

《土壤与植物地理学》

野外实习指导书

西北师范大学地理与环境科学学院

2019年5月

前 言

地球科学是一门实践性很强的学科，土壤和植物地理野外实习是实践教学中的重要环节。土壤地理学是土壤学和自然地理学之间的交叉学科，是研究土壤的形成、演变、分类、分布规律、区划和土壤资源评价的科学。植物地理学是地理学、植物学和生态学之间的交叉学科，是研究生物圈中各种植物和各种植被的地理分布规律、生物圈各结构单元(各地区)的植物种类组成、植被特征及其与自然环境之间相互关系的科学。

近年来土壤与植物地理学及其分支学科无论在理论上还是方法论上都取得了迅速发展，在植物系统研究、自然地理、植物资源、环境保护以及环境影响评价中都得到了广泛应用。现代科学技术不断向土壤与植物地理学及其分支学科渗透，尤其是计算机、高分辨率遥感仪器和地理信息系统等技术的成熟，极大地促进了土壤与植物地理学向着实验科学发展。因此，加强课堂实验和野外实习对素质教育和实践创新能力的培养已成为土壤与植物地理学十分必要和迫切的教学环节，土壤与植物地理学实践课程在我国高等院校正日益受到重视，大部分高等院校的地理科学专业本科教学中设置了野外实习实践环节。本书缺乏紧扣土壤与植物地理学及其相关学科发展动态、可操作性强、与创新人才培养相适应的实验与实习指导用书。能够在提高学生的综合素质、培养学生的创新精神与实践能力 方面发挥作用。

本实习指导书系根据《土壤地理学》、《植物地理学》教学大纲要求，结合兰州及其附近地区地质地貌、水文、土壤、植被等特征编写而成。如何使学生成为实习的主动参与者而不是被动的旁观者，实习指导书就学生野外实习起着至关重要的作用。为此笔者在指导书的编写过程中注意了以下两点：

一、将兰州及其附近地区土壤与植被特征与相关教材内容紧密结合起来。参加实习的学生对于土壤类型及植物分布的认识仅仅局限于两门课程的理论认识上，对于实习和实验环节相对比较陌生。因此本实习指导书的内容尽量与《土壤地理学》、《植物地理学》的内容保持一致，便于学生阅读、学习和操作，从而促进他们在实习中的积极性和主观能动性。

二、将学生知识的掌握、能力的培养与野外实习训练有机的结合起来。本实习指导书中介绍了兴隆山（榆中县）、马衔山（榆中县）、刘家峡（永靖县）、松鸣岩（和政县）的土壤和植物情况。并将它们的成因、发展和变化密切联系起来，给学生留

下充分思维和想象的空间，锻炼学生的观察能力、思考和分析问题的能力及野外工作能力，让学生始终保持一种新鲜感和成就感，激发求知欲望，培养对地球科学的兴趣。同时本实习指导书将基础性实验、综合实验和设计性实验想融合，通过野外实习使学生掌握土壤与地理学科的基本知识与基本技能，并培养和训练学生对所学知识和实验技术的综合运用能力。

编 者

2019年5月

第一章 实习区概况

实习区主要研究兰州及其附近地区的土壤和植物状况（图1），兰州现辖城关、七里河、西固、安宁、红古五区和永登、榆中、皋兰三县，全市总面积 1.31 万平方公里，其中市区面积 1631.6 平方公里。其中实习区还包括临夏州和政县和永靖县。本区处于黄土高原，以祁连山为界，整个甘肃，祁连山以东为黄土高原区，以西为沙漠戈壁区，因而这里的地质地貌情况复杂，土壤和植物类型丰富。黄河穿兰州而过，研究区依兰州，交通便利，因而土壤和植物研究程度较高，为实习提供了良好的条件。

实习区地处东经 102°30"-104°30"、北纬 35°5"-38°之间，地处黄河上游，属中温带大陆性气候。年平均降水量 360mm，年平均气温 9.3℃，全年日照时数平均 2446 小时，无霜期 180 天以上，四季明显。



图 1 兰州及其附近地区研究区交通图

第二章 野外土壤与植物地理实习的基本方法

第一节 准备工作

为了保证野外工作的顺利进行，每次出发前，都要进行大量的技术性、事务性的准备工作，筹备充足的工作、交通和生活需要的装备和用具。工作内容不同，要求也不尽相同。本次野外实习要求准备的东西有：

土壤地理学：10%的稀HCl、酸碱混合指示剂、比色卡、试纸，蒸馏水瓶；镢、铁锹、剖面刀、皮尺、钢卷尺、小型土壤剖面盒。

植物地理学：标本夹、采集仗、放大镜、解剖针、镊子、罗盘、工具书（植物志、植物图鉴等）、GPS、携式光照度计、大气温度计、地表温度计、土壤温度计、空气湿度测定仪、土壤湿度计、风速测定仪、样方框、测绳、皮尺、盒尺、剪刀、计算器。

其它工具：野外记录本、文具（2H铅笔、红铅笔、量角器、三角板、小刀、圆规、橡皮、纸张等）、饭具、饮水用具、遮阳用具、登山用鞋等。

所携装备应妥善保管，不要丢失。

第二节 野外记录

无论是正式的野外工作和实习，野外记录都是宝贵的原始资料，是以后进行研究分析的重要依据，也是实习评定成绩的重要依据之一。因此不能丢失或污损。

记录需铅笔书写。内容要真实、详尽，文字通顺、条理清楚，图文并茂。

记录本前面应空两页，第一页为扉页，填上实习者姓名、单位、通讯地址、邮编、实习地区。第二页填写目录。

记录格式如下：

记录前，先写下当日“日期”和“天气”；

记下“实习路线”，即当日实习计划走过的路线，例如：

路线一 学校—兴隆山—马衔山

再记下当日计划的“实习内容”；

实习内容：

- 1、观察兴隆山的地质地貌特征、土壤特征、植被特征、水文特征等
- 2、练习植物标本的采集方法
- 3、观察研究区植物组成和分析植物区系特征

001（观察）点

位置：

描述：1.

2.

选择研究区土壤和植物最典型的区域开展观察和采样，按照实习要求记录土壤组成、植物组成、垂直水平结构、区系特征、植物群落特征等，记录时应分门别类、顺序地将观察的资料详尽反映在笔记中。

第二天的实习记录要从新的一页开始。

对初学者，刚开始时常常不知从何做起，它不同于课堂上听课记笔记，学习方法和思维方式都会有变化。因此在野外一要认真听取教师的指导和启发，二要充分发挥自己的主观能动性。在野外应做到三勤：眼勤、脑勤、手勤。在观察点上，首先要了解要观察的内容，运用学过的书本知识，反复观察，认真思考，及时描述和记录。不懂就问，也可互相讨论。通过不断学习，反复实践，每天都会有新的收获。对于地质工作者，每天都是新的，每天都是充满希望的一天，每天都是有所发现、有所成就的一天。

每天回驻地，应把当日记录的野外资料分门别类进行系统整理，确认当日的收获，找出不足，以利于明日改进，不断进步，同时为编写实习报告准备素材。

野外记录除了文字资料，有条件时还应配有图件（照片、素描图、示意图等）。一幅图往往更能直观、典型地反映野外实际情况，常胜过大段文字描述，收到事半功倍的效果。要做到这一点，除了准确的观察和认识，还要具备一定的艺术素养和地质学家特有的灵感。这是在长期的实践中练就的。有关类似图件在教科书中经常出现，学习者可对照练习。因时间关系，本次实习不做要求。

第三节 高等植物标本采集与制作

一、标本的采集

一株植物或者植物体一部分经过压制干燥后，固定在台纸上就是腊叶标本或干制标本。它可以长期保藏，供教学及科研使用。标本通常在野外采集，采集的标本要求按照一定的规格和方法，才能保证质量。

1、采集用具。标本夹（45cm×30cm）、标本纸（吸收植物水分）、塑料袋、剪子、

小抄网、采集仗、镊子、放大镜、标本野外记录册及标本号牌及米尺等。

2、标本力求完整。为了鉴定植物的准确性，应采取具有花（果）、枝（含顶端部分）、叶、根等器官的植株或其中一部分。一般地，高不足 40cm 的草本应整株掘起压制标本，遇到很高大的植物则有时采用反复折叠或选取有代表性的上、中、下三段压制标本；若个体甚小，则可以多采几株以排满标本纸为宜。木本植物标本应选择采集具有花果的枝端。叶过大者可剪去一半，但务必保留顶端。植被调查中常遇无花无果的植物，也要采制标本，以供检验审核。

采集苔藓植物时对生态环境和生活型进行观察记录，对孢子体和配子体的形态、生长方式，叶的排列和颜色、光泽等都要观察记录，判断其所属的纲、科、属。对于漂浮水面的苔藓植物，可用小抄网捞取。而对于生于潮湿和积水地里的植物，用手或镊子夹取，或用手挤干水后稍晾一会，装入采集袋。生于石头缝中的苔藓用刀刮取；生于树干上者用刀削取；生于枝上者连同枝截取。对于土生苔藓，连同土层铲起，注意假根不要破坏。采集的苔藓植物应有孢蒴。另外，由于苔藓植物的孢子体成熟后，有的蒴帽易脱落，采集时应注意收集蒴帽装入纸袋中。有些树生藓类，还要记录树种名称。有些苔类的配子体是雌雄异株，应注意标本性别；即使是雌雄同体者，也要注意雌器托和雄器托的变化和形态。苔藓植物的采集，特别要注意对配子体和孢子体的形态进行记录。

蕨类植物孢子体较发达，蕨类植物标本应是具根状茎、叶及有孢子囊的植株。对于水生植株和一些小型植株，要采集全株；对于较大的植株，可分段采集，将完整的叶片和一段茎分别编上相同的号码。采集时，对于孢子叶和营养叶分开的蕨类植物，要分别采集并编上相同的号码。叶柄基部和茎上的鳞片等附属物，往往是分类学上的重要依据之一，采集蕨类植物标本时要注意保存叶柄。

3、标本要编号登记。每种标本皆应拴好标签，上面记有按一定顺序编排的号码，每种植物若重复多采时应挂相同号牌。若植物叶片巨大，需要分段分别压制时，亦挂相同号牌，但注明 a、b、c 等字样。

采集记录要在采集时登记，避免追忆发生错误。采集号、产地、海拔高度、生境、习性、植株高度均需记载清楚，凡压制后容易发生变异的各器官特征都应立即填写清楚，如颜色、大小等。

如果标本采于植被调查样地，而且已有暂定名，必须记录在册，防止混乱。

二、标本的制作

1、浸制标本的制作。对于含水较多的植物或水生植物，因体内含水较多，制干后标本非常薄，易变形失真，这些植物宜制成浸制标本。将植株整理干净后放入标本瓶，用 5%福尔马林溶液浸泡即可；也可用 70%乙醇溶液浸泡，但脱色严重。如需保色，可先将植株放入饱和硫酸铜水溶液中浸泡 24~48h，取出洗净，再转入 5%福尔马林溶液中存放，瓶口要密封。

2、干制标本的制作。大多数苔藓植物宜制作干标本，尤其是藓类植物。直接将采集的标本连同纸袋（打开口）放在通风处晾干，避免阳光直晒。干燥后在袋外贴上采集签和定名签，即可入柜保存，无须消毒处理。标本袋也可用 20 cm×22 cm 牛皮纸折叠成的纸袋。

3、腊叶标本的制作。将采回来的新鲜植物标本进行初步整理，适当剪除重叠过多的枝叶、花果，洗去根部的泥土等。然后，将一块标本夹放平，上置 4 或 5 层吸水纸，再把经过初步整理的植物标本平展于吸水纸之上，每放一份植物标本都要仔细整理，把折叠的叶理平，正面和反面的叶子都应各压一些（以便观察叶的正面和反面上的特征），如果叶子非常大，可将叶子的一侧剪去一些，但叶尖必须保留；花、果实应完全露出，不要被叶子盖住；花序、果序应按其野外生长状态压，如原来是下垂的，不可压成直立的；肉质植物和比较大的果实标本在压制前可先在 80~90℃水中烫 3~4min 后再压制，也可将它们切开后压制；在放置植物标本时，要不断调换植物标本的根部或粗大部分的位置，以保持整夹标本的平整。标本整理好后盖上 2 或 3 层吸水纸（潮湿、肉质植物标本要多盖几层吸水纸）。以后每隔 2 或 3 层吸水纸放一份植物标本，这样边整理边压制，当标本达到一定高度后，再盖上另一块标本夹，用绳捆紧，置于通风干燥处。以后每天都要更换干纸，同时加以必要的整理。待标本稍干，隔纸可略减厚度，夹子则宜稍增压力。正常晴日 7~8d 可干。每天换下的湿纸在阳光下晒干或烘干，以备换用。现在人们试用熨斗隔纸熨压标本，干燥快而变色少，效果较好。待标本完全压干以后，要及时上台纸，制成腊叶标本，以便保存。这项工作一般在室内进行。标本在上台纸前，要进行消毒（苔藓植物不用消毒），然后再将干燥标本用针线或透明胶带固定在洁白坚硬的台纸上，同时附以采集记录。从而完成腊叶标本的全部制作过程。腊叶标本的质地干脆易断，使用和搬动时要注意保护，不能随意从成套标本中抽拉、硬塞，也不能随意翻动干燥的叶

片和花被等。标本一般应按科、属分类存放，既便于查找，又不易损坏。

第四节 地形图和植被图的使用

地形图是野外实习必不可少的基础图件。但它和一般的地形图不同，是用地形等高线和地物符号表示地形情况的平面图件。借助地形图，可以了解实习区的地貌、交通、水系、经济等自然地理情况，为制定野外实习计划提供参考依据，以最有效的方式取得最佳效果，减少盲目性。也可以通过分析地形图获取地质信息，同时，地形图也是编制各类地质图件的基础图件，同学们在下一轮的实习中将进行这方面的实践。

而植被图是表示各种植物群落（植被单位）具体地理分布的地图，是表示多种植被或植物群落的空间分布规律及其生态环境的地图。表示各种植被类型空间分布、生态特征、变迁及区划的专题地图，具体包括综合植被图和专门植被图。

一、选择和使用地形图

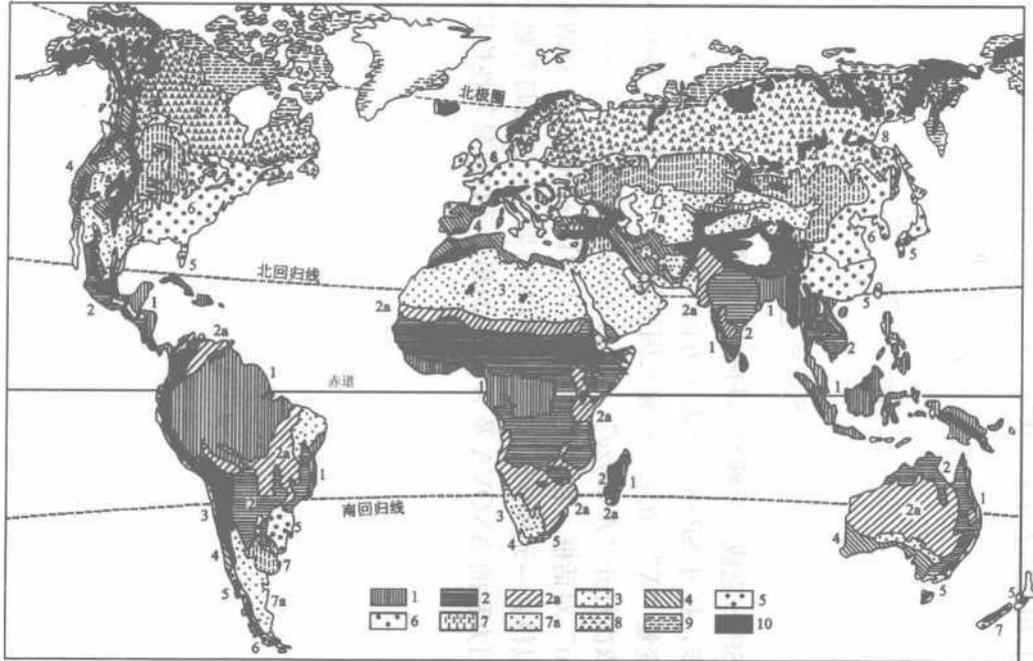
先看图名，是否是工作区所需的。再看比例尺，是否适合野外工作的需要。地形图的比例尺分为大（1:10000 以上）、中（1:10000—1:200000）、小（1:200000 以下），根据地质工作精度要求不同选择不同比例的地形图。仔细研读地形图，分析工作区地形特征，了解交通、居民点、水系情况并根据已掌握资料，了解其中的有关地质情况。在野外，站在实习区内较高的山峰，运用 GPS 确定经纬度和海拔，用罗盘将地形图上方对准正北方向。将区内主要地形、地物与地形图逐一对照，熟悉工作区的地形、地物及方位、距离、工作区通视、通行情况。在观察点上练习用罗盘定点，将测量数据记在笔记本上。

二、选择和使用植被图

植被图的比例尺和用途以及图示植被单位水平一般对应状况是：（1）小比例尺植被图（1:100 万以下）：常用于全世界或亚洲大陆等广阔区域的概观，主要是植物社区（formation）水平；（2）中比例尺植被图（1:100 万—10 万）：常用于区域等尺度地区的概观，群落或优势种群落；（3）大比例尺植被图（1:10 万—1 万）：常用于地域概观，几乎包括所有的植被单位；（4）精密植被图（1:1 万以上）：常用于特殊的目的，例如自然公保护区计划方案设计基础图等，包括下层单位的几乎所有的植被单位。在出野外时要提前准备好和相关实习内容和实习地区相吻合的植被图，

对于从宏观上了解研究区植被和植物的分布和组成具有重要意义。

世界主要植被类型图



1、热带常绿雨林；2、热带半常绿及落叶林；2a、热带亚热带的干旱林、萨瓦纳、具刺灌丛和部分的禾草群落；3、热带亚热带荒漠、半荒漠；4、冬雨硬叶林（包括具冬雨的干燥区）；5、亚热带常绿阔叶林；6、温带夏绿林；7、温带草原（Steppe, Prairie, Pampas）；7a、温带半荒漠、荒漠；8、北半球的北方针叶林；9、北半球的北极苔原；10、各带的山地植被

中国植被区划图



第四章 野外土壤与植物地理实习内容

第一节 植物器官的形态观察及植物识别

植物的根、茎、叶与营养物质的吸收、合成、运输和储藏有关，称为营养器官。而花和种子是被子植物的繁殖器官。

根是植物体的地下器官（除少数气生根外），主要作用是固着、支持和从环境中吸收水分和营养，同时亦兼有储藏的作用。不同植物主根的生长状况、各级侧根的生长和分枝式样以及所包含的不定根的数目不同，因而形成了不同类型的根系。根系有两种基本类型：有明显的主根和侧根区别的根系，称为直根系；无明显的主根和侧根区别的根系，或根系全部由不定根及其分枝组成，粗细相近，无主次之分，呈须状的根系，称为须根系。

茎是植物体地上部分联系根和叶的营养器官，生理功能主要是输导作用和机械支持作用。茎上有节和节间。节上着生有叶和芽，而与根相区别。

叶是植物进行光合作用和蒸腾作用的主要器官，通常由叶片、叶柄和托叶三部分组成，同时具有这三部分的叶称为完全叶，缺少其中任一部分者都称为不完全叶。

花是起生殖作用的变态短枝，花的各部分可以看作变态的叶子。植物亲缘关系相近，则花的结构和组成也相似。裸子植物没有真正的花。

被子植物的果实是由受精后雌蕊的子房膨大发育而成，其中子房壁发育形成果皮，胚珠发育形成种子。由子房发育而成的是真果，而由子房和子房以外的部分发育成的果实为假果，由一朵花发育形成的果实为单果，由花中多个离生雌蕊发育形成的果实为聚合果，而由花序发育而来的果实为聚花果。另外，根据成熟时果皮的形态（是否肉质化、是否成熟时开裂、是否有翅等）、子房的结构和胎座类型等，可以将果实分成不同的类型。

在长期演化过程中，植物与环境相互影响与作用，形成了各自不同的生长方式和多种多样的形态，无论哪种发展趋势都是植物自身适应环境以获得充足阳光，制造、储藏营养物质和繁衍后代的需求。

识别植物是区域地理调查和植被调查中必不可少的内容，植物的形态结构是鉴别植物类群必不可少的分类特征。特别是繁殖器官的形态特征是鉴别植物最可靠的依据，但是在野外工作时，往往因为季节关系无法见到植物的繁殖器官，所以经常用根、茎、叶等营养器官的特征来鉴别植物。

一、实验目的

通过本实验学会使用科学的语言对植物的形态特征进行描述；了解根的基本形态和根系的类型；了解茎的基本形态；掌握叶的形态特征及相关术语；了解根、茎、叶各种变态器官的形态特征；了解根和茎的主要区别；掌握花的基本形态，学会正确描述花的方法；通过对花组成部分的比较观察，理解花形态的多样性；了解果实的基本形态与特征；掌握各类种子的形态特征和结构。

通过植物器官来识别和鉴定实习区植物的名称（科、属、种），并形成植物名录。

二、材料与器材

放大镜或体视显微镜、解剖针、镊子。

三、实验内容

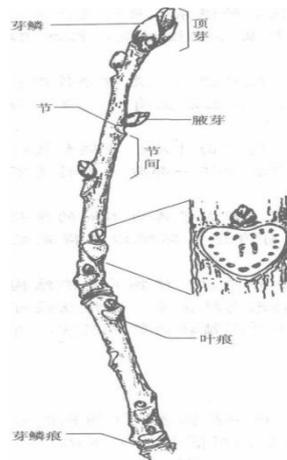
1、植物根和根系的形态观察

观察实习区各类植物的根系，区分主根、侧根和不定根，并判别其根系类型。

2、植物茎的形态观察

观测茎的外形。茎是植物体地上部分的轴，着生叶和芽的茎称为枝条。叶与茎之间形成的夹角称为叶腋；着生叶的部位称为节，两节之间的部分，称为节间。当叶脱落后，在节上留有痕迹即叶痕；叶痕中的点状突起是枝条与叶柄间的维管束脱离后留下的痕迹，称为维管束；顶芽（腋芽）开放时，其芽鳞片脱落在枝条上会留下密集痕迹，这种痕迹称为芽鳞痕。枝条的外表可以看见一些小型白色或褐色的皮孔。皮孔的形状、颜色和分布的疏密情况因植物而异。此外，有些植物的枝条上还有表皮毛、腺毛等多种类型的毛状附属物。大部分植物的茎为圆柱形，少数植物具有方柱形、三角形的茎。

观测植物芽形态和结构。芽是处于幼态而未伸展开的枝、花或花序。按照芽的生长位置，可将芽分为定芽（包括顶芽和腋芽）与不定芽，被叶柄膨大的基部覆盖的腋芽称为叶柄下芽；按照发育性质可将芽分为叶芽（一般小而瘦）、花芽（一般大而圆）和混合芽，根据芽鳞有无将芽分为鳞芽和裸芽，根据芽活动能力将芽分为活动芽和休眠芽。



枝条的形态

观测茎的分枝方式。茎的分枝具有一定的规律性，可分为二叉分枝、单轴分枝、合轴分枝以及假二叉分枝等方式。禾本科植物的分枝比较特殊，特称为分蘖，这些植物在四五叶期，茎基部节上的某些腋芽发育为新枝，同时在发生新枝的节上形成不定根，新枝的基部以后还可再形成新枝。

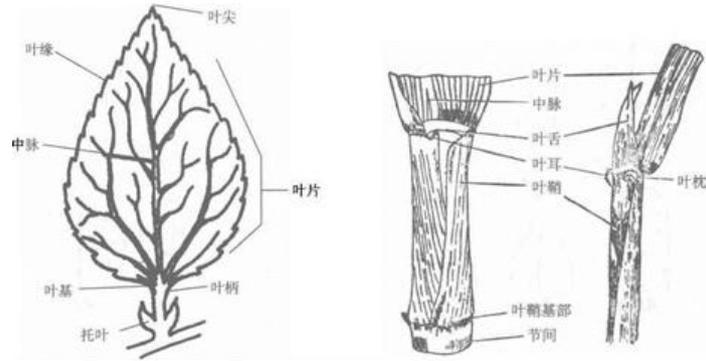
观测茎的质地。不同植物茎的木质化程度差异很大，据此可将植物分为木本植物和草本植物。木本植物的茎含有大量的木质素，一般比较坚硬，又可以分为乔木（有明显主干的高大树木）和灌木（主干不明显，比较矮小，基部常分枝）；草本植物含木质素很少，可分为一年生草本（生活周期在本年内完成）、二年生草本（生活周期在两个年份内完成）和多年生草本（植物地下部分生活多年，每年继续发芽生长）。茎的质地是鉴别植物的重要依据。

观测茎的生长习性等。在长期的进化过程中，不同植物的茎形成了不同的生长习性，以适应外界环境，使叶在空间合适分布，尽可能地充分接受日光照射，制造自身生活需要的营养物质，并完成繁殖后代的生理功能。茎的生长方式主要包括四种类型：直立茎、缠绕茎、攀缘茎和匍匐茎。

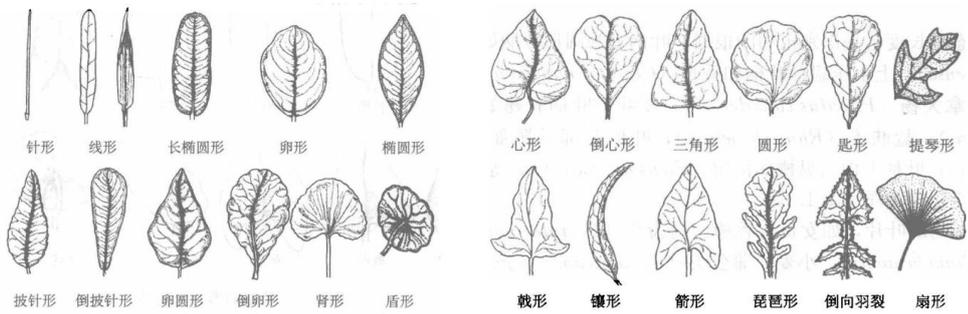
3、叶的形态观察

叶的组成和形态。叶一般由叶片、叶柄和托叶三部分组成。禾本科植物的叶由叶片和叶鞘两部分组成，叶片和叶鞘连接处为叶枕，两侧有叶耳，腹面有叶舌。叶的形态包括叶片、叶尖、叶基、叶缘、叶裂及叶脉等。叶的厚度、表皮组织的厚度、叶脉的机械组织发达程度等均影响叶片的质地。根据叶的质地，可将叶分为革质（叶厚韧似皮革）、膜质（叶薄而呈半透明，不呈绿色）、草质（叶薄而柔软）和肉质（叶肥厚多汁）。叶柄的形态和长度也是识别植物的根据。叶柄分为圆形叶柄、上下压扁形叶柄、两侧压扁形叶柄。复叶总叶柄有翅，叶柄基部具鞘，叶柄上面具纵槽等。

托叶形态变化较多样。

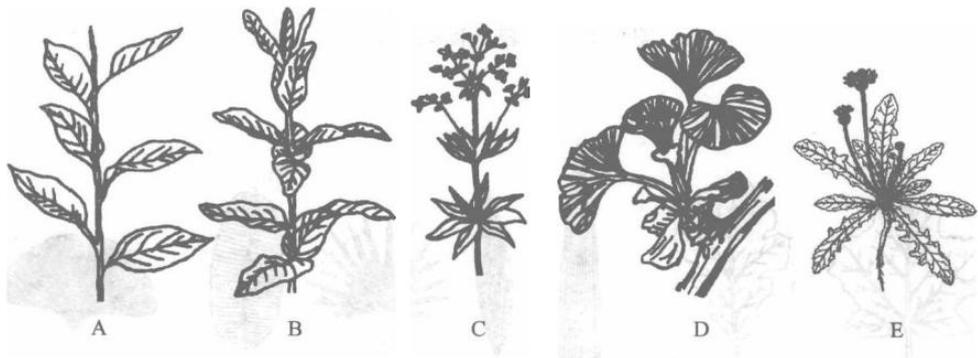


叶的形态（非禾本科和禾本科）



叶片的形态

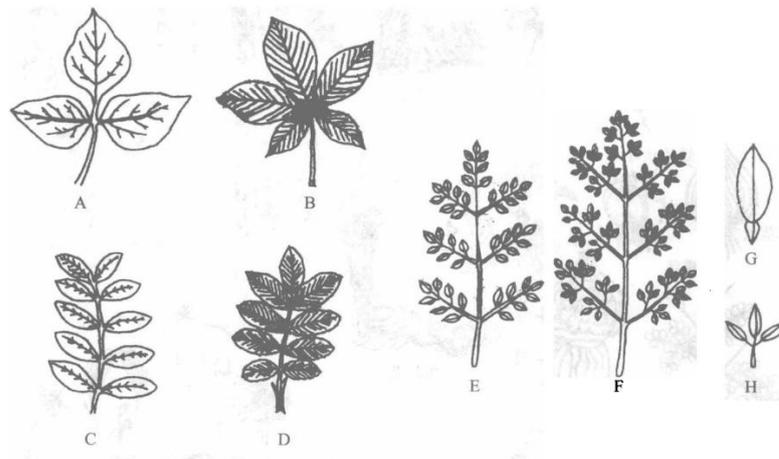
叶序。叶在茎上具有的一定规律排列方式，称为叶序。常见类型为：互生，每节着生 1 片叶；对生，每节相对着生 2 片叶；轮生，每节着生 3 片或 3 片以上的叶；簇生（丛生），节间缩短密接，叶成簇着生在短枝上；植物无明显的地上茎，叶从植株贴地面的基部生出，称为基生叶。叶在茎上的排列，不论是哪一种叶序，相邻两节的叶，总是不相重叠，往往通过叶柄长短变化或以一定的角度彼此错开排列，这种现象称为叶镶嵌。叶镶嵌使茎上的叶片互不遮蔽，有利于光合作用的进行，并使茎的负载平衡。



叶序的类型

(A 互生叶；B 对生叶；C 轮生叶；D 簇生叶；E 基生叶)

叶的类型。单叶是在一个叶柄上只生 1 片叶片；复叶是在叶柄上着生 2 片以上完全独立的小叶片。复叶的叶柄称为叶轴或总叶柄。叶轴上所生的许多叶称为小叶，小叶的叶柄即为小叶柄。根据小叶在总叶柄上的排列方式，可将复叶分为多种类型。复叶和单叶有时易混淆，这是对叶轴和小枝未加仔细区分的结果。叶轴和小枝实际上有着显著的差异，叶轴的顶端没有顶芽，而小枝常具顶芽；小叶的叶腋一般没有腋芽，芽只出现在叶轴的腋内，而小枝的叶腋都有腋芽；复叶脱落时，先是小叶脱落，最后叶轴脱落；小枝上只有叶脱落；叶轴上的小叶与叶轴成一平面，小枝上的叶与小枝成一定角度。

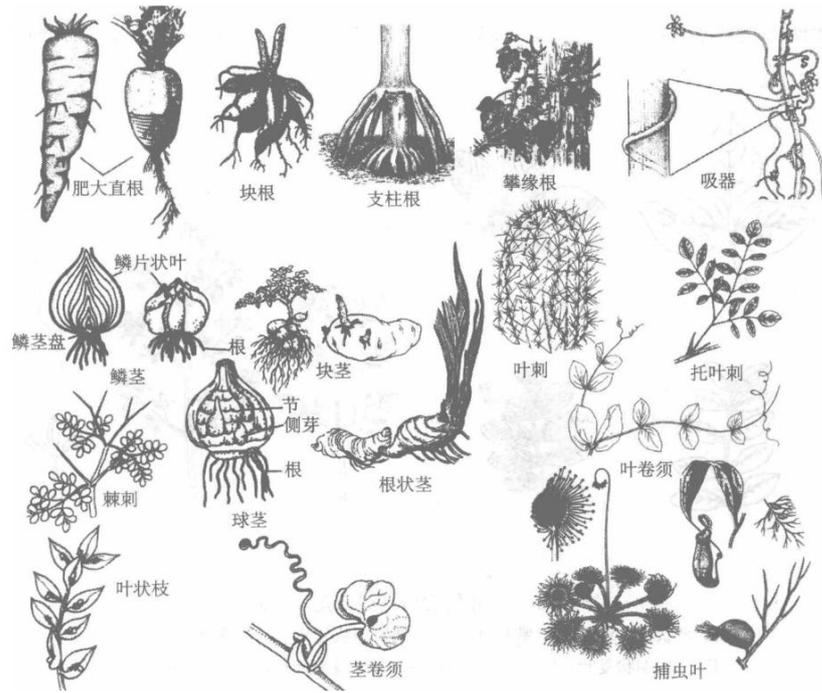


复叶的类型

(A 羽状三出复叶；B 掌状复叶；C 偶数羽状复叶；D 奇数羽状复叶；E 二回羽状复叶；F 三回羽状复叶；G 单身复叶；H 掌状三出复叶)

4、植物营养器官的变态

有些植物的营养器官在形态、结构和生理功能等方面发生了较大的变化，这种变化叫做变态。这是由于植物体在某些条件的影响下，这些器官改变其机能，获得另外的机能，引起与之相适应的形态结构的变化。在长期的发展过程中，这些变态特性变得很稳定，一代代遗传下来，适应外界的环境条件。



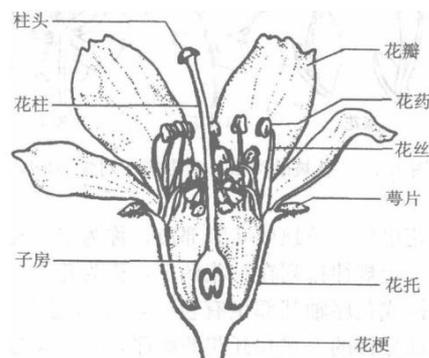
营养器官的变态

5、花和花序的形态观察

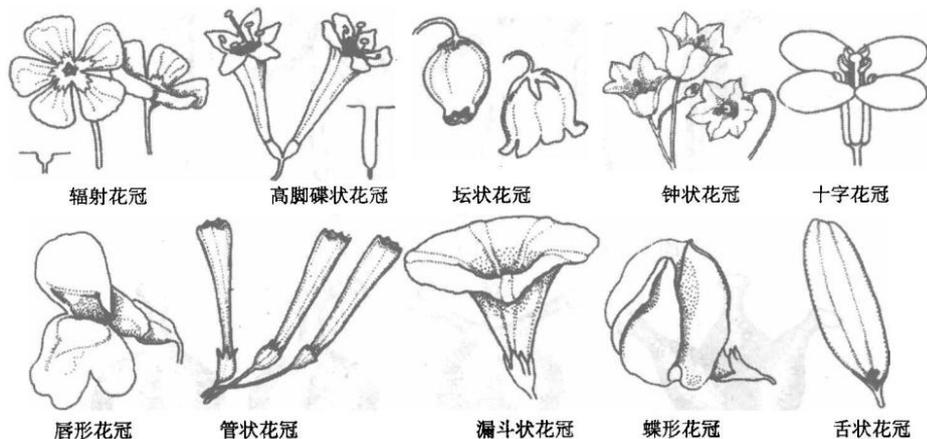
在被子植物中，一朵完整的花由花柄、花托、花被、雄蕊群、雌蕊群组成。一朵花如果同时具有花萼、花冠、雄蕊群和雌蕊群四个部分，称为完全花，缺少其中的任一部分都称为不完全花；通过花的中心可作几个对称面（辐射对称）的花叫做整齐花，通过花的中心只可作一个对称面（两侧对称）的花叫做不整齐花，主要是由于花的某一轮器官的形状和大小不一所致。根据花中雌蕊、雄蕊的有无，把花分为两性花、单性花、无性花（中性花）三类。根据花被的有无和分化情况可将花分为重被花、单被花和裸花（或无被花）；花冠的类型、雄蕊群的类型、花药开裂的方式和着生方式、雌蕊的类型、子房在花托上的位置、胎座的类型、胚珠的类型等均是被子植物分类的重要依据。有些被子植物的花单生于枝顶或叶腋部位，称为单生花；大多数被子植物的花则按一定规律排列在总花柄上，称为花序，总花柄称为花序轴或花轴。每一朵花的花柄或花序轴基部生有苞片，有的苞片密集在一起形成总苞。根据花序轴分枝的方式和开花的顺序，将花序分为无限花序和有限花序两类。

禾本科植物花的形态和结构比较特殊，小穗为花序的基本单位，排列出圆锥状、穗状或总状，少数为头状。每个小穗含有1朵至多朵花，在小穗轴上成两列互生。小穗基部有2片坚硬的颖片，称外颖和内颖，属于总苞片。颖片内有几朵花，其中基部的2~3朵能正常发育结实，称为能育花，上部的几朵往往发育不完全，不能结

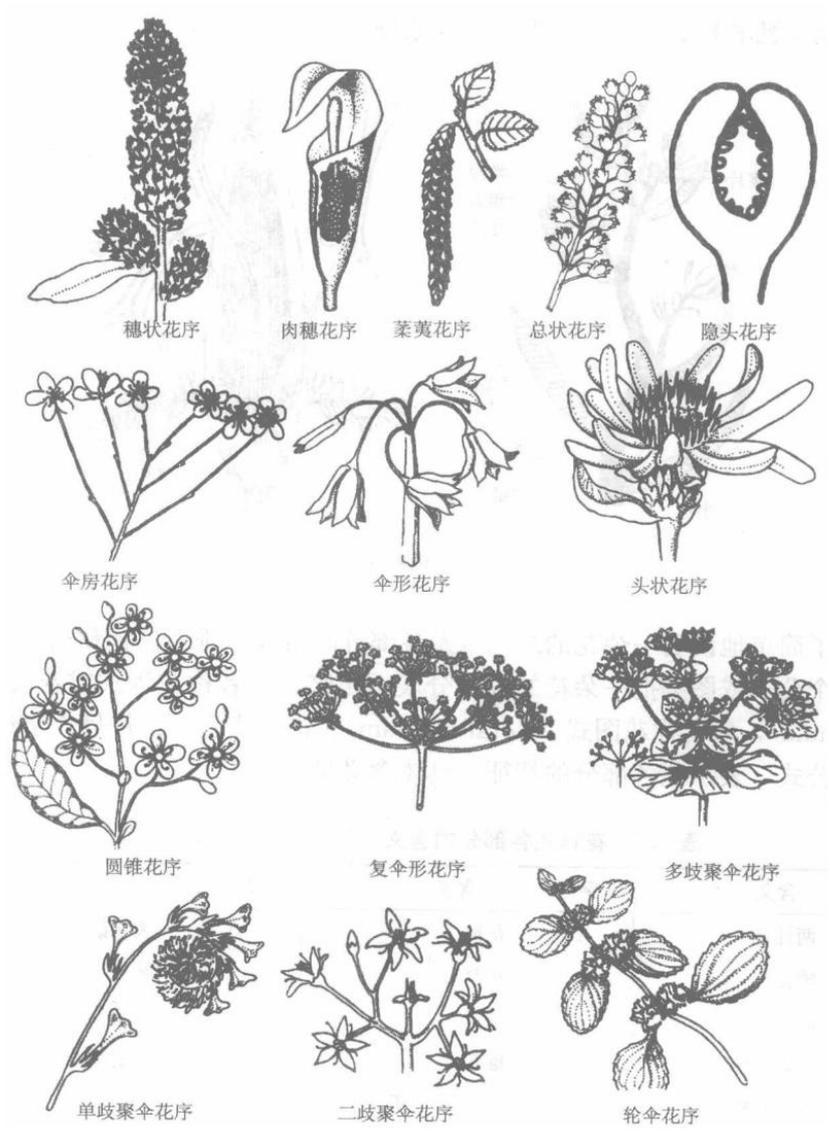
实，称为不育花。能育花外面有 2 片鳞片状薄片，外边的 1 片是花基部的苞片，称外稃，里面 1 片称内稃，属于外轮花被。内稃里面有 2 片小形囊状突起，称为浆片，属于内轮花被。开花时，浆片吸水膨胀，使内稃、外稃撑开，露出花药和柱头。柱头羽毛状，少数扫帚状。禾本科植物花的形态和结构比较特殊，小穗为花序的基本单位，排列出圆锥状、穗状或总状，少数为头状。每个小穗含有 1 朵至多朵花，在小穗轴上成两列互生。小穗基部有 2 片坚硬的颖片，称外颖和内颖，属于总苞片。颖片内有几朵花，其中基部的 2~3 朵能正常发育结实，称为能育花，上部的几朵往往发育不完全，不能结实，称为不育花。能育花外面有 2 片鳞片状薄片，外边的 1 片是花基部的苞片，称外稃，里面 1 片称内稃，属于外轮花被。内稃里面有 2 片小形囊状突起，称为浆片，属于内轮花被。开花时，浆片吸水膨胀，使内稃、外稃撑开，露出花药和柱头。柱头羽毛状，少数扫帚状。



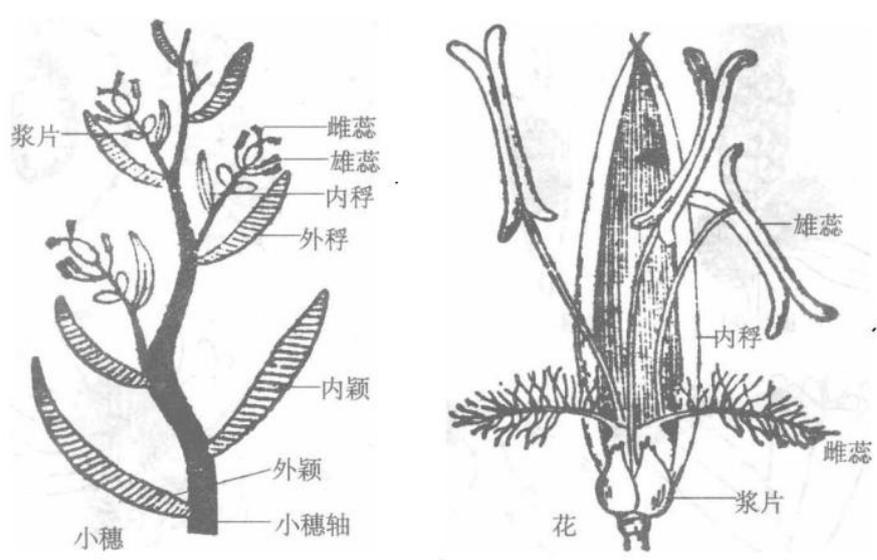
花的基本组成



花冠的类型



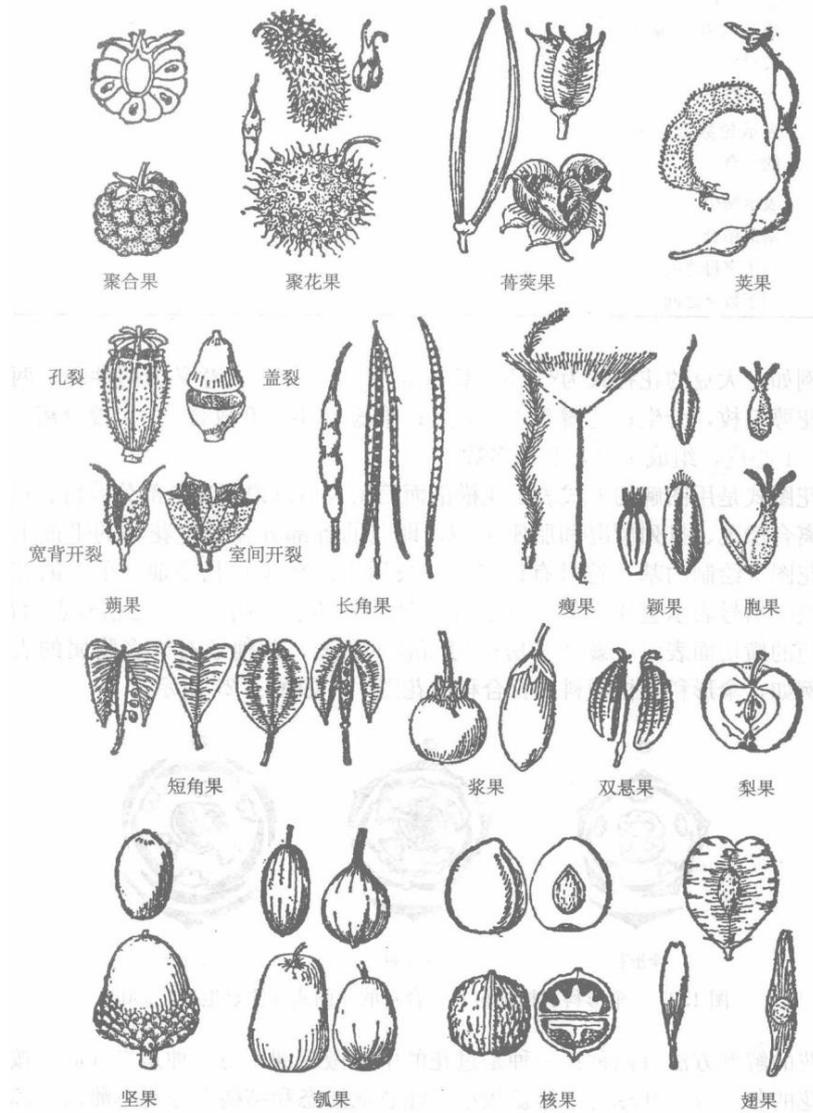
花序的类型



禾本科植物的小穗

6、果实形态的观察

被子植物的果实是鉴别科属不可缺少的特征。果实可分为三类：单果、聚合果和聚花果（复果），其中单果又分为肉质果和干果两类。



果实的类型

四、实验记录表格

表 1 植物的形态特征记录表

植物名称	茎的性质	茎的质地	生长习性	分枝方式

表 2 植物叶的形态特征记录表

项目		植物名称						
形态								
叶序								
单叶或复叶								
叶片	形状							
	叶尖							
	叶基							
	叶缘							
	叶脉							
	叶质							
叶柄	有或无							
托叶	有或无							
叶鞘	有或无							
叶舌	有或无							
叶耳	有或无							
完全叶或不完全叶								

表 3 植物花的形态特征记录表

植物名称	花冠类型	雄蕊群类型	雌蕊群类型	子房位置	胎座类型	花序类型

表 4 植物果实的形态特征记录表

植物名称	真果/假果	单果/聚合果/聚花果	果皮性质	开裂情况

第二节 种子植物的野外调查和植物区系分析

植物区系是某一地区、某一时期、某一分类群、某类植被等所有植物的总称。同一植物区系的分布范围大体与具有某一特征的自然环境相联系，反映了其发展进程与古地理或现代自然条件间的关系。植物区系分析对于认识一个地区的地质历史具有重要的意义。在许多情况下，植物分布区的形状和植物区系组成不能用现代的生态因素解释，而只能用地史因素解释。因此，根据一个地区的植物区系分析可以判断该地区的地质变迁。一般来说，一个地质上古老的地区其植物区系种类比较丰富，而年青的地区其植物相对比较贫乏。通过植物区系分析，可以查明植物较高级分类学单位（如科）发生上的许多问题。

一、实验目的

1、通过对学校所在地区种子植物的野外调查，使学生熟悉野外植物调查的基本方法。

2、认识区域常见植物。

3、分析区域植物区系特征，使学生掌握植物区系分析的方法。

二、材料与器材

放大镜、镊子、铅笔、笔记本、计算器或计算机、检索表、植物志、《高等植物图鉴》、《中国种子植物属的分布区类型》和《世界种子植物科的分布区类型系统》。

三、实验内容

1、种子植物的野外调查

植物形态特征的观察。植物种类的识别和鉴定必须在严谨、细致的观察后进行。在对植物进行观察研究时，首先要观察清楚每一种植物的生长环境，然后再观察植物具体的形态结构特征。植物形态特征的观察应起始于根（或茎基部），结束于花、果实或种子。先用眼睛进行整体观察，细微且重要的部分须借助放大镜观察。特别是对花的观察要极为细致、全面：需从花柄开始，通过花萼、花冠、雄蕊，最后到雌蕊，必要时要对花进行解剖，分别进行横切观察和纵切观察，观察花各部分的排列情况、子房的位置、组成雌蕊的心皮数目、子房室数及胎座类型等。只有这样，才能全面、系统地掌握植物的详细特征，才能正确、快速地识别和鉴定植物。

植物种类的识别、鉴定和分类。在对植物观察清楚的基础上，识别、鉴定植物就会变得很容易。对特征明显、自己又很熟悉的植物，确认无疑后可直接写下名称；

对于生疏植株可借助于 植物检索表等工具书进行检索、识别。在把区域内所有植物鉴定、统计后，按照植物界系统演化关系，写出植物名录并把植物归并到科一级。

2、植物区系分析

研究植物区系时，通常将一个地区的植物进行科、属、种的数量统计，然后再把所有植物按其分布区类型、种的发生地和迁移路线等分成若干群，通称为植物区系成分，以地理成分最常用。吴征镒将我国种子植物属（3116 属）归纳合并为 15 种类型即 15 种地理成分，其下再分为 31 个变型。

中国种子植物属的分布区类型和变型（吴征镒，1991）

分布区类型及其变型	属 数
一.世界分布	104
二.泛热带分布及其变型	
2.泛热带	316
2-1.热带亚洲、大洋洲和南美洲（墨西哥）间断	17
2-2.热带亚洲、非洲和南美洲间断	29
三.3.热带亚洲和热带美洲间断分布	62
四.旧世界热带分布及其变型	
4.旧世界热带	147
4-1.热带亚洲、非洲和大洋洲间断	30
五.热带亚洲至热带大洋洲分布及其变型	
5.热带亚洲至热带大洋洲	147
5-1.中国（西南）亚热带和新西兰间断	1
六.热带亚洲至热带非洲分布及其变型	
6.热带亚洲至热带非洲	149
6-1.华南、西南到印度和热带非洲间断	6
6-2.热带亚洲和东非间断	9
七.热带亚洲分布及其变型	
7.热带亚洲（印度-马来西亚）	442
7-1.爪哇、喜马拉雅和华南、西南星散	30
7-2.热带印度至华南	43
7-3.缅甸、泰国至华西南	29
7-4.越南（或中南半岛）至华南（或西南）	67
八.北温带分布及其变型	
8.北温带	213
8-1.环极	10
8-2.北极-高山	14
8-3.北极-阿尔泰和北美洲间断	2
8-4.北温带和南温带（全温带）间断	57
8-5.欧亚和南美洲温带间断	5
8-6.地中海区、东亚、新西兰和墨西哥到智利间断	1
九.东亚和北美洲间断分布及其变型	
9.东亚和北美洲间断	123
9-1.东亚和墨西哥间断	1
十.旧世界温带分布及其变型	
10.旧世界温带	114
10-1.地中海区、西亚和东亚间断	25
10-2.地中海区和喜马拉雅间断	8
10-3.欧亚和南非洲(有时也在大洋洲)间断	17
十一.11.温带亚洲分布	55
十二.地中海区、西亚至中亚分布及其变型	
12.地中海区、西亚至中亚	152
12-1.地中海区至中亚和南非洲、大洋洲间断	4
12-2.地中海区至中亚和墨西哥间断	2
12-3.地中海区至温带、热带亚洲、大洋洲和南美洲间断	5
12-4.地中海区至热带非洲和喜马拉雅间断	4
12-5.地中海区-北非洲, 中亚, 北美西南部, 智利和大洋洲(泛地中海)间断分布	4
十三.中亚分布及其变型	
13.中亚	69
13-1.中亚东部（亚洲中部中）	12
13-2.中亚至喜马拉雅	26
13-3.西亚至喜马拉雅和西藏	4
13-4.中亚至喜马拉雅-阿尔泰和太平洋北美洲间断	5
十四.东亚分布及其变型	
14.东亚（东喜马拉雅-日本）	73
14-1.中国-喜马拉雅(SH)	141
14-2.中国-日本(SJ)	85
十五.中国特有分布	
15.中国特有	257
合计	3116

科的分布区类型：按照吴征镒等（2003）世界种子植物科的分布区类型系统对野外调查的植物科的区系特征进行统计分析。

属的分布区类型：根据吴征镒（1991）划分分布区类型系统进行分析。

3、地区间植物区系比较分析

各地区植物区系之间既有相互联系的一面，又有独立发展的一面，具体情况不仅可以反映地区间植物区系之间的联系，而且能够反映不同地区环境和自然演化史的共同性程度或者关系的密切程度，为此需要进行植物区系间的比较分析。因为对种的概念理解不同，各家划分的种有大小、多少的差异，不便比较种的数目。而属是较为清楚和稳定的分类单位，一般用来进行区系类型统计，但通常将世界属排除不计。

属的相似性系数。运用不同地区间属的相似性系数来比较植物区系的相似程度。地区间植物区系的相似程度可使用简单的计算求出，设甲乙两地各分布有 A 属与 B 属植物，两地共有 C 属植物，按不同的计算方法，均可获得相似性系数。

$$K_{Jaccard} = C / (A + B - C)$$

$$K_{Sorensen} = 2C / (A + B)$$

$$K_{SZ} = C / \min(A + B)$$

式中， $K_{Jaccard}$ 、 $K_{Sorensen}$ 和 K_{SZ} 为相似性系数；A 为甲地植物属数；B 为乙地植物属数；C 为两地共有属数。上述指数数值有所不同，但是同样反映共有属数所占比重，从而说明两地植物区系属的相似程度。两地的共有属数越多，相似性系数越大，其关系越亲近。

科的相似性系数。以科来对比不同地区植物区系的相似性程度。科的相似性系数常常用于更大范围植物区系分析。科相似性系数计算公式是：

$$\text{相似性系数} = \text{某地与对比地共有科数} / \text{某地全部科数} \times 100\%$$

在植物区系的比较分析中，不同区域区系组成的差异，如特有成分的构成等，也是非常重要的信息。如果某地拥有特有科属较多，并且与周围地区相似性很低，则可以推断该地与周围地区脱离地理（生态）联系和区系交流的时间较久。

第三节 植物群落数量特征的调查及分析

群落调查可达到下列目的：①不同群落的相互比较，进行分类，以达到认识群落的目的。②将群落的分布或变异加以比较，阐明群落与环境的联系。③对同一群落类型进行分析，阐明它的内部结构与均匀程度。④将同一群落在不同时期加以比较，说明它的动态规律。不管达到哪个目的，都要对群落进行调查。群落的数量特征是群落调查的主要内容。在野外进行群落数量特征的研究，涉及的对象是庞大的或无法确知的整体，由于人力、空间和时间的限制，不可能将全部对象进行研究，只能从中选取一小部分作为样本，从样本分析得到总体的推断。对样本的要求应该是既能代表总体，又要使抽样的数目尽可能的少。怎样较好地满足这两个要求，是取样要解决的问题。这就涉及取样方法和取样技术问题。有若干技术可用于群落数量特征的研究，其中应用最广泛的技术是样方抽样技术与无样地抽样技术。

物种多样性具有两种含义：一是指一个群落或生境中物种数目的多寡（数目或丰富度）；二是指一个群落或生境中全部物种个体数目的分配状况（均匀度）。多样性依赖于物种丰富度（物种数）和均匀度或物种多度的均匀性。两个具有相同物种的群落，可能由于相对多度的分布不同而在结构和多样性上有很大的差异。物种多样性有以下几个方面的生态学意义：①是刻画群落结构特征的一个指标；②用来比较两个群落的复杂性，作为环境质量评价和比较资源丰富程度的指标；③从演替阶段的多样性比较，可以作为演替方向、速度及稳定程度的指标。在不同空间尺度范围内，植物多样性的测度指标是不同的，通常可以分 α 多样性、 β 多样性和 γ 多样性三个范畴。其中， α 多样性是指在栖息地或群落中的物种多样性。

生活型是植物对于综合生境长期适应而形成的植物类型。生活型主要指植物的外貌特征，如大小、形状、分枝、生命周期的长短等。无论植物在分类系统上的地位如何，只要它们的适应方式和途径相同，都属同一生活型。

植物种群的年龄结构是指种群内不同年龄的个体的分布或组配情况，它可反映种群的动态及发展趋势，并在一定程度上反映种群和环境之间的相互关系，以及它们在群落中的作用和地位。

植物群落与环境是不可分的。任何一个植物群落在形成的过程中，植物不仅对环境具有适应能力，而且对环境也有巨大的改造作用。随着植物群落发育到成熟阶段，群落的内部环境也发育成熟。植物群落内的环境因子如温度、湿度、光照强度

等都不同于群落外部。植物群落内的各生物物种在其创造的环境中，井然有序地生活着。不同的植物群落，其群落环境因子存在明显的差异。因此，在调查群落特征的同时，需要进行生态因子的测定。

一、实验目的

通过几个紧密联系的项目，使学生掌握生态学野外调查技术，并对实验数据进行整理，达到识别群落的目的；使学生掌握几种常见生态测定仪器的工作原理及其使用方法，并通过对实验结果的分析，认识生物与环境的相互关系；通过对不同野外调查技术所得的数据、群落中物种多样性的测定，认识多样性指数的生态学意义及掌握测定物种多样性的方法；掌握划分植物生活型的方法，认识划分植物生活型的生态学意义；了解并掌握调查、分析种群年龄结构的方法。

二、材料与器材

海拔仪、罗盘、便携式光照度计、大气温度计、地表温度计、土壤温度计、空气湿度测定仪、土壤湿度计、风速测定仪、GPS、测高仪、铝盒、土钻、皮尺、钢卷尺、记录表格、计算器等。

三、实验内容

1、取样技术

在研究植物群落时，不可能对整个群落进行全面的测度和分析。因此，有必要从所要研究的群落中选取一定范围进行研究，这样既能以尽可能低的代价，又能从选取的代表群落地段中获得较高的信息量来对整个植物群落的种类组成和结构进行分析。取样技术就是代表地段的选取或确定，包括设置的方法、范围大小等，它们常依具体的群落类型、群落分析的目的等的不同而不同。目前植物群落常用的取样技术，包括样地取样法和无样地取样法。

样地的选择。样地是指能够反映植物群落基本特征的一定地段。样地的选择标准是：种类成分的分布均匀一致；群落结构完整，层次分明；生境条件一致（尤其是地形和土壤），能反映该群落生境特点的地段；样地要设在群落中心的典型部分，避免选在两个类型的过渡地带；样地要用显著的实物标记，以便明确观察范围。

样地环境因子的测定。在选择好样地以后，要记录样地的环境特征，包括地理位置、海拔、地貌、坡向、坡度、光照强度、温度、空气湿度以及人为干扰情况等，将这些数据记录到表中，并采集土样带回实验室分析。

群落样地调查表

样方号	样地面积	海拔高度			
群落类型	群落名称				
地理位置	省	市	县	镇(村); 经度:	纬度:
地形:	坡向	坡度			
母岩与地质					
枯枝落叶层的性质及其覆盖百分率					
土壤: 土壤名称					
土壤一般特点(基岩、土层厚度、质地、A层厚度、颜色、pH反应)					
群落特点(外貌、动态、结构等)					
周围环境及群落小环境状况					
人类及动物活动情况					
其他					
		调查人			
			年	月	日

(1) 地形因子的测定。运用 GPS 测定每个样方的经度与纬度。GPS 给出的海拔高度误差较大, 所以再用海拔表校正海拔高度。用罗盘测出样地山体的坡度, 并测出坡向。

(2) 土壤因子的测定。判断土壤的类型、土层厚度、质地、土壤酸碱度等。

(3) 群落内光照条件的测定。从林缘向林地中心均匀选取 5 个测定点, 用照度计测定每一点的光照强度, 并记录每次测定的数值; 选择一空旷无林地(最好地面无植被覆盖)作为对照, 随机测定 5 个点, 用照度计测定裸地的光照强度, 并记录每次测定的数值。

(4) 大气温度和湿度的测定。从林缘向林地中心, 在 1.5m 高处均匀选取 5 个点, 测定每一点的温度和湿度, 并记录每次测定的数值; 同时在空旷无林地的 1.5m 高处, 随机选取 5 个点, 测定空气温度和湿度, 并记录每次测定的数值。

(5) 地表温湿度的测定。从林缘向林地中心均匀选取 5 个测定点, 用地表温度计与湿度计分别测定每一点的地表温湿度, 并记录每次测定的数值; 同时在空旷无林地随机选取 5 个点, 同样测定地表温度与湿度。

(6) 群落内土壤不同深度温湿度的测定。在群落中, 随机确定 2 个测定点, 用土壤温度计与土壤湿度计分别测定距地表 5cm、10cm、15cm、20cm、25cm、30cm 和 35cm 深处的土壤温度与湿度, 并记录每次测定的数值; 在空旷无林地同样随机选取 2 个点, 同样测定距地表 5cm、10cm、15cm、20cm、25cm、30cm 和 35cm 深处的土壤温度与湿度。

(7) 风速的测定。在上述同样的针叶林与阔叶林群落中，从林缘向林地中心，在 1.5m 的高处均匀选取 5 个点，用风速测定仪分别测定每点的风速；同时在空旷无林地，随机选取 5 个点，测定每个点的风速。

注意：植物群落内和对照地的生态因子（如光照强度、空气温度和湿度、地表温度和湿度、土壤温度和湿度）测定，一定要在相同的时间进行，这样获得的数据才具有可比性。

样方法。样方法是群落数量研究中最普遍的取样技术。样方调查界限清楚，数量明确，但要花费不少时间来确定边界，而且在山地陡坡采用样方法困难更大。样方抽样的细则，包括样地大小、形状、数目和排列等，必须取决于要抽样群落的特定类型并以所预期的数据种类为基础。样方的形状大多采用方形（或长方形），故称为样方，也有使用圆形的，称为样圆。长方形样地的长轴一般应该平行于等高线，否则高差过大，样地内可能出现生境的变化，不好观察群落特征。

按样地的选择标准选择样地，选择一个群落，按照最小面积确定样方的面积，如常绿阔叶林的样方面积为 400~800m²，再将样方划分为 5m×5m 的小样方，测定乔木和灌木，再在每个 5m×5m 的小样方内设置 1 个 1m×1m 的小样方，测定草本植物。

(1) 乔木层数据的调查：采用每木调查法。在每个 5m×5m 的小样方内，记录树高>3m，胸径>2.5cm 的乔木树种的植物名称、胸径（胸围）、高度、冠幅以及目测每个树种的郁闭度等，并将数据记录到乔木层样方调查表内。

乔木层样方记录表

调查者：_____ 调查日期：_____ 样方号：_____ 样地面积：_____

郁闭度：_____ 群落名称：_____

小样方号	植物名称	高度 /m	胸围 /cm	冠幅 /m	枝下高 /m	生活型	物候期

(2) 灌木层数据的调查：在每个 5m×5m 的小样方内识别灌木层中的植物名称、数目，目测每个灌木种类的盖度、平均高度以及多度，并将数据记录到灌木层样方调查表内。

灌木层样方记录表

调查者：_____ 调查日期：_____ 样方号：_____ 样地面积：_____

郁闭度：_____ 群落名称：_____

小样方号	植物名称	层次	株数	盖度	高度/cm	生活型	物候期

(3) 草本层数据的调查：在 1m×1m 的草本植物样方进行草本层每个植物物种的盖度、平均高度以及多度的调查，并将数据记录到草本层样方调查表内。

草本层样方记录表

调查者：_____ 调查日期：_____ 样方号：_____ 样地面积：_____

郁闭度：_____ 群落名称：_____

小样方号	植物名称	层次	高度/cm		盖度	株(丛)数	生活型	物候期
			生殖苗高	叶层高				

2、植物群落组分重要性和优势度分析

重要值是评价某一植物在群落中作用和地位的综合数量指标，是指物种相对密度、相对显著度（或相对盖度、相对高度）、相对频度的总和，其计算公式为

重要值 (IV)=相对多度（或相对密度）+相对频度 +相对显著度（或相对盖度）

相对密度（相对频度、相对显著度、相对盖度、相对高度、相对多度）就是一个种的密度（频度、显著度、盖度、高度、多度）与群落内所有种的密度和（频度和、显著度和、盖度和、高度和、多度和）的百分比。

乔木层样方调查结果整理

植物名称	出现样方数	株数	胸高断面 积/cm ²	相对频度/%	相对密度 /%	相对优势 度/%	重要值
合计							

3、物种多样性的测定

多样性指数是以数学公式描述群落结构特征的一种方法，在调查群落种类及数量后，选定多样性公式，就可以计算出反映该群落结构特征的多样性指数。由于不同学者的研究目的和对象不同，提出的物种多样性的定义和指标也不同，目前，研究物种多样性的指数就有十多种，按其性质大致分为四类：①丰富度指数，用以度量样地内物种的数量特征。②均匀度指数，用以度量物种的个体数量分布是否均匀。③变化度指数，由前两类联合而成。④优势度指数，大部分多样性指数中，组成群落的生物种类越多，其多样性数值就越大。

采用 Simpson 指数、Shannon-wiener 指数、Pielou 指数练习物种多样性的测定方法。

(1) Simpson 指数

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s \frac{N_i(N_i - 1)}{N(N - 1)}$$

(2) Shannon-wiener 指数

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

(3) Pielou 均匀度指数

$$J_{ws} = \frac{- \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i}{\ln S}$$

上述各式中，D 为 Simpson 指数；H 为 Shannon-wiener 指数；J_{ws} 为 Pielou 均匀度指数；S 为样地中物种的总数；N_i 为种 i 的重要值；N 为样地中所有物种的重要值之和；P_i 为种 i 的相对重要值，P_i=N_i/N。

(4) 物种丰富度：物种丰富度 (S) 是一个群落中的物种数目，它是基于物种的存在与否，而不是物种的相对多度的一个多样性测度。物种丰富度是最简单、最

古老的物种多样性测度方法，直到目前，仍有许多学者使用。本实验以样地中物种的数目表示物种丰富度。

4、群落生活型组成的分析

生活型的划分有不同的方法。例如，将植物分为乔木、灌木、半灌木、木质藤本、多年生草本、一年生草本等。生活型分类系统很多，应用最广泛的是丹麦植物学家 C.Raunkiaer 的生活型分类系统。该系统以温度、湿度、水分（以雨量来表示）作为揭示生活型的基本因素，以植物度过不良环境（冬季寒冷、夏季干旱）时对恶劣环境的适应方式作为分类基础。具体是按休眠芽或复苏芽所处的位置高低和保护方式，把高等植物划分为 5 个生活型，在各类群之下，根据植物体的高度、芽有无芽鳞保护、落叶或常绿、茎的特点等特征，再细分为 30 个较小的类型。

高位芽植物（Phanerophytes, Ph.）这类植物休眠芽或顶端嫩枝位于距地面 25cm 以上，如乔木、灌木和一些生长在热带潮湿气候条件下的草本等。可根据高度分为 4 个亚类，即大高位芽植物（高度>30m）、中高位芽植物（8~30m）、小高位芽植物（2~8m）与矮高位芽植物（25cm~2m）。然后又根据常绿还是落叶、芽有无鳞片保护分为 15 个亚类。

地上芽植物（Chamaephytes, Ch.）更新芽或顶端嫩枝位于土壤表面或很接近地表处，一般不高出地表 20~30cm，因为它们受地表残落物所保护，在冬季地表积雪地区也受积雪的保护。多为半灌木或草本植物。其下分为 4 个亚类：矮小半灌木地上芽植物、被动地上芽植物、主动地上芽植物和垫状植物。

地面芽植物（Hemicryptophytes, H.）这类植物更新芽位于近地面土层内，冬季地上部分全部枯死。这类植物在不利季节，植物体地上部分死亡，只有被土壤和残落物保护的地下部分仍然活着，并且在地面处有芽，多为多年生草本植物。分为原地面芽植物、半莲座状地面芽植物和莲座状地面芽植物三类。

隐芽植物（Cryptophytes, Cr.）又称为地下芽植物。这类植物更新芽位于较深土层中或水中，多为鳞茎类、块茎类和根茎类多年生草本植物或水生植物。分为 7 个亚类：根茎地下芽植物，块茎地下芽植物，块根地下芽植物，鳞茎地下芽植物，没有发达的根茎、块茎、鳞茎地下芽植物，沼泽植物和水生植物。

一年生植物（Theraphytes, T.）这类植物只能在良好季节中生长，它们以种子的形式度过不良季节。

Raunkiaer 生活型被认为是进化过程中对气候条件适应的结果，因此它们的组成可反映某地区的生物气候和环境的状况。根据 Raunkiaer 的生活型分类系统，对被调查群落的生活型组成进行分析，制定群落的生活型谱，进而分析群落的外貌特征和群落所在地的环境特点。制定生活型谱过程分为三步：弄清整个地区（或群落）的全部植物种类，列出植物名录；确定每种植物的生活型；然后把同一生活型的种类归到一起，按下列公式求算：

某一生活型的百分率 = 该群落生活型的植物种数 / 该群落全部植物种数 × 100%

5、植物种群的年龄结构分析

植物种群的年龄结构分析，首先根据取样数据把同一种群分为不同的龄级，再根据不同龄级内的个体数与种群总个体数目相比而构成龄级比率，进而按龄级比率构成年龄金字塔。根据年龄金字塔结构，可以判别某一种群是增长种群还是稳定种群或衰退种群。种群的龄级划分，在森林群落中通常是以树木的立木级来表示的，即：I级，高度在 33cm 以下者；II级，高度在 33cm 以上，胸径不足 2.5cm 者；III级，胸径为 2.5~7.5cm 者；IV级，胸径为 7.5~22.5cm 者；V级，胸径在 22.5cm 以上者。

第四节 植被的分布规律调查

植被是覆盖在地球表面的植物群。植被的分布与自然环境条件有着密切的关系。地理环境条件的差异是导致不同植物群落类型及其分布的主要原因。任何地区所分布的不同植物群落，都是对该地区环境条件综合的反应，都是植物群落对该地区环境条件长期适应的历史产物。

陆地表面地带性植被类型的分布主要取决于气候条件。热量和水分以及两者的配合状况反映了气候的根本特征。在地球表面，热量随纬度位置的不同而不同，水分随距离海洋的远近而发生变化。水热组合一方面导致气候、土壤、植被的分布沿纬度方向（南北方向）成带状发生有规律的更替，称为纬度地带性；另一方面又导致气候、土壤、植被的分布沿经度方向（东西方向）成带状发生有规律的更替，称为植被分布的经度地带性，两者统称为植被分布的水平地带性。此外，随着山体海拔高度的增加，气候、土壤、植被发生有规律的更替，这是植被分布的垂直地带性。山地植被垂直带的组合排列和更替顺序形成的体系，称为植被垂直带谱。在高山上，植物群落不可能分布到任一海拔高度，随着海拔升高，群落结构越来越简单，种类减少，群落高度降低。森林群落分布的上限，称为树线。每一座高山只要山顶存在永久雪盖，就都有它的树线高度。树线以上，植物分布的上限往往和永久雪线（常年为冰雪所覆盖的界线）的高度一致。同一气候带内，由于距离海洋远近不同，而引起干旱程度不同，因此植被垂直带谱也不相同。有人将纬度地带性、经度地带性和垂直地带性并称为“三向地带性”，形成所谓的“三向地带性”学说。植被分布主要取决于气候和土壤，它是气候和土壤的综合反映，所以地球上气候带、土壤带和植被带是相互平行、彼此对应的。

能充分反映气候类型特征的植被类型，称为地带性植被又称显域植被。地带性植被在地球表面常呈带状分布，与气候带（型）的界线大致相符，如热带雨林、季雨林、稀树草原、常绿阔叶林、常绿硬叶林、落叶阔叶林、荒漠、草原、寒温带性针叶林、苔原等；与地带性植被相对应的概念是非地带性植被或隐域植被，是指受地下水、地表水、地貌部位或地表组成物质等非地带性因素影响而生长发育的植被类型，如草甸、沼泽、水生植被等。非地带性植被具有广布性特点，即某一非地带性植被类型可以出现在两个甚至两个以上的气候带，如草甸，从寒带至热带都能见到。

一、实验目的

通过实验和野外实习，使学生认识到地球上植被的分布规律及其成因，了解不同植被类型的环境特点、群落特征以及地理分布，进而了解环境和植被分布的相互关系。

二、材料与器材

样方绳或皮尺（50 m）、记录表格。

三、实验内容

本实验可结合植物地理学野外实习进行，实习地点应当尽量选择在环境逐渐变化的地区，相应地可以观察到植物由水生植物群落、湿生植物群落、中生植物群落等逐渐过渡的类型；在干旱大陆性气候地区还能看到旱生植物群落。选择随海拔升高（或沿某一环境梯度方向）植被类型发生比较明显更替的区域，如兴隆山、马衔山、松鸣岩等，引导学生观察自下而上的环境演变和植被类型的更替，观察不同坡向的地段植被分布的差异性，分析不同坡向植被变化的原因（光照和热量条件的差异会引起其他生态条件变化）。同时沿着不同的研究区纬度和经度的变化，观测水平地带性植被和植物的变化，理解气候要素对植物分布的影响。

根据实地观察资料，总结各种植被类型的分布与生态因子之间的相互关系。

第五节 野外土壤剖面观测

一、剖面的设置

(一)土壤剖面的种类：土壤剖面按来源分为自然剖面、人工剖面两类；按剖面的用途和特性，又可分为主要剖面、检查(或对照)、定界剖面三种。

1、自然剖面：由于人为活动而造成的土壤自然剖面，例如，兴修公路、铁路工程或房屋建设，矿产开采，兴修水利，平整土地和取土烧砖瓦，以及河流冲刷、塌方滑坡等自然过程所形成的自然断面，均可作为土壤自然剖面。

自然剖面一般比较深厚，可观察到各个发生土层和母质层，暴露范围比较宽广，自然界常可见到土层薄厚不等的各种土体构型的剖面，有利于选择典型剖面，比较不同类型土体构型的剖面特征，对分析研究土壤分类、土壤特性、土壤分布规律都比较有利。自然剖面的另一大优点是挖掘省工，只需对于表面旧土进行适当挖掘和修饰就可进行观测。自然剖面的缺点是暴露在空气中较久，受风吹日晒雨淋的影响，以及从土壤侧渗的作用，其剖面形态特征不同程度地发生了变化，有时不能代表当地土壤的真实情况，在此情况下它只能起参考作用，不宜作主要剖面。一些最新挖掘的自然剖面，在进行观测时，应稍加整修，以挖除表面的旧土，使其暴露出新鲜裂面即可。

2、人工剖面：这是根据土壤调查以绘制土壤图的实际需要，人工从地面挖掘而成的新鲜剖面，有的也叫土坑。

(1)主要剖面：为了全面研究土壤的发生学特征，从而确定土壤类型及其特性，而专门设置挖掘的土壤剖面。它应该是人工挖掘的新鲜剖面，从地表向下直接挖掘到母质层(或潜水面)出露为止。在土层特别深厚很难到达基岩或地下水时，一般至少挖掘 1.5—2.0 米深。

(2)检查剖面：也叫对照剖面，为了对照与核查主要剖面所观察到的土壤性质与特征足否有变异而设置。一方面可以丰富和补充修正主要剖面的不足，另一方面又可以帮助区分土壤类型。检查剖面应比主要剖面数目多而挖掘深度浅，其深度只需要挖掘到剖面的诊断土层为止，达到检查是否与主要剖面相同为目的即可。如果发现土壤剖面性状与主要剖面不同时，就应考虑另设主要剖面。

(3)定界剖面：是为了确定该类土壤分布的界线而设置的，要求能确定土壤类型即可。一般可用土钻或洛阳铲打孔观察，不必挖剖面坑，但数量比检查剖面还要多。

定界剖面只适用于大比例尺土壤图调查绘制中采用，中小比例尺土壤调查绘制

中使用很少。

本次实习是以识土壤剖面为主要目的，所以，只需要寻找或挖掘能反映该区自然成土要素的主要土壤剖面即可。只有在进行土壤调查、绘制区域土壤图时才需要设置检查剖面 and 定界剖面。

二、主要剖面的选点

正确设置主要剖面点，能提高土壤特性以及形态特征观察的准确度，有利于对土壤进行准确分类，从而提高土壤分类与土壤调查的质量；如果主要剖面点设置不当，则所观测到的资料没有代表性，对土壤分类、土壤特性就会做出片面甚至错误的判断，从而影响土壤类别确定和土壤调查的质量与水平。

主要剖面点的选定，原则上土壤主要剖面位置应设于具有代表性的地形部位，能够反映该区域的主要成土因素和成土过程。根据地势、植被、母质、以及水文等综合考虑，设置土壤剖面位置。在盐渍化地区应按小地形部位设置主要剖面；山区应按海拔高度、坡向、坡度、坡形、植被类型分别设置主要剖面；在农耕区应按不同的耕作方式分别设置主要剖面；农、林、牧交错地区，应按土地利用的不同方式分设剖面。如要研究某种特定条件对土壤的影响，应按具体条件分别设置主要剖面，如为查明土壤垦植演替规律，可在林地(或草地)、新垦地、久耕地分别设置主要剖面；研究灌溉等其他农业技术措施对土壤的影响时，可在灌区、非灌区或其它成土因素组合下，均应设置主要剖面。

主要剖面点的具体位置应避开公路、铁路、坟地、村镇、水利工程、池塘、取土壤、砖瓦窑等受人为干扰活动影响较大的特殊地段，使所设主要剖面点真正成为当地代表性、典型性的土壤剖面。选定好的土壤剖面点应当准确记载地点位置

三、土壤主要剖面的挖掘

挖掘主要剖面时，首先在已选好点的地面上画个长方形，其规格大小为长 2 米，宽 1 米，挖掘深度 2 米左右。但是不同地区的不同土壤，应有不同的规格。山地土壤土层较薄者(侏儒剖面)，只需要挖掘到母岩或母质层即可；对盐渍土挖掘到地下潜水位为限；对耕作土壤的主要剖面，规格可以小些，一般长 1.5 米、宽 0.8 米，深 1 米即可；对采集整段标本用者，土坑要求应按上述第 1 种规格挖掘。

挖掘土坑时应注意将观察面留在向阳面，以便观察土层的颜色等形态特征。山区留在山坡上方。观察面要垂直于地平面，观察面的对面挖掘成阶梯状，以供剖面观测者上下土坑用。挖掘的土应按照上下层次分别堆放在剖面两侧，而不应堆放在

观察面上方的地而上，以免影响土壤剖面层次度量与观察。同时不允许踩踏观察面上的地面，以免扰乱破坏土壤剖面土层的性态。

挖好后要用小刀修正观察面，消除的铲遗留痕迹影响土壤形态观察。剖面观察完以后必须将土壤剖面坑按照原来土壤层次顺序依次回填。

四、土壤剖面观测与描述

在野外通过土壤形态观察与分析，判断土壤基本性状。土体构型和形态描述情况介绍如下。

(一) 土壤名称

土壤名称分为“发生学名称”和“系统分类学名称”以及农民的俗名等，其中土壤的发生学名称和系统分类名称通过土壤剖面形态观察与分析，查阅国家土壤分类系统即土类或者亚类的名称为标准进行记载。

(二) 土壤层次

1. 剖面发生层次及构型的观测与划分

土壤发生层次及其排列组合特征(或剖面构型)，是长期而相对稳定的成土作用的产物。它是鉴别和划分土壤类型的重要形态特征之一。代表某土类或亚类成土条件、成土过程的土壤发生层次；可称之为该类型的诊断土层。

1) 土壤层次的记载

(1) 土壤层次名称：指发生学层次名称

(2) 土层符号：国际土壤学层次名称均用标准英文代号记载。

按照我国土壤层次符号系统命名，用来命名的土壤层的符号常有大写英文字母H、O、A、E、B、C和R只是主要发生学层次，严格讲C和R不属于“土壤发生层”，因为它们的特性不是由成土因素产生的。分别介绍如下。

H层：由于堆积在表面的有机质的累积而形成的或正在形成的有机质层，它是长期水分饱和的(除非人工排干)，相当于泥炭层。

O层：有机层：枯枝落叶和苔藓地被物或草本植物活体层次，有机物未遭到分解或分解程度很差，它是长期处于水分不饱和的(森林土壤的最表层)。基本土没有矿物质。

A层：腐殖质层：有机物彻底分解成灰黑色腐殖质，与矿物结合在一起，也有人叫腐殖质聚集层。特征黑色。矿物与有机物结合在一起。这一层几乎每个土壤都有，普遍存在。A1，A2，A3为亚表层分类。

E 层：淋溶层，淋溶作用形成的土层。

B 层：淀积层，在 A 层以下淀积着上层淋溶下来的粘粒、CaCO₃ 和铁、锰等物质，形成了独特的特征。

C 层：母质层

P 层：犁底层

G 层：潜育层

W 层：潜育层

AB 层：过渡层

R 层：坚硬岩石(基岩)

过渡层：这类土层集合了两个主要发生层的性质，它用两个大写字母联合表示。如 AE、EB、BE、BC、CB、AB、BA、AC 等，第一个字母表示过渡层与这个主要层次更相似一些。

混合层是由混杂在一起的成份组成的，但其每一组分能证明与哪一主要发生层是同一的。这个混合层可以用一斜线分开的两个大写字母表明(如 E / B、B / C)，第一个字母表示主要的发生层。表示主要的发生层。

字母词尾：

小写字母可以加在大写字母之后用来修饰主要的发生层的名称。词尾字母可以联合起来表示在同一发生层共同出现的性质。用来限定主要发生层的词尾有下面这些：

b 埋藏层(如 Btb)。

c 以结核形式的积聚，这个词尾通常与另一个表示结核物质性质的词尾联合使用(如 Bck、Ccs)。

g 反映氧化还原过程所形成的斑点斑块(锈纹锈斑)(如 Bg、Btg、Cg)

h 有机质在矿质层的累积(如 Ah、Bh)。对于 A 层，词尾 h 仅应用在没有由于耕作、放牧或其他人为活动所造成的扰动或混合的地方(词尾 h 和 p 互相排斥)。

k 碳酸钙的累积。

m 强烈胶结、固结、硬化。这个词尾通常与另外一个表示胶结物质的词尾联合使用。(如 Cmk 表示在 C 层内有一个石灰结盘层，Bms 则表示在 B 层的一个铁盘)。

n 钠的累积(如 Btn)

p 由耕作或其他耕作活动造成的扰动。

q 硅质累积(Cmq 表示在 C 层的硅化层)。

r 由于地下水影响的结果, 强烈的还原(如 Cr)。

s 三氧化物的累积(如 Bs)。

t 粘粒的淀积积聚(如 Bt)

w 通过粘粒含量、颜色、结构所反映的在原位的变化(如 Bw)。

x 脆盘的存在(如 Btx)。

y 石膏累积(如 Cy)

z 比石膏更易溶的盐分累积(如 Az 或 Ahz)

u 未特别指出的层次。这个词尾用在有关的 A 和 B 层未被上述那些小写字母词尾修饰, 但必须用数字词尾垂直再次划分的情况下(如 Aul、Au2; Bul、Bu2), 附加 u 到大写字母与数字之间, 避免了与 A1、A2; B1、B2 相混淆。因为 A1、A2; B1、B2 具有发生学的含义。

字母词尾可以用来描述在剖面内的诊断层和诊断特征。

如, 粘化的 B 层为 Bt, 碱化的 B 层为 Btn;

过渡的 B 层为 Bw. 灰化淀积的 B 层为 Bhs: Bh 或 Bs;

氧化的 B 层为 Bws; 钙积层为 k;

石灰结盘层为 mk; 石膏层为 y;

石膏结岳层为 my; 铁撤层为 ms;

铁铝翠纹层为 sq; 脆盘层为 x;

强烈还原的潜育层为 n 锈纹锈斑层为 g

数字词尾:

用以字母符号与数字联合表示该土壤层次的进一步细分的亚层次, 数字总是跟在所有的字母符号之后。数字词尾只能用在同样字母符号之后, 如 Bt1、Bt2、Bt3。在改变字母符号的情况下, 数字次序再重新排列(如 Bt1、Bt2、Btx1、Btx2), 但数字次序不被岩性的不连续所打断(如: Bt1-Bt2-2Bt3)。

数字前缀:

当有必要区分岩性的不连续性时, 阿拉伯数字应当写到有关的发生层名称前面。

如当 C 层和假定形成土壤的物质不同, 应当给这个土壤以下面这样的次序 A、B、2C。

在 C 层内有明显几层不同的物质, 应表示为 A、B、C、2C、3C。

6	栗	1+5	栗土及褐色土各层	褐色
7	棕	1+4+5	棕壤的 B 层	黄棕
8	灰棕	2+7	灰色森林土、棕壤及栗土冲积土表层	棕灰
9	暗棕	1+7	棕壤、黑钙土及生草灰化土表层	棕黑
10	青灰	Fe ⁺⁺ +3	沼泽土、草甸土、水稻土潜育层	灰绿灰色

由于土壤颜色是十分复杂而多样的，绝大多数呈复合色彩，其基本色调是红、黑、白 3 种，其复合关系可用土壤颜色三角图式来表示。

鉴别土壤颜色要分主、次色。如灰褐色表示褐色为主，灰色为次。并注明占优势的颜色和斑杂的颜色。土壤湿时色深，干时色浅；土壤质地较粗时颜色浅，土壤质地较细时颜色深；有结构的色深，粉碎后色浅；光线强弱反应的色也不一致，在观察时要注意这些问题，尽力做到标准统一。

（四）土壤湿度

记录观测时各层次土壤湿度情况，分为“干、稍润、润、潮、湿”等级别，观察土壤湿度对鉴别土壤颜色和结构有帮助，土壤湿度分 5 级记载，分别如下：

- 1) 干：土样放在手掌中，感觉不到有凉意，无湿润感，捏之则散成面，吹时有尘土扬起。
- 2) 稍润：土样放在手中有凉润感，但无湿印，吹气无尘土飞扬，手捏不成团，含水量约 8-12%。
- (3) 润：土样放在手中有明显湿润感觉，手捏成团，扔之散碎。
- 4) 潮：土样放在手中有明显湿痕，能捏成团，扔之不碎，手压无水流出。
- 5) 湿：土壤水分过饱和，手压能挤出水。

（五）土壤质地

野外鉴定土壤质地，一般用目视和手搓试法(feel method)确定，手搓试法是最简便方法。此方法虽然较粗放，但在野外条件下还是比较可行的。鉴定者经过长期磨练，也可达到基本鉴别质地类别的目的。在野外手搓试法分为干试法和湿试法两种，田间鉴别方法与标准参照下表。

搓试法判断土壤质地

质地名称	湿试法质地特征	干试法质地特征
砂土	不能成片	不成土块
砂壤土	勉强可成薄而极短的片状	轻压即碎
轻壤土	可成不超过 1 厘米的短片	相当于火柴棒力压断
中壤土	可成较长的薄片，片面平整，但无反光	较难压碎
重壤土	可成较长的薄片，片面平整，有弱的反光	很难压碎
粘土	可成较长的薄片，有强的反光	

(六) 土壤结构体

在自然条件下，土壤被手或其他取土工具轻触而自然散碎成的形状，即土壤的结构体。土壤结构主要是按形态和大小来划分。在野外常见的有：粒状、核状、棱柱状、片状、块状等。

在野外一定要按照发生层逐层描述土壤结构体类型和大小，注意结构的大小、形状、光泽、坚韧力、结持力、结构内外的颜色等。田间常见的土壤结构类型见下表。小于 0.5 毫米的微结构在野外条件下可以视为无结构。

常见土壤结构性状表

类别	结构特征	农业性状	备注
粒状	近圆形，表面较圆滑	良好	耕层和黑土层
团块状	较大、近圆形表面粗糙	良好	耕层和黑土层
核状	棱角明显、近方向表面，有光泽	坚实、扎不下根	淀积层
片状	水平分布如片	通透性差	白浆层、脱硅层
鳞片状	成片、但不呈水平	不良	犁底层
块状	近方形土块	易跑墒，难出苗	耕层结构破坏积碱化层
柱状	直立如柱，棱角不明显	极不良	碱土
棱柱状	直立如柱，棱角明显	极不良	碱土

结构体表面的胶膜(skins)是固体稳定性主要影响因素，需要在野外给予关注，要观察胶膜的物质类型、数量、厚度等。

常见土壤胶膜态物质有：

(1)纯粘土矿物(稀少); (2)粘土矿物与铁的氧化物、氢氧化物; (3)粘土矿物与有机质; (4)三氧化物; (5)锰的氧化物、氢氧化物; (6)可溶性盐(碳酸盐、氯化物、硫酸盐等); (7) 硅质。

胶膜的数量划分为:

(1)零星的(parchy): 在结构体表面上小的稀疏的胶膜斑点(或在孔隙里作为内衬(linings)等。

(2)断续的(broken): 胶膜包被了很多,但不是全部的结构体表面,或在多数孔隙但不是全部孔隙内排列等。

(3)连续的: 胶膜完全包被结构,完全排列在孔隙中。

胶膜的厚度划分为:

(1)薄的: 在胶膜内的细砂粒容易看见,在颗粒之间胶结力弱,厚度细微。

(2)中度厚的: 细砂粒被胶膜封闭起来,它们的轮廓不明显。

(3)厚的: 胶膜的表面是光滑的,未显示出细砂粒的轮廓,在较大的颗粒之间有强的胶结作用。

(七) 土壤紧实度

土壤紧实度也称为为结持性,它是土壤的重要物理性状指标。目前测紧实度的方法、名词、术语都尚不统一。有的用坚实度(松紧度),有的用硬度。紧实度指单位容积的土壤被压缩时所需要的压力,单位用 kg/cm^3 ; 硬度指土壤抵抗外压的阻力(抗压强度),单位用 kg/cm^2 表示。因此,紧实度应用特定仪器来测试。在没有仪器时,可用采土工具(剖面刀、取土铲等)测定土壤的松紧度。分“极松、松、稍紧实、紧实、极紧实”5级,和土壤的湿度有关系。其标准可概括如下:

1. 极紧实: 用锤打才可把刀插入土中几毫米。用土钻或土铲等工具很难楔入土体,加较大的力也难将其压缩,用力更大即行破碎。干结时结成坚硬的块状,很难用手弄碎,块状外表呈光滑面,质地为粘土,往往形成棱块状、柱状等结构,多出现土层中部,有时成硬盘层;湿时泥泞,可塑性强,泥团用力切割会留下光滑面,粘性强。

2. 紧实: 用手力可把刀插入土中几毫米,土钻或土铲不易压入土体,加较大力才能楔入,但不能楔入很深。干时也很紧实甚至坚硬,用手很难捏碎,加压力也难缩小其体积;湿时可塑性强,属粘土或粘壤质地。

3. 稍紧实: 用手力可把刀插入土中 2-3 厘米,用土钻、土铲或削土刀较易楔入

土体，但楔入深度仍不大。干时较紧，但不坚硬，可以手捏碎，并形成一定形态结构体，如团块结构。质地属壤土，湿时可塑性较差，用刀切割形不成光滑面，加压力会使体积缩小，但缩小程度不太大，用土钻取土能带出土壤。

4. 疏松：用不大的力即可把刀插入土中几厘米，土钻、削土刀很容易楔入深度大，易散碎，加压力土体缩小较显著，湿时也呈松散状态。若含大量腐殖质，则形成团粒结构，土体易散碎，缺乏可塑性，透水性强。

5. 极松：轻轻一压，土即散开。

（八）孔隙状况

描述土壤剖面孔隙时，必须对孔隙的大小、多少和分布特点，进行仔细地观察和评定。

1. 土壤孔隙的大小分级标准

(1)小孔隙：孔隙直径<1 毫米；(2)中孔隙：孔隙直径 1-2 毫米；(3)大孔隙：孔隙直径 2-3 毫米。

联合国粮农组织把土壤孔径大小划分为：

(1)微小的(micro)：<0.075mm；(2)非常细的(very fine)：0.075-1mm；(3)细的(fine)：1-2mm；(4)中等的(medium)：2-5mm；(5)粗的(Coarse)：>5mm。

2. 土壤孔隙的多少(孔度)，用孔隙间距的疏密或单位面积上孔隙的数量划分：

(1)少量孔隙(Few)：孔隙间距约 1.5—2 厘米，每平方厘米有 1-50 个孔隙，或 2.5 平方厘米面积上有 1—3 个孔隙。

(2)中量孔隙(common)：孔隙间距约 1 厘米左右，10 平方厘米面积上有 50-200 个孔隙，或 2.5 平方厘米内有 4-14 个孔隙。

(3)多量孔隙(many)：孔隙间距约 0.5 厘米，10 平方厘米内有 200 个以上的孔隙，或 2.5 平方厘米内有 14 个以上孔隙。

3. 土壤孔隙形状分为

(1)海绵状：直径 3-5 毫米。呈网纹状分布。

(2)穴管孔：直径 5-10 毫米，为动物活动或植物根系穿插而形成的孔洞。

(3)蜂窝状：孔径大于 10 毫米，系昆虫等动物活动造成的孔隙，网眼状分布。

4. 孔隙的连续级别划分

(1)连续的：单个孔隙延伸通过整个土层；(2)不连续的：单个孔隙仅在土层中部分延伸。

5. 孔隙的方向划分

(1)垂直的：大多数了孔隙是垂直方向的或近乎是垂直的。

(2)水平的：大多数孔隙与垂直方向成 45 度角的排列，或比较水平的，近乎对角线方向。

(3)没方向的：孔隙方向在空间各个方向上都有，很难分辨是垂直的还是水平的占主要地位。

6. 土壤的裂隙描述

在观察孔隙时，对土壤中裂隙也应加以描述。裂隙指结构体之间的裂缝，其大小可划分为：

(1)小裂缝：裂缝宽度<3mm，多见于结构体较小的土层中。

(2)中裂缝：裂缝宽 3-10 毫米，主要存在于柱状、棱柱状结构体的土层中。

(3)大裂缝：裂缝宽度>10 毫米，多见于柱状、棱柱状结构的土层内；寒冷地区的冰冻裂缝也大于 10 毫米。

研究土壤裂隙现代技术是否利用数码相机进行地面拍照，利用图形分析技术进行量化研究。

(九) 土壤石灰反应

石灰反应是测定土壤中碳酸盐的淋溶与淀积作用的特性。其原理是：用 1: 5(或 10%)的稀盐酸在土壤上滴数滴，根据滴加盐酸后所发生的泡沫反应强弱，判断碳酸钙含量的多少，土壤盐酸反应分为“无、弱、中、强、极强”5 级，详见下表。要记载泡沫反应的强弱，起止深度，在土层内分布的均匀程度等。

石灰反应（碳酸盐反应）表

碳酸盐含量 (%)	可听到	可见到	级别
<0.1	无	无	无
0.5	模糊极弱的声音	无	极弱
1.0	声音弱、不很清楚	刚刚见到极弱的起泡反映	弱
2.0	明显地听到声音	弱气泡反应	中
5.0	容易听到声响	易见到气泡反应，泡沫高达 3 毫米	强
10.0	容易听到声响	泡沫高达 7 毫米	极强

(十) 植物根系情况

植物根系：植物根系的种类、多少和在土层中的分布状况，对成土过程和土壤性质有重要作用，因此，在土壤剖面的形态描述中，需要观察描述植物根系。土层中植物根系情况分为根系多少、根系粗细两个方面，分别按照如下指标描述。

1、根系的量

有人把根系量分为“极少、少量、多、很多等4级”。

(1)很多 土层内根密集成网状，交织得很紧

(2)多 根很多，但不成根的交织

(3)少 土层内只有较少的根

(4)极少 土层内有个别的留根

也有在对土壤中植物根系的观察和描述时，将根系的多少分为三级描述：

(1)少根：土层内有少量根系，每平方厘米有1—2条根系

(2)中量根：土层内有较多根系，每平方厘米有5条以上根系。

(3)多量根：土层内根系交织密布，每平方厘米根系在10条以上。若某土层无根系，也应记载。

2、根的粗细

根的粗细共分为4级，中国土壤科学和联合国粮农组织对于根系粗细的描述有一定区别，分别列于下表中，供在野外描述根系时参考。

根系粗细分级标准

等级	中国土壤学分类		联合国粮农组织分类	
	根系粗细	直径	根系粗细	直径
(1)	极粗	大于10毫米	粗根	>5毫米，如木本植物的粗根
(2)	粗	3-10毫米	中根	直径2-5毫米，如木本植物的细根
(3)	细	0.6-3毫米	细根	直径1-2毫米，如禾本科植物的须根
(4)	极细	小于0.6毫米	非常细根	直径小于1毫米，如禾本科植物的毛根

记载时注意分辨根的性质(禾本科、肉质、纤维、根茎)，根的形状(自由生长的、扭曲的)、死根和活根、老根和幼根，根的强弱等。

(十一) 层次过渡情况

土壤层次之间过渡特征也是土壤重要特性之一，也成为土壤分类的主要依据之一。在野外需要给与关注。层次过渡情况描述分别根据边界的宽度和边界的起伏状况进行。

1、边界的宽度

边界的宽度有人分为“极明显，明显和逐渐过渡”3种，而联合国粮农组织的标准分为4级，详见下表。

层次过渡处边界的宽度表述标准

边界的宽度描述语言	标准
突然的(abrupt)	边界<2cm
清楚的(clear)	边界2-5cm
逐渐的(gradual)	边界5-12cm
扩散开的(diffuse)	边界>12cm

2、边界的起伏情况

土壤层次的过渡边界根据形状有水平、整齐、弯曲、舌状、楔状、波浪状等描述术语。

(十二) 土壤 pH

速测土壤的酸碱度多用比色法，当以指示剂作用于土壤时，与土壤中的氢离子反应，而呈现山各种颜色，可与标准比色卡进行比色。用酸碱混合指示剂进行判断，以标准色卡作为对照得知土壤的 pH 值。在田间测定方法可用混合指示剂比色法，或用 pH 值广泛试纸速测法。即用蒸馏水浸提土壤溶液，滴加 pH 混合指示剂(或用 pH 广泛试纸蘸取浸提液)，然后用标准颜色比色以确定其 pH 值的大小，从而判断该土是酸性、微酸性、中性、微碱性、碱性。

另外还有人提出的测定方法，取土样少许(0.2 克)放于比色瓷板中(野外工时可用中性蜡纸)，滴加 3—5 滴 pH4-8 的混合指示剂(碱性土壤可用 pH7-9 的混合指示剂)，使土样被浸透并稍有余液，摇动半分钟，即可与标准色卡进行比色，读 pH 数值。

(十三) 土壤新生体

新生体不是成土母质中的原有物质，而是在土壤形成与发育过程中重新产生的物质，它也是土壤在形成过程中物质在剖面上产生分化的证据。因土壤形成因素和成土过程不同，新生体的种类、形态特征和化学成分具有很大差异。描述土壤剖面新生体时，要指明它在哪个层次、是什么化学物质、存在的形态、数量以及分布状态及颜色等特征信息。

新生体意义在于用于判断土壤基本类型、推测土壤的起源和发育的历史，分析成土环境等。土壤中比较常见的新生体有石灰结核、石灰假菌丝体、石灰霜、盐霜、盐晶体、盐结皮；铁锰硬磐、粘土硬磐等。形态有粉末、微屑、斑点、小片、薄膜、薄层、假菌丝、脉络、管状、条状、花纹、舌状等。新生体的化学成分主要有易溶盐类、碳酸盐、铁锰质化合物、硅酸盐、石膏、腐殖质、来源于生物体的新生体有蚯蚓和虫蛹的粪便、蚂蚁拽出的土块、被土填实的动物穴、根洞等。

现将常见土壤新生体描述如下：

1、碳酸盐类：有“假菌丝、假菌膜、石灰结核”、砂姜、钙磐等。在旱地石灰性土壤中常见。

2、盐分：盐霜、盐结皮(<2cm)、盐结壳(≥2cm)，是盐渍化土壤中的新生体。

3、石膏类：石膏层、石膏晶簇、石膏磐等。是干旱地区土壤中的新生体。

4、铁锰化合物：它们有“锈纹、锈斑，胶膜、铁锰结核等。是水成土壤(潮土、水稻土)中常见新生体。

1) 锈纹锈斑的多少描述如下：

①几乎没有：锈纹锈斑占暴露面<2%；②一般：锈纹锈斑占暴露面 2-20%；③许多：锈纹锈斑占暴露面>20%。

2) 锈纹锈斑的大小(单个锈纹锈斑的大致直径)

①细：锈纹锈斑的最大边长<5mm；②中等：锈纹锈斑的最大边长 5-15mm；③粗：锈纹锈斑的最大边长>15mm。

3) 锈纹锈斑鲜明度描述

模糊：锈纹锈斑仅在仔细地靠近检查时，才能辨认出来，土壤基质和锈纹锈的色调(hue)和色度(chroma)十分相近。

清楚：虽然不是十分明显，但锈纹锈斑容易被看见。土壤基质的色调、明度、彩度、容易与锈纹锈斑的色调、明度、彩度分开。他们的差异、色调可达1—2个单位，明度或彩度可达数个单位。分布形式为一种锈纹锈斑分布在连续的基质中，或有两种或多种颜色的混合分布。

非常显著：锈纹锈斑是非常明显的，锈纹锈斑和彩度可能查几个单位，分布形式可能是基质与锈纹锈斑的连续型之一，或两种甚至于多种颜色的混合型之一。

土壤新生体既要记载类型，还要记载量。

5、动物填充物：土壤剖面层次中，往往有土壤动物活动形成的洞穴和填充物，

它反映土壤形成特性，尤其是土壤松紧度和有机质含量状况，因而动物活动状态在一定意义上反映土壤肥力状况。例如，蚯蚓活动频繁的土壤，有机质蚯蚓类含量、土壤孔隙数量较多，土壤肥力也较高；草原土壤中，多啮齿类动物的洞穴和填充物。描述土壤动物时，应记述动物的种类、多少、活动情况，以及动物在土层中的分布、动物洞穴、动物填充物特征等。

（十四）土壤侵入体

侵入体是由外力或人为活动加入到土壤中的物体。它从发生学上讲与现代成土过程无关，有时继承了母质属性。侵入体可以帮助弄清楚成土的条件和环境、特别是人为活动的历史见证。

常见的侵入体有岩石碎片、软体动物的贝壳、根和茎的残体、动物生命活动的遗骸(洞穴)和人类发生学方面的侵入体(骨骼、陶瓷器皿片、砖、砖瓦碎片、炭屑、灰烬、煤渣、石器、钱币以及其它器皿等)。

观察侵入体首先要辨别是人类活动加入土体的物质，还是土壤侵蚀再搬运沉积的物质。由于其来源的不同，可说明土壤形成发育经历过程的差异。对侵入体的观察和描述，不但要弄清是什么物质、数量多少、个体大小、分布特点，而且应探讨其成因，这样作有助于对成土过程的深入了解。

（十五）母质类型

自然界成土母质类型繁多，存在的形式、物理性状、化学组成差异甚大，对土壤的形成、理化性状和肥力特征的影响也都不一样。

在描述母质对土壤形成的作用之前，必须首先了解母质类型的划分。地球陆地表面的成土母质可分为残积、运积母质两大类，对于运积母质，还要依据动力因素细分(见下表)。野外对于土壤母质的确定要依据地形和地质条件进行判断。土壤母质往往是几种类型的混合体。

土壤母质成因类型

土壤母质类型	残积类型	残积母质			el
	运积类型	水成	流水沉积	冲积母质	al
坡积母质				dl	
洪积母质				pl	
湖积母质			l		
海积母质			m		
风成		黄土母质	col		
		砂丘			
冰川成因		冰碛母质	gl		
地心引力成因		重力堆积母质	gl		

(十六) 土壤肥力判断

- 1、看土壤颜色。肥土土色较深，瘦土土色较淡。
- 2、看土层深浅。肥土土层一般都大于 21 厘米；瘦土较浅。
- 3、看土壤适耕性。肥土土质疏松，易于耕作；瘦土土质粘犁，耕作费力。
- 4、看土壤淀浆性。肥土不易淀浆；瘦土极易淀浆，板结。
- 5、看土壤裂纹。肥土裂纹多内小；瘦土裂纹少而大。
- 6、看土壤保水能力。肥土水分下渗慢，灌一次水可保持 6-7 天；瘦土不易下渗或沿裂纹很快下渗。
- 7、看田水水质。水滑腻、粘脚，日晒或脚踩时冒大气泡的为肥土；水质清淡无色，不起气泡，或气泡小而易散的为瘦土。
- 8、看夜潮现象。有夜潮、干了又湿，不易晒干晒硬的为肥土；无夜潮现象，土质板结硬化的为瘦土。
- 9、看保肥供肥能力。供肥力强，供肥足而长久，或潜在的肥力大的土壤为肥土，保肥供肥力弱的为瘦土。
- 10、看指示植物。生长红头酱、鹅毛草、芥菜、黄梅菜、蟋蟀草等的土壤为肥土；生长年毛草、鸭舌草、野荸荠、三棱草、青葫苔、茅草、野兰花、野胡葱和老鸦蒜等土壤为瘦土。
- 11、看指示动物。有田螺、泥鳅、蚯蚓、大蚂蝗等的为肥土；有小蚂蝗、大蚂蚁等的为瘦土。

二、实验目的

在野外通过不同生态环境条件下典型土壤剖面的观察与分析，使同学们学会从成土因素、成土过程到土壤剖面特征描述进行综合分析思考，真正地领会土壤是一个独立的历史自然体这个科学论断的丰富内涵。学会土壤剖面的挖掘、整修、观察和描述的内容与方法，掌握土壤野外调查与研究的相关技术；学会从土壤的外在形态特征分析和推断土壤基本属性，加深理解土壤与环境的基本关系，真正懂得土壤既是环境因素长期共同作用的产物，又是左右环境质量的主要因素。

三、材料与器材

采土工具和用品：如土钻、铁铲、尺、小刀、榔头，取土用塑料袋、纸盒和标签纸，铅笔、橡皮、记录本；土壤野外测速器，如比色卡、野外用硬度仪、酸度仪等。

四、实验内容

本实验可结合植物地理学野外实习进行，通过对兴隆山、刘家峡地区土壤类型与成土环境的考察，开展对典型土壤类型的剖面观察和分析，主要包括：土体构型、土壤层次及深度、湿度、颜色、质地、结构类型、坚实度、石灰反应、根系量、母质类型、障碍因素等形态观察与描述。巩固课堂所学理论知识，理解并掌握气候、生物、母质、地形和时间等成土因素和主要成土过程对土壤形成和剖面特征的影响。

根据实地观察资料，总结典型土壤剖面的形态特征、成土因素和主要成土过程的相互关系。

第六节 土壤类型的分布规律

我国的土壤类型繁多，但它的分布并非杂乱无章，而是随着自然条件的变化作相应的变化，各占有一定的空间。土壤类型在空间的组合情况，呈有规律的变化，这便是土壤分布规律。它具有多种表现形式，一般归纳为水平地带性、垂直地带性和地域性等分布规律。

1、土壤的水平地带性分布

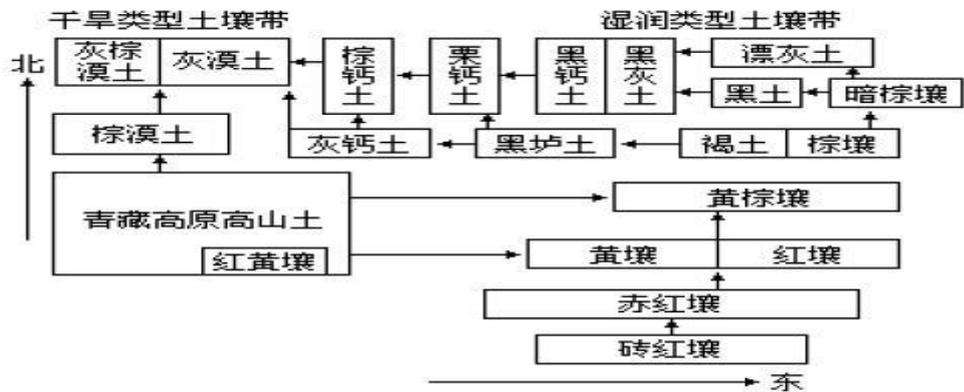
中国土壤的水平地带性分布，在东部湿润、半湿润区域，表现为自南向北随气温带而变化的规律，热带为砖红壤，南亚热带为赤红壤，中亚热带为红壤和黄壤，北亚热带为黄棕壤，暖温带为棕壤和褐土，温带为暗棕壤，寒温带为漂灰土，其分布与纬度基本一致，故又称纬度水平地带性。在北部干旱、半干旱区域，表现为随干燥度而变化的规律，东北的东部干燥度小于1，新疆的干燥度大于4，自东向西依次为暗棕壤、黑土、灰色森林土（灰黑土）、黑钙土、栗钙土、棕钙土、灰漠土、灰棕漠土，其分布与经度基本一致，故这种变化主要与距离海洋的远近有关。距离海洋愈远，受潮湿季风的影响愈小，气候愈干旱；距离海洋愈近，受潮湿季风的影响愈大，气候愈湿润。由于气候条件不同，生物因素的特点也不同，对土壤的形成和分布，必然带来重大的影响。

2、土壤的垂直地带性分布

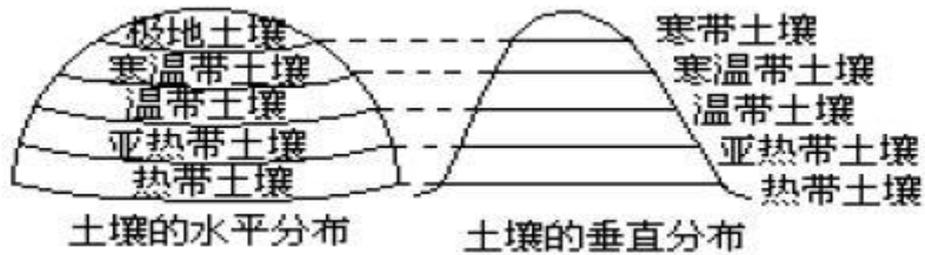
中国的土壤由南到北、由东向西虽然具有水平地带性分布规律，但北方的土壤类型在南方山地却往往也会出现。这是什么原因呢？大家知道，随着海拔增高，山地气温就会不断降低，一般每升高100米，气温要降低 0.6°C ；自然植被随之变化，因而土壤化。土壤随海拔高度增加而变化的规律，叫土壤的垂直地带性分布规律。由图可以看出，土壤由低到高的垂直分布规律，与由南到北的纬度水平地带分布规律是近似的。

土壤的垂直分布是在不同的水平地带开始的，所以，各个水平地带各有不同的土壤垂直带谱。这种垂直带谱，在低纬度的热带，较高纬度的寒带更为复杂，而且同类土壤的分布，自热带至寒带逐渐降低，从图中便可一目了然。山体的高度和相对高差，对土壤垂直带谱有影响。山体愈高，相对高差愈大，土壤垂直带谱愈完整。例如，喜马拉雅山具有最完整的土壤垂直带谱，由山麓的红黄壤起，经过黄棕壤、山地酸性棕壤、山地漂灰土、亚高山草甸土、高山草甸土、高山寒漠土，直至雪线，

为世界所罕见。



土壤的水平地带性分布



土壤的垂直地带性分布

3、土壤的地域分布

前面讲的土壤水平地带性分布和垂直地带性分布，都是明显地为生物气候条件所制约。而在同一生物气候带内，由于地形、水文、成土母质条件不同以及人为耕作的突出影响，除了地带性土类外，往往还有非地带性土类分布，而且有规律地组合，这便是土壤的地域分布。

4、耕作土壤分布的几种形式

耕作土壤受人为因素的影响最深刻，反映在土壤分布上有下列几种形式：

(1)同心圆式分布。耕作土壤的肥力与距村庄和城镇的远近有关系，一般以村庄或城镇为中心，距离中心越近越肥，越远越瘦，形状好像同心圆。这种分布形式叫做同心圆式分布。同心圆的大小与村庄城镇的大小成正相关，村前的半圆略大于村后的半圆。耕作土壤同心圆式分布特点的形成，主要是近田施肥较多，耕作比较精细，故熟化程度较高，因此多高肥类型土壤；而远田则相反。目前，有些村庄为了均衡增产，正在改变远田少施肥的状况，从而在一定程度上改变了这种同心圆的分布特点。

(2)阶梯式分布。山岭和丘陵有一定坡度，水土易于流失，垦殖时，一般都修筑梯田，以保持水土。梯田是阶梯式耕地的统称，可分为水平梯田（简称梯田）和非水平梯田（也称梯地）。修筑水平梯田较修筑梯地费工，但保持水土的作用更大。中国劳动人民修筑梯田已有几千年历史。南方红壤和黄壤山区，到处可以见到层层梯田，有的梯田宽仅数米，而长达数十米甚至百米，也有的梯田小到几十块田才有一亩。耕作土壤的阶梯式分布，表现在土壤肥力上一般是低处比高处肥沃。这是由于在串灌情况下，灌溉水和雨水从高处流往低处，将高田的一部分养分和粘粒带到低田的缘故。为此，必须采取改串灌为沟灌、高田适当多施肥料等措施。



耕作土壤肥力同心圆式分布

(3)棋盘式分布。平原地区的耕作土壤在小农经济时期分布比较零乱，但通过大搞农田基本建设，统一规划，平整土地，出现了棋盘式的分布。棋盘式分布的特点是，河流道路和排灌沟渠统一规划，沟、渠、路、林配套，耕地成方，地面平整，肥力比较均匀。沟洼填平以后，能提高土地利用率。

此外，耕作土壤还有通过挖低垫高形成的“框式”、“垛式”等分布形式。各种不同的分布形式，是在不同的耕作影响下形成的。随着社会主义大农业的迅速发展，耕作土壤的分布形式也在不断变化和发展。

一、实验目的

在野外通过不同生态环境条件下典型土壤剖面的观察与分析，使同学们学会从成土因素、成土过程到土壤剖面特征描述进行综合分析 with 思考，真正地领会土壤是一个独立的历史自然体这个科学论断的丰富内涵。学会土壤剖面的挖掘、整修、观察和描述的内容与方法，掌握土壤野外调查与研究的相关技术；学会从土壤的外在形态特征分析和推断土壤基本属性，加深理解土壤与环境的基本关系，真正懂得土

壤既是环境因素长期共同作用的产物，又是左右环境质量的主要因素。

二、材料与器材

采土工具和用品：如土钻、铁铲、尺、小刀、榔头，取土用塑料袋、纸盒和标签纸、铅笔、橡皮、记录本；土壤野外测速器，如比色卡、野外用硬度仪、酸度仪等。

三、实验内容

本实验可结合植物地理学野外实习进行，选择随海拔升高（或沿某一环境梯度方向）植被、土壤类型发生比较明显更替的区域，如兴隆山、松鸣岩等，引导学生观察自下而上的海拔、气温、降水、地形、坡度、人为因素等演变特征和土壤类型的变化和分布特征。学会综合分析土壤成土条件、成土过程和土壤类型之间的相互关系。同时，沿着不同研究区的纬度和经度变化，观测土壤性状和类型的水平地带性分布的变化，理解成土因素、成土过程对土壤分布的影响。

第四章 野外土壤与植物地理实习路线

一、实习路线图



二、具体实习路线

路线一：安宁—兴隆山

路线二：安宁—太极湿地

路线三：安宁—马衔山

路线四：安宁—松鸣岩

第五章 实习报告编写

实习最后，每位同学应提交一份实习报告，将本次实习情况及本人在实习中的收获全面、准确地用文字表述出来。实习报告的编写方式、内容如下：

一、实习概况

实习时间、参加人员及组织情况；
实习目的、实习主要过程和实习内容；
实习区及地质、地理概况；
内容包括。

二、实习报告正文部分

在野外记录了大量的实习资料，系统整理后，可分专题撰写。每个专题中又有不同实习内容和要求，编写过程中注意和强调应有的现象描述、成因分析、变化规律等。例如撰写植物群落数量特征的调查及分析实验报告，实验报告的内容主要包括：被调查群落所在地的利用状况、生境状况和利用状况；植物群落的种类组成，通过重要值分析排序，列出建群种和优势种；群落的生活型组成、垂直结构和时间结构（建群种、优势种的物候期和群落季相）；群落的物种多样性特征；群落建群种的年龄结构特征；并对结果进行分析讨论，对群落做出合理的评价，并提出建议。

三、实习后的感想

可以谈谈实习的收获、自己的感想、存在的问题，或者对某野外实习中观察到的地质内容例如资源、环境等谈谈自己的看法。也可以对实习中存在的问题提出自己的意见。

实习报告要求立意明确，资料详实，思路清晰，文理通顺，自己认为有必要时也可附些图件说明问题。编写实习报告是每一个人的综合能力、分析能力和文字表达能力的具体表现，而这些能力是地理学科的学习中必不可少的。每个同学都应认真对待。

编写报告材料来源主要来自野外记录，可以参考有关的教材和书籍，可以互相讨论，但不能相互抄袭。报告字数不少于 4000 字。

本次实习成绩的评定主要根据每个人三方面的表现：

- 1、野外实习中的表现；
- 2、野外原始记录；

3、实习报告。

实习结束后，每个人应提交的作业是：野外记录本和实习报告。

安全须知：

- 1、实习人数较多，人身安全需谨慎。
- 2、服从带队老师的安排，注意听老师讲解。
- 3、团队合作，不得擅自离队。