

草地退化防治学实验指导

主编：王明君

东北农业大学

二〇一五年十二月

主编：王明君（东北农业大学）

参编：李海贤（东北农业大学）

李景欣（东北农业大学）

胡国富（东北农业大学）

殷秀杰（东北农业大学）

秦立刚（东北农业大学）

张 攀（东北农业大学）

审稿：崔国文（东北农业大学）

内 容 简 介

本实验指导的内容安排是根据《退化草地治理与荒漠化防治》课程而定的，该课程是草业科学专业的必修课程，主要讲述的是有关草地退化防治的基础实验内容。

本实验指导的内容主要包括：草地退化的判断方法、草地植被和土壤退化的基本测定方法、草地土壤稳定性的测定方法、凋落物持水能力测定、抗旱、抗盐碱的植物识别、形态特征观察及抗性实验、草地退化监测及 3S 制图等内容。通过实验增强对草地退化的认识，并通过专业技术判断草地退化的程度、了解荒漠化草地、盐碱化草地上的主要植物及其适应特性，以及土壤沙化、盐碱化过程及特征。学习草地退化分布图的制作方法，以及草地动态监测技术。合理利用草地资源、保护草地生态系统，使草地发挥更大的生态服务价值。

前 言

我国草地资源面积巨大，有近 4 亿 hm^2 的草原。草地生态系统与其他各个生态系统都息息相关，共同发挥着巨大的生态系统服务价值。由于自然和人为的原因，草地大面积退化，草地的生态系统服务将逐渐丧失，甚至转化为巨大的环境危害，如荒漠化的草地更容易发生沙尘暴等自然灾害天气。因此，充分了解草地退化的原因，及时判断草地退化的状况和趋势，有效防治草地退化是十分重要的任务。

草地退化防治学实验指导，侧重草地退化的判断和基本特征识别，沙生、旱生、盐生草地植物的识别和抗性实验，退化草地土壤环境的测定等方面。结合了草地学、荒漠化防治学、水土保持学的内容，同时，还注重草地退化监测及 3S 制图的内容，使学生从微观至宏观尺度范围内了解和分析草地退化。最后，感谢崔国文教授对本实验指导的审阅。

由于编写时间仓促，加之编者学识水平有限，本书一定会有不足之处，希望老师和同学提出批评指正。

编 者

2015 年 12 月 10

目 录

- 实验一、草地退化及退化等级的判断
- 实验二、草地土壤水分测定及样品处理
- 实验三、草地土壤比重、容重、孔隙度及颗粒组成的测定
- 实验四、草地凋落物吸水力测定
- 实验五、草地土壤渗透性测定
- 实验六、草地土壤抗蚀性测定
- 实验七、退化草地沙物质粒度测定与分析
- 实验八、草地沙生、旱生植物识别及形态特征观察
- 实验九、草地植物抗旱性测定
- 实验十、盐碱化草地土壤盐分测定
- 实验十一、草地盐生植物识别、形态特征观察
- 实验十二、草地植物耐盐性测定
- 实验十三、退化草地测定及草地退化图的制备
- 实验十四、草地退化的监测

实验一 草地退化及退化等级的判断

一、实验目的

如何准确的判断草地是否退化，是草学学生所必须掌握的关键专业技能。草地面积巨大，所处的环境也差异很大，因此，草地分为诸多类型，如果看到荒漠草原就认为是退化草原那显然是不正确的。同时，草地退化往往和草地演替相关，如果没有专业的知识作为指导，很容易将正常的草地演替过程中的某一环节当成了草地退化，因此，通过本实验内容，学生需要掌握草地退化的判断方法和掌握关键知识要点。

二、实验仪器设备

样方、剪刀（适用于手工剪草）、钢卷尺（3m、50m）、电子天平（0.01g）、布口袋（30cm×40cm）、标签、记录表。

三、实验内容与方法

（一）草地演替法判断草地退化

1、实验原理

草地退化最为明显的就是草地植被的退化，而判断草地植被是否退化，可分析草地植被的组成结构变化。根据植被的变化判断草地逆行演替的趋势，如草地荒漠化是一个非常复杂的退化衰变过程，从理论上来看，荒漠化过程的植被演替与退化演替一样，是一种典型的逆行演替过程。草地荒漠化过程中的植被退化演替，首先表现为植被的生物多样性、高度、盖度、生物量下降，地面出现小的裸斑，继而多年生草本植物种类减少，家畜不喜食的一年生植物种占优势或灌木、半灌木种类占优势，群落趋于简单稀疏，地面裸斑扩大增多到连续成片，严重时，成为流动沙丘。

如草甸草原的荒漠化（退化）演替过程总体上来看，变化的趋势是高大禾草杂类草阶段→丛生禾草阶段→沙生或盐生植物阶段→荒漠化裸地。

草地退化演替过程会导致草地植物组成的变化，优势种会发生更替，耐旱、耐牧、耐盐碱、低劣的植物逐渐占据优势，直至系统崩溃。因此，根据草地植被的优势种变化，可初步判断草地所处的退化演替阶段。

2、测定内容

A. 盖度的测定

盖度测定采用投影盖度目测法来测定，目测法是直接在样方内目视估测盖度，一般要求多次测定的结果误差不能超过 5%，盖度的单位采用百分数。

B. 多度的测定

多度的测定方法采用个数统计来确定，但要注意以丛生的统计多度时按丛数计算。

C. 高度的测定

测定植物种叶层的自然高度，叶层高度是— 6 — | 指草丛叶层集中分布部位的一般高度。

D. 频度的测定

采用样方来测定，统计某一植物种在草地中出现的次数。频度测定样方重复次数不少于 20 次。

E. 草地生产力及现存量的测定

以草本为主的草地应用其地面刈割测定其干重。

表 1-1 草地退化等级及判断标准

指标	草地退化等级				
	轻度退化	明显退化	严重退化	极度退化	彻底破坏
草地植物组成及功能	草层生物量减少，结构基本正常，牧草生长欠均匀，盖度下降，可见畜蹄践踏痕迹。	草层的优良牧草减少，植物成分出现变化，畜蹄践踏痕迹明显。	草层的优良牧草显著减少，植物成分变化明显，有网状畜蹄践踏痕迹。	草层结构根本改变，优良牧草稀见，有毒、有害植物大增。	原来的植物生产系统崩溃。
土壤的稳定性	局部土壤有机质有所减少趋势，有水土流失现象，固定、半固定沙丘局部遭破坏，沙斑、盐斑、片状侵蚀出现。	土壤有机质普遍减少，水土流失较严重，固定、半固定沙丘普遍破坏，沙斑、盐斑、细沟侵蚀普遍发生。	土壤有机质明显减少，水土流失严重，沙化、盐渍化、片状剥蚀、沟状侵蚀普遍发生。	土壤有机质极度减少，沙化、盐渍化严重，片状剥蚀、沟状侵蚀普遍而严重，有些地方侵蚀很深或达到母质。	土壤系统崩溃。
草地动物采食及生长繁殖情况	动物在草地上均匀采食，放牧时间延长，生态位重叠较重，营养与饱满感满足，生长、繁殖正常。	草地上的优良牧草采食过度，放牧时间延长，游走距离增加，卧息与反刍时间缩短，体重波动约为 15% 左右，繁殖正常。	草地的常见牧草不足家畜采食，导致扩大采食范围，生态位严重重叠，营养与饱满感难以满足，体重波动在 20% 左右，繁殖率下降，低劣动物种群增加。	动物采食范围扩展很大，生态位严重重叠，奔走竟日难得一饱，营养严重不足，体重波动达 25%-30%，补偿生长也难以恢复到正常体重标准，繁殖生理失常，繁殖率严重下降或失去繁殖能力，发生种群更替。	家养和野生动物不能生存，死亡或迁移。

注：引自许鹏主编《草地调查规划学》，2000

3、测定方法

根据以上测定内容，计算草地植物的重要值，并得出优势种。再根据优势种来判断草地植被的退化（逆行演替）阶段。

重要值的计算公式：

$$\text{重要值}(\%) = (\text{相对盖度} + \text{相对频度} + \text{相对密度}) / 3 \times 100\%$$

式中，相对盖度为某一植物种的盖度/所有植物种盖度之和×100%；相对密度为某一植物种的个体数/全部植物种的个体数×100%；相对频度为某一植物种的频度/所有植物种的频度之和×100%

（二）综合指标法判断草地退化

综合指标判断法适用于由于过度放牧引起的草地退化。草地作为一个完整的生态系统，草地退化也不仅仅表现在草地植被上，草地土壤和草地动物也会随草地状况而发生变化。综合指标法就是根据草地植物组成及功能、土壤的稳定性、草地动物采食及生长繁殖情况等综合指标来判断草地的退化等级。具体方法如表 1-1 所示。

（三）草地健康评价法判断草地退化

1、草地健康阈值判断法

该草地健康评价方法是將草地分为健康、警戒和不健康三个部分，根据表 1-2 中的土壤、营养和能流分配、恢复机制三个指标来判断草地的健康状况，如果处于不健康状况则草地处于退化阶段。

表 1-2 草地健康阈值评价指标

阶段	健康	警戒	不健康
土壤	土壤无明显移动；有机质含量稳定或略有增长	土壤移动但留在本区；土壤有机质呈减少趋势	土壤流出本区；有机质明显减少
营 养	新鲜植物体和凋落物均匀分布；光合作用在整个生长季进行；根据分布于整个可利用土层	新鲜植物体和凋落物开始均匀分布；光合作用局限于生长季的一部分；某些可利用土层内无根的分佈	新鲜植物体和凋落物不均匀分布，凋落物之间出现大量裸地；光合作用局限于生长季更少的一部分；根更加局限于一部分土壤
和 能 流 分 配	植物年龄充分多样性；植物活力充分，发芽，小生境广泛分布	幼苗和幼年植物缺乏；植物活力不足，发芽小生境减少	入侵的临时植物占优势，罕见幼苗和幼苗植物；土壤移动或结皮阻碍大部分发芽
恢 复 机制			

2、草地生态系统健康定性评价法

草地生态系统健康的定性评价方法可分为 6 个步骤、17 个指标，主要以定性标准为主，目测经验指标较多，数量指标少，准确性差，但较为实用。

具体评价步骤为：

（1）确定评价区域、核实土壤和草地地境。

①描述评估地点：记录样地位置、基本特征。评估地点必须足够大，以包含各种生态样地的自然变异。评估者应确定样地的边界，并熟悉该地点的植物、表层土壤特征以及样地的变异性。同时，记载地形、边界、邻近的道路、饮水点、河沟、木材收获以及其他影响样地内变化的各种干扰。尽可能收集对照区的照片、幻灯等图象资料。

②土壤鉴定和生态样地核实：准确鉴定土壤种类，详细记录土壤剖面特征，确定各个土层土壤质地和深度。在此基础上，绘制出评价区域的土壤图。

（2）调查获得该草地地境的参照区域的各项指标。草地地境的参照区域是一个景观单元，在这一景观单元上各种生态学过程在正常变化范围内发挥作用，而且植物群落对干扰有一定的抵抗力和弹性。应获取的资料包括盖度、物种优势度、植物功能群，并记载火烧等情况。

①覆盖度：包括投影盖度，根据生活型估计，如禾草、杂类草、灌木、树木、肉质植物、生物地被物；基盖度：包括裸地、凋落物、立枯，岩石/砾石，生物等地被物；生物地被物包括地衣、苔藓、藻类等。

②物种优势度：根据产量和盖度来确定物种的优势度。③植物功能群：根据植物的生态生物学特性，将植物划分为不同的功能群群，如固氮、深根或浅根植物、暖季型或冷季型植物、当地种还是侵入种等。

（3）某一草地地境的参照区域指标特征修订。最理想的状况是同一个草地地境有一套一致的指标特性，但实际上能够找到的参照样地并不都是原始的植物群落（顶极植物群落），因此，需要根据情况对参照区域的这个地境的各项指标特征进行修正。

（4）实地调查。野外通过实地测定，确定样地的各项指标，主要包括盖度、物种优势度、功能群群的测定等。

(5) 草地生态系统健康评价的具体指标及其描述。

(6) 最后将所有指标进行评定，在得分表内得出相应的评价得分，根据三类指标（土壤和地境的稳定性、水文功能、生物的完整性）。

草地生态系统健康评价的指标有如下 17 个：(1) 小溪、(2) 水流模式、(3) 固着物与阶地、(4) 裸地、(5) 小沟、(6) 风蚀或沉积面积、(7) 凋落物运动、(8) 土壤表面对侵蚀的抵抗力、(9) 土表的流失或退化、(10) 植物群落组成和相对于土壤入渗和径流的分布、(11) 紧实层、(12) 功能群、(13) 植物的死亡率、(14) 凋落物数量、(15) 年生产量、(16) 侵入的物种、(17) 多年生植物的繁殖能力。另外，还包括可选择的指标，有些指标适于特定的具体样地，可选择使用。

其中，土壤和地境稳定性包含指标 1、2、3、4、5、6、7、8、9、11，水文功能包含指标 1、2、3、4、5、8、9、10、11、14，生物完整性包含指标 8、9、11、12、13、14、15、16、17。），将草地定性地划分出健康等级。

四、实验结果

根据草地退化评价方法判断出草地优势种的变化，并分别根据不同草地退化判断方法确定出草地退化的等级，并写清判断的依据。草地健康定性评价方法需要完成评价表格的设计，并根据评价表格完成草地健康状况的判断，并确定草地是否退化。

实验二 草地土壤水分测定及样品处理

一、实验目的

草地土壤水分是草地植物生长所用水分的主要来源，广大的草原地区牧草的生产力变动在很大程度上依赖于降水，虽然草地植物地上部分可以吸收一部分降水，但主要还是依赖根系吸收存储在土壤中的水分，土壤中的水分可以来自降水、地表水径流和渗透、地下水的补给等途径。草地植被盖度大、有凋落物覆盖、土壤结构良好等因素将有利于保持土壤水分，并减少土壤水分的蒸发。通过实验测定不同草地状况的土壤水分，了解不同退化草地土壤水分含量，分析草地土壤水分含量与草地植被状况及土壤结构的关系，达到了解草地土壤水分的目的。同时，为了更为深入的了解草地土壤状况，还需要学习草地土壤样品的采集和处理方法，以备分析测定使用。

二、实验仪器和设备

土钻、铝盒、烘箱、WH-1 型土壤湿度密度仪。

三、实验内容和方法

1、实验原理

(1) 烘干法原理：将土样置于 105℃ 的烘箱中烘至恒重，即可去掉其所含水分（自由水和结合水），以此求算土壤水分含量。

(2) WH-1 型土壤湿度密度仪工作原理：根据浮体与其所排开液体的重量相等的原理。将盛有土样的浮秤放入水筒中，可从水面与浮秤颈管上标尺接触处的刻度读出湿容重，再将土样放入小水筒中并与浮秤相连放入到大水筒中，根据干容重表尺刻度读出土样干容重，从而计算土样的含水量。

2、实验内容和步骤

(1) 烘干法

应用土钻取适量的土壤样品，将土样放入铝盒中，测定湿土和铝盒的总重，然后在 105℃ 的烘箱中烘至恒重（8-10h），取出放在干燥皿中冷却，测定烘干土和铝盒的总重以及空铝盒的重量，根据烘前与烘后重量的差异计算土壤的含水量。

$$\text{计算公式: } W(\%) = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0} \times 100\%$$

式中：W(%)——土壤含水量 (%)

m_1 ——土壤湿重 (g)

m_2 ——土壤干重 (g)

m_0 ——铝盒重 (g)

(2) 仪器法 (WH-1 型土壤湿度密度仪)

将 WH-1 型土壤湿度密度仪的漏斗连同切土环安放在浮秤的颈管上口，如土样湿度不大，则可用小刀把切土环中的土样小心搅碎，使碎土通过漏斗进入浮秤，如土样湿度大则可将浮秤下端的盛皿旋开，用小刀将土样装入盛皿和浮秤的下半部锥形容器中拧上盛皿，并用小刀拨平土样，小刀上粘附的土样也要小心地擦下放入浮秤中。把装有土样的浮秤放到装有适量水的大水筒中（筒中水的数量最好在放入浮

秤后水面将接近于筒中以便观察和计数),如浮秤放在水中不够垂直,可用小刀将其中的土样在波动均与,直到达到垂直时为止,此时可读出湿容重标 0 上水面所接触的界限,其值为土样的湿容重 γ_w 。

将浮秤中的土样全部转移到小水筒中,在加水到小水筒溶剂的四分之三处,搅拌使土样充分浸透,再加水到五分之四处,搅拌使成漩涡转动均匀下沉,按不同的土壤类型等待相应的时间,使小水筒与浮秤相连,放入到大水筒中,待其慢慢下沉到一定位置平稳后,根据土样的种类读出干容重数值 γ_c 。

$$\text{计算公式: } W(\%) = \frac{\gamma_w - \gamma_c}{\gamma_c} \times 100\%$$

式中: $W(\%)$ ——土壤含水量 (%)

γ_w ——湿容重数值

γ_c ——干容重数值

(3) 土壤样品的采集、处理及土壤吸湿水的测定

土壤样品的采集可采用随机取样方法,避免边际效应和特殊地形。样品处理以风干样品作为测定样品,风干样品中含有 Fe^{2+} 等,不能阳光直射。pH 值和速效养分不能研磨的太细,破坏土壤晶粒,一般采用用过 1mm 土壤筛的样品。样品要避免灰尘污染。

首先,将土壤样品(土样)研细过筛。将样品适当磨细和充分混匀,使所有的土样具有较大的代表性,减少称样的误差,磨细的程度是以样品磨细后能通过某一孔径的筛子为标准的。对不同的测定内容需要的磨细程度不同,测定质地、pH 和速效养分要使样品通过 1mm 的筛孔,有机质和全量养分要求通过 0.15mm 的筛孔。

磨细过程中,碎石切勿研碎,要即时挑出,必要时还需测量其重量,计算占全部风干土样的重量百分比。少许植物细根研碎通过 1mm 的筛孔则视为土壤有机质的部分,较大的动植物残体应随时除去。通过过筛后的土样要在磨口的广口瓶中保存,贴上标签,写明样品编号、土壤名称、采样地点、采样时间、采样人和通过的筛孔直径。在干燥、阳光晒不到的地方保存。

其次,在土样处理保存后,还需要测定其吸湿水的含量,以便将风干重换算成干重。土壤分析测得的各种物质的量一般都是用烘干土的重量百分比来表示的,但分析过程中应用的为风干土,其中有少量的吸湿水,需要测定其含量后折算为烘干土的重量。将铝盒编号后,在烘箱内 105°C 下烘干 8h。冷却 20min 后称重,必要时可重复烘干 3h,冷却称重,以检查是否恒重。

$$\text{计算公式: } W'(\%) = \frac{m'_1 - m'_2}{m'_2 - m_0} \times 100\%$$

式中: $W'(\%)$ ——土壤吸湿水的含量(干基)(%)

m'_1 ——土壤风干重(g)

m'_2 ——土壤烘干重(g)

m_0 ——铝盒重(g)

四、实验结果

测定草地土壤含水量和吸湿水含量,制备土壤样品。

实验三 草地土壤比重、容重、孔隙度及颗粒组成的测定

一、实验目的

土壤是由固、气、液三相组成的分散系。土壤比重、土壤容重和土壤孔隙度是反映土壤固体颗粒和孔隙状况最基本的参数，土壤比重反映了土壤固体颗粒的性质；土壤容重反映了土壤固体颗粒、水分含量和土壤孔隙的状况；土壤孔隙状况与土壤结构和有机质含量有关；土壤的颗粒组成主要反映土壤中大小颗粒的组合关系，可根据颗粒组成区分不同的土壤质地，同时，土壤颗粒组成还影响土壤的比重、容重和孔隙度。因此，土壤比重、容重、孔隙度和颗粒组成是土壤最为关键的物理性质。

二、实验仪器和设备

容积为 100 cm^3 的环刀及配套取土工具、铝盒、天平、干燥器、烘箱。

土壤甲种比重计（鲍氏比重计）、温度计、带橡皮头玻璃棒、 100 mL 量筒、沉降筒（可采用 1000 mL 的大量筒，数量根据测定样品数及重复数而定）、多孔平板搅拌棒、计时工具（精确到秒）、烧杯或 500 mL 三角瓶、洗瓶、天平。根据土壤样品的 pH 值，分别选用下列分散剂，石灰性土壤（ 50 g 样品）：加 0.5 mol/L 六偏磷酸钠 60 mL ；中性土壤（ 50 g 样品）： 0.5 mol/L 草酸钠 20 mL ；酸性土壤（ 50 g 样品）：加 0.5 mol/L 氢氧化钠 40 mL 。软水（取 2% 碳酸钠 220 mL 加入 15000 mL 自来水中，静置过夜，上部清液即为软水）。

三、实验内容

实验内容主要包括土壤比重、土壤容重、土壤孔隙度以及土壤颗粒组成四个实验内容。

（一）土壤比重的测定

土壤比重（土壤密度或土壤真比重）可用于计算机械组成中各粒级的沉降速度，估计土壤中的矿物组成。氧化铁等重矿物多则密度大，反之则小。土壤比重是指单位体积的土壤固体物质的重量，单位是 g/cm^3 。单位体积是指土壤固体组成物质，不包括液体和气体所占的孔隙体积。土壤中主要矿物和腐殖质的比重为：石英 2.65 g/cm^3 、正长石 2.55 g/cm^3 、斜长石 $2.6-2.76\text{ g/cm}^3$ 、白云母 $2.76-3.0\text{ g/cm}^3$ 、方解石 2.71 g/cm^3 、高岭石 2.60 g/cm^3 、腐殖质 $1.20-1.40\text{ g/cm}^3$ ，土壤的比重为其各种成分比重的平均值，一般在 $2.60-2.70\text{ g/cm}^3$ 之间。含铁、锰较高的土壤（红壤）密度值大，可达 $2.75-2.80\text{ g/cm}^3$ ，腐殖质的密度小，东北几种富含腐殖质的黑土可达 $2.5-2.56\text{ g/cm}^3$ 。砂土 2.66 g/cm^3 、砂壤土 2.70 g/cm^3 、壤土 2.71 g/cm^3 、粘土 2.74 g/cm^3 。在机械组成分析中计算各级土粒的沉降速度时采用“常用密度值” 2.65 g/cm^3 。

如采用密度比，则是指土壤颗粒的密度与标准大气压下 4.0°C 时水的密度（ 1.0 g/cm^3 ）之比，又称相对密度。

土壤比重的测定一般采用比重瓶法，即将已知重量的土样放入比重瓶的液体中，排尽空气，得出土壤固相所占的体积，用干土重（ 105.0°C 烘干土重）除以土壤固相体积，即为土壤比重。

（二）土壤容重的测定—环刀法

土壤容重又称为土壤的假比重，是指单位原状土壤体积内干土的重量，单位是克 g/cm^3 。一般在 $1.0-1.5\text{ g/cm}^3$ ，单位原状土壤体积是包括土壤中的孔隙体积在内，而原状土壤的重量仅指土壤固体物质的干重而言，不包括土壤水分的重量。因此不能破坏土壤的自然状态，且为烘干重。

1、实验原理

用一定容积的环刀切割未搅动的自然状态土样，使土样充满其中，烘干后称量计算单位容积的烘干土重量。

2、实验内容和方法

在草原上选定采样地点后，将环刀压入需测定的土层中，注意操作时切勿摇晃环刀，以免进入环刀的土柱体积不准。用铁铲将环刀连同其周围的土壤一起挖出，小心消去环刀两端多余的土，使土样与环刀口齐平，擦净环刀外部的土壤，两头加盖取回实验室。将环刀中的土导入铝盒中烘干，烘干后称重，得到土样的烘干重。

$$\text{计算公式: } \rho_b = \frac{m}{V(1+\theta_m)} \text{ 或 } \rho_b = \frac{m_1}{V}$$

式中: ρ_b ——土壤容重 (g/cm^3)

m ——环刀内土壤湿重 (g)

m_1 ——环刀内土壤烘干重 (g)

V ——环刀容积 (100cm^3)

θ_m ——样品质量含水量 (%)

3、实验小结

得出该草地土壤容重的结果，并附主要数据。

(三) 土壤孔隙度的测定—计算法

1、实验原理

土壤内部的空间并没有全部为土粒所占满，各土粒按一定的方式排列，其间形成许多孔隙。土壤孔隙如同一个三度空间网，形状、大小各不相同的枝节状孔道所组成，而这些枝节状的孔道又是由许多更细的狭窄孔道相互交织联结。

土壤孔隙分为大孔隙（非毛管孔隙）与小孔隙（毛管孔隙），小孔隙有较大的毛管力，可以使自由水面的水在其中上升到一定高度，贝佛尔（Baver）建议将毛管力大于 31.5-100cm 水柱高度的孔隙作为毛管孔隙。

实际测定中，土壤中通过毛管力的作用能持水的孔隙就称为毛管孔隙，不能持水而充气的孔隙称为非毛管孔隙。通常土壤团聚体之间为非毛管孔隙为主，而团聚体内部以毛管孔隙为主。毛管孔隙能吸持水分，但不易通气透水，非毛管孔隙不能吸持水分，但易通气透水。非毛管孔隙度小于 10% 时，不能保证通气良好，小于 6% 时许多植物不能正常生长。

2、实验内容与方法

土壤孔隙度 f (%) 也称土壤孔度，指单位容积土壤中孔隙容积所占的分数或百分数，土壤孔隙度一般都不直接测定，而是由土壤比重和容重计算求得，由下式可得：

$$f(\%) = \frac{V_p}{V_t} = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_s}\right) \times 100\%$$

式中: $f(\%)$ ——土壤孔隙度 (%)

V_p ——土壤孔隙容积 (cm^3)

V_t ——土壤总的容积 (cm^3)

ρ_b ——土壤容重 (g/cm^3)

ρ_s ——土壤比重 (g/cm^3)

3、实验小结

计算得出草地土壤的孔隙度值。

（四）土壤颗粒分析—比重计法

土壤是由粒径不同的各粒级颗粒组成的，各粒级颗粒的相对含量即颗粒组成，反映着土壤基本的理化性质，对土壤的水、热、肥、气状况都有深刻的影响。土壤颗粒分析即是测定土壤的颗粒组成，并以此确定土壤的质地，同时，质地也是土壤分类的依据之一。

土壤的颗粒组成可分别测定<0.05mm、<0.01mm、<0.005mm、<0.001mm的颗粒含量，然后再计算砂粒、粉粒、粗粘粒、粘粒的含量，分类标准可按我国土壤颗粒组成的划分标准来确定。测定土壤颗粒组成含量的方法，常用的是吸管法和比重计法，应用手测法测定虽然比较粗略，但经训练仍可较为准确的测定出土壤的质地。

对于退化、沙化、盐碱化的草地来讲，其重要的特点也是表层土壤开始粗化，也就是砂粒含量不断增加，而粘粒含量不断减少，土壤有机质和土壤结构不断变差的过程。因此，土壤颗粒组成的变化是非常重要的。

1、实验原理

吸管法和比重计法都是笃克期（G. G. Stokes, 1845）定律为基础的。根据这个定律，球体在介质中的沉降速度与球体半径的平方成正比，而与介质的粘滞系数成反比。其关系式为：

$$V = \frac{2}{9} gr^2 \frac{d_1 - d_2}{\eta}$$

式中 V——半径为 r 的土粒在介质中沉降的速度（cm/s）；

g ——物体自由下落时得重力加速度，为 9.8m/s^2 ；

r ——土粒的半径（cm）；

d_1 ——沉降颗粒的比重（ g/cm^3 ）；

d_2 ——介质的比重（ g/cm^3 ）；

η ——介质的黏滞系数（ $\text{g}/(\text{cm} \cdot \text{s})$ ）

上式是指球介质的粘滞系数体在介质中作沉降运动中，当作用于球体的力达到平衡时，球体等速运动的速度。

2、实验内容与方法

（1）称样

称取 1mm 的风干土样 50g（精确到 0.01g），置于 500ml 的三角瓶中，加蒸馏水或软水湿润样品。

（2）样品分散

根据土壤样品的 pH 值，分别选用下列分散剂。

石灰性土壤（50g 样品）：加 0.5mol/L 六偏磷酸钠 60ml；

中性土壤（50g 样品）：0.5mol/L 草酸钠 20ml；

酸性土壤（50g 样品）：加 0.5mol/L 氢氧化钠 40ml。

在加入化学分散剂后，还必须对样品进行物理分散处理，以保证土粒的充分分散，常用的物理分散方法有以下三种，根据实验室条件任选一种。①、煮沸法；②、振荡法；③、研磨法。

(3) 制备悬液

用 100mL 量筒量取分散剂 0.5mol/L 六偏磷酸钠 60mL，向三角瓶中加入少量分散剂使样品湿润，呈稠糊状，静置半小时，使分散剂充分作用，然后用带橡皮头的玻璃棒研磨土样，粘质土壤不少于 20min，壤质土壤和砂质土壤不少于 15min，使完全分散。然后将剩余的分散剂加入，并通过漏斗将分散的土样转入 1000mL 的量筒中，用蒸馏水或软水多次冲洗三角瓶，使土样及分散剂全部移入量筒定容到 1000mL。将沉降筒放在温度变化小的平稳桌面上，准备测定。

(4) 测定悬液比重

测定悬液中部的温度，然后计算好测定的时间，用搅拌棒搅拌悬液，上下搅拌悬液 1min（约 30 次），使悬液均匀分散，搅拌的上下速度均匀，搅拌棒向下要触及沉降筒底部，使全部土粒都能悬浮，向上时全片不能露出液面，一般离液面 3-5cm 处即可，否则会使空气压入悬液，影响土粒开始沉降的速度。搅拌器离开液面时开始计时，提前 30s 将比重计轻轻垂直插放悬液中，准备读数，到了测定时间立刻读取比重计的读数。读数以液面上缘为准。

表 3-1 不同粒径土粒沉降时间表

温度（℃）	< 0.05mm			< 0.01mm			< 0.005mm			< 0.001mm		
	h	min	s	h	min	s	h	min	s	h	min	s
10		1	18		35		2	25		48		
11		1	15		34		2	25		48		
12		1	12		33		2	20		48		
13		1	10		32		2	15		48		
14		1	10		31		2	15		48		
15		1	8		30		2	15		48		
16		1	6		29		2	5		48		
17		1	5		28		2	0		48		
18		1	2		27	30	1	55		48		
19		1	0		27		1	55		48		
20			58		26		1	50		48		
21			56		26		1	50		48		
22			55		25		1	50		48		
23			54		24	30	1	45		48		
24			54		24		1	45		48		
25			53		23	30	1	40		48		
26			51		23		1	35		48		
27			50		22		1	30		48		
28			48		21	30	1	30		48		
29			46		21		1	30		48		
30			45		20		1	28		48		
31			45		19	30	1	25		48		
32			45		19		1	25		48		
33			44		19		1	20		48		
34			44		18	30	1	20		48		
35			42		18		1	20		48		

(5) 计算方法及数据校正

A、将风干土重根据吸湿水含量换算成烘干重

$$\text{烘干土重 (g)} = \frac{\text{风干土重 (g)}}{1 + \text{吸湿水 (\%)}}$$

B、比重计校正：

- ① 比重计刻度及弯液面校正：刻度及弯液面校正曲线
- ② 温度校正：甲种比重计温度校正表
- ③ 土粒比重校正：比重计的刻度是以土粒比重为 2.65 作标准
- ④ 分散剂校正：

分散剂校正值 (g/L) = 加入分散剂的毫升数 × 分散剂的摩尔浓度 × 分散剂摩尔质量 × 10⁻³。

0.5mol/L 六偏磷酸钠 60ml: 3.06g/L

0.5mol/L 草酸钠 20ml: 0.67g/L

0.5mol/L 氢氧化钠 40ml: 0.80g/L

$$\text{C、小于 0.01mm 土粒含量(\%)} = \frac{\text{校正后读数}}{\text{烘干土重量}} \times 100$$

(6) 手测质地法

在野外初步判定草地土壤质地时，手测质地法更为快捷和方便，手测质地主要依据土壤形成不同形状时的状态来确定，具体的确定方法如表 3-2 所示。

3、实验小结

(1) 计算得出草地土壤不同颗粒组成的含量，并根据我国土壤颗粒组分分类方法划分出砂砾、粉粒、粘粒的含量。

(2) 确定该草地土壤的质地

根据计算得到的粒径小于 0.01mm 土粒（物理性粘粒）的百分率，查表 3-3 中草原土分类标准，确定土壤质地名称。

表 3-2 手测质地法确定质地的标准

质地	特征和状态		
	捏成直径 1cm 的土球的状态	搓成 3mm 粗土条的状态	挤压成薄皮时的状态
砂土	不能捏成球,水分多时勉强捏成但一触即碎。	搓不成条。	不能成片。
砂壤土	可捏成球,轻压能碎。	勉强搓成不完整的短条。	可成片,表面很不平,边缘有裂口,易碎。
轻壤土	可以捏成球,压扁时边缘裂缝多而大。	可成条,但轻轻提起即断。	可成片,表面较平整,边缘有裂缝。
中壤土	可捏成球,压扁时边缘有小裂缝。	可成条,弯成 2cm 直径圆圈时易断。	可成片,表面平整光滑,边缘略有裂缝。
重壤土	可捏成球,压扁时边缘略有裂缝。	可成条,可弯成直径 2cm 圆圈但压扁时有裂缝。	可成片,表面光滑有反光,边缘无裂缝。
粘土	可捏成球,压扁时无裂缝。	可成条及弯成圆圈,压扁时无裂缝。	可成片,表面光滑,有强反光。

表 3-3 卡庆斯基土壤质地分类

< 0.01mm 粒径的含量 (%)		土壤质地名称
草原土类及红黄壤类		
0~5		松砂土
5~10		紧砂土
10~20		砂壤土
20~30		轻壤土
30~45		中壤土
45~60		重壤土
60~75		轻粘土
75~85		中粘土
85~100		重粘土

四、实验结果

将各实验项目的实验小结汇总，并附主要实验数据。

实验四 草地枯落物吸水力测定

一、实验目的

草地枯落物由草地植物凋落物、立枯物，以及草原动物残体组成，草地枯落物可以拦截降水，缓解径流，保护土壤，防风固沙，具有重要的水土保持功能。

草地枯落物吸水是一项重要的草地水文作用，可缓解径流、增加入渗、减小侵蚀。枯落物的持水力可以达到自身质量的 1.5-4 倍，甚至更高，而不同草地类型或退化阶段的草地，其枯落物吸水力差别也较大。因此，通过了解不同草地类型或退化阶段的草地枯落物吸水力，可以反映出该草地涵养水源、保持水土的能力。了解不同草地枯落物的持水范围和持水过程。

二、实验仪器和设备

铝盒、烘箱、电子天平。

三、实验内容与方法

1、草地枯落物取样

在草地上，选择地势平坦的区域设置样地，在样地内设置 1m×1m 的样方（3 次重复），在每个样方内用四分法取样，采集物装袋、编号、记录。

2、饱和持水量（率）

将样地中样方内凋落物带回实验室称鲜重，然后放在水中浸泡，浸泡过程中注意使所有的枯落物位于水面以下，当水面下降时应及时加水，持续浸泡 24h 后取出，待不滴水时称重，得饱和质量，然后放入铝盒在 65℃ 烘干箱烘至恒重后称重，得干重。计算样品饱和持水量和持水率：

$$\text{饱和持水量(g)} = \text{饱和质量} - \text{烘干质量}$$

$$\text{持水率(\%)} = \frac{\text{湿质量} - \text{烘干质量}}{\text{烘干质量}} \times 100\%$$

3、持水速率的测定

将样地中另一份枯落物带回实验室，称得鲜重后浸泡，浸泡方法同前。在浸泡时间 0.5, 1, 1.5, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 24h 后，分别取出称重。完成后将其放入 65℃ 烘干箱烘至恒重后称重。按照下式计算持水速率。

$$\text{持水速率} \left[\text{t} / (\text{hm}^2 \cdot \text{h}) \right] = \text{持水量} / \text{浸水时间}$$

四、实验结果

测定出草地枯落物最大持水量；测定出草地枯落物的持水速率。

实验五 草地土壤渗透性测定

一、实验目的

土壤渗透性是反映土壤特征的重要指标之一，土壤渗透性好可使更多的降水进入土壤，减少径流造成的土壤侵蚀。在草地上，枯落物层可以吸收一部分降水，其他则通过渗透进入土壤。土壤质地和结构影响土壤的渗透性，土壤含水量状况也会影响土壤的渗透性。

二、实验仪器和设备

渗透筒、500mL 量筒、烧杯、漏斗、秒表和温度计等。

环刀（100cm³）、100mL 量筒、10mL 量筒、100mL 烧杯、搪瓷托盘、熔蜡、瓷漏斗、漏斗架和秒表。

三、实验内容与方法

应用环刀法和渗透筒法测定土壤渗透性。

（一）实验原理

这两种方法的实验原理是相同的，即依据达西定律。当土层的水分达到饱和后，土壤中的水分受重力影响而向下移动的现象称为渗透性，饱和土壤的土壤渗透系数可根据达西定律表示如下：

$$K = \frac{Q \times l}{S \times t \times h}$$

式中 K ——渗透系数（cm/s）；

Q ——流量，即渗透过一定横断面积 S 的水量（mL）；

l ——饱和土层厚度，即渗透经过的距离（cm）；

S ——渗透筒的横断面积（cm²）；

t ——渗透过水量 Q 时所需的时间（s）；

h ——实验中水层厚度（cm）

渗透系数与土壤空隙数量、土壤质地、结构、盐分含量、含水量和温度等有关，渗透系数 K 的单位可以是 cm/s、mm/min、cm/h 或 m/d。

从上式可以看到，通过某一土层的水量，与其横断面积、时间和水层厚度呈正比，与渗透经过饱和土层厚度呈反比，即：

$$Q = \frac{K \times S \times t \times h}{l}$$

式中符号与上面公式中的符号一致。

因而，饱和渗透系数可以说是土壤所特有的常数。

（二）渗透筒法

1、实验步骤

测定时可先挖取一个土壤剖面，对土壤进行分层，按不同分层进行测定。

（1）在选定的草地上，去除表层枯落物，用渗透筒取原状土，3 次重复，取土深度为 10cm，将垫有滤纸的地筛网盖好带回室内待测。

(2) 将渗透筒浸入水中, 注意水面不超过土柱, 一般砂土浸 4~6h, 壤土浸 8~12h, 黏土浸 24h。

(3) 到预定时间将渗透筒取出挂在适当位置, 待重力水滴完后装上漏斗, 漏斗下承接一个烧杯。

(4) 在渗透筒上部加 5cm 深的水层, 做上记号, 待漏斗下面滴下第一滴水时开始计时, 每隔 1min、2min、3min、5min、10min... t_n 更换漏斗下的烧杯, 并分别计量渗透出水量 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_5 、 Q_{10} ... Q_i ... Q_n , 每更换一次烧杯, 要迅速将渗透筒上面的水层加至 5cm 的深度, 并记录水温 (更换漏斗下烧杯时间间隔的长短, 视渗透快慢而定, 注意要保持一定的压力梯度)。

(5) 根据不同类型的土壤, 实验一般在 0.5~1h 即开始稳定, 如果不稳定应继续延长到单位时间内渗出水量相等时为止。

(6) 同时测定渗透筒中水的温度。

2、数据记录及计算方法

(1) 渗出水总量

$$Q = \frac{(Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_N) \times 10}{S}$$

式中 $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$ ——每次渗水量 (mL, cm^3);

S ——渗透筒的横断面积 (cm^2);

10 ——由 cm 换算成 mm 所乘的倍数。

(2) 渗透速度

$$V = \frac{10 \times Q_n}{t_n \times S}$$

式中 V ——渗透速度 (mm/min);

t_n ——每次渗透所间隔的时间 (min);

$Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$ ——每次渗水量 (mL, cm^3);

S ——渗透筒的横断面积 (cm^2);

10 ——由 cm 换算成 mm 所乘的倍数。

(3) 渗透系数

$$K_t = \frac{10 \times Q_n \times l}{t_n \times S \times (h + l)} = V \times \frac{l}{h + l}$$

式中 K_t ——温度为 t 时得渗透系数 (mm/min);

l ——土层厚度 (cm);

h ——水层厚度 (cm);

V ——渗透速度 (mm/min);

$Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$ ——每次渗水量 (mL, cm^3);

S ——渗透筒的横断面积 (cm^2);

t_n ——每次渗透所间隔的时间 (min);

10 ——由 cm 换算成 mm 所乘的倍数。

(4) 为了使不同温度下所测得的 K_t 值便于比较, 应换算成 10℃时的渗透系数 K_{10} 。

$$K_{10} = \frac{K_t}{0.7 + 0.03t^0}$$

式中 K_{10} ——温度为 10℃时得渗透系数 (mm/min);

K_t ——温度为 t 时得渗透系数 (mm/min);

t^0 ——测定时得温度 (℃)。

(5) 土壤渗透性测定记录表

表 5-1 土壤渗透性测定记录表

[illegible]

注：同时记录渗透筒面积、实验土层厚度、水层厚度、水温 t° 。

3、实验小结

完成土壤渗透性测定记录表，并计算出渗透系数值。

(三) 环刀法

1、实验步骤

(1) 在室外用环刀取原状土，带回室内浸入水中，一般砂土浸 4~6h，壤土浸 8~12h，黏土浸 24h，浸水时保持水面与环刀上口平齐，但勿使水超过环刀上口的土面。

(2) 到预定时间将环刀取出去掉盖子，上面套上一个空环刀，接口处先用胶布封好再用熔蜡粘合，严防从接口处漏水，然后将粘好的双环刀放到瓷漏斗上，漏斗下有烧杯。

(3) 上面的空环刀中加水，水面比环刀低 1mm，即水层厚 5.0cm。

(4) 加水后, 自漏斗水面滴下第一滴水时开始计时, 以后每隔 2min, 3min, 5min, ..., t_n min 更换漏斗下面的烧杯, 并分别量渗水量 $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$, 每更换一次烧杯后要将上面环刀水面加至原来高度, 同时记录水温。

(5) 实验一般持续时间约 1h 即开始稳定, 如果 1h 仍不稳定, 一直延续到单位时间渗水量相等为止。

2、数据记录及计算方法

数据记录方法与渗透筒法相同，由公式计算渗透速度和渗透系数，本实验应重复 3 次，取算术平均数。

3、实验小结

完成土壤渗透性测定记录表，并计算出渗透系数值。

四、实验结果

得出草地土壤渗透系数值，并以时间为横坐标，渗透系数为纵坐标，绘制渗透曲线图（要求以 EXCEL2003 及以上版本绘制）。

实验六 草地土壤抗蚀性测定

一、实验目的

草地植被生长依赖于草地土壤，而草地利用过程中不仅对草地植被产生影响，如过度利用则可导致草地土壤养分下降、物理结构变差，退化草地的松散土壤非常容易受到风蚀和水蚀的影响，使土壤大量流失，剩下粗颗粒和石块，进一步导致草地生态系统崩溃。通过本实验学习土壤抗蚀性测定的原理和方法。

二、实验器材和设备

- 1、浮筒：直径约 30mm，高约 200mm 圆筒体，浮筒高与筒体直径有关，高度与能浮起试验土体而不下沉至水下为准。
- 2、网板架：10cm×10cm，内为金属方格网，5cm×5cm，孔眼为 1cm²，可挂在浮筒的下端。
- 3、透明玻璃水槽：长方体，长 30cm，宽 15cm，高 70cm。
- 4、崩解取样器：方形环刀，内边净长为 5cm，为扣状，扣深 5mm，厚 1.5mm。
- 5、其他设备：秒表、切土刀、铁锤、小铁铲和包装膜。

三、实验内容与方法

土壤抗蚀性测定实验主要运用土壤静水崩解法来进行，通过土壤崩解速率大小反映土壤颗粒结构对水力浸润解体的性质或被雨水分散解体的难易程度，最终确定土壤的抗蚀性状况。

（一）实验原理

反映土壤抗蚀性的方法和指标，基本上可以分为两大类：第一类是直接采用土壤的物理化学性质，如颗粒粒径的大小及其组成情况、土壤密度、有机质含量及与其相联系的土壤水稳性团粒结构；第二类是采用土壤在各种外力作用下的变化和反应，如土壤在静水中的崩解，在外力作用下的流限、塑限、剪切强度和贯入深度，在水滴打击下被击溅情况等，这两者之间是有关联的，后一类变化又受控制于前一类土壤的固有特性。

土壤抗蚀性测定实验主要运用土壤静水崩解法来进行，通过土壤崩解速率大小反映土壤颗粒结构对水力浸润解体的性质或被雨水分散解体的难易程度，最终确定土壤的抗蚀性状况。

土壤崩解反映土壤颗粒结构对水力浸润解体的性质或反映土壤结构体被雨水分散解体的难易程度。土壤崩解速率是指土样在浸水后，单位时间内崩解掉的试样体积，它反映土壤在水中发生分散的能力，决定该径流携带松散物质的多少，土壤崩解能力大，即土壤崩解速率大，土壤抗蚀性差。

（二）实验方法和步骤

1、取样

在试验样地内取需要测定的土壤，用崩解取样器分别在各层上采集原状土土样。

2、崩解实验

崩解实验时，先将土样放在网板上，然后将试样悬挂在有刻度的浮筒上，随即将试样放入盛水崩解缸中。一次土样的崩解观测时间为 30min，崩解过程中分别在 0s、30s、1min、2min、3min、4min、5min、7min、10min、15min、20min 和 30min 读取浮筒的读数，当中途土样已全部崩解，则记录下全部崩解时的浮筒读数和相应的时间。

3、实验数据记录及计算

完成土壤崩解速率实验记录表（表 6-1），按公式计算土壤崩解速率。

表 6-1 土壤崩解速率实验记录表

取样深度 (cm)	项目	崩解时间 (min)											
		0	0.5	1	2	3	4	5	7	10	15	20	30
	读数 (cm)												
	差值												
	崩解速率												
	读数 (cm)												
	差值												
	崩解速率												

土壤崩解速率公式：

$$B = \frac{S}{r} \times \frac{l_0 - l_t}{t}$$

式中 B ——崩解速率，表示单位时间内崩解掉的原状土土样体积 (cm³/min)；
 S ——浮筒底面积，设备改制后的两个浮筒底面积都为 30.2cm³；
 r ——各土层的容重 (g/cm³)；
 l_0 ——为瓦解开始（已放土样）时刻的浮筒刻度初始值 (cm)；
 l_t ——为瓦解开始后不同时刻的浮筒刻度读数 (cm)；
 t ——崩解时间 (min)。

四、实验结果

得出该测定草地的土壤崩解速率，并比较草地土壤的抗蚀性。

实验七 退化草地沙物质粒度测定与分析

一、实验目的

草地荒漠化是草地退化的一个极端表现形式，特别是气候干旱的地区，如果过度利用草地，导致草地植被退化、土壤表层裸露，在风力的作用下，细小颗粒变化被风蚀吹走，使草地荒漠化。通过实验掌握筛析法测定沙物质粒度。

二、实验器材和设备

标准土壤筛一套、电子天平、研钵、研棒、药勺、振筛机、毛刷、镊子、白纸、直尺。

三、实验内容与方法

（一）实验原理

形成风蚀的关键是形成风沙流，而形成风沙流的物质基础是沙物质。大量研究表明，粒径在 $0.01\sim 2\text{mm}$ 的地表固体松散颗粒最容易被风带走，这一粒径范围可称做可蚀径级，而大于或小于这一径级的砂粒一般不易被风吹动。

实验采用筛析法测定沙物质粒度，就是利用大小孔径不同的标准土壤筛对沙物质进行分离，通过称量得到各粒组的质量，计算各粒组的相对含量，可确定沙物质的粒度成分。此外，仪器法（如粒度仪）也是一种快速、简便的分析方法。

（二）实验方法与步骤

1、样品准备

将样品风干或烘干备用。若样品中有结块，将其倒入研钵中用研棒轻轻研磨，将结块研开，但不要把颗粒研碎。

2、筛析实验

用四分法选取样品，称量样品总质量，称重应精确到 0.01g 。将干净的标准土壤筛按照大小孔径顺序由上至下排好，将已称量样品倒入最顶层的筛盘中，盖好顶盖。在振筛机上筛 $15\sim 20\text{min}$ ，然后分级称重，称重应准确到 0.01g ，如分级量不足 1g 时，则称重应准确到 0.001g 。测量并记录各筛盘中最大颗粒的直径。

若无振筛机也可手动筛分，即用手托住筛析，摇振 $5\sim 10\text{min}$ ，粗筛所用时间可短于细筛。取下摇振后的筛盘在白纸上用手轻叩，摇晃，直至筛净为止。把漏在白纸上的砂粒倒入下一层筛盘内，重复以上操作，到最末一层筛盘筛净为止。

在筛析进行中，要检查筛孔中是否夹有颗粒，若夹有颗粒，应将颗粒轻轻刷下，与放入该筛盘上的土样一并称量。各筛盘及底盘上土粒的质量之和与筛前试样质量之差不能大于试样总质量的 1% ，否则应重新实验。若两者差值小于试样总质量的 1% ，可视为实验过程中误差产生的原因，分配给某些粒组，最终各粒组百分含量之和应等于 100% 。若粒径小于 0.1mm 的含量大于 10% ，则应将这一部分用沉降法继续分析。

3、数据计算和分析

（1）各粒组百分含量计算

$$\text{某粒组百分含量} = \frac{m_i}{m} \times 100\%$$

式中 m_i ——某粒组质量 (g);
 m ——样品总质量 (g)。

四、实验结果

得出各沙物质粒度的百分含量，并作图表示沙物质粒度的含量及关系。

实验八 草地沙生、旱生植物识别及形态特征观察

一、实验目的

熟悉植物石蜡切片的制作过程，掌握 HE 染色的基本原理和染色方法。掌握沙生旱生草地植物的识别方法，通过实验观察掌握草地沙生、旱生植物的形态特征。

二、实验原理

石蜡切片是最基本的切片技术。HE 染色法（苏木精与伊红对比染色法）是组织切片最常用的染色方法。这种方法适用范围广泛，对组织细胞的各种成分都可着色，便于全面观察组织构造，而且适用于各种固定液固定的材料，染色后不易褪色可长期保存。经过 HE 染色，细胞核被苏木精染成蓝紫色，细胞质被伊红染成粉红色。草地植物为了适应沙生环境（沙埋、沙割）和干旱环境条件，其形态结构也形成了相应的抗性特点。

三、器材与用品

器材：显微镜、旋转切片机、天平、切片刀、恒温箱、熔蜡炉、蜡杯、酒精灯、蜡铲、展片台、解剖刀、解剖针、解剖剪、解剖盘、培养皿、吸管、镊子、单面刀片、台木、毛笔、包埋纸盒、染色缸、盖玻片、载玻片、玻片盘、树胶、树胶瓶、温度计、塑料盆、水浴锅、角匙、有色蜡笔、标签。

试剂：

- （1）固定剂：FAA 卡诺氏固定液。
 - （2）脱水剂：无水酒精、95%酒精、商品酒精、叔丁醇。
 - （3）渗透剂：各度石蜡。
 - （4）透明剂：二甲苯、丙酮、氯仿、叔丁醇、丁香油、香柏油、苯等。
 - （5）黏附剂：鸡蛋清与甘油配置而成。蛋清过滤再取等量甘油，再加入 1%麝香草酚，装入清洁瓶中备用。
 - （6）染剂：苏木精色素。
 - （7）媒染剂：4%铁矾水溶液。
 - （8）脱色剂：酸性酒精、酸性水。
 - （9）蒸馏水及流水。
 - （10）封藏剂：加拿大树胶、用二甲苯稀释，浓度适中即可使用。
- 材料：草地沙生、旱生植物的根、茎、叶。

四、实验步骤

1、取材

材料必须新鲜，搁置时间过久则会导致蛋白质分解变性，使细胞自溶及细菌的滋生，而不能反映组织活体时的形态结构。

2、固定

固定液的用量通常为材料块的 20 倍左右，固定时间则根据材料块的大小及紧密程度以及固定液的穿透速度而定，通常为数小时至 24h。

3、洗涤与脱水

固定后的组织材料需除去留在组织内的固定液及其结晶沉淀，否则会影响以后的染色效果。脱水需要酒精多次浸洗，通常 30%或 50%酒精开始，经 70%、85%、95%直至无水乙醇。

4、透明

纯酒精不能与石蜡相溶，还需用能与酒精和石蜡相溶的浸液，替换出组织内的酒精。透明剂二甲苯是石蜡的溶剂，组织先经无水乙醇和透明剂各半的混合液浸渍 1~2h，再转入纯透明剂中浸渍。如果透明时间过短，则透明不彻底，石蜡难于浸入组织；透明时间过长，则组织硬化变脆，就不易切出完整切片。

5、浸蜡与包埋

用石蜡取代透明剂，使石蜡浸入组织而起支持作用。先把组织材料块放在熔化的石蜡和二甲苯的等量混合液浸渍 1~2h，再先后移入 2 个熔化的石蜡液中浸渍 3h 左右，浸蜡应在高于石蜡熔点 3℃左右的恒温箱中进行，以利石蜡浸入组织内。浸蜡后的组织材料块放在装有蜡液的容器中（摆好在蜡中的位置），待蜡液表层凝固即迅速放入冷水中冷却，即做成含有组织块的蜡块。容器可用光亮且厚的纸折叠成纸盒或金属包埋框盒。如果包埋的组织块数量多，应进行编号，以免差错。石蜡熔化后应在蜡箱内过滤后使用，以免因含杂质而影响切片质量，且可能损伤切片刀。通常石蜡采用熔点为 56~58℃或 60~62℃两种，可根据季节及操作环境温度来选用。

6、切片

包埋好的蜡块用刀片修成规整的方形或长方形，以少许热蜡液将其底部迅速贴附于小木块上，夹在轮转式切片机的蜡块钳内，使蜡块切面与切片刀刃平行，旋紧。切片刀的锐利与否、蜡块硬度适当都直接影响切片质量，可用热水或冷水等方法适当改变蜡块硬度。通常切片厚度为 4~7μm，切出一片接一片的蜡带，用毛笔轻托轻放在纸上。

7、贴片与烤片

用黏附剂将展平的蜡片牢附于载玻片上，以免在以后的脱蜡、水化及染色等步骤中二者滑脱开。黏附剂是蛋白甘油。首先在洁净的载玻片上涂抹薄层蛋白甘油，再将一定长度蜡带（连续切片）或用刀片断成单个蜡片与温水（45℃左右）中展平后，捞至载玻片上铺正，或直接滴两滴蒸馏水于载玻片上，再把蜡片放于水滴上，略加温使蜡片铺展，最后用滤纸吸除多余水分，将载玻片放入 45℃恒温箱中干燥，也可在 37℃恒温箱中干燥，但需适当延长时间。

8、切片脱蜡及水化

干燥后的切片要脱蜡及水化才能在水溶性染液中进行染色。用二甲苯脱蜡，再逐级经无水乙醇及梯度酒精直至蒸馏水。如果染料配制于酒精中，则将切片移至与酒精近似浓度时，即可染色。

9、染色

染色的目的是使细胞组织内的不同结构呈现不同的颜色以便于观察。未经染色的细胞组织其折光率相似，不易辨认。经染色可显示细胞内不同的细胞器及内含物，以及不同类型，经 HE 染色后，细胞核被苏木精染成紫蓝色，多数细胞质及非细胞成分被伊红染成粉红色。

10、切片脱水、透明和封片

染色后的切片尚不能在显微镜下观察，需经梯度酒精脱水，在 95%及无水乙醇中的时间可适当加长以保证脱水彻底；如染液为酒精配制，则应缩短在酒精中的时间，以免脱色。二甲苯透明后，迅速擦去材料周围多余液体，滴加适量（1~2 滴）中性树胶，再将洁净盖玻片倾斜放下，以免出现气泡，封片后即制成永久性玻片标本，在显微镜下可长期反复观察。

五、实验结果

制成永久性玻片标本，并在显微镜下仔细观察记录。

实验九 草地植物抗旱性测定

一、实验目的

抗旱性测定方法主要包括：田间直接鉴定法、干旱棚法、人工气候室法、盆栽法及室内模拟干旱条件法等。主要是根据牧草在干旱情况下的生物学及生理学变化表现来判断其抗旱性大小。本实验将抗旱性存在差异的禾本科牧草品种作为试验材料，进行草地植物抗旱性实验，要求掌握主要的实验方法和步骤。

二、实验原理

利用草地牧草在田间生长情况和生理指标来综合判断其抗旱性，田间测定的产量可以作为牧草抗旱性的直接测定指标，但还要根据牧草在干旱胁迫下，其存活时间和抗性生理反应来综合评价。

三、器材与用品

器材：禾本科牧草幼苗、滤纸、培养皿、电子天平、干燥器、20mL 具塞刻度试管、

双面刀片、恒温水浴锅、温度计、玻璃棒、研钵、过滤漏斗、容量瓶（50mL）、移液管（2mL、5mL、10mL）、离心机、分光光度计、微量进样器、刻度吸管、G3 垂熔玻璃漏斗等。

试剂：脯氨酸、冰醋酸、酸性茚三酮试剂、磺基水杨酸溶液、甲苯、冰乙酸、2.5%酸性茚三酮显色液（冰乙酸和 6mol/L 磷酸以 3:2 混合，于 70℃ 下加热溶解，冷却后置棕色试剂瓶中，4℃ 下贮存备用，2d 内稳定）。

四、实验步骤

（一）田间直接鉴定法

当土壤干旱时，植株因失水而逐渐萎蔫，叶片变黄干枯。在午后日照最强、温度最高的高峰过后根据植物叶片萎蔫程度分 5 级记载。级数越小，抗旱性越强。

1 级 无受害症状；

2 级 小部分叶片萎缩，并失去应有光泽，有较少的叶片卷成针状；

3 级 大部分叶片萎缩，并有较多的叶片卷成针状；

4 级 叶片卷缩严重，颜色显著深于该品种的正常颜色，下部叶片开始变黄；

5 级 茎叶明显萎缩，下部叶片变黄至干枯。

以上是根据凋萎程度鉴定品种的抗旱性，也可以把各品种分别种植于旱地（胁迫）和水地（非胁迫），测定旱地小区产量和水地小区产量，以抗旱系数定量评定品种的抗旱性。品种的抗旱系数越大，其抗旱性越强。

数据记录及结果分析

$$\text{抗旱系数}(D_c) = \frac{Y_D}{Y_P}$$

式中 Y_D ——胁迫下的平均产量 (Kg)；

Y_P ——非胁迫下的平均产量 (Kg)。

（二）发芽实验鉴定法

该方法是在室内人工模拟干旱条件，进行牧草种子萌发期抗旱性鉴定。

1、将供试种子置于 0.1%氯化汞溶液中，灭菌消毒 10~15min。

2、在直径 10cm 培养皿内放 4 张定性滤纸，加入 15%聚乙二醇溶液 6mL 或 17.6%蔗糖溶液 30mL，每皿 1 个品种，均匀摆放整齐健康籽粒 30 粒，重复 3~4 次。

3、将培养皿放入发芽箱内，25℃发芽 7d。

4、分别在萌发后第 3d 和第 7d，测定种子的发芽势和发芽率，评定品种的抗旱性。也可以同时测定胚芽鞘和根的长度等，以反映品种的抗旱性强弱。

（三）立体叶片持水力测定

1、称量牧草幼苗展开后的顶部真叶 5~10 片，分别称其鲜重，并对每份样品进行编号，重复 3~4 次。

2、将称过鲜重的叶片放入 25~30℃的干燥器中，在黑暗条件下干燥 2~6h 后称量失水叶片质量。

数据记录及结果分析

计算每份样品的失水率：

$$\text{失水率} = \frac{g_1 - g_2}{g_1} \times 100\%$$

式中 g_1 ——鲜重 (g)；

g_2 ——失水后重 (g)。

计算出每一供试品种叶片的平均失水率，并进行比较。一般抗旱性强的品种叶片持水力高于抗旱性差的品种。

（四）游离脯氨酸含量的测定

1、绘制脯氨酸标准曲线

（1）称取 10mg 脯氨酸，蒸馏水溶解后定容至 100mL，其浓度为 100ug/mL 母液。

（2）取母液 0、0.5、1.25、2.5、5.0、7.5、10.0mL 分别放入 7 个 50mL 容量瓶中，再分别加蒸馏水定容至 50mL，配成 0、1.0、2.5、5.0、10.0、15.0、20.0ug/mL 的标准系列溶液。

（3）分别取上述各溶液 2mL，加入已编号的 7 个试管中，再分别加入 2mL 冰醋酸、4mL 酸性茚三酮试剂、2mL 磺基水杨酸溶液，摇匀后用玻璃盖上试管口，在沸水浴中反应 2h。

（4）将试管取出冷却至室温，然后向各试管中加入 4mL 甲苯，充分震荡后静置约 10min，红色反应产物被萃取到甲苯层。

（5）用滴管吸取红色的甲苯萃取液于比色皿中，在分光光度计 520nm 波长处测定吸光度。

（6）以脯氨酸含量为横坐标，吸光度为纵坐标绘制标准曲线。

2、游离脯氨酸的提取

称取 0.3g 叶片鲜样（来自经干旱处理和对照的不同材料），剪碎后放入具塞试管中，加 5mL 3%磺基水杨酸溶液，加塞后在沸水浴中提取 10min，过滤液待测。

3、游离脯氨酸的测定

取提取液 2mL 于具塞试管中，加入 2mL 蒸馏水、2mL 冰醋酸和 4mL 酸性茚三酮试剂，摇匀后在沸水浴中加热显色 2h，取出后冷却至室温，加入 4mL 甲苯，充分摇匀以萃取红色产物。静置约 10min，吸取甲苯层，于分光光度计 520nm 波长处测定吸光度。

数据记录及结果分析

计算样品中的脯氨酸含量：

$$\text{脯氨酸含量}(\mu\text{g/g}) = (C \times V / A) / W$$

式中 C ——由标准溶液查得脯氨酸含量 (μg)；

V ——提取液总体积 (mL)；

A ——测定液总体积 (mL)

W ——样品质量 (g)

各种植物在水分胁迫时，脯氨酸的积累有很大差异，有些抗旱品种在轻度干旱胁迫时脯氨酸含量并不增加，而一些不抗旱品种，器官组织内部水势下降快，游离脯氨酸积累也快。因此，用脯氨酸积累作为抗旱鉴定指标时，应结合其他抗旱鉴定指标一起评价。

六、实验结果

评价出草地植物的抗旱性强弱。

实验十 盐碱化草地土壤盐分测定

一、实验目的

盐碱土是指盐土、碱土以及各种盐化、碱化土壤，一般统称为盐碱土（盐渍土）。我国分布着不同类型的盐碱土壤，是一个重要的土地资源。

盐碱化是我国草地退化的一种主要形式。从 20 世纪 60-70 年代，一些草地开始出现严重的盐碱化现象，尤其在松嫩平原上，松嫩平原被认为是世界三大盐碱土的集中分布区之一。

草地发生盐碱化，其特征不仅表现在植物群落中的耐盐碱植物比例提高，土壤的化学性质也有强烈的盐碱化改变。盐碱化草地的土壤在其盐分含量与 pH 值两个方面有显著不同。通常土壤中的总盐含量升高，pH 值主要与土壤的碱化有关，pH 值越高则土壤的碱化度越高。松嫩草原的 pH 值一般情况下都大于 8.5，严重地段可达 10 左右。通过实验熟悉盐碱化草地土壤盐分的测定方法，了解草地盐碱化的过程。

二、实验内容

水溶性盐的测定主要分两步，一是用一定水土比制备浸出液，以提出盐分；二是测定浸出液中的盐分。盐分测定中主要测定 8 个离子，即阴离子： CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 和阳离子： Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ ，微量元素可忽略不计。一般根据生产和科研中的分析目的而定，不要求每项都测定。要了解盐渍土类型、盐分组成和水盐动态时，可测总盐量和阴、阳离子组成。

水溶性盐的测定包括全盐量、离子总量、各种离子含量，通常将 pH 测定列入盐碱化土壤的例行测定分析项目中。通常的测定方法：

CO_3^{2-} 和 HCO_3^- —中和滴定法（双指示剂法）

Cl^- —莫尔（Mohr）法（分布沉淀滴定法）

Ca^{2+} 和 Mg^{2+} —EDTA 络合滴定法 乙二胺四乙酸二钠盐

SO_4^{2-} —EDTA 间接络合滴定法

Na^+ 和 K^+ —火焰光度法

全盐量—电导法

pH—电位法

（一）土壤水溶性盐的浸提

1、实验原理

制备盐渍土水浸出液的水土比例有多种，如 1:1、2:1、5:1、10:1 和饱和土浆浸出液等。一般来讲，水土比例越大，分析操作越容易，但对作物生长的相关性差。因此，为了研究盐分对植物生长的影响，最好在田间湿度情况下获得土壤溶液；如果研究土壤中盐分的运动规律或某种改良措施对盐分变化的影响，则可用较大的水土比（5:1）浸提水溶性盐。

浸出液中各种盐分的绝对含量和相对含量受水土比例的影响很大。有些成分随水分的增加而增加，有些则相反。一般来讲，全盐量是随水分的增加而增加。含石膏的土壤用 5:1 的水土比例浸提出来的 Ca^{2+} 和 SO_4^{2-} 数量是用 1:1 的水土比的 5 倍，这是因为水的增加，石膏的溶解量也增加。含碳酸钙的盐碱土，水的增加， Na^+ 和 HCO_3^- 的量也增加。 Na^+ 的增加是因为碳酸钙溶解， Ca^{2+} 把胶体上 Na^+ 置换下来的结果。5:1 的水土比浸出液中的 Na^+ 比 1:1 浸出液中的大 2 倍。对碱化土壤来说，用高的水土比例浸提对 Na^+ 的测定影响较大，故 1:1 浸出液更适用于碱土化学性质分析方面的研究。

我国采用 5:1 浸提法较为普遍，在此重点介绍 1:1、5:1 浸提法和饱和土浆浸提法，以便在不同情况下选择使用。

2、器材与用品

器材：台秤（感量 0.1g）、三角瓶、布氏漏斗、抽滤瓶、往返式电动振荡机、滤纸、真空泵、分析天平（感量 0.0001g）、烘箱、离心机（4000r/min）。

试剂：无二氧化碳的蒸馏水、1g/L 六偏磷酸钠溶液。

3、实验步骤

（1）1:1 水土比浸出液的制备

称取通过 1mm 筛孔相当于 100.0g 烘干土的风干土，如风干土含水量为 3%，则称取 103g 风干土放入 500mL 的三角瓶中，加入刚沸过的冷蒸馏水 97mL，则水土比为 1:1。盖好瓶塞，在振荡机上振荡 15min。

用直径 11cm 的布氏漏斗过滤，用密实的滤纸，倾倒土液时应摇浑泥浆，在抽气情况下缓缓倾入漏斗中心。当滤纸全部湿润并与漏斗底部完全密接时再继续倒入土液，这样可避免滤液浑浊。如果滤液浑浊应倒回重新过滤或弃去浊液。如果过滤时间长，用表面皿盖上以防水分蒸发。

将清亮液收集在 250mL 细口瓶中，每 250mL 加 1g/L 六偏磷酸钠一滴，贮存在 4℃ 备用。

（2）5:1 水土比浸出液的制备

称取通过 1mm 筛孔相当于 50.0g 烘干土的风干土，放入 500mL 的三角瓶中，加入 250mL（如果土壤含水量为 3% 时，加水量应加以校正）。

盖好瓶塞，在振荡机上振荡 3min，或用手振荡 3min。然后将布氏漏斗与抽气系统相连，铺上与漏斗直径大小一致的紧密滤纸，缓缓抽气，使滤纸与漏斗紧贴，先倒少量土液于漏斗中心，使滤纸湿润并完全贴实在漏斗底下，再将悬浊土浆缓缓倒入，直至抽滤完毕。如果滤液开始浑浊应倒回重新过滤或弃去浊液，将清亮滤液收集备用。

如果遇到碱性土壤，分散性很强或质地黏重的土壤，难以得到清亮滤液时，最好用素陶瓷中孔（巴斯德）吸滤管减压过滤。如用巴士滤管过滤应加大土液数量，过滤时可用几个吸滤瓶连接在一起。

（3）饱和土浆浸出液的制备

称取风干土样（1mm）20~25g，用毛管吸水饱和和法制成饱和土浆，放在 105~110℃ 烘箱中烘干、称重，计算出饱和土浆含水量。

制备饱和土浆浸出液所需的土样重与土壤质地有关。一般制备 25~30mL 饱和土浆浸出液需要土样重：壤质沙土 400~600g，沙壤土 250~400g，壤土 150~250g，粉沙壤土和黏土 100~150g，黏土 50~100g。根据此标准，称取一定量的风干土样，放入一个带盖的塑料杯中，加入计算好的所需水量，充分混合成糊状，加盖防止蒸发。放在低温处过夜（14~16h），次日再充分搅拌。将此饱和土浆在 4000r/min 下离心，提取土壤溶液，或移入预先铺有滤纸的砂芯漏斗或平瓷漏斗中（用密实的滤纸，先加少量泥浆润湿滤纸，抽气使滤纸与漏斗紧贴，在漏斗上，继续倒入泥浆），减压抽滤，滤液收集在一个干净的瓶中，加塞盖紧，供分析用。浸出液的 pH 值、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 和电导率应当立即测定。其余的浸出液，每 25mL 溶液加 1g/L 六偏磷酸钠 1 滴，以防在静置时碳酸钙从溶液中沉淀。盖紧瓶口，留待分析用。

（二）土壤酸碱度的测定—pH 计法

1、实验原理

电位法测土壤浸提液或悬液的 pH 时，有一个指示电极，一个参比电极（甘汞电极）。甘汞电极的电位不随离子活度而改变，当两个电极同时在溶液中时，之间形成电位差由此可测出氢离子的活度。但须在已知 pH 的溶液中调试。

2、器材与用品

数字酸度计、小烧杯、三角瓶、振荡机、玻璃棒、洗瓶、蒸馏水

3、实验步骤

(1) 标准缓冲液的配备

① pH 为 4.01 的标准缓冲液配备：称取在 105℃ 烘过的苯二甲酸氢钾 ($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$) 10.21g，用蒸馏水溶解后稀释到近 1L，然后定容到 1L。即为 pH 为 4.01，浓度为 0.05M 的苯二甲酸氢钾溶液。

② pH 为 6.78 的标准缓冲液配备：称取在 45℃ 烘过的磷酸二氢钾 3.39g 和无水磷酸氢二钠 3.53g，（或用带 12 个结晶水的磷酸氢二钠于干燥器中放置二周，使成为带 2 个结晶水的磷酸氢二钠，再经 130℃ 烘成无水磷酸氢二钠备用），溶解在蒸馏水中，定容至 1L。

③ pH 为 9.18 的标准缓冲液配备：称 3.8g 硼砂 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 溶于无 CO_2 的蒸馏水中，定容至 1L。此缓冲液容易变化，应注意密封保存。

(2) 待测液的制备

土壤样品与水按一定的水土比例混合，经过一段时间振荡后土壤中可溶盐即溶于水中，经过滤后即可供测定。

水土比例在我国一般采用 5:1，统一了水土比，但这个水土比所提取的硫酸盐和碳酸盐数量偏多。国际上水土比也不统一，有 1:1；1:2 直到 1:5。

加水后的振荡时间统一规定为 3 分钟，振荡后立即过滤，振荡和放置时间过长，中溶性和难溶性盐进入溶液的数量将增多。

操作：1.称取过 1mm 筛的风干土样 10g，放入 150ml 的干燥三角瓶中，用量筒加入无 CO_2 的蒸馏水 50ml，用橡皮塞塞紧瓶口，往复振荡 3 分钟即过滤。2.用干燥的滤纸和漏斗过滤，滤液用干燥的三角瓶承接，如滤液浑浊可将滤液振荡后倒回悬液反复过滤知道澄清。最后将三角瓶中的滤液导入小烧杯测定 pH 值。3.滤液尽可能在 1 天内测定结束，并且尽快测定 pH 、 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- ， Ca^{2+} 和 Mg^{2+} ，因为滤液吸收了空气中的 CO_2 会影响数值。

(3) pH 值的测定

①接通电源预热 5min，将电极固定在电极夹上，调整好电极位置；

②测定待测液的温度和 pH 值，读数。取出电极，洗净，用滤纸吸干，准备测定另一份待测液；

③仪器用完，把各开关旋钮复位，拔下电源，将仪器原状放回原处。

4、实验小结

得出土壤的 pH 测定结果。

(三) 土壤可溶性盐总量的测定—电导法

测定土壤可溶性盐总量有电导法和残渣烘干法。电导法比较简便、方便、快速。残渣烘干法比较准确，但操作烦琐、费时。另外，它也可用于阴阳离子总量相加计算。

1、实验原理

土壤可溶性盐是强电解质，其水溶液具有导电作用。以测定电解质溶液的电导为基础的分析方法，称为电导分析法。在一定浓度范围内，溶液的含盐量与电导率呈正相关。因此，土壤浸出液的电导率的数值能反映土壤含盐量的高低，但不能反映混合盐的组成。如果土壤溶液中几种盐类彼此间的比值比较固定，则用电导率值测定总盐分浓度的高低是相当准确的。土壤浸出液的电导率可用电导仪测定，并可直接用电导率的数值来表示土壤含盐量的高低。

将连接电源的两个电极插入土壤浸出液（电解质溶液）中，构成一个电导池。正负两种离子在电场作用下发生移动，并在电极上发生电化学反应而传递电子，因此电解质溶液具有导电作用。

根据欧姆定律，当温度一定时，电阻与电极间的距离（L）成正比，与电极的截面积（A）成反比。

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

式中 R ——电阻 (Ω);

L ——电阻子电极间的距离 (cm);

A ——电极二截面积 (cm^2)

ρ ——电阻率

当 $L=1\text{cm}$, $A=1\text{cm}^2$ 则 $R=\rho$, 此时测得的电阻称为电阻率 ρ 。

溶液的电导是电阻的倒数, 溶液的电导率 (EC) 则是电阻率的倒数。

$$EC = \frac{1}{\rho}$$

电阻率的单位常用西门子/米 (S/m)。土壤溶液的电导率一般小于 1S/m, 因此, 常用 dS/m (分西门子/米) 表示。

两电极片间的距离和电极片的截面积难以精确测量, 一般可用标准 KCl 溶液 (其电导率在一定温度下式已知的) 求出电极常数 (K):

$$\frac{EC_{kcl}}{S_{kcl}} = K$$

K 为电极常数, EC_{kcl} 为标准 KCl 溶液 (0.02mol/L) 的电导率 (dS/m), 18°C 时 $EC_{kcl}=2.397\text{dS/m}$, 25°C 时为 2.765dS/m。 S_{kcl} 为同一电极在相同条件下实际测得的电导值。那么, 待测液测得的电导度乘以电极常数就是待测液的电导率:

$$EC = KS$$

式中 EC ——待测液的电导率 (dS/m);

K ——电极常数;

S ——待测液电导度 (dS/m)。

大多数电导仪有电极常数调节装置, 可以直接读出待测液的电导率, 无须再用电极常数进行结果计算。

2、器材与用品

器材: 电导仪、电导电极、烧杯。

试剂: 0.01mol/L 的氯化钾溶液: 称取干燥分析纯氯化钾 0.7456g 溶于刚煮沸过的冷蒸馏水中, 于 25°C 稀释至 1L, 贮于塑料瓶中备用。这一参比标准溶液在 25°C 时的电阻率是 1.421dS/m。0.02mol/L 的氯化钾溶液: 称取氯化钾 1.4911g, 筒上法配成 1L, 则 25°C 时的电阻率是 2.765dS/m。

3、实验步骤

(1) 吸取土壤浸出液或土样 30~40mL, 放在 50mL 的小烧杯中 (如果土壤只用电导仪器测定总盐量, 可称取 4g 风干土放在 25mm×200mm 的大试管中, 加水 20mL, 盖紧皮塞, 振荡 3min, 静置澄清后, 不必过滤直接测定) 测量液体温度。如果测一批样品时, 应每隔 10min 测一次液体温度, 在 10min 内所测样品可用前后两次液体温度的平均温度或者在 25°C 恒温水浴中测定。

(2) 将电极用待测液淋洗 1~2 次 (如待测液少或不易取出时可用水冲洗, 用滤纸吸干), 再将电极插入待测液中, 使铂片全部浸没在液面下, 并尽量插在液体的中心部位。按电导仪说明书调节电导仪, 测定待测液的电导度 (S), 记下读数。每个样品应重读 2~3 次, 以防偶尔出现的误差。

(3) 一个样品测定后及时用蒸馏水冲洗电极, 如果电极上附着水滴, 可用滤纸吸干, 以备测定下一个样品继续使用。

4、数据记录及结果分析

(1) 土壤浸出液的电导率

$$EC_{25} = \text{电导度}(S) \times \text{温度校正系数}(f_t) \times \text{电极常数}(K)$$

一般电导仪的电极常数值已在仪器上补偿，故只要乘以温度校正系数即可，不需要再乘电极常数。温度校正系数（ f_t ）可查表 10-1。粗略校正时，可按每增高 1℃，电导度月增加 2% 计算。

当液温在 17-35℃ 时，液温与标准液温 25℃ 每差 1℃，则电导率约增减 2%，所以 EC_{25} 也可按下式直接算出：

$$EC_t = S_t \times K$$
$$EC_{25} = EC_t - [(t - 25) \times 2\% \times EC_t] = EC_t [1 - (t - 25) \times 2\%] = KS_t [1 - (t - 25) \times 2\%]$$

表 10-1 电阻或电导的温度校正系数（ f_t ）

温度（℃）	校正值	温度（℃）	校正值	温度（℃）	校正值	温度（℃）	校正值
3.0	1.709	20.0	1.112	25.0	1.000	30.0	0.907
4.0	1.660	20.2	1.107	25.2	0.996	30.2	0.904
5.0	1.663	20.4	1.102	25.4	0.992	30.4	0.901
6.0	1.569	20.6	1.097	25.6	0.988	30.6	0.897
7.0	1.528	20.8	1.092	25.8	0.983	30.8	0.894
8.0	1.488	21.0	1.087	26.0	0.979	31.0	0.890
9.0	1.448	21.2	1.082	26.2	0.975	31.2	0.887
10.0	1.411	21.4	1.078	26.4	0.971	31.4	0.884
11.0	1.375	21.6	1.073	26.6	0.967	31.6	0.880
12.0	1.341	21.8	1.068	26.8	0.964	31.8	0.877
13.0	1.309	22.0	1.064	27.0	0.960	32.0	0.873
14.0	1.277	22.2	1.060	27.2	0.956	32.2	0.870
15.0	1.247	22.4	1.055	27.4	0.953	32.4	0.867
16.0	1.218	22.6	1.051	27.6	0.950	32.6	0.864
17.0	1.189	22.8	1.047	27.8	0.947	32.8	0.861
18.0	1.163	23.0	1.043	28.0	0.943	33.0	0.858
18.2	1.157	23.2	1.038	28.2	0.940	34.0	0.843
18.4	1.152	23.4	1.034	28.4	0.936	35.0	0.829
18.6	1.147	23.6	1.029	28.6	0.932	36.0	0.815
18.8	1.142	23.8	1.025	28.8	0.929	37.0	0.801
19.0	1.136	24.0	1.020	29.0	0.925	38.0	0.788
19.2	1.131	24.2	1.016	29.2	0.921	39.0	0.775
19.4	1.127	24.4	1.012	29.4	0.918	40.0	0.763
19.6	1.122	24.6	1.008	29.6	0.914	41.0	0.750
19.8	1.117	24.8	1.004	29.8	0.911		

（2）标准曲线法（或回归法）计算土壤全盐量

从土壤含盐量与电导率的相关直线或回归方程查算土壤全盐量（%或 g/kg）。

标准曲线的绘制：溶液的电导度不仅与溶液中盐分的浓度有关，而且受盐分组成成分影响。因此，要使电导度的数值能符合土壤溶液中盐分的浓度，就必须预先用所测地区盐分的不同浓度的代表性土样若干个采用残渣烘干法测得土壤水溶性盐总量。再以电导法测其土壤溶液的电导度，换算成电导率（ EC_{25} ），在方格坐标纸上，以纵坐标为电导率，横坐标为土壤水溶性盐总量，画出各个散点，将有关点作出曲线，或者计算出回归方程。

根据这条直线或方程，可以把同一地区的土壤溶液盐分用同一型号的电导仪测得电导度，换算成电导率，查出土壤水溶性盐总量。

表 10-2 土壤饱和浸出液的电导率与盐分和作物生长关系

饱和浸出液 $EC_{25}(dS/m)$	盐分 (%)	盐渍化程度	植物反应
0~2	< 0.1	非盐渍化土壤	对草地植物不产生盐害。
2~4	0.1~0.3	盐渍化土壤	对盐分敏感的草地植物可能受到影响。
4~8	0.3~0.5	中度盐土	对盐分敏感的植物产量受到影响，但对耐盐植物（苜蓿、羊草）影响不大。
8~16	0.5~1.0	重盐土	草地植物明显受到抑制，甚至死亡。
16	> 1.0	极重盐土	其他植物几乎不能生长，只有盐生植物能够适应。

（3）直接用土壤浸出液的电导率来表示土壤水溶性盐总量

美国用水饱和土浆浸出液的电导率来估计土壤全盐量，其结果较接近田间情况，已有明确的应用指标表 10-2。

同时，还与盐分的种类有关，碳酸钠、氯化镁对植物的危害大于土壤中其他种类的盐，而溶解度较小的硫酸钙和碳酸钙通常认为是无害的。

三、实验结果

得出草地的 pH 值和土壤可溶性盐的总量，并判断其盐碱化程度。

实验十一 草地盐生植物识别、形态特征观察

一、实验目的

盐生植物是盐渍化生长地的植物。通常称这一类植物为真盐植物或专性盐生植物，还有一些植物在非盐碱地和盐碱地都可生长发育的植物为耐盐植物、兼性盐生植物，在盐碱化环境中不能生长的植物则称为非盐生植物。通过实验了解主要科属的草地盐生植物特征。

二、器材与用品

解剖镜、镊子、放大镜、盐生植物标本。

三、实验内容

我国天然草地中，广泛分布着盐生植物，随着草地植被退化，土壤盐碱化增大，盐生植物增多。

（一）、藜科

碱蓬属均为一年生专性盐生植物。叶互生，肉质，秋季变为紫红色，冬季为黑色。主要生长在碱湖周围和盐碱斑上，是重度盐碱土最常见的典型盐生植物。

有角碱蓬、翅碱蓬、碱蓬

碱蓬(*Suaeda heteroptera*)为一年生草本植物。茎直立，圆柱形。花被于果期呈五角星状。是我国温带盐碱地上常见的典型盐生植物。喜盐湿、种子休眠期很短，遇到适宜条件便可萌发。分布在东北、华北、西北的内陆盐碱土上较湿润地段。

碱地肤(*Kochia sieversiana*)为一年生草本植物。穗状花序，胞果扁球形。盐碱斑外围。经常为碱蓬群落、碱蒿群落的伴生种。在我国分布在东北、华北、西北和河南等地。

（二）蓼科

西伯利亚蓼为多年生草本植物，根状茎细长，叶有腺点；顶生圆锥花序，瘦果卵形，具三棱。为我国温带、寒温带气候区内盐碱土上最常见的专性盐生植物，是盐碱土和碱土的指示植物。在松嫩平原上的盐碱斑上多星散分布，很少形成群落。分布在我国东北、华北、西北、山东、四川、云南、西藏等地。

（三）菊科

碱蒿(*Artemisia anethifolia*)为一年或二年生草本植物，头状花序，多数排列成圆锥花序，总苞球形。是蒿属中最耐盐碱的专性盐生植物。可在 pH 值 8.5-9.5 的碱土上良好生长，忍耐 pH 值 10 以上的生境。分布在我国东北、华北、西北等省。

（四）禾本科

芨芨草(*Achnatherum splendens*)为多年生高达密丛兼性盐生草本植物。在轻度盐碱化草地上分布。一般 pH 值在 9 以下。分布在我国东北、华北、西北等省。

羊草(*Leymus chinensis*)为多年生草本植物，具有发达的根茎。穗状花序，小穗孪生或上端和基部单生。适应性强，生态幅广。轻度盐碱化草地上生长良好。属兼性盐生植物。

虎尾草(*Chloris virgata*)为一年生草本植物。茎直立，基部节常膝曲，丛生，穗状花序簇生于茎顶，小穗紧密排列于穗轴一侧。适应性强，耐盐碱性很强，可在 pH 值为 10 以上的盐碱斑上生长。

星星草(*Eragrostis cilianensis*)为多年生草本植物，密丛型禾草。小穗草绿色，成熟时为紫色。星星草喜湿，典型的耐强盐碱植物，是盐碱土的指示植物。在松嫩平原上广泛分布。可忍耐 pH 值 10 以上的碱土。在东北、西北内陆的盐碱地上分布。

（五）莎草科

碱莎（*Acorellus pannonicus*）为多年生丛生专性盐生草本植物。茎下部扁三棱形。是典型盐生植物，碱土指示植物。分布在东北、西北地区。

其他科，如百合科的碱葱（多根葱 *Allium polyrhizum*），豆科的甘草(*Scoparia dulcis*)，蒺藜科的白刺(*Nitraria tangutorum*)，怪柳科的怪柳，十字花科的碱独行菜(*Lepidium cartilagineum*)，蔷薇科的鹅绒委陵菜(*Potentilla anserina*)等等。

四、实验结果

识别出 10 种以上的主要草地盐生植物，并完成其特征描述。

实验十二、草地植物耐盐性测定

一、实验目的

通过对牧草种子萌发和幼苗生长过程中对盐胁迫的反应来掌握植物耐盐性实验的一些基本方法。

二、实验原理

当盐胁迫超出牧草正常生长、发育所能承受的范围，牧草体内就会产生一系列生理、生化变化，甚至导致牧草受伤死亡。牧草的细胞膜会遭到破坏，膜透性增大，使细胞内的电解质外渗，以致细胞浸提液的电导率增大。细胞膜质还会发生过氧化作用，丙二醛可以作为膜质过氧化指标来表示细胞膜质过氧化程度和牧草对逆境条件反应的强弱。脯氨酸是植物体内主要渗透调节物质，可以在一定程度上反应牧草的抗逆性大小。

三、器材与用品

器材：苜蓿种子和幼苗、培养皿、滤纸、培养箱、纱布、打孔器、小烧杯、玻璃棒、真空干燥器、抽气泵、电导仪、水浴锅、研钵、研棒、离心机、分光光度计。

试剂：氯化钠、霍格兰氏营养液、蒸馏水、去离子水、重蒸去离子水、5%三氯乙酸、石英砂、0.67%硫代巴比妥酸溶液。

四、实验步骤

（一）种子萌发的耐盐性实验方法

1、种子的盐胁迫处理

挑选 100 粒饱满种子放入口径为 120mm 内铺两层滤纸的培养皿内，然后在每个培养皿中加入 4mL 的不同浓度的氯化钠盐溶液进行处理，盐溶液浓度为 0.2%、0.4%、0.6%和 0.8%，另设加蒸馏水为对照，3 次重复，将所有培养皿放在恒温光照（28℃，每天 12h 光照，光照强度为 3000lx）培养皿中，每天观察记载发芽数并补充等量的蒸馏水，使各处理盐浓度维持不变。

2、发芽势、发芽率的测定

发芽第 4d、第 21d 分别统计发芽势、发芽率并计算相对发芽势和相对发芽率。

发芽势：发芽第 4d 测定，正常发芽种子数占全部供试种子数的百分率。

相对发芽势：一定盐浓度处理下的种子发芽势占对照发芽势的百分率。

发芽率：发芽第 7d，累计发芽种子数与总种子数的百分比。

相对发芽率：一定盐浓度处理下的种子发芽率与对照的种子发芽率的百分比。

（二）温室盆栽耐盐性实验方法

1、植株的盐胁迫处理

对子叶展平后的苜蓿幼苗在苗期用水和 1/2 霍格兰氏营养液浇灌。待株高约 10cm 时，用含有不同浓度氯化钠盐的霍格兰氏营养液浇灌，处理用盐浓度为 0.2%、0.4%、0.6%和 0.8%，对照用不加盐的霍格兰氏营养液进行浇灌。各种处理及对照均设 3 次重复。处理期间每天补充蒸发损失的水分 1.5mL 以保持盐浓度不变。处理后第 10d，分别取样进行各项生理及生化指标的测定。

2、细胞质膜透性的测定

(1) 将苜蓿叶片表面的灰尘用自来水冲洗干净，再用蒸馏水及去离子水各冲洗两次，用干净的纱布将水分擦干，将叶片叠起，用打孔器打取叶圆片。

(2) 称取样品 10g 或 10 个圆片放入小烧杯，用玻璃棒轻轻压住材料，准确加入 20mL 重蒸去离子水，浸没样品。

(3) 放入真空干燥器，用抽气泵抽气 7~8min，以抽出细胞间隙中的空气。重新缓缓放入空气，水即被压入组织中而使叶下沉。

(4) 将抽过气的小烧杯取出，静置 20min，然后用玻璃棒轻轻搅动叶片，在 20~25℃ 恒温下，用电导仪测定溶液电导率。

(5) 测过电导率之后，再将叶片放入 100℃ 沸水浴中 15min（以杀死植物组织），取出冷却 10min，在 20~25℃ 恒温下测定其煮沸电导率。

(6) 数据记录及结果分析

$$\text{相对外渗率} = (\text{处理电导率} / \text{煮沸电导率}) \times 100\%$$

3、丙二醛（MDA）含量测定

(1) 称取剪碎混匀的叶片 0.5g，加入 5mL 5% 三氯乙酸和少量石英砂，研磨至匀浆，匀浆在离心机上 4000r/min 离心 10min。

(2) 吸取上清液 2mL（对照加入 2mL 蒸馏水），加入 2mL 0.67% 硫代巴比妥酸溶液，混合后在沸水浴中反应 30min，迅速冷却后再离心 10min。

(3) 取上清液分别测定其在 450nm、532nm 和 600nm 波长下的吸光值。

(4) 数据记录及结果分析

丙二醛的含量计算公式：

$$MDA \text{ 浓度 } (\mu\text{mol} / L) = 6.45 (A_{532} - A_{600}) - 0.56 A_{450}$$

$$MDA \text{ 含量 } (\mu\text{mol} / gFW) = MDA \text{ 浓度} \times \text{提取液体积} / \text{叶片鲜重}$$

4、游离脯氨酸含量测定

用酸性茚三酮法测定（具体方法详见实验九）。

五、实验结果

得出苜蓿的发芽势、发芽率、细胞质膜透性、丙二醛含量、游离脯氨酸含量，并确定牧草的耐盐性。

实验十三、退化草地测定及草地退化图的制备

一、实验目的

通过测定草地的生产力指标，学习 3S 技术绘制草地生产力分布图的制作方法，初步了解草地退化的监测及制图内容。

二、实验内容

1、3S 技术在草业科学研究的应用

“3S”技术是以遥感(RS, Remote Sensing)、地理信息系统(GIS, Geographic Information System)、全球定位系统(GPS, Global Positioning System)为基础，与其他高新技术(如网络技术，通讯技术等)有机地整合而形成的一项新的综合技术。它集信息获取、处理、应用于一身，突出地表现在信息获取与信息处理的高速、实时和信息应用的高精度和可量化方面。在空间数据处理中“3S”既各具特点，相互间又密切相关。“3S”结合应用，取长补短，是一个自然的发展趋势，三者之间的相互作用，形成了“一个大脑，两只眼睛”的框架，即 RS 和 GPS 向 GIS 提供或更新区域信息以及空间定位，GIS 进行相应的空间分析。

3S 技术的应用成为一种最广泛和有效的手段，其不受自然和社会条件的限制，可迅速获取大范围观测资料，对草原不具有任何程度上的破坏。基于遥感数据可定量、定性、定时、定位的对草原状况进行分析，其成果便于转化为空间信息数据，方便程序化分析、整理，草业领域中的许多工作如草地资源调查、草原植被状况监测、退牧还草工程、草地生态退化与修复、草地鼠虫害监测与预测等，都可以应用 3S 技术，可以说，3S 技术是草业科学研究的重要手段之一。

2、ArcGIS Desktop 软件的介绍

ArcGIS Desktop 是一个集成了众多高级 GIS 应用的软件套件，它包含了一套带有用户界面组件的 Windows 桌面应用（例如，ArcMap，ArcCatalogTM，ArcToolboxTM 以及 ArcGlobe）。

ArcMap 是一个可用于数据输入、编辑、查询、分析等等功能的应用程序，具有基于地图的所有功能，实现如地图制图、地图编辑、地图分析等功能。ArcMap 包含一个复杂的专业制图和编辑系统，它既是一个面向对象的编辑器，又是一个数据表生成器。

ArcMap 提供两种类型的地图视图：数据视图和布局视图。在数据视图中，用户可以对地理图层进行符号化显示、分析和编辑 GIS 数据集。数据视图时任何一个数据集在选定的一个区域内的显示窗口。在布局视图中，用户可以处理地图的页面，包括地理数据视图和其他数据元素，比如图例、比例尺、指北针等。

3、ARC MAP 实例操作

使用 ARC MAP10.0 制作草地生产力空间分布图。

三、器材与用品

ArcGIS Desktop10.0 软件。

四、实验步骤

1、ArcGIS Desktop10.0 软件安装

2、软件使用

(1) 打开软件：在开始菜单中找到软件的安装位置，然后点击，启动主程序，如下图 13-1 所示：

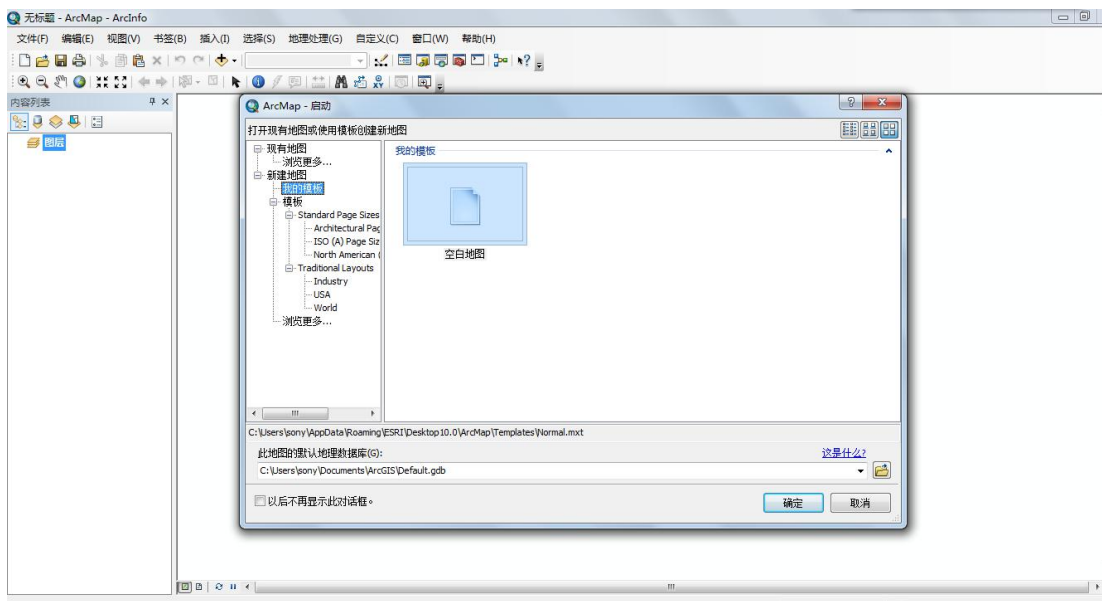


图 13-1 打开软件后的界面图

(2) 软件菜单简介：主菜单。主菜单展现 arc map 的主要功能，第一行是软件的命令菜单，第二行是常用的工具栏，如图 13-2 所示。

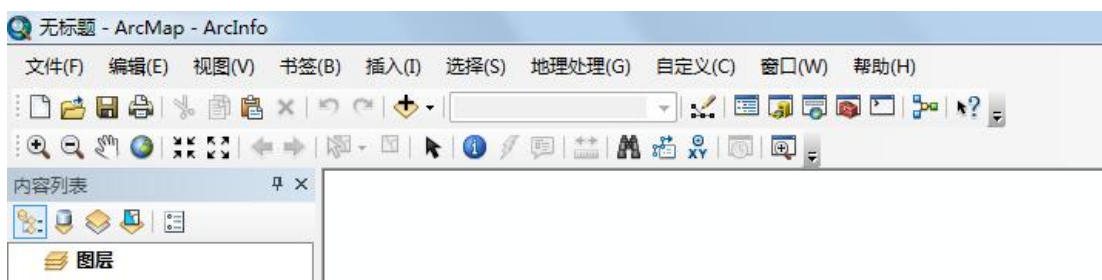


图 13-2 ArcMap 软件的菜单

3、操作实例

(1) 导入数据文件

在菜单中选择打开按钮，打开的是 mxd 工程文件，选择添加数据（添加图层文件），添加研究区域的 shp 图层文件，如图 13-3 和图 13-4 所示。

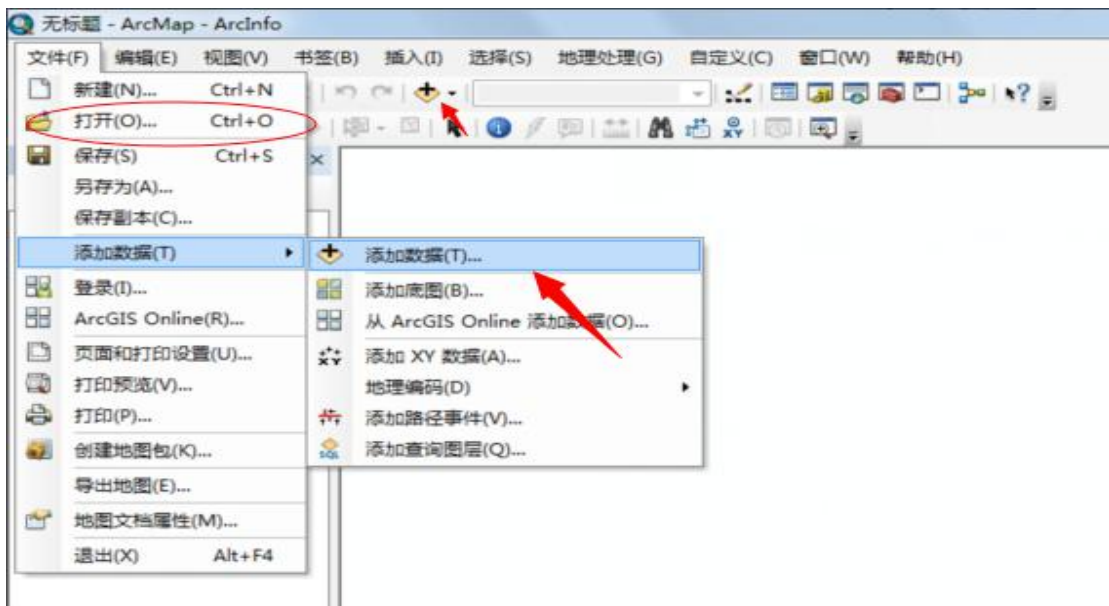


图 13-3 添加数据

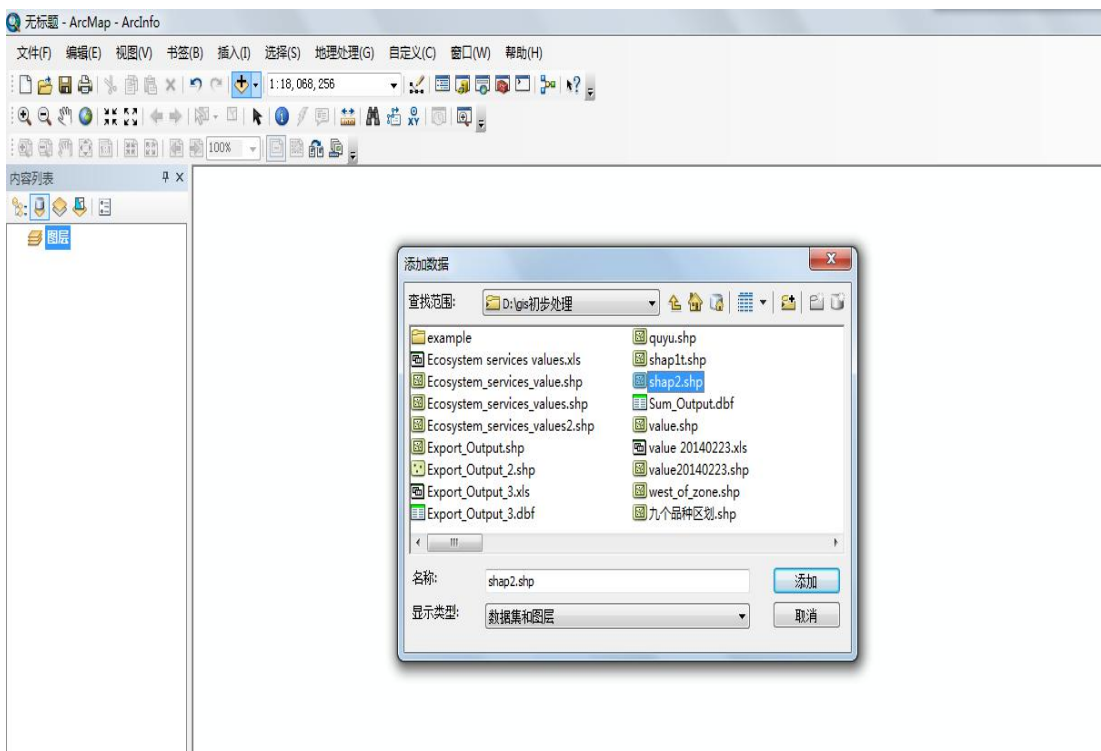


图 13-4 添加图层文件

添加研究区域的 shp 图层文件后所显示的内容如图 13-5 所示，每一个 shp 文件包含两个基本元素，图形和属性。

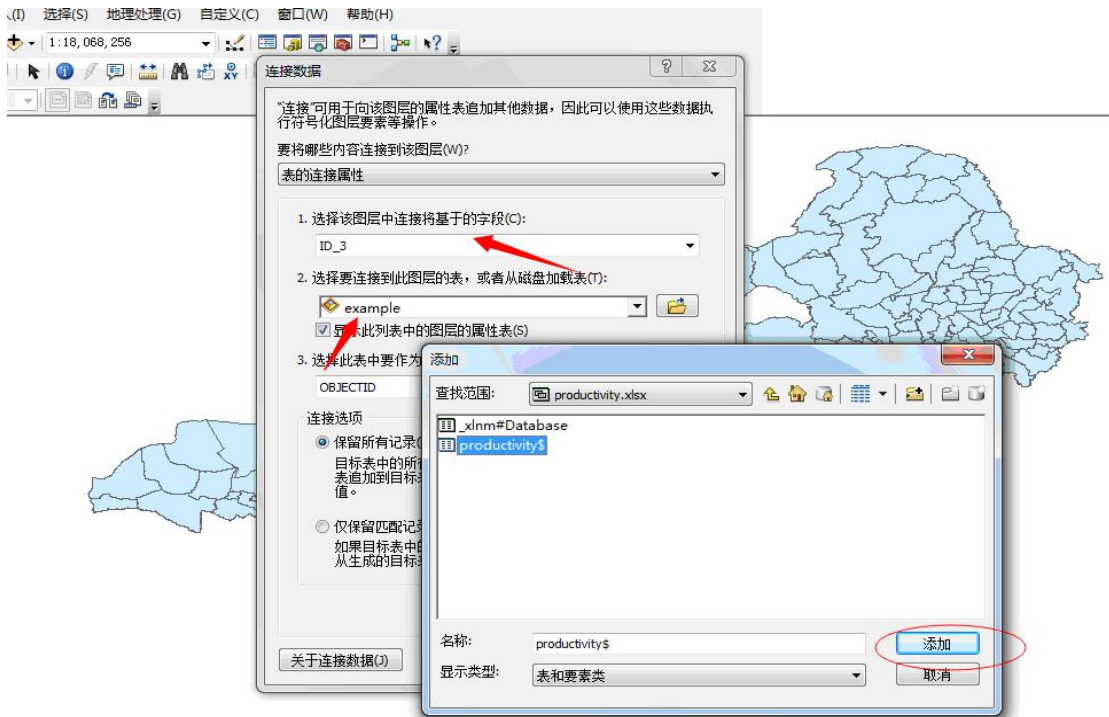


图 13-7 数据的关联 2

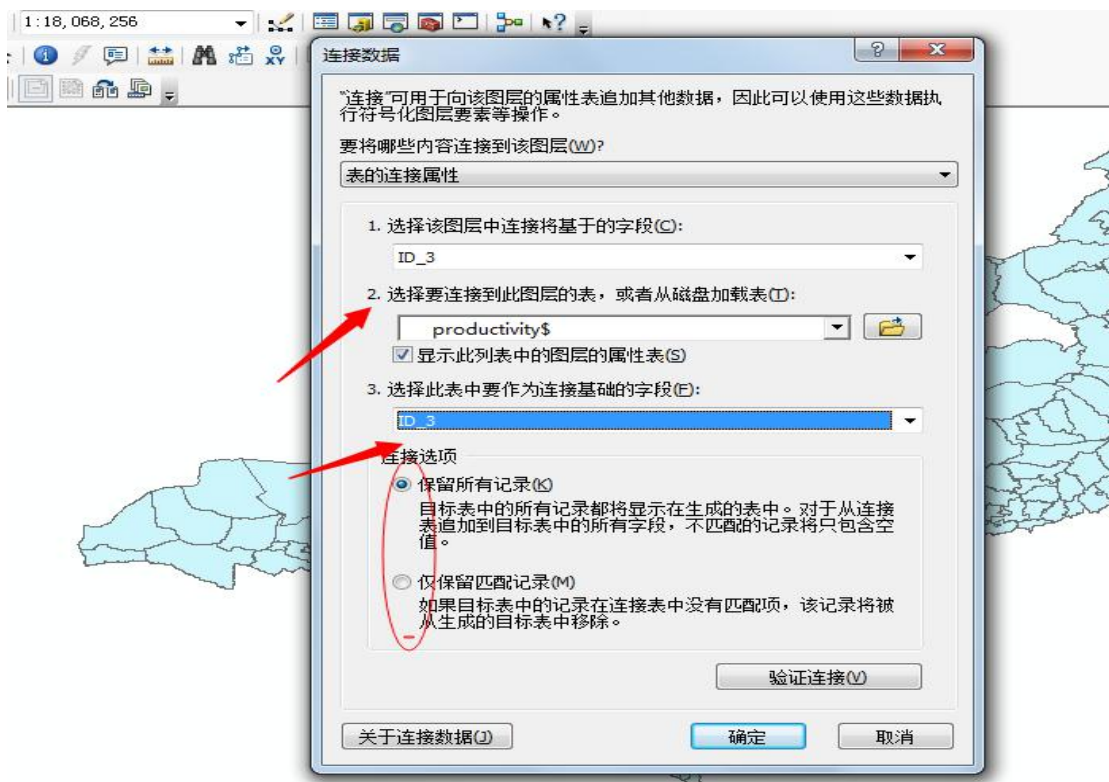


图 13-8 数据的关联 3

数据进行关联后，可以把相应区域的名称显示出来。如图 13-9、图 13-10、图 13-11 所示。

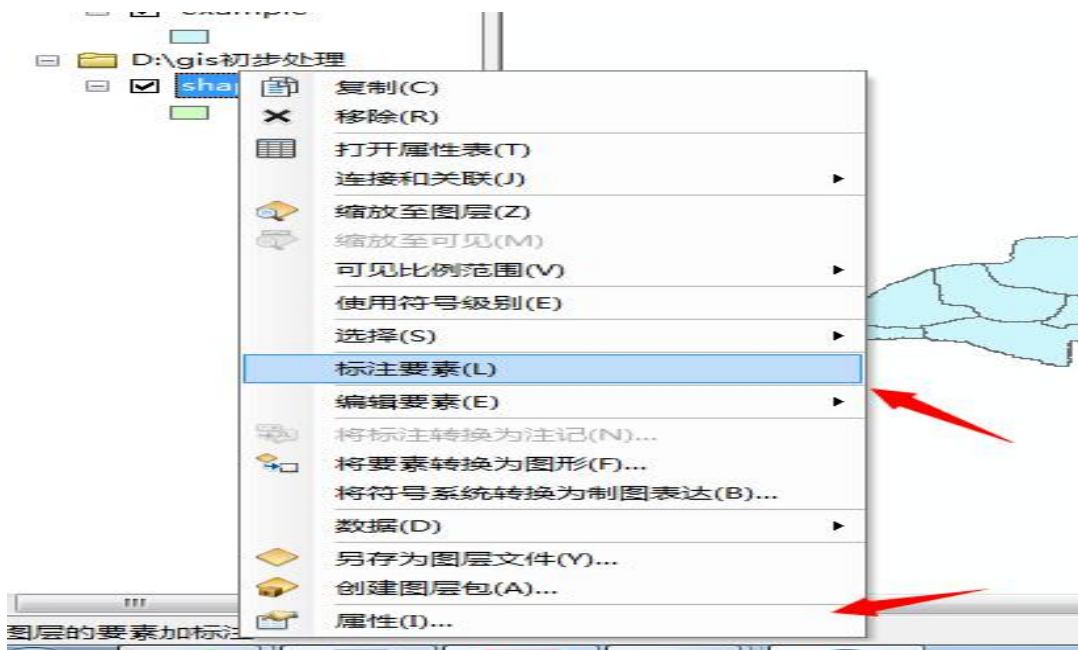


图 13-9 标注区域名称 1

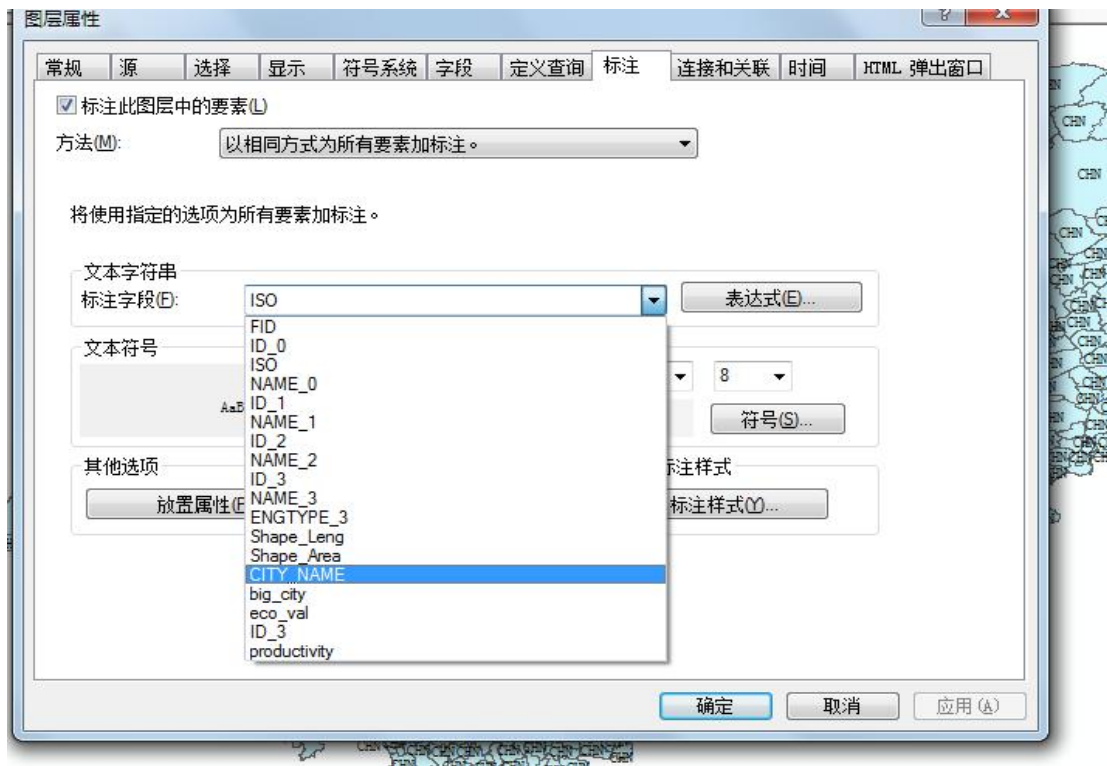


图 13-10 标注区域名称 2

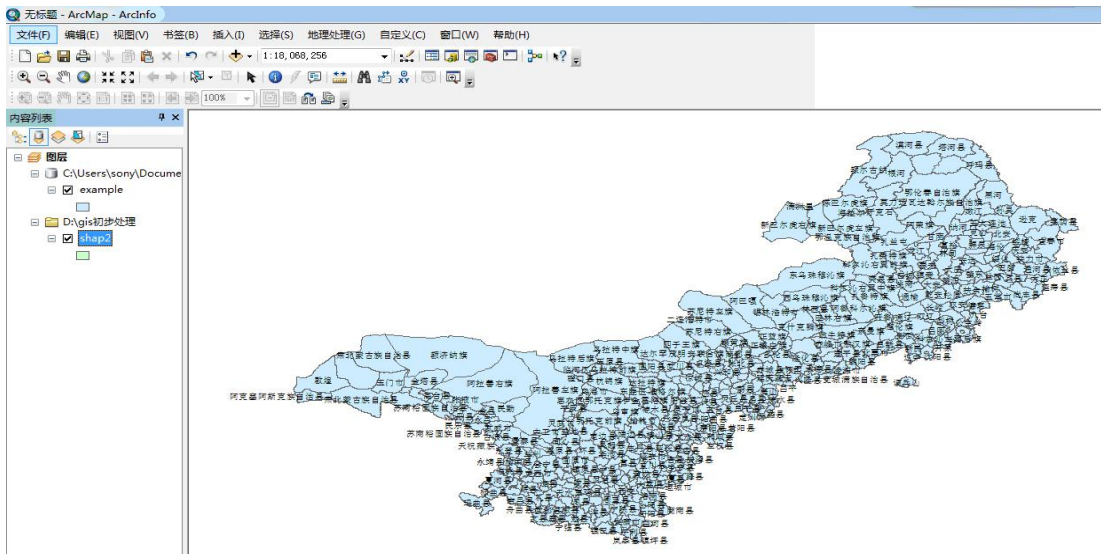


图 13-11 标注区域名称 3

然后进行草地不同生产力分级图的制作。

五、制图及出图

根据草地生产力状况，按照草地生产力的等级划分为 5 个等级，在图层属性中的分类指标中选择“5”，如图 13-12 所示，形成后的草地生产力分级图如 13-13 所示。

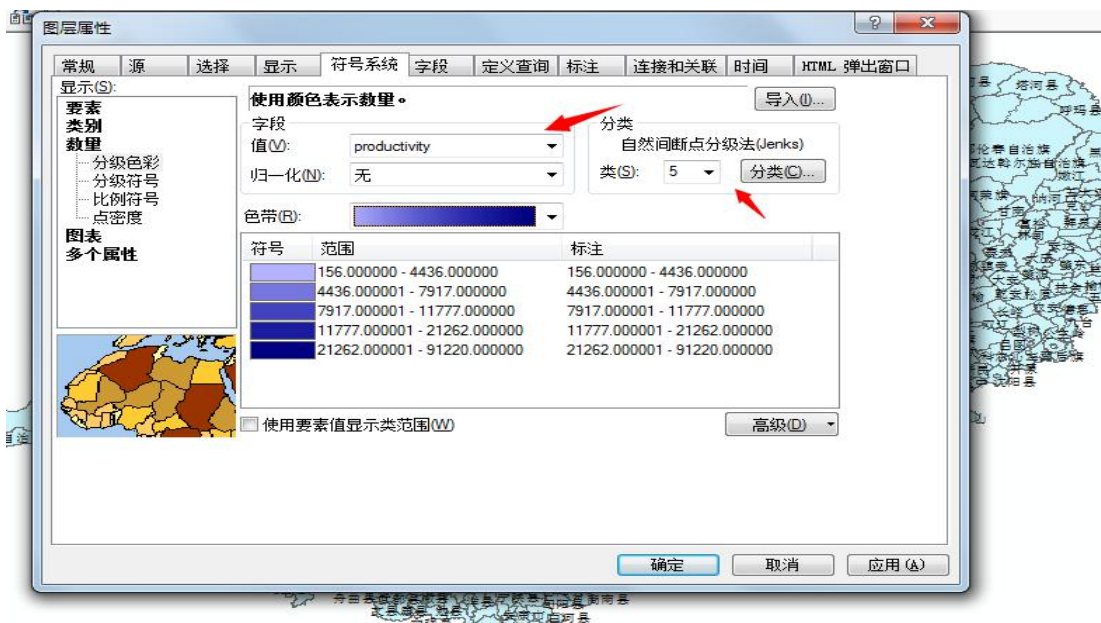


图 13-12 草地生产力的分级属性的添加

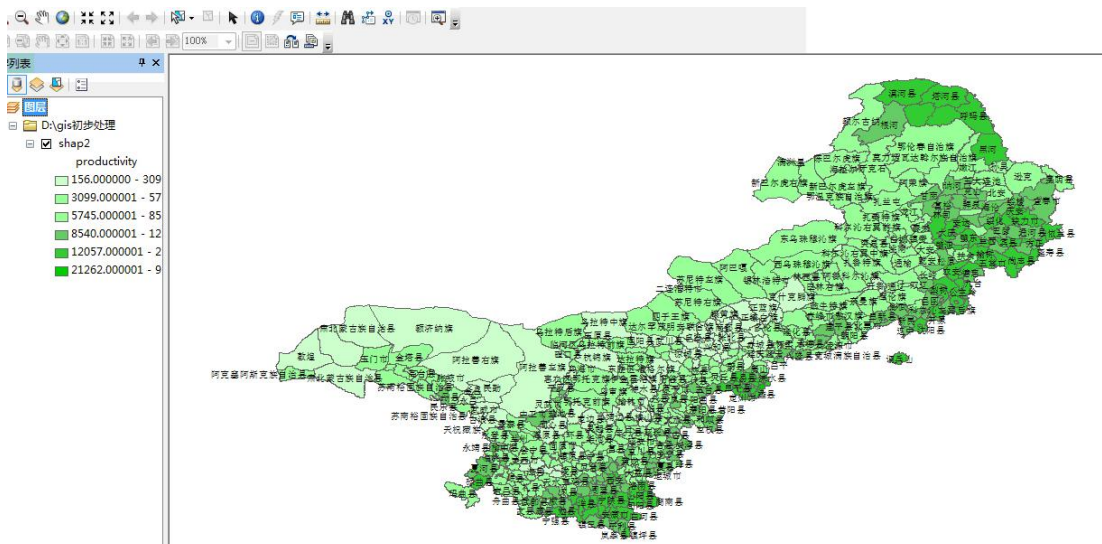


图 13-13 草地生产力的分级图

分级图完成后，需要进一步进行完善，主要包括经纬度的添加、指北针、题目、文本、比例尺的添加，以及图形的导出和打印等。

(1) 页面的选择（如图 13-14、图 13-15）

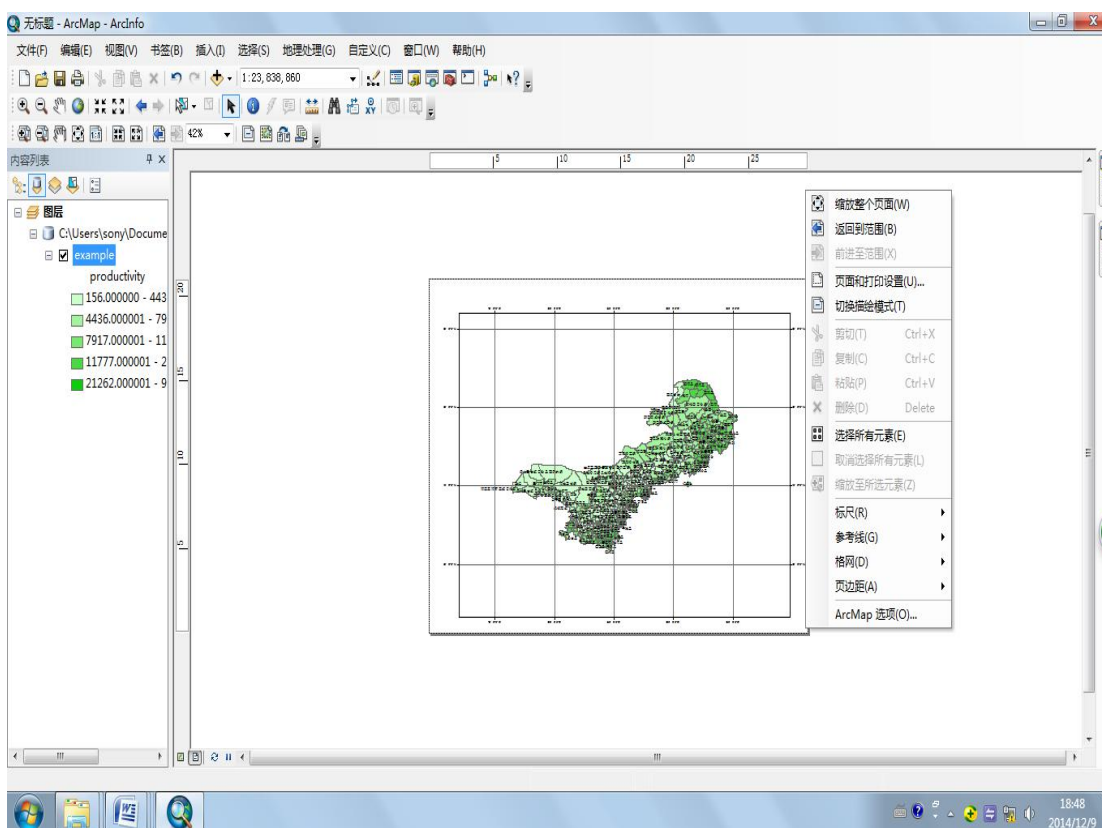


图 13-14 分级图属性的添加界面 1

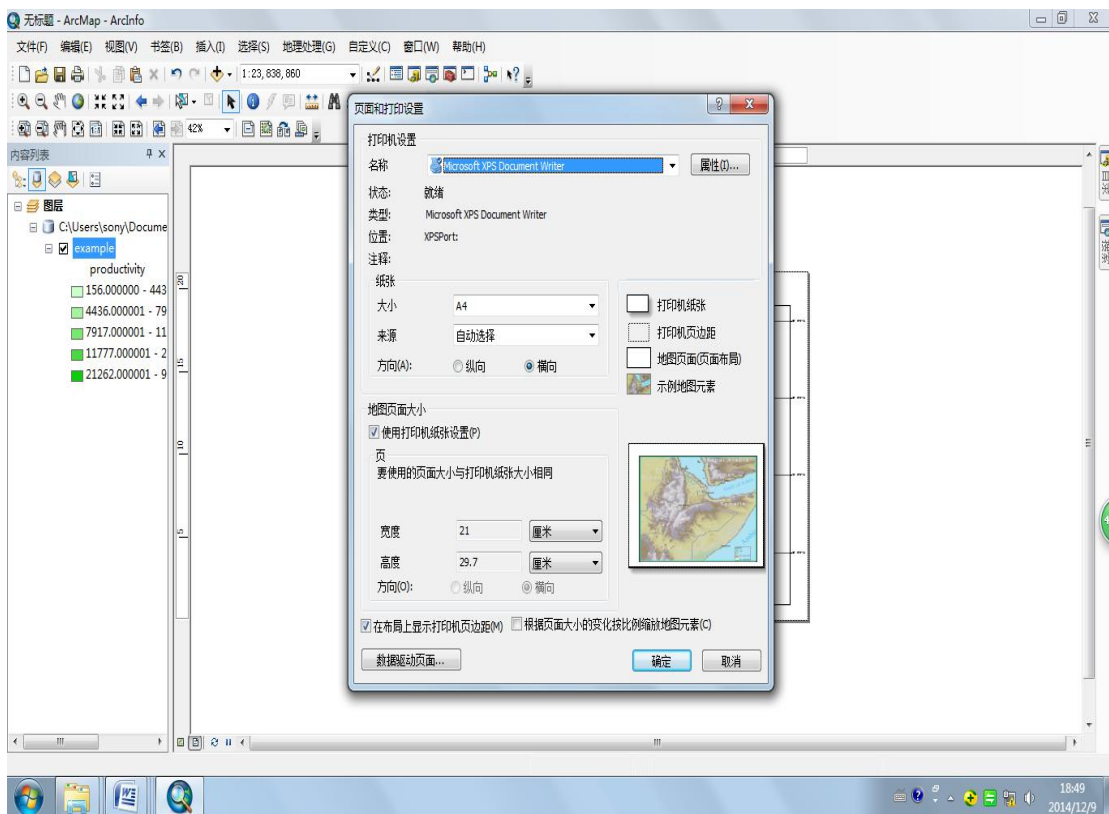


图 13-15 分级图属性的添加界面 2

(2) 添加坐标系和经纬度 (如图 13-16、图 13-17、图 13-18、图 13-19)

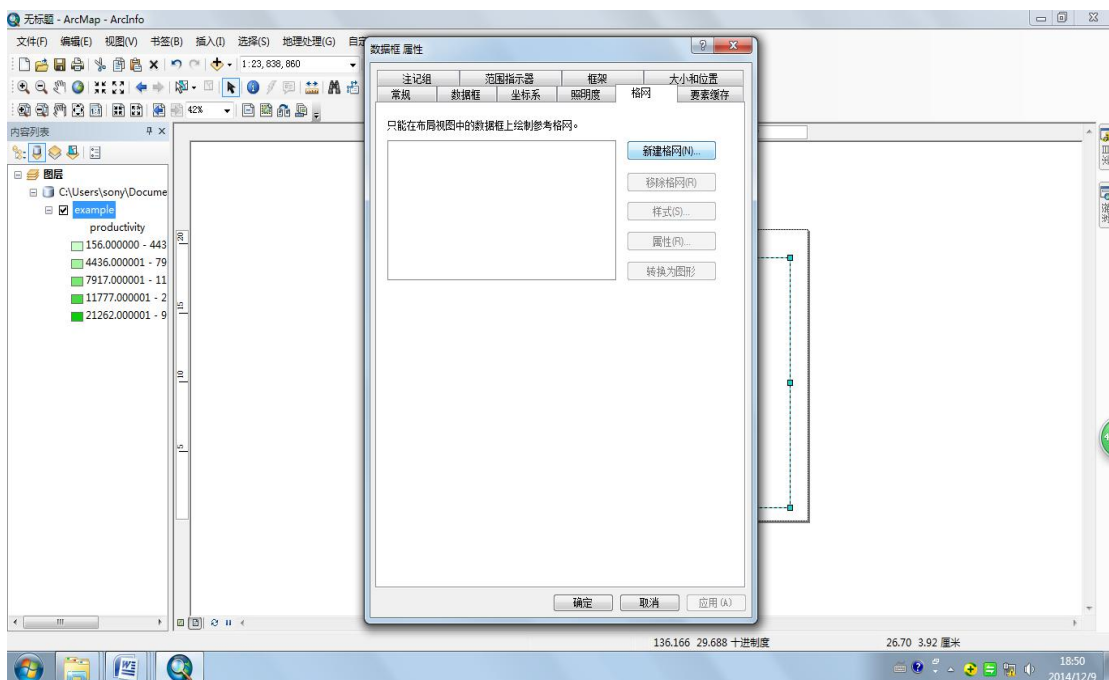


图 13-16 分级图添加坐标系和经纬度的界面

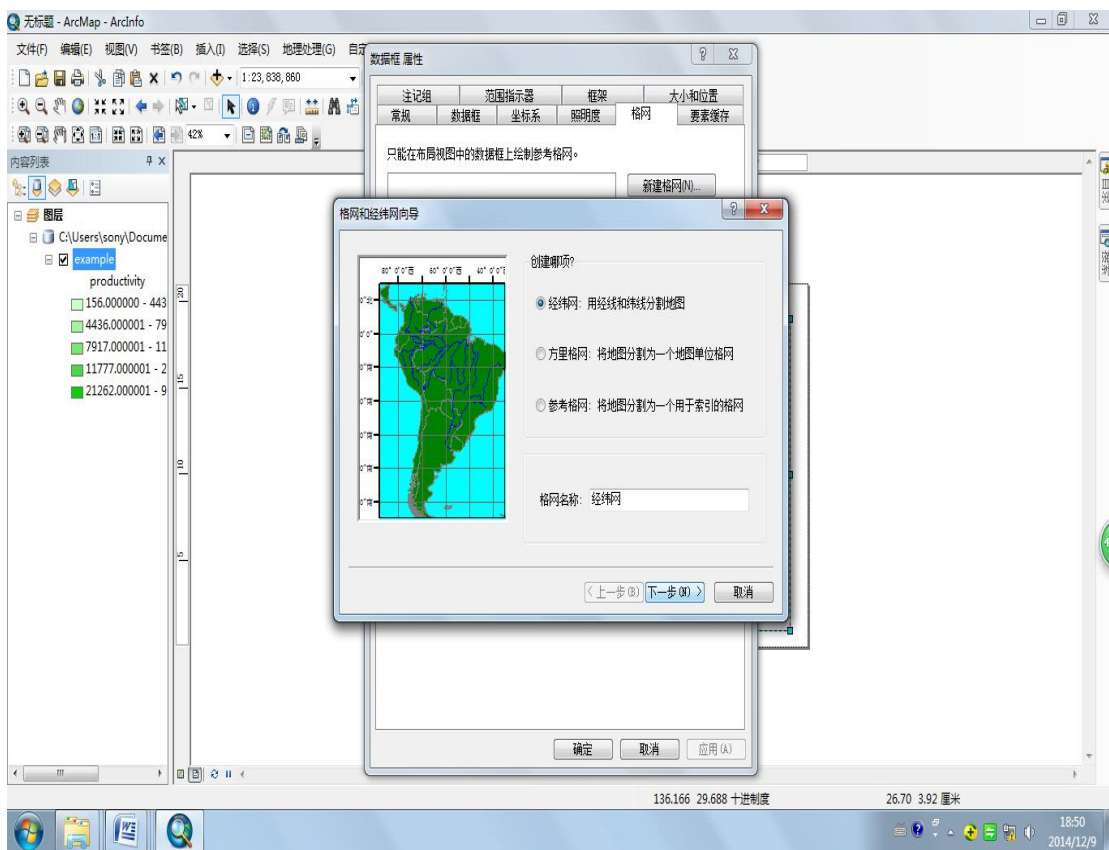


图 13-17 分级图添加坐标系和经纬度 1

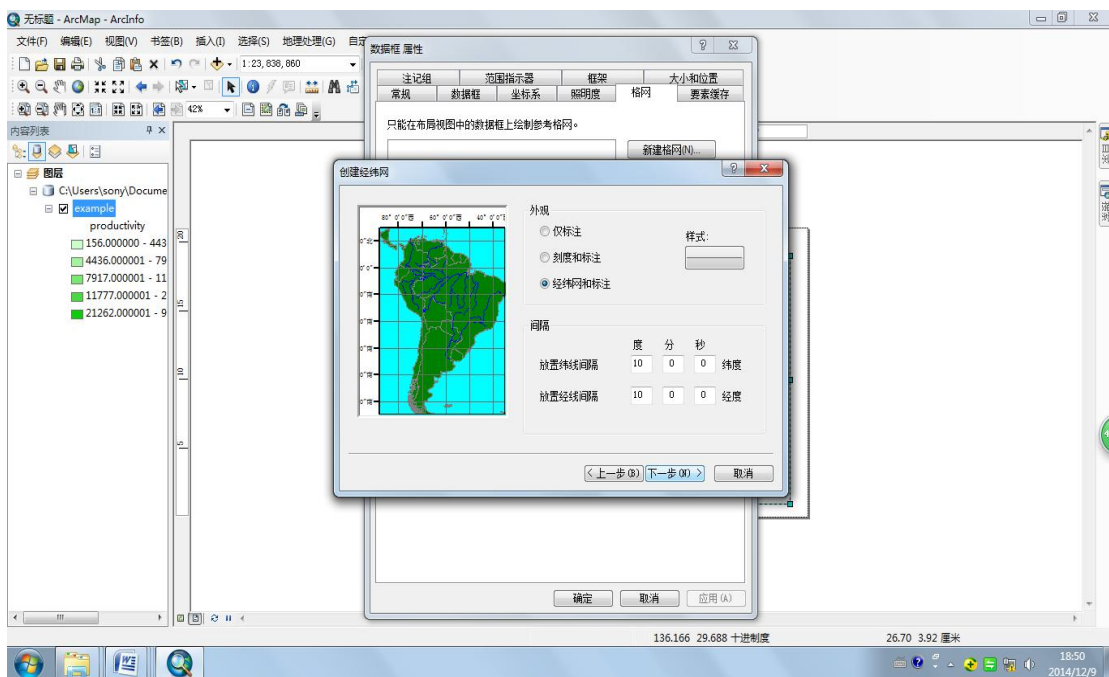


图 13-18 分级图添加坐标系和经纬度 2

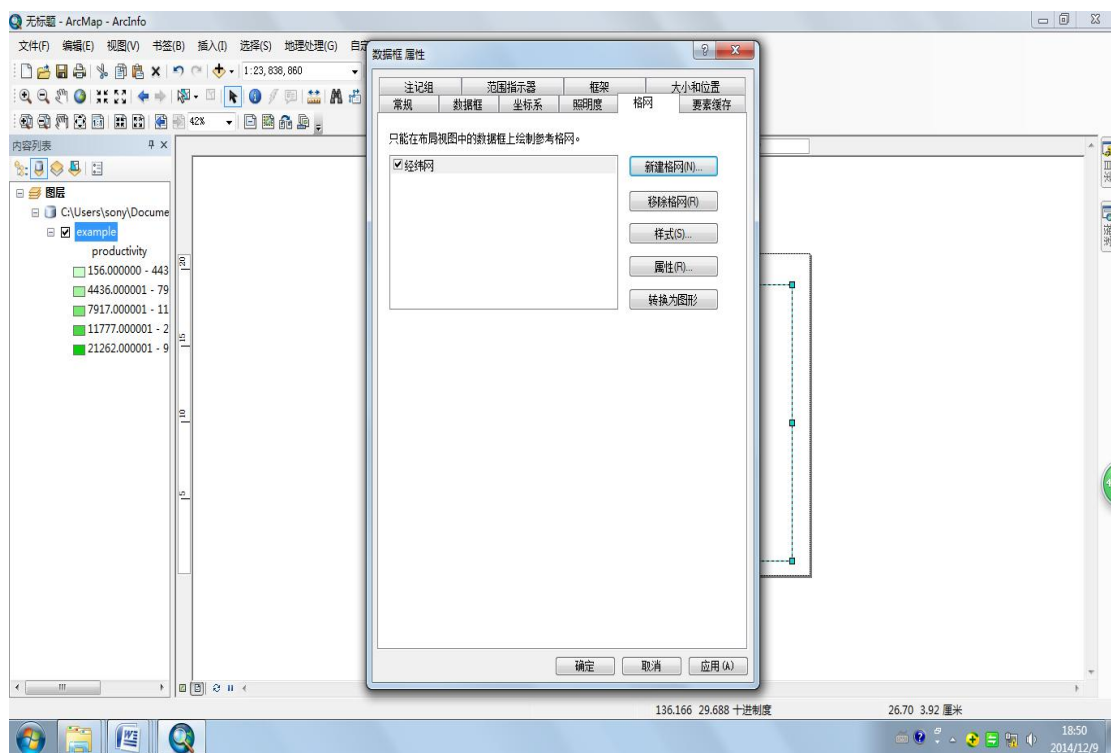


图 13-19 分级图添加坐标系和经纬度 3

(3) 图例、文本、指北针和比例尺添加（如图 13-20、图 13-21、图 13-22）

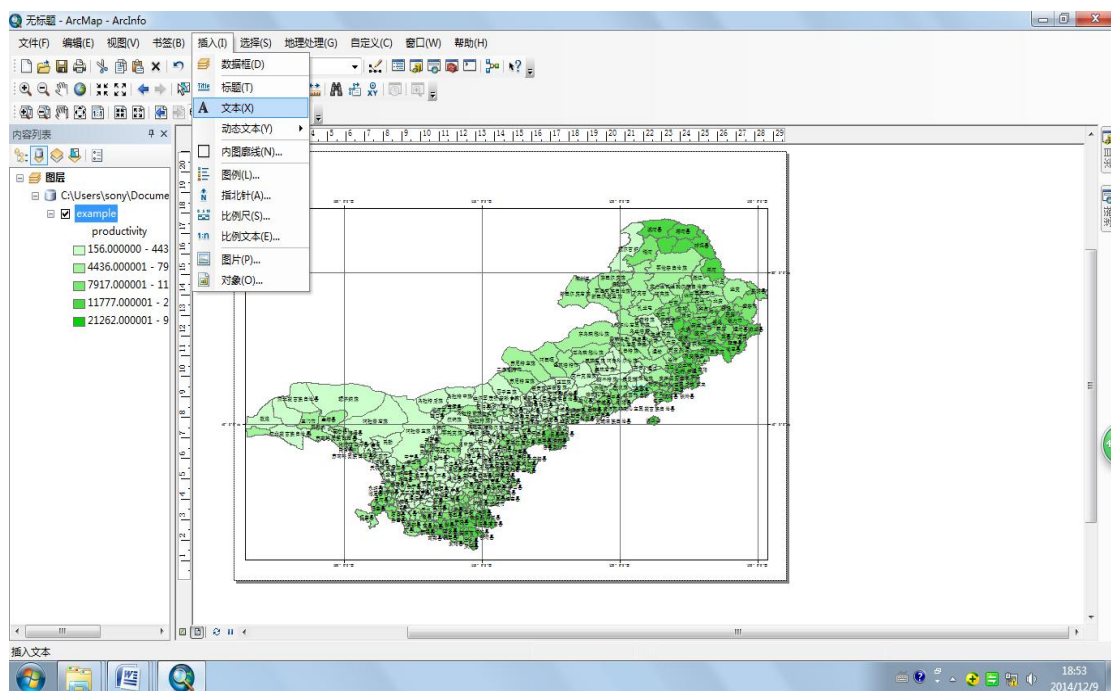


图 13-20 分级图添加图例、文本、指北针和比例尺的界面

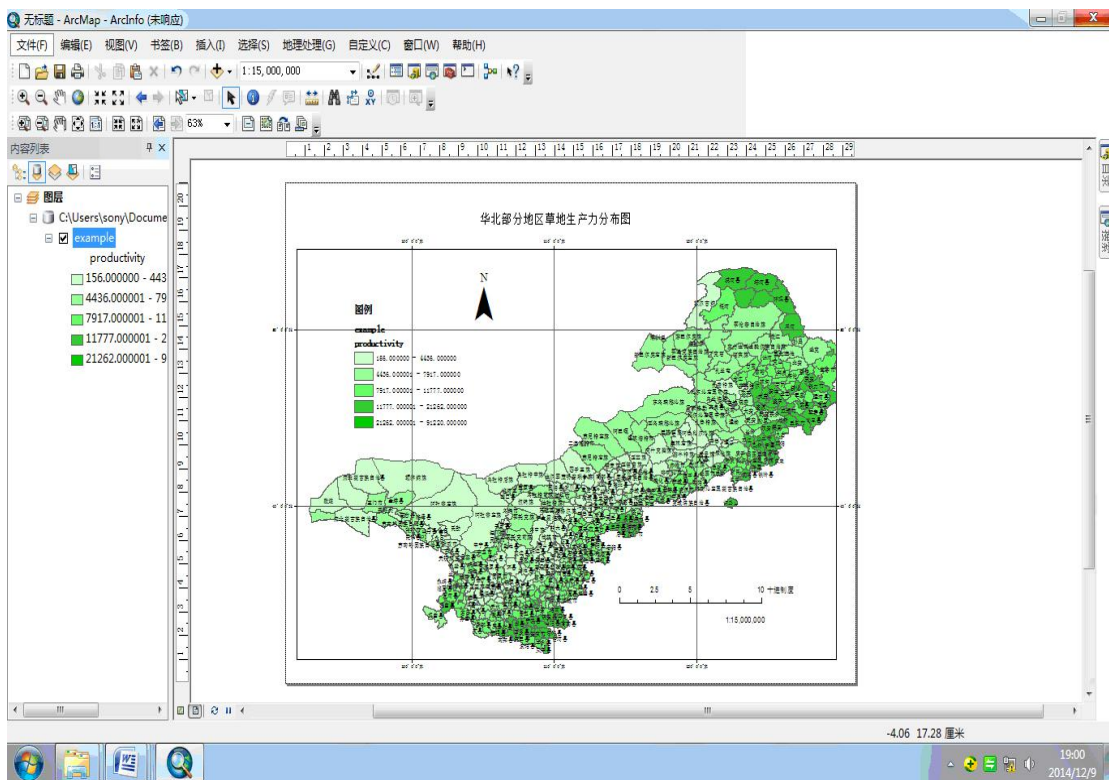


图 13-21 分级图添加图例、文本、指北针和比例尺 1

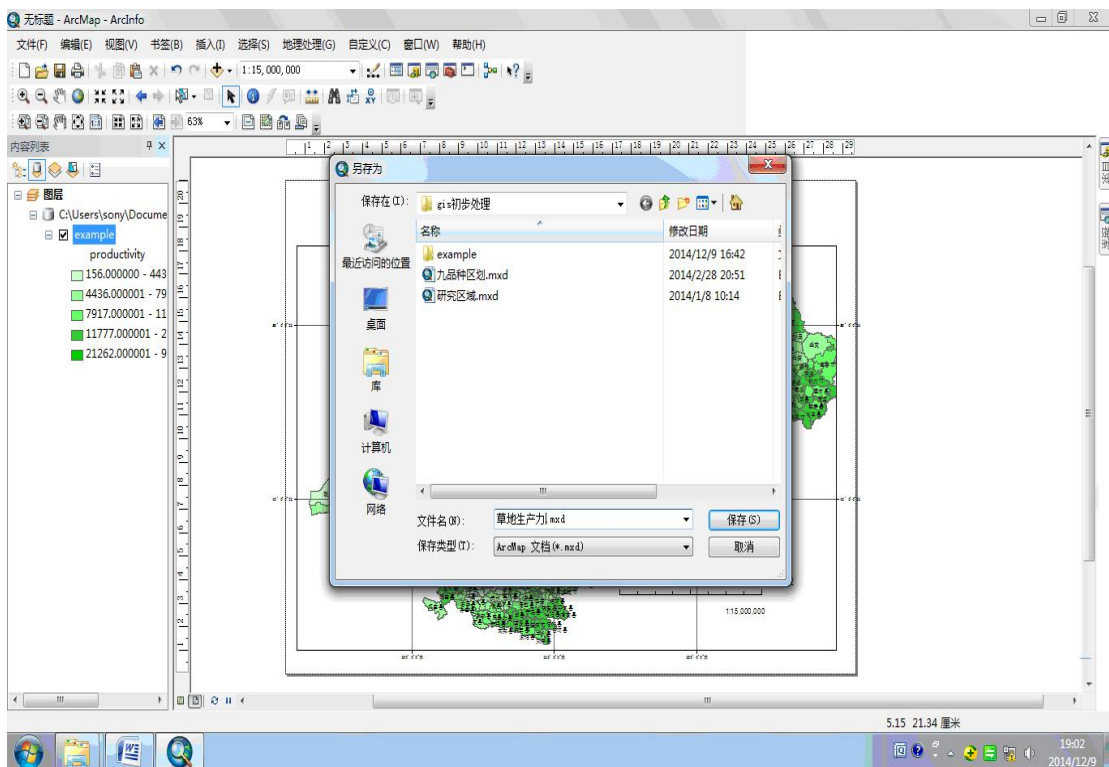


图 13-22 分级图添加图例、文本、指北针和比例尺 2

(4) 图片输出 (图 13-23)

草地生产力分级图输出后即可清晰的反映草地的生产力分布情况，输出的草地生产力分级图如图 13-24 所示。

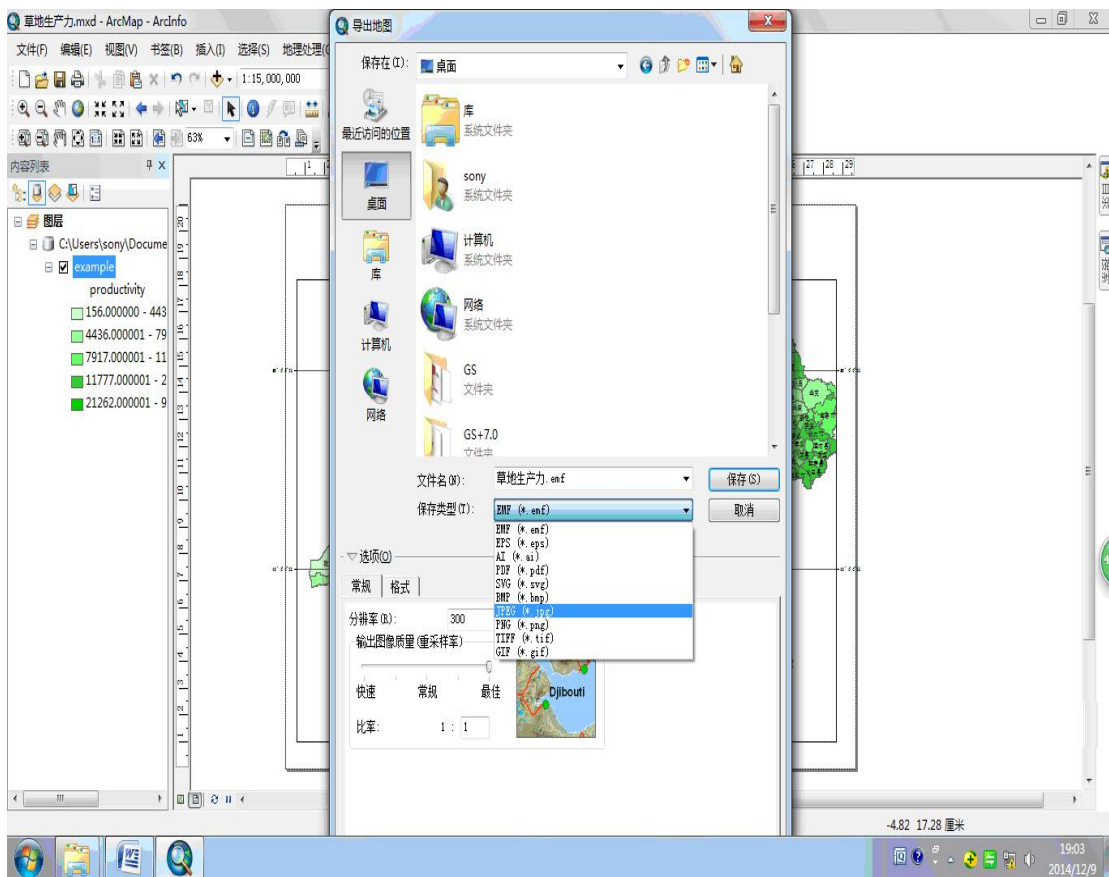


图 13-23 分级图的输出

六、实验结果

根据实验步骤和要求，得出某一地区（区域、省（自治区）、城市、县、村）的草地生产力分布图。

华北部分地区草地生产力分布图

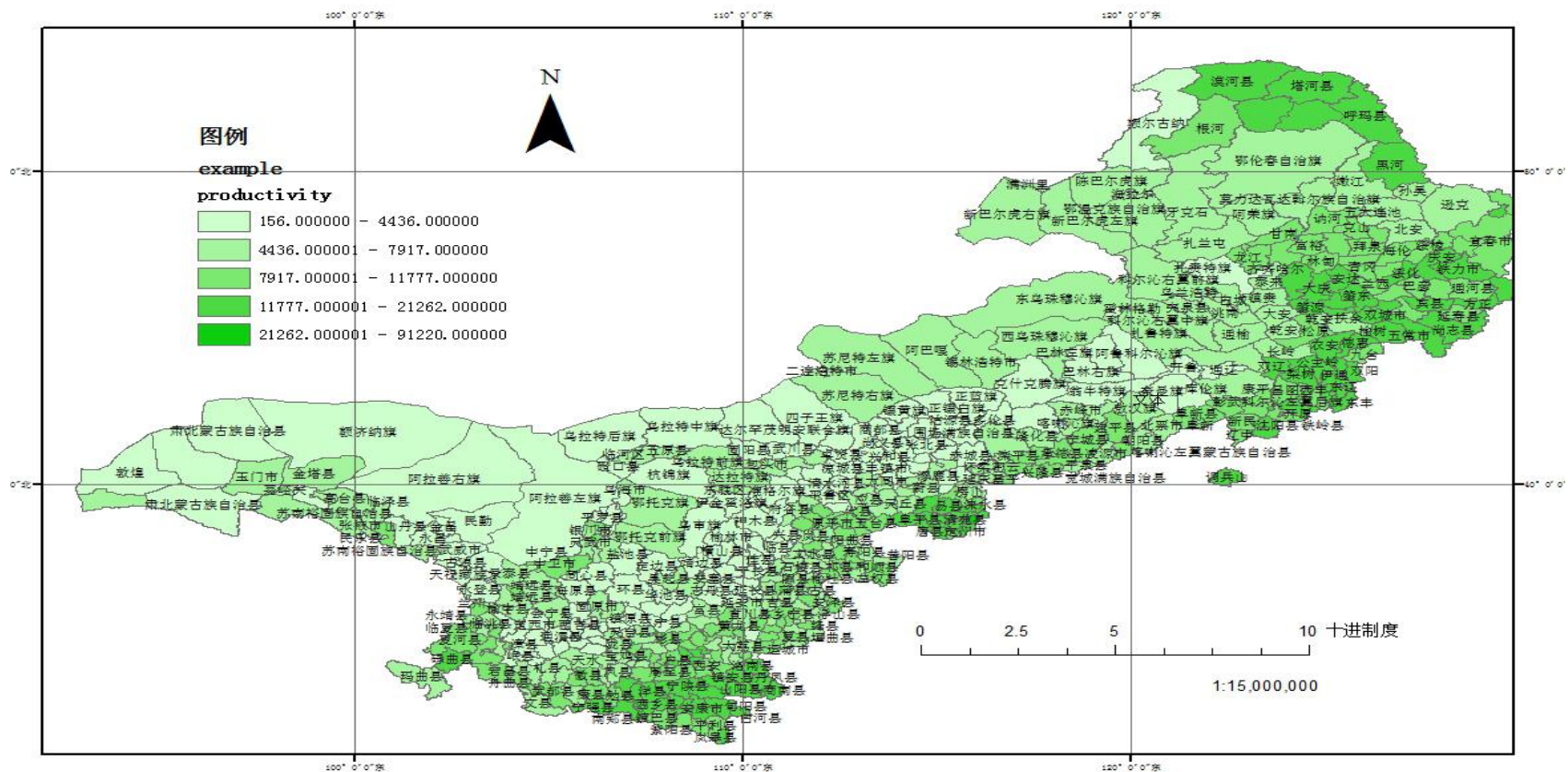


图 13-24 草地生产力分级图

实验十四、草地退化的监测

一、实验目的

为了更好地保护和利用草地资源，需要准确把握草地趋势，了解草地的状况。学习利用草地监测技术快速监测草地基况和趋势的方法，进而对草地进行相应的管理措施，防止草地退化。

二、实验仪器和设备

样线（50m 卷尺）、GPS、样方框（Daubenmire 样方，盖度分为 6 个等级，如表 14-1 所示）、罗盘仪、记录表、标记杆、SPSS 软件等。

表 14-1 Daubenmire 样方框的等级情况

Class 等级	Percentage covered range 盖度范围 (%)	Midpoint (%) 盖度值
1	0—5	2.5
2	5—25	15.0
3	25—50	37.5
4	50—75	62.5
5	75—95	85.0
6	95—100	97.5

GPS 接收机是卫星系统支持的终端产品，可采集经纬度、海拔等信息，同时还可利用 GPS 确定草地面积和位置形状。GPS 的一般按键说明，如图 14-2 所示。



图 14-2 GPS 的按键的简要图示

三、实验方法

（一）实验原理

草地退化实质上就是草地的退化演替，利用草地演替监测的方法可以有效地监测草地退化，应用草地植被演替监测数据建立判别模型，进而监测草地的状况。

（二）实验方法和步骤

1、测定盖度值

在草地内设置 50m 长的样线，从样线的一端记录其经纬度和样线角度，按照米尺上的刻度每隔 2m 做一个样方，记录日期、植被类型、该地区的经纬度、海拔、植物种类、盖度等级（裸地、植被凋落物、石头、灌木、杂类以及禾草的盖度等级），按照如上的方法测定数据，输入计算机后要对数据进行处理。

2、数据处理

（1）转换盖度值

把 Daubenmire 样方的盖度等级转化为盖度值，根据 Daubenmire 样方盖度等级与盖度值的对应关系，进行盖度等级和盖度的转换，应用的 SPSS 分析软件转换程序如下：

```
IF (Class=1) Cover=2.5%.  
IF (Class=2) Cover=15.0%.  
IF (Class=3) Cover=37.5%.  
IF (Class=4) Cover=62.5%.  
IF (Class=5) Cover=85.0%.  
IF (Class=6) Cover=97.5%.  
EXECUTE
```

（2）计算平均盖度和平均频度值

应用 SPSS 程序计算平均盖度和频度，公式如下：

$$\text{Average cover(\%)} = (\text{plot1} + \text{plot2} + \dots + \text{plot50}) / \text{number of plots}$$

$$\text{Frequency(\%)} = (\text{number of hits}) / \text{Total number of plots}$$

平均盖度是指每一样线上各植物种在 26 个样方中的平均盖度值，首先打开文件 Cover.SPS，然后计算平均值，然后删掉盖度值为 0 的数据组，之后统计出现的次数，再计算出各植物种的频度，计算植被监测指数（index）值，计算公式为： $\text{Index} = \text{Average cover} \times \text{Frequency}$ 由此公式可得出各植物种、裸地、植被凋落物、石头、灌木、杂类以及禾草的指数值。

（3）聚类分析

根据植被监测指数选择有代表性的植物种进行聚类，聚类程序应用 ISODATA 程序。根据聚类结果确定出可划分出的类别和各样线的聚类结果。

（4）判别分析

判别函数的一般形式为： $Y = a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n$ ，其中 Y 为判别指标，X1、X2

等为反映研究对象特征的变量（指数 index 就是草地的特征变量）， a_1 、 a_2 等为各变量的系数，也称判别系数。

例如：

$$L(Y) = a_1(\text{Pulchi}) \times x_1(\text{Pulchi}) + a_2(\text{Thapet}) \times x_2(\text{Thapet}) + \cdots + a_n(\text{Stibai}) \times x_n(\text{Stibai}) + b$$

进而得出判别方程，用以监测草地的动态变化。

四、实验结果

记录相应的数据，处理后得出草地动态监测模型，并判断草地是否退化。

参 考 文 献

- [1] 赵雨森, 王克勤, 辛颖. 水土保持与荒漠化防治实验教程. 北京: 中国林业出版社, 2013
- [2] 王堃. 草地植被恢复与重建. 北京: 化学工业出版社, 2004
- [3] 孙保平. 荒漠化防治工程学. 北京: 中国林业出版社, 2000
- [4] 昭和斯图. 荒漠化治理. 海拉尔: 内蒙古文化出版社, 1998
- [5] 任继周. 草地农业生态系统通论. 安徽: 教育出版社, 2004
- [6] 孙吉雄. 草地培育学. 北京: 中国农业出版社, 2000
- [7] 王德利, 杨利民. 草地生态与管理利用. 北京: 化学工业出版社, 2004
- [8] 韩国栋, 章祖同, 赵萌莉. 草地资源健康评价概述. 见: 章祖同. 草地资源研究. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 2004, 83-89
- [9] 李博. 中国北方草地退化及其防治对策. 见: 李博. 李博文集. 北京: 科学出版社, 1999, 383-391
- [10] 内蒙古自治区地方标准. 内蒙古天然草地退化标准. 内蒙古草业, 1999 (2): 61-62
- [11] 许鹏. 草地资源调查规划学. 北京: 中国农业出版社, 1999