	W_2	W_3	水重%	平均值(%)
重复 1					
重复 2					

(三)结果计算

$$\text{水重}\% = \frac{\text{水分重量}}{\text{干土重}} \times 100 = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100$$

(四)主要仪器

铝盒、剖面刀、小土铲、天平(0.01 g)等。

实验 3 土壤田间持水量的测定

一、目的意义

在田间条件下,灌溉或降水后,土壤被充分浸润,多余的水由于重力作用而向下渗漏排出,被土壤吸持的水分就相当于田间持水量,这时的土壤水分是植物有效水分的上限。亦为灌溉上限。

土壤田间持水量的大小反映了土壤持水性的大小,在灌溉时,灌水量以使根系活动层土壤水分等于田间持水量为宜,如果超过田间持水量,就会有一部分的水向下排出,而在土壤透水性不好时,这部分水则不能迅速排出而暂时地潜留在土壤非毛管孔隙中,这样不仅浪费了灌溉用水,在平原地区还可能造成地下水位抬高甚至产生次生盐渍化等不良后果,为了确定合理的灌水定额以及鉴定土壤的水分性质,就必须知道土壤的田间持水量。

二、方法步骤

(一)地块的选择

在要测定的地块上划出 $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ 的面积,像平常整地一样加以平整。在这块地的四周筑起一道土埂,高 15 cm ,底宽 30 cm (土要紧实)在这块地中间划出 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 的面积,周围同样筑上埂(如图 3.1)。中间这 1 m^2 的地块是计算地块(测区),在这里面进行田间持水量的测定,而外面的地块则是保护地块,防止计算地块里的水流向外边。

(二)田间测定

首先向保护地块灌水,迅速的建立 $3\text{ cm} \sim 5\text{ cm}$ 的水层。与此同时也向测区内灌水,建立 $3\text{ cm} \sim 5\text{ cm}$ 的水层,为了避免灌水时冲动表层,将水倒在一块席子或一束草上,以后不断地加水,使测区及保护地块内维持 $3\text{ cm} \sim 5\text{ cm}$ 的水层,直至全部计算的水量耗尽(灌水量的计算方法见附注)。在全部灌水渗

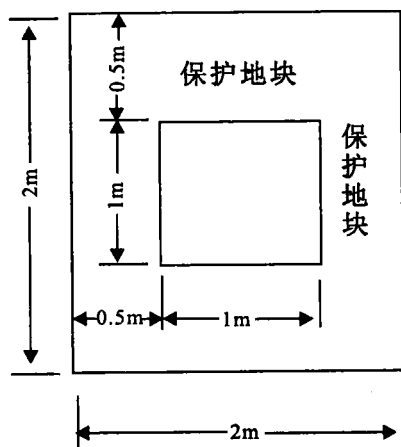


图 3.1 田间持水量测定示意图