

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

中学生物科技活动



中学生物科技活动

绪 论

一、开展中学生物科技活动的意义

生物学是研究生命的科学，是研究生命现象的本质并探讨生物发生、发展规律的科学，其目的在于阐明和控制生命活动，改造自然，为农业、工业和医学等实践服务。近三四十年以来，由于现代数学、物理学、化学的渗透，电子显微镜、电子计算机等新技术的应用，使生物学沿着微观和宏观两个方面迅猛发展。在微观方面，日益向亚显微结构和分子水平方向深入；在宏观方面，在群体水平上不断向生态系统生态学的领域进行探索。

面对生物学的发展形势，培养生物科技人才是一项十分重要的任务。生物科技人才的培养应从小开始，在培养途径上，中学除了开设生物课以外，还应该在校内和社会上广泛开展生物科技活动。

开展生物科技活动的意义主要有以下三点。

1. 完善学生的生物学知识结构

生物学的内容异常广泛，中学生物课只能讲授其中规律性的内容，对应用部分很少接触，学生也很少有观察操作的机会。中学生物科技活动则能更好地接触生物学的应用部分，而且可以进行大量观察和操作，弥补生物课的不足。这说明，在进行生物课堂教学的基础上，只有充分开展生物科技活动，才能完善学生的生物学知识结构。

2. 形成学生的各种能力

中学生物科技活动内容丰富多采、形式多种多样，无论是野外采集、调查和考察，环境监测和观测，田间、饲养场的种植和饲养，室内培养和观察，去科普单位、科研部门参观和访问，都需要反复进行观察、操作和分析，这就能使学生形成敏锐的观察能力、准确的操作能力和敏捷的思维能力，而这些能力正是一个科技工作者所不可缺少的基本素质。

3. 培养学生的爱国主义思想感情

我国动植物种类繁多，资源丰富，而且有不少特有的珍稀动物和植物。中学生在参加生物科技活动中，由于经常接触各种动植物，使他们对祖国的一鸟一兽和一草一木更加热爱，从而激发他们的爱国主义思想感情。另外，由于中学生物科技活动广泛联系农业、林业、畜牧业和渔业等生产领域，这就使学生在对各种生物发生浓厚兴趣和不断加深认识的基础上，能够逐渐树立献身于祖国的农业、林业、畜牧业和渔业的远大志向。

二、中学生物科技活动的特点

同其它中学科技活动相比，中学生物科技活动具有以下特点。

1. 内容丰富多采，紧密联系生产生活实际

地球上已知的生物种类约有 200 万种。它们形态不同，结构各异，生活习性也千差万别，共同组成了形形色色的生物界。按照五界分类系统，整个生物界分为原核生物界、原生生物界、真菌界、植物界和动物界。我国学者在五界系统基础上，又提出了无胞生物界（包括病毒和类病毒）、从而将生物界分成了六个彼此不同的大类。

生物界的种类繁多、分界复杂的情况，使得生物学的内容多种多样。我们如果从生物类群的角度来划分，生物学可分为植物学、动物学、微生物学、

真菌学、病毒学等；从生命特点来划分、生物学可分为形态学、分类学、生理学、胚胎学、遗传学、生物化学、进化论等；从生物的结构水平来划分，生物学又可分为分子生物学、细胞学、组织学、器官系统学、个体生物学、群体生物学、生态系统生物学等。生物学不仅分科复杂，而且与农业、林业、渔业、畜牧业、医学、副业等生产领域以及人类的衣、食、住、行等生活领域有着非常密切的联系。

生物学的众多分科以及各分科与生产生活的广泛联系，为中学生的生物科技活动的开展，提供了广阔范围和大量选题，使中学生生物科技活动不仅内容丰富多采，而且密切联系生产和生活实际。

2. 受生命活动规律的制约

自然界有生命的物体称为生物。生物的生命活动有其特殊的规律，这种规律主要表现在新陈代谢、应激性、生长、发育、繁殖、遗传、变异、进化及系统发生等方面。其中，新陈代谢是生命活动的基本规律。

生物体内所有化学变化的总合称为新陈代谢。新陈代谢包括同化作用和异化作用两个方面。生物通过同化作用，不断从环境中摄取养料转变成自身的组成物质，并贮存能量；同时生物通过异化作用，将自身的组成物质分解，并释放能量，将代谢产物排到体外。同化作用和异化作用二者相互矛盾、相互依存、不可分割。由于新陈代谢，生物体要求一定的环境条件，并影响和改变着周围环境。在新陈代谢基础上，生物个体进行着生长、发育、繁殖、遗传和变异；生物群体经历着进化和系统发生。

各种生物的生命活动都具有上述规律，但其各种规律的具体内容却是多种多样，互不相同。生命活动的规律及其多样性表现制约着中学生生物科技活动的方法步骤。科技活动的题目一旦确定，必须按照研究对象所需要的环境条件、生长发育过程、繁殖方式、遗传变异特性以及系统发生特点，设计研究方案，这样方能获得成功。例如，必须按照野生动植物的生活环境和生长发育时期进行采集或观察；必须根据农作物所需要的栽培条件和繁殖特点，进行有性杂交；必须了解接穗和砧木的系统发生特点，进行无性杂交以获得所需要的变异等等。

3. 野外活动多

研究各种生物，除少数内容可在实验室进行外，一般须深入到它的生活环境，并在它生活状态下进行。这就需要到野外，田间和园林绿地里去采集观察、栽培和观测。其中尤以野外活动所占的比例最大，如野生动植物采集、野生动植物资源调查、野生动植物生态考察、水生浮游生物调查等，都是野外活动的项目，而且大多在远离学校的山地进行。

野外活动的项目多，带来了交通、食宿和安全等问题，这就要求教师和活动小组在活动开始前要做好各项准备工作。

4. 活动时间长

动植物的生长发育往往需要一段比较长的时间。因此许多生物科技活动项目、少则几个月、多则一年甚至更长的时间才能完成。例如组织培养、微生物培养课题需要几个月的时间；无土栽培、植物嫁接、物候期调查、植物资源调查等课题，都需要一年左右的时间。至于农作物有性杂交，第一年用于进行杂交，第二年种植杂交种子，以验证杂交是否成功，至少需要2年才能完成。

活动时间长的特点，要求教师必须在活动开始以前，从活动小组人选、

时间安排、物质条件等方面妥善安排，不可有始无终、半途而废。

三、中学生物科技活动的类型

中学生物科技活动，按其活动内容和活动场所的不同，可分为以下五种类型。

1. 野外考察型

野外考察型是指从形态学、分类学和生态学的角度，对野生动植物个体或群体进行考察的科技活动。其内容主要有野生动植物的采集、生态考察和资源调查等项目。

野外考察型主要在野外动植物群落中进行；须在动植物生长发育期间开展活动，季节性强；一般不需要精密仪器，凭借肉眼观察和少量简易用具就能完成任务。通过本类型科技活动，可以使学生掌握野生动植物考察的基本方法，并培养其野外工作能力及观察能力。主要适合在城市和农村中学的初中学生中开展。

本书第一章至第七章，除少量培养方面的内容外，均属于野外考察型科技活动。

2. 实验操作型

实验操作型是指在学校实验室中，利用各种仪器用品对动植物、微生物进行培养和观察的科技活动。其内容主要有植物组织培养、藻类培养观察、低等动物培养观察、微生物培养观察、浮游生物采集后的显微鉴定及无土栽培等项目。

实验操作型主要在实验室中进行；一年四季均可开展、季节性不强；活动开展时需要较多的仪器设备、玻璃器皿和化学试剂。通过本类型科技活动，可以使学生掌握各类生物的培养技术，能够反复练习各种仪器用品、化学试剂的使用、配制方法，形成准确、熟练的操作能力。本类型主要适合城市和农村高中学生进行活动。

本书第八章至第十一章全部内容，属于室内操作型科技活动。

3. 栽培饲养型

栽培饲养型是指在田间或饲养场内开展有关栽培饲养研究的科技活动。其内容主要有作物栽培实验、小动物饲养实验、农作物有性杂交，果树、蔬菜嫁接等项目。

本项活动主要在田间和饲养场内进行；季节性比较明显，项目开展所需的时间较长，需要一定的设备和用品。通过本类型科技活动，可以使学生掌握农作物和家养小动物的栽培饲养研究方法，并学会相应的栽培饲养技术。本类型主要适合农村中学初、高中学生进行活动。

本书第十二章至第十五章的内容，属于栽培饲养型科技活动。

4. 环境观测型

环境观测型是指在城市室外利用一定仪器设备，对环境污染问题进行观测的科技活动。其内容主要有环境污染和园林绿地生态效应等观测项目。

环境观测型科技活动主要在室外进行；需要一定仪器设备；但通常不受季节限制；并能在较短时间完成活动。通过本类型活动，可以使学生掌握环境监测的各种方法和技术，并培养学生观察能力和操作能力。本类型主要适合于城市中学初、高中学生参加。

本书第十六章和第十七章两章内容，属于室外观测型科技活动。

5. 参观访问型

参观访问型是指到科普展览单位或科研部门进行参观访问的科技活动。参观访问的单位主要有植物园、动物园、自然博物馆、生物科研单位及大专院校生物系等场所。

参观访问型一般不需要仪器设备；活动时间短，通常一天就能完成。本类活动可以使学生开扩眼界、开拓思路。主要适合城市中学初中学生参加。

本书第十八章、第十九章两章内容属于参观访问型科技活动。

四、开展中学生物科技活动的一般方法

1. 组织活动小组

生物科技活动小组是中学生物科技活动的基本组织形式。开展一个课题活动时，应成立一个学生人员固定的活动小组。

活动小组的组员应具备以下三个条件；对各种动植物有浓厚兴趣；努力学习生物课，生物学基础知识扎实；耐心细致，心灵手巧，具有较好的观察、操作能力。辅导教师应根据上述条件物色人选。

2. 选择活动题目

活动小组应有固定的活动题目。活动题目可根据学生基础、学校设备条件和教师辅导能力三方面因素进行选择。一般来说，初中活动小组应多选择野外考察型、栽培饲养型和参观访问型的题目；高中活动小组可多选择实验操作型和环境观测型方面的题目。

3. 制定活动方案

活动方案是整个课题活动的依据。其内容应包括活动目的、活动设计、活动用具用品、活动步骤及注意事项等。方案应由活动小组全体成员讨论和制定。教师进行辅导，不要包办代替。

4. 做好活动开展的准备工作

(1)准备各项用具用品。中学生物科技活动，除参观访问型外，均须使用各种用具用品，因此，必须事先做好准备。对学校没有或购买不到的用具，可发动小组学生自己动手制作。

(2)预查。除了实验操作型科技活动以外，其它类型的活动场所，一般都在校外，有的甚至远离学校。这就需要事先进行预查，将活动场所的各种有关情况了解清楚。预查的内容主要有地理位置、地形、动植物状况、交通食宿条件和安全问题。其中以动植物状况最为重要，因为它是课题的研究对象，必须将它们数量、分布、生长发育状态、物候期等项内容调查清楚，以使活动能够顺利进行。

(3)提出参考书目。应根据活动题目的需要，提出一份适合学生阅读的中级或普及性读物的参考书目，供活动小组成员查阅，以补充和提高学生的生物学知识。

5. 积累科技活动资料

科技活动资料是课题总结的依据，应注意积累和保存。生物科技活动的资料主要有原始记录、动植物标本、照片和录音带等。在各种资料中，以原始记录和动植物标本最为重要。应要求小组成员及时做好各项记录，并将采集的动植物及时制成标本，妥善保存。

6. 做好活动总结

总结是提高中学生物科技活动质量不可缺少的步骤，可采取以下几种方

式进行。

(1)举办成果展览。将活动小组采集制作的各种标本、照片、图表等活动成果进行展览，既能使活动小组的学生得到提高，又能将科技活动的成果在学校扩大影响。这种方式主要适合初中学生使用。

(2)召开成果汇报会。将科技活动成果在一定范围内开会进行汇报，也能起到总结提高的作用。汇报内容应侧重活动小组成员所创造的实验新方法（包括自己设计的简易方法）、新发现（如动植物在本地分布的新记录）、自制的实验用具及新的实验结果等。这种方式对初中、高中学生都适用。

(3)写小论文。组织活动小组成员将整个课题活动写成小论文，是一种对科技活动最好的总结方式。小论文应包含实验方法、实验结果及分析讨论等内容，使文章的论据充分、论点明确。这种方式主要适合高中学生使用。

（杨 悦）

第一章 种子植物采集和标本制作

导 言

在植物学方面开展中学生物科技活动，首先要认识各种种子植物，并且还要将已经认识的植物种类制成标本，作为进一步开展其它科技活动的资料。因此，种子植物采集和标本制作，不仅是一项独立的科技活动，也是开展其它生物科技活动的基础。

开展中学生种子植物采集，要充分注意中学生的年龄、知识、能力等各方面的特点。采集开始以前，应作好资料、采集用具、安全教育和采集地点预查等方面的准备工作；采集过程中应教给学生正确的采集方法，强调作好野外记录的重要性，并培养学生识别植物的能力；采集结束后，应指导学生正确制作腊叶标本，并进行活动总结。

本章编写了“植物采集和标本制作的意义”、“采集前的准备工作”、“采集方法和步骤”、“腊叶标本的制作”和“活动方案举例”等六节内容。本章还附录了“植物检索表及其使用方法”，作为学习本章时的阅读材料。

1.1 植物采集和标本制作的意义

全世界共有植物 40 余万种，其中种子植物约有 22.5 万种，占全部植物种类的一半以上，是植物界中种类最多、分布最广、和人类关系最密切的植物类群。我国共有种子植物 2.5 万种，在世界各国中仅次于热带国家马来西亚和巴西，是世界温带地区种子植物种类最多的国家。我国繁多的种子植物种类为开展植物采集和标本制作提供了十分优越的条件。

植物采集是一项具有多方面意义的科技活动，其主要意义有以下三个方面。

一、植物分类学产生和发展的基础

植物分类学是一门区分植物种类、探索植物间亲缘关系、阐明植物界自然系统的科学。它不仅担负着全世界已发现的几十万种植物的分类工作，而且还要为不断发现的新的植物种类进行鉴定，命名和分类。所有这些，都离不开腊叶标本，因而就需要进行野外植物采集和标本制作。

在人类早期阶段，原始人在利用各种野生植物时，总要对植物进行采摘挖掘，观其形，尝其味，并带回住地进一步加工利用，这实际上就是原始的植物采集和标本制作。植物分类学就是在原始人类这种植物采集的基础上产生的。

人类对植物进行科学分类，已有 200 多年的历史。现代植物分类工作者们所鉴定命名的各种新的植物种类，都要在植物采集和标本制作的基础上，凭借着采集制作的腊叶标本和原始记录，查阅文献资料，确定模式标本，进行命名和归类的。

所以，没有植物采集和标本制作，就没有植物分类学。植物分类学就是在植物采集和标本制作的基础上产生和发展起来的。中学生进行植物采集活动，目的是识别植物种类、学习植物分类知识和方法，但在活动中所采集和制作的各种植物标本，都是植物分类有价值的资料，他们所进行的这一活动

也是为植物分类学的发展做贡献。

二、为利用植物资源提供分类依据

我国的种子植物不仅种类多，而且资源非常丰富。但由于我国土地辽阔，很多植物在全国各地的名称常不统一，出现了许多同名异物或一物多名的现象，致使很多资源植物无法利用。

中药白头翁就曾是同名异物的一个典型例证。在过去，中药白头翁的原植物种类很多，要找到真正的白头翁并不容易。我国的药检单位曾在 18 个大城市收集 18 种白头翁样品进行研究，结果竟收集到 16 种不同的植物，而且分属于 4 个不同的科。在这 16 种原植物中，只有一种原植物是真正的白头翁 [*Pulsatilla chinensis* (Bge.) Regel.]，属于毛茛科白头翁属。白头翁是治疗虫痢的重要药物，但上述其它 15 种植物中，有的植物种类如蔷薇科的委陵菜 (*Potentilla chinensis* Ser.)，是清热解毒、收敛止血的药物，还有的植物种类如菊科的祁州漏芦 [*Rhaponticum uniflorum* (L.) DC.]，竟是一种排脓止血药物。然而在过去，它们都被称为白头翁。这种同名异物现象，曾严重妨碍了白头翁的正确使用。

中药益母草 (*Leonurus japonicus* Houtt.) 是一物多名的典型例证。益母草在东北叫坤草或益母蒿，江苏有的地方叫野麻或田芝麻，浙江叫三角胡麻，四川叫青蒿，福建叫野故草，广东叫红花艾，广西叫益母菜，青海叫千层塔，云南叫透骨草，等等。益母草的这一物多名现象，同样给人们利用它带来了很大困难。

要解决上述植物名称的混乱现象，必须利用植物分类的方法，确定每种有关植物的正式名称和分类地位，而这就需要到野外采集有关植物，制作腊叶标本，然后根据标本所展示的形态特征，进行检索鉴定，把种鉴别清楚。这样就为各种资源植物的利用，提供了分类依据。中学生在植物采集中也会遇到植物名称的混乱现象。应该学习根据标本特征鉴定植物的方法，为清除植物名称混乱现象做出贡献。

三、识别植物种类的主要途径

只有亲身到野外采集和制作腊叶标本，才能真正认识各种植物。

所谓认识一种植物，应包括以下五个方面的内容。

第一，了解该种植物的形态特征，尤其要了解花和果实的形态特征，这是识别一种植物的主要标准和依据；

第二，了解该种植物的分类地位，即了解该种植物与其它各种植物之间的亲缘关系；

第三，了解该种植物的地理分布，并进一步了解该种植物在不同分布区的性状变化幅度；

第四，了解该种植物的生活环境，进而了解该种植物与同环境的其它植物之间的生态关系；

第五，了解该种植物的资源价值，这在很多情况下是从生理生化上进一步了解一种植物。

要作到以上五点，必须在该种植物地理分布范围内和它的生活环境中反复进行观察和采集，从各个方面来认识它。此外，对一个初学者来说，腊叶标本制作的过程，也是反复认识一种植物的过程。因为制作一份腊叶标本，

必须在一段不太短的时间内，对采集的植物标本进行整形、换纸吸水、装帧和检索鉴定等工作。一份腊叶标本完成的过程，往往也就是对该种植物由陌生到熟悉的过程。

因此，要想认识更多的植物种类，就必须经常到野外去观察和采集植物。观察、采集得越多，认识的植物种类就越多，而且对每种植物认识得就越深刻、全面。

在植物资源学、植物群落学、植物形态解剖学、植物生理学等学科以及农林医药等方面的研究中，所研究的各种植物，都需要正确的植物名称、准确的分类地位、确切的分布范围和生活环境。因此，中学生参加野外植物采集和标本制作，不仅是一项独立的科技活动，也是开展其它科技活动的基础。

1.2 采集前的准备工作

野外植物采集，最忌草率从事。草率从事不仅影响活动质量，而且很容易发生安全问题。因此，在活动开始以前，必须做好各种准备工作。采集前的准备工作主要有选择和确点、准备图书资料、进行安全教育、学习植物采集方面的知识以及准备采集的用品、用具等内容。

一、选择和确定采集地点

1. 选择和确定采集地点的原则

采集地点的好坏，直接关系到采集活动的质量。选择和确定采集地点时，应遵循以下各项原则。

(1)应有比较丰富的植物种类，起码要具备常见的植物种类，否则就难以保证采集质量。

(2)要有发育良好的植被类型，如良好的森林、灌丛、草地和水生植物群落等。只有在发育良好的植被类型中，才会生长各种典型代表植物，从而才能使学生容易理解植物与外界环境统一的原则，以及植物分布的规律性。

(3)交通要方便，采集地点比较安全。

2. 做好采集地点的预查工作

采集地点一旦确定，就要进行预查工作。预查应在临近采集活动开始前进行，其内容主要有以下几点。

(1)调查可供采集的植物种类及其分布区域。

(2)选择最佳采集路线和中途休息点。

(3)了解在采集中可能出现的各种不安全因素，并准备好一旦发生安全问题时的解决措施。

(4)从学校到采集地点的沿途交通情况。

二、准备图书资料

采集开始前应准备好以下图书资料，供采集时使用。

(1)本地区的植物志。

(2)采集地点的植物检索表（根据预查所得植物名录，由教师进行编写）。

(3)有关采集地点的地形图和地质、地貌、气候、土壤等资料。

三、学习植物采集方面知识

植物采集是一项知识性和技术性很强的科技活动，应事先向学生讲解有关的知识，使学生有所了解和准备。应讲解的知识主要有以下几点。

(1)种子植物形态学术语。

(2)植物检索表的组成及其使用方法。

(3)植物采集的方法和步骤。

(4)采集地点的植被类型、植物主要组成、地质、地貌、气候、土壤等知识。

四、进行安全教育

野外采集中存在着许多不安全的因素，诸如蛇咬、摔伤、迷路、溺水等。为了防止出现这些事故，出发前应对学生进行安全教育，并宣布一些必要的

纪律，如采集过程中不准单独行动、不准捉蛇、不准下水游泳、必须穿着长袖上衣、长裤、高帮鞋和遮阳帽等。

五、准备采集用品用具

为了能采集到完整的植物标本，使标本得到及时处理，并且回校后能立即制成腊叶标本，必须准备一套用品用具，这套用品用具包括采集器具、记载用品、防护和生活用具、标本制作器具等四类。

1. 采集器具

(1)采集袋：用人造革、帆布或尼龙绸制成，用于盛取标本和小型采集用品用具，其体积可为 44 × 39 × 15 厘米。

(2)小标本夹和吸水纸：小标本夹由上下两片木质夹板组成，中间放置吸水纸，用于在采集途中临时装压标本。吸水纸最好用黄草纸，小标本夹长 43 厘米，宽 29 厘米，板条厚 1 厘米。

(3)掘铲：用于挖掘一般草本植物。

(4)小镐：用来挖掘深根的或具有变态茎、变态根的草本植物。

(5)树枝剪：分为枝剪和高枝剪两种，用来剪取木本植物的枝条。

(6)树皮刀：可以折叠，用于割取树皮。

(7)望远镜：用来瞭望远处的地形和植物种类。

(8)高度计（即海拔仪）：用于了解采集地点的海拔高度。

(9)指北针：用来指示采集路途的方向。

(10)纸袋：用牛皮纸制成，长约 10 厘米，宽约 7 厘米，用于盛取种子以及标本上脱落下来的花、果和叶。

(11)小塑料袋：长约 15 厘米，宽约 10 厘米，用来盛鳞茎、块根等。

(12)广口瓶：内装福尔马林、酒精、冰醋酸固定液（FAA 液），用于浸泡花和大型肉果。FAA 液的配制方法：福尔马林 5 毫升、冰醋酸 5 毫升、70 ~ 80%酒精 90 毫升。

2. 记载用品

(1)采集记录册和铅笔：用来记载植物标本。采集记录册中每一页记载一号植物（不同地点采集的同一种植物，要按不同号记载）。采集记录册的格式见表 1 - 1。

表 1 - 1 种子植物采集记录册

号数	日期
采集人	
产地	
海拔高度	
生活型	环境
高度	茎的习性
树皮	胸高直径
叶	
花	
果	
科名	
学名	
中名	
其它	

为了使记录工作迅速准确，可事先按上列格式印刷，并装订成册，供野外采集时用。

(2)标本号牌：用白色硬纸做成，长宽各 3 厘米左右，系以白线，挂在各个标本上。

(3)钢卷尺：用来测量植物的高度、胸高直径等。

(4)手持放大镜：用来观察植物的细小形态。

3. 防护及生活用具

(1)护腿：用厚帆布制成，用于防蛇咬伤（图 1 - 1）。

(2)蛇药：用来治疗毒蛇咬伤。

(3)简易药箱：内装治疗外伤、中暑、感冒等医药用品。

(4)长袖上衣、长裤、高帮鞋和遮阳帽，这样的穿着是为了尽可能避免扎伤和咬伤。

(5)水壶及必要食品。

4. 标本制作器具

(1)大标本夹、吸水纸和绳子：大标本夹由上下两块木板组成，内装吸水纸，并用绳子固定，大标本夹坚固，用于压制标本，它的长度为 47 厘米，宽 33 厘米，板条厚 1 厘米。用来捆绳的板条长 41 厘米，厚 2.5 厘米。

(2)镊子：用于压制标本时的标本整形。

(3)直刀（刻纸刀）：用于标本上台纸时切开台纸。

(4)台纸：为 8 开的白版纸或道林纸，用来承载标本。

(5)盖纸：为 8 开的片页纸、薄牛皮纸、拷贝纸等纸张，不一定要透明，用来盖在台纸的标本上，保护标本。

(6)2~3 毫米宽的白纸条、白线、针、胶水：用来固定台纸上的标本。

(7)野外记录复写单：其内容和大小跟野外记录册完全一样，但不装订成册，用来安放在台纸的左上角。

(8)标本签：用于安放在标本的右下角。其格式见表 1 - 2。

表 1-2 标本签

植物标本签		
采集号数		登记号数
科名		
学名		
中名		
采集者		鉴定者
产地		日期

(9)消毒箱：木制，用于标本杀虫，密闭性能要好，体积大小不限，一般要能容纳几十份腊叶标本，箱内距底部以上约5厘米处，按水平方向，放置带木框的铁纱，将消毒箱分成上下两部分，上面的空间放置待消毒的标本，下面的空间放置四氯化碳。

(10)四氯化碳和玻璃皿：用于标本消毒。

标本制作须在返校后进行，所以标本制作的器具无须带到采集点。

1.3 采集方法和步骤

一、采集标本

1. 采集时要仔细观察，尽量采集

初学者采集标本时，常常把注意力放在花朵鲜艳的植物种类上，因为这类植物容易引起人们的注意，也容易为人们所喜爱。但是，植物采集不是游山玩水，是一项严肃的科学活动。要知道，一种花朵不鲜艳、体态不好看的植物（例如禾本科植物），它的理论意义和经济价值，可能比另一种花朵鲜艳的种类大得多，所以在采集过程中，不管好看的还是不好看的，常见的还是罕见的，大形的还是小形的，都要采集。要采集所遇到的各种植物。这就要求每个成员都必须仔细观察，不能马虎，更不能凭个人的喜好随意取舍。还有，野外采集对学生来说也是检验和提高观察能力的一次难得机会。在采集过程中，只要仔细观察，尽力搜寻，不仅可以采集到更多的植物种类，而且也可以从中培养自己敏锐的观察能力。

2. 要采集完整并且正常的标本

什么是完整的标本？对木本植物来说，必须是具有茎、叶、花、果的标本；对草本植物来说，除了茎、叶、花、果以外，还应该具有根以及变态茎、变态根。

上述的根、茎、叶、花、果 5 类器官中，以花果最为重要。因为花果的形态特征是种子植物分类的主要依据，只有营养器官没有花果的标本，科学价值很小，甚至没有科学价值。由于许多植物的花果不可能同时存在，采集这类植物时，花果二者只要有一项，就算是完整的标本。

正常的标本是指所采到的标本体态正常。我们在采集过程中，常常会遇到一些体态不正常的植株，例如：由于昆虫和真菌的为害，有的植株茎叶残缺、皱缩、疯长以及产生虫瘿等现象，这些不正常的体态，都会给识别和鉴定工作带来困难，只要有挑选的余地，就尽量不采这样的标本。

3. 标本的大小和采集份数

野外采集的植物标本，主要用来制作腊叶标本，因此，标本的大小取决于台纸的大小。学生制作腊叶标本用的台纸，通常是 8 开的白版纸或道林纸，其大小为 38 × 27 厘米，所以标本的大小以不超过 35 × 25 厘米为适度。采集木本植物时，可按照这一尺寸剪取枝条，草本植物虽然要采集全株，但一般不会超过 35 × 25 厘米，如果超过 35 × 25 厘米的范围，对高大草本植株，则可分别剪取其上、中、下三段作为标本。

每种植物标本在可能条件下要采 3~5 份，以供应用及与有关单位进行交流。在采集标本的同时，应采集一些花和果实，放入广口瓶中浸泡，留待返校后进行解剖观察。

二、标本的编号和记录

1. 标本的编号

采好的标本一定要编号，编号的方法是在号牌上写上号码，然后将号牌拴在标本的中部，号码要用铅笔写，以免遇水退色。

标本编号时应注意以下几个问题。

(1)在同一时间，同一地点采集的同一种植物，不管多少份，都编同一

号。同一时间不同地点或不同时间同一地点采的同一种植物，都应编不同号。

(2)雌雄异株的植物，其雌株和雄株应编不同号。

(3)剪成三段的草本植物标本，应分别拴上同号的号牌，以免遗漏。

(4)盛装种子花果等标本的纸袋，也应放入号牌，其号码应和该植物标本的号码相同。

2. 标本的记录

(1)标本记录的重要性。野外记录是一项非常重要的工作，因为一份标本，当我们日后对它进行研究时，它已经脱离了原来的环境，失去了生活时新鲜状态，特别是木本植物标本，仅仅是整株植物体上极小的一部分。根据标本的这些特点，如果采集时不作记录，植物标本就会丧失科学价值，成为一段毫无意义的枯枝。因此，必须对标本本身无法表达的植物特征进行记录，记录越详细越准确，标本的科学价值就越大。所以对记录工作要一丝不苟，认真对待，即使因采集而身体劳累，也要坚持作好记录。

记录应尽量在采集现场进行，作到随采随记，如果时间紧或有别的原因不能当时记录，也不要迟于当天晚上。

(2)各项记录项目的填写方法。

号数：一定要跟标本号牌上的号码相同。

产地：要写明行政区划名称以及山河名称等。

环境：是指植物生长的场所，如林下、灌丛、水边、路旁、水中、平地、丘陵、山坡、山顶、山谷等。

海拔高度：本项记录很重要，因为每种植物都有自己分布的海拔高度范围，如果没有海拔计，可在事后向有关单位询问后补上。

生活型：是指乔木、灌木、草本等。

茎的习性：是指直立茎、匍匐茎、缠绕茎、攀援茎等类型。

胸高直径：是指乔木树种的主干从地面往上到 1.3 米处的直径（此处相当一般人胸的高度，故名）。

树皮：记载树皮的颜色及开裂状态。

叶：主要记载毛的类型及有无，有无乳汁和有色浆液，有无特殊气味等。至于叶形、叶序，标本本身展现得很清楚，不必记载。

花：主要记载花的颜色、气味、自然位置（上举、下垂、斜向）等。至于花序类型，花的结构，花内各部分的数目，则不必记载。

果实：主要记载颜色和类型（尤其是小型浆果和核果在干后彼此不易区分，必须将类型记载清楚）。

科名、学名、中名：如果当时难以确定，可以在以后补记。

三、标本的临时装压

植物标本编号记录以后，将根部和其它部分的泥土去掉（必要时用水冲洗），集中放入采集袋中，到达休息地点时，压入小标本夹的吸水纸层间，临时装压。

由于时间很紧，标本又很坚挺，向小标本夹内放置标本时，不必讲求标本的整形，标本整形工作可留待正式压制时进行。另外，对于体形较大的草本，先将标本折成 V、N 或 W 形，然后再放入标本夹内，弯折时要小心，不要折断，可先在弯折处扭转一下再进行弯折。

四、各类植物采集时应注意的事项

1. 木本植物

木本植物包括乔木、灌木以及木质藤本植物。采集木本植物应注意以下两个问题：

(1) 木本植物树皮中的韧皮纤维大多很发达，采集时应该用枝剪或高枝剪剪取，不要用手去折，否则会撕掉部分树皮，不但影响标本的美观，而且还可能影响标本质量。

(2) 有些木本植物，开花在发叶之前，例如杨、柳、榛、榆、金缕梅、木棉等。对这样的植物种类，应分春夏两次采集，而且第二次采集时，应该在春天采过花枝的那株乔灌木上采集枝叶，这就必须在树上挂一个跟花枝标本号码相同的号牌，必要时，还可在记录册上确切记明该树所在的位置，以免搞错。

2. 草本植物

采集草本植物，应该多注意它的地下部分，不少草本植物例如百合科植物，具有鳞茎、根状茎，这些变态茎的形状特点往往是分类的依据，采集时，一定要把地下部分挖出来，否则就不是完整的标本。

3. 水生植物

水生植物，如金鱼藻、狐尾藻、眼子菜和浮萍等，植株纤细，把它们由水中取出后，枝叶会互相粘在一起，以至很难进行压制，对待这样的标本，在压入标本夹以前，要先将它们放入盛有清水的水盆内，使标本的各部分展开，然后用一张干净的 16 开或 32 开的道林纸，放入水中标本的下方，缓缓向上将标本托出水外，使标本展开在道林纸上，最后，将标本连同道林纸一起压入标本夹中（将来压制时，也可以使标本与道林纸一起更换吸水纸）。

4. 寄生植物

种子植物中有些种类寄生在其它植物体上，叫寄生植物，如列当、菟丝子、锁阳、槲寄生、檀香、百蕊草等，这些植物跟它们的寄主有密切关系，应连同寄主一起采集和压制标本。特别是那些用寄生根寄生在寄主根上的种类（如列当）在采集时，应小心地将二者的根一起挖出，并尽量保持二者根的联系，以利于鉴定工作的进行。

5. 大形植物

有些植物如椴木、棕榈、芭蕉等，叶和花序都非常大，采集这样的植物标本，可用以下方法进行。

(1) 如果标本的叶片大小超过了台纸，但仅超过一倍长度时，可以不剪掉那部分，只须将全叶反复折叠，并在折叠处垫好吸水纸放入标本夹内进行压制。

(2) 如果是比上述叶更大的单叶，则可将 1 片叶剪成 2~3 段，分别压制，分别制成腊叶标本，但在每段上要栓一个注有 A、B、C 字样的同一号码的号牌。

(3) 如果叶的宽度太大，则可沿中脉剪去叶的一半，但不可剪去叶尖。如果是羽状裂片或羽状复叶，在将叶轴一侧的裂片或小叶剪去时，要留下裂片和小叶的基部，以便表明它们着生的位置。还有，顶端裂片或小叶不能剪掉。

(4) 如果是两回以上的巨大羽裂或复叶，则可只取其中 1 个裂片或小叶进行压制，但同时要压制顶端裂片和小叶。

(5) 对于巨大的花序，可取其中一小段作为标本。

大形植物的标本，由于只选取了叶和花序的一部分，野外记录就显得更为重要，必须详细记录，如叶片形状、长宽度、裂片或小叶数目、叶柄长度、花序着生位置、花序大小等，均应加以记载。

1.4 腊叶标本的制作

植物标本的种类很多，如腊叶标本、浸制标本、立体干制标本、琥珀标本等。其中，腊叶标本的制作省工省料，便于运输和保存，是最常使用的一类植物标本。从野外采来的种子植物，主要用于制作腊叶标本。

腊叶标本的制作方法步骤如下。

一、压制

“腊”，就是“干”的意思，新鲜的植物体，经过压制，失去了水分变成了干的，腊叶标本就初具规模了。压制是制作腊叶标本的第一个步骤，也是最重要的一个步骤。

1. 压制方法

(1)装压。先在大标本夹的一片夹板上，放上3~5张吸水纸，然后放上采集来的标本，标本上再放3~5张吸水纸，然后纸上再放标本，使标本和吸水纸互相间隔，层层罗叠，最后，再将另一片夹板压上，用绳子捆紧，罗叠高度以35厘米左右为宜。

(2)换纸。标本压入标本夹以后，要勤加换纸，换纸不及时，标本会发霉、变黑，所以换纸是否及时，是标本质量好坏的关键。初压的标本水分多，通常每天要换纸2~3次。第3天以后，每天换1次，通常7~8天就可以完全干燥。换下来的纸要及时晒干或烘干，以备应用。

随着标本的逐渐干燥，标本夹的捆扎要逐渐放松，以防标本折断。

(3)整形。在第一次换纸时，要对标本进行整形。其作法是尽量使枝叶花果平展，并且使部分叶片和花果的背面朝上，以便日后观察研究。如有过分重叠的花和叶，可剪去一部分，但要保留叶柄、叶基和花梗，以使人能看出剪去前的状态。

2. 压制注意事项

(1)多汁的块根、块茎和鳞茎等不易压干，可先用开水烫死细胞，然后纵向剖开进行压制。肉质多浆植物也不易压干，而且常常在标本夹内继续生长，以致体形失去常态，也应该先用开水烫死后再进行压制。裸子植物的云杉属标本，也要先用开水烫死，否则叶子极易脱落。

(2)标本夹中的标本位置，要注意首尾相错，以保持整叠标本的平衡。有的标本花果比较粗大，压制时常使纸突起。花果附近的叶因得不到压力而皱折，可将吸水纸折成纸垫，垫在凸起处的四周，或将这样的果实或球果剪下另行风干，但要注意挂同一号的号牌。

(3)有些植物的花、果、种子在压制时常会脱落，换纸时应逐个捡起，放入小纸袋内，并写上采集号，跟标本压在一起。

3. 认真观察标本的形态特征

在野外采集时，时间匆忙，学生对所采集的每份标本的形态特征，只能大致了解，这就必须利用压制标本的机会，对每一份标本，进行详细的解剖观察。因此，学生压制标本的过程，也是一个反复观察标本的过程。

在观察标本的形态特征时，务求仔细、全面，并且要着重观察花、果的形态特征。如果有的标本上的花、果细小，肉眼看不清楚，可以将野外用广口瓶盛装的花、果标本，在解剖镜下解剖观察。对每种标本的观察结果，应该用形态学术语进行记载，用作以后标本定名的依据。

二、消毒

标本压干以后，应该进行消毒，以杀死标本上的害虫和虫卵。

消毒时，先将盛有四氯化碳的玻璃皿放入消毒箱内铁纱下方，再将已压干的标本放在箱内的铁纱上，关闭箱盖，利用气薰的方法将害虫杀死，约 3 天后取出，即可进行装帧了。

三、装帧

将消毒后的标本装订在台纸上，叫做装帧。装帧的方法如下：

1. 摆好位置

上台纸时，先将标本在台纸上摆好位置，留出左上角和右下角，以便粘贴采集记录复写单和标本签。放置时，要注意形态的美观，又要尽可能反映植物的真实形态。例如毛白杨标本上的蒴荑花序，应该使其下垂，而板栗标本的蒴荑花序，则应该使其上举。

2. 装订

装订标本最好用纸条粘贴，其作法是先用小刀切取宽 2~3 毫米的纸条（白道林纸）备用。在台纸的正面，选好几个固定点，用小刀紧贴枝、叶柄、花序、叶片等部位的两侧，切几对纵缝，将事先切好的纸条两端分别插入缝中，穿到台纸反面，并将纸条收紧，再用胶水在台纸背面将纸条贴牢，大的根茎和果实用纸条不易固定，可用白线替代。细弱的标本，可直接用合成胶水粘在台纸上。装有花果的小纸袋可贴在台纸的适当位置。

3. 贴记录复写单

按采集记录册中的内容，抄好记录复写单，贴在台纸的左上角。

4. 贴盖纸

将盖纸先在台纸背面沿上缘粘贴很窄的一条，再反折到台纸的正面，这样既美观又不会减少台纸的使用面积。

四、定名

对标本进行检索鉴定，确定标本的中名，学名和科名，叫做定名。将定名的结果填写到标本签上，并将标本签贴在台纸的右下角。至此，一份腊叶标本就制作成了（图 1 - 2）。

1.5 活动方案举例

中学生开展植物采集活动，就其采集的场所来说，主要有山地、平原和水域三类。由于这三类采集场所的自然条件和植物种类各有特点，活动目的、活动重点、辅导方法和注意事项等方面也必然互有区别。本节针对上述三类不同采集场所，设计了三种活动方案，供使用者参照。

一、山地植物采集活动方案

1. 活动目的

- (1) 认识山地习见植物种类。
- (2) 了解森林群落中各种植物间的适应关系。
- (3) 掌握山地植物采集的方法步骤。

2. 活动重点

山地植被组成复杂，有森林、灌丛、草甸、草地等多种植物群落。其中以森林群落发育最好，尤其是各种阔叶林。森林和其它植物群落相比，具有以下四个特点：

(1) 植物种类多。以北方山地落叶阔叶林来说，植物种类常达六七十种，而其周围的灌丛，种类不过二三十种，远远少于落叶阔叶林。

(2) 群落内各种植物区别明显。有乔木、灌木、亚灌木、木质藤本、草质藤本、多年生草本、一年生草本等不同类型。

(3) 群落结构复杂。有乔木层、灌木层、草本层、地被层和层间植物。各层植物之间，互为生存条件，形成了复杂而协调的种间关系。

(4) 具有典型的山地阴生植物。由于森林中具有潮湿阴暗的环境，林下生长着许多典型的山地阴生植物。不象灌丛、草地，由于群落内外条件接近，常有不少平原种类侵入。

森林的上述种种特点，使它成为山地植物群落中最典型的群落，带领学生到山地森林中采集，收获最大。因此，教师应将森林植物作为山地采集活动的重点。

3. 辅导方法

(1) 山地的植物种类，常因海拔高度、坡向和植物群落类型的不同，而有很大差异，但在相同海拔高度、相同坡向和相同植物群落中，植物种类却又基本相同。因此，当教师带领学生在同一片森林中采集时，不宜多走路，虚耗时间和体力，应让学生就地尽力搜集，不使遗漏。等待采齐后，再移向另一群落。这样就能在短时间内采到更多的植物标本。

(2) 在山地森林中，乔、灌、草之间形成了相互依存的复杂关系。这种复杂关系常被作为植物种间互相适应的典型。教师应充分利用森林群落这一有利条件，使学生了解体内各种植物之间的巧妙适应，这样就会提高采集活动的收获。

4. 注意事项

山地采集容易发生安全问题，尤其是容易发生毒蛇咬伤、摔伤、碰伤和迷路。为了防止出现安全事故，除了事先进行教育外，应携带小药箱、蛇药和指北针。在森林采集时，不宜到密林深处，更不允许学生自由走动，以免发生迷路等问题。

5. 山地采集对教师的要求

山地植物种类多，而且在春夏季节，林下常有许多尚未开花的菊科、莎草科植物，这对教师来说，增加了鉴定种类的困难。因此，教师在预查中应采集自己不熟悉的种类，带回进行鉴定，以利提高辅导质量。

二、平原植物采集活动方案

1. 活动目的

- (1)认识平原习见植物种类。
- (2)掌握禾本科植物花的形态特征。
- (3)了解平原野生植物与栽培植物的关系。

2. 活动重点

平原地区的植物，除大片草原外，一般都分布在荒地、田埂和路边等处，形成灌草丛或草丛。其中的主要成分是禾本科植物。如狗尾草 [*Setaria viridis* (L.) Beauv.]、稗草 [*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.]和蟋蟀草 [*Eleusine indica* (L.) Gaertn.]等。平原上的禾本科植物，不但种类多，每一种的个体也多，而且到处生长，成为平原地区的优势类群。因此，在平原地区采集植物，应将禾本科植物作为重点采集对象。

3. 辅导方法

(1)禾本科植物分类的主要依据是小穗和花的形态特征，但这类植物的小穗和花都很微小，而且层层包裹，肉眼很难观察，必须借助解剖镜才能看清楚。所以教师要指导学生在解剖镜下对小穗进行解剖，再查看植物志和检索表，进行鉴定。

(2)平原地区的植物，常侵入农田，成为杂草。它们有的以自己发达的根系，同农作物争夺水肥，如刺儿菜 [*Cephalanoplos segetum* (Bge.) Kitam.]；有的和某些作物形态酷似，掩人耳目，如狗尾草；有的则寄生在农作物身体上，营寄生生活，如菟丝子 (*Cuscuta chinensis* Lam.)。这些都是杂草适应性的表现。教师应指导学生仔细观察这些种类的适应性状。

(3)在平原植物中，还有一类归化植物。它们原产国外，引入我国栽培，在栽培过程中，又逸为野生，如曼陀罗 (*Datura stramonium* L.)和各种牵牛 (*Pharbitis*)。教师应引导学生查阅有关文献资料 (如植物志)，了解归化植物的来源，这对于将来研究植物区系，很有意义。

4. 注意事项

禾本科植物的花朵既不鲜艳，也不芳香。学生在平原地区采集时，常常对他们“视而不见”，不愿采集。教师必须扭转这种倾向。要引导学生将注意力放到禾本科上面。因为，在被子植物 300 多个科中，禾本科与人的关系最密切、经济价值最大，是一个必须认真研究的科。要使学生认真观察禾本科，教师就必须将本地平原上禾本科的种类鉴定清楚，熟悉每个种的形态特征和其它特点。

三、水生植物采集活动方案

1. 活动目的

- (1)认识淡水水域中的习见水生植物种类。
- (2)了解各种水生植物的形态、结构对水生环境的适应性。
- (3)掌握水生植物采集的方法步骤。

2. 活动重点

各种水生植物，根据它们生长环境中水的深浅不同，而划分为沉水植物、浮水植物和挺水植物三种类型。其中，沉水植物的整个植物体沉没在水下，与大气完全隔绝，是典型的水生植物，应该作为本项活动的重点，着重进行采集和观察。

3. 辅导方法

水生植物种类，远较陆生植物少，具体到一片湖泊、河湾或池塘，其中的水生植物种类也不过二十种左右。因此，认识植物种类的任务并不繁重。但每一种水生植物的形态、结构，都和水生环境高度适应。因此，在识别种类的基础上，教师应要求学生观察各种水生植物的形态、结构，是怎样和水生环境相适应的。对于结构的适应性，应该在室内用徒手切片方法，制作临时切片，在显微镜下观察。通过观察，可以发现在各种水生植物的根、茎、叶中，都有发达的通气组织。通气组织是水生植物对缺氧的水生环境一种巧妙的适应。

4. 注意事项

(1) 采集中要注意区分挺水植物和陆生植物中的阳性湿生植物，不要将后者误作水生植物进行采集。各种阳性湿生植物，如灯心草 [*Juncus decipiens* (Busch.) Nakai]、毛茛 (*Ranunculus japonicus* Thunb.) 和泽泻 (*Alisma plantago-aquatica* L. var. *orientale* Sam.) 等，它们生活在阳光充沛、土壤水分饱和的环境中，和芦苇 (*Phragmites communis* Trin.)、香蒲 (*Typha angustifolia* L.) 等挺水植物常常相邻，在一般情况下，容易区分，但在雨季，各种水域涨水以后，阳性湿生植物也会短期浸没在水中，如果此时采集，就很容易发生混淆。

(2) 要加倍注意安全

水域采集，容易落水。如果没有船只协助，只能在岸边采集。对于远处水中的植物，不要勉强去采，更不能用游泳、潜水的方法捞取。

本章思考题

1. 在中学开展植物采集和标本制作活动，应达到哪些目的？
2. 结合中学生特点，在采集前应作好哪些准备工作？
3. 归纳种子植物采集和标本制作的方法步骤。
4. 在种子植物采集活动中，中学生容易发生的问题是什么？怎样纠正？

本章作业

设计一份辅导中学生进行种子植物采集和标本制作的活动方案。内容包括：活动目的 准备工作 采集时间、地点 采集方法步骤 腊叶标本制作 注意事项。

本章参考书目

1. 中国科学院植物研究所 1980 《中国高等植物图鉴 1-5》 科学出版社
2. 刘心源 1981 《植物标本采集制作与管理》 科学出版社
3. 王翠婷等 1986 《植物学实验指导》 东北师范大学出版社
4. 杨悦 1988 《植物学及实验》 中央广播电视大学出版社
5. 毕列爵等 1990 《怎样做个业余的植物采集家》 上海科技教育出版社

6. 尹祖棠 1987 《种子植物实验及实习》 北京师范大学出版社

附录 植物检索表及其使用方法

植物检索表是鉴定植物不可缺少的工具，要鉴定一个植物，必须学会植物检索表的使用方法。植物的各个分类单位如门、纲、目、科、属、种，都有自己的检索表，但以分科、分属、分种的检索表最为常用。

一、植物检索表的编制原理

植物检索表是根据二歧分类的原理、以对比的方式编制的区分植物类群的表格。具体来说，就是把植物类群的特征进行比较，相同的归在一项，不同的归在另一项，在相同的项下又以不同点分开，依此下去，直到把植物类群区分出来为止。检索表所列的特征，主要是形态特征。

二、植物检索表的格式

植物检索表的格式通常有以下三种。

1. 等距检索表

又称定距检索表。这种检索表是把相对立的特征编为同样号码，且在左边同等距离处开始，如此下去，叙述的文字越来越短，最后终止于各类群的名称。

例如：北京地区松科分属检索表

- 1. 叶单生，螺旋状排列
- 2. 球果直立，种鳞脱落，不具叶座 冷杉属 *Abies*
- 2. 球果下垂，种鳞宿存，具突出叶座 云杉属 *Picea*
- 1. 叶 2-多枚簇生在短枝上
- 3. 叶 2-5 针一束，种鳞端加厚 松属 *Pinus*
- 3. 叶多枚簇生在短枝上，种鳞端扁平。
- 4. 叶冬季脱落 落叶松属 *Larix*
- 4. 叶常绿 雪松属 *Cedrus*

由上例可以看出，等距检索表的优点是把相对性质的特征排列在同等距离，一目了然，便于应用。但如果编排的种类过多，检索表必然偏斜而浪费很多篇幅。

我国的植物志、植物图鉴以及单独成册的植物检索表，大多采用等距检索表。

2. 平行检索表

又称二歧检索表。它的特点是左边的字码都平头写（平行）。仍以上例说明：

- 1. 叶单生，螺旋状排列 2
- 1. 叶 2-多枚簇生在短枝上 3
- 2. 球果直立，种鳞脱落，不具叶座 冷杉属 *Abies*
- 2. 球果下垂，种鳞宿存，具突出叶座 云杉属 *Picea*
- 3. 叶 2-5 针一束，种鳞端加厚 松属 *Pinus*
- 3. 叶多枚簇生在短枝上，种鳞端扁平 4
- 4. 叶冬季脱落 落叶松属 *Larix*
- 4. 叶常绿 雪松属 *Cedrus*

平行检索表的优点是排列整齐而美观，而且节约篇幅，但不如等距检索表那么一目了然。

3. 连续平行检索表

这种检索表编写的方式与平行检索表相似，将每对显著的对立特征的号码写在前面，并用两个号码表示，如下例检索表中的 1.(4) 和 4.(1)。当检索时，所要查对的植物特征如符合 1 项，就向下追查 2 项，若不符合，就追查 4 项。如此类推，向下追查，直到符合某一类为止。仍以上例说明：

- 1.(4) 叶单生，螺旋排列。
- 2.(3) 球果直立，种鳞脱落，不具叶座 冷杉属 *Abies*
- 3.(2) 球果下垂，种鳞宿存，具突出叶座 云杉属 *Picea*
- 4.(1) 叶 2-多枚簇生在短枝上。
- 5.(6) 叶 2-5 针一束，种鳞端加厚 松属 *Pinus*
- 6.(5) 叶多枚簇生在短枝上，种鳞端扁平
- 7.(8) 叶冬季脱落 落叶松属 *Larix*
- 8.(7) 叶常绿 雪松属 *Cedrus*

由上例说明，连续平行检索表既能克服等距检索表浪费篇幅的缺陷，又能弥补平行检索表不清晰的缺陷。也就是说，一方面，左边的字码都平头写；另一方面，又用 1.(4) 和 4.(1) 这类方式把相对立的一对对特征紧紧地联系起来。这对于检索是一种很方便的格式，但编制检索表时比较费事。这种检索表在植物分类中使用得不多。

三、鉴定植物的方法步骤

使用检索表鉴定植物时，要经过观察、检索和核对三个步骤。

1. 观察

观察是鉴定植物的前提。我们鉴定一个植物，首先必须对它的各个器官的形态（尤其是花和叶的形态），进行细致的观察，然后才有可能根据观察结果进行检索和核对。

(1) 观察的用品用具

尖镊子和解剖针。用来夹持花朵和拨开花的各个部分。

小刀。用来切开花子的子房和果实。

手持放大镜。用来观察细小形态。

记录本和笔。用来记载观察结果。

地方植物志（或植物图鉴、植物检索表）用来检索植物和验证检索的结果。

(2) 观察项目

生活型。是指乔木、灌木、藤木、草木等。如果是乔木，还要观察是常绿还是落叶。如果是草本，还要观察是一年生、二年生还是多年生。

根。主要指草本植物根的类型、变态根的有无及其类型。至于木本植物的根，通常不必观察。

茎。观察茎的生长习性（直立、匍匐、攀援、缠绕等），茎的高度，分枝特点，树冠形状，变态茎的有无及其类型。

叶。观察单叶或复叶，叶序类型，托叶有无，乳汁及有色浆液的有无，叶的长度，叶序形状大小和质地，叶片各部分的形态（包括叶基、叶尖、叶缘、叶脉、毛的有无和类型等）。

花。花序类型，花的性别（两性花或单性花、同株或异株），花的对称性（辐射对称或左右对称），花的各部分是轮生或螺旋生，萼片形态（数

目、形状、大小、离生或合生），花瓣形态（数目、颜色、离生、合生、花冠类型），雄蕊形态（数目、类型、与花瓣对生或互生），雌蕊形态（心皮数目、心皮离生或合生、花柱头特点、子房室数、胎座类型、胚珠数目、子房位置）。

果实。类型，大小，形状，颜色。

种子。数目，形状，颜色，胚乳有无。

花期和果期。

生活环境及其类型。

(3) 观察注意事项

要选择正常而完整的植株进行观察 用来观察的植株，应该是发育正常、没有病虫害。这样的植株，它的形态特征是正常的。只有根据正常的形态特征，才能识别出一个植物。另外，用来观察的植株，必须是根、茎、叶、花俱全的（最好还有果实）。因为检索表是根据植物全部形态特征来编制的，如果缺少了某个特征，往往会使检索工作半途而废。

要按照形态学术语的要求进行观察 只有按照形态学术语的要求去观察植物，才能观察得确切，也只有这样，才能根据观察结果顺利地进行检索。因为检索表都是运用形态学术语编制的。

要按照植物体的一定顺序进行观察 观察时，要从植物整体到各个器官；对各个器官，要从下到上，即从根、茎到叶，再到花、果实和种子；对每个器官，要从外向里，例如花，要按照萼片、花瓣、雄蕊、雌蕊的次序进行观察。这样观察，所得到的结论就不会是杂乱无章的了。

对高低，宽窄和长短的概念要用具体数字来衡量 例如株高 8.5 厘米，叶宽 1.5 厘米等，而不能用“较高”、“较小”等词句来表示。

要边观察边记录 特别对一些数字要及时记录，以免因遗忘而重新观察。

2. 检索

检索是识别植物的关键步骤。对一个不认识的植物，可以根据观察的结果，选择一定的检索表，逐项进行检索，最后就会确定该种植物的名称和分类地位。

(1) 检索的方法。检索时，先用分科检索表，检索出所属的科；再用该科的分属检索表检索到属，最后则用该属的分种检索表检索到种。

我们知道，检索表是根据二歧分类的原理编制的，也就是说，是把植物一对对彼此相反的特征，按照一定次序编制起来，组成了检索表。因此，在检索时，要根据“非此即彼”的道理，从一对相反的特征中，选择其中一个与被检索植物相符合的特征，放弃另一个不符合的特征。然后，在选中的特征项下，再从下一对相反特征中，继续进行选择。如此继续进行下去，直至检索到种为止。

(2) 检索时的注意事项。在核对两项相对的特征时，即使第一项已符合于被检索的植物，也应该继续读完第二项特征，以免查错。

如果查到某一项，而该项特征没有观察，应补行观察后，再进行检索。不要越过去检索下项，否则容易错查下去。

3. 核对

核对是防止检索有误的保证。为了避免有误，应该在检索后进行核对。

核对的方法是把植物的特征与植物志或图鉴中的有关形态描述的内容

进行对比。植物志中有科、属、种的文字描述，而且附有插图，在核对时，不仅要与文字描述进行核对，还要核对插图。在核对插图时，除了应注意在外形上是否相似外，尤其应该重视解剖图的特征，因为后者往往是该种植物的关键特征。

经过核对，如果发现有出入，说明检索可能有误，这就需要重新检索，找出问题所在。

（杨 悦）

第二章 孢子植物的采集和标本制作

导 言

在植物界，除种子植物外，还有蕨类、苔藓、地衣、真菌和藻类等类群，它们统称为孢子植物。孢子植物的各个类群，由于形态、结构、习性和分布差别很大，植物采集和标本制作的方法就各不相同，活动开展也因而有难有易。本章按照从易到难的顺序，对上述 5 类孢子植物分别进行介绍。

蕨类营养器官的结构、大小和质地均和种子植物接近，其采集和标本制作方法与种子植物类似。

苔藓和地衣的体型较小，结构简单，色泽单调，不容易引起中学生的注意和兴趣，应从它们的生态和经济价值上，引导中学生积极参加采集活动。

真菌中以大型真菌最适合中学开展活动，但其中有不少有毒种类，采集中应特别注意。

藻类中以淡水藻类最为常见，由于体型大都非常微小，又生活在水中，采集观察和标本保存都比较复杂，应对学生细心辅导。

2.1 蕨类植物的采集和标本制作

蕨类植物是孢子植物中进化水平最高的类群。全世界共有 12000 余种，其中绝大多数为草本植物，在我国生长的约有 2600 余种。

蕨类植物的孢子体和配子体都能独立生活，它们的孢子体的体型大，有根、茎、叶的分化；而配子体不但体型微小，而且结构简单。我们平时所见的都是它们的孢子体。蕨类植物分类的主要依据是孢子体的形态特征，对配子体的特点，分类中很少采用。

一、蕨类植物的分布和生态类型

蕨等植物分类很广，地球上除海洋和沙漠外，举凡平原、高山、森林、草地、岩隙、沼泽、湖泊和池塘，都有它的踪迹。由于生境多种多样，蕨类植物分为土生、石生、附生和水生等生态类型。

1. 土生蕨类

大部分蕨类为土生种。在土生种类中又分为旱生种、阴生种和湿生种。旱生种类多生于被破坏的森林和干旱的荒山坡上，如常见的蕨 [*Pteridium aquinum* (L.) Kuhn. var. *latiusculum* (Desv.) Underw]。阴生种多生于阴湿的林下，如蹄盖蕨科 (Athyriaceae)、鳞毛蕨属 (*Dryopteris*)。湿生种多生长在溪流旁或沼泽地带，如木贼科 (Equisetaceae)、金星蕨科 (Thelypteridaceae)。

2. 石生蕨类

石生蕨类生长在岩石缝隙中，非常耐旱，如卷柏科的卷柏 [*Selaginella tamariscina* (Beauv.) Spring]。

3. 附生蕨类

附生蕨类大多生活在热带雨林中的乔木上，如巢蕨 [*Neottopteris nidus* (L.) J.Sm.]。

4. 水生蕨类

水生蕨类的种类不多，都生活在淡水中。它们当中有的漂浮在水面上，如槐叶萍[*Salvinia natans* (L.) All.]、满江红[*Azolla imbricata* (Roxb.) Nakai]等；有的则是整个植物体沉入水中，如水韭属 (*Isöete*)。

二、采集

1. 采集用具用品

- (1) 采集袋：用于盛装全部采集用具用品和标本。
- (2) 掘铲或小镐：用于挖掘蕨类的地下茎。
- (3) 小抄网（用纱布或尼龙纱制作）：用于采集水生蕨类植物。
- (4) 塑料袋（大小各种型号）：用于临时保存标本。
- (5) 大、小标本夹和吸水纸：用于装压标本。
- (6) 野外记录册、铅笔、标本号牌和钢卷尺：用于记载标本。
- (7) 高度计、指北针。

2. 采集方法

蕨类植物营养器官的结构、大小和质地，均和种子植物接近，因此，采集方法与种子植物的采集类似。但应注意以下几点。

(1) 采集地点。大多数蕨类植物性喜阴湿，多生活在阴湿地方，所以采集时，应多到阴坡、沟谷和溪流旁查找。

(2) 采集的标本要完整。标本的完整性主要指以下两个方面。

第一，根、茎、叶要完整。在蕨类植物中，绝大多数是真蕨纲植物，而真蕨纲植物大多没有地上茎，茎生在地下，叶大多为羽状复叶，单叶的种类很少，中学生常误将羽状复叶的总叶柄看成地上茎，将复叶上的羽片或小叶看成一片片叶，因此在采集时，往往只揪一片叶。要指导学生将一株蕨类植物的根、茎、叶采全。

第二，标本要具备孢子叶或营养叶上具备孢子囊群。孢子叶和孢子囊群是蕨类植物分类的重要依据。有些蕨类植物如荚果蕨 [*Matteuccia struthiopteris* (L.) Todaro]，叶有营养叶和孢子叶之分，对这样的种类，须同时采集两种叶；有些蕨类植物，如蕨只有营养叶，但营养叶生长到一定时期，在小叶背面出现许多孢子囊群，对这样的种类，要采集带有孢子囊群的叶。所以，蕨类植物的采集有时间性，即必须在出现孢子叶或营养叶上出现孢子囊群时进行采集，在北方，这时间大多是盛夏季节。

(3) 采集的标本要尽快放入小标本夹中压好。因为蕨类的叶，常常是3~4回羽状复叶，大而零散，而且由于生于阴湿环境，叶面角质层薄，质地柔软。这样的标本如果在阳光下放置时间过久，或在采集袋中反复挤压揉搓，就会萎蔫变形，小叶重叠，给标本压制工作带来很大困难。因此，采集后最好立刻放入小标本夹中压好。万一作不到这一点，也应该放入大塑料袋中暂时保存。一般标本在塑料袋中只能保存3~4小时不萎蔫，所以不能存放时间过久。

(4) 作好采集记录工作。蕨类标本采集后，应及时编号和记录。其采集记录册的格式见表2-1。

表 2-1 蕨类植物采集记录

号数	日期
采集人	
产地	
海拔高度	
生活型	环境
高度	
茎	
营养叶	
孢子叶	
孢子囊群	
科名	
学名	
中名	
其它	

三、标本制作

采集的蕨类标本主要以腊叶标本的形式保存。其腊叶标本的制作方法，与种子植物的腊叶标本基本相同。但在制作过程中应注意以下两个问题：

(1) 标本压制时，要将叶进行反折，使背腹面都能展现出来，以便能同时观察叶的背腹面形态特征，尤其是营养叶背面生长孢子囊群的种类，更要将其背面在台纸上展现清楚。

(2) 羽状复叶如果过大，可以折叠，经过折叠还大时，可剪取部分小叶进行压制，但要将整个的形态在采集记录册中详细记载。

2.2 苔藓植物的采集和标本制作

苔藓植物是一群形体较小的高等植物，没有真正根、茎、叶的分化。全世界约有 23000 余种，我国有 2800 多种。苔藓植物的营养体即配子体，它的孢子体不能独立生活，寄生或半寄生在配子体上。

一、苔藓植物的分布与生态类型

苔藓植物的适应性很强，分布广泛，在高山、草地、林内、路旁、沼泽、湖泊、乃至墙壁屋顶，都有它的分布。根据生境的不同，可把苔藓植物分为水生、石生、土生和木生等不同生态类型。

1. 水生苔藓

由于水生环境多种多样，不同水生环境又生长着不同的苔藓植物，在有机质比较丰富的水中，有漂浮的浮苔属 (*Ricciocarpus*)、钱苔属 (*Riccia*)；在流水中物体上生长的有水藓属

(*Fontinalis*)、曲柄藓属 (*Campylopus*)、塔藓属 (*Hylocomium*)、垂枝藓属 (*Rhytidium*)、拟垂枝藓属 (*Rhytidiadelphus*)、青藓属 (*Brachythecium*) 等；静水中物体上生长的有柳叶藓科 (*Amblystegiaceae*)；沼泽中生长的有泥炭藓属 (*Sphagnum*)。

2. 石生苔藓

生长在岩石上的苔藓植物比较多。由于岩石的酸碱度和湿度不同，所生长的苔藓植物种类也不同。如酸性高山岩石上生有黑藓属 (*Andreaea*)、砂藓属 (*Racomitrium*)；干旱岩石上生长的有紫萼藓属 (*Grimmia*)、虎尾藓属 (*Hedwigia*)、牛舌藓属 (*Anomodon*)；潮湿岩石上生长的有提灯藓属 (*Mnium*) 和一些苔类。

3. 土生苔藓

土生苔藓植物的种类最多。土壤性质不同，生长的苔藓种类也不同。在腐殖质丰富、含氮量高的土壤上，常生长着葫芦藓属 (*Funaria*)、地钱属 (*Marchantia*) 等；酸性土壤上常生长曲尾藓属 (*Dicranum*)、仙鹤藓属 (*Atrichum*) 等；中性土壤上常生长提灯藓属、羽藓属 (*Thuidium*) 等；碱性土壤上常生有山羽藓属 (*Abietinella*)、绢藓属 (*Entodon*) 等；含钙量高的土壤上，常生有墙藓属 (*Tortula*)。

4. 木生苔藓

在林内附生在树上和倒木上的苔藓植物，有光萼苔属 (*Porella*)、耳囊苔属 (*Fruillania*)、羽苔科 (*Plagiochilaceae*)、平藓科 (*Neckeraceae*) 等。

二、采集

1. 采集用品用具

- (1) 采集袋。
- (2) 采集刀 (可用电工刀代替)：用于采取石生和木生苔藓。
- (3) 镊子：用于采取水中、沼泽中的苔藓。
- (4) 小抄网：用于捞取漂浮水面的苔藓。
- (5) 塑料瓶：用于盛取水生苔藓。
- (6) 塑料袋。

(7)纸袋(12×10厘米):用于盛装苔藓标本。

(8)曲别针(或大头针)。

(9)采集记录册、铅笔。

(10)高度计、指北针。

2.采集方法

(1)对不同生境的苔藓植物,要用不同方法采集。

水生苔藓的采集。对于漂浮水面的种类,可用小抄网捞取,然后将标本装入塑料瓶中。对于生长在水中物体上或沼泽中的种类,可用镊子采取,采集后,将标本放入塑料瓶内或将水甩净后装入纸袋中。

石生、树生苔藓的采集。对于生长在石面的种类,可用采集刀刮取。对于生长在树皮上的种类,可用采集刀连同一部分树皮剥下。对于生在小树枝或叶面上的种类,可采集一段枝条或连同叶片一起采集。

土生苔藓的采集。对于松软土上生长的种类,可直接用手采集。稍硬土壤上的种类,则要用采集刀连同一层土铲起,然后小心去掉泥土,将标本装入纸袋中。

(2)要尽量采集带有孢子体的标本。苔藓植物孢子体各部分的特征,在分类上有重要价值。采集时,要保持孢子体各部的完整,尤其是孢蒴上的蒴帽容易脱落,要注意保存。

(3)作好采集记录。标本采集后,应及时编号和填写采集记录册。苔藓植物采集记录册的格式见表2-2。

表2-2 苔藓植物采集记录

号数	日期
采集人	
采集地点	
海拔高度	
生境	
基质	
营养体生长形式	
营养体颜色和光泽	
孢蒴	
科名	
学名	
中名	
附注	

说明:

生境 是指苔藓植物生活的具体环境,如林中、林下、林缘、草地、岩面、土坡等。

基质 是指苔藓植物附生的物体,如水中岩石、水中朽木、树皮、树叶、土壤等。

营养体生长形式 是指直立、倾立、匍匐、主茎横卧枝茎直立、主茎紧贴基质枝茎悬垂等。

孢蒴 是指孢蒴作成标本后容易变化或不易区分的性状,如姿态下垂、

上举、倾斜等。

三、标本制作和保存

苔藓植物标本的制作和保存比较简单，一般用以下两种方法。

1. 晒干入袋保存

苔藓植物体小，容易干燥，不易发霉腐烂，而且在干燥的状态下，颜色能长期保存。因此非常适宜用纸质标本袋长期保存。

入袋保存前，先将标本放在通风处晾干，去净所带泥土，然后放入标本袋中。在此同时，要填写标签，写明学名、产地、采集人和编号，将标签贴在标本袋上，并在登记簿上登记，然后入柜长期保存。

苔藓植物标本袋用牛皮纸制作，其尺寸大小、折叠方法以及标本签格式见图 2 - 1。

2. 压制腊叶标本

各种苔藓植物都可制作腊叶标本，尤其是水生种类和附生在树枝、树叶上的种类，更适合用腊叶标本保存。其制作方法与制作种子植物腊叶标本相同。但要在标本上盖一层纱布，以防有些苔类标本粘在盖纸上。

四、引导青少年积极参加苔藓植物的采集活动

青少年对于苔藓植物的采集活动，往往不愿参加。究其原因，除了因为苔藓植物体型小、结构简单、色泽单调、不易使人对它产生兴趣之外，主要是由于不了解苔藓植物的重大意义，误认为用途不大、没有采集和研究的价值。教师应从以下三个方面向学生讲解苔藓，启发他们对这类植物产生兴趣，积极投入采集活动中来。

(1) 讲解苔藓植物在自然界中的重大作用，诸如能为蕨类和种子植物创造生存条件，能防止水土流失，某些水生种类能使湖泊、沼泽演变为森林等等。

(2) 讲解苔藓植物的经济价值，诸如药用、包装运输途中的花木、形成泥炭提供能源等等。

(3) 讲解苔藓植物的形态结构、生活史等方面对环境条件的巧妙适应。

2.3 地衣植物的采集和标本制作

地衣是多年生植物。全世界共有 25000 余种，我国约有 2000 种。每一种地衣都是由一种真菌和一种藻组合的复合有机体。

一、地衣植物的分布与生态类型

地衣的适应能力极强，特别能耐寒、耐旱，广泛分布于世界各地，从南北两极到赤道，从高山、森林到沙漠，从潮湿土壤到干燥岩石和树皮上，都有它们的存在。地衣因生长基物的不同，可分为附生、石生和地上土生等不同生态类型。

1. 附生地衣

本类型大多附生在森林、灌丛中的树上，各种地衣在树上的分布常有其固定的部位，呈现出规律性分布。附生在树冠上的地衣，主要是枝状地衣，如松萝属 (*Usnea*)、雪花衣属 (*Anaptychia*) 等；在树干上部，由于树皮光滑，大多附生壳状地衣，如文字衣科 (*Graphidaceae*)、茶渍科 (*Lecanoraceae*)、鸡皮衣科 (*Pertusariaceae*) 等；在树干中部和基部，树皮粗糙，多少都贴生着苔藓植物，因此，树干的这两个部位大多附生叶状地衣，如梅衣属 (*Parmelia*)、蜈蚣衣属 (*Physcia*)、牛皮叶衣属 (*Stictia*)、地卷属 (*Peltigera*) 等。

2. 石生地衣

在裸露岩石上主要是壳状地衣，如茶渍科、鸡皮衣科、黑瘤衣科 (*Buellia*)、石耳科 (*Umbilicariaceae*)、黄枝衣科 (*Teloschistaceae*)、橙衣科 (*Caloplacaceae*)、梅衣科 (*Parmeliaceae*) 等；在有苔藓植物的岩石上，主要是叶状地衣，如梅衣科、胶衣科 (*Collemataceae*)、地卷属、石蕊属 (*Cladonia*) 等。

3. 地上土生地衣

在本类型中，既有壳状地衣，也有叶状地衣，如石蕊属、皮果衣属 (*Permatocarpon*) 和猫耳衣属 (*Leptogium*) 等。

二、采集

1. 采集用具用品

- (1) 采集袋。
- (2) 采集刀：用于采集树皮上的壳状地衣和叶状地衣。
- (3) 锤子和钻子：用于采集石生地衣。
- (4) 枝剪：用于剪取树枝上的各种地衣。
- (5) 放大镜。
- (6) 包装纸 (可用旧报纸)。
- (7) 小纸袋。
- (8) 钢卷尺。
- (9) 采集记录册、铅笔。
- (10) 号牌。

2. 采集方法

(1) 壳状地衣的采集。此类地衣，由于没有下皮层，髓层的菌丝紧紧贴在基质上，很难与基质分离。采集时，必须连同基质一起采；对地上土生的

可用刀挖取；对树枝上着生的，可用枝剪连同树枝一起剪取；对在树干上着生的，可用采集刀连同树皮一起切割；对石生的，须用锤和钻将所着生的石块敲打下来。

(2)叶状和枝状地衣的采集。这两类地衣，前者具有下皮层，后者植物体圆筒形，体表均具皮层。因此，以皮层上的假根和脐固着在基质上，与基质的结合不太紧密，容易剥离。采集时，不能用手抓（注意这是学生常用的方法），要用刀从基质上轻轻剔剥下来，防止将地衣碰碎。

采集地衣标本，不受季节限制。因为除了有些不产生子囊果的种类外，一般地衣在一年四季都能产生子囊果和子囊孢子。因此，一年四季均可采集。

3. 记录

标本采集后，放入小纸袋中，纸袋上写清采集号数、然后在采集记录册中进行记录。地衣采集记录册的格式见表 2-3。

表 2-3 地衣采集记录

采集号	采集日期
采集地点	
海拔高度	
生境	
基质	
颜色	
地衣体与基质的结合情况	
其它	
科名	
学名	
中名	

三、标本制作与保存

地衣标本制作与保存比较容易。一般多用风干的方法，使标本自然干燥，然后放入小纸袋中保存。对于叶状和枝状地衣，也可以按照种子植物腊叶标本压制方法，用标本夹压干，装帧成腊叶标本保存。

四、启发中学生积极参加地衣的采集活动

中学生对地衣更不熟悉，甚至对岩石表面的壳状地衣，还常常说成是岩石自生的斑点，不承认它是植物。这就要求教师在组织学生开展地衣采集活动时，向学生讲授有关地衣的知识。包括：

(1)补充课堂已讲过的地衣形态、结构和生长型方面的知识。

(2)地衣分布和生态类型。

(3)地衣在自然界中的作用

讲清地衣通过分泌地衣酸，使岩石表面逐渐变为土壤，地衣酸为以后高等植物的分布创造了条件，是一类先锋植物。

(4)地衣的多种经济价值

讲清它的药用、食用、充作饲料、化学指示剂、杀菌剂、染料、大气污染的监测植物等。

2.4 大型真菌的采集和标本制作

真菌约有 10 万余种，在植物界中，其种类之多仅次于种子植物。真菌的种类虽多，但大多数的种类体型微小，不易发现。对青少年来说，容易观察和采集的是大型真菌。

大型真菌是指真菌中子实体较大的子囊菌和担子菌，全世界共有 10000 余种。常见种类有盘菌类 (Pezizales)、木耳类 (Auriculariales)、银耳类 (Tremellales)、多孔菌类 (Polyporales)、伞菌类 (Agaricales) 和腹菌类 (Gasteromycetales) 等。这些大型真菌的子实体，形态多种多样，有盘状、碗状、马鞍状、羊肚状、伞状、球状、扇状、笔状、脑状、耳状、块状和喇叭状等。子实体的质地也不相同，大多为肉质，有的为革质，还有的为木质、木栓质，以及胶质、膜质等。子实体的不同质地，使得采集和标本制作方法各不相同。

一、大型真菌的分布及生态类型

大型真菌分布广泛，山林、草原、田野、庭院等处都能见到它们。根据其生境的不同可分为以下几种类型。

1. 地生真菌

大型真菌大多为地生，如各种伞菌、盘菌、腹菌等真菌，都生长在沃土或粪土上，利用土中丰富的有机物形成地下菌丝和子实体。

2. 木生真菌

木生真菌有的寄生在活的树木上，有的腐生在枯立木、倒木或伐木桩上。各种多孔菌、银耳、木耳等都是木生真菌。

3. 共生真菌

伞菌、多孔菌和盘菌中的一些种类，其地下菌丝常与某些种子植物的根结合在一起，形成菌根。共生真菌通过菌根，一方面从种子植物根上吸取自己需要的有机养料，另一方面，又将自己吸收来的水分、无机盐供给种子植物使用，从而增加了种子植物的吸收面积，形成了共生关系。

二、采集

1. 采集用具用品

- (1) 采集袋。
- (2) 平底背筐或塑料桶：用于盛放各种真菌标本。
- (3) 掘铲和小镐：用于挖掘地生真菌标本。
- (4) 采集刀、枝剪和手锯：用于采集木生真菌标本。
- (5) 硬纸盒若干个：用于存放珍贵或容易破碎的标本。
- (6) 漏斗形白纸袋（用光滑洁白的纸临时制作）：用于包装肉质标本。
- (7) 采集记录册、铅笔、号牌。
- (8) 钢卷尺。
- (9) 高度计、指北针。

2. 采集时间

采集大型真菌，首先要了解它们子实体的发生时间。子实体在春季发生的比较少，仅羊肚菌属 (Morchella)、马鞍菌属 (Helvella) 等发生于春末，多数真菌发生于夏秋两季，尤其是多雨的七八月份出现最多；多年生的多孔

菌如灵芝属 (Ganoderma)，一年四季均可采到，但以春季和晚秋采集最为适宜。

3. 采集方法

(1)地生真菌的采集。学生遇到各种地生真菌时，常常用手去拔，这样做，既容易损伤地上的子实体，也很难将子实体菌柄下端的地下菌丝拔出土外。正确的做法是用掘铲和小镐小心挖取，如果没带掘铲和手镐，可用手轻轻捏住子实体的菌柄基部，缓慢地将菌柄转一周，然后拔出，这样就能将地下菌丝带出土外。在整个采集过程中，要注意保持子实体的完整，对各部分都不要损伤，如菌环、菌托、盖面、柄上的绒毛和鳞片，以及菌幕残片等，都需要注意保护。共生真菌的采集方法与地生真菌的采集相同。

(2)木生真菌的采集。应将标本连同一部分基物一起采集，可用采集刀、枝剪和手锯等工具采集。

4. 标本的临时保存

标本采集后，要立即分别包装，以免损坏和丢失。不同质地的标本，包装方法不同。

对肉质、胶质、蜡质和软骨质的标本，可用光滑洁白的纸作成漏斗形的纸袋包装（现用现作，其容积随标本大小而定）。包装时，菌柄向下，菌盖在上，放入牌号，包好上口。然后将包好的标本放入筐或桶内。如采到稀有、珍贵或容易破碎的标本，可放入硬纸盒内，周围充填洁净的植物茎叶，并在盒壁上穿些孔洞，以利通风。

对木质、木栓质、草质和膜质的标本，采集后，先拴上号牌，再用白纸分别包装即可。

5. 野外记录

标本采到后，根据标本特征，在采集记录册中逐项填写。大型真菌采集记录册的格式见表 2-4。

表 2-4 大型真菌采集记录

采集号	采集时间
采集地点	
生境	
寄主名称	海拔高度
标本采集部位	
子实体形态特征	
学名	
中名	
采集人	
其它	

说明：

标本采集部位是指木生菌类的标本在树上的着生部位。

如果是蘑菇属 (Agaricus) 标本，可按表 2-5 项目记录。

表 2-5 蘑菇类采集记录

采集号	采集时间
采集地点	
采集人	
生境	海拔高度
基物	
生态	
菌盖	
菌肉	
菌褶	
菌管	
菌环	
菌柄	
菌托	
孢子印	
学名	
中名	土名
附记	

说明：

基物 指地上、腐木、立木、粪上等。

生态 指单生、散生、群生、丛生、簇生、迭生等。菌盖 包括直径、颜色、粘度、形状等，均需记录。

菌肉 包括颜色、气味、伤后变色等。

菌褶 包括宽度、颜色、密度、是否等长和分叉等。

菌管 包括管口大小和形状、管面颜色、管里颜色、排列状态等。

菌环 包括质地、颜色等。

菌柄 包括长度、直径、颜色、基部形态、有无鳞片和腺点、质地、是否空心等。

菌托 包括颜色、形状等。

孢子印 包括颜色等。

附记 包括用途、是否有毒、产量等。

6. 采集中应注意的问题

大型真菌中，有不少有毒种类。在采集中，一定要教育学生，对采到的真菌标本，鉴定时决不能口尝，更不能随便把一些不认识的种类，当作食用菌带回食用。

教师在采集中不要輕易向学生讲解可食用蘑菇和毒蘑菇的区分标准。因为各种有毒蘑菇，在真菌分类学中并不是一个自然类群，彼此间的外部形态、内部结构以及生态习性很不相同。可食用蘑菇与毒蘑菇之间很难找出一条绝对的区别标准。何况同一种野生蘑菇，它是否有毒以及毒性大小，往往会因人而异，或食用方法不同而有很大差别。所以，当学生采到一种不认识的种类，询问教师是否可食时，回答一定要慎重。对自己不熟悉的标本，要在自己仔细鉴定之后，再告诉学生。

7. 标本制作和保存

(1) 浸制标本

凡是白色、灰色、淡黄色、淡褐色的标本，可选用下列浸制液配方中的一种。

配方 1：甲醛 10 毫升、硫酸锌 2.5 克、水 1000 毫升。

配方 2：50%酒精 300 毫升、水 2000 毫升。

凡是颜色深的标本，为保持颜色，可用下列配方保存。

A 液 2~10%硫酸铜水溶液。

B 液 无水亚硫酸钠 21 克，浓硫酸 1 克，溶于 10 毫升水中，再加水至 1000 毫升。

先将标本放入 A 液中浸泡 24 小时，取出用清水浸洗 24 小时，然后转浸入 B 液中长期保存。

(2)干制标本。对木质、木栓质、革质、半肉质和其它含水分少不易腐烂的标本，可作干制标本。其作法先将标本放在通风处风干或放在日光下晒干。如果阳光充足，肉质标本也可晒干作成干制标本。标本干后，放入标本盒，并加樟脑粉和干燥剂，盒外贴上标本签，即可长期保存。

(3)腊叶标本。肉质标本还可以制作腊叶标本。其方法是取一张薄的白磅纸，在纸上涂一层 15%的动物胶或蛋清，使其干燥。同时，将肉质标本纵切成均等的两半，将其中一半的菌伞和菌柄内的菌肉挖空，只剩下一层薄壳，另一半沿纵轴切下一层薄片，这薄片应完整地表示出子实体的各部分。然后将上述薄壳和薄片两个标本贴在涂有动物胶的纸上（薄壳的空腔朝向动物胶），再在上面放一层纱布，放入标本夹中压制，这样压干的标本不会卷缩。压干后，再贴在台纸上，按照腊叶标本装帧的方法作成腊叶标本。

(4)制作孢子印。能作孢子印的真菌，大多属于担子菌。当担子菌的子实体成熟时，菌伞张开，大量的孢子就从菌褶上散落下来。此时，用特别准备的纸接取，被粘在纸上的孢子就叫做孢子印。各种担子菌的孢子形态、颜色、菌褶大小、菌褶和菌管形态不同，彼此的孢子印也就不一样。这样，孢子印就成为鉴定真菌标本时不可缺少的一个根据。

用来制作孢子印的标本，应该是菌伞已经张开，但不过熟，而且菌伞必须完整。把标本选好后，取一张稍厚的纸，涂上 15%的动物胶或蛋清，干燥后待用。纸的颜色视孢子的颜色而定。如果是黑色孢子，则用白纸；反之，则用黑纸；如果不知道孢子颜色，则把一半白纸一半黑纸拼接使用。在准备纸的同时，用铁丝做一个比菌盖稍大的圆圈，铁丝的一端弯向圆圈中央，使其末端向上弯曲成短柱状。

上述准备工作完成后，用刀片将标本的菌柄齐菌盖处切掉，用铁丝短柱插在菌盖中央的菌柄切断处。然后将这套装置放在涂有动物胶的纸上，为了防止风吹孢子或落上灰尘，应罩上玻璃罩或纸套，静置 4~24 小时，成熟的孢子就会落到纸上，形成了一张与菌褶或菌孔排列方式完全相同的孢子印（图 2-2）。

孢子印制作好后，要及时记录新鲜孢子的颜色，并将其编上与其它同种标本相同的号数，一起保存，以备鉴定时查用。注意不要用手抚摸孢子印，以免造成损坏。

2.5 淡水藻类的采集和标本制作

藻类植物共有 23000 余种，其中除海藻、半咸水藻和盐湖藻以外，其它藻类植物，包括气生藻、冰雪藻、温泉藻在内，都属于广义的淡水藻类。

在淡水藻类中，除少数附生藻类外，大多为体型微小的单细胞种类。淡水藻类的这一特点，使得它的采集和标本制作方法，与其它植物类群很不相同。

一、淡水藻类的分布与生态类型

淡水藻类在自然界分布很广，江河、湖泊、水库、小溪、池塘、积水坑、沼泽、冰雪、温泉、土壤、岩石、树皮、墙壁乃至花盆外壁上，都有它们的踪迹。根据各种淡水藻类生境中水的多少和有无以及藻类本身的生活方式，将它们分为以下几种生态类型：

1. 水生藻类

水生藻类是生活在各种淡水水域中的藻类植物，根据它们在水中的生活方式，又分为以下两类。

(1) 浮游藻等。浮游藻类是淡水藻类中种类最多的一类。它

们自由浮游在水中，身体大多由单细胞组成，体型微小，肉眼无法观察。在它们当中，有的种类具有鞭毛，能自由运动、有的不具鞭毛，只能随水漂浮。裸藻门(Euglenophyta)、绿藻门(Chlorophyta)、金藻门(Chrysophyta)、甲藻门(Pyrrophyta)、黄藻

门(Xanthophyta)、硅藻门(Bacillariophyta)、蓝藻门(Cyanophyta)中，都有淡水浮游藻类的存在。

正因为淡水浮游藻类由不同类群的藻类组成，它们对水质要求和生长季节常不相同。例如各种裸藻喜在温暖夏季有机物丰富的水中生活；各种绿藻在春秋两季生长旺盛，其中的鼓藻(Cosmarium)喜微酸性水质；各种金藻多在寒凉的秋末至次年早春出现；各种甲藻喜在温暖夏季碱性水中生活；各种硅藻喜在冷水中生活，春秋两季出现较多；各种蓝藻在夏季生长旺盛，喜在营养丰富的水中生活，常集聚水面，形成“水花”。因此，采集浮游藻类前，应先了解它们的生态习性，否则不易采到所需的标本。

(2) 附生藻类。附生藻类附生在水生各种基物上，如石块、木桩、水底高等植物及其它藻类植物体上。它们多数是分枝或不分枝的丝状体，少数为群体和单细胞类型。

2. 亚气生藻类

亚气生藻类大多生长在潮湿土壤表面、潮湿岩石表面、树干基部和水花飞溅处等处。生境潮湿，藻体半沉浸在水中。

3. 气生藻类

气生藻类生长在树皮、树叶、岩石、墙壁、花盆壁等处。藻体暴露在空气中，生活期的大部分时间缺水，但仍能生存，一旦遇到雨水，立即恢复生命活动。

二、采集

1. 采集用具用品

(1) 采集袋。

(2)浮游生物网：用于采集各种浮游藻类。浮游生物网可以自己制作，其规格和制作方法如下。

规格。网口直径为 20 厘米，网袋长 60 厘米，网底应安装一个带阀门的集中杯。网袋的质地为尼龙筛绢。筛绢的号码及网孔大小，随采集对象的大小而定。采集大型浮游藻类时，用 13 号和 20 号筛绢，采集小型浮游藻类时，用 25 号筛绢。

制作方法。取 3~4 毫米粗的铜丝或铅丝作一个直径 20 厘米的网口，用以支撑网口始终张开。用金属或玻璃制作一个带阀门的集中杯（或购买），用来收集过滤到的浮游藻类。在网袋的上下口处接一段白布，使筛绢不与金属直接接触，以免磨损筛绢。网袋缝合处也应加缝 2 厘米长的白布条，以加固缝合处（图 2-3）。

(3)小桶：用于临时盛放或采集水生浮游藻类标本。

(4)标本瓶：用于盛取水生藻类。

(5)吸管：用于吸取浅水中的浮游藻类。

(6)小铲、采集刀和小锤：用于采集附生藻类和气生藻类。

(7)纸袋：用于盛装亚气生、气生藻类。

(8)pH 试纸：用于测试水体 pH 值。

(9)温度计：用于测量气温和水温。

(10)镊子、采集记录册、铅笔、号牌等。

(11)固定液（甲醛固定液和鲁哥氏液）：用于固定保存藻类标本，其配方见本节标本制作部分。

2. 采集操作方法

(1)浮游藻类。采集浮游藻类，要根据不同的生境，用不同的采集方法。

在水面较大、较深的水体中，如湖泊、江河等处，可用浮游网采集。采集时，先将网系于 2 米长的竿上，检查网头，关好阀门，将网没入水面以下，以“8”字形的移动方式在水中缓缓捞取。约 3~5 分钟后，将网慢慢提起，待水滤出后，浮游藻类已集聚网头，此时打开网头的阀门，将网头中的水样注入标本瓶中。

在浅水池塘和沟渠中，不可用网捞取，因为网会搅动水底的泥沙，使采集无法进行。可用小桶取水注入网中过滤。注水时不可过急过猛，否则小型藻类会从网眼漏出。等到网底收集到一定量时，再注入标本瓶中。

在很浅的临时积水坑采集时，可直接用标本瓶灌入，对于水底表面上呈黄褐色的硅藻，可用吸管吸取。吸取时，尽量少带泥土，否则会影响以后的观察效果。

用以上三种方法采集到的标本液，不能超过标本瓶容积的 2/3。标本液采到后，如果不是用来观察藻体的鞭毛运动，就应立即在现场用固定液进行固定，作成浸制标本。如果需要观察鞭毛运动，应在数小时以内进行，最多不能超过一天，否则藻体会死亡分解。

在采集浮游藻类时，为了使采集更具有针对性，教师应在现场指导学生，使其掌握根据水的颜色判断类群组成的知识。例如水色很绿，可能浮游绿藻很多；如水色为茶褐色，可能含有很多硅藻、隐藻或甲藻；如果水面有一层薄的绿膜，可能是裸藻形成的水华；水面如果漂浮着蓝绿色团块，可能是蓝藻；浅水沟渠或水沟底泥表面，如有一层酱油褐色，则多为硅藻等等。

(2) 附生藻类。对于淡水中的附生藻类，如刚毛藻属 (Cladophora)、轮藻属 (Chara)，可用采集刀或小铲刮取；对于漂浮在水面的水绵属 (Spirogyra) 等藻类，可用镊子直接捞取。

(3) 气生和亚气生藻类。可用小铲或采集刀刮取，并带一点基物。岩石上的藻类，如不易刮取时，可用小锤敲取。此类标本采得后，装入小纸袋中。

3. 采集记录

每采一份标本，都应写好号牌，将号牌投入标本瓶或小纸袋内，并及时填写采集记录册，淡水藻类采集记录册的格式见表 2-6。

表 2 - 6 淡水藻类采集记录

采集号	采集时间
采集人	
采集地点	
生境	
海拔高度	
标本类型	
水色	
光照情况	气温
水温	pH
主要种类	
附记	

三、标本制作与保存

1. 风干标本

气生、亚气生藻类标本，可直接装入纸袋中，风干保存。标本橱中应放入樟脑防虫。

2. 腊叶标本

附生藻类可制成腊叶标本保存。藻类植物腊叶标本的制作方法与水生种子植物的腊叶标本的制作方法基本相同，但由于藻类标本所含的胶质多，压制时，应在标本上复盖纱布，以免粘连在吸水纸上。

3. 浸制标本

浮游藻类和附生藻类都可以制作浸制标本。浸制标本所用的固定液种类很多，常用的有以下几种。

(1) 甲醛水溶液。为最常用的固定液，用于固定浮游藻类时，一般可用 2~4% 的浓度。其中，固定蓝藻可用 2%；固定裸藻和绿藻可用 3%；固定鼓藻除用 3% 浓度外，还要滴加几滴醋酸；对于附生藻类，可用 4~6% 的浓度。

(2) 鲁哥代液 (Lugol's solution)。鲁哥氏液最适于固定保存浮游藻类，其优点是能防止鞭毛收缩，并使绿藻的淀粉核变为兰紫色，便于识别和计算藻体数量。

配方 碘 4 克
碘化钾 6 克
蒸馏水 100 毫升

配法 先将 6 克碘化钾溶于 20 毫升蒸馏水中，搅拌均匀后再加入 4 克

碘，搅拌溶解后，加入 80 毫升蒸馏水即成。

由于鲁哥氏液中的碘容易挥发，在配成 24 小时后，须加 3%甲醛液，标本才能长期保存。

2.6 活动方案举例

地衣采集

一、活动目的

使学生了解各类地衣的分布和采集方法，认识本地区习见的地衣种类，并通过采集活动，了解地衣在自然界和人类生产、生活中的作用。

二、活动设计

1. 采集时间——早春或晚秋

在早春和晚秋采集地衣，既可延长野外采集时间，又可使学生更好地理解地衣耐寒、耐旱的生物学特性。

2. 采集地点——山地森林

选择山地森林作为采集地点，可以同时采到壳状地衣和叶状地衣，甚至还可能同时采到枝状地衣。

3. 采集前的准备

(1) 进行预查。

(2) 准备采集用具用品。

(3) 向学生介绍地衣的意义和价值。

(4) 使学生掌握地衣的形态结构知识，这是各项准备工作的重点。其内容有二：一是向学生展示各种地衣标本，使学生了解地衣形态；二是指导学生对叶状地衣进行徒手切片，并在显微镜下进行观察，以了解真菌和藻类是怎样共同组成一个地衣体的。

4. 采集中进行观察

不急于采集标本，作到在学生充分观察的基础上进行采集。

(1) 对壳状地衣。观察生境、形态、有无子囊盘、粉芽，让学生用手试试能否从岩石上将壳状地衣剥下来，观察在壳状地衣周围有无其它植物生长，如无，引导学生思考其原因（地衣的先锋作用）。

(2) 对于叶状地衣。观察生境、形态、有无子囊盘和粉芽，让学生用手将叶状地衣剥离基质，用放大镜观察下皮层伸出的假根或脐，并观察叶状地衣与周围其它植物种类的关系。

(3) 对枝状地衣。观察在生境和形态方面与上两类地衣的区别。

5. 标本采集和鉴定

按照地衣采集方法，组织学生进行采集，作好野外记录，返校后指导学生进行鉴定，对难以鉴定的标本，送专家处请求鉴定。标本一般鉴定到属。

三、注意事项

野外活动的重点——观察地衣。以此来引起学生对地衣的注意和兴趣。避免单纯采集的作法。

本章思考题

1. 比较孢子植物各类群的采集和标本制作，找出它们的异同点？

2. 对中学生不熟悉的苔藓和地衣植物，应怎样引导他们参加这些类群的采集活动？

3. 在大型真菌采集活动中，应注意什么问题？

本章作业

在选一类孢子植物，进行一次野外采集和标本制作。本章参考书目

- 1.中国科学院植物研究所主编 1983 《中国高等植物图鉴》第一卷
科学出版社
- 2.陈邦杰等 1963 《中国藓类植物志》（上、下册） 科学出版社
- 3.高谦、张光初 1981 《东北苔类植物志》 科学出版社
- 4.吴金陵 1987 《中国地衣植物图鉴》 中国展望出版社
- 5.魏景超等 1979 《真菌鉴定手册》 上海科学技术出版社
- 6.马启明等 1982 《食用蘑菇》 科学出版社
- 7.中国科学院微生物所真菌组 1975 《毒蘑菇》 科学出版社
- 8.胡鸿钧 李尧英等 1980 《中国淡水藻类》 上海科学技术出版社
- 9.韩茂森等 1980 《淡水浮游生物图谱》 农业出版社
- 10.饶钦止等 1956 《湖泊调查基本知识》 科学出版社

（杨 悦）

第三章 野生植物资源调查

导 言

野生植物资源是指人类采集利用的野生原料植物。目前，这类资源的利用很不充分。全世界高等植物约有 30 万种，其中人类栽培的总共才 2297 种（不包括观赏植物在内），常见栽培的仅百余种，主要粮食作物仅 20 多种。我国有高等植物 3 万余种，其中大多数种类尚未发掘利用。60 年代初，我国在总结全国性的野生植物资源普查的基础上，编辑出版了《中国经济植物志》，书中所列各类植物资源，按单项用途一种一次计，共 2411 种。这个数字还不到全部高等植物种类的十分之一，可见我国野生植物资源发掘和利用的潜力还很大。

上述情况说明，在中学生中开展野生植物资源的调查活动，不仅能提高学生的知识水平和考察操作能力，而且还能对本地区野生植物的发掘和利用，作出贡献。

本章内容有野生植物资源分类、一般调查方法、各类野生植物资源调查的方法和步骤以及合理利用和保护植物资源等内容。

3.1 野生植物资源分类

要研究植物资源，首先必须进行分类。我国全部野生植物资源，根据用途的不同，可分为食用植物资源、药用植物资源、工业用植物资源、防护和改造环境植物资源以及植物种质资源等五类，其中，每类又细分为若干小类，现分别叙述如下。

一、食用植物资源，包括直接和间接（饲料、饵料）食用植物，可分为以下八类

1. 淀粉和糖料植物

我国淀粉和糖料植物资源非常丰富，淀粉植物以壳斗科（Fagaceae）、禾本科（Gramineae）、蓼科（Polygonaceae）、百合科（Liliaceae）、天南星科（Araceae）、旋花科（Convolvulaceae）等科的种类较多，而且其种子的淀粉含量丰富；其次是蕨类、豆科（Leguminosae）、防己科（Menispermaceae）、睡莲科（Nymphaeaceae）、桔梗科（Campanulaceae）、菱科（Trapaceae）、檀香科（Santalaceae）、银杏科（Ginkgoaceae）等科，这些科的种类虽然少，但淀粉含量却很高。糖料植物主要分布在蔷薇科（Rosaceae）、葡萄科（Vitaceae）、芸香科（Rutaceae）、猕猴桃科（Actinidiaceae）、桃金娘科（Myrtaceae）、鼠李科（Rhamnaceae）、柿树科（Ebenaceae）、胡颓子科（Elaeagnaceae）、桑科（Moraceae）、无患子科（Sapindaceae）、菊科（Compositae）等科中。

2. 蛋白质植物

有小球藻（Chlorella）、栎属（Quercus）（提供叶蛋白）、食用真菌（有 100 种以上）、四棱豆（Psophocarpus sp.）等，种类也很丰富。

3. 食用油脂植物

全国野生油料植物，初步查明含油量 10% 以上的约有 1000 种，分别隶属

于 100 多科。其中尤以豆科、菊科、樟科(Laurac-ae)、山茶科(Theaceae)、十字花科(Gruciferae)、大戟科(Eu-phorbiaceae)、芸香科、卫矛科(Celastraceae)、忍冬科(Caprifo-liaceae)和蔷薇科等科的油脂植物种类最多, 含油也丰富。油脂植物种类虽然全国各地均有分布, 但主要分布于我国热带和亚热带地区。亚热带地区油脂植物种类最多。

在 1000 种野生油脂植物中, 能食用的有 50 多种, 如油瓜[Hodgsonia macrocarpa (BL.) Cogn.]、各种野生油茶(Ca-melia sp.)、油葫芦(檀梨 Pyrularia edulis A.DC.)等。

4. 维生素植物

主要为各种产生野果的植物, 如猕猴桃(Actinidia chinensis Planch.)、余甘子(Phyllanthus emblica L.)、刺梨(Ribes burejense Fr.Schmidt)、山楂(Crataegus pinnatifida Bge.)、海棠(Malus spectabilis Borkh.)等。其中, 刺梨富含维生素 C, 其含量高于猕猴桃。

5. 饮料植物

如罗布麻(Apocynum Venetum L.)、流苏树(Chionanthus retusus Lindl.et Paxt.)、金银花(Lonicera japonica Th-unb.)、甘菊[Dentranthema lavandulifolium (Fisch.ex Trautv.) Ling et Trautv.]等。

6. 食用香料色素植物

这方面的野生种类也很多。我国特产的食用香料植物有砂仁(Amomum villosum Lour.)、草果(Amomum tsao-ko Crevo-st et Lemair)、八角(Illicium verum Hook.f.)、木姜子(Lits-ea pungens Hemsl.)、花椒(Zanthoxylum bungeanum Max-im.)、吉笼草[Elsholtzia communis(Coll.et Hemsl.) Diels.]等。我国常用的民间食用色素植物有苏木(Caesalpinia sappan L.)等。随着人工合成食用香料色素因致癌而禁用, 今后要大力发掘这方面的野生植物资源。

7. 饲料植物

我国饲料植物资源极为丰富, 国产牧草植物的总数约 500 种以上, 其中饲养家畜所需要的饲料植物约有 200 多种。在这些饲料植物中, 除禾本科和豆科以外, 还有许多科的植物也可作饲料, 如毛茛科(Ranunculaceae)、玄参科(Scrophulariaceae)、伞形科(Umbelliferae)、旋花科、菊科、眼子菜科(Potamogeton - aceae)、薯蓣科(Dioscoreaceae)、天南星科、浮萍科(Lemnaceae)、茄科(Solanaceae)、藜科(Chenopodiaceae)、苋科(Amarantha-ceae)、十字花科、葫芦科(Cucurbitaceae)、蓼科、唇形科(La-biatae)、桦木科(Betulaceae)、杨柳科(Salicaceae)、莎草科(Cyperaceae)、蔷薇科、马齿苋科(Portulacaceae)等。此外, 还有藻类、地衣类、苔藓类、木贼类和蕨类等, 也可以作为研究饲料资源的对象。

8. 蜜源植物

我国蜜源植物非常丰富, 如椴(Tilia)、洋槐(Robinia pse-udoacacia L.)、酸枣(Ziziphus jujuba Mill.var.spinosa Hu ex H.F.Chow)、荆条[Vitex negundo L.var.heterophylla (Franch.) Rehd.]等都是其中的习见种类。

二、药用植物资源, 可分为以下五类

1. 中药

我国中药有 500 多种，常用 300 多种，如人参 (*Panax schin-seng* Nees.)、三七(*Panax pseudo-ginseng* Wall.)、天麻(*Gastrodia elata* BL.)、虫草(*Cordyceps*)、杜仲(*Eucommia ulmoides* Oliver)、麻黄(*Ephedra*)、贝母(*Fritillaria*)、丹参(*Salvia miltiorrhiza* Bunge)等。过去绝大部分来自野生，目前由于资源日益减少，应保护药源，合理采收，研究和推广人工栽培。

2. 草药

全国草药种类在 5000 种以上，民间广泛利用，几乎全部来自野生。近年来，有些草药已上升为中药，如重楼(*Paris*)、板蓝根(*菘蓝 Isatis tinctoria* L.)、鱼腥草(*Houttuynia cordata* Thund.)等。草药中有许多价值很高的种类，应大力发掘，进行研究。

3. 化学药品原料植物

植物界是天然化学药物的宝库。近年来，我国从野生植物中发现了不少新药，如青蒿(*Artemisia apiacea* Hance)、萝芙木[*Rauvolfia verticillata* (Lour.) Baill.]、薯蓣属(*Dioscorea*)植物、喜树(*Camptotheca acuminata* Decne.)、三尖杉(*Cephalotaxus fortunei* Hook f.)、锡生藤[*Cissampelos pare-ira* L. var. *hirsuta* (Buch. ex DC.) Forman]等。

4. 兽用药

民间兽用药大部分来自植物，种类十分丰富，但至今尚未很好地发掘整理。其中很多种与中草药是相互转化或互相补充的。

5. 植物性农药

包括土农药、植物激素药、植物杀虫剂和杀草剂等。土农药如楝树(*Melia azedarach* L.)、鱼藤(*Derris trifoliata* Lo-ur.)等；植物激素药如胜红蓟(*Ageratum conyzoides* L.) (含抗保幼激素)等。

三、工业用植物资源，可分为以下八类

1. 木材植物

植物界每年向人类提供 10 亿立方米的木材，有人估计，到 2000 年，全世界每年需要 24 亿立方米木材。随着森林资源的减少，今后利用木材的方向将是人工营造速生珍贵木材。因此，树种资源调查将是一项重要工作。近年来，我国已发掘出一批速生珍贵树种，如团花树[*Anthocephalus chinensis* (Lam.) Rich. ex Walp.]、八宝树[*Duabanga grandiflora* (Roxb.) Walp.]、顶果树(*Acrocarpus fraxinifolius* Wight ex Arn.)、麻楝(*Chukrasia tabularis* A. Juss.)、番龙眼(*Pometia Pinnata* Forst.)等。

2. 纤维植物

全国已知的野生纤维植物有 500 余种，它们多分布于荨麻科(*Urticaceae*)、锦葵科(*Malvaceae*)、桑科、椴树科(*Tiliaceae*)、梧桐科(*Sterculiaceae*)、夹竹桃科(*Apocynaceae*)、亚麻科(*Linaceae*)、瑞香科(*Thymelaeaceae*)、卫矛科、禾本科、香蒲科(*Typhaceae*)等科中。野生纤维植物的纤维，有的能用于纺织，有的用于造纸、有的则能用于编织、填充料和绳索等。

3. 鞣料植物

鞣料植物广泛分布于植物界，除藻菌和苔藓植物外，其它植物类群中都有不少种类。在种子植物中，裸子植物的松科(*Pinaceae*)、柏科

(Cupressaceae)、红豆杉科(Taxaceae)和粗榧科(Cephalotaxaceae)一般都含有丰富的鞣质。其中尤以松科的落叶松(Larix)和云杉(Picea)的鞣质含量高、质量好。在被子植物中,壳斗科、蔷薇科、红树科(Rhizophoraceae)、漆树科(Anacardiaceae)、蓼科、桦木科、胡桃科(Juglandaceae)和槭树科(Aceraceae)的大多数种类均含有丰富的鞣质,并具有较好的生产价值。其中尤其是一些草本植物,全株富含鞣质,生产和采收方便,资源再生扶育快且产量高,因此是提取栲胶的好原料,具有较大的发展潜力,如蓼科的拳参(Polygonum bistorta L.)、皱叶酸模(Rumex crispus L.)、蔷薇科的地榆(Sanguisorba officinalis L.)、蓝雪科的矾松[Limonium bicolor (Pge.) O. Kuntze]等。

4. 芳香油植物

我国含芳香油植物种类很多,但主要分布于种子植物中。全国已发现的芳香油植物已达300多种,它们分属于60多科,170余属。其中重要的科有樟科、芸香科、唇形科、桃金娘科、伞形科、禾本科、蔷薇科、牛儿苗科(Geraniaceae)、松科、柏科、莎草科、檀香科、龙脑香科(Dipterocarpaceae)等。

5. 植物胶植物

包括橡胶、硬橡胶、树脂和树胶等植物资源。我国已发现的橡胶植物有20余种,它们主要分布于大戟科、夹竹桃科、菊科、卫矛科、萝藦科(Asclepiadaceae)、杜仲科(Eucommiaceae)等科中。我国已发现的树脂树胶植物约有30种,松柏类、漆树科是富含树脂的类群,蔷薇科有不少种类如山桃[Prunus davidiana(Carr.) Franch.]、山杏(Prunus armeniaca L. var. ansu Maxim.)等能产生树胶。

6. 工业用油脂植物

工业用油脂植物和食用油脂植物通常合称油脂植物。其中不能食用的种类,大多可用于工业上。如油桐(Aleurites fordii Hemsl.)、乌桕(Sapium sebiferum (L.) Roxb.)、蓖麻(Ricinus communis L.)、风吹楠属(Horsfieldia)植物等。

7. 经济昆虫的寄生植物

这方面的资源也有不少种类,如五倍子寄主植物提灯藓、白蜡虫寄主植物白蜡树(Fraxinus)等。

8. 工业用植物性染料

如苏木、红木(Bixa orellana L.)等。

四、防护和改造环境植物资源,可分为以下五类

1. 防风固沙植物

如木麻黄(Casuarina equisetifolia Forst.)、怪柳(Tamarix chinensis Lour.)、琐琐[Haloxylon ammodendron (C. A. Mey.) Bunge]、沙枣(Elaeagnus angustifolia L.)、沙拐枣(Calligonum mongolicum Turcz.)等。

2. 改良环境植物

包括保持水土、利用海涂和热带种植业的荫蔽植物。如银合欢[Leucaena glauca (L.) Benth.]、雨树[Samanea saman (Jacq.) Merr.]、印度黄檀(Dalbergia sp.)及橡胶园覆盖植物无刺含羞草(Mimosa sp.)等。

3. 固氮增肥、改良土壤植物

固氮植物如豆科植物沙枣、马桑 (*Coriaria sinica* Maxim.) 等；钾肥植物如碱蓬属 (*Suaeda*) 等。增加土壤有机质的植物如紫苏 [*Perilla frutescens* (L.) Britt.] 等。

4. 绿化美化保护环境植物

包括各种草皮、行道树、观赏花卉、盆景等，都是现代生活不可缺少的环境植物。我国素有世界花园之称，有众多的观赏植物资源，其中仅我国三大天然名花（杜鹃花、报春花和龙胆花）就多达千余种。

5. 监测和抗污染植物

如碱蓬、凤眼莲 (*Eichhornia crassipes* Solms-Laub.) 及各种地衣等。

五、植物种质资源

每一个植物种都具有独特的遗传性，这种区别于其它物种的遗传性，就是种质。种质资源主要包括两个方面，一是有用植物及其近缘属种，二是各种濒危植物。近年来，不少国家和地区都纷纷建立种子库，专门对上述两类植物的种子进行收藏和保护。

3.2 野生植物资源调查的一般方法

一、调查前的准备工作

1. 确定调查内容

植物资源调查，内容可多可少，取决于调查目的和可能投入的人力物力，在调查内容上通常有以下三种范围。

(1) 调查本地的全部植物资源。当一个地区从来没开展过植物资源调查时，需要进行全面调查，以提供一份本地区的植物资源名单。

(2) 调查本地某一类或某几类植物资源。这样做，通常是根据本地某项经济要求或根据调查者本人的愿望而确定的。

(3) 调查本地一两种或几种资源植物。在对本地区植物资源已有初步了解，而想对其中利用价值大、有发展前途的种类进行重点了解时，则采用深入调查少数几种植物的做法。

2. 选择调查地点和时间

(1) 调查地点。可选择本地有代表性的地方作为调查点。所谓具有代表性，是指在生境和植被方面，能代表本地的生境特点和植被类型。在山区，可选择 1~2 个山头。平原则可选择 1~2 块自然地段作为调查点。

(2) 调查时间。在时间安排上，最好选择周年定期的方式，即在 4 月份至 10 月份的植物生活期间，每隔半个月或一个月，进行一次调查。这样安排，对全面了解一个地点的植物资源很是必要。在人力不足时，也可采取在暑期集中调查几次的方式。

3. 选用调查方法

调查并不意味着要“踏遍青山”。只是需要在调查地点中选择若干地段进行调查。根据这种考虑，在调查方法上可从以下两种中选用一种。

(1) 样地法。在植物群落中划出一定面积的长方形或正方形样方，在样方中进行调查，叫样地法。在同一植物群落中，要在不同高度不同坡向选择典型地段设置若干个样方，其数目多少随群落大小和调查人力情况而定，一般为 5~10 个，样方面积，森林一般为 400 米²，灌丛 50 米²，草坡 5 米²。样方适用于各种生活型的植物（乔木、灌木、草本均可），调查结果也容易准确，但比较费时费力。

(2) 样线法。在植物群落中设想一条直线，沿直线一侧的 1 米范围内进行调查，这种方法叫样线法。样线长度一般不短于 50 米，样线数目不少于 5~10 条（要在不同高度不同坡向设立样线）。样线法一般适用于乔木、灌木、大型草本和稀疏分散的种类。

4. 准备调查的用品、用具

主要有以下三个方面。

(1) 测定资源植物的用品、用具。这类用具随所调查的资源类别而异。如测定纤维植物需要显微镜和测微尺；芳香植物则需要小型蒸馏装置。应该根据调查内容做好准备。

(2) 标本采集和制作的用品、用具。植物资源调查，离不开分类工作。在确定某种植物的资源价值时，必须同时确定它的名称和分类地位。要使调查者认识所调查的植物，并采集和制作标本。

(2) 群落考察的用品、用具。植物资源调查，是在群落中进行的，无论

是样方还是样线法，都需要测绳、标杆、坡度计等各项用具。

二、调查过程

1. 野外初查

在众多的野生植物中，究竟哪些是资源植物？又分别属于什么类型的资源植物？这在野外就必须初步确定下来。所以野外初查是植物资源调查的第一步，而且是很重要的一步。

在进行野外初查前，应先在植物群落中设置样方或样线，在样方（样线）的范围内寻找植物，进行调查。

(1) 野外初查的基本方法。用器官感觉的方法：即利用视觉、嗅觉、乃至触觉，去观察形态颜色、分辨气味和触摸质地。在野外，大多数资源植物都可以用这种方法进行测定。简单的化学速测方法：例如将碘——碘化钾溶液滴在含淀粉的器官薄片上，会迅速产生兰紫色，证明有淀粉存在。用 1% 铁矾滴在含单宁的树皮切面上，很快呈现兰绿色，证明有单宁的存在。访问当地居民：特别是各种药用植物，在野外很难测定，可访问当地居民，了解各种植物的药用价值。

(2) 野外初查中应注意的问题。不同科属中常含有不同的资源植物，所以在野外初查中，要根据分类学所提供的资料，心中有数地进行调查。例如，唇形科是富含芳香植物和药用植物的一个科，当我们遇到唇形科植物时，就应该主要从芳香油和药用这两个方面进行鉴别；或者，如果要寻找芳香植物或药用植物，就应该多考虑唇形科的植物。这样就不会“大海捞针”了。

野外初查中，要特别注意那些鲜为人知的植物种类。这样的植物，很少被人研究和利用过，它们可能具有某种不为人知的资源价值。另外，对于人类已经了解和利用过的资源植物，也要注意它的第二个乃至第三个资源价值。

2. 采集标本和样品

初查后，要对初步确定的资源植物进行标本和样品的采集。

(1) 采集标本。植物资源调查是一项科学性很强的工作，资源植物的名称一定要准确，而这就必须要采集标本，使调查工作有依据。对于所调查的资源植物，不管调查者是否认识，都要采集标本。采集标本时，要按照正确方法进行，必须填写采集记录卡，在标本制作好以后，定名务必准确。

(2) 采集样品。采集样品主要是为了在室内检验测定之用。

样品采集的部位、数量以及规格要求，视资源植物的类型而异。例如油脂植物要采集果实（或种子）2000 ~ 3000 克，纤维植物则要采集其皮部或全部茎叶，数量则在 1000 克左右。采集的样品要放在阴处风干保存，勿使生霉腐烂。

样品采集后，应填写“资源植物采集样品登记卡”，并拴好号牌。登记卡和号牌式样见表 3 - 1。

表 3 - 1 资源植物采集样品登记卡

资源类别		编 号	
植物名称		发育阶段	
采集地点		生 境	
部 分		数 量	
年 月 日		采集者	

类号

(样品号应和各类植物资源调查表中的号数一致)

3. 室内测定

室内测定是利用有关仪器设备，在室内对资源植物进行检验测定。室内测定有两个任务：一是提取植物体中的有关成分。如芳香植物的芳香油，纤维植物的纤维；另一是分析提取物的含量和质地。如芳香植物单位干重含芳香油的数量，芳香油的物理指标化学指标的测定，纤维的化学分析，单纤维的长度和宽度等等。通过室内测定，可以确定一个资源植物的产量、品质和利用价值，这是调查植物资源不可缺少的步骤。如果调查者缺乏室内测定的手段，可将一部分样品送交有关单位代为测定。

4. 调查资源植物的蓄积量

蓄积量是一个很重要的数值，因为衡量一种资源植物的利用价值，不仅看它本身有用成分的含量和质地，还要看它的蓄积量有多少。如果一种植物的蓄积量很少，即使有用成分含量再高、质地再好，利用价值也不大。

蓄积量包含数量和重量两个方面。数量蓄积是指单位面积内该资源植物的株数。可以用样地法或样线法进行计算，在样方大小方面，乔木一般为 400 米²，灌木 50 米²，草本 5 米²。样线应不短于 50 米，沿样线一侧 1 米范围内进行调查。样方和样线均应设 5~10 个，取其平均值，最后计算每公顷所含株数。样方和样线的设立，可利用野外初查时所划的样方、样线。

重量蓄积是指单位面积内该资源植物的总湿重和总干重。重量蓄积的调查是在数量蓄积调查基础上进行的。可在样方内或在样线一侧选择一定数目的植株，或挖取其整株植物，或采摘其有用部分，就地进行称重，获得湿重数字，再将称重过的植物带回晒干，再次称重，获得干重数字。调查也应在 5~10 个样方（或样线）上进行，求取平均值，并计算每公顷所含重量。每个样方（样线）中选取的植株数目，视植株大小而异，乔木和灌木可取 5~10 株，草本可取 10~50 株。所选用的植株均应是中等发育水平的。

三、资料整理和总结

在调查工作中，积累了大量的资料，当调查工作结束时，应该对这些资料进行整理和总结。

1. 资料的整理

(1)整理植物标本。在野外调查中，采集了大量标本，应及时将它们制成腊叶标本和浸制标本，并查阅文献，鉴定名称。定名后的标本，应该按资源植物的类别进行分类，妥善存放。

植物标本是资源调查工作全部成果的科学依据。因此，每一份标本都要具备以下三个条件：标本本身应是完整的，包括根、茎、叶、花、（果）；野外记录复写单的各项内容应完整无缺；定名正确。

(2)整理样品。每一种样品都要单独存放(放入布袋、纸袋或其它容器内),样品要拴好号牌,容器外面贴好登记卡。需要请外单位代为测定的样品应及时送出,不要拖延,以免时间过长后样品变质。

(3)整理各项原始资料。所有野外观察记录、野外简易测定结果、室内测定数据、各种测定方法、访问记录等,都是调查工作的原始资料。依据这些原始资料,才能发现和确定新的资源植物和提出如何对植物资源利用的意见。所以要珍视各项原始资料。原始资料要按类别装订成册,由专人保管。

2.资料的总结

(1)提出本地区各类野生植物资源名录。一份准确而全面的野生植物资源名录能够对本地区的资源开发和经济发展提供重要的线索和依据,作用很大。野生植物资源名录,最好是在野外初查、室内测定和蓄积量调查的基础上提出。如果室内测定和蓄积量调查不能很快完成,名录也可以根据野外初查的结果提出。

对名录中的每一种资源植物,应说明它的分布、生境、利用部分、野外测定结果、利用价值等项,如果做了室内测定和蓄积量,应将这两方面的数值写入名录。

(2)提出几种有开发价值的资源植物。在提出一份植物资源名录的基础上,应提出几种有开发价值的植物。有开发价值的植物应该是新发现的、有重大利用价值的新资源植物;或是已知的资源植物,但在调查中发现有新的用途;或是已知的资源植物,也没发现新的用途,但在本地发现有大量分布。对有开发价值的资源植物,除应按照名录中各项内容进行介绍,还应提出它的利用方法和发展前途。

(3)提出本地区野生植物资源综合利用方案。根据本地区的野生植物资源名单和重要资源植物情况,可以提出对本地野生植物资源综合利用的方案。其内容包括应开发利用哪些植物资源;如何开发利用;如何做到持续利用;对本地濒危植物资源如何保护;如何做到开发和保护相结合等等。

(4)举办小型展览会。可以将上述资料整理和总结的全部内容进行展出,这样,不仅可向各方面汇报自己的调查工作,同时也是宣传、保护和开发野生植物资源的一种好形式。

在展览会上,如果能将学生自己利用野生植物资源的成果进行展出,如小编织、小引种、小提炼、小制造等,则会使展览会锦上添花。

(5)将调查工作的内容以“通讯”、“小论文”的形式进行总结,投交报刊发表,扩大影响。

3.3 各类野生植物资源调查的方法和步骤

一、纤维植物资源调查

富含纤维的植物叫纤维植物。植物纤维按其存在于植物体部位的不同，可分为韧皮纤维、叶纤维、茎秆纤维、种子纤维、木材纤维、果壳纤维和根纤维。

1. 野外初查

在野外，对于木本植物，可剥取枝条的皮部；对草本植物，则摘取它的茎或叶，用手试验它们的拉力和扭力，并将纤维和其它组织分离，观察纤维束的长短、粗细和数量，初步判断它们的利用价值。

2. 标本采集

和一般植物相同，但对木本植物，要采它的树皮，并将树皮和纯净的纤维束装订在腊叶标本的台纸上。

3. 样品采集

对一般双子叶植物，可直接剥其皮部，用木棒锤打，并在钉梳上来回撕拉，再在水中揉搓漂洗，除去纤维以外的杂质，仅留纯净的纤维束。对一般单子叶植物（禾草、莎草、蒲草等），可以割取其地上部分，所得到的这些样品，要放在阴处风干保存。这种风干的样品，应不少于2000克。样品应进行登记，并拴好号牌。

4. 室内测定

(1) 纤维的脱胶和含量计算。纤维在植物体内多成束集中，彼此由果胶质紧密相连，此外尚有木质素、五碳糖混生其中。脱胶的目的是将这些物质分解而使纤维分离出来。脱胶的方法很多，大致为天然脱胶和人工脱胶两类。前者是利用细菌分解纤维细胞间的果胶质和其它物质，后者是用化学物质分解这些物质。野生植物纤维一般多采用化学脱胶法，其中最常用的是碱煮脱胶法和氯碱脱胶法。果胶含量多、木素含量少的材料，应采用碱煮脱胶法，木素含量多，则应采用氯碱脱胶法。

纤维脱胶后，应求算纤维在样品中的百分含量。

(2) 纤维的化学分析。纤维的化学分析项目，有含水量、脂肪含量、水溶性物质含量、酒精可溶物含量、果胶质含量、半纤维素含量、纤维素含量、木质素含量和灰分含量等，其中以纤维素、半纤维素、木质素、果胶质四项最为重要。条件具备时，应该测定。

(3) 纤维在茎叶中的分布及相对含量。用徒手切片法将树皮、茎、叶进行横切，制作临时切片，在显微镜下观察纤维的形状、大小和排列方式，并用测微尺测定纤维在单位面积中所占的比例，以确定其相对含量。

(4) 测定单纤维的长度和宽度。将纤维放入铬酐—硝酸离析液中进行离析，约经半天至一天，纤维细胞即可彼此离散。将离析好的纤维制作临时装片，并用测微尺测量单个纤维的长度和宽度。

(5) 测量纤维的拉力、扭力和公制支数。本项由于需用特殊仪器，自己一般无法测定，可请有关单位代测。

5. 蓄积量的调查

按本章第二节“调查资源植物的蓄积量”一段内容进行调查。

6. 记载

按野生纤维植物调查登记表内容进行记载，见表 3 - 2。

表 3 - 2 野生纤维植物调查登记表

号数		标本号		
植物名称				
采集地点		生境		
每公顷株数		每公顷重量		
植株发育阶段				
植株高度	茎粗	叶长	叶宽	
野外初查结果				
纤维含量%				
纤维中的化学成分				
纤维素含量%	半纤维素含量%	木质素含量%	果胶质含量%	其它成分含量%
茎叶横切面上纤维分布及相对含量				
纤维排列形式		纤维占茎叶面积的%		
单纤维的形态				
形状	平均长度(毫米)	平均直径(微米)	壁厚(微米)	腔宽(微米)
纤维品质				
拉力	扭力		支数	
备 注				

二、油脂植物资源调查

油脂是指脂肪酸甘油脂的复杂化合物。按照所含各种脂肪酸的饱和度不同，分为干性油、半干性油和非干性油三类。各种油脂都是植物体内的贮存物质，主要贮存于种子和果实中。

1. 野外初查

取 1~2 片滤纸，夹好果实或种子（或其它含油部分），用手或木板加力压榨，若见纸上留有油迹，即可初步确定有油脂存在，又从纸上所留油迹的大小和透明程度，可以初步确定其含油量的多少。

2. 标本采集

除按照一般方法进行采集外，要采集产油的果实种子，在制作标本时，应将一定数量的果实种子放入种子袋中，再将种子袋粘贴在台纸上。

3. 样品采集

(1) 采集含有油脂的果实种子（或其它部分），带回住地晾干，要经常翻动，以免受热生霉，也不能用火烘烤，以免变质。样品一般要采 2000~3000 克，如果含油量较低。则应采集 3000~4000 克。

(2) 样品晾干后，进行捣碎，除去硬壳和外皮、用压榨器进行压榨，得

到流出的油脂。油脂要存放于暗色的玻璃瓶内，避免受高温和日晒。榨油时应取定量的样品，以记录压榨后的出油量。榨出的油脂留作室内测定时用。

4. 室内测定

为了鉴定植物所含油脂的应用价值，必须在室内对油脂的理化性质进行测定，通常测定的项目有比重、折光率、碘值、酸值和皂化值等。设备和试剂具备的学校，应该进行测定工作。

(1)比重的测定。油的比重是在 20℃ 下，油的重量和同一温度下或 4℃ 下同一体积的水重量之比。可以用比重瓶法进行测定。

(2)折光率的测定。光在空气中的速度与光在某物质中的速度之比，即入射角正弦与折射角正弦之比，称为该物质的折光率。每一种植物油都有一定的折光率，这与它的分子结构有关。所以折光率是油脂的物理性质的重要指标，折光率随温度和波长而不同，通常多在 20℃ 时和黄射线下测定，可用折光计进行测定。

(3)碘值的测定。与 100 克脂肪相化合的碘的克数称为碘值。因为碘可以加合在不饱和的脂肪酸的双键处，所以碘值能表明脂肪内不饱和脂肪酸的含量，碘值愈高，这类脂肪便愈近乎液态，在空气中愈易吸收氧而变干，也就愈适于制漆、涂料等，而不适于制食品，这类油即所谓干性油，其碘值都在 140 以上，碘值在 100~140 之间者为半干性油，100 以下为非干性油。

可用氯仿、哈努斯溶液、碘化钾溶液、硫代硫酸钠等试剂测定碘值。

(4)酸值的测定。酸值是表示中和 1 克油中的游离脂肪酸所需苛性钾的毫克数。它是脂肪特性及状态的极重要指标之一。酸值过高，不宜食用。酸值常因油的纯度、新鲜度以及分解氧化程度而异，新鲜油脂的酸值常较小，贮藏日久、酸值很易增高，所以测定酸值时，要用新鲜材料。

测定酸值方法的基础是先将油溶于中性酒精和乙醚混合液中，以酚酞作指示剂，用 0.2N 苛性钾进行滴定。

(5)皂化值的测定。皂化 1 克油所需苛性钾的毫克数叫皂化值。它表明需要多少碱不仅用来中和游离脂肪酸、也用来分解中性的甘油脂，并中和从其中产生的脂肪酸。

可将一定量苛性钾加入油中，加热，以酚酞作指示剂，用硫酸滴定，可得出皂化的数值。

5. 蓄积量的调查

按本章第二节“调查资源植物蓄积量”一段的内容进行调查。

6. 记载

按表 3-3 所列栏目进行记载。

表 3-3 油脂植物调查登记表

年 月 日

号数	标本号
植物名称	
采集地点	生境
取用植物部分	
每公顷株数	每公顷重量
野外初查结果	
出油量	油的颜色气味
干物样品号	保存油样品号
比重	折光率
碘值	酸值
皂化值	可食性
备注	

三、芳香油植物资源调查

芳香油又叫精油，是芳香植物组织经过水蒸气蒸馏等方法得到的挥发性成分的总称。其主要组成为单萜及倍半萜类化合物。这些挥发性物质大多具有发香团，因而具有香味。芳香油主要存在于植物的茎、叶、花、果中。

1. 野外初查

在野外，采摘到植物后，用手揉搓，利用自己的嗅觉判断，如有某种芳香气味，即可初步确定它为芳香植物。

2. 标本采集

同一般植物。

3. 样品采集

(1)不是所有具芳香气味的植物都有利用价值，除了特殊芳香气味的种类以外，一般含油量须达到 0.05%以上，才有开发利用的价值。所以在野外凭嗅觉判断为芳香植物后，不要马上大量采集样品，要先采集少量样品(50~200克)，带回室内蒸馏，如含油量超过 0.05%，再大量取样。

(2)由于芳香油在植物体内存在的部位不同，采集方法和需要数量也有不同。草本植物可割取地上茎叶，木本植物则采摘所需要的部分。在采集茎叶时，宜在无风的清晨进行。不要在夜晚以及下过雨或通夜刮风的清晨采集。花朵宜在花初放时采摘。果实宜在将成熟时采摘。这些时候通常是含油量最高和质量最好的时期。

(3)采到样品后，需要摊在阴处风干，经常翻动，促使干燥，以免生霉变质。由于芳香油容易挥发，不能在阳光下晒干和用火烘干。干燥后的样品，重量应不少于 2000 克。

4. 室内测定

采到的样品不宜久放，应迅速蒸馏获取油样。蒸馏得的芳香油，应装入有色的玻璃瓶中，瓶口密封，贮藏暗处，以备测定时用。

(1)测定在酒精中的溶解度。所有芳香油都易溶于酒精中。在稀酒精中只有那些含有大量氧化物的芳香油才能溶解，而那些碳氢化合物是很难溶解的。因此芳香油溶解度是指示其成分的重要指标。根据溶解度可以略约估计

其中碳氢化合物含量的多少，从而初步确定其成分和品质。

可以将 1 毫升的芳香油放入量筒内，向其中不断滴入 70%或 90%的酒精，直到形成了完全均匀的无乳浊现象的溶液为止。溶解度是以在 20 时溶解 1 毫升芳香油所需酒精的体积表示的。

(2)醇的含量测定。在芳香油的组成物质中，有多种醇类（如肉桂醇、蔷薇醇、薄荷脑等）。这些醇大多具有令人愉快的香味而被利用在香料及食品工业中。所以醇的含量测定也是芳香油质量的重要指标。

测定的方法通常采用醋酸将其乙酰化后，测定酯值。根据乙酰化后的酯值与未乙酰化的酯值之差，即可算出自由醇的含量。

(3)醛和酮的含量测定。醛和酮的含量也是芳香油品质鉴定中的重要指标。其中大多数都有愉快香味，如柠檬醛、雄刈萱醛、薄荷酮、香荆芥酮等。

醛的测定方法是根据醛可以和酸性亚硫酸钠起加成反应，形成水溶性的酸性亚硫酸化合物，可以从剩下的油的体积算出醛的含量。酮的含量是根据酮能够与盐酸化羟氨作用形成肟，而将盐酸析出来，用标准的碱溶液滴定，可求得酮的含量。

5. 蓄积量的调查

按本章第二节“资源植物的蓄积量”一段内容进行调查。

6. 记载

按表 3-4 所列栏目进行记载。

表 3 - 4 芳香油植物调查登记表

年 月 日

号数	标本号					
植物名称						
采集地点	生境					
每公顷株数	每公顷重量					
植物发育阶段	采集部位					
采集时的天气状况						
野外初查结果						
测定部位	根	茎	叶	花	果	其它部位
芳香油含量 (%)						
乙醇溶解度						
醇的含量 (%)						
醛的含量 (%)						
酮的含量 (%)						
备注						

四、淀粉植物资源调查

淀粉是高分子的碳水化合物，是植物的贮藏物质，多存在于种子、根、根茎和块根中。

1. 野外初查

在野外检定淀粉植物时，可利用淀粉遇碘变蓝这一特性进行检验。其方法是将用来检验的植物部分切开，在断面上滴 1~2 滴碘或碘化钾溶液，如果断面呈现蓝紫色，即可初步确定为淀粉植物。

2. 标本采集

同一般植物。

3. 样品采集

采集含淀粉的种子或地下部分，摊在阴处风干，使其逐渐干燥。

4. 室内测定

将含淀粉的植物材料切开，用小刀刮取少许粉末，放在载玻片上，加 1~2 滴清水，制成临时装片，然后在显微镜下观察，可见到圆形或椭圆形具有环状结构的淀粉粒。如果再滴加碘或碘化钾溶液，淀粉粒均变蓝色。

5. 蓄积量的调查

调查方法见本章第二节“调查资源植物的蓄积量”一段。

6. 记载

按表 3-5 所列栏目进行记载。

五、鞣料植物资源调查

鞣料是多元酚的衍生物，多含于木本植物的树皮、枝条、树叶和草本植物的茎秆中，特别在树皮中含量最高。

1. 野外初查

在野外确定单宁植物最简单的方法，是用一把无锈的铁制小刀，切开要检验的材料，如果含有单宁，小刀及断面上很快变成

表 3-5 淀粉植物检验结果登记表

年 月 日

号数	标本号
采集地点	
植物学名	
中名	
生长环境	
发育阶段	
检验部分	
检验结果	
保存样品号	
备注	

兰黑色。或用 1%铁矾 $[\text{FeSO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}]$ 溶液滴在断面上，如呈兰绿色，即说明有单宁存在。

2. 标本采集

和一般植物相同。

3. 样品采集

采集含有单宁的植物的枝、叶、树皮、根、果实以及虫瘿等。带回风干或晒干，干后的样品应取 1000~2000 克、虫瘿则取 500 克即可。

4. 室内测定

(1)测定单宁含量。可用高锰酸钾氧化法进行测定，可以测出样品中单宁的含量。

(2)单宁种类的含量。单宁可分为水解单宁和凝缩单宁两大类。水解单宁的分子中均含有酯键或配糖物键，因此易于水解。凝缩单宁的分子结构更复杂，分子中的各个部分，都由碳链连结，遇强酸或进行氧化时就结合成不溶于水的物质。

对这两种单宁，可以用醋酸铅沉淀法进行测定区分。

5.蓄积量的调查按本章第二节“调查资源植物的蓄积量”一段的内容进行调查。

6.记载

按表3-6所列栏目进行记载。

表3-6 单宁植物资源调查登记表

年 月 日

号数	标本号
植物名称	
采集地点	生境
发育阶段	采集部分
每公顷株数	每公顷重量
野外初查结果	
单宁种类	
单宁含量	
备注	

六、药用植物资源调查

药用植物的药效成分各种各样，并存在植物体的各部分。1.调查访问
为了初步了解药用植物资源，可以访问当地居民，访问可按下列内容进行：

- (1)药用部位；
- (2)民间加工方法；
- (3)所治病名和症状；
- (4)药方剂量和使用方法；
- (5)治疗有什么效果。

2.标本采集

方法同一般植物。应采到植物的药用部分，并装帧到标本的台纸上。

3.样品采集

样品采到后，迅速阴干，放入纸袋或布袋中保存。若系有毒，应作特殊包装和注明，不要随意放置。供室内测定的样品，应不少于1000~2000克，药用植物由于种类繁多，成分互异，一般设备往往不易弄清成分，可将样品送有关单位代为测定。

4.蓄积量的调查

按本章第二节“调查资源植物的蓄积量”一段内容进行调查。

5.记载

按表 3 - 7 所列栏目进行记载。

表 3-7 药用植物调查登记表

年 月 日

号数	标本号
植物名称	
采集地点	生境
发育阶段	
利用部分	
每公顷株数	每公顷重量
民间加工方法	
所治病名和症状	
药方剂量和使用方法	
治疗效果	
室内测定结果	
备注	

七、橡胶植物资源调查

橡胶在植物体内常呈溶胶的状态存在于乳管中，如橡胶树（*Hevea brasiliensis* Muell.-Arg）、橡胶草（*Taraxacum kok-saghyz* Rodin）；或存在于叶和茎皮层的薄壁细胞中，如银胶菊（*Parthenium argentatum* A.Gray）。当这些植物被砍伤或折断后，就有白色乳汁流出，乳汁中除橡胶外，还有蛋白质、糖类、树脂、无机盐等其它物质。此外，橡胶也呈凝集状态存在于植物体内，如杜仲、卫矛属（*Euonymus*）的某些种以及橡胶草的老根部分。这些植物被折断后则可见到许多弹性细丝。

1. 野外初查

根据橡胶存在的特征，在野外初查橡胶植物时，首先应将植物砍伤或折断，看有无乳汁或细丝。如有乳汁，收集少许放在手中揉搓，借手的温度将水分蒸发，剩下的残余物如有弹性，说明有橡胶存在，如粘而无弹性即为其它物质。另一速测方法，是在乳汁中加入少许醋酸使其产生沉淀，把沉淀榨去水分，如有弹性也说明有橡胶存在。如果植物体折断处有细丝或拉断后形成有弹性的小珠，也说明有橡胶存在。

2. 样品采集

对有乳汁的橡胶植物，可割取其乳汁，将乳汁加热去水（在 30 ~ 40 温度下），使其凝固成胶块，取量在 200 克左右。对橡胶在体内呈凝集状态存在的橡胶物，草本割取其整株，木本则采集含胶部分，晒干后取量 3000 ~ 4000 克即可。

3. 室内测定

橡胶含量可用以下两种方法进行测定。

(1) 碱煮法。这个方法是根据碱可以破坏其它物质而使橡胶分离出来的原理进行的。碱煮法中的碱，多用 3% 氢氧化钠溶液。将一定量的样品放入其中，直到煮烂为止。经过冲洗过滤，样品中所含的橡胶，就会聚在一起，干

燥后称重，即可计算橡胶的含量了。这个方法适用于含胶多的材料。

(2)提取法。这个方法的原理是根据氯仿、乙醚、石油醚、苯等有机溶剂可以溶解橡胶，而不溶解糖类和蛋白质，因而可以将橡胶从样品中提取出来。本方法较碱煮法为精确，但需时间太长，而且上述各种溶剂有的易燃，有的有毒，操作时要特别小心。操作时，可取上述溶剂中的任何一种进行提取橡胶，提取后将溶剂蒸干，剩下的就是橡胶。提取出来的橡胶中可能混有少量树脂，遇到这种情况，则需再用丙酮将树脂提取除净。

4. 蓄积量的调查和标本采集

(1)按本章第二节“调查资源植物蓄积量”一段内容进行调查。

(2)标本采集和一般植物相同。

5. 记载

按表 3 - 8 所列栏目进行记载。

表 3-8 橡胶植物资源调查登记表

年 月 日

号数	标本号
植物名称	
采集地点	生境
发育阶段	利用部分
每公顷株数	每公顷重量
野外初查结果	
样品采集方法	
橡胶含量(%)	
备注	

八、树脂树胶植物资源调查

树脂树胶是植物伤口的流出物或分泌物。树脂流出后，暴露于空气中，所含的挥发性物质挥发后，逐渐变粘而干燥，其质地发脆，遇热发软溶化，遇水不溶也不膨胀，易燃，燃烧时有浓厚黑烟。树胶包括真树胶和植物粘液。前者遇水溶解；后者遇水膨胀，加热后碳化。

1. 野外初查

可在树木的树干上，寻找伤口的流出物或分泌物，按树脂树胶的特性进行鉴定。

2. 标本采集

同一般植物。

3. 样品采集

采集时，要在产树脂树胶植物的树干上打洞、削皮、砍伤，取树脂常于树干基部砍剥，取树胶常在树干上部，砍剥不应大于三分之一树干的圆周，以免树木死亡，但也不能过小，否则脂胶流动太慢。下部的砍口应作“V”形，以使脂胶集中下流。在伤口下方放置小瓶或小瓷罐，接取流下的脂胶。为了避免伤口堵塞，每天要定时刮取流出的液体。由于脂胶流得很慢，瓶罐需要放置 1~2 天。取量在 1000 克左右。

4. 室内测定

树脂树胶的测定比较复杂，其成分不易测定，可将样品送交有关单位代为测定。

5. 蓄积量的调查

按本章第二节“调查资源植物的蓄积量”一段内容进行调查。

表 3-9 树脂树胶植物资源调查登记表

年 月 日

号数	标本号
植物名称	
采集地点	生境
发育阶段	
每公顷株数	每公顷重量
采集方法	
新流出的树脂树胶的颜色	
干燥的树脂树胶的颜色	
室内测定的结果	
备注	

6. 记载

按表 3 - 9 的栏目进行记载。

九、观赏植物资源调查

观赏植物资源是栽培花卉的主要来源，存在于种子植物各科中。

1. 野外观察和记载

对于可能作为花卉的野生植物，应在野外进行详细观察记载，可以按表 3 - 10 的栏目记录。

表 3-10 观赏植物资源野外调查登记表

年 月 日

号数	标本号		
植物名称			
采集地点	生境		
海拔高度	光照特点		
土壤类型	土壤厚度		
群落类型			
株高	花期	花直径	花色
果实直径	果实颜色	果期	
引种价值			

2. 引种

将有引种价值的野生种类在校内园地上进行栽种，观察它在人工栽培条件下的表现。亚高山或高山地区的植物，引种到低海拔的平原地区后，由于环境变化过大，常呈现某些退化现象，如植物体变高，花朵变小，花色不鲜

艳等。这往往是由于某一个或某几个环境因子没有得到满足而造成的。引种时可以在环境因子、栽培方法方面进行对比实验，寻找原因。

3. 选择

在引种过程中，可能大多数植株退化，而个别植株保持了原来的特性。应将优良植株单独收获，来年单独播种，如此不断选优去劣，就可能使引种获得成功。

3.4 合理利用与保护植物资源

植物资源不仅是人类衣、食、住、行的必需物质，而且构成了人类生存的环境，维持着生态系统的平衡。如果人们合理采收、利用并注意保护，就可以永续利用，造福后代。反之，如果不注意保护，进行掠夺式的采收利用，就会使资源迅速枯竭，生态系统失去平衡，导致人类生存环境迅速恶化。因此，对待植物资源，我们既要充分合理利用，以满足社会生产生活的需要，又要注意保护，使其正常地生存发展，不破坏所形成的生态环境。保护也是为了利用，是为了长期稳定地利用植物资源。

怎样才能合理利用与保护植物资源呢？

一、要保护植物资源的恢复能力

在利用植物资源时，要考虑它们的恢复能力，决不能“竭泽而渔”或“杀鸡取卵”。植物资源恢复能力的基础是植物的再生能力，当我们从野生植物上采收根、树皮、枝条或者采收一棵棵草本植株时，应考虑这些被采收的部分，在来年或二三年内是否能再生出来。植物的再生能力是我们利用强度的主要依据。例如，对待取皮植物杜仲和厚朴 (*Magnolia officinalis* Rehd. et Wils.)，剥取它们的树皮时，要逐年在不同部位剥取，剥取的长度和宽度，以植株能在二三年内愈合为限。对待挖根植物，也要分年在不同方位挖取，以使被挖部位有可能再生出来。

当我们保护一种资源植物的恢复能力时，除了考虑这种植物本身的再生能力外，还应该考虑它在生长环境中与其它植物之间所构成的生态关系。例如省藤 (*Calamus palyacanthoides* Merr.)、萝芙木、铃兰 (*Convallaria majalis* L.) 需要上层荫蔽树，砂仁需要彩带蜂授粉，而彩带蜂又需要多种蜜源植物等等。各种资源植物之间存在着种种联系，我们必须从群落学观点全面考虑，不可只从一种资源植物上寻找解决办法。

二、掌握好采收植物的器官部位

以花为原料时，只应采收花朵；以果为原料时，只应采收果实，不要为了省事而将枝条一齐砍断。砍断一段枝条，顷刻间就能完成，而一段枝条的长成，却需要二三年甚至更长的时间。在采收过程中，一定要尽量减轻对植物的伤害，使植物能够很快通过再生，恢复原状。这样来年的原料产量才不致减产。

三、要进行植物资源的综合利用

每种植物往往代谢积累多种产物，例如松树 (*Pinus*) 产木材、松脂、松针和松子，分别具有不同的应用价值；橡子含丰富的淀粉，橡子壳 (壳斗) 却含丰富的单宁；山苍子果实可以提取芳香油，提取芳香油后的果核又可提取油脂，山苍子油脂含有大量月桂酸，是高级工业用油等等。所以对植物资源进行综合利用，不仅可以提高经济效益，更重要的是能使植物资源得到充分利用。

在自然界，一种资源植物常常伴生有其它资源植物。如我国温带栎林中，有上层食用、单宁树种栓皮栎 (*Quercus variabilis* BL.)、柞栎 (*Quercus dentata* Thunb.)、蒙古栎 (*Quercus mongolica* Fisch. ex Turcz.) 等树木，林下又有饲用植物胡枝子 (*Lespedeza bicolor* Turcz.)、编织植物荆条、

药用植物益母草、防风[Saposhnikovia divaricata (Turcz.) Schischk.]和各种沙参(Adenophora)等。对这些植物资源进行综合利用,就可以大幅度提高单位面积的生产力。

四、对植物资源应进行抚育管理

为了永续利用各种植物资源,应该进行抚育管理。例如对各种草本药用植物资源、芳香油植物资源,应该随采随种,采大养小;对于牧区草场应控制载畜量,并人工种植高产优质牧草,建立饲料基地;在森林经营中,应采用轮伐、间伐、择伐的作业方法,并及时补种和营造幼林等等。这样作,就会稳定和提高各类植物资源的生产力,作到永续利用。

3.5 活动方案举例

北京栓皮栎 (*Quercus variabilis*) 林植物资源考察

北京地区的栓皮栎林，由于光照、温度、湿度和风速等生态因子明显不同于林外其它群落，形成了自己的内部环境，不仅植物种类多，而且蕴藏着相当丰富的植物资源，是进行植物资源考察的理想场地。

一、活动目的

通过栓皮栎林资源植物考察活动，使学生掌握野外鉴定各种植物资源的方法，并了解和认识栓皮栎林中的资源植物种类。

二、栓皮栎林植物资源状况分析

北京地区栓皮栎林，一般约有植物 50 种，根据现有资料，其中主要植物资源有以下几类：

- (1) 淀粉植物资源。主要有栎属（果实）。
- (2) 单宁植物资源。主要有栎属（壳斗）。
- (3) 蜜源植物资源。主要有荆条（花）。
- (4) 药用植物资源。主要有白头翁属（根）、唐松草属 (*Thalictrum*)（根）、委陵菜属（根）、枣属 (*Zizyphus*)（果实）、防风（根）、益母草属（全草）、荆条属（叶、果实）、桔梗属（根）和沙参属（根）等。
- (5) 花卉资源植物。主要有绣线菊属 (*Spiracea*)、溲疏属 (*Deutzia*) 和沙参属等。

三、活动内容

- (1) 用植物资源野外鉴定方法对林内主要植物种类进行资源鉴定。
- (2) 对初步确定的各种资源植物进行标本采集，并根据需要采集样品。
- (3) 对采集样品进行室内测定（或送交有关单位代为测定）
- (4) 在室内测定的基础上，对价值大的资源植物，去栓皮栎林调查其蓄积量。
- (5) 对调查资料进行总结分析。

四、活动时间

在 9~10 月份开展本项活动，以使大部分资源植物的价值得到充分表现。

五、野外初查的方法步骤

(1) 根据林内各种植物所显示的资源价值进行野外初查。例如，根据栓皮栎的大型果实，从淀粉或油脂资源角度进行鉴定；根据绣线菊属的花，从观赏资源角度进行鉴定；根据一般根入药的药用植物根部特点，从药用资源角度考虑白头翁属、沙参属和桔梗属等植物的药用资源价值等等。

(2) 野外初查时，应先进行乔木层，再进行灌木层，最后进行草本层和地被层。

六、注意事项

(1) 关于栓皮栎林植物资源的情况分析，仅是师生开展调查工作的一个参考。不要将它作为一个“框框”束缚学生的创造性（因为林内可能存在着前人尚未查出的植物资源）。

(2)在野外初查中,不允许学生用口尝试植物体的任何部位,尤其是药用植物资源,更要禁止,以免引起中毒。

(3)采集样品时,应保护植物资源,尽量不影响植物的再生能力。

本章思考题

- 1.什么是野生植物资源?我国的野生植物资源是怎样进行分类的?
- 2.野生植物资源调查的一般方法是什么?
- 3.说明芳香油植物资源调查的全部方法步骤。
- 4.怎样才能合理利用与保护植物资源?

本章作业

在郊区选择一片野生环境(如山地、平原、撩荒地)或在农村选择一个行政区(如一个乡),进行某一类野生植物资源调查(如纤维植物或油脂植物)。调查中应完成以下工作:

- 1.提出该地区该类植物资源名录。
- 2.采集所调查的资源植物全部植物标本和样品。
- 3.填写好调查登记表。
- 4.提出一至几种有开发价值的资源植物。

本章参考书目

- 1.中华人民共和国商业部 1961 《中国经济植物志》(上、下册) 科学出版社
- 2.俞德浚 1957 《我国的植物资源》 科学普及出版社
- 3.吴征镒等 1983 《植物资源的合理利用与保护》 中国植物学会五十周年年会
- 4.王宗训等 1989 《中国资源植物利用手册》 中国科学技术出版社

(杨悦)

第四章 植物生态考察

导 言

生态学是现代生物学宏观方向发展的尖端学科，它解决生物与环境的相互关系问题。植物生态学包括个体生态、种群生态、群落生态和生态系统生态四级研究水平。其中，中学生接触较多的是个体生态和群落生态。

个体生态的内容很多，适合中学生活动的内容有生态类型观察和物候期的观测。这两类活动，可使学生具体了解植物个体是怎样与环境相互影响、相互制约的。

群落生态主要包括群落特征、分类和演替三部分，其中群落特征最适合中学生开展活动。学生经过考察群落的组成、外貌、结构和各种数量特征，可以将自己在野外观察到的各种植物，从群落的高度将它们联成一个整体，这不但能大幅度提高学生野外考察的能力，而且有助于克服“只见树木，不见森林”的形而上学的思想方法。

本章介绍植物生态类型观察、植物物候的观测和植物群落考察。其中群落考察是本章的重点。

4.1 植物生态类型的观察

一、各种习见生态类型及其特征

习见的植物生态类型主要有对光照强度适应的生态类型、以水分为主导因子的植物生态类型和对土壤适应的植物生态类型三类。

1. 对光照强度适应的生态类型

有阳性植物、阴性植物和耐荫植物三种。

(1) 阳性植物。凡是在强光环境中才能生育健壮、在荫蔽和弱光条件下生长发育不良的植物，称为阳性植物。阳性植物要求全日照，在水分、温度等条件适合的情况下，不存在光照过强的问题。这种生态类型多生长在旷野、路边，如蒲公英 (*Taraxacum mongolicum* Hand. -Mazz.)、刺儿菜、狗尾草、反枝苋 (*Amaranthus retroflexus* L.) 等。树木中的松、杉 (*Cunninghamia*)、杨、柳、桦 (*Betula*)、槐 (*Sophora*) 等都是阳性树种。各种草原植物、沙漠植物和一般农作物也都是阳性植物。

阳性植物的茎通常较粗，节间较短，分枝较多。在茎的内部结构中，细胞体积较小，细胞壁厚，木质部和机械组织发达，维管束数目较多，结构紧密，含水量较少。叶一般较少，质地较厚，叶面上常有很厚的角质层覆盖，有的种类叶表面还生有绒毛。叶内部细胞较小，细胞壁较厚，且排列紧密，细胞间隙很小。气孔通常小而密集，叶肉细胞强烈分化，栅栏组织发达，常有 2~3 层，海绵组织不发达。

(2) 阴性植物。在较弱光照下比在强光下生长良好的植物，称为阴性植物。阴性植物多生长在背阴处或密林中，如林下草本植物铃兰、连钱草 [*Glechoma longituba* (Nakai) Kupr.] 观音座莲 (*Angiopteris* sp.) 等。树木中的铁杉 [*Tsuga chinensis* (Franch.) Pritz.]、红豆杉 [*Taxus chinensis* (Pilg.) Rehd.]、紫果云杉 (*Picea purpurea* Mast.)、岷江冷杉 (*Abies*

faxo-nina Rehd.et Wils.) 等都是阴性树种, 药用植物人参、三七、半夏 [Pinellia ternata (Thunb.) Breit.] 和细辛 (Asarum sieboldii Miq.) 等也都是阴生植物。

阴性植物的茎通常细长, 节间较长, 茎内细胞体积较大, 细胞壁薄, 茎的木质化程度较差, 机械组织不发达, 维管束数目较少, 结构疏松, 含水量较多。阴性植物的叶片较大, 质地较薄, 角质层发育较差, 叶内细胞较大, 细胞壁薄, 排列疏松, 细胞间隙大。气孔通常大而分散, 叶肉中栅栏组织和海绵组织的分化不明显。

(3)耐荫植物。在全光照下生长最好、但也能忍耐适度荫蔽或在生育期间有一段时间需要轻适遮荫的植物, 称为耐荫植物。耐荫植物既能在阳地生长也能在较阴处生长, 它的茎叶形态结构介于阳性植物和阴性植物之间, 常见种类有青冈属 (Cyclobala-nopsis)、侧柏 [Platycladus orientalis (L.) Pranco]、胡桃 [Juglans regia L.]、桔梗 [Platycodon grandiflorum (Jacq.) A. DC.]、党参 (Codonopsis Pilosula Nannf.)、黄精 (Polyg-onatum sibiricum Delar ex Red.) 等。

2. 以水分为主导因子的生态类型

这类生态类型种类很多, 可分为水生植物和陆生植物。

(1)水生植物。生长在水中的植物, 统称为水生植物。水生植物根据所生长环境内水的深浅不同, 可以划分为沉水植物、浮水植物和挺水植物。

沉水植物。整个植物体都沉没在水下、与大气完全隔绝的植物称为沉水植物, 如金鱼藻 (Ceratophyllum demersum L.)、苦草 (Vallisneria asiatica Miki)、狐尾藻 (Myriophyllum spicatum L.) 等。沉水植物是典型的水生植物, 它们的表皮细胞没有角质层和蜡质层, 能直接吸收水分、无机盐和水中的气体, 取代了根的机能。因此根退化甚至消失; 由于长期适应弱光, 叶内的叶绿体既大又多, 栅栏组织极度退化, 皮层很发达而中柱很小; 由于适应水中氧的缺乏, 体内形成了一整套通气组织。

浮水植物。叶片漂浮在水面的植物称为浮水植物。浮水植物又分为两类。一类是根不着生在沙泥中, 完全漂浮的种类, 如浮萍 (Lemna minor L.)、白萍 [Hydrocharis dubia (BL.) Beker]、凤眼莲等; 另一类是根着生在河泥中, 仅叶漂浮在水面的种类, 如莲 (Nelumbo nucifera Gaertn.)、眼子菜 (Potamogeton distinctus A. Benn.) 等。浮水植物的气孔通常长在叶的上表皮, 叶上表皮有蜡质; 栅栏组织比较发达, 但厚度仍小于海绵组织; 维管束和机械组织不发达, 但比沉水植物完善; 有完善的通气组织。

挺水植物。茎叶大部分挺伸在水面以上的植物, 称为挺水植物, 如芦苇、香蒲等。挺水植物从外部形态看很象中生植物, 但由于根长期生活在水中, 有非常发达的通气组织。

(2)陆生植物。在陆地上生长的植物统称为陆生植物。陆生植物又分为湿生植物、中生植物和旱生植物。

湿生植物。在潮湿环境中生长, 不能忍受长期间的水分不足、抗旱能力最小的陆生植物, 称为湿生植物。湿生植物又分为两个亚类, 一个亚类是阴性湿生植物, 另一个亚类是阳性湿生植物。

阴性湿生植物是典型的湿生植物, 主要分布于阴湿的森林下层, 如热带雨林中的各种附生蕨类和附生兰科植物, 这些种类由于叶片极薄, 或由于气生根外面生有根被, 能直接从空气中吸收水分。还有一些阴性湿生植物生长

在热带森林下层荫蔽湿润的环境中，如海芋 [*Alocasia macrorrhiza* (L.) Schott.]、秋海棠 (*Begonia evansiana* Andr.) 等。这些种类的根系极不发达，叶片柔软，海绵组织发达，栅栏组织和机械组织却不发达。

阳性湿生植物主要生长在阳光充沛，土壤水分饱和的环境中，如稻 (*Oryza sativa* L.)、灯心草 [*Juncus decipiens* (Busch.) Nakai]、毛茛 (*Ranunculus japonicus* Thunb.) 等。由于土壤经常发生短期干旱，特别是大气湿度较低，因此这一亚类植物的湿生形态结构不明显。叶片有角质层，输导组织比较发达，但由于适应潮湿土壤的结果，根系不发达，没有根毛，根、茎、叶内都有通气组织并互相连接。

中生植物。生长在水湿条件适中的陆地上的植物，称为中生植物。中生植物的种类最多，分布最广，数量最大，一般栽培作物大多是中生植物。由于环境中水分的减少，中生植物具有一整套保持水分平衡的结构和功能。它们的根系和输导组织比湿生植物发达，叶片表面有角质层，栅栏组织比较整齐，比湿生植物发达，叶片中虽有细胞间隙，但没有完整的通气组织。

旱生植物。在干旱环境中生长、能忍受较长时间干旱而仍能维持水分平衡和正常生长发育的植物，称为旱生植物。旱生植物又可分为两个亚类。一个亚类是含水分极少的少浆液植物，如骆驼刺 (*Alhagi pseudalhagi* Desv.)、麻黄 (*Ephedra sinica* Stapf.) 等，另一亚类是多浆液植物 (肉质多浆植物)、如仙人掌科 (Cactaceae)、番杏科 (Aizoaceae)、景天科 (Crassulaceae) 等科的植物。

少浆液植物有两个特征，一是叶面积小甚至退化，以减少水分蒸腾，二是根系非常发达，能增加吸水量，保证水分供应，以维持水分平衡。

多浆液植物的主要特征是根、茎、叶薄壁组织变为储水组织，储水能力非常强。以致它的茎叶成为肉质。有些种类的叶退化成刺，改由绿色的茎代行光合作用。

3. 对土壤适应的生态类型

本类型主要有盐碱土植物和沙生植物两类。

(1) 盐碱土植物。生长并适应盐碱化土壤的植物，称作盐碱土植物，如盐角草 (*Salicornia europaea* L.)、柽柳、胡杨 (*Populus diversifolia* Schrenk)、碱蓬等。盐碱土植物，有些种类的植物体干而硬，叶子不发达，气孔下陷，叶表皮细胞有厚的外壁，并常具灰色绒毛，如盐角草；而另一些种类则是茎叶肉质，茎叶中有特殊的贮水组织，如碱蓬。

(2) 沙生植物。能在沙漠、沙丘上生长的植物称为沙生植物，如沙拐枣、沙蓬 (*Agriophyllum arenarium* Bieb.) 等。沙生植物的根系发达，具有根套，并具有在被埋没的茎干上长出不定芽和不定根的能力。

二、观察植物生态类型的方法步骤

1. 确定观察植物生态类型的种类

从上一段内容可知植物生态类型的种类很多，不可能在一次活动中全都进行观察。每次活动时，可以选择其中一类，作为活动内容，如“阳性植物、阴性植物和耐荫植物”、“沉水植物、浮水植物和挺水植物”、“少浆液植物和多浆液植物”、“盐碱土植物”等等。

2. 选择典型环境进行观察

各种生态类型都是一定环境条件的产物，它们的特征特性，只有在典型

环境中才能得到充分发育。因此，对某一类生态类型进行观察时，应该到它生活的典型环境中去。例如，要观察阳性植物，应该到空旷路旁，要观察盐碱土植物，应该到盐碱地上等等。另外，只有在典型环境中观察生态类型，才能更好地了解生态类型的形态结构特点形成的原因。

3. 野外观察

野外观察的内容有根、茎、叶形态和各种习性特点，其中应以根、茎、叶特点作为观察重点。观察内容有以下几点。

(1) 根。根的长短及其有无，根是否有特殊结构等。

(2) 茎。茎的质地、粗细、节间长短、分枝多少、茎表颜色等。

(3) 叶。叶的形状、大小、叶的质地、叶片厚薄、叶色深浅、叶片上角质层、蜡质和绒毛的有无，叶片、叶柄上是否有附属结构、叶是否退化甚至消失等。

(4) 开花结实习性、生长习性等。

4. 室内观察

野外观察结束后，应将采集的茎叶材料，带回室内，用徒手切片法，制作临时切片，在显微镜下进行观察。观察内容有以下几方面。

(1) 茎。茎内细胞大小、排列状况（紧密或疏松）、皮层厚薄、中柱大小、维管束发育程度、是否有通气组织等。

(2) 叶。叶表皮细胞厚薄、气孔分布特点、机械组织和输导组织发达与否、栅栏组织和海绵组织的发育程度、是否有储水组织和通气组织。

(3) 根。根内是否有通气组织等。

5. 分析

对每一种生态类型的形态、结构特征、习性特点，从环境角度分析其形成原因，对不同生态类型之间的区别，应分析其不同的原因。通过分析，最终达到了解植物与环境相互影响的活动目的。

4.2 植物物候观测

植物长期适应于一年中温度节律性变化而形成的植物发育节律，叫做物候。在植物一年的整个生长发育周期中，每一个生长发育阶段叫做物候期。物候是综合性气象条件对植物影响的反映，利用物候指导农业生产和各种科研活动，比平均温度、积温和节令都要准确。

物候观测简单易行，随地可做。主要用眼睛观察，用手记录，不需要仪器设备。但是，大自然的季节变化是大范围的，各地区之间互有关联，同时又因为不用仪器观测，容易发生偏差，所以就要求各地区的观测对象、观测标准和观测方法必须一致，否则观测记录就不能和其他地区比较，费了人力，却不能普遍使用。

一、物候观测的植物种类

物候观测最主要的问题是选定观测的植物种类，以便使全国各地的物候观测工作协调一致。我国已经拟定了统一观测的种类供各地观测时选定。现将中国温带、亚热带地区物候观测常见植物种类列举如下。1. 木本植物

(1) 乔木

- 侧柏 *Platycladus orientalis* (L.) Franco
- 圆柏 (桧) *Sabina chinensis* (L.) Ant.
- 水杉 *Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng
- 加杨 *Populus canadensis* Maench.
- 小叶杨 *Populus simonii* Garr.
- 垂柳 *Salix babylonica* L.
- 胡桃 *Juglans regia* L.
- 栗 *Castanea mollissima* Blume
- 栓皮栎 *Quercus variabilis* Blume
- 榆 *Ulmus pumila* L.
- 桑 *Morus alba* L.
- 玉兰 *Magnolia denudata* Desr.
- 苹果 *Malus pumila* Mill.
- 山桃 *Prunus davidiana* Carr.
- 桃 *Prunus persica* Stokes.
- 杏 *Prunus armeniaca* L.
- 构树 *Broussonetia papyrifera* (L.) Vent.
- 合欢 *Albizia julibrissin* Durazz.
- 槐 *Sophora japonica* L.
- 洋槐 *Robinia pseudoacacia* L.
- 枣树 *Zizyphus jujuba* Thunb.
- 梧桐 *Firmiana simplex* W.F.Wight.
- 银杏 *Ginkgo biloba* L.
- 白蜡树 *Fraxinus chinensis* Roxb.
- 紫薇 *Lagerstroemia indica* L.
- 楝 *Melia azedarach* L.
- 栾树 *Koelreuteria paniculata* Laxm.

(2) 灌木

紫荆 *Cercis chinensis* Bge.

紫藤 *Wistaria sinensis* Sweet.

木槿 *Hibiscus syriacus* Murr.

紫丁香 *Syringa oblata* Lindl.

2. 草本植物

芍药 *Paeonia lactiflora* Pall.

甘菊 *Dendranthema lavandulifolium* (Fisch. ex Trautv.) Ling et Shih.

二、植物物候期特征标志

各地区进行物候观测时，都必须按照统一的物候期特征标志进行工作。

1. 乔灌木

乔灌木的物候期主要有萌动期、展叶期、显蕾期、开花期、果熟期、果实脱落期、秋色期和落叶期。各物候期的特征如下。

(1) 萌动期。分为芽膨大开始期和芽开放期。

芽膨大开始期。乔木和灌木的芽大多有鳞片，当植株的 1~2 个小枝上，芽的鳞片开始分开，侧面显露淡色的线形或角形时，就是进入了萌动期。针叶类（如松属）的萌动期，标志稍有不同，它们是顶芽鳞片开裂反卷，出现淡黄褐色缝线时，就是萌动期的开始。

芽开放期。有鳞片的芽当鳞片开裂、芽的上部出现绿色尖端时；隐闭芽明显地长出绿色叶芽时；松属植物当芽伸长成圆柱形时，都是进入芽开放期的标志。对于花芽、叶芽分开的种类，应分别记载两种芽的萌动期。

(2) 展叶期。分为开始展叶期和展叶盛期。盛期。

(3) 显蕾期。当植株 1~2 个小枝的花芽中，出现花蕾或花序时，就是显蕾期。

(4) 开花期。分为始花期、盛花期和末花期。

始花期。对于虫媒传粉的乔灌木来说，如果植株上的 1~2 个小枝上，花蕾的花瓣完全开放，就是开花始期。柳属植物虽属虫媒花，但由于花朵小又不鲜艳，标志不同于一般虫媒花植物，它的开花始期标志是雄株葇荑花序上长出雄蕊的时候。此时在葇荑花序向阳一面出现黄色，用手触摸，手指上粘留花粉。对于风媒传粉的乔灌木，如松属、杨属、桑属（*Morus*）、榆属、核桃属（*Juglans*）、白蜡树属（*Fraxinus*）等植物，当摇动它们的树枝，雄花序撒出少量花粉时，就是这些植物的始花期。

盛花期。有 50% 小枝的花都展开花瓣或 50% 小枝的花序都散出花粉。便进入了盛花期。

末花期。对于虫媒传粉的乔灌木来说，是指植株上只留有极少数的花，对于风媒树木来说，是指花序停止散出花粉，或者葇荑花序大部分脱落。柳属植物末花期的标志，与风媒传粉的树木相同。

(5) 果熟期。由于果实类型多种多样，果熟期的标志各不相同。各类果实的果熟期标志如下：

蒴果类。如杨属、柳属，果实成熟时出现黄绿色、少数尖端开裂，露出白絮。

核果和浆果类。少数果实开始变软，并呈现本种特有的颜色和口味。

荚果类。少数果实开始变褐色。

翅果类。果实绿色消失，变成黄色或黄褐色。

松柏类植物的种子成熟标志是指其球果变成黄褐色。

(6)果实脱落期。分为开始脱落期和脱落末期。当果实或种子开始脱落时，为开始脱落期；当果实或种子几乎全部脱落时，为脱落末期。

(7)秋色期。当少数叶开始变黄或变红时，就进入了秋色期。针叶树是以老针叶变黄为标志。这里所说叶片变色，是指正常的季节性变化，树上出现变色叶的颜色不再消失，并且新变色的叶日渐增多。不能把夏天因为干旱、炎热或其他原因引起的叶变色混同起来，要注意辨别。

(8)落叶期。当观测的树木在秋天开始落叶，就进入了落叶期，树上的叶几乎全部脱落时，就是落叶末期。

2. 草木植物的物候期特征标志

草木植物的物候期主要有萌发期、展叶期、显蕾期、开花期、果熟期、果实脱落期和黄枯期。各物候期的特征标志如下。

(1)萌发期。多年生和两年生草本，具有地面芽和地下芽，一年生草本的种子中具有胚芽。当地面芽变为绿色，或地下芽、胚芽萌发出土时，就是草本植物的萌发期。

(2)展叶期。植株上开始展开小叶，就是进入展叶期。

(3)显蕾期。当花蕾或花序开始出现时，就进入显蕾期。

(4)开花期。当植株上初次有个别花的花瓣完全展开，就进入了开花期。

(5)果熟期。分为成熟开始期和全熟期。当植株上的果实开始变为成熟初期的颜色，是成熟开始期，有50%成熟时，是全熟期。

(6)果实脱落期。当果实或种子开始脱落时，是果实脱落期。

(7)黄枯期。可分为开始黄枯期、普遍黄枯期和全部黄枯期。植株下部基生叶开始黄枯，是开始黄枯期；达到一半黄枯，是普遍黄枯期；完全黄枯时为全部黄枯期。

三、物候观测方法

各地区的物候观测，必须按照以下方法进行。

1. 选定物候观测点

在进行物候观测以前，首先应选定观测点。观测点要符合以下两项原则。

(1)地点要稳定，可以进行多年观测，不必移动。因为在一个固定地点进行观测的年代越长，记录的物候资料就越宝贵。因此，没有特殊原因，最好不要更换观测地点。

(2)观测地点要有代表性，必须考虑到地形、土壤、植被等情况，尽可能选在平坦或相当开阔的地方。

物候观测点选定之后，要将地名、生境、海拔、地形（平地、山地、凹地、坡地等）、位置（在建筑物的哪边，距离建筑物多远）和土壤性质等详细记载下来，作为档案保存。

2. 选定观测的植物种类

在一个观测点进行物候观测时，并不是有什么植物就观测什么。首先应当按照中国温带、亚热带地区物候观测常见植物，选择其中若干种作为观测目标，然后再从本地区植物中，选择几种最能反映当地季节现象的，以及同

农业生产关系密切的，作为观测目标。

3. 确定观测的植株

关于乔灌木，应选健壮而达到开花结实三年以上的中龄树，每种应选3~5株作为观测目标，并在它们向南的方向进行观测。对选定的树木不要伤害，保持它们正常生长和发育。

草本植物发育时期的迟早，同小气候的关系密切，为了避免局部小气候的影响，应尽量选择生长在比较空旷地方的植株，以达到具有代表性。所选植株应该无病虫害，生长发育正常。对于丛生的种类，选择一小片作为观测目标，对于零散分布的种类，选取彼此靠近的数十株，作为观测目标，其中一半作为人为损坏的备用植株。

不论是乔灌木还是草本，均须野生或露地栽培。不得选用盆栽植物。

4. 物候观测的时间

春夏两季正是各种植物的萌发、展叶、开花繁殖时期，各种物候现象，天天不同，最好每天观测一次，如果时间不允许，也要作到隔日观测。到了秋季，可以隔日或三天观测一次。冬季的初冬和冬末，还须进行观测，不可漏掉，到了隆冬季节则无须观测了。

5. 观测人员要固定

观察人员不宜时常变更，更不能几个人轮班观测。因为物候现象时刻变动，由一个人去观测，前后才有联系，如果轮班观测，各人对物候期特征标志的认识未必相同，这样前后的记录就会没有连贯性。

6. 作好观测记录

物候观测要随看随记，不要凭记忆在事后补记。

物候观测所用的表格主要有4种式样。见表4-1至4-4。

表4-1 木本和草本植物地理环境记载表

单位名称：_____年

中名	学名	生长地点	海拔(米)	植物年龄或种植年代	生态环境	地形	土壤	同生植物
物候观测单位_____		观测员_____						

[注]表格的长短，可以根据需要来决定，以下几个表式也如此。这里为了节省篇幅，将原表缩小。

地点____省(市)____县____年 北纬____° 东经____° 海拔____米

日期 植物名称	发育期	萌动期					展叶期		显蕾期	开花期				果熟期			叶变色期					
		叶芽开始膨大期	叶芽开放期	间隔日数	花芽开始膨大期	花芽开放期	间隔日数	开始展叶期		展叶盛期	开花始期	开花盛期	开花末期	开花始末间隔日数	果实成熟期	果实脱落开始期	果实脱落末期	间隔日数	秋季叶开始变色期	秋季叶完全变色期	间隔日数	

物候观测单位_____

观测员_____

表 4 - 4 草本植物物候观测记录表

地点____省(市)____县____年 北纬____° 东经____° 海拔____米

日期 植物名称	发育期	萌动期		展叶期		显蕾期	开花期					果实或种子成熟期				黄枯期							
		地下芽出土期	地上芽变绿色期	开始展叶期	展叶盛期		开花始期	开花盛期	开花末期	开花始末间隔日数	第二次开花期	果实或种子全熟期	果实或种子全熟期	间隔日数	果实脱落期	种子散布期	开始黄枯期	普遍黄枯期					

物候观测单位_____

观测员_____

只要把各个日期作为天数加起来，用年数除，得出平均天数，就是某月某日。如果不在一个月里，例如有的在3月，有的在4月，就要从最早的3月1日起计算天数，加起来用年数除，得出平均日数，这个日数如果比31天少，就

在3月某日，如果比31天多就在4月某日。举例如下：

例1 北京各年杏树的开花始期为4月1日，4月6日，4月4日，4月5日，4月5日，4月8日，4月12日，4月13日，4月6日，4月7日。求10年的平均日期。

算式 $1+6+4+5+5+8+12+13+6+7=67$ ， $67 \div 10=6.7$

上式10年的平均日数为6.7，小数四舍五入，平均日期是4月7日。

例2 北京各年山桃的开花始期为3月26日，3月28日，4月1日，3月24日，3月29日，4月6日，4月6日，4月2日，3月23日，3月24日，求10年的平均日期。

算式 $26+28+32(4月1日)+24+29+37(4月6日)+37(4月6日)+33(4月2日)+23+24=293$ ， $293 \div 10=29.3$

上式10年的平均日数为29.3，小数四舍五入，平均日期是3月29日。

用上法整理出来的物候资料，既可作为全国物候观测中的一份珍贵资料，又可用来指导本地的生产生活。尤其在农村，常常可用来作为指导农时的可靠依据。

4.3 植物群落考察

在自然界，任何植物都极少单独生长，几乎都是聚集成群。然而群居在一起的植物，并非是杂乱无章的堆集，它们占据特定的生长环境，由一定的植物种类，按照一定规律形成一个组合单位，每一个这样的组合单位，称为植物群落。自然界中存在着各种植物群落，一片森林、一块草地、一丛灌丛，湖泊池塘中连成一片的水生植物等，都是植物群落。一个地区全部植物群落的总合，叫作植被。植物群落是植被的基本单位。

考察植物群落，有各种方法，如样地法、样线法、距离抽样法、点样法等。其中样地法是基本方法。样地法所获得的资料比较详细可靠，并可作为其它考察方法精确程度的对照依据。中学生参加植物群落考察时，应首先采用样地法。现将样地法进行的方法步骤说明如下。

一、样地的设置和群落最小面积

群落的面积往往很大，一般情况下不可能、也不需要把所有地段全面地进行调查，特别是各种数量特征更不可能如数查清。所以，通常都采取抽样调查的方法。抽样调查的实质是选择有代表性的一定数量的小面积地段，进行详细调查，以此来估计推断整个群落的情况。这些小面积地段称为样地。

1. 样地的形状

大多采用方形或长方形，所以又称为样方。小面积样地有时采用圆形，称为样圆。采用长方形样地时，其长轴应平行于等高线，否则高差过大，样地内可能出现生境的变化，不利于观察群落特征。

小型样方用于调查草本群落或林下草本植物层，大型样方用于森林群落或荒漠中的群落，为了防止出现闭合差，在森林调查中，样方常沿着预定的测线方向呈菱形设置。其方法是由中心点定出距离为样方对角线长度的两个点，然后从这两点分别拉直长度恰为样方边长的测绳，使其在每一侧都恰好交接，就是样方的边界，这样就可以避免确定直角的麻烦误差。不同大小样方的对角线长度和边长可参看表 4-5。

2. 样地面积

用样地法考察群落时，一般要先确定群落最小面积。所谓最小面积，是指至少要有这么大的空间，才能包含组成群落的大多数植物种类和表现出群落的各项特征。

确定群落的最小方法是：从很小的面积统计植物种类数目，表 4-5 样方边长和对角线长度

样方面积平方米(公顷)	样方每边长度(米)	各种坡度时样方对角线的一半长度(米)								
		0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°
100(0.01)	10.00	7.07	7.10	7.18	7.32	7.52	7.80	8.16	8.63	9.23
200(0.02)	14.14	10.00	10.04	10.15	10.35	10.64	11.03	11.85	12.21	13.05
400(0.04)	20.00	14.14	14.19	14.36	14.63	15.05	15.60	16.33	17.26	18.46
600(0.06)	24.49	17.32	17.39	17.59	17.93	18.43	19.11	20.00	21.14	22.61
800(0.08)	28.28	20.00	20.08	20.31	20.71	21.28	22.07	23.09	24.42	26.11

然后逐次向外扩大面积，同时登记新发现的植物种类，直到基本不再增加新

种类为止。最后以面积大小为横轴，以种数为纵轴，填入逐次调查的数值，并连成平滑曲线，在曲线由陡变缓处相对应的面积，就是群落最小面积。这种曲线图，称为植物种数——面积曲线（图 4-1）。

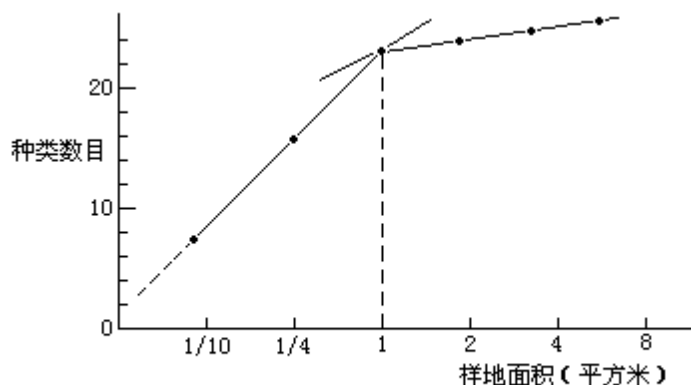


图4-1 植物种数——面积曲线示意图

确定最小面积时，可用下列几种样地扩大方式。

(1)从中心向外逐步扩大法。通过中心点 0 作两条互相垂直的直线，在两条线上面依次定出距中心点为 0.71 米、1.00 米、1.41 米、1.73 米等位置，各等距四点连结后，即分别构成 1、2、4、6 平方米面积的小样地（图 4-2A），在其中统计植物种数。

(2)从一点向一侧逐步扩大法。通过原点作两条直角线为坐标轴，在线上依次取距原点为 1.0、1.41、2.0、2.4、2.8 米的位置，各自再作轴的垂直线分别连接成面积为 1、2、4、6、8 平方米的小样地（图 4-2B），在其中统计植物种数。

(3)成倍扩大样地面积法。按照（图 4-2C）所示方法逐步扩大，每一级面积均为前一级面积的两倍。

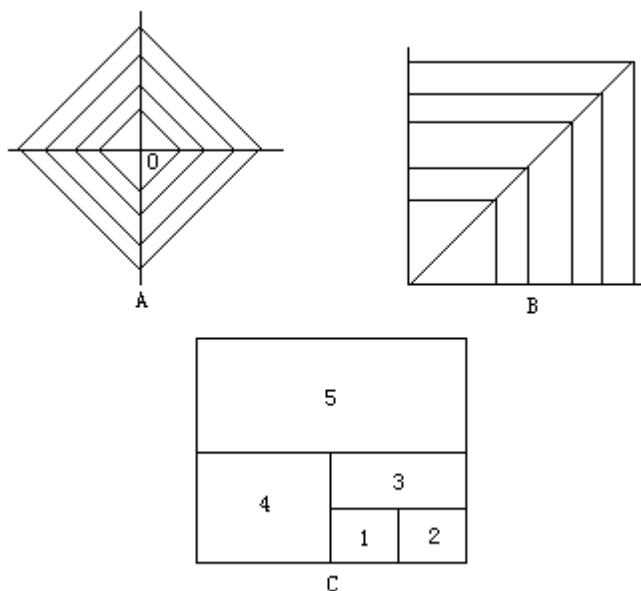


图4-2 群落最小面积的样地设置方法

以上几种最小面积的确定方法，多用于草地或小灌木地区，对于森林和灌丛要采用比这大得多的样地进行测定。下列样地面积的经验值可供考察时参考使用。

草本群落 1—10 平方米

灌丛 16—100 平方米
单纯针叶林 100 平方米
复层针叶林·夏绿阔叶林 400—500 平方米
亚热带常绿阔叶林 1000 平方米
热带雨林 2500 平方米

3. 样地数目

样地数目的多少，取决于群落结构的复杂程度。根据统计检验理论，多于 30 个样地的数值，才比较可靠。但样地数目多时，要付出大量人力和时间，中学生开展样地法群落考察，无须选取大量样地，一般每类群落以 3~5 个样地为宜。

所有样地应依照顺序进行编号，以避免混乱，而且整理资料时用代号也很方便。

4. 样地布局

一块样地面积可能仅占该群落在一个地区总面积的几分之一或几千分之一。因此，样地布局就很重要，它影响着考察结果的准确程度。在样地调查中，常用的布局方法有以下几种。

(1) 主观取样。从一个地区的群落中，主观地选择被认为有代表性的地块作为调查样地，称为主观取样。在路线式粗放调查中常常采用这种方法。主观取样法容易发生偏差和遗漏，特别是一些较小的或较分散的群落特征，容易被忽略。因此所取得的数量资料不能用于统计分析。

(2) 机械取样。严格按照一定的方向和距离，确定样地位置，称为机械取样或系统取样。在面积十分广阔的森林和草地中，常用这种方法。它的优点是布点均匀，定址简便。缺点是当群落的某些特征呈不规则的随机分布时，就可能使这些特征不能如实地表现；或者呈规律性分布的特征，恰好和样地分布规律不一致，就可能把这种特征完全漏掉。

(3) 随机抽样。将要调查的地段分成大小均匀的若干部分，每一部分都编号或确定坐标位置，利用随机数字表、掷骰、抽签、转盘等方法，随机选出一定数量的、占有一定位置的样地，称为随机抽样。这种方法可使群落各个部分都有同等机会被抽出作样地。地段的划分既可在现场进行，也可在地图上进行，然后到现场落实。随机抽样法所调查的数据可以用于各种统计处理，进行可靠性检验。缺点是需要较多的样地，工作量较大。

(4) 部分随机取样。先将群落地段均匀地划好分地段，再在每个分地段中随机抽取样地，称为部分随机取样。这种方法是机械取样和随机取样的混合方法。用这种方法能使所考察的地段内各点被抽取的机会加大，资料也能用于统计，但工作量仍然较大。

中学生进行样地调查，可用主观取样法进行样地布局。虽然主观取样法容易发生偏差和遗漏，但由于是在典型的地块上进行调查，能使学生更好地认识和掌握群落特征，而且由于这种方法选取的样地不多，符合中学生活动时间不能过长的要求。

二、植物群落样地调查内容与方法

样地的调查内容主要有环境条件、属性特征和数量特征三个方面。

1. 环境条件调查

环境条件包括以下几项：

(1)地理位置。记载样地所在地理位置，如某县某山等，记载时应尽量具体，如距某乡某村某方向多少距离的某山坡上部或下部等，以便事后能查找和验证。

(2)地形条件。包括海拔高度、坡向、坡度、地形起伏等。

(3)土壤条件。包括类型、各发育层厚度及母质等。

(4)人类影响。包括砍伐、栽种、开垦、放牧、挖药、火灾等方面的强度、持续时间和频繁程度等。

(5)气候条件。如风速、气温、相对湿度、光照强度等。如果缺乏观测设备，本项可不进行。

2. 属性特征调查

属性特征主要包括群落的种类组成、群落结构、群落外貌、植物生活力等项目。

(1)群落的种类组成。一份完整的种类名单，是一个植物群落的主要属性特征，因为群落的其他特征，诸如结构和外貌等，都是由种类组成所决定。进行群落调查时，首先必须查清本群落有哪些植物种类。

种类组成的调查工作，在测定最小面积时已基本完成。但可能还有遗漏，应在样地周围反复踏查。最后将全部名单按群落垂直结构的层次进行登记。在调查种类组成时，应采集标本，即使是已经认识的种类，也应采集，以便于以后定名和订正。

(2)群落结构。群落结构是一个群落的重要属性特征，因为它能说明群落中的各种植物，不是杂乱无章的堆集，而是按照一定规律组成群落的。群落结构包括垂直结构和水平结构两个方面，其中以垂直结构最为重要。

群落的垂直结构。垂直结构主要表现在地上部分的成层现象上。层是群落的最大结构单位，各项群落调查项目，一般均以层为单位分别进行。

成层现象以森林群落最为明显。一个森林群落可分为乔木层、灌木层、草本层和地被层等四个基本层。如果各层由一些高度不同的种类组成时，通常还进一步细分为若干亚层。乔木层由各种乔木组成，灌木层是各种大型灌木，草本层中除各种草本植物外，还包含矮小灌木和亚灌木，地被层则由地衣、苔藓和匍匐生长的蕨类植物组成。在四个基本层中，乔木层是森林群落的优势层，它反映群落所在的外界环境特点，其他层则更多地反映群落内部环境的状况。

藤本植物和附生植物都列为层间植物，单独记载。调查时，应记载它们各自枝叶分布的层次。

乔木的幼苗高度不一，无论混生于哪一层里，都应单独记载。对于混生在草本层的灌木幼苗也应单独记载。

群落的水平结构。水平结构主要表现在植物种类在水平方向上分布不均匀。例如，在森林群落中，林下阴暗的地点有一些植物种类形成小型的组合；而在林下明亮的地点则是另外一些植物种类形成的组合。在草原中也有同样情况。例如在比较稀疏的草原群落中，禾本科草丛中有与其伴生的少数其他植物，而草丛之间的空间，则由各种不同的其他禾草和双子叶杂草占据。植物群落内部这样一些小型植物组合，称为小群落。小群落是整个群落的组成部分。

在样方中发现小群落时，应进行记载。要记载其植物种类、面积大小以及形成原因。

(3)群落外貌。决定群落外貌的因素有植物种类组成、每种个体数量、个体大小、各种植物的生物学特性(如落叶、常绿)、季相和色相等,这些因素集中体现在生活型的组成上。生活型是植物对综合环境条件的长期适应、而在外貌上反映出来的植物类型。在生活型的分类上,通常采用若恩开尔(Raunkiaer)系统,将生活型分为高位芽植物、地上芽植物、地面芽植物、地下芽植物、一年生植物五大类、各大类又共细分为29类生活型。群落外貌决定于本群落中各类生活类的数量对比关系即生活型谱。

每种植物究竟属于哪类生活型,无须在野外确定,可在回校后,查阅植物志和有关生活型分类的书籍,将所调查的植物种类,一一确定它们的生活型类别。然后再统计每一类生活型中的植物种类数目,按下列公式求出百分率。

$$\text{某一生活型的百分率} = \frac{\text{群落中某一生活型植物的种数}}{\text{群落中全部植物的种数}} \times 100$$

再将统计结果列成表(或制成柱状图解),即为该群落的生活型谱。下面列举我国各地区一些群落的生活型谱,作为编制生活型谱时的参考。

群落名称	高位芽植物(%)	地上芽植物(%)	地面芽植物(%)	地下芽植物(%)	一年生植物(%)
热带雨林(云南西双版纳)	94.7	5.3	0	0	0
亚热带常绿阔叶林(滇东南)	74.3	78	18.7	0	0
温带落叶阔叶林(秦岭北坡)	52.0	5.0	38.0	3.7	1.3
寒温带暗针叶林(长白山西南坡)	25.4	4.4	39.6	26.4	3.2
温带草原(东北)	3.6	2.0	41.0	19.0	33.4
亚高山草甸(云南东北部)	6.0	0	74.0	13.0	7.0
高山冻荒漠(云南西北部)	0	30.0	54.0	16.0	0

(4)生活力。生活力是指植物在一定外界环境条件下的生存能力。它可以用来判断各种植物在某一群落中是否能够正常生活。在野外记录时要求区分三级生活力。

强 3 植株发育良好,枝干发达,叶片大小和色泽正常,能够结实,或有良好的营养繁殖。

中 2 植株枝叶的生长和繁殖能力都不强,或者营养生长虽然较好,但不能正常结实繁殖。

弱 1 植物达不到正常的生长状态,明显受到抑制,甚至不能结实。

3. 数量特征调查

数量特征主要包括多度(密度)、盖度、频度、高度和重量等项目。

(1)多度(A)和密度(D)。多度和密度是指在单位面积上某个种的全部个体数。通常用若干统计样方进行计算。很多人将多度和密度作为同一概念对待,也有人将二者区分开来。当把多度和密度加以区分时,多度是指每个样地内某特定种的平均个体数,即 $A=q/r$ 。式中 q 为某一特定种被找见的个体总数, r 为见有该种植物的样地数目。但密度为 $D=q/R$,此处 R 为统计样地总数,即包括无该种的样地。

在调查后的分析中,常使用相对密度 D 这一概念。其定义为样方单位

面积上某个种的个体数占同层所有种总个体数的百分比，它表达某个种的个体数量是否占优势的情况。可将密度最大的种的数值 D_1 作为 100，其它各个种的密度 D_i 相应换算成 D ，称为密度比，即 $D = D_i/D_1$ 。

上述统计多度和密度的方法，称为记名记数法。这种方法精细准确，但费时费力。为了节省时间，对于森林群落，可采用在大样方中设小样方的方法进行调查。其方法是在整个大样方中统计乔木层各树种的多度，然后在大样方中，设两个中样方统计灌木层种类的多度，再在两个中样方中各设 2~4 个小样方，用于对草本层的多度进行统计。两个中样方的面积为大样方的 10%，全部小样方的面积为大样方的 2%。这样，就能大幅度减轻工作量。灌丛群落也可采用这种方法，在样方中设几个小样方，用来对草本层的多度进行统计。

在多度调查中，有时因时间短促，不能用记名记数法进行统计。在这种情况下，可改用目测估计法进行。目测估计法是按预先确定的多度等级来估计样地上个体的多少。目前国内外尚无目测估计法的统一标准，我国通常采用德鲁多 (Drude) 的七级制，其等级划分和表示方法如下：

Soc. (Sociales)	极多
Cop. (Copiosae)	Cop ³ 很多
	Cop ² 多
	Cop ¹ 尚多
Sp. (Sparsae)	少
Sol. (Solitariae)	稀少
Un. (Unicun)	个别

目测估计法虽然简便，但主观性很强，同一多度被不同调查者估计时，常相差两级。一般在大量开花的种类，其多度常被过高估计。因此，样地调查中只要时间允许，应尽量采用记名记数法。

多度和密度是两个很有意义的群落量特征。因为多度和密度大的植物种类，对群落内的植物环境和对其它植物种有较大的影响，一般处于主要层中的多度密度最大的种，就是群落的建群种。当然，就多度和密度来分析某种植物在群落中的地位和作用时，还必须结合该种植物的其它特点，如盖度、体积等等。另外，属于不同生活型的植物，其体型和大小往往相差很大，所以根据多度和密度进行种类之间比较时，必须按相同生活型来比较。

(2) 盖度 (C)。盖度分为投影盖度和基盖度两种。这两种盖度在乔木、灌木和草本植物上均可应用。

投影盖度。植物枝叶所覆盖的土地面积，称为投影盖度 (通常称为盖度) 调查投影盖度可用目测法和量测法。目测法是粗略的野外调查中经常使用的方法，它比较方便、迅速，但误差较大。这种方法是将盖度用百分比表示，即一种植物的枝叶所覆盖的土地面积占样地总面积的百分比。所得结果可以用来比较分析群落特征，但不能用于统计分析，所以被人们称为“假数量”。量测法是将乔灌木树冠直径测出长轴和短轴的长度，取平均值，并换算成面积。用量测法测定草本群落或草本层的投影盖度时，通常利用预先制成的一平方米木架，内用绳线分成 100 个平方厘米的小格，将方格木架放置在草地上，可直接指出每种植物所占格数，并由此求出其投影盖度的数值。

基盖度。植物基部着生的面积，称为基盖度。草本植物的基盖度均以离地 1 英寸处 (牲畜吃草高度) 草丛的断面积来计算，对于树木的基盖度，

是测定树干距地面 1.3 米处的直径（相当于人体胸高处，故称为胸径）来计算。

在求取乔木树种的基盖度时，如果植株过多，为了减少调查时间和人力，可以将树的胸径分为不同径级，调查时，只须计算各径级株数而不必具体测量每株的胸径。径级划分的方法是：当直径 > 12 厘米时，取 4 厘米间隔为一级，直径为 6~12 厘米时，取 2 厘米间隔为一级，进行统计。

在求取投影盖度和基盖度时，为了节约时间，对于森林和灌丛，也可以象求取多度那样，采用在大样方中设小样方的方法进行调查。

调查后的分析中常使用相对盖度（即相对投影盖度）和相对基盖度这两个概念。相对盖度是指某个种的盖度（投影盖度）占同一层中所有种总盖度的百分比。相对基盖度是指某个种的基盖度占同一层中所有种基盖度总合的百分比。

盖度的生态意义超过多度和密度。因为盖度既标志着植物所占有的水平空间面积，也表明了群落中各种植物之间的相互关系。特别是处于主要层的植物种类，其盖度大小决定着群落的内部环境的形成和特点，并影响次要层植物的种类、个体数量和生长情况。

(3) 频度 (F)。频度是含有某特定种的样地数（或统计样地数）占样地总数的百分数，即 $F=r/R \times 100$ 。它反映群落中各种植物在水平分布上是否均匀一致，从而说明植物与环境或植物之间的关系。

样地面积的大小，对频度影响很大。统计样地很大而数量少时，就会大幅度提高种的频度，甚至许多种的频度达到 100%。统计样地的面积应当是植株大小和数量多少以及种类丰富度的函数。例如 1 平方米中生长 20~30 种低草植物，则统计小样地以 0.01 平方米（10×10 厘米）为宜，这样每个小样地均有 3~8 种。下列的经验值可供参考：乔木层 100 平方米，高大灌木层 16 平方米，矮灌木和高草层 4 平方米，草本层 0.1~1 平方米。

统计小样方或小样圆一般不应少于 30 个，采取随机布点或均匀布点的方法。统计小样地面积总合应当大于群落最小面积，否则可能出现较大误差。

调查后的分析中，也常使用相对频度 (F)，它是指某个种的频度占本层所有种频度总合的百分比。

(4) 植株高度 (H)。高度应分种调查，并应说明一般个体高度和最大高度。对低矮的植株可用尺直接量取自然生长的高度，不能将自然弯垂枝条用手扶直。测量高大乔木的高度应使用仪器。其中最简单方便的仪器是定长直尺测高器。

定长直尺测高器的原理是“通过一点的许多直线把两条平行线截成线段时，则相当的线段成比例”。现按图 4-3 所示进行说明，图中 O 为视点，AB 为树高，BC 为定长测竿（或用粉笔标于树干）ab 为直尺长度， $AB \parallel ac$ 。因此 $AB=CB/cb \cdot ab$ 。若直尺长 0.3 米（30 厘米），BC 定长 2 米，当所测树高为 5 米时，cb 长应为 $2 \times 0.3/5=0.12$ 米。同理树高 10 米时刻度在 6 厘米处，15 米树高刻在 4 厘米处，20 米高刻在 3 厘米处，30 米高刻在 2 厘米处。

使用定长直尺测高器时，轻提尺身使之垂直，通过尺的上下拐角内缘的视线应与树脚 B 和树顶 A 相切，再规视竿顶 C（或粉笔线），视线 OC 切于尺上的数值即树高。这种测高器可以自己制作，构造简单，携带方便，用于测量 15 米以下的树高，误差较小。测 20 米以上大树时，因刻度过密，易出错误。

林木平均高度的计算，可选测 3~5 株中等胸径树木的高度，求出其平均值。在调查分析中常使用相对高度(H)，它是指某种植物的高度占同一层中各种植物高度总合的百分比。

(5)植株重量(W)。通常用于测定草本植株的重量。其方法是选少量中等大小的个体，作为样本来称重，求其平均值，再乘以单位面积内该种的个体数。植物的重量首先应在潮湿的状态下测定(称为湿重或鲜重)，然后在干燥的状态下测定(干重)。

在调查后分析中，常采用相对重量(W)，其含义为某种植物的重量占同一层中各种植物重量总合的百分比。

三、植物群落特征的分析

在植物群落调查结束后，应利用调查所得的大量数据，计算各种植物的重要值与总优势度，以判断各种植物在群落内部的地位和作用，并确定群落的优势种。

1.重要值

密度、基盖度和频度三种不同测量值可以表示某种植物的绝对数量特征。而三者的相对值则能反映该种植物在群落全部种类中的重要程度。因此人们将这三个测量数据的相对值合并，便构成了该种植物的重要值。即：重要值=相对密度+相对基盖度+相对频度

重要值主要用于乔木层，应用时要编制植物重要值分析表，分析表项目见表 4-7。

表 4-7 植物重要值分析简表

植物名称	密度	相对密度	基盖度	相对基盖度	频度	相对频度	重要值	重要值序

重要值最大的植物种类，为乔木层的优势种，因而也是本群落的建群种。

2.总优势度

分析草本植物和灌木的重要性时，不适宜采用乔木重要值的计算方法。一般利用相对盖度、相对高度、相对重量、相对密度和相对频度等作为基本参数，区分各个种的重要性，称为总优势度(SDR)。由于使用的基本参数不同，总优势度有几种不同的计算方法，现列举如下：

$$SDR_4 = \frac{C'+D'+H'+W'}{4} \% \text{ 或}$$

$$SDR'_4 = \frac{C'+D'+H'+F'}{4} \% ,$$

$$SDR_3 = \frac{C'+D'+F'}{3} \% \text{ 或}$$

$$SDR'_3 = \frac{C'+D'+H'}{3} \%$$

$$SDR_2 = \frac{C'+H'}{2} \%$$

各个种的总优势度计算完毕后，也应按照表 4-7 的格式，以层为单位编制植物总优势度的分析表，用以确定优势种和建群种。

3. 简易法

如果因时间仓促，数量特征调查的数目过少无法计算重要值和总优势度时，可用目测估计多度和盖度并将二者结合起来的方法，将植物的优势程度分成以下等级：

- 5 个体数任意，盖度 > 75%
- 4 个体数任意，盖度 50 ~ 75%
- 3 个体数任意，盖度 25 ~ 50%
- 2 个体数很多，或个体不多而盖度 5 ~ 25%
- 1 个体数虽多而盖度 < 5%，或个体数少而盖度约 5%
- + 个体数少，盖度也非常小
- r 个体数极少，盖度极小

4.4 活动方案举例

森林植物群落样地考察

一、活动目的

- (1)认识森林植物群落主要特征。
- (2)掌握样地调查法。

二、考察项目

- (1)群落的环境条件。地形条件、土壤条件和人类影响。
- (2)确定群落的最小面积。
- (3)群落属性特征。种类组成、群落结构、群落外貌、各种植物的生活力。
- (4)群落数量特征。多度、投影盖度（限于灌木、草本）、基盖度（限于乔木）、频度（限于乔木）、高度（限于灌木、草本）。

三、考察方法步骤

(1)预查。由辅导教师带领学生骨干1~2名进行。预查内容有群落位置、地形特点、考察路线和群落主要植物种类等。预查后应着手准备考察的用具用品。

(2)野外考察。由于考察项目较多，可分两次进行。

第一次：调查群落的环境条件；确定群落最小面积；调查植物种类。

第二次：属性特征和数目特征调查

(3)室内整理分析考察资料。计算重要值与总优势度；确定优势种、建群种和命名群落；分析群落与环境之间、群落内各种植物之间的相互关系。

四、注意事项

植物群落考察是一项内容多、难度大、费时费力的活动。开展本项活动应注意以下两点。

(1)应在种子植物野外采集活动的基础上进行本项活动。使学生掌握植物分类基本知识和认识一定的植物种类。这是开展本项活动的重要前提条件。

(2)在进行野外考察以前，应对学生讲授植物群落的知识 and 样地调查方法，使学生初步了解植物群落概念、结构、外貌和各项特征，并了解样地调查的基本方法，为野外考查奠定基础。

本章思考题

1. 习见植物生态类型有哪些？它们在形态结构上各有何特点？
2. 观察植物生态类型的方法步骤是什么？
3. 什么是物候和物候期？
4. 乔灌木有哪些物候期？各物候期的特征标志是什么？
5. 草本植物有哪些物候期？各物候期的特征标志是什么？
6. 说明物候观测方法。
7. 说明群落最小面积的确定方法。
8. 在植物群落考察中，应从哪些方面进行环境条件的调查？

9. 植物群落的属性特征有哪些？应如何进行调查？
10. 植物群落的数量特征有哪些？在样地上如何进行调查？
11. 说明重要值和总优势度意义和计算方法。

本章作业

1. 选择一种习见生态类型植物，观察它有哪些与环境条件相适应的形态结构特点，并进行记载。
2. 对校园内的树木和野生草本植物，进行一次物候期调查，并作记录。
3. 用样地法进行一次灌丛群落考察。考察内容有：确定最小面积、调查植物种类组成、群落结构、外貌、多度、盖度和频度。

本章参考书目

1. 云南大学生物系 1982 《植物生态学》 人民教育出版社
2. 祝廷成等 1988 《植物生态学》 高等教育出版社
3. G. W. 考克斯著 蒋有绪译 1979 《普通生态学实验手册》 科学出版社
4. 内蒙古大学生物系 1986 《植物生态学实验》 高等教育出版社

(杨 悦)

第五章 无脊椎动物的采集和标本制作

导 言

无脊椎动物是一个庞大的类群，不仅种类繁多，而且个体到处可见。尤其是其中的昆虫，约有 85 万余种，在动物界中种类最多，和人类的关系非常密切。因此，无脊椎动物的采集和标本制作，是中生物科技活动的一个重要方面，也是深受中学生喜爱的一类活动。

本章编写了原生动物、腔肠动物、扁形动物、环节动物、软体动物、节肢动物的昆虫等六类无脊椎动物的采集、培养和标本制作。其中昆虫部分是本章的重点。本章在编写内容上突出了野外采集活动，对采集时间、地点、用具用品、方法步骤以及注意事项等采集方面问题，都有详细的阐述。文中还编入了培养、观察和标本制作等方面的内容，它们都是野外采集活动的必然延伸。

5.1 原生动物的采集、培养和观察

原生动物是动物界中最原始的类群。在各种原生动物中，中学生比较熟悉的是草履虫和变形虫。本节介绍这两类动物的采集和培养方法。

一、草履虫 (Paramecium)

草履虫属于原生动物门的纤毛纲，是一类体型较大的原生动物，在自然界广泛分布，又容易采集和培养，是观察研究原生动物的好材料。草履虫种类很多，其中体型最大和最常见的是大草履虫 (*Paramecium caudatum*)。

1. 采集

草履虫通常生活在水流速度不大的水沟、池塘和稻田中，大多积聚在有机质丰富，光线充足的水面附近。当水温在 14~22 时，繁殖最旺盛，数目最多、草履虫的这些习性，是确定采集地点和方法的重要依据。

(1) 到水沟、池塘采集草履虫。水沟和池塘是草履虫的主要生活场所。在气候温暖的季节，到水质没有污染的水沟、池塘岸边，选择枯枝落叶多的地方，用广口瓶沿水面采集池水，这样的池水往往含有许多草履虫。为了更有把握，可在不同地点多采几瓶。采集后，广口瓶内要放置少许水草，瓶口不要加盖，以免草履虫因缺氧而窒息死亡。

回到实验室后，要把盛有池水的广口瓶放在温暖、明亮、阳光又不直射的地方，使瓶中的草履虫迅速繁殖。三五天以后，对着光线用肉眼观察，如果看到水中有许多小白点在不停地游动，很可能就是草履虫。这时，用吸管吸取一滴带有小白点的水，放在载玻片上，用显微镜进行观察，在视野中会看到各种微小生物。如果发现象倒置的草鞋一样的小动物，不停地螺旋运动，那就是草履虫，采集就成功了。

(2) 到稻田采集草履虫。在稻田灌水期间，寻找田中的旧稻茬，用广口瓶在稻茬附近取水，随后放进几根旧稻草。这样的水中往往会有许多草履虫。返回实验室后，放在温暖明亮处，三五天后，用显微镜检查是否有草履虫存在。

(3) 从新鲜稻草上采集草履虫。当环境变得干旱或寒冷时，草履虫能向

身体表面分泌一层蛋白质的薄膜，虫体不吃不动，进入休眠状态。这种状态叫作包囊。在稻田水抽干时，草履虫便形成许多包囊，附着在稻草近根部的几节茎上。因此，可选取新鲜稻草近根部的几节，剪成3~4厘米长的小段，放入广口瓶中，注入清水，放在明亮温暖处，一周以后，用显微镜检查是否有草履虫。

2. 配制培养液

草履虫的食物主要是细菌。为了培养繁殖草履虫，必须配制含有大量细菌的培养液。培养液的配制方法通常有以下两种。

(1) 稻草培养液。取新鲜洁净的稻草，去掉上端和基部的几节，将中部稻茎剪成3~4厘米长的小段，按1克稻草加清水100毫升的比例，将稻草和清水放入大烧杯中，加热煮沸10~15分钟，当液体呈现黄褐色时停止加热。这样的液体，由于加热煮沸，只留下了细菌芽孢，其它生物均已被杀死，为培养草履虫创造了良好条件。为了防止空气中其它原生动物的包囊落入和蚊虫产卵，烧杯口要用双层纱布包严。然后放置在温暖明亮处进行细菌繁殖。

经过3~4天，稻草中的枯草杆菌的芽孢开始萌发，并依靠稻草液中的丰富养料迅速繁殖，液体逐渐混浊，等到大量细菌在液体表面形成了一层灰白色薄膜时，稻草培养液便制成了。由于草履虫喜欢微碱性环境，如果培养液呈酸性，可用1%碳酸氢钠调至微碱性，但pH值不能大于7.5。

(2) 麦粒培养液。将5克麦粒(大麦、小麦均可)放入1000毫升清水中，加热煮沸，煮到麦粒胀大裂开为止。然后在温暖明亮处放置3~4天，便制成了麦粒培养液，此时培养液中已繁殖有大量的细菌。

3. 接种

接种是指将采集来的草履虫转移到培养液的过程。接种草履虫时必须提纯，否则会混入其它小动物。这不但会影响草履虫的纯度，而且一旦混入草履虫的天敌水轮虫(Rotaria)，将会使培养液中草履虫的数量急剧下降。

接种时，先将含有草履虫的水液吸到表面皿中，再将表面皿置于低倍显微镜或解剖镜下检查，发现有草履虫后，用口径不大于0.2毫米的微吸管，将表面皿中草履虫逐个吸出，接种到培养液的广口瓶中进行繁殖。

如果要培养纯系的草履虫，可按上述方法，在显微镜或解剖镜下，从表面皿中吸出一个草履虫，放入盛有少量培养液的凹玻片中，上面再覆盖一片凹玻片，用以防止培养液干燥。待草履虫经过横分裂达到20~30个个体时，移到培养液的广口瓶中进行繁殖。

4. 培养

(1) 将接种有草履虫的培养液的广口瓶，放在温暖明亮处进行培养，培养液的容器口要用纱布包严。大约1周后，就会有大量草履虫出现。

(2) 如果是长期培养，就要定期更新培养液。这是因为随着虫体大量繁殖，培养液中营养逐渐减少，而虫体排出代谢物却又不断增加，这就会引起草履虫数量减少甚至全部死亡。因此在培养过程中，每隔3天左右须更新一次培养液。更新时，用吸管从广口瓶底部吸去培养液及沉淀物，每次要吸去一半培养液，加入等量新鲜培养液。这样可使草履虫长期得到保存。

5. 观察

在显微镜下，草履虫游动迅速，难以观察，可用以下方法限制和减缓其运动：将少量棉花纤维放在载玻片上，滴上草履虫培养液，盖上盖玻片，先在低倍镜下观察，如果草履虫还在游动，可再用一条吸水纸在盖玻片的一侧

吸去一些水分，直至容易观察为止。也可将少量蛋清固定剂涂在载玻片上，然后滴上一滴草履虫培养液，待水略干时进行观察。蛋清固定剂的制作方法是将蛋清搅匀，加入等量甘油混合即成。

(1)观察草履虫的形态结构。在显微镜下，观察草履虫以下形态结构：

分辨虫体的前端和后端。前端较圆，后端较尖。体长约 0.15 ~ 0.30 毫米。

表膜。为虫体最外一层具弹性的膜，表膜上密生纤毛。

细胞质。分为外质和内质两部分。外质在表膜下方，薄而透明，内质在外质之内，多颗粒，流动性。

口沟、胞口和胞咽。口沟是虫体前侧斜行的一条纵沟，胞口为口沟底部的小孔，胞咽在胞口之下，是一条漏斗形的弯管。胞咽内有颤动的纤毛，具输送食物的功能。

食物泡。食物进入胞咽以后被原生质包围形成食物泡，然后进入内质中环流。可以沿盖玻片的一侧，滴入一滴墨汁，可以看到墨汁颗粒进入虫体内形成食物泡的过程和在体内环流情况。

伸缩泡。在身体前后各有一个，每个伸缩泡周围有 6 ~ 7 收集管。要仔细观察伸缩泡与收集管的收缩有何规律。

刺丝泡。刺丝泡是一丝椭圆形的小囊，位于表膜下的外质内，排列整齐。如果在盖玻片的一侧滴入一滴 1% 碘液，可以见到有细长的刺丝放出。

细胞核。草履虫有两个细胞核，一大一小，在活体上不易看到。可在盖玻片的一侧滴入一滴 5% 冰醋酸，2 ~ 3 分钟后，能清楚地看到肾形的大核和在大核中部凹处的圆形小核。

(2)观察虫体运动。将显微镜的光线调暗一些，可见到虫体体表覆有纤毛，纤毛不停地摆动，特别是口沟处的纤毛摆动得更有力，使得虫体螺旋形前进或后退。

(3)观察草履虫的生殖，包括无性生殖和有性生殖。

无性生殖。用普通吸管吸取有草履虫的培养液，放到载玻片上，当看到有草履虫时，另取一支微吸管，从中吸出 1 ~ 2 个身体胀大的草履虫，转到另一片载玻片上，并加几滴没有草履虫的培养液。为了防止液滴蒸发，可将载玻片放入培养皿中，事先在培养皿的底层铺上潮湿的脱脂棉，并在棉花上横放两根短玻璃棒，玻璃棒上放置载玻片，最后盖好培养皿。这样就做成一个全湿环境，能使载玻片的液滴，保持几天不干。

将上述装置放在温暖处培养，每隔 1 ~ 2 小时用显微镜观察一次，可以看到虫体用横分裂进行无性生殖的情况。草履虫进行无性生殖时，细胞延长，中部向内凹入，大小核各一分为二，最后横向形成两个草履虫。

有性生殖。草履虫的有性生殖是接合生殖。为了能见到接合生殖，可将草履虫培养液用离心机浓集，吸出草履虫放入培养皿中，加入 10 ~ 15 倍清水，置于暗处 12 小时后，可见到 10 ~ 30% 的草履虫，在进行接合生殖。接合生殖时，两个虫体的口沟紧贴在一起，此时，彼此的大核往往消失。

二、变形虫 (Amoeba)

变形虫属于原生动物门的肉足纲，种类很多，在淡水中常见的种类主要有大变形虫 (Amoeba proteus)。变形虫大多生活在水质比较清、藻类和细菌比较多的浅池、沟渠、水田等环境里。

1. 采集

(1)从水中腐烂植物上采集。夏秋之际，在浅池、沟渠中，常有许多腐烂植物。它们或浮于水面，或沉落在水中。这些腐烂植物的表面是变形虫生活繁殖的好场所，常常有许多体形较大的变形虫。采集这种腐烂植物放入广口瓶中，注入适当池水，带回实验室内从腐烂植物表面刮取粘稠物，制作临时装片，放在显微镜下检查。如果在视野中看到一些半透明、半流动、四周界限分明、象油滴似的颗粒状东西，这就是变形虫。

(2)到含有硅藻的池水里采集。变形虫喜食硅藻，含有硅藻的池水常呈黄褐色，并且近岸边水的表面常常有许多黄褐色泡沫，其中除硅藻外，往往有许多正在吞噬硅藻的变形虫。可以用广口瓶盛取带有泡沫的池水，带回室内进行镜检。

(3)从新鲜稻草或野草上采集。变形虫在环境恶劣时，能形成休眠的包囊。因此在新鲜稻草和一些水边野草茎的下部，常附有变形虫的包囊。将这种稻草或野草，浸落在盛有池水的培养缸中，放在温暖光亮地方，1~2星期后，水面上形成一层由枯草杆菌密集而成的焦黄色薄膜，其中往往有由包囊萌成的变形虫，而且数量往往很多。

2. 分离

变形虫在环境突然改变的时候，有牢牢附在物体上的习性。利用这一习性，在显微镜下找到变形虫以后，将载有变形虫的载玻片稍微振动一下。然后使载玻片倾斜，用水缓缓冲洗几分钟，再放回显微镜下观察，可以看到其它水生动物都已被冲走，只有变形虫一动不动地紧贴在载玻片上，从而达到了分离变形虫的目的。

3. 配制培养液

变形虫的培养液有稻草培养液、麦粒培养液和大米培养液等。前两种培养液的配制原理和方法，与草履虫的培养液相同。大米培养液是按 100 毫升水加入 3~4 粒大米的比例配制而成的，这种培养液常能产生大量的无色鞭毛虫，供变形虫食用。

4. 培养

将上述经过分离、只有变形虫的载玻片放入培养液里，盛装培养液的容器口要用纱布包严，放在温暖明亮处，大约经过半个月的培养，就会繁殖出大量的变形虫来。

5. 观察

用镊子从稻草培养液中取出一根草段，或从麦粒培养液、大米培养液中取出一颗麦粒或米粒，在载玻片上轻轻涂抹几下，再滴加少量培养液，放在显微镜下，使视野光线变暗，就会找到变形虫。

找到变形虫后，换高倍物镜进行观察，仔细观察变形虫的运动方式、取食方式，在结构方面要辨认其身体的外质和内质，以及内质中的食物泡和伸缩泡。如果用甲基绿染色，可以看到被染成绿色的细胞核。

5.2 腔肠动物的采集、培养和观察

腔肠动物是后生动物的原始类群，在动物界的系统发生上占有重要地位。观察和研究腔肠动物，对了解后生动物的起源和演化具有重要意义。本节以水螅和海葵为代表，介绍腔肠动物采集、培养和观察的一般方法。

一、水螅 (Hydra)

水螅属于腔肠动物门的水螅纲，种类很多。是腔肠动物中常见的淡水种类。

1. 采集

(1) 采集时间和地点。水螅生活在水流缓慢，水质清洁、水草茂盛的池塘和溪流中，大多栖息在水草和其它物体上，靠用触手捕捉游过身旁的小动物为食，18~20 的水温最适于它的生存。因此，采集水螅时，应该在春秋两季，选择天气晴好的日子，到上述水螅生活的环境中去寻找。夏冬季节、被污染的水域、水流湍急的地方，都很难采到它们。

(2) 采集方法。水螅体长仅有 5 毫米，直径只有 1 毫米左右，体形微小，又栖息于水草丛中，很难被人发现。采集时，要站在水边仔细寻找。寻找时，不能拨动水草，更不能涉入水中。因为水螅稍受惊扰，身体马上缩成小米粒大小，而且迟迟不舒展，这就会增加采集的困难。

经过仔细寻找，如果发现水草上有水螅，可以先用广口瓶在远处舀取池水，再用镊子轻轻夹取附有水螅的水草，放入瓶内。通常情况下，如果发现了一条水螅，附近水草上就会有几条甚至几十条，因此要继续寻找和采集。假如时间不允许仔细寻找，或者水草已被搅动，则可从水中捞出水草，在水外仔细观察，如发现水草上附有灰白色或褚黄色的颗粒状小体，这就是收缩了的水螅体，可采集这些水草放入广口瓶中带回。盛放水螅的广口瓶，不要加盖，瓶里的水也不要装满，以免因缺氧而使水螅窒息死亡。

2. 培养

培养水螅如果不得法，常常使水螅萎缩死亡。开始是停止捕食，继而触手缩短，全身缩成一团，最后死亡分解，满缸水螅很快就消失得无影无踪。究其原因，主要是水质、水温和喂食量有问题。培养水螅如果作到了及时换水，控制水温和严格限制喂食量，就不会发生大批死亡的现象。

(1) 及时换水。水螅对水质要求很严，如果水中代谢废物或者食物残渣过多，水质腐败，就会引起水螅大批死亡。因此，长期培养水螅，首先要注意保持饲养缸和水质的清洁，及时用吸管吸出缸底的死水蚤和其它杂物，并且每隔一周换一半水量。换水最好用洁净的池水，如用自来水或井水，就要养水。养水的方法是在自来水或井水中放入水草，在阳光下晾晒 4~5 天，然后放入 1 个水螅试养，如果水螅不收缩，说明水中的氯气已经散净，一些对水螅不利的矿物质大多已被植物利用，水温也符合要求，这时才能用来换水。为了增加培养缸中的含氧量，并且使水螅有更多的栖息场所，缸中应经常放置些水草。

(2) 控制水温。培养水螅，应注意培养缸中水温变化、水温过低，生长和活动缓慢，低于 0 时就会死亡；水温过高也不利于摄食和生长，高于 30 时，也会萎缩死亡。所以培养中应将温度控制在 14~20 范围内，特别要注意温度不能升高。

(3)限制喂食量。水螅最喜吃的食物是甲壳类的水蚤 (Daphnia) 和剑水蚤 (Cyclops) 而且特别贪食, 如果培养缸中水蚤、剑水蚤的数量较多, 任其自由捕食的话, 往往吃得体态异常臃肿, 但仍然捕捉不停。但是过量捕食, 常造成水螅萎缩死亡, 所以水中饵料不能过多。在水温 14~20℃ 时, 每条水螅一天喂给 2~3 个水蚤或剑水蚤就能满足其生长发育的需要。

(4)越冬培养。培养水螅虽然也可以投喂极细的无油瘦肉, 但理想的饵料还是活的水蚤和剑水蚤。为了在冬季能够持续供应这两种饵料, 可以用菜园土、马粪和池水混合液进行繁殖。其方法是: 按菜园土 2000 克、发酵马粪 1000 克、池水 15000 克的比例进行配制, 放置 15 天左右, 用纱布或细筛绢过滤两次, 将滤液静置一天, 取上部澄清液 1 份, 加入 5~10 份洁净池水, 进行稀释, 然后加入水蚤或剑水蚤, 放在温暖明亮处进行繁殖。这样就能获得足够的水蚤和剑水蚤。

如果冬季不能保证有 10℃ 以上的水温, 饵料又不充分, 则可采用以下方法保存水螅。在初冬, 将培养缸中水温保持在 18~20℃, 待水螅生长健壮以后, 突然使水温下降到 8~10℃, 并且使水螅饥饿, 不见阳光。两三天以后, 水螅身体上便会长出精巢和卵巢, 进行有性生殖。再过三四天, 在培养缸上盖上玻璃, 防止水分蒸发, 将培养缸放在室内不结冰处, 此时水螅的精子与卵细胞已结合成受精卵, 受精卵沉入培养缸底层, 休眠过冬, 成体不久陆续死亡。到了来年春天, 将培养缸底层全部物体, 倒入另一盛有新鲜水的培养缸中, 半个月后, 受精卵就会发育成水螅。

3. 观察

(1)观察水螅形态。将水螅用移吸管吸出, 放到有水的表面皿中, 等到它的身体伸展以后, 用放大镜观察水螅身体的基盘、触手、口端、垂唇和芽体等部分的形态。

(2)观察水螅运动。用移吸管将水螅转移到没有饵料的玻璃缸中, 停止喂食 1 天。然后移动玻璃缸, 将水螅移到背光的一面, 耐心进行观察。这时候会看到水螅用身体屈伸或者翻筋斗的方式, 从缸背光的一面向有光的一面运动。

(3)观察水螅对刺激的反应。用针轻轻碰触水螅的触手或身体任何部位, 都可见到它受到刺激后, 全身会很快收缩。

(4)观察水螅捕食。用吸管吸取几个水蚤或剑水蚤, 轻轻放到水螅的触手附近, 观察它的捕食情况。

为了观察水螅用刺细胞捕食的情况, 可以制作一个装置。就是在载玻片上用热蜡汁作成和盖玻片等大的围墙, 围墙高度要略超过水螅身体长度, 以便在盖上盖玻片后, 水螅能够活动。围墙制好后, 注入池水, 并移入 1 条水螅, 再放入几个水蚤或剑水蚤, 盖上盖玻片, 放在低倍显微镜或双筒解剖镜下, 观察触手射出刺丝捕捉食物的过程, 并观察触手上刺细胞和刺丝的形态。

二、海葵 (Sagartia)

海葵属于腔肠动物门的珊瑚纲, 种类很多, 全部生活在海水中, 我国沿海各地多有分布。它们大多附着在海滨岩石上, 营固着生活, 一遇惊扰, 身体马上缩成一团。

1. 采集

海葵身体基部的附着力极强, 由于和岩石粘贴牢固, 徒手很难采到完整

的标本。须用尖头凿刀将它从岩石上分离下来，但要十分小心，不能使其基部受伤。因此，采集时要连同其固着的一部分岩石一起凿下来，用这种办法可以得到完整的标本。凿下的海葵应放入盛有海水的小桶中带回住地。

2. 观察

将海葵采回后，放入玻璃缸中，静置一段时间，只要身体没有受伤，就会舒展躯干，伸展触手。此时，观察它的身体形态，可以看到，海葵的躯干呈圆柱形，躯干上端有口，口的周围生有很多触手，躯干下端有基盘紧紧粘贴在岩石上。不同种类的海葵，体色常不相同，有橙色、绿色和桔红色等，颜色都很鲜艳，当触手伸展时，很象一朵盛开的菊花，有“花虫”之称。

3. 标本制作

通常将采到的海葵制成浸制标本。其制作方法步骤如下。

(1)麻醉。海葵既有强力收缩的肌肉，又有敏感的神经，一遇到刺激，马上全身收缩。所以在放入固定液以前，必须乘其身体处于舒展状态时，进行麻醉，否则，一旦身体收缩，就会使标本失去价值。

麻醉海葵常用薄荷脑晶—硫酸镁法。具体作法是：将薄荷脑晶放入盛有海葵的玻璃缸水面上，并用玻璃盖严缸口，约 1~2 小时以后，随着薄荷脑晶逐渐溶解，海葵已呈半麻醉状态。此时，再用硫酸镁饱和水溶液徐徐注入缸中各处，尽量不使水产生波动，以防触手收缩。1 个小时后，用针轻触海葵的触手，如果触手不动，用吸管吸取硫酸镁溶液，自海葵的口处向体内缓缓注入，使其完全麻醉。必须注意，最后这次麻醉，务必耐心。如果麻醉剂注入体内的速度过快，由于刺激强烈，仍会引起身体收缩，如果此时收缩，再想使其复展就会非常困难。

(2)固定。将完全麻醉的海葵移入盛有5%的福尔马林标本瓶中 经过2~3 小时，海葵就会被杀死固定。在标本瓶上贴好标签、长期保存。标签格式如下：

采集号	采集日期
学名	
中名	
采集地点	采集人

5.3 扁形动物的采集、培养和观察

扁形动物是两侧对称、三胚层、无体腔、背腹面扁平的动物，在动物界的系统发生上具有重要地位，其典型代表种类是涡虫纲的涡虫(Planaria)。本节介绍涡虫的采集、培养和观察方法。

一、涡虫采集

涡虫营淡水生活，特别喜欢生活在阴凉的溪流中，常常隐蔽在水底石块或树叶下面，以捕食水中的小型甲壳类、轮虫、线虫和昆虫幼虫为主。

采集时，应选择林下或背阴处的溪流，翻动水底石块和树叶，常常可以找到涡虫。由于涡虫身体背部具有黑褐色的保护色，采集中要仔细寻找。如果寻找不到，可选择鱼鳃、鱼肠和牛肉等动物性食物作为诱饵，放在水中，用石块压好，过几小时或半天以后，检查诱饵，往往可以见到有涡虫在诱饵上取食。这时，可用毛笔将诱饵上的涡虫刷下，放到盛有溪水的容器中。诱饵可以重新压好，继续进行诱捕。

二、涡虫的培养

培养涡虫可以用玻璃缸作为培养容器。将玻璃缸洗刷干净后，在缸底铺上一层洁净的砂和一些可供涡虫藏身的大、小石块，并放入一些水草，然后再将涡虫放入培养。涡虫性喜阴凉环境，在夏季应将饲养缸放在阴凉处。培养用的水最好用泉水，如果用自来水，则须放置2~3天后才能使用。涡虫是肉食性动物，食料可用煮熟的蛋黄、猪肝、猪肉和螺肉等。喂食时，将食料投入水中，任其自由取食，半天以后，取出剩余食料，并进行换水。换水时应同时刷洗培养缸，以保持水质清洁，喂食次数不宜过勤，每星期2~3次，完全可以满足涡虫生长发育的需要。

三、涡虫的观察

1. 观察外形

可将涡虫从水中取出，放在载玻片上，仔细观察它的身体形状、体型大小、各部分体色变化、头端和尾端的区别以及口的位置等特点，尤其要了解眼点和嗅觉器官在头端上的位置，因为头端是涡虫身体最活跃的部位。

2. 观察运动

可利用涡虫取食的机会，观察它的运动。涡虫能在水中物体上作游泳状爬行。如果用放大镜观察它的身体腹面，可以清楚地看到密生着许多纤毛。正是纤毛不停地摆动，才产生了涡虫的爬行运动。

3. 观察摄食

当涡虫取食时，可以看到它将肌肉质的咽从口中伸出，插进食物中，不断吸吮，将食物颗粒吸入体内。涡虫非常贪吃，吃饱后还会呆在食物上，久久不肯离开。

应将上述观察内容及时进行记录。

四、涡虫的再生实验

在三胚层动物中，涡虫的再生能力最强。这类动物切头长头，切尾长尾，有人曾将一只涡虫的身体切成280个小块，结果每个小块都再生成一个完整的涡虫。

1. 实验准备

涡虫在切割前应停止喂食 7 天，使其肠内的食物残渣完全排净，以避免切割时发生污染。实验前应准备好解剖镜、培养皿、滴管、载玻片、镊子、毛笔和手术刀等用具。

2. 再生实验种类

可按以下 5 种方案进行切割：

(1) 横切的再生实验 (图 5-1-)。沿涡虫的耳突后缘，先切去涡虫的头端，然后将去头端的涡虫，切成等分的 3 段，并分别将每段放入 3 个盛有清水的培养皿中，最后在皿底上贴好标签。

(2) 纵切的再生实验 (图 5-1-)。先切去涡虫的头端，再沿身体正中切成左右两半，将每一半身体分别放入盛有清水的培养皿中，并贴好标签。

(3) 形成双头的切割再生实验 (图 5-1-)。先切去涡虫的头端，再沿身体正中，将虫体前端的三分之二部分纵切开，这些被切开的部分，有强烈的愈合能力。每天观察时，如发现两边重新愈合起来，必须再次切开。最后，被切开的两半边身体前端部位，各自再生出一个头端，形成一个双头涡虫。

(4) 形成双尾的切割再生实验 (图 5-1-)。先切去涡虫的头端，再沿身体正中，将体后端的三分之二纵切开。再生的结果，就形成了一个单头双尾的涡虫。

(5) 形成双头双尾的切割再生实验 (图 5-1-)。先切去涡虫头端，再自耳突后方至体后端，沿体正中，将虫体纵向切开。经 24 小时后，在切口的基部再作一次与体正中垂直而短的横切，使切口呈“T”形。每天检查时，如发现切口愈合，须及时再切开，直至再生完成。这样，在前后端的横切面上，各生成一个头端，两半边身体各再生一个尾部，最后成为一个双头双尾的联体涡虫。

3. 实验方法

实验时，先用滴管吸取一只涡虫，放在载玻片上，等到虫体伸展到最长时，用手术刀在预定的部位进行切割。切割时，刀口必须与玻片垂直，切面一定要平整，这样再生时，才会均匀生长。

各种再生实验，均要有重复。重复实验用的涡虫，应尽量选

择大小相似，以使实验结果一致。重复实验切割的同样部位，可放在同一个培养皿中进行培养。

4. 切割后的培养

切割后的涡虫，应放在阴凉处。在再生期间不必喂食。培养皿中的水要保持清洁，每隔 2~3 天换一次水。如发现切块坏死，应立即取出，以免水质污染。

5. 观察记载

切割后应每天观察 1~2 次，并及时记载。由于再生的新组织缺少色素，很容易判断再生情况。在一般条件下，再生过程约需 8~14 天全部完成。不过再生能力和速度，往往随身体部位不同而异。

应该指出，上述再生过程是在停止供应营养的情况下进行的。所以再生的最后结果，新个体的体型比原来虫体要小得多，而且形态往往也不很典型。

5.4 环节动物的采集、培养和标本制作

环节动物是身体分节的高等蠕虫，其代表种类是蚯蚓。蚯蚓属于环节动物门的寡毛纲，种类很多，以环毛蚓（*Pheretima*）最为常见。各种蚯蚓在学术研究和经济应用上都具有重大价值。本节介绍它们的采集、培养和标本制作方法。

一、蚯蚓的采集

培养蚯蚓，应该准备种蚓，这就需要到田野去采集。采集种蚓可通过以下几条途径进行。

1. 利用雨后时机采集

当夏季大雨后，蚯蚓多爬出地面，此时去农田附近寻找，很容易找到，尤其在一些石块和烂草、落叶堆下，常有大量蚯蚓积聚，往往一次就能采集到几十条。

2. 利用农田翻土时机采集

农田中的蚯蚓，大多生活在耕作层中，一旦农田翻土，常被翻出土外。此时正是采集蚯蚓的好时机。尤其是韭菜畦、油菜地和水稻田中，由于土壤十分肥沃，蚯蚓数量多，采集更容易。

3. 根据蚓粪采集

蚯蚓洞穴上方的土面，常堆集着许多蚓粪，这是地下有蚯蚓生活的标志。如果在蚓粪旁用三齿耙挖取，往往能采到蚯蚓。

不论通过什么途径采集蚯蚓，都应采集体型大，性成熟和没有伤残的个体。蚯蚓性成熟的标志是身体前端部分具有一个深色戒指形的环带（生殖带），采集性成熟的个体作种蚓，能够很快进入繁殖期。

对采集来的蚯蚓，要放到盛有潮湿土壤的容器中，不能在空气中暴露时间过久，更不能在阳光下暴晒，以免因皮肤表面干燥而窒息死亡。

二、蚯蚓的培养

1. 培养容器

培养蚯蚓有坑养、箱养和盆养三种方式。中学开展蚯蚓养殖，如果不是为家禽饲养提供饲料，可采用箱养或盆养的方式。这就需要准备木箱或陶土盆作为培养容器。

培养容器的大小，以能使蚯蚓在容器内自由活动为依据。蚯蚓在土壤中做穴生活，它的洞穴通常是沿着与土壤表面相垂直的方向作成的。1条性成熟的普通环毛蚓，身体最长可达25厘米左右。因此，培养容器的高度应不少于30厘米。至于木箱的长度和陶土盆上口直径，则可根据蚯蚓的养殖规模考虑决定。

培养容器准备好后，将肥土和烂草、落叶搅拌混合，放入容器内，再把采集的种蚓放入土中。

2. 饵料配制与投喂

为了使蚯蚓迅速生长繁殖，应投喂营养丰富的发酵饵料。发酵饵料可以自己配制。配制时，收集杂草、树叶和家畜家禽粪便，将草料和粪便分层间堆集，草料层的厚度约为6~7厘米，粪便层厚度约为1~2厘米。每铺3~5层，浇一次透水。最后将堆料表面拍打严实，以促使堆料发酵分解。大约

经过十几天，就能完成发酵，此时堆料呈现咖啡色，达到了腐熟、细碎的程度，含有丰富的营养，蚯蚓最喜欢吃。

发酵饵料配制好以后，可陆续向饲养箱（盆）内投放，一次投放量不宜过多，以免腐烂变质，对蚯蚓生长发育不利。

3. 日常管理

土壤是蚯蚓最重要的环境条件，它的温度与湿度直接影响着蚯蚓的生长发育。蚯蚓要求土壤温度的范围是 15~30 之间，最适温度为 25 左右。如果土温降到 12 以下，蚯蚓就会停止繁殖，土温超过 35 ，蚯蚓就有热死的危险。因此，冬季应将培养箱（盆）移到室内温暖处，夏季高温季节，应采取降温措施，一般可在背阴地方挖坑，将培养箱（盆）放入坑内，促使土温下降。

蚯蚓喜湿怕干，要求土壤潮湿。对蚯蚓最适的土壤湿度是 30~40%。因此在日常管理中应经常向培养箱（盆）中喷洒适量的水分。土壤湿度的测定，除了可用仪器测定外，也可使用简易方法估测。方法是用手攥紧土壤，张手时，土能成团，潮湿而不出水；将土团自由落地，能散碎分开。这样的土壤，含水量一般在 30~40% 之间。

在日常管理中，还应该防止蚯蚓逃走和天敌伤害。每当天气闷热或大雨之前，由于气压变化，常迫使蚯蚓钻出土壤逃走。另外，平时也常有老鼠和蚂蚁到培养箱（盆）中捕食蚯蚓。所以应在培养箱（盆）上加盖细铁丝网，以免蚯蚓逃跑和老鼠为害。但蚂蚁体型微小，能穿越铁丝网为害，应采用其它方法进行防治。

三、蚯蚓的繁殖

在自然界，蚯蚓的繁殖多在 8~10 月份。在人工培养条件下，如果土壤温度、湿度适宜，饵料充足，可以常年繁殖。蚯蚓经过交配后，一般 7~8 天便开始排卵。每排 1~3 枚卵，便分泌粘液将几枚卵裹在一起，形成十个蚓茧，1 条蚯蚓可以产生许多个蚓茧。蚓茧多为椭圆形，一般只有半粒绿豆大，壁由粘膜硬化而成，又薄又软。蚓茧埋藏在土中，在温度适宜时，孵化成幼蚓。

蚓茧常和蚓粪混在一起，分散在培养器中各个角落，如果任其在原地孵化，不仅孵化率低，而且孵出的幼蚓与成蚓混合生长，不利于饲养管理。因此，应将蚓茧收集起来，单独进行孵化。收集蚓茧时，先在离蚓粪和旧饵料较远处，投放新饵。二天以后，大部分蚯蚓都会被引到新饵处觅食。这时，可将旧饵处的土层挖开，将土中蚓茧和蚓粪收集取出。

收集到的粪、茧混合物，应堆放在陶土盆中，混以潮湿土壤，盆上盖上湿稻草，遮光保温，静待蚓茧孵化。一般在 20 时，经过 20 天左右，就可以孵化成幼蚓。等到幼蚓大批孵化后，再用优质饵料诱集在一起，放进新的培养容器中进行饲养。

四、蚯蚓标本制作

对培养的蚯蚓，如需要制作标本，留待将来观察内部结构，可以作成浸制标本。标本制作要经过停食、麻醉、固定和保存 4 个步骤。

1. 停食

将蚯蚓自培养箱中取出，用水冲洗干净，放在垫有湿草纸的玻璃缸中，

停食两天，使它的肠中泥土排尽。然后喂给碎的湿草纸 5~7 天，填充肠管，以利于将来观察肠管的形态。

2. 麻醉

将上述蚯蚓转入搪瓷盘内，同时放入一定量的清水，再慢慢滴入 95% 酒精，直到使盘中的清水变成 10% 的酒精溶液为止（事先应量得搪瓷盘中的水量，按比例加入一定量的酒精）。两个小时以后，蚯蚓背孔分泌出大量粘液，说明已经麻醉死亡。

3. 固定

按以下配方，配制固定液：

40% 福尔马林	10 毫升
95% 酒精	28 毫升
冰醋酸	2 毫升
水	60 毫升

取已经麻醉的蚯蚓，平放解剖盘中，从它身体后端侧面，用注射器向体内注射上述固定液，直到使蚯蚓的身体呈饱满状态为止。

4. 保存

将注射后的蚯蚓，平放在纱布上，大约每 20~30 条裹成一卷，使其竖立在标本瓶中，然后加入上述固定液，便可长期保存。要注意每条蚯蚓的身体一定要平直，不能发生扭曲现象，否则将来解剖时就会背腹难辨，给解剖工作带来困难。

5.5 软体动物的采集、培养和观察

软体动物的种类繁多，约有 115000 种，仅次于节肢动物，是动物界的第二大门。本节介绍本门的河蚌和蜗牛两类动物的采集、培养和观察方法。

一、河蚌（Anodonta）

河蚌属于软体动物瓣鳃纲，种类很多，分布极广，大多栖息在江河湖泊和池塘水底泥沙中，营底栖生活。

1. 采集

采集河蚌时，应到水流缓慢、泥沙水底、浮游生物丰富的淡水水域中去寻找。如果水质清澈见底，往往能从水底发现它们半埋在泥沙中的身体；如果水质混浊，可用拖网把取，或将锚头抛入远处水中，使锚钩垂入河底泥里，然后牵引锚绳，使锚钩在泥中移动，如锚钩与蚌接触，就被紧闭的蚌壳牢牢钳住不放。这样，蚌就被曳出水面。

河蚌离水后，虽然还能生活一段时间，但为了保持它们良好的生活能力，应该将采到的河蚌，及时放入盛有河水或池水的容器中带回学校。

2. 培养

培养河蚌，应尽量依照其自然生境进行安排。培养容器最好选用瓦盆一类器具，不用或少用玻璃缸，因为瓦盆内的光线较暗，近似水底生境；培养容器选好后，要在盆底铺上一层大约 10 厘米厚的泥沙，为河蚌提供适宜的栖息环境；盆中的水最好是干净的池水或河水，如果用自来水，必须经过充分晾晒；培养盆不要让阳光直射，应放在背阴地方，水温以 15~16 为宜。

河蚌主要靠斧足在水底犁行，动作非常缓慢，感觉器官也不发达，不能主动捕食，而是靠外界进入体内的水流中的食物作为营养，是一类滤食物动物。其食物主要是一些小型浮游植物和有机碎屑。在培养过程中，应向水中引入衣藻等小型浮游植物，并可向水中投放馒头渣或面包渣，但数量不能多，以免因腐败而使水混浊。

3. 观察

(1) 观察外形。河蚌身体外面，有两片对称的介壳包被，无头无尾，和一般动物的体型很不相同。观察河蚌外形时，主要应观察介壳形状和区分身体的前、后端。河蚌的介壳呈黑色或黄褐色，背缘有韧带互相联结。韧带是富有弹性的角质物，可使双壳张开。河蚌的身体有前、后端，前端较圆，后端略尖。在近前端的背方隆起的地方，称为壳顶，绕壳顶的同心圆线称为生长线。生长线能反映河蚌生长的年龄。在河蚌身体后端两壳相接处，有由壳内的外套膜围成的两个孔，背缘的小孔是出水管的开口，腹缘的大孔为入水管的开口。

(2) 观察河蚌运动。河蚌在环境安静，光线微弱的情况下，伸出斧足在泥沙上运动。因此，要观察河蚌运动，应使环境保持安静和不发生振动，而且饲养盆中应保持弱光状态。在这种环境中，河蚌会张开双壳，伸出斧足，在泥沙上缓行移动，此时如果振动培养盆，河蚌便马上收缩斧足，紧闭双壳。

(3) 观察河蚌吸水和排水。当河蚌紧闭双壳，静卧泥沙之中时，似乎一切生命活动都已停止。其实，此时的河蚌正通过入水管和出水管中不停的水流与外界进行着物质交换。为了验证这一点，可用吸管吸取稀墨汁，在河蚌身体后端轻轻注入几滴，很快就会看到墨汁中的炭粒被入水管吸入，又由出

水管排出的情形。

二、蜗牛 (Helix)

蜗牛属于软体动物门腹足纲，种类也很多。各种蜗牛都生活在陆地，喜欢阴湿地方。

1. 采集

在阴湿的地方，如堆集时间很长的木材堆下、潮湿林地的败叶下、石堆、砖堆下面都可以采到蜗牛。

2. 培养

选择一只长方形的金鱼缸作为培养箱，其体积 $60 \times 30 \times 30$ 厘米。箱底铺一层 3 厘米厚的砂砾，在砂砾上铺一层土，使一端矮（约 6.5 厘米）、一端高（约 13 厘米），作成倾斜土面，然后往土层上洒水，使土面板结，放置干燥后使用。

使用前，先从箱内的一角向砂砾层注水，使砂砾完全浸入水中为止，以使土层保持湿润状态。

在土少的一端，取几根小拇指粗的短树枝埋在土中，树枝上放置一些干树叶，做成矮棚，并使棚内外互相通气。另取几块瓦片堆放在矮棚旁，瓦片间要留有空隙。矮棚和瓦片都是用来供蜗牛栖息的场所。

在土多的一端放置莴苣菜叶一类的食物，在食物与栖息地之间铺设一块玻璃，上面刻画出尺度。使蜗牛吃食时必须爬过玻璃。

培养箱布置完毕后，放入 20 只左右蜗牛，箱上加盖，稍留缝隙通气，放置在不受阳光直晒的地方。每天向箱内更新食物，注意保持箱内清洁，并注意箱内砂砾层的水位。如有小蜗牛产生出来，则需移入另一培养箱中进行培养。

3. 观察

在培养过程中，从以下三个方面进行观察。

(1) 观察蜗牛运动。蜗牛用腹足缓缓蠕动，滑溜而行，速度非常缓慢，一般每小时只能前进 50 厘米。要观察蜗牛腹足如何蠕动、速度如何、爬过的地方是否留下一条白色粘液痕迹、此痕迹由何而来、有何意义。

(2) 观察蜗牛吃食。蜗牛由口中的齿舌刮食植物茎、叶和果实。应观察蜗牛吃食的状态，植物茎叶被害状态，并计算蜗牛一天的吃食量，以判断它对植物的危害程度。

5.6 昆虫采集和标本制作

昆虫属于节肢动物门、昆虫纲。昆虫纲共有 100 余万种，占整个动物界的四分之三，是动物界中种类最多的类群，也是与人类关系非常密切、为青少年喜闻乐见的动物类群。

一、采集

1. 采集用具

(1) 采集袋。用于装载各种小型采集用具和昆虫标本。昆虫采集袋一般有两种，一种是肩背式，一种是腰围式（图 5 - 2）。前者能携带多种采集用具，后者只能携带指管，但适于爬山上树。采集时可同时准备两种采集袋，由学生分别携带。

(2) 捕虫网。捕虫网是采集昆虫最常用的工具，分为捕网、扫网和水网三种类型。

捕网。捕网又名抄网，专门用来采集蝶、蛾、蜂、蜻蜓等空中飞翔的昆虫。网由网柄、网框、网袋三部分组合而成。捕网可以自己制作。网柄用 0.7~1 米长、直径 1.5~2 厘米的木棍或竹竿制成。网框直径约 30 厘米，由粗铅丝弯成，两端折成直角，固定在网柄上。网袋最好用珠罗纱或尼龙纱制作，以便能减少空气阻力、加快挥网速度。网袋的长度应该是网框直径的两倍，其底部要作成圆形，直径应不小于 7 厘米，以便于取出采到的昆虫。制作网袋时，可将布料剪成 4 块，再进行缝合。

扫网。用于在草地、灌丛中扫捕隐藏在枝叶间的昆虫。网的结构与捕网相似，但网柄较短，网袋质地为结实的白布或亚麻布、网底开口。用时将网底扎住，也可在网底开口处缝上松紧带，套上一个透明的塑料瓶，这样可以及时看清扫入网中的昆虫种类和数目。

水网。专门用来采集水生昆虫。网的结构也由网柄、网框和网袋三部分组成，但形式和质地却多种多样，主要根据水域的深浅、河溪的宽窄、水草的疏密以及所要采集的昆虫种类来选择形式和质地。其网袋常用铜纱、尼龙纱、马尾毛、棕榈纤维或亚麻布制成。

(3) 吸虫管。用于吸取隐居在树皮、墙缝、石块中的小型昆虫（图 5 - 3）。采集时，将吸管口对准或罩住要采集的昆虫，按动吸气球将昆虫吸入管内。吸管中还可以放入沾有乙醚等麻醉药剂的小棉球，将能飞善跳的种类熏杀后，再移入其它容器或纸袋中保存。

(4) 烤虫器。用于收集隐藏在枯枝落叶和烂草等腐烂物中的昆虫（图 5 - 4）。使用时，将野外采来的腐烂物放入有隔筛的铁皮圆筒中，用电灯或其它热源增高温度，利用热量将腐烂物中的昆

虫驱赶到圆筒的下方的漏斗中，再从漏斗落入毒瓶或酒精瓶内，达到采集的目的。烤虫器的形式很多，可根据其原理自行设计制作，但使用时要严防火灾。

(5) 采虫筛。用于收集隐藏在土壤中的昆虫，筛的形式和质地多种多样，可以自己动手制作。制作时，用铁丝编制成不同大小眼孔的圆框，几个圆框按一定距离套叠在一起，大眼孔框在上方，小眼孔框在下方，将套框装进在

一个上下开口的布口袋中，下口扎上一个收集昆虫的毒瓶，便制成了采虫筛（图 5 - 5）。使用时，将野外采来藏有昆虫的土壤，从袋口装入上层铁丝框中，提起口袋用力抖动，昆虫便被筛出，并按体型大小，分别留在不同层次铁筛上或落入下面的毒瓶中。

(6) 卧式趋光采虫器。用于收集枯草烂叶中的昆虫。采虫器用粗铁丝作支架，四周用黑布作罩，形成一个长口袋，袋的前端连一方盒，盒正面按装玻璃，盒的下方连一收集瓶，收集瓶上口与方盒相通（图 5 - 6）。用时，将野外收集的含虫的枯草烂叶，从袋后端装入袋中，利用昆虫的趋光性，使其向透光的方盒集中，最后落入下面的收集器内。这种采虫器适于收集无翅昆虫。

(7) 趋光分虫器。趋光分虫器和扫网配套使用。用于收集和分类扫网采集的各种昆虫。这种分虫器是用薄木板或铁皮作成长方形盒，盒盖是一个能够抽动的门，盒的窄面一端开 3 个高低不同的圆洞，每个圆洞外装有一个能够提起和关闭的铁扣板，铁板上套有一个与洞口相同的橡胶圈，在橡胶圈内放进一个口径适合的玻璃管（图 5 - 7）用时，将扫网采来的含虫碎枝杂叶放入盒中，关闭盒盖。盒内的昆虫在趋光性驱使下以不同的飞翔能力或爬行速度，趋向不同高低的指形管中。这种分虫器适合于体型小，但弹跳、飞翔力较强的昆虫。

(8) 诱虫灯。用于采集夜间飞行活动的昆虫，如各种蛾子和甲虫。诱虫灯分为固定式、悬挂式和支柱式三种。中学生野外采集期间，可采用支柱式诱虫灯。支柱式诱虫灯的结构比较简单，它只需 3 根 3 米长的木棍或竹竿、6 根长度约 4 米的绳子、一块 2.5 平方米的白色幕布、一定长度的电线、一只普通灯泡或黑光灯泡。将上述物品按图 5 - 8 所示进行组装，便可在夜间诱捕昆虫。被诱来的昆虫往往绕灯飞舞片刻，便停息在幕布上，此时用指管或毒瓶扣捕，可得到完整的标本。

在距离电源较远的地方，也可使用气灯、煤油灯或电石灯作诱捕昆虫的光源，但要特别注意避免发生火灾。

(9) 毒瓶。采集昆虫时，对用来作标本的昆虫，采到后要迅速杀死，以防其挣扎逃跑或损伤肢体及鳞片脱落。这就需要毒瓶及时将昆虫杀死。正规的毒瓶是在瓶内底部放置氰化钾、氰化钾上面依次再放置石膏、药棉和滤纸。这样的毒瓶，杀虫效果最好。但氰化钾是剧毒物质，稍有不慎，人就会中毒，甚至死亡。中学生制作毒瓶时，最好用其它物质代替氰化钾。理想的代替物是桃仁。制作时，先将桃仁加水浸湿以后捣碎，然后放入毒瓶，上面再铺一张吸水纸便可使用。一个 500 毫升的毒瓶，至少应放置 30 克桃仁。如果没有桃仁，可改用新鲜的山桃叶和山桃嫩茎上的树皮，将二者加水捣碎，放入毒瓶使用；也可改用捣碎的枇杷仁、青核桃皮或月桂树叶，作为毒杀物质。此外也可用乙醚等麻醉药品放入毒瓶毒杀昆虫。其作法是在毒瓶中放置若干棉球，向棉球上滴加乙醚，再用硬纸将棉球压住，在硬纸上放置待毒杀的昆虫。由于乙醚挥发很快，要随时添加才能保持药效。

毒瓶中一次放入的昆虫不宜过多。为了防止瓶内昆虫互相碰撞，可在瓶内放些凌乱的纸条。对于鳞翅目昆虫，为了防止翅上鳞片脱落，可以先将这

类昆虫放入三角纸包里，再将纸包放入毒瓶内毒杀。

(10)三角纸包。用于采集途中临时存放鳞翅目和蜻蜓目的昆虫。其制作方法是 用 1 张长宽 3 2 的长方形纸片，按照图 5-9 所示的顺序进行折叠。纸片面积随虫大小而定。

(11)其它采集用具。采集铲、采集耙、毒虫夹、镊子、刀、剪、毛笔、放大镜、指形管、和广口瓶等。

2. 采集时间和环境

(1)采集时间。由于昆虫种类繁多，生活习性很不一致，一年发生多少代，一代有多长时间，何时开始出现，何时停止活动等等，各类昆虫很不一样。即使是同一种昆虫，在不同地区或不同环境中也有所不同，所以采集昆虫的时间就很难一致，应该因虫而定和因地制宜。然而中学生采集昆虫，主要是掌握采集方法，认识一般种类，可依据一般昆虫的活动情况进行采集活动。

在一年中，就一般昆虫的活动情况来说，我国北方地区，每年四月就可以采到一些昆虫，六、七、八月为盛期，最易于采集，十月以后则渐少，所以一年中约有一半时间适宜一般采集；我国华南亚热带地区终年可以采集。由于昆虫总是直接或间接与植物发生关系，所以可以说，一年中植物生长的季节，也就是采集昆虫的时间。

一天中采集最好时间，一般为上午 10 时到下午 3 时，这段时间是昆虫最活跃的时间，遇到的昆虫最多，宜用网捕捉。不过要注意有许多昆虫到黄昏才开始活动，它们当中有的种类成群飞翔，适于网捕。另外，夜间活动的昆虫种类比黄昏活动的还要多，用灯光诱集，能捕到很多种类。

(2)采集环境。昆虫分布非常广泛，到处可以采集，各类昆虫往往各有其喜好的环境，在这种环境下就容易采到这类昆虫，在另一种环境下，则可采到另一类昆虫。所以了解昆虫一般栖息环境，可以使我们发现所要采集的昆虫，有目的地进行采集。

昆虫一般栖息的环境，大致有以下 8 个方面。

水中。水中生活的昆虫主要为鞘翅目 (Coleoptera) 和半翅目 (Hemiptera) 两类，它们生活史的各个时期都在水中，只是成虫由于趋光性的驱使，偶尔在夜间飞到陆上。另外，蜻蜓目 (Odonata)、蜉蝣目 (Ephemera)、襁翅目 (Plecoptera) 等目的幼虫生活在水中。水生昆虫有的潜水生活，有的漂浮水面，池沼湖泊中多水草的地方是采集水生昆虫的理想环境。对于流水环境，要特别注意水边和水底的石块上，常有许多昆虫附着或在石块下隐藏。

地面和土中。昆虫纲中绝大多数的目，都有在地面和土中生活的种类，所以这种环境极其广泛。采集时，要特别注意砖头、石块下面，尤其是比较潮湿的地方，常隐藏着各种昆虫，是采集的好场所。许多昆虫深入土中，或在地下作巢。等翅目 (Isoptera) 的白蚁 (Termitidae) 和膜翅目 (Hymenoptera) 的蚁、蜂，都是土中昆虫的主要种类。蚁巢的洞口围有一圈土粒，白蚁巢则高出地面形如坟头，蝉 (Cicadidae) 的若虫有的在地面作成泥筒，虎甲 (Cicindelidae) 幼虫则在地下穿直洞等，这些都可以作为采集的线索。

植物上。昆虫大多直接以植物为食，或以植物上的其它昆虫为食，所

以植物和昆虫的关系最密切，是采集昆虫的最好环境之一。植物体上有不少现象可以帮助我们寻找昆虫。例如枝干枯萎常常是由于甲虫幼虫正在蠹食为害；枯心白穗可能里面有钻心虫、黄潜蝇(Chloropidae)或茎蜂(Cephalidae)等昆虫；卷叶缀叶表示其中有虫，常常是鳞翅目(Lepidoptera)幼虫或象鼻虫(Curculionidae)等；枝叶上有蜜或生霉，说明枝叶上有大批蚜虫(Aphididae)、介壳虫(Coccoidae)、木虱(Cherm-idae)等昆虫寄生；虫粪满地证明树上有昆虫，由粪的形状，可以大约知道是哪类昆虫，例如天蛾(Sphingidae)幼虫不易发现，但根据地面上它的新鲜粪粒，垂直往上观察，就会发现它的所在位置；叶片变色或有斑点，常常是蚜虫、木虱、网蝽(Tin-gidae)、蓟马(Thripidae)一些刺吸式口器的昆虫取食的结果，翻看这种叶片背面，必能发现同翅目(Homoptera)、半翅目以及缨翅目(Thysanoptera)的昆虫；叶片被咬成缺刻，是咀嚼式口器昆虫取食的结果，在这种叶片上，常可采到鳞翅目、鞘翅目、直翅目(Orthoptera)的成虫、若虫或幼虫；潜叶和作虫瘿都是昆虫为害所致，潜叶昆虫包括鳞翅目、双翅目(Diptera)、鞘翅目和膜翅目等4个目的许多种类，致瘿昆虫除去上述4个目外，还有半翅目、同翅目、缨翅目等3个目；果实、种子被蛀食，主要是食心虫为害的结果等等。

动物上。寄生在动物体上的昆虫也不少，除去虱目(Anoplura)和食毛目(Mallophega)全部寄生于动物体外，蚤目(Siphonoptera)的成虫、双翅目、鞘翅目、半翅目等目的少数种类也寄生在动物体上，无论家禽、家畜、野鸟、野兽的体表，都可能有一些昆虫寄生。另外，还有一些蝇类幼虫寄生于兽类体内或皮下等处。

昆虫上。昆虫本身也有许多昆虫寄生，如很多寄生蜂寄生在鳞翅目幼虫体内。采集鳞翅目幼虫或卵进行饲养，常可得到各类寄生性昆虫。

垃圾和腐物中。很多昆虫是腐食性的，在垃圾和腐物中常有许多甲虫和蝇类集聚。

灯光下。各目昆虫除去原尾目(Protura)、双尾目(Diplu-ra)、虱目、食毛目、蚤目等不具趋光性以外，几乎其它各目都具有趋光性。因此夜晚采集时最好的环境是在灯光下捕捉。

室内。室内也有许多昆虫栖息，粮仓、冬季温室、都是采集昆虫的好地方。

3. 采集昆虫的一般方法

(1)网捕。网捕是采集昆虫最常用的方法，进行网捕的工具是捕网。捕网的使用方法有两种，一种是当昆虫入网后，使网袋底部往上甩，将网底连同昆虫倒翻上面来；另一种是当昆虫入网后，转动网柄，使网口向下翻，将昆虫封闭在网底部。

捕到昆虫后，应及时取出装进毒瓶。取虫时，先用手握住网袋中部，将虫束在网底，再将毒瓶伸入网内扣取。对蜇人的蜂类和刺人的猎蝽等昆虫，由网中取出时，不要用手碰到它，可将有虫的网底部装入毒瓶中，先熏杀后再取出。对蝶蛾类昆虫，应隔网用手轻捏其胸部，使其丧失飞翔能力，以免因虫体挣扎，而使翅和附肢遭到损坏。

(2)扫捕。上述网捕是看到要捉的昆虫后才用捕网采集，而扫捕时则不一定要看到要捕捉的对象。扫捕的工具是扫网。用扫网扫捕昆虫是采集途中的主要采集方法，可以在大片草地和灌丛中边走边扫，扫的时候要左右摆动。

用扫网捕到的昆虫不但种类多，个体多，一网可得数十、数百个小型昆虫，而且时常扫捕到非常珍贵的稀有标本。

扫捕时由于反复在植物上网扫，所以扫到的不仅有昆虫，而且还会有植物的叶、花、果实，这就需要进行挑选，挑选时最好用趋光分虫器进行。当扫捕一段时间后，打开网底，将扫集物倒入随身携带的容器内，如果网底装有塑料瓶，则在瓶内装满扫集物时取下更换。返回住地后，将上述容器或塑料瓶中的扫集物倒入趋光分虫器中将虫分开，达到挑选目的。如果没有趋光分虫器，可将扫网中的扫集物直接倒入毒瓶，等虫被熏杀后，再倒在白纸上或白磁盘中进行挑选。

(3)振落。对于高大树木上的昆虫，可用振落的方法进行捕捉。其方法是先在树下铺上白布，然后摇动或敲打树枝树叶，利用昆虫的假死的习性，将其振落到白布上进行收集。用这种方法可以采集到鞘翅目、脉翅目（Neuroptera）和半翅目的许多种类。有些没有假死习性的昆虫，在振动时，由于飞行暴露了目标，可以用网捕捉。所以采集时利用振落法，可以捕到许多昆虫。

(4)搜索。很多昆虫躲藏在各种隐蔽的地方，需要用搜索法进行采集。树皮下面、朽木当中是很好的采集处，用刀剥开树皮或挖开朽木，能采到很多种类的甲虫。砖头、石块下面也是采集昆虫的宝库，可以到处翻动砖石土块，一定有丰富的收获。采集无翅亚纲的双尾目、弹尾目（Collembola）以及原尾目等，更要依靠这种方法。另外，遇到蜂巢、鸟兽巢穴，不要放过，因为会有许多昆虫栖息其中。蚁巢和白蚁巢中有不少共生的昆虫，如注意搜索，会有很大收获。在秋末、早春以及冬季里，用搜索法采集越冬昆虫更为有效，因树皮、砖石、土块下面、枯枝落叶中甚至树洞里面都是昆虫的越冬场所。

在搜索中，遇到小型昆虫，可用吸虫管吸取，或用毛笔轻轻扫入瓶中。对于枯枝落叶中的昆虫，可以连同枯枝落叶一起带回，用烤虫器或采虫筛等工具分离。(5)诱集。利用昆虫对光线、食物等因子的趋性，用诱集法进行采集，是极省力而又有效的方法。常用的诱集法有以下几种。

灯光诱集。用支柱式诱虫灯诱集昆虫，应在没有月光又无风的夜晚，选择一个植物茂盛、最好还有水流的地方，将诱虫灯的构件安装好，就会诱来各种昆虫，其中最多的是大小不一的蛾类，四面飞来停在幕布上。只要准备几个毒瓶，就可大量收集了。这种灯光诱集，在闷热的夏夜收获最大，阴天或雨后也可以，甚至正在下着小雨，只要将灯和幕布遮好，照常可以进行诱集。

糖蜜诱集。蝶蛾类喜欢吸食花蜜，许多甲虫和蝇类也常到花上或集聚在树干流出的含糖液体上。利用昆虫这种对糖蜜的趋性，可以在树干上涂抹一些糖浆进行诱集。一般用50%红糖、40%食用醋、10%白酒，在微火上熬成浓的糖浆，用时涂抹在树林边缘的树干上，白天常有少量蛱蝶等蝶类飞来取食，夜间则可诱到许多蛾类和甲虫。用手电筒照明检查，凡停集的用毒瓶装，飞动的用网捕，大型蛾类可直接用注射器注射石炭酸毒杀。使用糖蜜诱集时，要注意蚁类和多足纲动物也喜食糖蜜，常将所涂抹的糖浆霸占，使别的昆虫不敢前来取食。可在涂有糖浆的树干下面圈上一圈粘纸，使这些动物无法接近糖浆。

腐肉诱集。利用某些昆虫对腐肉一类物质的趋性进行诱集，也是一种

有效的采集方法，尤其适于采集各种甲虫。诱集时，将一个玻璃瓶埋在土中，瓶口与地面相平，瓶内放置腐肉或鱼头一类腥臭物，如果瓶口较大还应在瓶口上方用树枝或石块进行遮盖，以防鼠、鸟衔食。过些时候检查，则会有许多甲虫落入瓶中。腐肉诱集的甲虫主要为埋葬虫（Silphidae）、隐翅虫（Staphylinidae）、阎魔虫（Histeridae）以及一些金龟子（Scarabaeidae）等。

异性诱集。有一些昆虫的雌性个体能释放一种性信息素，将距离很远的同种雄性个体吸引到身边进行交配。如舞毒蛾（*Liparis dispar* L.）、天蚕蛾（Saturniidae）和盲蝻（Miri-dae）等。根据昆虫的这一习性，可将采到的或饲养出的雌蛾囚于小纱笼内，挂在室外，则能诱来许多同种的雄蛾。但雌蛾一定要用没有交配过的，因为雌蛾一旦交配，便停止释放性信息素了。

4. 采集昆虫应注意的事项

(1) 全面采集。初学昆虫采集的人，往往只采体型大的，不采体型小的；专采色彩鲜艳的，不采色彩暗淡的；只采特殊的，不采普通的；有了雄的不要雌的；有了成虫不管幼虫；只看到飞的而不去找隐蔽的，等等。然而昆虫中绝大部分都是一些体型微小、行动隐蔽和色彩暗淡的种类，不少重要害虫和珍贵种类往往出自这类昆虫，致于同种的雌虫、雄虫、成虫、幼虫等都是研究的重要材料，不应随便取舍，所以必须要全面采集。

(2) 标本完整。如果一份昆虫标本破烂不堪，翅破须断，对研究来说非常不便，其学术价值就会大为降低，甚至成为一个完全无用的材料。所以无论采集什么昆虫，不管使用什么工具和方法，都要尽量使采到的昆虫保持完整，这就必须注意采集、毒杀、包装、保存、运送以及制作等每一个环节，都要用正确的方法进行操作。

虽然标本应尽量争取完整，但也不是说有一点残缺就不要了，尤其是稀少的种类或只有 1~2 个标本，即使再破也要保留，在没有确定它的价值以前，决不要随便舍弃。

(3) 正确记载。所有标本均应有采集记载。记载内容包括采集号数、采集日期、采集地点、采集人姓名、栖息环境、寄主名称、采集点的海拔高度、生活习性等。其中采集日期、采集地点和采集人三项最为重要，应详细记载。

昆虫采集记载无统一记载表格。为了野外记载方便，可按上述记载内容，自行设计采集记载表，印制成册，以利于记载和保存。

(4) 保护昆虫资源。采集昆虫标本时，所采的种类和个体数量，应以需要为依据，不要滥杀乱采。尤其是稀有种类和本地区特有种类，更应加以保护，因为稀有种和特有种，都是分布地区很窄，个体数量极少的种类，如果一网打尽，则以后不易再采到，甚至可能因此而绝种。

二、昆虫标本制作与保存

1. 标本制作与保存的工具

(1) 还软器。用于使虫体还软。中学可选用化学实验用的干燥器和大广口瓶作为还软器使用。还软器应盖严密闭，以便使还软过程迅速进行。

(2) 昆虫针。用来固定昆虫，以便于标本制作和手持研究。昆虫针是一种不锈钢特制的针，根据针的粗、细、长、短不同，分成 00、0、1、2、3、4、5 号七种。其中 0~5 号针的长度为 38~45 毫米，0 号针的直径为 0.3 毫米，每增加 1 号，直径增加 0.1 毫米。00 号昆虫针是将 0 号针自尖端向上 1/3

处剪断而成。

(3)三级台。用来矫正昆虫针上的昆虫和标签的位置。三级台用木材或有机透明玻璃制作，长 65 毫米，宽 24 毫米，高度分为三级，第一级高 8 毫米，第二级高 16 毫米，第三级高 24 毫米。在每一级的中央有一个和 5 号昆虫针粗细相等、上下贯通的孔穴。三级台结构简单，完全可以自制(图 5-10)。

(4)展翅板。用来伸展和固定昆虫的翅。展翅板用轻而软的木材制成，长 30 厘米，下面有一个呈工字形、中间及两端均有槽的木架。木架上的两边各有一块厚 0.8~0.3 厘米、宽 7 厘米的木板，每块木板都是内低外高、有一定倾斜度。在两块木板间形成一条沟，沟的下方与木架中间的槽相通。一块木板固定在木架上，另一块木板可以在木架两端的左右方向移动，以便能根据虫体的胸腹部大小调整沟槽的宽度(图 5-11)。

(5)幼虫干燥器。用于制作幼虫干燥标本。由吹胀器和烘干设备组成。吹胀器可到医药公司购买，烘干设备是由酒精灯、煤油灯罩及固定架组成(图 5-12)。

(6)标本盒。用来保存针插干燥标本。标本盒用木材或硬纸板制成。为了便于存放，标本盒大小有一定规定，其规格为长 38.1 厘米、宽 44.4 厘米，高 7.5 厘米，盒盖上装有玻璃，便于隔盖观察盒内标本。为防止虫害或菌类侵入，盒盖和盒体之间要有凹凸槽口相接，使其尽量密合。盒底铺有软木板，便于插下昆虫针。这种标本盒的容量大，适宜存放，可作为展览、观摩和教学标本用。

(7)标本柜。是保存干燥标本的专用柜。其规格应为双层双门、高 205 厘米、宽 115 厘米、深 50 厘米。柜内中央有一纵向的隔板，上下层横向再各为四格，在各格中存放标本盒。柜的最下层装有一块活板，里面放入吸潮、防虫药品。

(8)指形管和标本架。用于保存浸制标本。指形管的规格应该一致，一般高 7 厘米、直径 2.2 厘米，上面盖以橡皮塞。与指形管相配套的是标本架，指形管装入保存液和昆虫标本后，应摆放在标本架上保存。

(9)浸制标本柜。是保存浸制标本的专用柜。其结构与上述标本柜相同，只是每层的隔板要厚，以便能承受指形管的保存液重量。在隔板正面沿前后方向钉上固定标本架的木条，标本架下也应挖有与木条相吻合的凹槽，插放标本架时将凹槽对准隔板上的木条，便抽拉自如。

2. 干燥标本制作的方法步骤

使标本干燥以后，用昆虫针固定在标本盒里长期保存，这种昆虫标本称为干燥标本。干燥标本的制作多用于体型较大，翅和外骨骼比较发达的成虫。蛹和幼虫经过人工干燥以后，也能作成干燥标本。

(1)成虫干燥标本制作

还软。从野外采集的昆虫，在制成干燥标本以前，常已存放了一段时间，其虫体已干硬发脆，在制成标本前必须经过还软才不致折断破碎。

如果用干燥器还软，先在干燥器内底部铺上潮湿的细沙，再将装有昆虫的三角包放在干燥器内磁盘上，为了防止标本发霉，应在沙面上滴上几滴石碳酸或甲醛溶液，最后将盖盖严。如果使用广口瓶，可在瓶内潮湿细沙上放

一张滤纸，再在滤纸上放置装有昆虫的三角纸包。如果需要还软的昆虫不多，也可将三角纸包放在潮湿的净土层中，外面罩个玻璃罩进行还软。不管使用什么容器，夏季三五日，冬季一周就可使昆虫还软如初。

针插。还软的昆虫，要用昆虫针穿插起来。针插时，先要根据虫体的大小，选择适宜型号的昆虫针，即虫体小使用小型号针，虫体大使用大型号针。0、00号昆虫针专供穿插微小昆虫时使用，使用时，先在普通昆虫针(0~5号)上插好三角纸片或软木条，再用00号将微小昆虫穿插在三角纸片或软木条上，这种针插方法称为二重针。

在虫体上针插是有一定位置，这是由各种昆虫身体的特殊结构所决定，在国内外都有统一规定，绝不能随意更动，以免破坏被插昆虫的分类特征，使标本丧失完整性。鳞翅目、蜻蜓目、双翅目昆虫，要将针自中胸背板中央稍偏右些插入，留出完整的背中线条；鞘翅目昆虫要将针插在右侧翅鞘的左上角，使昆虫针正好穿过腹面的中后足之间，这样就不会破坏鞘翅目昆虫分类特征的基节窝；半翅目昆虫要将针插在小盾片的中央偏右方，这样就可以完整的保留腹面的口器槽；螳螂目和直翅目昆虫，要将针插在中胸基部上方偏右侧的位置上；膜翅目昆虫则要插在中胸的正中央部位等等。

昆虫针插入虫体以后，应放在三级台上进行位置高低的矫正。矫正时，将针连虫体倒过来，将有针帽的一端插入三级台的第一级小孔中，使虫体背面露出的高度，等于三级台的第一级高度。虫体下方记载采集地点、时间的第一个标签的高度，相当三级台第二级的高度，记载寄主及采集人的第二个标签等于三级台的第一级的高度。二重针上的三角纸及软木条，插在三级台的第二级高度，虫体背部至针帽的距离，相当于三级台的第一级高度。体型较大的昆虫，可使下面两个标签的距离靠近些。

对于无翅昆虫和鞘翅目、半翅目等目的昆虫标本，在针插后，只须把触角和足整理好，标本制作就完成了。但对大多数有翅昆虫来说，为了便于观察和研究，针插后还必须进行展翅。

展翅。展翅时，将用针插好的虫体，插在展翅板中间槽内的软板上，用拨针(鳞翅目小型种类用小毛笔)按要求将翅展到规定位置。对于鳞翅目、直翅目等前翅后缘较直的种类，以伸展到前翅后缘左右成一直线、后翅前缘压在前翅后缘下方、前缘脉左右平直为准。对于前翅后缘呈弧形的脉翅目等目的昆虫，则以后翅前缘左右成一直线为准，展翅时，先将前翅拉高些，按要求将后翅固定后，再将前翅松开，使其下垂到所需高度。对于双翅目和膜翅目昆虫，要将前翅顶角拨到与头顶左右成一直线。当上述各类昆虫的翅伸展程度已按要求展开时，要立刻用光滑的纸条覆在翅上，并用昆虫针固定。然后再将触角和足加以整理，使其尽量接近自然状态。

上述放有展翅昆虫的展翅板，应放在通风无尘、无虫害、无鼠害的地方，待干燥后，先取下纸条，轻提昆虫针，从展翅板上取下标本，加上标签后即可长久保存。

(2)幼虫和蛹的干燥标本制作。制作鳞翅目幼虫干燥标本时，先将选择好的幼虫毒杀，放在吸水纸上，用镊子或钩针将幼虫肛门拉破，再用一根圆棍压住虫体，从头至尾均匀用力慢慢向前滚动，将内脏从肛门排出，然后用镊子夹住幼虫肛板，将吸胀器上玻璃管的尖端插入肛门内。在此同时，点燃酒精灯，烘烤灯罩，将虫体送入灯罩内，一边烘烤，一边不断用吸胀器送气，使虫体保持膨胀状态，并随时调整虫体姿式，待完全干燥后，将虫体从插头

上取下，再从肛门插入适当粗细的高粱杆，用胶水贴住，外露部分插在虫针上，加上标签即可。

鳞翅目蛹的体壁比较坚硬，因此干燥标本的制作方法比较简单，可用小剪刀将腹部中央的节间膜剪开一条缝，用镊子将腹内软组织取出，用脱脂棉吸干汁液，重新将剪口粘合，插上虫针，在幼虫干燥器烘干后，加签即可。

3. 浸制标本制作方法步骤

将采集到的昆虫直接放入保存液中杀死、固定和长期保存，这样制成的标本称为浸制标本。凡是昆虫的卵、幼虫、蛹以及身体柔软、体型细小的成虫，都可以制作浸制标本。

(1) 保存液。常用的保存液有 5% 福尔马林液；85% 酒精液；福尔马林、酒精、冰醋酸混合液（5 份福尔马林、15 份 80% 酒精、1 份冰醋酸混合而成）。前两种保存液适于固定比较大的幼虫。第三种保存液对昆虫体内柔软组织的固定效果较好，适合固定微小昆虫。

(2) 浸制和保存方法。浸制标本的制作方法简单。对于卵和细小昆虫，可以直接放入指形管中，加入保存液保存。对于体型较大的幼虫和蛹，要先在开水中煮沸 5~10 分钟，直到虫体硬直，再放入指形管中加保存液保存。标本经过这样处理，不易变色和收缩。对于其中的幼虫，体内水分较多，应在浸制过程中，更换几次保存液，以防虫体腐烂。

指形管中的保存液的量一般是容积的三分之二。盖好橡皮塞以后，要用蜡封好，然后贴上写好的标签。标签要用毛笔写，项目有采集号、名称、采集时间、采集地点和寄主植物名称等。

4. 保存昆虫标本的注意事项

(1) 待制标本的昆虫保存。对于采来的昆虫，由于时间或制作工具的限制，未能做成标本时，可保存在三角纸袋或棉层中，并应编号、登记入盒加药妥善保管，绝不可随意放置。

(2) 干燥标本的保存。要及时放入标本盒并加药保存。霉雨季节尽量不开启盒盖，雨季过后应进行检查，随时添加防潮、防虫和防霉药剂。一旦发现虫害，要及时用药剂熏杀。

如有条件，应制作标本柜，收藏全部标本盒。如不能制作标本柜，也将标本盒存放在其它类型的柜橱中，以便于集中保存管理。

(3) 浸制标本的保存。发现保存液蒸发减少，应及时补充并密封瓶口，如果保存液混浊变色，应及时更换。

5.7 活动方案举例

菜粉蝶生活史的观察和标本采集

菜粉蝶 (*Pieris rapae*) 是一种分布极广的蝶类, 其幼虫称为菜青虫, 专门危害十字花科植物, 是十字花科蔬菜生产上的主要害虫。这种昆虫的生活史为完全变态, 一生须经过卵、幼虫、蛹和成虫 4 个不同发育阶段。在我国华北一带、一年中可发生 3~4 代, 在长江流域, 则能发生 7~8 代。菜粉蝶这种一年发生多代的特点, 为组织中学生对它进行观察和标本采集提供了方便条件。

一、活动目的

通过了解菜粉蝶的生活史过程和特点, 使中学生掌握观察昆虫生活史和制作昆虫标本的方法。

二、活动设计

(1) 在田间, 用特制笼罩, 罩住 1 至数株十字花科蔬菜植物, 为菜粉蝶提供寄主。

(2) 捕捉菜粉蝶雌、雄成虫个体, 放入上述笼罩内使其交配产卵, 并在寄主植株上进行生长发育。

(3) 连续观察笼罩内菜粉蝶的整个生活史过程。

(4) 采集、制作一套生活史标本。

三、活动内容

(1) 观察菜粉蝶的卵、幼虫、蛹和成虫的形态特征。

(2) 观察生活史各阶段的生长发育过程及各阶段所需天数。

(3) 观察生活史各阶段的各种习性, 包括卵的孵化; 幼虫运动、取食、假死、化蛹; 成虫交配产卵等。

(4) 制作生活史标本

四、活动开展方法步骤

(1) 选择十字花科蔬菜植株和制作笼罩。蔬菜植株应选择生长健壮、无病虫害的幼苗作为寄主。笼罩用铁条作支架、形状可圆可方, 顶和四周镶围铁纱, 底部放空。由于在卵期、幼虫期和蛹期都要使用笼罩。所以要根据化蛹时菜株所能长成的体积, 来决定笼罩大小。

(2) 采集菜粉蝶成虫放入笼罩。放入前, 应将笼内菜株上的各种鳞翅目幼虫 (包括菜青虫) 一律除掉。

(3) 观察记录。顺序对卵、幼虫、蛹和成虫的形态、生长发育过程、各种生活习性进行观察, 并及时记载。

(4) 制作标本。成虫制作雌、雄个体的展翅标本; 卵、幼虫 (1~5 龄) 和蛹制作浸制标本; 并压制寄主被害叶片的腊叶标本。将上述各种标本放入昆虫标本盒中按顺序排列, 组成一套生活史标本。

(5) 总结。从形态特点、生长发育过程及时间、生活习性表现等方面进行总结, 并在总结中提出防治菜青虫的措施。

附: 菜粉蝶形态特点 (图 5-13)

成虫 体长 15~20 毫米, 翅展开约 40~50 毫米。前翅白色, 基部灰黑,

翅的前角缀有三角形黑斑，每翅中间偏外部位，有两个前后排列的黑斑，但后面的黑斑个常不明显。后翅全白，基部灰黑，每翅前端只长 1 个黑斑。雌、雄蝶形态相同，但雄蝶体型较雄蝶略大，翅的颜色偏黄，斑纹更明显。

卵 颜色发黄，形状狭长似橄榄，长约 1 毫米，宽处约为 0.4 毫米，卵表面有 12~15 条纵纹，纵纹间又有许多横纹，形成许多长方小格，纹饰精致。

幼虫 青绿色，身体背面中央有 1 条隐约可见的黄色背线，身体各节密生细短茸毛和稍为隆起的斑点，斑点青灰色或黑色。长大的幼虫体长可达 30 毫米。

蛹 纺锤形，长 15~20 毫米，头尾两端瘦削，背中线脊突起，蛹前部和中部两侧，各有 1 枚角状突起。枯枝落叶或土块下的蛹，多为淡褐色，叶上的蛹多为绿色。

本章思考题

1. 为什么要在温暖季节到水沟和池塘去采集草履虫？试从草履虫的生活习性方面进行说明。

2. 培养水螅如果不得法，往往在很短时间内，满缸水螅就会都死亡、分解，消失得无影无踪。试从水螅的饲养条件方面分析水螅大批死亡的原因。

3. 怎样采集涡虫？

4. 在蚯蚓采集方法上，除了书中列举的几种以外，再提出 1~2 种，并说明所提出采集方法的根据。

5. 昆虫采集的工具具有哪些？有哪几种采集方法？昆虫的采集方法与其它无脊椎动物的采集方法，有哪些区别？为什么？

6. 采集昆虫时应注意的事项是什么？

7. 说明昆虫干燥标本的制作方法和步骤。

本章作业

任选一种鳞翅目昆虫，说明采集这种昆虫的采集工具、采集时间、环境和采集方法步骤。

本章参考书目

1. 华中师院等 1983 《动物学》（上册） 高等教育出版社

2. 复旦大学 四川大学合编 1985 《普通生物学实验》 高等教育出版社

3. 《生物学通报》编委会 1983 《中学生物实验与标本制作》 科学普及出版社

4. 杨集昆 1958 《昆虫的采集》 科学技术出版社

（杨 悦）

第六章 脊椎动物的采集和标本制作

导 言

脊椎动物共有 39000 余种，包括圆口类、鱼类、两栖类、爬行类、鸟类和哺乳类六个类群。分布在地上、地下、空中、水中等不同的生活环境中，几乎包括了现代生存的全部中型和大型动物，与人类的关系极为密切。中学生参加脊椎动物的采集和标本制作活动，不但能学会各种野外采集和标本制作的方法，而且还能从中培养观察自然、认识自然的能力。

根据中学生科技活动特点，本章安排了淡水鱼类、两栖类、爬行类、鸟类、小型兽类采集和标本制作等五节内容。基于鸟类野外采集的主要方法是用猎枪射击，这既非中学生所能作到，也不利于培养爱鸟意识和保护鸟类资源，因此鸟类一节的内容除了介绍用网具的采集方法外，主要阐述鸟类的野外观察识别。

6.1 淡水鱼类的采集和标本制作

一、我国淡水鱼类常见种类及其分布概况

我国淡水鱼类约有 800 余种。其中，鲤科 (Cyprinidae) 属种最多，有 400 余种，约占全部淡水鱼的二分之一；鲇科 (Siluridae) 和鳅科 (Cobitidae) 的属种也不少，两科共有 200 余种，约占全部淡水鱼的四分之一；其它科如虾虎科 (Gobiidae)、鳢科 (Ophiocephalidae)、鲈科 (Serranidae)、鮠科 (Bagridae)、合鳃科 (Symbranchidae) 等科共有 200 余种，约占全部淡水鱼的四分之一。

在我国的淡水鱼中，有些种类分布很广，几乎到处可见。如以水草为主要食料的草鱼 (Ctenopharyngodon idellus)、鳊鱼 (Parabramis pekinensis)、三角鲂 (Megalobrama terminalis)、赤眼鲮 (Squaliobarbus curriculus) 等；以浮游生物为食的鲢 (Hypophthalmichthys molitrix)、鳙 (Aristichthys nobilis) 等；杂食性的鲤 (Cyprinus carpio)、鲫 (Carassius auratus) 等；其他如花 (Hemibarbus maculatus)、麦穗鱼 (Pseudorasbora parva)、达氏鲃 (Saurogobio dabryi)、银鲌 (Xenocypris argentea)、条鱼 (Hemiculter leucisculus)、棒花鱼 (Pseudogobio rivularis)、黄鲢 (Monopterus albus)、白鲢 (Aguilla japonica)、花鳅 (Cobitis taenia)、泥鳅 (Misgurnus anguillicaudatus)、鲶鱼 (Porasirulus asotus) 以及常见凶猛鱼类乌鳢 (Ophiocephalus argus)、鳊鱼 (Siniperca chuatsi)、鳅 (Elopichthys bambusa) 等；此外还有性情温和的肉食性鱼类翘嘴红鲌 (Erythroculter ilishaeformis)、蒙古红鲌 (Erythroculter mongolicus) 和青鱼 (Mylopharyngodon aethiops) 等。

除上述全国的广布种外，各地水域中也有不少本地区的常见种类。我国东北黑龙江及其支流中的鱼类约有 90 种，其中鲤科鱼类约有 50 种。黑龙江由于地处温带和亚寒带，多产冷水性鱼类，经济意义较大的常见种类有哲罗鱼 (Hucho taimen)、细鳞鱼 (Brachymystax lenok)、乌苏里白鲑 (Coregonus ussuriensis)、北极茴鱼 (Thymallus arcticus)、鲟鱼 (Acipenser

schrenoki)、达氏鳊(*Huso dauricus*)、狗鱼(*Esox reicherti*)及洄游性的大麻哈鱼(*Oncorhynchus keta*)等。此外尚有北方的特有种类亚洲胡瓜鱼(*Osmerus dentex*)、北鳅(*Lefua costata*)、黑龙江杜文鱼(*Mesocottus haitej*)、杂色杜文鱼(*Cottus poecilopus*)等。

随着地理位置南移,江河中的温带鱼类越来越多,冷水性鱼类则逐渐减少。辽河水系约有鱼类70种,其上游尚有北方种类;黄河水系约有140种,长江水系约有300种,二者的冷水鱼类极少,除常见的青、草、鲢、鳙、鳊、鲮(*Ochetobius elongatus*)、赤眼鲮、胭脂鱼(*Myxocyprinus asiaticus*)等重要经济鱼类外,还有鲥鱼(*Hilsa reevesii*)等特有种。

黄河、长江水系的上游和西北高原的一些河流,由于地形的原因,鱼的种类很是特殊,如鲤科的裂腹鱼属(*Schizothorax*)有13种,裸裂尻鱼属(*Schizopygopsis*)有8种。本地特有种有花斑裸鲤(*Gymnocypis eckloni*)、新疆重唇角(*Diptychus dybowskii*)、中华锯倒刺鲃(*Spinibarvichthys sinensis*)及白甲鱼(*Varicorhinus sinus*)等。

珠江水系的鱼类资源丰富,共约260余种,除全国广布种外,还有一些特殊类型的鱼,如波鱼属(*Rasbora*)、大海鲢(*Megalops cyprinoides*)等,华南地区特有的种属如鲮鱼(*Cirrhina molitorella*)、佻山鱼(*Yaoshanicus arcus*)、四须盘(*Disco-gobio tetrabarbatatus*)、直口鲮(*Rectoris posehensis*)、唐鱼(*Tanichthys albonubes*)、华南鲤(*Cyprinus carpio rubro-fuscus*)等。

我国西南部的高原河流,如雅鲁藏布江、怒江、澜沧江、金沙江等,许多地段水流湍急,鱼类资源一般。如鲤科的野鲮属(*Labeo*)、东坡鲤属(*Ageneiogarra*)、鲮属(*Cirrhina*)等,鳅科的平鳍鳅属(*Homaloptera*)、沙鳅属(*Botia*)、科的外口鲮属(*Exostoma*)等,这些都与印度、缅甸、越南、泰国的种类相同。另外裂腹鱼属、裸裂尻鱼属,巴鳅属都与西北高原的种类相同。

二、淡水鱼类的活动规律

淡水鱼类的活动受到水温、日照、水流、饵料和地形等因素的影响,而发生规律性的变化。

水温对鱼类活动的影响很大,不少鱼类常常根据水温的周年变化改变着栖息的水层。当冬季水温较低时,鱼类都游向深层或水底处,很少活动,春季随着水温升高,水量和水面的增大,鱼类开始活跃,并向岸边游动和觅食;夏季由于水域表面或上层的温度较高,鱼类就比较分散,并栖息阴凉的地方或水的较深处,而早、晚则活跃在浅层中。

在一天当中由于日照的变化,在湖泊、水库等水域中的鱼类,往往出现活动地点的变化。在早晨,鱼类多游向岸边或水草丛生处,以觅饵料;中午游向深而清净的水中或栖息于岸边遮荫处;日落时又游向岸边;到夜晚则分散栖息到水草丛中或深水中。

水流也影响和改变着鱼类的活动。在湖泊或水库中,往往在水流汇合处,由于有机质丰富,浮游生物和底栖生物较多,而且水中含氧充分,往往成为鱼类的栖息场所。

湖泊、水库等处天然饵料的变化,也导致鱼类栖息和活动地点的变化。春季沿岸浅水层的水温上升较快,水中天然饵料比其它水体先得以繁茂增

生，这时鱼类就向岸边集结，随着水温继续上升，各部分水体中的饵料都相应地繁殖起来，鱼类活动区域也就随之扩大和分散，并出现各种分层现象。

地形对鱼类的活动也有一定的影响，如湖岸的突出部分和两处水面相连接、汇合的地方，往往是鱼类的必经之路。

但是，在池塘、河道中，鱼类活动和分布就没有一定的规律。

三、淡水鱼类的采集

1. 采集工具

(1)网具：用于捕捞淡水中的鱼类。网具有拉网、围网、刺网、撒网、张网等类型。中学生进行鱼类采集活动，最好使用小型撒网和刺网。撒网由网衣、沉子纲、沉子以及手纲等部分组成，大小不定。网衣用生丝、细麻或尼龙线等编结而成。刺网由网衣、浮子和纲绳等部分组成，高约1~1.5米，长短可根据需要，网衣由丝线或麻线制成，质地要求细软坚韧，以防被鱼发觉和挣断。

(2)钓具：用于淡水钓捕鱼类。钓具是在一条干线上系上许多钓钩，钓鱼时在钩上装上诱饵。钓钩呈弧形或三角形，尖端一般都有倒刺，用钢丝制成。作业时所用诱饵有蚯蚓、蚱蜢、螺丝肉、小鱼虾等，也可用麦粒、粉团、甘薯块、南瓜块等。

(3)橡胶连鞋裤：用于在浅水中撒网等采集活动。

(4)帆布水桶：用于盛放捕到的鱼类。

(5)记录册、铅笔等。

2. 采集时间地点

应在春夏季节，选择晴天作为采集时间，选择江、河、湖泊近岸浅水中水草丛生处作为采集地点。

3. 采集方法

(1)使用网具或钓具的方法。使用撒网时，操作者站在岸边或浅水中，左手拿住网的上部和手纲，并兜托部分网衣，右手将理好的网口握住，然后对准有鱼的位置，用力将网向外作弧形撒出，使网衣呈圆盘形状覆盖住水面下沉，待沉完后，再慢慢拉收手纲，使网口逐渐闭合，鱼类即被夹裹在网内。如果使用刺网，可选择有大量水草的边缘地区，在傍晚时下网，使网固定拦阻在一定的位置上。由于天黑，鱼类不易发现网衣的存在，而冲向刺网，鳃盖被网眼挂住，无法逃脱。次日清晨收网。使用钓具时，如果用活饵，应不使其因穿刺而死亡，同时不要使钩子露出诱饵表面。放钓时间一般应在傍晚，早晨收钓。

(2)尽量不损伤鱼体。收网、收钓时，对上网、上钩的鱼，要小心起捕，尽量不损害鱼体的鳍和鳞片、以便能制作完整的标本。

(3)注意增加所捕鱼类的科、属、种数目。在采集中不要追求每种鱼类的标本数，而要力求增加科、属、种的数目，特别要注意采集小型非经济鱼类和不同年龄的个体，以使认识更多的鱼类，并了解一个水域中鱼类种类组成和年龄分布特点。

4. 采集注意事项

采集地点应限定在岸边和浅水区域，严禁学生在采集中游泳，以保证采集安全进行。

四、鱼体的观察、测量和记录

对采集的鱼体进行观察、测量和记录，是鉴定标本名称时的重要依据，同时也是制作剥制标本时的参考依据。在野外采集到鱼类标本后，应趁鱼尚未死去或鱼体新鲜时迅速进行观察和测量，并同时作好记录工作。

1. 观察、测量的用具用品

(1) 体长板：用于测量鱼体各部分的长度。体长板通常用塑料板划上米制方格刻度制成。也可购买塑料质地的坐标纸，钉在木板上制成体长板。

(2) 白瓷盘：用于盛放须观察、测量的标本。

(3) 号牌：用于标本编号。号牌通常用竹片制作，长 4 厘米，宽 0.8 厘米，正面用毛笔写上号数，涂上清漆，干后即可使用。

(4) 纱布、软毛刷、塑料盆：用于洗刷标本。

(5) 秤：用于称取鱼的体重。

(6) 记录册、铅笔：用于记录。

2. 观察、测量前的准备工作

(1) 标本处理。对采集的鱼类标本，先用清水洗涤体表，将污物和粘液洗掉。对体表粘液多的鲶鱼、泥鳅和黄鳝等种类，要用软刷沾水反复刷洗干净。刷洗时，应按鳞片排列方向进行刷洗，以免损伤鳞片。在洗涤过程中，如发现寄生虫，要小心取下放进瓶内，注入 70% 酒精保存，并在瓶外贴上号牌、写明采集编号。

(2) 编号。将洗涤好的标本，放在白瓷盘中，根据采集顺序依次编号。每一个标本都要在胸鳍基部系一个带号的号牌。如果号牌已用完，可用道林纸作号牌，用铅笔写清号数，折叠后塞入鱼的口腔深部，回校后再补栓竹制号签。

3. 观察、测量内容

(1) 记录体色。每一种鱼都有自己特殊的体色，而且同一种鱼在不同环境中，其体色往往也有差异。鱼类体色虽不是主要鉴定特征，但对认识鱼有一定意义，尤其对中学生认识鱼类来说，鱼的体色更为直观和形象。因此应趁标本活着或新鲜时，将体色记录清楚。

(2) 外部形态测量。为了快速、准确地测量鱼体各部分的长度，应该将鱼放在体长板上进行测量。鱼体外部形态的测量项目如下（图 6—1）。

全长 由吻端或上颌前端至尾鳍末端的直线长度。

体长 有鳞类从吻端或上颌前端至尾柄正中最后一个鳞片的距离；无鳞类从吻部或上颌前端至最后一个脊椎骨末端的距离。

头长 从吻端或上颌前端至鳃盖骨后缘的距离。

吻长 从眼眶前缘至吻端的距离。

眼径 眼眶前缘至后缘的距离。

眼间 距从鱼体一边眼眶背缘至另一边眼眶背缘的宽度。

尾长 由肛门到最后一椎骨的距离。

尾柄高 尾柄部分最狭处的高度。

体重 整条鱼的重量。

(3) 鱼体各部分性状计数

侧线鳞 沿侧线直行的鳞片数目，即从鳃孔上角的鳞片起至最后有侧线鳞片的鳞片数。上列鳞：从背鳍的前一枚鳞斜数至接触到侧线的一片鳞为止的鳞片数。下列鳞：臀鳍基部斜向前上方直至侧线的鳞片数。填写的格式为：

侧线鳞 $\frac{\text{上列鳞}}{\text{下列鳞}}$ ，如鲤鱼的鳞式为： $33 \frac{5-6}{4-5} 36$ 。

咽喉齿 鲤科鱼类具有咽喉齿。咽喉齿着生在下咽骨上，其形状和行数随种而异。一般为1~3行，也有4行的，其计数方法是左边从内至外，右边从外至内，如鲤鱼咽喉齿式为1·1·3~3·1·1。咽喉齿的特点是鲤科鱼类的分类依据之一。

鳃耙数 计算第一鳃弓外侧或内侧的鳃耙数。

鳍条数 鱼类鳍条有不分枝和分枝两种。在鲤科鱼类中，二者均用阿拉伯数字表示；其它鱼类的分枝鳍条用阿拉伯数字表示，而不分枝鳍条则用罗马数字表示。

上述各项观测结果，应在观测过程中及时填写在鱼类野外采集记录表中（见表6-1）。

五、鱼类浸制标本的制作和保存

对一个鱼类标本观测记录结束后，应将标本进一步清洗干净，矫正体形，暂时放在10%福尔马林液中进行固定，体型较大的标本还要向腹腔中注射适量的福尔马林固定液。待鱼体定型变硬后，再放入5%福尔马林液中长期保存。

表6-1 鱼类野外采集记录表

年 月 日

编号	
种名	
采集地点	
采集日期	性别
体色	
体重	全长
体长	体高
头长	吻长
眼径	眼间距
尾柄长	尾柄高
侧线鳞	咽喉齿
鳃耙数	鳍条数
其它	

6.2 两栖类的采集和标本制作

一、我国两栖类常见种类的分布概况

我国的两栖类动物约有 200 种，大多分布于淡水水域及其沿岸一带，少数分布于农田和森林地区，草原地区的两栖类种类很少。

在淡水水域和沿岸一带，北方常见的无尾两栖类有黑斑蛙 (*Rana nigromaculata*)、花背蟾蜍 (*Bufo raddei*)、东方铃蟾 (*Bombina orientalis*)、北方狭口蛙 (*Kaloula borealis*)、无斑雨蛙 (*Hyla arborea immaculata*) 等；有尾两栖类有东北小鲵 (*Hynobius leechii*)、极北小鲵 (*Hynobius keyserlingii*)、爪鲵 (*Onychodactylus fischeri*) 等。南方常见的无尾两栖类有雨蛙属 (*Hyla*)、沼蛙 (*Rana guentheri*)、泽蛙 (*Rana limnocharis*)、虎纹蛙 (*Rana tigrina*)、树蛙属 (*Rhacophorus*)、大蟾蜍 (*Bufo bufo gargarizans*)、黑眶蟾蜍 (*Bufo melanostictus*) 等；有尾两栖类有肥螈 (*Pachytriton brevipes*)、东方蝾螈 (*Cynops orientalis*)、中国瘰螈 (*Trituroides chinensis*)、大鲵 (*Megalobatrachus davidianus*) 等。

农田中的两栖类，北方常见的有花背蟾蜍、中华大蟾蜍 (*Bufo bufo*)、黑斑蛙、中国林蛙 (*Rana temporaria chensiensis*) 等；南方常见有虎纹蛙、泽蛙、黑眶蟾蜍、雨蛙和各种林蛙、树蛙等。

在森林方面，东北针阔叶混交林地区，两栖类很贫乏，仅有分布于我国北部的一些种类，如无斑雨蛙、花背蟾蜍、黑斑蛙、中国林蛙、东方铃蟾等；华北落叶阔叶林地区的两栖类也很贫乏，常见种类有中华大蟾蜍、花背蟾蜍、黑斑蛙等；南方丘陵地带的常绿阔叶林和灌丛地区，常见的两栖类有日本林蛙 (*Rana japonica*)、棘胸蛙 (*Rana spinosa*)、斑腿树蛙 (*Rhacophorus leucomystax*) 等。此外尚有一些种类在不同地区比较多见，如秦巴山地的无尾两栖类隆肛蛙 (*Rana quadranus*)、秦岭雨蛙 (*Hyla tsinlingensis*)、合征姬蛙 (*Microhyla mixtura*) 和有尾两栖类的秦巴北鲵 (*Ranodon tsinpaensis*) 等；在南部山地的无尾两栖类有棘胸蛙、隆肛蛙、淡肩角蟾 (*Megophrys boettgeri*)、三港雨蛙 (*Hyla sanchiangensis*)、花臭蛙 (*Rana schmackeri*)、华南湍蛙 (*Staurois ricketii*) 等，有尾两栖类有肥螈、东方蝾螈等；云贵高原有华西雨蛙 (*Hyla annectans*) 和粗皮姬蛙 (*Microhyla butleri*) 等。

草原上的两栖类常见种只有花背蟾蜍一种。

二、两栖类的活动规律

两栖类的活动规律主要表现在季节性活动和昼夜活动两个方面。

1. 季节性活动

我国北方地区的两栖类，一般约在 3~5 月份结束冬眠，开始苏醒；南方则提早 1~2 个月左右，如蟾蜍在 2 月份、黑斑蛙和泽蛙在 4 月份苏醒。有些种类苏醒后立即进入繁殖期，如大蟾蜍；但有些种类则在以后才进入繁殖期，如泽蛙。春夏两季是两栖类繁殖、生长发育和觅食主要时期。秋末天气渐冷便陆续进入冬眠。不同地区、不同种类的冬眠时间和冬眠地点常不相同，如大鲵多在深洞或深水中冬眠，黑龙江林蛙 (*Rana amurensis*) 在河水深处的沙砾或石块下冬眠，大蟾蜍则多潜伏在水底或烂草中冬眠等等。

2. 昼夜活动

无尾两栖类大多夜间活动，它们白天匿居于隐蔽处，以躲避炎热天气，如大蟾蜍常匿居于杂草丛生的凹穴内，黑斑蛙多匿居于草丛中等等。黎明前或黄昏时活动较强，雨后更加活跃。但少数种类如泽蛙则在白昼活动。有尾两栖类一般也多在夜间活动，如大鲵白天潜居在有回流水的细沙的洞穴内，傍晚或夜间出洞活动，只在气温较高的天气，才在白天离水上陆在岸边活动。

三、两栖类的采集

1. 采集用具

(1) 捕网：用于捕捉水中或岸边活动的无尾类。结构与昆虫捕网相同。其网袋要用孔目较大的尼龙纱制成，以利透水。

(2) 钓竿：用于钓捕无尾类。竿的顶端系一细绳，绳端缚有蝗虫等诱饵。

(3) 布袋：用于盛放两栖类成体。

(4) 记录本及铅笔。

2. 采集的时间和环境

(1) 采集时间。北方地区的3~8月，南方地区的2~9、10月，都有两栖类进行繁殖，尤其是3~7月，进行繁殖的种类最多，是采集的最好时期。在此时期中，雌、雄成体会集到水域或近水域的场所，相互抱对产卵，此时不仅可采到许多成体，也可采集卵和蝌蚪。

(2) 采集环境。适合采集两栖类的环境，一般是草木繁茂、昆虫滋生、河流、池塘和山溪较多的地方。在这样的环境中，两栖类的种类和个体数目最多。

3. 采集方法

(1) 无尾两栖类的采集方法。对活动能力较弱的种类如大蟾蜍、花背蟾蜍和中国林蛙，可用手直接捕捉；对水中活动和跳跃能力较强的种类，如黑斑蛙、金线蛙 (*Rana plancri*)、蝶螈等，可用网捕捉；有些种类栖息于洞穴，水边或稻田草丛中，如虎纹蛙，可用钓竿进行诱捕。诱捕时，一手持钓竿，不时抖动钓饵，诱蛙捕食。蛙类具有吞食后不轻易松口的特点，可以利用这一特点进行捕捉。

无尾两栖类在夜间行动迟缓，尤其在手电筒照射时，往往呆若木鸡，很好捕捉。但夜间路途难行，采集者如果道路不熟悉，容易落入水中。因此组织中学生在采集两栖类时，应安排在白天进行，以防止发生意外。

(2) 有尾两栖类的采集方法。有尾两栖类大多为水栖，而且大多栖居在高山溪流的浅水中，白天多潜伏在枯枝落叶的石块下或石缝中。可在白天翻动石块寻找。有些种类生活在山区水塘中，如肥螈、瘰螈等，当水清时，常能从水上看到它们。这些种类性情温和，游动缓慢，可用手捕捉或用网捕捞。

四、两栖类的成体测量和记录

1. 测量用具用品

(1) 体长板：用于测量成体各部分长度。其规格和质地与测量鱼类的体长板相同。

(2) 乙醚：用于麻醉杀死动物。

(3) 号牌（竹制）、记录本、铅笔等。

2. 测量准备工作

将活的成体用乙醚麻醉杀死，然后用清水洗涤干净，栓好号签。

3. 测量内容

(1) 无尾两栖类的主要测量部位 (图 6 - 2)。

体长 自吻端至体后端。

头长 自吻端至上、下颌关节后缘。

头宽 左右关节之间的距离。

吻长 自吻端至眼前角。

前臂及手长 自肘关节至第三指末端。

后肢长 自体后端正中部分至第四趾末端。

胫长 胫部两端间的长度。

足长 内趾突至第四趾末端。(2) 有尾两栖类的主要测量部位 (图 6 - 3)。

体长 自吻端至尾端 头长 自吻端至颈褶

头宽 左右颈褶间的距离 (或头部最宽处)

吻长 自吻端至眼前角

尾长 自肛孔后缘至尾末端

尾宽 尾基部最宽处

4. 记录

按两栖类成体野外采集记录表栏目进行记录，见表 6 - 2。

表 6—2 两栖类成体野外采集记录表

编号	
种名	
采集日期	
采集地点	
生活环境	生活习性
性别	第二性征
体色	
体长	头长
头宽	吻长
前臂及手长	后肢长
胫长	足长
尾长	尾宽
其它	

五、标本制作

两栖类大多根据外形和内部骨骼特点进行分类检索。因此，在采集和测量记录之后，应制作浸制标本和骨骼标本。现以蛙类为例，说明标本制作过程。

1. 浸制标本制作

(1) 用具用品

解剖盘、标本瓶、注射器：用于盛放标本和向标本注射固定液。

福尔马林液：用于固定和保存标本。

(2) 制作方法步骤。浸制标本的制作方法比较简单，只需经过固定和保存两个步骤。

固定。将已处死的标本放置在解剖盘上，先向腹内注射适量的 5~10% 福尔马林溶液，再放入盛有 5~10% 福尔马林的标本瓶中进行固定，固定时应将标本的背部朝上，四肢做成生活时的匍匐状态，并将指、趾伸展好。固定时间约需数小时至 1 天左右。

保存。将标本放入 5% 福尔马林液或 70% 酒精液中浸泡保存。

2. 骨骼标本制作

(1) 用具用品

解剖刀、解剖剪、镊子：用于剔除软组织。

玻璃水槽、解剖盘：用于制作过程中盛放标本。

卡片纸、大头针、胶水：用于对标本进行定形和固定。

标本台板：用于放置骨骼标本，用木板制成。

0.5~0.8% 氢氧化钠溶液：用于腐蚀标本上的残存肌肉。

汽油：用于脱掉标本上的脂肪。

3% 过氧化氢：用于漂白标本。

(2) 制作方法步骤。骨骼标本的制作方法比较复杂，需要经过剔除软组织、腐蚀、脱脂、漂白、整形和装架等步骤。

剔除软组织。包括剥皮、去内脏和剔肌肉三部分内容。剥皮应从腹部开始，用剪刀剖开腹部皮肤，陆续剥向身体各部。在剥皮过程中，注意不要拉断指骨和趾骨。皮肤剥净后，再挖掉内脏和眼球，随后进行剔肉。剔肉时，不要将头骨、肩带和四肢骨的各个关节相连的韧带剔掉，以借助韧带保持各关节的联系。当肌肉基本剔净后，在颈椎和枕骨之间的缝隙中，向颅腔中插入适当粗细的铅丝，将脑组织破坏，再将铅丝插入椎骨，将脊髓挤压出来。然后用水将标本冲洗干净。

腐蚀。将已剔除软组织的骨骼浸入 0.5~0.8% 氢氧化钠中，腐蚀残存的软组织。约 1~3 天后取出，在清水中进行冲洗。此时，骨骼上的软组织已被腐蚀干净。

脱脂。将经过腐蚀的骨骼，放入汽油中进行脱脂。脱脂时间约需 1~2 天。

漂白。将已脱脂的骨骼浸泡在 3% 过氧化氢溶液中，进行漂白。漂白时间约需 1~4 天，在漂白期间要经常检查，只要标本已经洁白，就要及时取出。

整形。将已漂白的骨骼平放在木板或泡沫塑料板上，将躯体和四肢按自然姿态整理好，并用卡片纸条和大头针固定在板上，以防止标本在干燥过程中变形。在下颌和胸椎骨下面，要用纸团垫起，使其成生活时头部抬起的状态。还要将两个上肩胛骨附着在第二、三颈椎横突的两侧，待骨骼干燥后，用胶水粘住，使全副骨骼连成一个整体。

装架。将上述已整形的骨骼，放在标本台板上，用胶水将前肢的腕骨和后肢的跗骨粘在标本台板上，贴上标签，写明编号、名称、采集时间、采集地点、采集人、制作人，即可保存备用。

6.3 爬行类的采集和标本制作

一、我国爬行类常见种类的分布概况

我国共有爬行类 300 余种，主要为蛇类、蜥蜴类和龟鳖类，还有我国特产的扬子鳄。它们广泛分布于森林、草原、农田、居民点以及淡水水域中。

(1) 森林

在东北小兴安岭和长白山针阔混交林地区，典型种类有黑龙江草蜥 (*Takydromus amurensis*)、团花锦蛇 (*Elaphe davidi*) 棕黑锦蛇 (*Elaphe schrenckii*)、灰链游蛇 (*Natrix vibakari*) 和蝮蛇 (*Agkistrodon halys*) 等。在华北落叶阔叶林地区，优势种有虎斑游蛇 (*Natrix tigrina*)、黑眉锦蛇 (*Elaphe taeniura*)、红点锦蛇 (*Elaphe rufodorsata*)、赤链蛇 (*Dinodon rufozonatum*)、蝮蛇、丽斑麻蜥 (*Eremias argus*) 和无蹼壁虎 (*Gekko swinhonis*) 等。在亚热带常绿阔叶林地区，大部分地区最常见的蛇类有乌游蛇 (*Natrix percarinata*)、草游蛇 (*Natrix stolata*)、水赤链游蛇 (*Natrix annularis*) 和鼠蛇 (*Patyas spp.*) 等南方种类。广布于北方的蝮蛇，在本区也很普遍，红点锦蛇和虎斑游蛇等也较常见。本区的毒蛇种类较多，除蝮蛇外还有眼镜蛇 (*Naja naja*)、五步蛇 (*Agkistrodon acutus*) 和竹叶青 (*Trimeresurus spp.*) 等。蜥蜴类中最常见的是北草蜥 (*Takydromus septentrionalis*)、石龙子 (*Eumeces chinensis*)、蓝尾石龙子 (*Eumeces elegans*) 和多疣壁虎 (*Gecko japonicus*) 等。

2. 草原

蜥蜴类以丽斑麻蜥和榆林沙蜥 (*Phrynocephalus frontalis*) 比较常见。蛇类以白条锦蛇 (*Elaphe dione*) 分布最广泛，黄脊游蛇 (*Coluber spinalis*) 在北部甚为常见。

3. 农田

北方农田及其附近常见蛇类有虎斑游蛇、黑眉锦蛇、红点锦蛇和赤链蛇。南方的山地、田野、稻田内常有中国水蛇 (*Enhydris chinensis*)、乌梢蛇 (*Zaocys dhumnades*) 和铅色水蛇 (*Enhydris plumbea*) 等。

4. 居民点

常见的蜥蜴类有无蹼壁虎和多疣壁虎等。在南方常见于住宅附近的蛇类有银环蛇 (*Bungarus multicinctus*) 和白唇竹叶青 (*Trimeresurus albolabris*)，黑眉锦蛇和烙铁头 (*Trimeresurus mucrosquamatus*) 也常侵入住宅内。

5. 淡水水域

北方水域中，龟鳖目常见的只有一种鳖 (*Trionyx sinensis*)，蛇类中以虎斑游蛇和水赤链蛇等为常见。南方常见的有乌龟 (*Clemmys bealei*) 和锯缘摄龟 (*Cyclemus mouhotii*) 等。另外，我国特产的扬子鳄 (*Alligator sinensis*) 分布在皖南丘陵等地。

二、采集

爬行类由于是变温动物，活动规律有一定的季节性，一般在 11 月份以前进入冬眠期，3 月份前后苏醒出蛰，4~10 月份为活动期。爬行类能适应多种多样的生活环境，在田边、山坡、池塘、溪畔、灌丛、草地、树上、房屋

以及海域等各种不同环境中，都有它们的分布，都是采集它们的地点。

1. 蜥蜴类的采集

蜥蜴类常常生活在干燥、温暖、阳光充沛的山坡、草丛、树上或路旁的石堆缝隙中，有时爬到草丛上捕食昆虫。我国产的蜥蜴类，大多数是小型种类，使用简单工具就能进行捕捉。常用工具有软树枝、活套、蝇拍、小网和钓竿等。

(1)用软树枝扑打。当发现蜥蜴后，可用软树枝或细竹梢扑打，使其受震而暂时不能活动，然后迅速拾起放入容器内。我国产的蜥蜴均没有毒，完全可以用手拾取。这种方法主要用于地上活动的种类。

(2)用蝇拍或小网捕捉。此法多用于墙壁上活动的种类。

(3)用活套捕捉。用一根长竹竿，其末端结一根马尾或尼龙丝的活套，当遇到蜥蜴，待它停止不动时，乘机将竹竿轻轻伸出去，套住它的颈部，立刻拉回，或在蜥蜴面前摇动活套，挑逗蜥蜴，等它仰头时，将活套对准蜥蜴头部扣下，迅速提起拉回。此法主要用于捕捉树上活动的种类。

(4)用诱饵垂钓进行诱捕。用一定长度的棉线系以昆虫进行垂钓。此法用于捕捉石缝中的种类。

2. 乌龟的采集

乌龟一般在 11 月份气温低于 10℃ 时进入冬眠，第二年 4 月出蛰，当温度上升到 15℃ 以上，开始正常活动，进行大量取食。乌龟主要在水中捕捉小鱼、小虾、螺类为食，也常上陆觅食。在 5~8 月份，常于黄昏或黎明爬到沙滩或泥滩上产卵。可以利用它到陆上觅食和产卵的习性寻找捕捉，由于乌龟行动迟缓，一旦发现，完全可以用手直接捕捉。

3. 鳖的采集

鳖是我国淡水水域中的广布种。它的季节活动周期与乌龟大体相同。采集鳖时，可在夏秋季节，到水边寻找水中有无鳖进食后剩下的碎螺壳和鼠粪样的鳖粪，也可根据溪流岸边鳖爬行后留下的足迹，以辨别是否有鳖及其活动方向。如有可用垂钓的方法进行捕捉。

中学生采集爬行动物，应着重于蜥蜴类和龟鳖类。关于蛇类，虽然它是我国爬行动物中种类最多的类群，是人类采集爬行动物的重要对象，但鉴于毒蛇咬伤的危险性，中学生应尽量不采。

三、标本制作

爬行动物的标本制作，除了少数大型种类（如蟒、蛇、巨蜥、海龟等）必须制作剥制标本外，一般均制作浸制标本保存。其制作方法有以下两种。

1. 酒精浸制法

对小型蜥蜴类，先用注射器向标本体腔中注入 50~80%酒精进行处死和防腐，然后用线固定在玻璃条上，放入盛有 80%酒精的标本瓶中浸泡保存。并在标本瓶外贴上标签，写清编号、采集日期、采集地点、采集人、制作人等项内容。

用酒精浸制时，最好由低浓度向高浓度逐步更换浸制液，使标本逐步失水，最后保存在 80%的酒精中。这样浸制的标本，虽经长期保存，但标本始终能保持柔软，不失原形，取出后仍然可以进行解剖和制作组织切片。

2. 福尔马林浸制法

对小型蜥蜴类，先用注射器向标本体腔中注入 7~8%福尔马林，进行处

死和防腐，然后用线固定在玻璃条上，放入盛有 20%福尔马林液的标本瓶内进行固定。几天后再转入 7~8%福尔马林液中长期保存。

对龟鳖类，要先从泄殖腔注入麻醉剂（如乙醚），待麻醉后，将头和四肢拉出，向体内注射 7~8%福尔马林液处死，然后固定形状，并保存在 20%福尔马林液中。几天后再转入 7~8%福尔马林中长期保存。如果放入标本瓶中，瓶外应加贴标签。

6.4 鸟类的采集和识别

一、我国鸟类分布概况

我国鸟类有 1183 种，广泛分布于森林、草原、农田、居民点和各种水域中，现分述如下。

1. 森林

在我国东北针阔叶混交林地区，常见种类有斑翅山鹑 (*Perdix dauuricae*)、黑啄木鸟 (*Dryocopus martius*)、红交嘴雀 (*Loxia curvirostra*)、旋木雀 (*Certhia familiaris*)、太平鸟 (*Bombycilla japonica*)、大山雀 (*Parus major*)、煤山雀 (*Parus ater*)、沼泽山雀 (*Parus palustris*) 等。到林缘沼泽地带度夏产卵的有天鹅 (*Cygnus cygnus*)、鸳鸯 (*Aix galericulata*)、丹顶鹤 (*Grus japonensis*)、鸿雁 (*Anser cygnoides*)、豆雁 (*Anser fabalis*)、灰雁 (*Anser anser*)、绿头鸭 (*Anas platyrhynchos*)、绿翅鸭 (*Anas crecca*) 等，其中天鹅、鸳鸯和丹顶鹤是本地区的稀有鸟类。

在华北落叶阔叶林地区，以雉科、鸦科较为常见，如雉鸡 (*Phasianus colchicus*)、勺鸡 (*Pucrasia macrolopha*)、石鸡 (*Alectoris graeca*)、喜鹊 (*Pica pica*)、灰喜鹊 (*Cyanopica cyana*)、红嘴蓝鹊 (*Cissa erythrorhyncha*)、红嘴山鸦 (*Pyrhocorax pyrrhocorax*)、小嘴乌鸦 (*Corvus corone*)、星鸦 (*Nucifraga caryocatactes*) 等。其它常见的鸟类有黑卷尾 (*Dicrurus macrocercus*)、紫啸鸫 (*Myiophoneus caeruleus*)、北红尾鸲 (*Phoenicurus aureus*)、黑枕黄鹂 (*Oriolus chinensis*)、鹪鹩 (*Troglodytes troglodytes*)、灰眉岩鹀 (*Emberiza cia*)、三道眉草鹀 (*Emberiza cioides*)、黑枕绿啄木鸟 (*Picus canus*)、白背啄木鸟 (*Dendrocopos leucotos*) 等。

在我国南方常绿阔叶林地区，鸟类呈南北混杂现象；主要分布在北方的禽鸟也在本区繁殖，如银喉山雀 (*Aegithalos caudatus*)、黑尾蜡嘴 (*Eophona migratoria*) 及一些鹀类等。本区与其南方共有的种类更多，如白鹭 (*Egretta ssp.*)、牛背鹭 (*Bubulcus ibis*)、八哥 (*Acridotheres cristatellus*)、发冠卷尾 (*Dicrurus hottentottus*)、鹧鸪 (*Francolinus pintadeanus*)、竹鸡 (*Bambusicola thoracica*)、噪鹛 (*Endynamis scolopacea*)、粉红山椒鸟 (*Pericrocotus roseus*) 以及画眉 (*Garrulax canorus*)、鹌 (*Pycnonotus ssp.*) 等。冬寒时许多野鸭、雁类以及鹌鹑 (*Coturnix coturnix*)，迁到长江流域越冬。

2. 草原

草原上鸟类种类和数量均不多，广泛分布的常见种有云雀 (*Alauda arvensis*)、角百灵 (*Eremophila alpestris*)、蒙古百灵 (*Melanocorypha mongolica*)、穗 (*Oenanthe oenanthe*)、沙 (*Oenanthe isabellina*) 等。在沙丘地区的沙百灵 (*Calandrella ssp.*) 也相当多。草原东部的鸟类组成比较复杂，有些季节性迁来或过路的鸟类，如黄胸鹀 (*Emberiza aureola*)、灰头鹀 (*Emberiza spodocephala*) 等。它们在某些生境中占有重要地位。猛禽有鸢 (*Milvus horreorum*)、金雕 (*Aquila chrysaetos*)、雀鹰 (*Accipiter nisus*)、苍鹰 (*Accipiter gentilis*)、大鵟 (*Buteo*

hemilasicus) 等。草原上最引人注意的是大鸨 (*Otis tarda*) 和毛腿沙鸡 (*Syrrhaptes paradoxus*)，它们善于在地面奔走和长距离迁飞。草原的水域及其附近，是鸟类最多的地方。夏季，常大量聚集着白骨顶 (*Fulica atra*)。其它如大苇莺 (*Acrocephalus a-randinaceus*)、凤头麦鸡 (*Vanellus vanellus*)、田鸫 (*Anthus no-vaeseelandiae*)、各种野鸭、疣鼻天鹅 (*Cygnus olor*)、大麻 (*Bo-taurus stellaris*)、凤头鹌鹑 (*Podiceps cristatus*) 等也迁来繁殖。

3. 农田和居民点

农田中常见鸟类有喜鹊、寒鸦 (*Corvus dauvicus*)、黑卷尾、灰椋鸟 (*Sturnus cineraceus*)、珠颈斑鸠 (*Streptopelia chi-nensis*)、红尾伯劳 (*Lanius cristatus*) 等。猛禽方面常见种有红脚隼 (*Falco vespertinus*)、鸢和大 等。沿河边常见的有白鹡鸰 (*Motacilla alba*)、戴胜 (*Upupa epops*)、黑脸噪眉 (*Garrulax perspicillatus*)、白头鹎 (*Pycnonotus sinensis*)、绿鹦嘴鹎 (*Paradoxornis webbianus*) 等。

居民点的常见鸟类有家燕 (*Hirundo rustica*)、金腰燕 (*Hirundo daurica*)、白鹡鸰、楼燕 (*Apus apus*)、喜鹊、火斑鸠 (*Oenopopelia tranquerica*)、黑枕黄鹂、黄胸鹀、鹁鹑 (*Copsychus saularis*)、斑头鸫鹀 (*Glaucidium cuculoides*)、麻雀 (*Passer montanum*) 等。

4. 水域

水域中常见鸟有小鹌鹑 (*Podiceps ruficollis*)、凤头鹌鹑、红骨顶 (*Gallinula chloropus*)、白骨顶、大麻、豆雁、针尾鸭 (*Anas acuta*)、绿翅鸭、凤头潜鸭 (*Aythya fuligula*)、普通秋沙鸭 (*Mergus merganser*)、以及各种鸥类和 类等。

常见于南海诸岛的有红脚鸥 (*Larus ridibundus*)、红脚鲣鸟 (*Sula sula*)、褐鲣鸟 (*Sula leucogaster*)、金鸻 (*Pluvialis dominica*)、翻石鸻 (*Arenaria interpres*)、小军舰鸟 (*Fregata minor*)；在东海还有中贼鸥 (*Stercorarius pomarinus*)。我国沿海一带还有白额 (*Puffinus leucomelas*)、银鸥 (*Larus argentatus*)、黑嘴鸥 (*Larus saundersi*)、黑尾鸥 (*Larus crassirostris*)、海鸥 (*Larus canus*)、普通燕鸥 (*Sterna hirundo*)、黑嘴端凤头燕鸥 (*Thalasseus zimmermanni*) 和三趾鸥 (*Rissa tridactyla*) 等。

二、鸟类采集和鉴定

1. 用具用品

(1) 网具：用于捕捉灌丛中和树上小型鸟类。常用的网具为长方形，分为张网和挂网。网眼大小和网线粗细，根据捕捉对象不同而有区别。捕捉小型鸟类的网眼直径多为 1.8 厘米，网的长度为 2~5 米，宽度 1.5 米。在网的上下两个边和中部贯以较粗的绳索，以便于张挂。

(2) 鸟笼：用于暂时盛放捕捉到的鸟类。

(3) 圆规、直尺：用于鸟体测量。

(4) 照相机、记录本、铅笔：用于拍摄和记载被捕鸟类特征。

(5) 鸟类检索表和鸟类彩色图谱：用于鉴定鸟的种类。

2. 采集方法

采集灌丛中小型鸟类，用张网采集。选择林缘或林间空地上布网。将网

的两端系在树干或事先带来的竹竿上。为了不使鸟类发现，网具最好安放在背后有灌丛或小乔木的地方。网具安放好后，组织学生从远处将鸟群向安放网处哄赶，使鸟触入网眼中，然后进行捕捉。

采集树上鸟类用挂网采集。选择枝叶茂密的树木，将网具悬挂在树上，俟鸟飞落到张网附近时，组织学生在树下进行哄赶，使其触网被捕。

对捕捉的鸟，按种类每种选留几只，放入鸟笼中，带回学校进行鸟体测量和种类鉴定。其余悉数放归山林。对触网受伤的鸟，应全部放入笼中带回治疗。

3. 鸟类测量和记录

鸟体各部分的量度是鸟类分类的重要依据。鸟类测量主要有以下几项（图6-4）。

体长 自上喙先端至尾端的自然长度。

嘴峰长 自上喙先端至嘴基开始生羽部位的长度。

翼长 自翼角（腕关节处）至最长飞羽先端的长度。

尾长 自尾羽基部至最长尾羽先端的长度。

跗蹠长 自胫骨与跗蹠关节后面的中点处至跗蹠与中趾关节前下方的长度。

此外，有些鸟类还需测量翼展度、嘴裂、中趾、后肢、爪的长度等。

记录时，除记录上述各种鸟体的量度外，还应记录鸟体形状、羽毛颜色和飞落姿态，并应进行照相。

4. 鸟种鉴定

依据鸟类检索表和鸟类彩色图谱，指导学生对采集的鸟类进行鉴定。如果鉴定遇到困难，可请鸟类工作者代为鉴定。

鸟类鉴定后，应教育学生及时将鸟放回其栖息地。对捕捉中受伤的鸟，经治疗全愈后，也应释放。释放鸟的作法，教师不要强迫学生进行，应使学生了解保护鸟类意义，主动将鸟放飞。有些学生出于爱鸟，想留下饲养，也应动员放飞，应使学生认识到使野鸟回到它的野外环境，才是最大的爱鸟。

三、常见鸟类的野外识别

用网具采集鸟类，只能采集到灌丛和树上的少数鸟种，中学生为了认识各种各样的鸟类，应该在鸟类生活的自然环境中，对鸟类从形态特点、羽毛颜色、活动姿态和鸣声等方面进行实地观察。用这种方法去识别鸟类，既保护了鸟类资源，又培养了学生从事鸟类研究的基本能力。

1. 野外识别前的准备工作

(1) 提出一份本地区的鸟类名单。名单应包括在观察期间本地区可能存在的全部鸟类，包括留鸟、候鸟和过路鸟，以作为学生野外识别的基础。这里所说的“本地区”，不是行政区域，而是指进行本项活动时要去的某座山、某片森林或某个湖泊等等。这样的鸟类名单，就会有针对性，能基本作到按名单上的种类一一进行观察。

(2) 观看有关鸟类标本。可按上述鸟类名单内容，组织学生观看鸟类剥制标本。如果本校有这方面的标本，可在校内观看，如条件不具备，可组织学生到自然博物馆、或科研单位、大专院校的标本室观看学习。如果有鸟类活动的录相片或鸣叫的录音带，可组织学生进行观看和收听，但这种录相片

和录音带必须针对性很强。总之要力求在野外活动开展以前，先使学生对要识别的鸟种有一个初步了解，为野外识别打下基础。

(3)准备好野外观察识别的用具。这方面主要有望远镜、照相机、收录机、海拔仪、指北针、记录本、铅笔以及生活用品等。

2. 野外识别鸟类的根据

(1)形态特征。形态特征是识别鸟类的基本方法，主要有身体形状和大小、喙（嘴）的形状、尾的形状和腿的长短等四个方面。身体形状和大小方面，为了使学生容易识别，教师应将观察地区的全部鸟类，按其形状、大小，分为若干类，每一类举一个学生熟悉的鸟种，作为该类的模型，如麻雀、喜鹊、老鹰、鸡、鸭、鹭等。在野外遇到一种不认识的鸟种时，教师可用与该鸟种同类的模型鸟，引导学生进行观察、对比。这样去识别鸟类，就会认识深刻、记忆牢固。至于喙、尾形状和腿的长短，也应运用对比的方法引导学生进行观察识别。

(2)羽毛颜色。观察羽毛颜色时，应顺光观察，以免因逆光观察而产生错觉。观察时，除了整体颜色外，还应看清头、背、尾、胸等主要部位的颜色。此外，如时间允许，还应观察头顶、眉纹、眼圈、翅斑、腰羽和尾端等处是否有异样色彩，因为这些部位的颜色，也都是分类的重要依据。

(3)飞翔与停落时的姿态。当鸟类在空中飞翔、或逆光观察以及距离较远时，很难看清它的形态和羽毛颜色，此时可根据它飞翔和停落的姿态进行大致判断。

(4)鸣声。鸟类一般都隐蔽在高枝密叶之间，很难发现它们。此时如果鸟类正处于繁殖期，由于发情而频繁鸣叫，而它们的鸣声又因种而异，各具独特音韵。这样，我们就可以根据其鸣声特点来判断种类。用鸣声来识别鸟类，常常可闻其声而知其类，收到事半功倍的效果。

3. 野外识别鸟类的方法

到达观察地点时，为了能对当地鸟种进行充分观察和识别，应尽量不被鸟类发现。行动应该轻捷，说话声音要小，衣著应与环境色调接近，不要穿红色和白色衣服，活动小组的成员应相对分散行动，尽可能保持宁静状态。这样，鸟类就不会被惊动而飞走。

发现鸟类后，可以用望远镜搜索和观察，并且及时选择角度进行拍照。对于鸟类的鸣声，在根据声音进行识别的同时，应进行录音，为返校后进一步判断提供资料。

在一个地点观察完毕准备转移前，应及时作好记录。

4. 野外识别常见鸟种的参考资料

(1) 鸟类形态特征方面

身体形状和大小。与麻雀相似的小鸣禽有鹀、文鸟（*Lonchura*）、山雀、金翅（*Carbuelis sinica*）和燕雀（*Fringilla montifringilla*）等；与八哥相似的中鸣禽有椋鸟（*Sturnus*）、鸫和鹊鸂等；与喜鹊相似的大鸣禽有灰喜鹊、灰树鹊（*Crypsirina formosae*）、红嘴山鸦、杜鹃、红嘴蓝鹊和乌鸦等；与老鹰相似的猛禽有隼、鹞和鸢等，大型的有鵟和鹞；与鸡相似的雉类有松鸡、石鸡、竹鸡、榛鸡、马鸡、勺鸡、长尾雉、白鹇（*Lophura nicthemera*）和鹇等；与白鹭相似的涉禽有多种鹭类、黑（*Dupetor flavicollis*）、大麻 等，大型的有鸕及鹤；与鸭相似的游禽有雁、野鸭和鸳鸯等。

喙的形状。长喙似锥形的有啄木鸟、翠鸟、苇鹈、鹭、鸛和鹤等；喙长而稍向下弯曲的有戴胜、白腰杓鹬、锈脸钩嘴鹬 (*Fomatorhinus crythrogenys*) 和太阳鸟等；喙先端膨大的有琵嘴鸭 (*Anas clypeata*) 勺嘴鹬 (*Eurynorhynchus pygneus*) 等；喙宽而短、略呈三角形的有夜鹰、家燕和雨燕等；喙略长而稍扁有栉状缘的有鸭和雁等；喙长大而有发达喉囊的有鸛鹬和鸬鹚等。

尾的形状。短尾的有鸛鹬、鸬鹚、斑翅山鹑、苦恶鸟 (*Amaurornis phoenicurus chinensis*)、八色鸫 (*Pitta*) 和鸬鹚等；长尾者有马鸡、长尾雉、白鹇、白腹锦鸡 (*Chrysolophus amherstiae*)、红腹锦鸡 (*Chrysolophus pictus*)、雉鸡、杜鹃、红翅凤头鹑 (*Clamator coromandus*)、喜鹊、红嘴蓝鹳和寿带鸟 (*Terpsiphone paradisi incei*) 等；叉尾的有燕鸥、雨燕、家燕、卷尾 (*Dicrurus*) 等。

腿的长短。腿特别长适于涉水的有鹭、苇、麻、鸛、鹤、鸬、鸬和鹬等；腿短小善于跳跃的有麻雀、鸫、文鸟和山雀等；各种小形鸣禽腿短健适于抓土的有松鸡、石鸡、马鸡、长尾雉和鸬鹚等各种雉类；腿短、趾间有蹼适于划水的有雁、鹅和鸭等各种游禽。

(2) 羽毛颜色方面。鸟类羽毛颜色主要有以下 10 种不同类型。

身体几乎全部是黑色。鸬鹚、黑、红骨顶、白骨顶、董鸡 (*Gallicrex cinerea*)、河乌 (*Cinclus*)、噪鹛、乌鸫 (*Turdus merula*)、黑卷尾、发冠卷尾、黑啄木鸟、红嘴山鸦、秃鼻乌鸦 (*Passer montanus*)、大嘴乌鸦 (*Corvus macrorhynchus*) 和小嘴乌鸦等。

黑白两色相嵌的。白鹳 (*Ciconia ciconia*)、黑鹳 (*Ciconia nigra*)、凤头潜鸭、白翅浮鸥 (*Chlidonias leucoptera*)、丹顶鹤、白鹳 (*Grus leucogeranus*)、白鹇、斑啄木鸟 (*Dendrocopos major*)、鸬鹚 (*Circus melanoleucos*)、白腰雨燕、喜鹊、寒鸦、八哥、家燕、鸬鹚、黑鹳 (*Hypsipetes madagascariensis*) 和白鹳等。

几乎全为白色的。天鹅，白鹭，朱鹮 (*Nipponia nippon*) 和白马鸡 (*Crossoptilon crossoptilon*) 等。

以灰色为主的。灰鹳 (*Grus grus*)、杜鹃、岩鹳 (*Columbarupestis*)、灰卷尾、暗灰鸬鹚 (*Coracina melaschistos*) 和普通 (*Sittidae europaea*) 等。

灰白两色相嵌的。白头鹳 (*Grus monacha*)、白枕鹳 (*Grus vipio*)、苍鹭 (*Ardea cinerea*)、银鸥、红嘴鸥 (*Larus rididundus*)、白胸苦恶鸟 (*Amaurornis phoenicurus*)、燕鸥、灰山椒鸟 (*Pericrocotus divaricatus*) 和灰林 (*Saxicola ferrea*) 等。

以蓝色为主的。蓝马鸡 (*Crossoptilon auritum*)、蓝翡翠 (*Halcyon pileata*)、翠鸟、三宝鸟 (*Eurystomus orientalis calonyx*)、蓝翅八色鸫 (*Pitta brachyura*)、蓝矶鸫 (*Monticola solitaria*)、红嘴蓝鹳、蓝歌鸫 (*Luscinia cyane*)、红胁蓝尾鸫、红尾水鸫 (*Rhyacornis fuliginosus*)、白腹鸬 (*Ficedula cyanomelana*)、蓝鹟 (*Emberiza siemsseni*) 等。

以绿色为主的。绯胸鸬鹚 (*Psittacula alexandri*)、栗头蜂虎 (*Merops viridis*)、绿啄木鸟、大拟啄木鸟 (*Megalaima viridis*)、绿鸬鹚、绿翅短脚鹳 (*Hypsipetes mcclllandii*)、红嘴相思鸟 (*Leiothrix lutea*)、绣眼和柳莺等。

以黄色为主的。黄斑苇 (Ixobrychus sinensis)、大麻、白冠长尾雉 (Syrmaticus reevesii)、黄鹌、黄鹌鹑 (Motacilla flava)、白眉鹌、赤红山椒鸟 (雌)、黄腹山雀 (Parus venustulus)、金翅、黄雀 (Carduelis spinus)、黄胸鹀等。

以红色或锈红色为主的。红腹锦鸡、赤红山椒鸟 (雄)、朱背啄花鸟 (Dicaeum cruentatum)、黄腰太阳鸟 (Aethopyga siparaja)、朱雀 (雄)、北朱雀 (Carpodacus roseus) (雄)、红交嘴雀 (雄)、栗色黄鹌 (Oriolus traillii) 以及红隼 (Falco tinnunculus)、棕背伯劳 (Lanius schach)、棕头鸦雀和锈脸钩嘴鹀等。

以褐色或棕色为主。种类很多,如部分雁、鸭、鹰、隼、鸱鸺、鸺、鸺、斑鸠、雉鸡、云雀、鸚、伯劳、鸲、画眉、树莺、柳莺、扇尾莺、旋木雀、雀和鹀等。

(3) 飞翔与停落时的姿态

飞翔姿态。波浪式前进的有啄木鸟、鸚、鹌鹑、燕雀等;空中兜圈返回树枝的有三宝鸟、鸲、鹌、扇尾莺;垂直起飞与降落的有百灵和云雀;鱼贯式飞行有红嘴蓝鹌、灰喜鹌和松鸦 (Garrulus glandarins) 等;长时间滑翔的有鹰、鸺、鸺和鹀等;列队飞行的有雁、天鹅和鹀等。

停落姿态。攀在树枝上的有啄木鸟、和旋木雀等;尾上下摆动的有伯劳 (树上)、鹌鹑 (地上)、水鸲 (溪流岩石上) 等;尾左右摇摆的有山鹌鹑、褐河乌 (Cinclus pallasi pallasi) 等。

(4) 鸣声。鸟类鸣声主要有以下 6 种不同类型。

宛转多变。绝大多数的雀形目鸟类,如百灵、云雀、画眉、红嘴相思鸟、红点颏 (Luscinia calliope)、乌鸲、鹌鹑、八哥、黄鹌和白头鹀等。

重复音节。鸣声清脆单调,多次重复。重复一个音节的有灰喜鹌、煤山雀等;重复两个音节的有白胸苦恶鸟、白鹌鹑、暗灰鹌鹑、黑卷尾、锈脸钩嘴鹀、黄腹山雀等;重复三个音节的有灰胸竹鸡 (Bambusicold thoracica)、鹰鹌 (Cuculus sparveroides)、小鸲鹑 (Centropus toulou)、戴胜、棕颈钩嘴鹀 (Pomatorhinus ruficollis)、小灰山椒鸟 (Pericrocotus roseus) 和大山雀等;重复四个音节的有四声杜鹃 (Cuculus micropterus)、栗头蜂虎、蓝翅八色鸲和凤头鹀 (Melophus lathami) 等;重复五六个音节的有小杜鹃 (Cuculus poliocephalus)、绿鹌嘴鹀和赤胸鹀 (Emberiza fucata) 等;重复八九个音节的有棕噪鹀 (Garrulax poecilorhynchus) 等。

如吹哨声。红翅凤头鹀为两声一度的吹长哨音;山树莺 (Cettia fortipes) 先发一序音再接两声高亢的哨声;毛脚燕 (Delichon urbica) 为连续的短哨声;蓝翡翠为响亮的串铃。

尖细颤抖。飞翔中发出似磨擦金属或昆虫翅的叫声,既颤抖又尖细拖长,如棕脸鹌鹑 (Seicercus albobularis)、暗绿绣眼鸟、翠鸟、小燕尾 (Enicurus scouleri)、黑背燕尾 (Enicurus leschenaulti) 和紫啸鹀等。

粗厉嘶哑。叫声单调、嘈杂、刺耳,如雉鸡、褐马鸡 (Crossoptilon mantchuricum)、野鸭、绿啄木鸟、三宝鸟、大嘴乌鸦、黑脸噪鹀和伯劳等。

低沉。单调轻飘如斑鸠;声如击鼓如董鸡等。

6.5 小型兽类的采集和标本制作

采集兽类，并制成剥制标本，对于识别种类和研究兽类的各种习性，很有必要。大、中型兽类的采集，青少年很难作到，但是小型兽类，尤其是各种鼠类的采集，则是青少年完全力所能及的。

一、我国常见小型兽类的分布概况

我国常见的小型兽类有啮齿类、兔形类、食虫类、翼手类以及食肉类中的鼬科动物等。这些小型兽类，由于繁殖力强，适应性广，广泛分布在我国森林、灌丛、草原、农田和居民点中。它们当中许多种类成为各地区的常见种和优势种。

1. 森林

在东北小兴安岭和长白山的针阔混交林中，常见的小型兽类有松鼠 (*Sciurus vulgaris*)、花鼠 (*Eutamias sibiricus*)、东北鼯鼠 (*Myospalax psilurus*)、棕背 (*Clethrionomys rufocanus*)、红背 (*Clethrionomys rutilus*)、大林姬鼠 (*Apodemus speciosus*)、缺齿鼯 (*Mogera robusta*) 以及东北兔 (*Lepus mandschuricus*) 等，其中东北兔还是本地区的特有种。

在华北落叶阔叶林地区，常见种类有岩松鼠 (*Sciurus davidianus*)、花鼠、大林姬鼠、黑线姬鼠 (*Apodemus agrarius*)、社鼠 (*Rattus confucianus*)、苍鼠 (*Cricetulus*)、田鼠 (*Microtus*) 以及黄鼬 (*Mustela sibirica*) 等。少数地区分布棕背 和绒鼠 (*Eothenomys inez*)。在本地区随着森林面积的减少，草原种逐渐取代着森林种。在南方亚热带常绿阔叶林地区，常见的小型兽类有赤腹松鼠 (*Callosciurus erythaeus*)、长吻松鼠 (*Dremomys* spp.)、花松鼠 (*Tamiops swinhoei*) 等，这些种类通常过着树栖生活。本地区西部山地的岩松鼠也是林区常见的种类。森林灌丛间的地栖啮齿类中，以鼠科种类最多，如社鼠、白腹巨鼠 (*Rattus edwardsi*)、针毛鼠 (*Rattus fulvescens*) 等。

2. 草原

草原上的啮齿类常见种类有三趾跳鼠 (*Dipus sagitta*)、五趾跳鼠 (*Allactaga sibirica*)、达乌尔黄鼠 (*Citellus dauricus*)、旱獭 (*Marmota* spp.)、长爪沙鼠 (*Meriones unguiculatus*)、黑绒毛足鼠 (*Phodopus sungorus*)、黑线仓鼠 (*Cricetulus barabensis*)、大仓鼠 (*Cricetulus triton*)、布氏田鼠 (*Microtus brandti*)、维氏田鼠 (*Microtus vinogradovi*)、东方田鼠 (*Microtus fortis*)、中华鼯鼠 (*Myospalax fontanieri*) 等；兔形类中的常见种有达乌尔鼠兔 (*Ochotona daurica*)、蒙古兔 (*Lepus tolai*) 等；鼬科动物常见种有黄鼬、艾鼬 (*Mustela eversmanni*) 和虎鼬 (*Vormela Peregusna*) 等。

3. 农田

北方农田常见的小型兽类有小家鼠 (*Mus musculus*)、褐家鼠 (*Rattus norvegicus*)、黑线姬鼠、黑线仓鼠、巢鼠 (*Micro-mys minutus*)、达乌尔黄鼠、大仓鼠、灰仓鼠 (*Cricetulus migratorius*) 等；穴居地下的种类有鼯鼠 (*Myospalax*)；食虫类方面则有麝鼯 (*Scaptochirus moschatus*)、小麝鼯 (*Crocuro suaveolens*) 等。南方农田、菜园、蔗田中的种类有黄毛鼠 (*Rattus losea*)、社鼠、褐家鼠、黑线姬鼠和小家鼠。其中褐家鼠、黑

线姬鼠和小家鼠是家野两栖鼠类。

4. 居民点

常见种类有小家鼠、褐家鼠、黑线姬鼠、黑线仓鼠等，除这些种类外，在南方住宅附近还常见到大足鼠 (*Rattus nitidus*)、黄毛鼠等，山区住宅区还有社鼠、青毛鼠 (*Rattus bowersii*)。食虫类中的小麝鼩 (*Crocidura suaveolens*)、臭鼩 (*Suncus murinus*) 也常侵入住宅内。在全国各地乡村或城镇附近的草堆、柴堆中和居民点的空房内，常有黄鼯、艾鼯栖息。翼手类的东方蝙蝠 (*Vespertilio superans*)、大耳蝠 (*Plecotus auritus*)、普通伏翼 (*Pipistrellus abramus*)、棕蝠 (*Eptesicus serotinus*)、棕果蝠 (*Rousettus leschenaulti*) 等，也常利用建筑物作为栖息场所。

二、采集

1. 采集用具用品

(1) 圈套：用钢丝或马尾毛、尼龙线等做成，用于捕捉小型兽类。

(2) 捕鼠笼和捕鼠夹：用于捕捉啮齿类动物 (图 6 - 5, 6 - 6)。

(3) 铁镐、铁锹、水桶和捕网：用于刨洞、灌洞捕捉洞中兽类。

(4) 塑料袋、乙醚：用于麻醉捉到的小型兽类。

(5) 布袋：用于盛装死兽，一袋一只。

(6) 记录本、号牌、铅笔等。

2. 采集方法

(1) 用圈套捕捉。将做好的圈套放在猎捕动物常经过的路上，圈套的另一端固定在树桩上。圈套直径大小、放置位置及离地高度，视猎捕对象而定，例如，捕捉野兔时，活套大小约 12 厘米，离地 10~15 厘米高，放在野兔经过的路上，当野兔经过时，就有可能钻入套内。动物钻入套内，愈挣扎，套子愈紧 (甚至可以将动物勒死) 从而达到捕捉的目的。

用圈套捕捉动物，需要每天去检查，以免时间过久，动物死亡腐烂或被肉食动物吃掉。

(2) 用捕鼠夹和捕鼠笼捕捉。在捕鼠夹上和捕鼠笼内放置诱饵，安好机关，放置在鼠类的洞口附近，进行捕捉。

(3) 用灌洞和刨洞的方法捕捉。很多鼠类都在地下挖掘洞穴，作为住所。用水灌洞和将洞穴刨开，利用动物逃出的机会用捕网等工具进行捕捉，是捕捉鼠类的有效方法。

用水灌洞的方法比较省时省力，特别在土地刚刚解冻的时候最为有效，因为这时候的土地不渗水，往往一桶水就可以把洞中的鼠类灌出来。为了在灌洞时准确无误。事先要找准灌口，并观察是否有鼠进出，以免灌了空洞白费力气。也可将洞口堵上，第二天去看是否已被鼠类挖开，如被挖开，证明里面有鼠，就可以用水灌洞了。另外，要注意有的鼠类 (如黑线仓鼠)，洞穴往往有几个洞口，对这样的种类灌水时必须注意，别让它由别的洞口逃走。灌时要快，以防鼠在洞中堵道。

在刨洞方面，有的鼠类的洞浅而简单 (如黑线仓鼠)，容易刨，有的鼠类的洞深而复杂 (如鼯鼠、大仓鼠)，不易刨挖。不论刨挖是否容易，都应该细心和耐心。粗心和着急，往往见不到鼠或者使鼠乘机逃跑，造成“功亏

一箕”。对于深而复杂的隧洞，由于费工太多，一般可挖开它新推出洞口的泥土，以暴露洞道，待动物前来堵洞时，用铁锹把洞口后端的洞道隔绝，然后将动物挖出。

3. 采集后的处理

采集到小型兽类后，如果还活着，可在野外现场将沾满乙醚的棉花放入塑料袋中，再放入动物，用乙醚麻醉处死。取出，除去体表寄生虫，拴好号牌，作好记录，再将死兽放入布袋中带回。如果采集过程中，动物已死，也要将动物按上法进行麻醉，用来处死体表寄生虫，再放入布袋内。

三、剥制标本制作

1. 用具用品

- (1) 钢卷尺、台秤：用于称重和测量动物体各部分的长度。
- (2) 解剖腊盘、搪瓷盘：用于解剖动物和盛放标本材料。
- (3) 解剖刀、家用剪刀、镊子、钢丝钳：用于标本剥皮。
- (4) 铅丝、棉线、麻、棉花：用于制作假体。
- (5) 油灰（油泥）：用于标本的头部填充。
- (6) 防腐粉：取硼酸 5 份、明矾粉 3 份、樟脑 2 份，将三种药品研成粉末后，混合均匀。用于防止毛皮腐烂和虫害侵袭，并保护毛发不致脱落。
- (7) 针线：用于缝制标本。
- (8) 玻璃义眼：用于代替被挖去的动物眼睛。
- (9) 标本台板：用于站立标本。
- (10) 记录本、标签：用于记录动物标本编号、名称、各部位量度、性别、采集地点、采集日期、采集人、标本制作人等。

2. 测量和记录

将野外采集的动物放在搪瓷盘中加以整形，如果因僵死卷缩难于测量的话，可将其身体扭曲数次，使其稍加柔软，恢复自然状态，测量时使腹部朝上，头、尾伸直，然后测量以下各项并进行记录（图 6-7）。

体长 自吻端至肛门（或尾基）。

尾长 自肛门（或尾基）至尾端（不包括末端的尾毛）。

后足长 将后腿的股部与胫跗关节屈成直角时，跗关节至趾端的长度（不包括爪长）。

耳长 自耳壳下方缺口处至耳壳顶端（不包括耳毛）。

肩高 前肢与躯干垂直时，足底至背脊的直线距离。

臀高 伸直后肢时，足底至腰脊的直线距离。

颈围 为头部后面和胸部前方的颈的周长。

胸围 为前肢后端胸廓的最大周长。

前、后肢周长 为前、后肢最大部位的周长。

腰围 为后肢前端腰部的周长。

3. 制作方法和步骤

(1) 剥皮。将兽体腹面朝上，并将其四肢张开，用解剖刀沿胸部至腹部的中央直线剖开皮肤。下刀时，一定不要割破腹肌，以免内脏外出沾污毛皮。

腹部皮肤剥开后，用左手拇指、食指（或用镊子）依次提起剖口两侧皮肤的边缘，右手持解剖刀，将两侧皮肤和肌肉间的结缔组织剥离，慢慢剥至

腹部两侧。此时，后腿已露出，用左手执握后腿的股部，将腿推出，右手持解剖刀，将腿部周围皮肤与肌肉剥离，等到腿部大半露出后，用剪刀在股骨与胫骨的关节处，将其截断，如果发现出血，要用纱布及时擦净。对另一后肢也采用同样方法进行剥离和截断。

进一步剥离后肢两侧和尾的基部周围皮肤，在肛门内侧切断直肠，清理尾基部周围的结缔组织，用手指轻轻揉搓尾部，然后左手指紧卡住尾基部皮缘，右手指紧拉尾椎，将尾椎抽出。抽出尾椎时不能用力过猛，否则尾椎容易折断，或容易将尾部毛皮拉断。

将已剥离的尾部毛皮向背部翻转，并用解剖刀依次由腰部、背部向前剥离，至前肢的肩胛骨露出后，在肩胛骨与肱骨之间，分别截断两前肢。

由颈部向前剥至头部，先遇到的是半透明的耳基软骨，小心剪断耳基与头骨的相接触处。剥至眼部时需要细致谨慎，要沿着眼睑边缘细心剖割，切勿割破眼睑和眼球，否则不仅会沾污皮毛，而且还会影响标本的美观。最后剥至上、下唇的前端，而在头骨前端与上、下唇皮肤之间，须保留少许唇皮与头骨相连。

从制作剥制标本角度来说，应将头骨安装到标本中去，因此，在剥皮后，在去皮后的躯体上，沿着头部的枕骨大孔和颈椎之间将头部切下，然后将头骨外面的肌肉、眼球和脑全部去掉，同时，口腔中的肌肉和舌也要剔除干净。

头部剥好后，再分别剥离四肢。先自后肢的胫部慢慢向下剥至胫、掌部的趾骨（半露出）为止，用剪刀将两后肢的胫、腓骨和掌、趾骨上的肌肉与肌腱剔除干净。用同样方法将前肢剥下，在肱骨与尺骨关节之间切断，把尺、桡骨和掌、指骨上的肌肉与肌腱剔除净。这时，躯体和四肢的肌肉已全部剥离。

对于松鼠一类的小型动物耳部较小，而且薄而脆嫩，一般可以不剥去软骨。但对耳朵大的种类，需要将耳部中的软骨剥离，因为耳部软骨在干燥过程中非常容易收缩变形。

最后，清除附在皮肤内侧的残脂和碎肉。

(2) 涂抹防腐剂和填补头骨。在剥离干净的皮肤内表面上，用小毛刷刷涂防腐粉。每一部分都要涂抹，尤其要照顾到头、脸、四肢指、趾端和尾部。涂抹完毕后，将皮向里叠合，用手使皮肤互相摩擦。全部处理好后，稍待片刻，再将毛皮翻转复原。

对头骨，在剔除肌肉的部位，用油灰进行填补，鼻端和唇部的肌肉较厚，要多放些油灰。填补后，放置一旁待用。

(3) 制作假体。按照测量的各部分量度制作假体。先将3根14号铅丝（其中2根较长，1根较短）从中间部分扭结在一起，两端各分成三叉。中间扭结部分是为假体躯干，一端的三叉是前肢和颈部，另一端的三叉是后肢和尾部。然后在铅丝外面缠绕，再紧紧缠麻，并且边缠麻边裹进棉花，直到将假体作成两端稍细中间稍粗的圆筒形，符合原来测量的尺寸为止。但应该作得比实物稍细些，假体上的颈、尾和股骨、肱骨部位也要缠麻裹棉花。

(4) 装假体。先将填补好的头骨放入头皮中，再将假体颈部顶端从头骨后部的枕骨大孔处插入颅腔，一边插一边转动，直至假体颈部和枕骨大孔紧紧卡在一起，然后将假体尾部伸进皮肤的尾里。在进行以上几项工作时，假体已逐渐放入皮内了。

假体放入以后，可再用棉花填充在假体周围，尽量作到和原来的尺寸一

致。与皮肤相连的胫、腓骨和尺、桡骨，也应适当缠裹棉麻。然后将腹部开口用线缝好，线的颜色应该和毛的颜色一致。

(5)整形。在标本台上钻4个小孔，将标本的四肢伸出的铅丝插入孔中，在台板下面将铅丝固牢。然后进行整形。整形必须根据动物生活时的实际情况和参考身体特征，作出一定的姿态。整形后安放义眼。

将做好的剥制标本，放到阳光晒不到的地方，阴干后保存。

四、显示骨骼系统透明标本制作

使用一系列化学药剂，使小型脊椎动物的肌肉透明，以显示体内的骨骼系统，这种标本称为显示骨骼系统透明标本，简称为透明骨骼标本。这种标本对于了解骨骼在体内的位置、自然连接形式与肌肉、韧带之间的关系以及生长发育状况等，都有其独特的作用，再加以标本非常美观，因此非常适于在中学生中开展制作。

1. 用具用品

(1)解剖盘、解剖刀、家用剪刀、镊子：用于标本剥皮和清除内脏。

(2)标本瓶、玻璃片、棉线等：用于放置标本。

(3)酒精、重铬酸钾、茜素红—S、氢氧化钾、甘油、氢氧化铵、百里酚结晶：用于标本固定、脱脂、透明、染色、脱色和保存。

2. 标本选择

首先选择小型动物作为制作标本的材料。例如小家鼠、麝鼯和家蝠（普通伏翼）等。

这些动物由于体型小，可以缩短染色和透明时间，并可节省各种药剂用量。其次，用于制作标本的动物必须完整和新鲜，最好选用活体。如果已经死亡，应选取死亡时间不长的新鲜材料。死亡时间太长，体内韧带就会腐败，骨骼容易离散，用这样的材料很难制成理想的透明骨骼标本。

3. 制作方法和步骤

(1)剥皮和去内脏。剥皮的方法步骤与制作剥制标本的剥皮方法基本相同，但必须保留全部肌肉和骨骼。剥皮后，从动物体的腹部沿中线割一小口，取出全部内脏，然后用水冲洗干净。

(2)固定。用酒精作为标本固定剂。固定前，先将材料用棉线绑缚在玻璃片上，整理好姿势，放入适当大小的标本瓶中，倒入70%酒精固定1天，然后更换95%的酒精固定1~3周，在此期间，每周须更换酒精两次。

(3)脱脂和透明。将固定后的材料用3%重铬酸钾溶液浸泡几天，除去脂肪和脏物，当溶液混浊时，要更换新液，直到溶液不再混浊为止。用清水将材料冲洗干净，再用70%酒精继续脱脂，酒精混浊时，也要更换新液，直至溶液不再混浊为止，再更换95%酒精浸泡1~3天。然后换入1%氢氧化钾溶液进行透明，2~4天后，如果肌肉已经半透明，能隐约看到里面的骨骼，就要停止浸泡，否则骨骼容易彼此离散。

(4)染色。取1克茜素红—S溶在100毫升95%酒精中，搅拌以后成黄褐色溶液，再加入900毫升1%氢氧化钾溶液，配成深紫色染色剂。用染色剂浸泡材料，经过6~8小时，当骨骼全部被染成深红色时，倒出染色剂。

(5)脱色。在骨骼染色的同时，肌肉也被染上颜色。因此必须脱掉肌肉被染的颜色。用1份1%氢氧化钾溶液和1份5%甘油配成脱色剂浸泡材料进行脱色，经过2~4天，直至肌肉褪成粉红色为止。再取5毫升氢氧化铵、20

毫升甘油和 75 毫升水，配制成漂白剂，浸泡材料进行漂白，使肌肉漂白透明。

(6) 进一步透明。先用 25% 甘油浸泡 1~2 周，使标本更加透明。再更换 50% 甘油浸泡 2~4 天，继续透明，然后更换纯甘油浸泡，直至标本完全透明为止。

(7) 保存。再更换一次纯甘油，加入少量百里酚结晶，防腐和防霉。在瓶外贴好标签，写明标本名称、采集日期、采集地点、制作人及制作日期等。至此 1 份透明骨骼标本便制成了。

6.6 活动方案举例

北京圆明园地区两栖类采集和标本制作

圆明园地处北京平原的低洼地带，有大量池塘、沟渠和草丛，为两栖类提供了理想的生活环境。因此两栖类的种类和个体数目都明显多于周围地区，是采集两栖类的理想地点。

一、圆明园地区两栖类概况

本地区的两栖类共有 3 科 5 种，其活动情况见表 6-3。

表 6-3 圆明园地区两栖类种类及其活动情况

科名	种类名称	每年活动时间	主要捕食场所	每天捕食时间	白天隐藏场所
蟾蜍科	中华大蟾蜍	3 ~ 9 月份	林地、土丘、农田、沼泽，池塘周围	傍晚	石下、草丛和土洞内
蟾蜍科	花背蟾蜍	4 ~ 9 月份	林地、土丘、农田和沼泽，池塘周围	傍晚	草丛、石下
蛙科	黑斑蛙	4 ~ 9 月份	池塘、水沟周围的草丛	傍晚和清晨	池塘、水沟
蛙科	金线蛙	4 ~ 9 月份	池塘、水沟周围的草丛	傍晚	池塘、水沟
姬蛙科	北方狭口蛙	5 ~ 8 月份	民房和水坑附近的草丛中。	傍晚	土洞、石下

二、活动目的

- (1)使学生掌握两栖类的采集和标本制作方法。
- (2)使学生了解圆明园地区 5 种两栖类的形态、结构特点和相互区别。

三、活动内容

- (1)采集本地区 5 种两栖类的成体。
- (2)对成体形态、结构进行观察，并对身体各部分进行测量。
- (3)制做浸制标本和骨骼标本。

四、活动开展的方法步骤

- (1)采集。根据圆明园地区 5 种两栖类的活动特点，对采集作如下安排：
采集时间。七八月份的每天傍晚。
采集地点。水边草丛。
采集方法。对中华大蟾蜍和花背蟾蜍，用手直接捕捉；对黑斑蛙、金线蛙和北方狭口蛙，用捕网捕捉。
- (2)观察。观察以下内容并记录：
体色。

头顶两侧是否有耳后腺，体表是否有疣粒。

上、下颌是否有齿。

舌上有无缺刻。

骨骼中的椎体和肩带类型（本项观察须在制做骨骼标本时观察）。

(3)测量。测量以下内容并记录：

体长； 头长； 头宽； 吻长； 鼻间距； 眼间距； 前肢长；
后肢长； 胫长； 足长。

(4)制做浸制标本和骨骼标本。

(5)分析和总结。对 5 种两栖类的形态、结构和身体各部分长度进行比较，找出相同点和区别点，并分析各种异同点对各自的生活方式有何意义。

五、注意事项

(1)尽量少采集两栖类个体。对采集的两栖类个体，在观察形态之后，如不需要作标本，应立即放回自然界，以作到保护两栖类动物。

(2)注意安全。本地区两栖类的采集既在水边，又在傍晚，不安全的因素较多，教师应提高警惕，防止发生安全问题。

本章思考题

- 1.根据淡水鱼类活动规律，怎样确定采集时间、地点和方法？
- 2.说明两栖类骨骼标本制作的方法步骤。
- 3.如何制作爬行动物的浸制标本？
- 4.在不采集和制作鸟类标本的前提下，怎样通过野外观察达到使中学生识别鸟类的目的？
- 5.怎样采集小型兽类？如何制作小型兽类的剥制标本？

本章作业

利用课余时间，对学校及其附近地区的鸟类进行一次观察，并写出书面观察报告（内容包括观察的鸟种、观察方法、每种鸟的形状、大小、羽毛颜色、飞翔停落姿态和鸣声等）。

本章参考书目

- 1.丁汉波 1983 《脊椎动物学》 高等教育出版社
- 2.华中师院等 1983 《动物学》（下册）高等教育出版社
- 3.盛和林等 1984 《脊椎动物学野外实习指导》 高等教育出版社
- 4.唐子英等 1985 《脊椎动物标本制作》 复旦大学出版社
- 5.郑作新等 1959 《鸟类野外工作手册》 科学出版社

（杨 悦）

第七章 动物生态考察

导 言

动物生态学是研究动物个体、群体与环境相互关系的科学，它同植物生态学一样，也由个体生态、种群生态、群落生态和生态系统生态四部分组成。其中个体生态和种群生态是动物生态学的基础部分。

本章根据中学生的科技活动特点编写了两栖类食性调查、爬行类活动规律观察、鸟类生活习性观察和鼠类洞穴观察等4节，均属于个体生态和种群生态内容。

动物生态观察是多学科综合性的科技活动，它不仅需要有关的动物生态学知识，还需要有关动、植物分类和标本制作等知识作为基础。因此，在开展中学生物科技活动时，最好先开展动、植物采集和标本制作，然后再开展本类活动。

7.1 两栖类食性调查

两栖类动物捕食昆虫和各种小型无脊椎动物。组织中学生参加两栖类食性调查，不仅能掌握动物食性调查的一般方法，而且还可以从中了解当地生态系统中食物链的内容，认识两栖类在维持生态平衡、抑制有害昆虫的发生、发展方面的重要作用，从而自觉保护各种两栖类动物。

一、调查的用具用品

(1)两栖类采集用具用品。用于捕捉两栖类动物的用具用品种类见本书第六章第2节。

(2)昆虫采集用具用品。用于采集调查点附近的昆虫等无脊椎动物，作为鉴定两栖类食物成分时的对比材料。其用具用品种类见本书第五章第6节。

(3)胃容物采集保存和鉴定用具用品。

25毫升广口瓶(50个)：用于存放两栖类的胃容物。

培养皿(若干)：用于盛接胃容物。

固定液(70%酒精或5%福尔马林)：用于固定胃容物。

解剖镜：用于鉴定胃容物成分。

其它：镊子、解剖针、记录册、笔、号签等。

二、制定调查方案

各种两栖动物，在一年中的不同季节，食物成分和数量常常发生变化。如中华大蟾蜍，在春夏季节的5~8月，主要吞食鞘翅目昆虫，所吞食的鞘翅目昆虫数量，占此期食物总数的34%；而秋季(10月份)则以直翅目昆虫为主，此期所食直翅目昆虫的数量，占该月食物总数的40%以上。所以为了全面了解一种两栖动物的食性，应该从出蛰到冬眠期间，按月或按季节进行收集胃容物，进行食物成分鉴定。

中学生开展此项活动时，如果时间和人力允许，最好按月或按季全面进行调查。如果时间和人力作不到，可在农作物生长旺季或农业害虫容易发作

时期，集中人力、物力，开展一次性食性调查。

不论全面调查还是一次性调查，均须制定调查方案，方案应包括调查的两栖类种类、调查时间、地点、方法、用具用品准备等项内容，以使调查活动立足于周密准备的基础之上。

三、确定调查的动物种类和捕捉数量

用作食性调查对象的两栖类，应具备以下三个条件：个体数目多，在本地区为常见种；分布在农田附近，容易捕捉；主要捕食昆虫，与农业生产关系比较密切。符合以上三项条件的大多是一些蛙类和蟾蜍类动物，如黑斑蛙、中国林蛙、虎纹蛙、泽蛙、雨蛙、中华大蟾蜍、花背蟾蜍、黑眶蟾蜍等，可以根据本地区的蛙类和蟾蜍类分布情况，从中选择一种，作为食性调查种类。

关于每月或每季一次调查时所捕捉的两栖类个体数量，应不少于 50 只。如果一年中只进行一次调查，其捕捉的动物个体数量也应在 50 只以上。捕捉的数量不能过少，否则会影响各种食物成分出现频次的信度和效率。每次食性调查的野外捕捉工作，应在 1~2 天完成，不要拖延时间，以免食物成分发生改变。

四、食性调查的方法步骤

1. 捕捉两栖类个体

理想的捕捉时间是动物刚刚捕食完毕的时候，此时胃内既充满食物，又刚刚开始消化，最利于食物成分的分类鉴定。但不同种类的两栖类，一天中捕食时间往往不同。如黑斑蛙多在傍晚捕食，而泽蛙捕食时间是整个白天。这就需要了解调查对象在一天中何时捕食，以确定一天中最恰当的捕捉时间。

在捕捉两栖类的同时，应在调查点附近采集昆虫等无脊椎动物。

2. 收集胃容物

收集胃容物应采用挤胃的方法。其具体作法如下：用左手拇指和食指抓住两栖类身体的腰带处，用右手拇指压腹，食指斜贴体背，然后两指相对施以压力，并从体后向前推移，胃内食物就会从口腔中吐出。此时，用事先准备好的培养皿盛接吐出的胃容物，并立即转移到盛有固定液的广口瓶中，进行固定。为了避免鉴定时产生错乱现象，每瓶只能存放一只两栖类的胃容物。并应在瓶外的标签上填写采集号数。

胃容物收集完毕后，再对两栖类个体进行鉴定种类、区分雌雄、判断年龄、称量体重等项工作，并一一作好记录。这些工作全部完成后，应将两栖类个体放归其生活环境中，以保护两栖类动物资源。

3. 食物成分的定性、定量处理

将野外收集的胃容物，以一份胃容物为单位，进行定性处理和定量处理。

(1) 定性处理。是指食物成分的鉴定工作。食物成分鉴定是一项难度很大的工作，这是由于蛙类、蟾蜍类动物的食性复杂，不易鉴定，而吃进的各种成分，不少已处于半消化状态，有的只剩下一些残肢断翅，这就更增加了鉴定的困难。

鉴定前，先将胃容物自固定液中取出，进行称重并记录，然后在解剖镜下逐一进行鉴定分类。对于半消化状态和残肢断翅的成分，可与采集的昆虫

等标本进行对比，鉴定其种类。各种食物成分尽量鉴定到种或属，对一些无法鉴定到属、种的成分，可按大类区分。鉴定结果应详细记录。

(2)定量处理。包括两方面的工作，一是计算每只两栖类胃容器中每种虫类的个体数，另一是对每种虫类进行称重。

称重时，除直接称重每种虫类的残体重量外，还应对采集到的各种虫类虫体进行称重，作为每种被食虫类生活时的平均体重，然后以食物中的该种虫类的个体数乘以个体平均体重，得出实际重量。

定量处理所得到的各种数据，也应及时记录。

4.资料统计

当材料的定性、定量处理工作完成后，应将所得全部资料进行如下统计。

(1)编写被调查的两栖动物食物成分名录。名录中应按动物分类顺序填写各种被食虫类的所属类别，中名和学名。食物成分中如有植物、石砾等成分时，也应在动物名单之后一一列出。

(2)统计胃容器中各种被食虫类的个体数。首先应按以下公式求取各种被食虫类的平均个体数：

$$\text{某种被食虫类的平均个体数} = \frac{\text{全部胃容器中该种虫类的个体总数}}{\text{被检查的胃容器数}} \times 100$$

在此基础上，还应按以下公式求取各种被食虫类的个体百分比数：

$$\text{某种被食虫类个体百分比数} = \frac{\text{该种虫类的平均个体数}}{\text{全部虫类的总平均个体数}} \times 100$$

各种被食虫类的个体数，统计后应列表登记。

(3)统计胃容器中各种被食虫类的重量。首先应按以下公式求取各种被食虫类的平均重量：

$$\text{某种被食虫类的平均重量} = \frac{\text{全部胃容器中该种虫类的总重量}}{\text{被检查的胃容器数}} \times 100$$

在此基础上，还应按以下公式求取各种被食虫类的重量百分比数：

$$\text{某种被食的虫类重量百分比数} = \frac{\text{该种虫类平均重量}}{\text{全部虫类的总平均重量}} \times 100$$

各种被食虫类的重量，统计后应列表登记。

(4)统计胃容器中各种被食虫类的频次和频次百分比。

首先应按以下公式求取各种被食虫类的频次：

$$\text{某种被食虫类的频次} = \frac{\text{该种虫类出现的胃容器数}}{\text{被检查的胃容器数}}$$

在此基础上，还应按以下公式求取各种被食虫类的频次百分比：

$$\text{某种被食虫类的频次百分比} = \frac{\text{该种虫类的频次}}{\text{全部虫类的总频次}} \times 100$$

各种被食虫类的频次和频次百分比，统计后应列表登记。

(5)统计食物成分中害虫、益虫的数目。食物成分中害虫、益虫的数目，包括两个方面，一是种类数目，另一是个体数目。这种统计很有必要，因为一种两栖类动物，既吃害虫，也吃益虫，它到底对人类有益还是有害，就要看它所吃食物中害虫和益虫所占的比例。另外，食物中有些成分，对人类的益、害不明，这部分虫类的数目也要同时统计，这类成分可用“其它动物”一词表示。

食物成分中害虫、益虫的数目，可用表 7-1 和表 7-2 的格式分别进行统计。

表 7-1 食物成分中害虫、益虫种类数目统计

检查的胃 内容物数	全部虫类 种类数目	害虫种 类数目	害虫种类 数目所占%	益虫种 类数目	益虫种类数 目所占%	其它虫类 种类数目	其它虫类种 类数目所占%

表 7-2 食物成分中害虫、益虫个体数目统计

检查的胃 内容物数	全部虫类 个体总数	害虫个 体数	害虫个体 数所占%	益虫个 体数	益虫个体 数所占%	其它动物 个体数	其它动物个 体数所占%

(6)统计一天中的捕食量。每只两栖类被挤出的全部胃容物，可以看作是这只动物一天的捕食量。一天捕食量，可按表 7-3 格式进行统计。

表 7-3 两栖类动物一天中捕食量统计

检查只数	平均体重	平均每只食虫数	平均每只食虫重量

五、分析

根据上述统计的各项内容，可以着重分析以下两个问题。

1. 分析所调查两栖类动物的益害

根据食物中害虫、益虫各自所占的百分比，分析所调查的两栖类对人类的价值。一般来说，某种两栖类动物的食物中，如果大部分是害虫，小部分是益虫，这种两栖类就应该是一种对人有益的动物。例如：中华大蟾蜍的食物中包括 65%的害虫、22%的有益动物、13%的其它动物，因此中华大蟾蜍是一类对人类有益的动物，应该受到保护。

2. 分析被调查两栖类动物对农业生产的具体作用

根据一只被调查两栖类的一天吞吃的害虫数量，推算出一年中从出蛰到冬眠之间全部吞吃的害虫数。如果再进一步计算一头害虫一生毁坏粮食的数量，就会粗略分析出一只两栖类动物对农业生产的作用。

7.2 爬行类活动规律观察

爬行类的活动规律主要表现在昼夜周期、季节周期和冬眠等三个方面，研究这些活动规律，对于了解和利用爬行类具有重要意义。

一、昼夜活动周期的观察

昼夜活动周期是指动物活动时期和安静时期的昼夜更换规律。爬行类的昼夜活动周期随天气和季节的不同而有改变。

1. 观察用具用品

- (1)测绳：用于在样地上确定样方面积。
- (2)温度计：用于测量样地生境的气温、地温和洞穴温。
- (3)光度计、风速计：用于测量样地的光照强度和风速。
- (4)记录本、笔等。

2. 确定观察的动物种类

对中学生来说，如果没有特殊的观察目的，应该选择那些白昼活动、对人不会造成伤害的常见蜥蜴类动物，如石龙子、蓝尾石龙子、北草蜥、丽斑麻蜥和榆林沙蜥等。这些种类的个体数目多，都在白昼活动，而且对人无毒，符合中学生开展本项活动的要求。

3. 选择观察的样地

进行昼夜活动周期的观察，应在同一生境分期重复进行动物个体的数量统计，一经确定，就要延续到整个观察活动结束，不能中途更换。因此要选择理想的观察样地。

理想的样地应具备以下条件。

是观察动物生活的典型环境，对蜥蜴类来说，应该是生长良好的草丛或灌草丛。

所观察动物的个体数量较多。

人为干扰少，爬行动物能正常进行各种生命活动。

地势比较开阔，便于观察爬行动物的活动情况。

根据上述条件选择好样地后，用测绳在样地上圈定若干个样方，以便在样方中计算爬行动物的数目。样方数目和面积，可根据样地和人力情况确定。

4. 观察内容和方法

(1)一日活动与环境温度变化的关系。爬行类为变温动物，其生命活动主要受环境温度影响而呈现周期性变化。因此研究爬行类昼夜活动周期时，应结合环境温度来进行。观察时，一般从上午6时至次日4时，每1~2小时，在样地的各样方中进行一次数量频次统计，同时测量样地生境的气温、地温、洞穴温、动物体温和光照强度，并记录日出日落时间。根据中学生的活动特点，如果观察对象为蜥蜴类动物，观察时间可改为从上午6时至下午6时，完全在白天进行；另外，洞穴温度和动物体温两项测量也可免去。

观察结束后，在室内将观察结果绘制“一日活动与环境温度关系”的曲线图。绘制曲线图可参照图7-1的形式，以昼夜时数为横坐标，以出现频次和温度为纵坐标，绘出曲线。其中纵坐标的出现频次，既可用绝对数值，也可用相对百分数。

图7-1 蓝尾石龙子一日活动与环境温度的关系

在绘制曲线图基础上，应对该种爬行动物的昼夜活动周期进行分析。以图 7-1 的曲线图为例，根据图示，可知蓝尾石龙子晴天约 7 时开始出洞，在阳光照射的地方活动。此时气温 28 左右，地表温 25~26。随环境温度升高而活动增强，至上午 10 时 30 分为一日活动高峰。中午 12~13 时，由于环境温度（特别是地温）过高，活动数量显著减少。下午 12~15 时环境温度略有下降，活动强度再一次上升，出现一个活动双峰曲线。上午活动数量增加是与温度上升一致的；中午活动的下降是由于温度过高的影响；而 17 时后停止活动则是由于光照的限制。

本项观察内容应选择夏季气候正常的一天进行。

(2)天气对爬行类活动的影响。天气变化常常影响爬行类动物的活动，而且不同种类对气候改变的反应并不一样。所以我们不仅要了解爬行类在正常气候条件下的昼夜活动周期，而且还要在异常气候条件下进行观察，以了解天气改变后动物昼夜活动周期的变化。

可以选择阴天，雨天和风天三种不同天气，分别进行调查。调查的方法必须和正常气候时的方法完全相同。然后分别绘制曲线图，与正常天气时的曲线图进行对比。对于彼此曲线的区别，可从环境条件的变化，特别是温度变化上分析原因。

有些爬行类对待风天的反应与一般爬行类不同。例如，榆林沙蜥在刮六七级大风时仍可见到它们在地表爬行。这种差异可能是对本地区气候条件长期适应的结果。

(3)昼夜活动周期的季节变化。由于不同季节的气候条件不一样，所以动物的昼夜活动周期也随季节更替而改变。本项观察内容通常在春、夏、秋三个季节进行，每个季节进行一次昼夜活动的数量统计，然后将三个季节的数量统计资料绘制曲线图。曲线图的绘制可参照图 7-2 的形式进行，但也可象图 7-1 那样，在图中加入温度一项。

在绘制曲线图之后，也应进行分析。例如对图 7-2 北草蜥的曲线图可作如下分析：夏季昼夜活动频次出现两次高峰；早春和晚秋仅出现一次高峰。对曲线图的这种情况，结合不同季节的气候条件进行分析，可以认为在晚秋和早春，因早晚气温低、中午暖，中午前后便成为北草蜥最活跃的时间；夏季中午过热而减少活动，造成上午和下午两次活动高峰。

图 7—2 北草蜥一日活动典线的季节变化

5. 观察时的注意事项

(1)观察时要全神贯注。由于蜥蜴类个体小，行动快，体色又和环境颜色一致，如果不认真观察，很容易发生漏查的情况。为了防止漏查，每个样方最好配备 2 名学生，一人观察，一人记录。而且在观察 1~2 小时以后，应及时更换其他同学，以免因疲劳而影响观察效果。

(2)观察时应极力保持安静。为了不惊动被观察的动物，观察人员应该少走动，少说话。动作要轻，必要时可用望远镜观察，以便尽可能使样地保持安静状态。

二、季节活动周期的观察

季节活动周期是指爬行类随着季节的改变而表现出来的周期性活动规律。

观察季节活动周期的方法与观察昼夜活动周期的方法基本相同。在观察时间上，除冬眠期外，可以间隔选择惊蛰、清明、立夏、芒种、小暑、立秋、白露、寒露、立冬等 9 个农历节气，或按照阳历 3~11 月的 9 个月份，分别进行三次全日活动数量统计，在分别得出全日平均活动数量以后，参照图 7-3 的形式绘制季节活动周期曲线图。

图 7-3 蝮蛇和眼镜蛇不同月份的出现率

在绘制季节活动周期曲线图的基础上，对观察动物的季节活动周期进行分析。如图 7-3 是在蛇园中所观察到的蝮蛇与眼镜蛇的全年月份活动周期。活动频次是用在窝外活动的蛇数占总蛇数的百分比表示（即全月平均出现率%）。图中的两种蛇的曲线明显不同。在温度较高的 5~10 月份，眼镜蛇一直处于较高的活动水平；而蝮蛇在 5~10 月份则出现一个双峰形月份活动周期曲线，其中从 5 月份开始，一直处于下降状态，直至 9 月份以后，才开始上升。如果从温度条件方面分析，可以认为眼镜蛇比蝮蛇更喜高温，这可能是由于眼镜蛇是南方蛇种，蝮蛇是北方蛇种的缘故。

三、冬眠的观察

冬眠又称蛰眠，是爬行类适应低温环境条件的一种活动规律，观察爬行类的冬眠是爬行类生态学的研究内容之一。

1. 冬眠的观察内容

(1) 冬眠时间。冬眠的时间往往随当地的气温而定，有的地区仅为数周，有的地区却能长达 9 个月。观察时要记录开始冬眠（进入冬眠场地、行动迟缓）、冬眠（对刺激无反应、或反应不大）、苏醒（对刺激已有反应，或稍有爬动）、开始活动（爬出洞外活动）的日期和温度。

(2) 冬眠地点。各种爬行类动物的冬眠地点并不一致，蜥蜴和蛇类常常潜藏在地穴或树根下的洞穴里，龟鳖类则常在岸边的洞穴或水底淤泥中冬眠。观察时要注意冬眠地点的地理环境、光照、温度、土壤和植被状态，并应挖掘洞穴，测量洞穴结构和小气候特点。

(3) 冬眠状态。应观察是单独还是集体越冬；体态卷曲还是伸直；睁眼还是闭眼等。

2. 冬眠的观察方法

(1) 确定用以观察的冬眠洞穴。应在爬行类冬眠开始以前，结合观察“昼夜活动周期”和“季节活动周期”，确定若干个有爬行类个体生活的洞穴，为进行冬眠观察打下基础。

(2) 注意环境温度与冬眠的关系。应该根据本地区的气候特点，分别在爬行类开始冬眠和苏醒期前后，每隔 3~5 天，在冬眠地点进行一次观察，记录气温变化情况，并记录洞穴中的温度。

(3) 注意不同性别的成、幼体冬眠特点。在进行爬行类冬眠与苏醒日期观察时，对不同性别的成、幼体应分别记录，注意它们在开始冬眠和苏醒时间方面的差别。

7.3 鸟类生活习性观察

鸟类是一类高等脊椎动物，其生活习性很多，而且相当复杂，主要有活动、取食、鸣叫、夜宿地和种间种内关系等。组织中学生观察鸟类生活习性，既加深了对鸟类的了解，又培养了野外观察能力。

一、鸟类的的生活习性

1. 活动

鸟类生活习性的大量内容是活动，活动主要表现在活动状态、活动时间和活动地点等三个方面。

在活动状态方面，不同种类的鸟，飞翔、栖止的状态常不相同，各具不同的规律。不仅如此，有些种类经常成群活动；有些种类则常单独活动，而仅在某一季节才成对或成群活动。

在活动地点方面，各种鸟类都有自己固定的活动地点，彼此常不相同。从大的栖息环境来看，有的栖息于水区，有的栖息于开阔地，而有的则栖息于山地林区。就小的生境来说，同是林区鸟类，有的经常在林内活动，而有的则经常活动在林缘地带。在树栖种类中，即使同是树栖种类，也有活动于树冠上部、下部和树干的区分。

在活动时间方面，大多数鸟类在白昼活动，少数种类则在夜间活动，白昼活动的种类，具体活动的时间又各不相同。

2. 取食

取食和活动这两种生活习性密切相关，因为鸟类的新陈代谢旺盛，每天须吃大量食物，许多鸟类活动的大部分时间化费在寻找食物上。鸟类的取食表现在取食时间、取食方式和取食对象等方面。有些种类如鹁在白天捕食飞行的昆虫，鸱在黑晚捕食地面的鼠类，而啄木鸟停在树干上啄取树干内部的昆虫，鹤、鹳则涉足于浅水捕食水中鱼虾。取食方式和食物特点，常使鸟类的喙和爪等器官的形态、结构发生适应性变化。

3. 鸣叫

鸟类鸣叫对其个体和种群的生存，具有重要的生物学意义。各种鸟类都有其独特的鸣叫声，就是在同种鸟类的雌雄之间，成鸟与雏鸟之间、繁殖期与非繁殖期之间也各有区别。但总的来说，鸟类的鸣叫可区分为鸣啭和叙鸣两种。

鸣啭多限于雄鸟，是繁殖期的一种求爱行为和领域信号。雄鸟常常独自鸣叫不止或者雌雄对唱经久不停。叙鸣是日常一般的叫声，常因表达的意思不同而有不同的音韵和频度，可分为呼唤声、警戒声、惊恐声、寻群声等。

4. 种间、种内关系

鸟类在活动、取食和鸣叫时，经常和种间、种内其它个体发生联系，形成了复杂的种间、种内关系。鸟类的种间、种内关系主要表现在竞争、共居和依存等三个方面，猛禽和小型鸟类之间还存在捕食关系。种内关系方面，除竞争、共居和依存关系外，在繁殖期间，还有配偶和家庭关系。

二、观察前的准备工作

1. 知识准备

鸟类生活习性观察是一项知识性很强的科技活动。它需要一定的鸟类分

类、植物分类和植物群落等方面的知识。因此，本项活动应在植物采集、鸟类采集、鸟类识别和昆虫采集等项活动的基础上进行，以使学生对常见鸟种、常见植物种类和一般植物群落有较多的认识和掌握。

2. 资料准备

应准备鸟类常见种类检索表和鸟类图谱，为野外快速判断鸟类提供资料。

3. 用具用品准备

望远镜、指北针、照相机、录音机和记录本、笔等。

三、观察内容

1. 活动方面

飞翔的姿态、飞出的距离、飞行的高度、飞到何处、是否返回原栖息地。

栖止的姿态、停落的位置。

单独活动或成群活动、成群的规模。

活动地点。

早上开始活动和晚上停止活动的时间(对夜间活动的鸟类则为晚出早归的时间)。

2. 取食

取食时间、地点。

取食方式。

食物的大致范围(植物果实、种子、昆虫、鼠类、鱼类和小型鸟类等)。

与取食相适应的喙、爪等器官形态、结构特点。

3. 鸣叫

主要有早上开始鸣叫的时间、鸣叫是什么音韵、频率怎样。

4. 种间、种内关系

种间关系方面：不同种鸟类之间，是否存在着捕食、竞争、共居和依存关系。

种内关系方面：是否存在竞争和依存关系、繁殖期间的配偶和家庭关系情况。

5. 栖息环境

鸟类的的生活习性与一定的环境相适应。因此，观察鸟类生活习性的同时，应观察它们的栖息环境。这方面的观察内容主要有：

地形：有山地、高原、丘陵、平原、盆地、沼泽、水域等类型。每种地形又可进行细分。

植被群落：植被群落是鸟类隐藏和觅食活动的主要场所。观察时应辨别群落类型。如针叶林、落叶阔叶林、常绿阔叶林、针阔混交林、灌丛、草坡、果园等。同时还要观察群落中建群种和优势种。

水系：河流及山谷溪流的分布和走向，能影响鸟类的分布，例如山谷溪流的水源充足，食物丰富，适于隐蔽，常有许多鸟类出现。因此对水系状况应进行观察。

四、观察范围

鸟类的的生活习性很多，一个地区又经常栖息着多种鸟类。因此，在一次

观察活动中，究竟观察哪些生活习性？观察哪些鸟种？这就有一个确定观察范围的问题。观察范围有普遍观察和专项观察两种。

1. 普遍观察

所谓普遍观察，是指在一次观察过程中，对所遇到的每一个鸟种和每一类生活习性都进行观察。也就是遇到什么就观察什么。一般来说，初次进行鸟类生活习性观察时，应采取普遍观察的方式。这种观察方式虽然粗浅，但对初学者很有必要，而且为以后进一步观察打下基础。

2. 专项观察

专项观察包括两个方面，一是在观察中观察所有鸟类的某一类生活习性，二是观察一种鸟类的多种生活习性。专项观察比较深入细致，适于在普遍观察的基础上进行。

五、观察时间

由于鸟类一年四季都在活动。因此，观察鸟类不受时间和季节限制，只要观察，什么时间都有收获。

1. 长期观察

由于很多鸟类有季节性迁徙的习性，一个地区在不同季节内，所遇到的鸟种和数量常有很大变化，而且鸟类在繁殖期、迁徙期和越冬期的生活习性也显著不同。所以如有条件，可以组织中学生对本地鸟类进行长期的持续观察和记录。

2. 短期观察

可以在不同季节进行短期观察，特别是鸟类繁殖期，是短期观察的最好时间。因为繁殖期间，鸟类特别活跃，鸣叫频繁，各种生活习性表现得十分突出。这时进行观察，会有更多的收获。

3. 每天观察时间

在春夏季到山林观察鸟类，应在清晨四点半到八点半之间进行。因为在这段时间内，鸟类最为活跃，等到八点半以后，随着气温升高，大多数鸟类已开始休息，很难发现它们的踪迹了。

六、观察方法及注意事项

1. 观察时要全神贯注，要有耐心

观察鸟类生活习性，必须全神贯注，不许随便谈笑，也不要搔首弄脚，这样都会暴露自己的隐蔽处所，使鸟类惊恐失常，影响观察效果。

2. 衣著要求

观察鸟类生活习性时，不要穿颜色鲜明的衣服，否则很容易引起鸟类惊恐和逃逸，以致难于接近观察。衣服颜色以蓝、灰色最适合。

3. 及时记录（记录以下情况）

观察日期、地点、自然环境（地形、植物群落等）、天气状况、开始观察的时间。

鸟类生活习性。

对不认识的鸟，要记录它的形态、羽色、鸣声、飞翔姿态等特点，以便回校后进行种类鉴定。

关于记录鸟类鸣叫，可在听清音节的长短、高低之后，用汉语拼音记录下来，如红尾伯劳的叫声可记录为“ga—，ga—，ga—，ga—”或“zhiga

—, zhiga—, zhiga—, zhiga” ; 也可以用录音机将鸣叫声音录下来, 便于反复收听记忆。

7.4 鼠类洞穴的观察

洞穴在兽类生活中起很大的作用，特别是鼠类，一生中大部分时间是在地下洞里度过的。兽类的洞穴，是识别兽类的依据之一，观察洞穴，是对该种兽类生态学研究的一部分。通过观察洞穴，可以使我们细致的了解兽类是怎样适应外界环境的。

一、观察内容

1. 洞穴所处的自然条件

一定种类的鼠，挖洞时常要求一定的自然条件。当我们了解到某一种鼠挖洞时所要求的自然条件时，就可以到具有这种自然条件的环境中去寻找它的洞穴。洞穴所处的自然条件主要有地形、土质和植被。对这些自然条件都应该进行观察。

(1) 地形。不同种类的鼠，洞穴所处的地形常不相同，例如黑线仓鼠的洞多在耕地及其附近的荒草地中，社鼠的洞多在山区的岩石下面，而河狸（*Castor fiber*）则将洞开在河边。所以，观察某种鼠的鼠洞时，首先要知道它利用什么地形挖洞。

(2) 土质。不同种类的鼠，挖洞时对土质也常有不同的要求。例如，黄鼠喜欢将洞开在干燥的沙土地带。而东方田鼠则喜欢将洞开在低湿多水的粘土中。

(3) 植被。各种鼠类挖洞时对植被要求也不一样，如棕背 在针阔叶混交林中挖洞，同一科的棕色田鼠则将洞挖在草地或苇地里。小家鼠在野外生活时。多在农田中挖洞。而同一属的大家鼠在野外的洞，则有的是耕地、有的是灌木丛。

2. 洞穴本身的结构。

鼠类的洞，有的简单，有的复杂，但通常都有洞口、通道和窝，复杂的还有仓库和厕所。这些结构，都应观察清楚。

(1) 洞内结构特点。要看清楚通道是 1 条还是有分叉，通道直径、窝内直径，窝的底部用什么材料铺垫，仓库中储藏什么食物等等。

(2) 洞的深度和长度，距地高度，要进行具体测量。

(3) 洞口。有的鼠类的洞，只有 1 个洞口，如黄鼠。有的洞有几个洞口，如黑线姬鼠。有的洞口比较明显，有的洞口则是利用现成的岩石缝隙，如花鼠。要将洞口特征和数目观察清楚，还要测量洞口的大小。洞口外面如有特殊的标记，也应该观察记载。

3. 洞内动物情况

要观察洞内鼠类是群居还是独居，在繁殖季节，每洞有多少幼鼠等。

二、观察时所需的用具用品

(1) 铁锹：用来挖掘鼠洞和捕捉鼠类。

(2) 长柄兜网：用于捕捉鼠类。

(3) 捕鼠夹：用于捕捉鼠类。

(4) 钢卷尺：用于测量洞穴。

(5) 口袋：用于盛装鼠洞中的存粮。

(6) 记录本和笔：用于记录和绘制洞穴平面图。

三、观察方法和步骤

1. 寻找洞口

寻找洞口是观察洞穴的前提。不同鼠类洞口的形状、大小各不相同，即使同一种鼠类的洞口也有栖居洞口、临时洞口和废弃洞口之别。一般有鼠的洞口多有新鲜浮土，洞壁光滑，无蛛丝，近旁有足迹或鼠粪等痕迹，废弃洞口则常有苔草或附蛛丝，无新鲜浮土、足迹、粪便等痕迹。找到鼠洞后，先初步判断洞内生活的鼠种，然后再进一步判断洞口属于何种洞口。

2. 捕捉洞中鼠类

只有将洞中的鼠捉到，才能更确切地判定鼠的种类。可以用捕鼠夹捕捉，根据鼠种活动时间，将装有食饵的捕鼠夹放在洞口附近，如果是夜间活动种类，可以在傍晚放夹，次日早晨前往拣鼠。

也可以不事先捕捉，而在挖掘洞穴过程中捕捉，这就需要事先把全部洞口找到，并有人看守，预备好长柄兜网或铁锹进行捕捉。

3. 挖掘洞穴

从栖居洞口开始挖掘，要边挖边测量，测量洞道的粗细、分枝及距地面深度等。为了不致在转弯或分枝处迷失洞道，可用树枝插以标记。当找到所有的洞道、洞内的窝、仓后，先对窝、仓进行测量，然后一一按自然位置绘制平面图。

4. 取出洞中储藏的食物

多种鼠类在洞中储藏食物，秋冬季节的数量最多，如大仓鼠在一个秋季搬入洞中的粮食最多达 20 多千克。要将这些储存的粮食或其它植物取出带回，进行称重。然后记录其种类和数量。这对了解洞中鼠种的食性和对农业的破坏程度，很有用途。

四、几种习见鼠类洞穴特点

1. 黄鼠

遍布于我国东北及西北草原、荒漠地区。栖居于干燥的沙土地带、草原及耕地附近。在活动季节里，1 只黄鼠有好几个洞，最多时可达 10 几个，其中只有 1 个是常住洞，其它均为临时隐蔽所。洞穴的结构简单，一般只有 1 个洞口。洞口宽 6~7 厘米，倾斜而下。常住洞深约 1~2 米，长约 2~3 米，最深处有一球形膨大窝，铺以细软的草。临时隐蔽洞较短，最深处离地面约 1 米，没有膨大的窝。黄鼠有冬眠的习性。在华北地区，一般 9 月下旬开始入蛰，到来年 3 月才出蛰。它的冬眠洞较住洞为深，有一段从膨大窝一直向上的盲洞，盲洞顶端靠近地面，入蛰时，将原来的洞口堵死，眠醒后，从盲洞顶端挖通爬出地面。

2. 黑线姬鼠

广泛分布于我国南北各地。栖息在耕地、林缘、草地、山脚等处。洞穴多开在田边土岗斜坡处。洞口有 2~3 个，其中 1 个是小通气孔。洞口直径 2.5~3.5 厘米。洞中有一膨大部分为窝，内铺稻皮、玉米皮、荞麦皮等。

3. 黑线仓鼠

广泛分布于我国长江以北各地。洞穴开在耕地及其附近的荒草地中。有洞口 1~3 个，有鼠的洞口都有松土从内堵着。洞口直径 3~4.5 厘米，洞长一般为 2 米。春秋季节洞穴中的窝距地面 30~40 厘米，而冬季的窝距地面 70 厘米或更深。窝直径约 10 厘米，筑窝材料为细草、棉花、芦花、羽毛等。洞

内有粮仓 1~3 个，储藏有豆类、小麦、玉米、高粱、花生的果实、种子以及草籽等。

4. 大仓鼠

广泛分布于我国南北各地。栖息于平原或山区的农耕地带。洞穴多开于耕地旁或附近的荒草地、坟地中。

大仓鼠洞最容易与其它鼠洞区别。特征是自洞口一开始就垂直往下，深入 15~17 厘米，再开始分叉。洞口 1~5 个，一般为 2 个，其中 1 个是通气孔，洞口直径 4~10 厘米。穴道距地面约 25~75 厘米，长 150~500 厘米，窝 1 个，直径 10~20 厘米，铺以棉花、柔软杂草茎叶等物。有仓库 1~5 个。贮存的农作物种籽、筑窝材料与洞周围的农作物、杂草种类相一致。

5. 中华鼯鼠（鼯鼠）

分布于我国西北地区。栖息于耕地、草地及丘陵等处，地下穴居很少外出。

中华鼯鼠的洞内部有错综复杂的穴道、窝、仓库、厕所等。仓库内储食物。洞穴的构造因季节及性别有所不同，春秋雨季的洞比较复杂，而夏季的洞分枝少而浅，没有窝和仓库。雌鼠洞穴的构造复杂而集中。雄鼠的较简陋，没有窝，仓库存粮少而且很分散。

6. 小家鼠

遍布我国各地。野外的小家鼠，在田埂等处挖洞。它的洞穴构造比较复杂。有洞口 1~2 个。直径约 2.5~4.5 厘米，洞道分枝很多，窝距地表 30~40 厘米，窝的直径在 10 厘米左右，窝内填有稻草等物。

7. 社鼠

广泛分布于我国南北各地。栖息在岩石和灌木较多的山区。洞穴位于岩石下面。洞有洞口 2~3 个，内有复杂的通道，窝椭圆形，距洞口约 1 米半，离地面约半米。窝内四周围以枯枝和草根，中间铺以树叶。洞穴内还有粮仓。

7.5 活动方案举例

灰喜鹊生活习性观察

灰喜鹊 (*Cyanopica cyana*) 又称蓝膀鹊。属雀形目，鸦科。在我国南北都有分布，一般栖息于低山区、平原的田野村庄以及城市公园的树林中，为各地习见留鸟。

一、活动目的

(1) 了解灰喜鹊的各种生活习性，并进而认识灰喜鹊的各种生活习性对其生存发展的意义。

(2) 通过了解灰喜鹊食性，认识灰喜鹊与人类的关系。

二、活动设计

(1) 观察地点。选择学校附近有灰喜鹊经常出没的片林，作为观察点。

(2) 观察时间。在灰喜鹊繁殖季节，每天清早和傍晚到观察点进行观察。

三、观察内容和方法

(1) 飞翔和栖止状态。灰喜鹊不喜久留一地，经常穿行于树枝间，或在地上不停地跳跃觅食。

观察时应注意以下三点：

飞行的姿态、高度、速度和距离。

栖止的位置和栖止时的各种动作。

早上开始活动和傍晚停止活动的时间。

(2) 取食。灰喜鹊为杂食性。既吃各种昆虫，也吃植物种子。观察时，可凭借望远镜观察灰喜鹊的取食种类、地点和方式。为了核实所看到的情况，应在灰喜鹊离开后，到它取食地点就近观察所食昆虫和种子，将取食的种类核对清楚。

(3) 鸣叫。灰喜鹊的鸣叫声单调明朗，边飞边叫，喧闹不宁。观察时，要注意灰喜鹊在单独活动、集群活动、遇到惊吓以及驱赶侵入巢区的其它鸟类时，鸣叫的音韵和频率有无区别，并应及时将鸣声进行记录。

(4) 种间、种内关系。灰喜鹊是一种喜结小群活动的鸟类。观察时，要注意灰喜鹊集群的数目、鸟群是否具有家族形式，有无集体护巢行为等。

四、分析

观察结束后，应该从以下两个方面进行分析：

(1) 分析生活习性与生存发展的关系。灰喜鹊在我国分布广、个体数量多，是很多地区的习见种。灰喜鹊之所以如此，与它的生活习性有何关系？要对每项生活习性具体进行分析。

(2) 分析灰喜鹊的益害。各种资料都认为灰喜鹊是一种益鸟，究竟益在何处？是否有为害农作物的现象，可对取食成分具体进行分析。本章思考题

1. 如何通过食性调查来判断一种两栖类动物是有益动物还是有害动物？

2. 在进行爬行类动物活动规律观察时，应注意的环境因素有哪些？怎样考察这些因素？

3. 应该从哪些方面进行鸟类生活习性的观察？观察中应注意哪些问题？

4. 说明观察鼠类洞穴的方法步骤。

本章作业

进行一次蛙类食性调查活动，并写出调查报告。调查报告内容应包括调查时间、地点、蛙的种类、胃容物收集方法、食物成分鉴定、资料统计和分析等。

本章参考书目

1. 华东师范大学等 1981 《动物生态学》（上、下册） 高等教育出版社

2. 盛和林等 1984 《脊椎动物学野外实习指导》 高等教育出版社

3. 郑作新等 1959 《鸟类野外工作手册》 科学出版社

4. 季达明等 1989 《动物行为》 辽宁教育出版社

5. 武汉大学等 1978 《普通动物学》 人民教育出版社

（杨 悦）

第八章 淡水浮游生物调查

导 言

淡水浮游生物调查是一项很有意义的工作，它既能为发展淡水养殖事业提供活饵料种类和数量，又能为水域生态系统生物链的组成，提供各种资料。随着淡水养殖事业的不断发展，这项工作的意义越发显得重要。

中学生没有系统学习过淡水生物学，对淡水浮游生物了解得很少，再加以浮游生物体型微小，以致对浮游生物比较陌生。正因为如此，组织中学生参加淡水浮游生物调查，就能使他们的知识和科技能力得到大幅度提高。

根据中学生的上述特点，本章在内容上，除编写了淡水浮游生物的调查方法以外，还编写了浮游生物的生态类别和组成。在组成方面，着重介绍了淡水浮游生物的分布、习性和经济意义，这些知识都和调查方法紧密联系，是调查工作不可缺少的基础知识。

本项科技活动适合中学高年级学生参加。

8.1 浮游生物的生态类别

浮游生物是指缺乏游动能力或游动能力很弱，以悬浮状态生活在水中的一个生态类群。各种浮游生物的体型都很微小，肉眼一般很难看到，通常数量多，分布广，常悬浮于水中随波逐流。人们按照营养方式、体型大小、与生活习性，将浮游生物分为以下各种生态类别。

一、按营养方式划分

(1)浮游植物。浮游植物通常就是指浮游藻类。各种浮游植物都可以利用日光能，自己制造有机物质。营养方式为自养型。

(2)浮游动物。各种浮游动物只能利用现成有机物质为营养。营养方式为异养型。

二、按体型大小划分

(1)大型浮游生物。体长在5毫米以上，这种类型在淡水中极为少见。

(2)中型浮游生物。体长在1~5毫米之间，这种类型常见于浮游动物，如枝角类、桡足类。

(3)小型浮游生物。体长0.05~1毫米之间，主要为浮游植物、原生动物和轮虫等。

(4)微型浮游生物。体长小于0.05毫米，主要为一些微小的浮游植物、细菌及部分微型原生动物。

三、按生活习性划分

(1)真正浮游生物。整个生活史都是在水中以悬浮方式完成的，因此又称为永久性浮游生物。

(2)兼性浮游生物。除营浮游生活外，还可以营附着生活的种类。

(3)阶段性浮游生物。仅在生活史的某一个阶段营浮游生活，其它阶段则在水底部休眠或者有性生殖产生的合子沉在水底等。

(4)偶然性浮游生物。本来不营浮游生活，而是一个底生、着生甚至陆

生种类，因水、风或其它因素而漂浮于水中，偶而在浮游生物类群中出现。因此，这类浮游生物又称假性浮游生物。

8.2 淡水浮游生物的组成

一、浮游植物 (Phytoplankton)

淡水浮游植物主要由藻类、细菌和藻状菌植物中的一些种类组成。本节只介绍与淡水渔业有关的浮游植物，其类群主要有蓝藻门、绿藻门、裸藻门、金藻门、黄藻门、硅藻门和甲藻门等七类。

1. 概论

(1) 体型。浮游植物一般都是小型，肉眼难以看到，需借助显微镜方能观察其细微结构。它们有的是单细胞体，有的是群体，有的则是丝状体，丝状体种类大多不分枝。浮游植物的细胞主要有球形、椭圆形、卵形、圆柱形、纺锤形、纤维形等各种形状；另外，有些种类的细胞扁平、阔展成四方形、三角形、圆盘形、板片形等，这样的形状具有较大的相对面积，更容易悬浮于水中。

(2) 细胞结构。在细胞结构方面，浮游植物通常都有细胞壁，但裸藻类无细胞壁，仅有一层由原生质特化的表膜。细胞内部，除蓝藻类以外，都具有真核。在细胞质中，因种类不同而含有不同的色素。主要色素有叶绿素、黄色素、胡萝卜素和藻色素。各种浮游植物的色素由多种色素配合而成，由于色素的种类以及配合比例的不同，使得各种浮游植物具有不同的体色。除蓝藻类以外，浮游植物的色素均集结成色素体。

(3) 运动。有些浮游植物具有鞭毛，可以自由游泳；有些则不具鞭毛，不能游动，只能随水漂浮。具有鞭毛的浮游植物，其鞭毛的数目、长短及着生部位，因种类而不同。

(4) 繁殖。浮游植物的繁殖能力很强，繁殖方式有三种类型，即营养繁殖、无性繁殖和有性繁殖。营养繁殖和无性繁殖比较普遍，有性繁殖仅绿藻类具有。

2. 蓝藻门 (Cyanophyta)

蓝藻门约有 150 属 1500 种。植物体通常呈蓝色或蓝绿色，有单细胞体、群体和丝状体等不同体型。构成植物体的细胞均为原核细胞。

(1) 分布。本门植物分布广泛，但大多数都生活于淡水中，成为淡水浮游植物的重要组成部分。生活在淡水中的浮游蓝藻，在温暖季节里常大量繁殖、集聚水面形成“水华”。形成水华的蓝藻主要有：微孢藻 (*Microcystis*)、项圈藻 (*Anabaena*)、螺旋藻 (*Spirulina*)、节旋藻 (*Arthrospira*)、拟项圈藻 (*Anabaenopsis*)、腔球藻 (*Goelosphaerium*)、尖头藻 (*Raphidopsis*)、颤藻 (*Oscillatoria*)、片藻 (*Merismopedia*)、席藻 (*Phormidium*) 等 10 多个属。

(2) 经济意义。以往人们认为蓝藻不能为鱼类消化利用，不适宜作为鱼类饲料。但在我国南方蓝藻常年大量出现的鱼池中，鱼类生长良好。据陕西水产研究所试验结果，用螺旋项圈藻 (*Anabaena spiroides*) 饲养白鲢，有极为良好的效果。而且用同位素标定测定消化情况，表明能够被白鲢消化、吸收。又据国外材料介绍，草鱼和鲤鱼也可以消化吸收蓝藻，爪哇罗非鱼 (*Javatelapia*) 可以完全消化拟项圈藻；香鱼 (*Chanos chanos*) 可以消化颤藻、林氏藻 (*Lyngbya*) 胶鞘藻 (*Phormidium*) 和螺旋藻等蓝藻类。因此，过去那种认为蓝藻不能为鱼类消化利用的概念应该予以纠正。

然而大多数蓝藻，特别是那些小型的单细胞藻类，对鱼类的消化情况较差。微胞藻和项圈藻生长过盛时，在夜间消耗大量水中氧气，使水中含氧量下降，同时它们死亡分解后，能产生有毒物质，从而导致鱼类致病或死亡。所以对浮游蓝藻在淡水鱼类养殖上的作用，不能一概而论。

3. 裸藻门 (Euglenophyta)

本门约有 40 属、800 多种，除胶柄藻属 (*Colacium*) 外，都是无细胞壁、有鞭毛、能自由游动的单细胞藻类。常见属种有裸藻属 (*Euglena*)、扁裸藻属 (*Phacus*) 和囊裸藻属 (*Trachlo-monas*) 等。

(1) 分布。裸藻门植物主要分布在淡水中，特别在有机质丰富的小水坑和小水洼内最为常见，营浮游生活。本门植物喜强光和较高的水温，在温暖季节常大量繁殖使水呈绿色，并浮在水面上形成暗灰色或黄绿色的水华。

(2) 经济意义。过去人们认为裸藻是鱼类不能消化的种类，但据不少渔民经验，认为池中裸藻出现，表明水质轻肥，对鱼类生长有利。近年来国内外的研究工作也表明，裸藻是白鲢容易消化的食物，其中如血红裸藻 (*Euglena sanguinea*) 还是一种优质饵料。当然，也有一些种类不易为鱼类消化，如绿裸藻 (*Euglena* sp.)

4. 绿藻门 (Chlorophyta)

本门是藻类植物中最大的一门，约有 350 属、5000 ~ 8000 种。植物体通常呈草绿色。形态多种多样，有单细胞体、群体、丝状体和叶状体等不同体型。

(1) 分布。绿藻门植物绝大多数的种类分布于淡水中，江河、湖泊、溪流、池塘、沟渠、甚至积水坑中都有分布。许多单细胞体、群体和丝状体种类，漂浮在水中，营浮游生活，是淡水浮游植物的重要组成部分。淡水中常见的有团藻目 (*Volvocales*)、四孢藻目 (*Tetrasporales*)、绿球藻目 (*Chlorococcales*) 和接合藻目 (*Conjugales*) 等，其中绝大多数种类营浮游生活。

(2) 经济意义。绿藻种类繁多，常大量繁殖形成水中优势种，是水生动物和养殖鱼类直接或间接的饵料。小型绿球藻类是浮游动物的良好食物，丝状体种类常为鲤鱼、鲫鱼所直接摄食。但水中如果绿藻繁殖过多，能引起水中气体含量不稳，不利于鱼类生活。在鱼苗池中，当日光增强、绿藻类过分繁殖时，使水中氧气饱和，鱼苗易生气泡病。另外，水网藻 (*Hydrodictyon*) 大量繁殖时，能妨碍鱼苗正常活动，甚至使游入其中的鱼苗囚死。

5. 金藻门 (Chrysophyta)

本门约有 70 属、250 种，植物体多为单细胞体和群体，具鞭毛，营浮游生活。淡水中常见的浮游属种有金藻属 (*Chromulina*)、鱼鳞藻属 (*Mallomonas*)、钟罩藻属 (*Dinobryon*)、赭球藻属 (*Ochromonas*) 及合尾藻属 (*Synura*) 等。本门植物的植物体常呈金黄褐色。

(1) 分布。金藻类主要分布于淡水中，营浮游生活。淡水种类大都喜欢生活于软水及透明度较大的清水中，多出现于水温较低的春秋季节，夏季的数量明显减少。在水中，金藻类大多分布在中下层，就湖泊而言，多出现湖泊的中央区域，近岸区域的数量不多。采集金藻，要在早春、晚秋低温季节，到山溪、水库和湖泊等清洁水域，常可采集到大量金藻。但本门中能运动的种类大多没有细胞壁，采来的标本不易保存，通常须用活体标本进行种类鉴定。

(2)经济意义。金藻类多数种类原生质体裸露，并含有白糖素、油滴等丰富的营养物质，成为鱼类容易消化的饵料。尤其在早春、晚秋低温季节正值其它藻类数量锐减之时，金藻类恰在此时大量繁殖，更显示它在鱼类养殖上的意义。

6. 黄藻门 (Xanthophyta)

本门约有 75 属、370 余种，植物体通常呈黄绿色，大多数种类是不运动单细胞体或群体。

(1)分布和习性。黄藻门植物主要为淡水产，喜欢生活于半流动、较清洁的软水中。淡水中常见的浮游属种有黄球藻属 (Gloeobotrys)、葡萄藻属 (Botryococcus)、黄丝藻属 (Tribo-nema)、变形藻属 (Chloramoeba) 和顶刺藻属 (Centritractus) 等。

(2)经济意义。本门植物大部分种类可作为鱼类的天然饵料，但丝状体属种 (如黄丝藻) 和有胶被的属种 (如葡萄藻)，鱼类食后不易消化。本门种类如果在水中大量繁殖，其它浮游藻类就会大量减少。

本门植物多出现于寒冷季节，常混杂于其它藻类中。

7. 硅藻门 (Bacillariophyta)

本门约有 155 属、5400 余种。植物体为单细胞体或群体，群体有丝状、带状、星状和放射状等。本门植物的细胞壁含硅质，由上、下两壳套合而成。

(1)分布。淡水中的硅藻以羽纹目 (Pennales) 的种类最多，而且常见。其中有不少浮游种类。硅藻门植物通常喜低温，在光线极其充分而温度又较低的春秋两季，常能大量繁殖。就地区分布情况来看，温度低的温带、寒带、高山、高原等地区的种类多，数量大。

(2)经济意义。硅藻是鱼类和其它水产动物的饵料，是水域食物链中的重要环节。然而，有时硅藻大量繁殖，水中营养物质突然减少，会导致硅藻大量死亡，而使水体发生腥臭，不利于鱼类生存。

8. 甲藻门 (Pyrrophyta)

本门共有 135 属、1000 余种。植物体大都为能游动的单细胞体，体型略成球形、椭圆形等，体色通常为黄绿色或金黄褐色。

(1)分布。本门的淡水浮游种类均来自隐藻纲 (Cryptophyceae)。隐藻纲喜欢生活于含有机质多，硬度大的池塘、小型湖泊和水库中，温暖季节尤其多见。

(2)经济意义。淡水中的隐藻纲植物，是肥水养鱼池中最常见的优势种类，大部分种类都能被鱼类消化利用，是淡水养鱼的重要天然饵料之一。

二、浮游动物 (Zooplankton)

淡水浮游动物主要由原生动物、轮虫、枝角类和桡足类等四类组成。它们在淡水鱼类的饵料生物中，占有相当大的比例，绝大部分鱼类的幼鱼和花鲢终生都以浮游动物为饵料。

1. 概论

淡水的浮游动物，除了主要营浮游生活外，都能兼营底栖生活，即在成年时期，有时会沉到水底或暂时附着在水生植物或其它物体上。

浮游动物的食物，主要是细菌、有机碎屑、浮游植物和其它种类的浮游动物。

在繁殖方面，浮游动物的繁殖力很强，生殖方式有无性繁殖和有性繁殖

两种。

淡水中各种浮游动物，都有特殊方法适应外界不良条件，如在干旱或寒冷气候条件下，原生动物能形成孢囊，轮虫能形成休眠卵等。

2. 原生动物 (Protozoa)

原生动物是一类由单细胞构成的微小动物，共有 30000 余种，有不少种类生活在淡水中，营浮游生活，常见属种有变形虫、表壳虫 (*Arcella*)、太阳虫 (*Actinophrys*)、栉毛虫 (*Didinium*)、漫游虫 (*Litonotus*)、草履虫、喇叭虫 (*Stentor*) 等。

(1) 分布和习性。原生动物由于体形小，孢囊又能抵抗干旱，所以极易为风力和动物传播，又由于生活周期很短，即使在仅仅存在几天的雨后积水坑中也能繁殖后代，所以几乎任何有水的地方都有原生动物的存在，而且大多数种类都是普生性的种类。

原生动物以单细胞藻类、细菌、其它原生动物以及各种有机碎屑作为食物，所以在富含藻类和细菌的静水水体中，原生动物的种数和个体数都很丰富，反之，在水质清彻的流水中，则很少能见到它们。

温度对原生动物个体数量的影响十分显著，大多数原生动物最适的温度范围是 16~25，但是即使在 10 以下和 28 以上的水中，原生动物种类组成仍然相似。因此，夏季和冬季水体中原生动物的差别主要在个体数量方面。

(2) 经济意义。原生动物中许多种类是淡水鱼类、贝类的天然饵料，可以直接或间接地被鱼类所利用。另外，由于原生动物以细菌、有机碎屑为食物，因而能促进水体净化。

3. 轮虫动物门 (Rotifera)

轮虫是一类体型很小的多细胞动物，体长仅 100~500 微米，已知约 1500 种。淡水轮虫在我国分布最普遍的有螺形龟甲轮虫 (*Keratella cochlearis*)、矩形龟甲轮虫 (*Keratella quadrata*)、针簇多肢轮虫 (*Polyarthra trigla*)、长三肢轮虫 (*Filinia longiseta*)、前节晶囊轮虫 (*Asplanchna priodonta*)、梳状疣毛轮虫 (*Synchaeta pectinata*)、颤动疣毛轮虫 (*Synchaeta tremula*)、角突臂尾轮虫 (*Brachionus angularis*)、萼花臂尾轮虫 (*Brachionus caliciflorus*) 等 21 种。

(1) 形状。多数轮虫体型纵长，少数为袋形或近圆球形。轮虫身体分为头冠部、躯干部和足部三部分。其头冠部的纤毛不停摆动，有如车轮不停地运转，从而获得了轮虫这一名称。

(2) 分布。轮虫中约有 75% 的种类生活在淡水中，其中有少数种类营浮游生活。绝大多数轮虫是普生性种类。我国常见的 21 种轮虫，在世界其它国家也同样普遍存在。浮游轮虫具有高度的生态耐性，从很浅的池沼到深水湖中都能生存。

(3) 经济意义。轮虫以单细胞藻类、有机碎屑、原生动物、小型桡足类以及不同种类的轮虫为食，同时它们又是鱼类和其它水生动物的饵料。特别当鱼苗卵黄囊消失后，开始主动寻食时，轮虫是最适口的天然饵料，有些成鱼 (如鳙鱼) 也吃很多轮虫，而且消化良好。

轮虫能利用鱼类所不能利用的藻类，是淡水水域生态系统食物链上的重要环节，对提高水域生产力具有重要意义，与淡水养鱼的关系十分密切。

4. 枝角类 (Cladocera)

枝角类通称水蚤，是一类小型甲壳动物，体长平均为 1 毫米，通常用肉眼可以看到。全世界枝角类有 500 ~ 600 种。淡水常见属种有水蚤、薄皮蚤（*Leptodora*）等。

(1)形态。枝角类体短，左右侧扁，分节不明显，身体被两瓣透明的壳瓣复盖着。头部有显著的黑色复眼，第二触角十分发达，枝角状，为主要游泳器官。

(2)分布和习性。枝角类大多数生活在淡水中，少数生活在海洋里。淡水中的种类一般生活在水流缓慢、水质肥沃的水域，湖泊、池塘中的数量常较水库、江河为多。枝角类大多营浮游生活。

枝角类的取食方式分为猎食性和滤食性两类。猎食性的种类不多，如薄皮蚤和大眼蚤（*Polyphemus pediculus*）等，主要猎食原生动物、轮虫、小型甲壳动物及大型藻类。滤食性种类占大多数，主要滤食酵母、细菌、单细胞藻类及有机碎屑等。

(3)经济意义。枝角类常见种类并不多，但数量很大，是淡水鱼类的天然饵料的主要组成部分。特别在鱼苗放养的中、后期，枝角类是最重要的天然饵料。之所以如此，是由于枝角类体内含有丰富的蛋白质，其中含有鱼类需要的全部氨基酸。此外，枝角类还含有鱼类生长发育所必需的脂肪和钙质。人工养殖鲤鱼时，如完全喂以枝角类，代谢强度就可提高 100%。只用枝角类饲喂鲟鱼、白鲑的幼鱼时，不但生长良好，对高温、缺氧、污染等不良环境条件的抵抗能力也增强。如只用一种其它活饵料，则幼鱼生长不良，易患各种疾病。所以淡水养鱼的鱼产量与枝角类有着十分密切的依从关系。

5. 桡足类（Copepoda）

是一类小型甲壳动物，体长不超过 3 毫米。全世界的桡足类共有 7500 种，淡水常见属种有剑水蚤、真剑水蚤（*Eucyclops*）等。

(1)形态。桡足类身体纵长，分节明显，没有显著的被甲。身体分节，分头胸部和腹部，头胸部具有 1 对发达的小触角和 5 对胸肢，腹部无附肢，其末端具 1 对尾叉。

(2)分布和习性。桡足类一般营浮游生活，大部分种类分布于海洋，少数种类分布于淡水中。淡水中的桡足类是浮游动物中的一个重要组成部分。

桡足类取食方式也分为滤食性和捕食性两类。滤食性种类主要滤食细菌、有机质碎屑、单细胞藻类等。捕食性种类则捕食原生动物、轮虫、枝角类、水蚯蚓、其它桡足类等。有些种类，如剑水蚤，还捕食鱼卵和出膜不久（3~5 天）的仔鱼。

(3)经济意义。桡足类分布广，数量多，也是淡水鱼类的重要天然饵料。但它们的繁殖速度比轮虫和枝角类慢，并且运动迅速，幼鱼不易捕到。此外有的种类伤害鱼卵和仔鱼，进行人工孵化时，必须注意这一点，以免影响孵化率。

8.3 淡水浮游生物的调查方法

淡水浮游生物调查有定性调查和定量调查两种类型。定性调查是指采集浮游生物进行属种鉴定的过程，其目的在于了解水体中浮游生物的种类组成、出现季节及其分布状况。定量调查是指采集浮游生物，确定个体数目或重量的过程，其目的在于探明各种浮游生物在水体中的数量及其变化情况。定性调查是定量调查的基础，定量调查则是定性调查的发展和补充，二者相辅相成，在实践中常相互结合进行。

一、调查用品用具

(1)网具

浮游生物定性网：用于表层 50 厘米内各种浮游生物的定性采集。由铜环、缝在环上的圆锥形筛绢网袋及连在网袋末端的集中杯（网头）三部分组成（其外形见本书图 2-3）。由于浮游生物大小各不相同，为了采全各种浮游生物，应使用 25#、20#、13#三种规格。其中 25#网适于采集个体较小的浮游植物，其网孔大小为 0.064 毫米；20#网适于采集一般浮游植物及中小型浮游动物，其网孔大小为 0.076 毫米；13#网适于采集大型枝角类和桡足类等浮游动物，其网孔大小为 0.112 毫米。中学生开展本项活动时，可以只用 20#网进行采集。

定性网可以自己裁剪制作，裁剪时可按图 8-1 所示方法进行。如网口直径为 20 厘米，其半径为 10 厘米，可依 $c=2r$ 公式计算，从 a 到 b 的弧长为 62.8 厘米，a 至 c 为网的长度即 60 厘米，这样就可按照图 8-1 中的 1 与 2 所示方法进行裁剪。缝合时，应该用细针，以免网上留下针孔，造成浮游生物自针孔流失。网衣应该用 10 厘米宽的白布条固定在铜环上，使筛绢不与铜环直接接触。在网的末端装配集中杯。为了使网衣坚固耐用，最好在缝合处加缝 2 厘米宽的白布条。

定性网各部分的尺寸规格，依型式不同而有差别，其尺寸规格见表 8-1。

表 8-1 浮游生物定性网规格

单位：厘米

型 号	小 型	中 型
网袋入口直径	25	40
网锥体侧面动线长	55	100
集中杯直径	3.5—4	6

浮游生物定量网：用于表层 50 厘米内各种浮游生物的定量采集。其组成、质地、规格尺寸和制作方法与定性网基本相同。二者有两点区别。一点是定量网前端有两个金属环（前小后大），两环间有一圈帆布，称为上锥部（附加套），用途在于减少由于曳网时浮游生物随着逆流向外而流失；另一点是网身较定性网略长（图 8-2）。

定量网有大小不同类型，各类型规格尺寸见表 8-2。

表 8-2 浮游生物定量网规格

单位：厘米

型 号	小 型	中 型
网袋入口直径	10.8	20
附加套圆锥体侧面动线长	15	38—40
网锥体侧面动线长	40	100
大环直径	25	40
集中杯直径	4	6

(2)采水器 :用于采集 50 厘米以下水层中的浮游生物。采水器种类较多，常用的有瓶式采水器、北原式采水器和颠倒式采水器三种。中学生可使用瓶式采水器进行采集。

瓶式采水器又称采水瓶，通常须自行制做。其制做方法是：取容量为 1 升的广口瓶，瓶底附加一重量约 1500 克的铅块或铁块，使瓶可以沉没水中。瓶口加橡胶塞，塞上穿 3 个孔，1 孔插温度计；1 孔插入 1 根较长的玻璃管，管的下端要接近瓶底这是进水管；1 孔插入 1 短玻璃管，其下端应恰好位于橡胶塞的下端，这是排气及出水管。两根玻璃管的上端，均露出橡胶塞上 5 厘米左右。用 1 根长约 23 厘米、口径比玻璃管稍大的橡胶管，将两根玻璃管连接起来，接于出口管的一端要扎紧，以免脱落，接于进水管的一端不扎紧，保持松动状态，并在橡胶管靠近进水管的部位系上 1 根细绳，以便采水时可以拉脱橡胶管，使水样流入瓶中。两根玻璃管的直径应在 10 毫米以上，以便使水流入较快，而且较大的浮游动物也不易逃脱。在广口瓶上，用粗铅丝做 1 个环，系上 1 根粗线绳，绳上做好尺度标记。

用瓶式采水器采集时，将瓶塞塞紧，并将进水管的上端用水沾湿，套好橡胶管。然后手持粗绳，将瓶沉入水中，根据尺度标记，至需要采集的深度，轻拉细绳，使橡胶管与进水管脱开，水便从进水管进入瓶中，而瓶内空气则从排水管排出。约 3~5 分钟后，待温度稳定，将瓶提出水面，先记录水温，再将水样由出水管倒出。

瓶式采水器制做简单，使用方便，但采水深度不大，一般只适合于 5 米深度以内的水域。另外，由于进水管的管口不大，不易采得大型浮游动物。因此应与定量网配合使用。

(3)沉淀器：用于沉淀已固定的水样，沉淀器可以 1000 毫升广口瓶或分液漏斗代用。

(4)计数框：用于在显微镜下统计浮游生物的数目。

(5)测微尺：测量视野面积。

(6)鲁哥氏液和福尔马林液：用于固定水样中的浮游生物（鲁哥氏液的配制方法见本书第二章第五节）。

(7)其它：显微镜、虹吸管、30 毫升定量瓶、标本瓶等

二、定性调查

1. 采样

(1)浮游植物采样。采集浮游植物时，可用 25#定性网在选定的采集样点上进行水平拖取。在水库和中、小型湖泊采集时，可将定性网缚于船上，以慢速拖曳，时间一般为 10~20 分钟。如在坑塘等小水体中，可将定性网缚于长 2 米的竹竿上，将网置于水中，使网口在水面以下深约 50 厘米处，做“ ”

形反复拖曳，拖曳速度每秒约 20~30 厘米，时间为 3~5 分钟。然后将网提起抖动，待水滤去后，打开集中杯，倒入贴有标签的标本瓶中。如果采样点距离学校较近，可将样品分装两瓶，1 瓶按 100 毫升样品加入 1.5 毫升鲁哥氏液的比例进行固定，也可用 4% 福尔马林液固定样品，留作日后进行属种鉴定，另 1 瓶不进行固定，带回学校作活体观察之用。

(2) 浮游动物采样。采集浮游动物的方法与上述浮游植物的采集方法相同。在网具方面，采集原生动物和轮虫可用 25# 定性网，但采集枝角类和桡足类，则应改用 13#—18# 的定性网捞取。

2. 观察鉴定

将新鲜或固定的水样，置于显微镜下进行属种鉴定。对于优势种应该鉴定到种，一般种类可鉴定到属。鉴定结束后，应将鉴定的种类列出名录。对中学生来说，观察鉴定各种浮游生物是一件难度很大的工作，教师应结合观测点的浮游生物种类，事先向学生讲解它们的形态、结构特征，使学生对各类浮游生物有所了解。在镜检定性时，应参照淡水浮游生物图谱一类资料，进行种类鉴定。如果鉴定到种属有困难，可按蓝藻、裸藻、绿藻、金藻、黄藻、硅藻、甲藻、原生动物、轮虫、枝角类和桡足类等大类进行鉴定。

三、定量调查

1. 采样

(1) 浮游植物采样。在每个样点上，根据水的深度用采水器采集水样。如果水深不超过 2 米，可以在半米处取水；如果水深 2~3 米，可分别在表层（离水面半米）及底层（离水底半米）各采一次水样；如水深在 3 米以上，则应增加中层采水，大约每隔 1 米半左右，加采一个水样。每次所采水样取 1000 毫升，立即加入 15 毫升鲁哥氏液固定，留作室内定量分析之用。

(2) 浮游动物采样。对于湖泊、水库等大型水域中的浮游动物，可用中型 20# 定量网垂直拖取。其方法是将网放在距水底 0.5 米处，然后垂直上拖，以 0.5 米/秒的均匀速度拖取。网自水中提出后，应将网口露出水面，不能再次浸入水中，而网衣部分，应反复入水，摆动冲洗，再行起水，如此反复数次，待网中水滤去后，打开集中杯，将样品置于收集瓶中，加入鲁哥氏液或福尔马林固定。定量网的上述采样，其水样体积计算方法可按 $r^2 \times H$ 公式推算水样体积（ r 为网口直径， H 为拖取的深度）。

对于坑塘等小型水域，可用舀水的方法采集水样，并及时进行固定。

2. 水样的沉淀浓缩

将已固定的水样，放入 1000 毫升沉淀器中静置 24 小时，使其充分沉淀。然后缓慢吸出上层清液，将剩下的 20 毫升左右的沉淀物转入 30 毫升定量瓶中，再用吸出的清液冲洗沉淀器 3 次，每次的冲洗液仍转入定量瓶中，并使最终容量为 30 毫升。如果标本需长时间保存，应加入 3~4 毫升福尔马林。定量瓶外应贴上标签，标签格式如下：

水样瓶标签

编号	水域名称
采样点	
水深	水温
分析项目	
采样时间	年 月 日

在沉淀浓缩过程中，应注意虹吸沉淀清液的速度，一般吸完 980 毫升水样，应将时间控制在 20~30 分钟之间，不应过快，以免搅动了沉淀而前功尽弃。如万一搅动了沉淀，则应重新沉淀。

3. 样品的定量

浮游生物定量的方法很多，现行的方法主要有以下三种。

(1) 个体计数法。又分为滴水计数法和视野计数法两种。滴水计数法。本项工作进行的方法步骤是：用测微尺测量显微镜的视野直径，备用；选择 1 个管口较平、管径较细的滴管，用小量筒测出其每毫升的平均滴数，备用；定量时，将样品充分摇匀，用滴管快速取出一滴样品，滴在载玻片上，加盖盖玻片，用液体石蜡封好盖玻片四周，置于显微镜下进行计数；计数时，一般最好计数半片，如果数行数，则应顺盖下去的方向，来回数等距离的数行；每份样品计数两次，误差不超过 5% 即可，如超过则需计数第三片。

计数完毕后，按以下公式求算每升水中浮游生物的个数：

$$\text{浮游生物个数 / 升} = \frac{m \times b \times d \times c}{a \times n \times L}$$

- a 视野直径；
- b 盖玻片边长；
- c 浓缩后的样品体积数 (ml)；
- d 定量用的滴管每毫升含有的滴数 (以每毫升含 25 滴左右为适宜)；
- m 数得的个体数目；
- n 观看的行数 (标本稀少时，可数等距离的 2~3 行)；
- L 采样的毫升数。

滴水计数法的要点是快吸快滴，如有误差，多半出在滴管的使用方法上。另外，浮游动物的个体较大，用本方法对浮游动物进行定量统计时，应使用管径较粗的吸管。

视野计数法。本项工作进行的方法步骤是：将定量瓶中的样品摇匀，吸出 0.1 毫升，用 0.1 毫升的计数框，在 400~600 倍显微镜下观察计数；每瓶要计数 2 片。取其平均值；每片规定计算 100 个视野，同一样品的两次计数结果与其均数之差超过平均值 $\pm 15\%$ ，需再计数一片。上述 3 片计数值中，如两个近似值与其平均数之差不超过 $\pm 15\%$ ，即可作为计数结果。

计数完毕后，按下列公式，求算 1 升水中浮游生物的个体数：

$$N = \frac{C_s}{F_s \cdot F_n} \times \frac{V}{U} \times P_n$$

- N 1 升水中浮游生物的个体数；
- C_s 计数框面积 (mm^2)；
- F_s 每个视野的面积 (mm^2)；
- F_n 计数过的视野数；

V 1 升水样经沉淀浓缩后的体积 (ml) ;

U 计数框的体积 (ml) ;

P_n 每片计数出的浮游生物个体数。

如果公式中 C_s、F_s、F_n、y、U 都固定不变，公式中的 $(\frac{C_s}{F_s \cdot F_n} \times \frac{V}{U})$

可用常数 K 代替，上述公式可简化为：N = K · P_n。

用个体计数法进行定量时，既要计算全体浮游生物的个体数，也要计算每个种（属）浮游生物的个体数，以便于分种（属）进行统计。

(2) 容积测定法。本法又分为沉淀法和排水法两种。

沉淀法。将浮游生物样品倒入量筒中，静置 24 小时，计算沉淀于量筒底的浮游生物容积。由于浮游生物的沉淀很疏松，所以本方法不太准确。

排水法。较沉淀法复杂。其方法步骤如下：取 1 片筛绢型号须与采集网的型号一致（或所使用的筛绢不会将浮游生物漏出），将其浸水后，用滤纸将水吸干（干的程度以挪动滤纸后没有水印为准），用镊子卷起筛绢，放入盛有清水的小量筒中，记下水体升高的数，取出筛绢，放在漏斗上，倒入已浓缩的浮游生物，待水滤出后，将包有浮游生物的筛绢放在滤纸上吸干，然后再放入小量筒中，记下水位升高数字，前后两次记数差，即为浮游生物的体积。由于淡水浮游生物的比重，可认为同淡水的比重近似，可以将体积单位（毫升）变为重量单位，即毫克/升（因为 1 毫升的水相当于 1000 毫克重）。用此法所得浮游生物的容积，是沉淀法的 20%。

(3) 重量测定法。本法又有湿重法和干重法两种。

湿重法。以筛绢将浮游生物过滤，并吸掉多余水分，然后称其重量。

干重法。将过滤的浮游生物样品，放在烘箱中烘干，然后称重（一般干重为湿重的 10%）。

容积测定法和重量测定法具有方法简便、迅速的优点，但两者都只能测定所采集的各种浮游生物的总体积和总重量，无法测出每一种浮游生物的数值。而用个体计数法既能计算出每种浮游生物的个体数，又可换算成每种浮游生物的体积和重量。其方法是先在显微镜下用测微尺测出每种个体的体积，然后乘以每种的个体数，所得数值，即可作为每一种的体积或重量。但个体计数法比较复杂，而且需要较长时间才能计算清楚。因此，中学生在进行浮游生物定量工作时，可根据活动开展的目的，确定使用某种方法。如果是一般了解淡水浮游生物的特点，可用容积测定法和重量测定法；如果是制定某一水域的养殖方案，则应采用个体计数法，以便能求算出每种（属）或每类浮游生物的个体数、体积和重量。

4. 记录

用个体计数法进行定量工作，还应按表 8-3 的格式进行记录。

表 8-3 浮游生物种（属）个体数量记录表

水域名称	年 月 日
水 温	气温

种(属)名称	采样点编号					备注
	1	2	3	4	5	

用其它方法进行定量工作，也应以采样点为单位，记录其全部浮游生物的体积或重量。

8.4 活动方案举例

池塘浮游生物调查

一、活动目的

了解池塘浮游生物的种类组成和个体数量；分析各类浮游生物间的食物关系；提出本池塘淡水鱼类的养殖方案。

二、准备活动用具用品

小木船（或橡皮筏）、采水器、20#浮游生物定性网和定量网、定量瓶、标本瓶、虹吸管、沉淀器、显微镜、计数框（如用滴水计数法则不用计数框）、测微尺、鲁哥氏液、福尔马林等。

三、活动方法设计

(1)测水深。乘木船用采水瓶上的测绳，在池塘东、西、南、北、中五个部位测量水深。本项工作需待木船在测量点上稳定下来、水体恢复原状后，方能进行。

(2)采样。在定性采集方面，浮游植物和浮游动物均用定性网在池塘各处表层进行采集。在定量采集方面，于测量水深的五个部位上，浮游植物使用采水器进行，浮游动物用定量网沿水体垂直方向拖取。

(3)固定。将采集的水样一半用鲁哥氏液固定，另一半留作活体观察。

(4)沉淀浓缩。将已固定的水样沉淀浓缩，并加福尔马林防腐。

(5)观察鉴定。在显微镜下对活体进行观察，根据各类浮游生物的特征，对照有关图谱，进行种类鉴定，并将鉴定结果进行记录。

(6)数量统计。用个体计数法进行数量统计工作，并将统计结果填写种（属）的数量记录表。

(7)总结分析

根据种（属）鉴定结果，查阅浮游生物食性方面的资料，确定各类浮游生物之间的食物关系，如果资料充分，可编制食物链或食物网。

确定本池塘中浮游生物的优势种类。

根据浮游生物的优势种，查阅淡水鱼类食性方面的资料，提出本地池塘淡水鱼类的养殖方案。

本章思考题

- 1.说明浮游生物的生态类别。
- 2.各类淡水浮游生物在分布习性方面各有何特点？这些特点对淡水浮游生物调查工作有何意义？
- 3.根据各类浮游生物的习性特点，分析它们在水域生态系统食物链中各占据什么位置？
- 4.各类淡水浮游生物有何经济意义？
- 5.说明淡水浮游生物的调查方法。

本章作业

进行一次淡水浮游生物的调查，并写出淡水浮游生物种或属的数量记录表。

本章参考书

- 1.大连水产学院主编 1982 《淡水生物学》(上、下册) 农业出版社
- 2.沈韞芬等 1990 《微型生物监测新技术》 中国建筑工业出版社
- 3.韩茂森等 1980 《淡水浮游生物图谱》 农业出版社
- 4.华东师范大学等 1982 《植物学》(下册) 高等教育出版社
- 5.中山大学生物系等 1978 《植物学》(系统、分类部分) 人民教育出版社
- 6.华中师院等 1983 《动物学》(上册) 高等教育出版社
- 7.任淑仙 1991 《无脊椎动物学》(上、下册) 北京大学出版社

(杨 悦)

第九章 微生物的培养和观察

导 言

在各种生物中，中学生最不熟悉的是微生物。尤其是其中的细菌，学生中很少有人能利用显微镜看到它的形态和结构。因此，开展微生物的培养和观察，可以使中学生有机会研究和了解各种微生物。另外，微生物的培养观察，属于实验操作型科技活动，难度较大，对学生动手能力的训练，起着十分重要的作用。

微生物是一个十分庞杂的类群，它包括细菌、放线菌、霉菌、酵母菌、立克次氏体、枝原体、病毒、单细胞藻类和原生动物等各类微小生物。根据中学生活动特点，本章仅围绕其中的细菌、放线菌、霉菌和酵母菌四类主要微生物，从主要类群、培养观察的设备器具、培养基的配制、灭菌、接种、分离、形态观察等方面深入进行了阐述。全章共分8节，其中第3~7节是本章重点。

9.1 微生物的主要类群

微生物一词并不是生物分类学上的名词，而是所有形体微小、单细胞或个体结构简单的多细胞、甚至没有细胞结构的低等生物的通称。它包括细菌、放线菌、霉菌、酵母菌、立克次氏体、枝原体、衣原体、病毒以及单细胞藻类和原生动物等各种生物类群，组成十分庞杂。常见的微生物类群主要有细

菌、放线菌、霉菌、酵母菌四类、其中又以细菌最为常见。一、细菌 (bacteria)

细菌是自然界分布最广、数量最大、与人类关系最密切的一类微生物。

1. 细菌的形态

细菌是单细胞生物，平均体长2~3微米，宽0.5微米，体型十分微小。细菌有球状、杆状和螺旋状三种基本形态，分别被称为球菌、杆菌和螺旋菌。

(1) 球菌 (Coccus)。球菌呈球形或近似球形，菌体直径在1微米左右。球菌分裂后产生新的细胞常保持一定的排列方式，在分类鉴定上有重要意义。例如分裂沿一个平面进行，分裂后的细胞分散而单独存在的，称为单球菌 (Micrococcus)；两个球菌成对排列，叫双球菌 (Diplococcus)；多个球菌链状排列，称为链球菌 (Streptococcus)。如果球菌按两个相互垂直的平面分裂，分裂后每四个细胞在一起呈田字形，称为四联球菌 (Tetracoccus)；按三个相互垂直的平面进行分裂，分裂后每八个球菌排列在一起成立方体，称为八叠球菌 (Sarcina)。如果分裂面不规则，多个球菌无秩序地堆集在一起，称为葡萄球菌 (Staphylococcus)。

(2) 杆菌 (Bacillus)。菌体杆状，其大小、长短和粗细差别很大。短的杆菌接近球菌，长的杆菌呈丝状。一般杆菌的长度为1~5微米，宽0.5~1.5微米。有的杆菌很直，有的稍弯曲。有的两端截平，有的稍圆。大多数杆菌菌体分散存在，但有的种类呈长短不同的链状排列，或一个挨一个呈栅状或八字形。杆菌的形状和排列方式在分类鉴定上也有一定意义。

(3) 螺旋菌 (Spirillum)。菌体呈弯曲状。根据细胞弯曲的程度和菌体

硬度，分为弧菌(*Vibrio*)、螺旋菌(*Spirillum*)和螺旋体(*Spirochaeta*)。弧菌菌体略弯曲；螺旋菌菌体坚韧并呈螺旋状弯曲；螺旋体菌体柔软，弯曲如螺旋状。

2. 细菌的细胞结构

细菌细胞主要由细胞壁、细胞质膜、细胞质、核质及内含物等构成。细菌细胞壁的重要成分是肽聚糖，而不含纤维素和几丁质。细菌没有真正的细胞核，核质分散于细胞质中，称为原核。

多数细菌在一定条件下，细胞壁周围包被着一层粘性的薄膜，称为荚膜。荚膜是一层透明的胶状物质，由多糖类物质组成，具有保护作用。

有些种类的细菌生长到某个阶段，菌体失去水分浓缩成1个椭圆形的内生孢子，称为芽孢。芽孢的壁很厚，渗透性很弱，含水少能抵抗不良环境，可生存十几年，遇到适宜环境条件，再发生成1个新的菌体。

螺旋菌和某些杆菌具有鞭毛，鞭毛是一种从细胞质膜上长出并穿过细胞壁的细丝，是细菌的运动工具。

3. 细菌的菌落特征

细菌在固体培养基上分裂繁殖时，许多细胞堆集在一起，形成肉眼可见的群体称为菌落。不同种类的细菌其菌落形态互不相同，表现在大小、形状、边缘、隆起、光泽、质地和颜色等方面。细菌菌落大小不一，小的不到1毫米，大的可以铺满整个培养皿；菌落形状有圆形、不规则形、卷发状、假根状等；菌落的隆起形状有扩展、台状、低凸、乳头状等；有的菌落有光泽、有的没有；有的菌落较粘，有的则较脆；菌落一般呈灰色，少数为白色、黄色、红色、绿色和棕色等。

4. 细菌的繁殖

细菌一般进行无性繁殖，表现为细胞的横分裂，称为裂殖。裂殖结果形成两个大小相同的子细胞。在最适宜的条件下，20~30分钟就能分裂1次，并可继续分裂若干次。当继续分裂时，常因养料供应不足或温度变化以及其它种种原因而停止分裂或死亡。

5. 细菌的经济意义

很多细菌对农业生产有益，如与豆科植物共生的根瘤菌、土壤中的固氮菌、磷细菌、硅酸盐细菌等种类。它们有的能固定大气中的氮素，为作物提供氮素营养；有的将土壤中复杂的有机物和不溶性物质进行分解，释放出作物可以吸收的营养物质。

在工业生产方面，利用细菌生产的工业很多，如利用细菌的发酵作用制造乳酸、酪酸、醋酸、丙酮等，此外，在造纸、制革、制糖和浸制麻纤维等方面，也要利用细菌的活动。

在医药卫生方面利用细菌也很多。如利用大肠杆菌产生的门冬酰胺酶，用以治疗白血病；肠膜状明串珠菌产生右旋葡萄糖酐，是很好的代用血浆；人们还利用毒性减低的病原菌制造菌苗和抗血清，用于预防和治疗疾病等。

但是，很多细菌能引起人类、家养动物、农作物发生多种疾病和病害。细菌对人类有害的方面也不容忽视。

二、放线菌(Actinomycets)

放线菌是介于细菌与真菌之间的一类微生物，大多为腐生菌，在自然界中分布非常广泛，主要存在于土壤、空气和水中。

1. 放线菌的形态

大部分放线菌的菌体由多细胞分枝状菌丝组成。菌丝大多无隔膜，其粗细与杆状细菌相似，直径为1微米左右。细胞中具核质而无真正的细胞核，细胞壁含有胞壁酸与二氨基庚二酸，而不含几丁质和纤维素。

放线菌的菌丝由于形态与功能的不同，分为基内菌丝、气生菌丝和孢子丝三部分。基内菌丝又称营养菌丝，长在培养基内，其主要功能是吸收营养物质，直径在0.2~0.8微米之间。气生菌丝系由基内菌丝长出培养基外伸向空间而成，较基内菌丝粗，直径为1~1.4微米，形状直伸或弯曲，有的产生色素。放线菌生长发育到一定阶段，在气生菌丝上分化出可形成孢子的菌丝，叫孢子丝。孢子丝的形状及其在气生菌丝上的排列方式，随种类不同而有差异，有的直伸，有的弯曲或螺旋；有的交替着生，有的轮生或丛生。

2. 放线菌的菌落特征

放线菌的菌落质地致密，表面呈紧密的绒状，或坚实、干燥而多皱。由于基内菌丝长在培养基内，所以菌落与培养基结合较紧，不容易被挑起，或者被挑起后不容易破碎。当孢子丝形成大量孢子布满菌落表面时，使菌落呈絮状、粉末状或颗粒状，而与细菌菌落判然有别。此外，如用放大镜仔细观察，可以看见菌落周围有放射状菌丝。

3. 放线菌的繁殖方式

放线菌主要通过形成无性孢子的方式进行繁殖。其孢子丝成熟时，分化形成许多孢子，称为分生孢子。分生孢子常具色素，呈白、灰、黄、橙黄、红、蓝、绿等颜色。

孢子丝形成孢子的方式有凝聚分裂和横隔分裂两种。大多数放线菌按凝聚分裂方式形成孢子，其过程是在孢子丝内从顶端到基部，细胞质分段围绕核质，逐渐凝聚成一串大小相似的小段，然后每一小段外面产生新的孢子壁而形成孢子，最后孢子丝壁破裂，将孢子释放出来。少数放线菌按横隔分裂方式形成孢子，其过程是在孢子丝内产生许多距离均等的横隔，然后在横隔处断裂形成孢子。

另外有些放线菌可在菌丝上形成孢子囊，在孢子囊内形成孢囊孢子，但这样的种类很少。

4. 放线菌的经济意义

放线菌的一个突出特性是产生抗菌素，迄今已知的抗生素中，有三分之二是由放线菌产生的，例如链霉素、土霉素、金霉素、卡那霉素、庆大霉素和春雷霉素等等。我国广泛推广应用的菌肥5406，也是由一种放线菌——泾阳链霉菌（*Streptomyces jingyangensis*）制成的。但是寄生性放线菌也能引起人和动植物的病害。

三、霉菌（Molds）

霉菌不是一个分类学上的名词，而是一些丝状真菌的通称。在分类学上，霉菌分属于藻状菌纲、子囊菌纲和半知菌纲。

霉菌菌体均由分枝或不分枝的菌丝构成，构成1个菌体的全部菌丝称为菌丝体。菌丝是纤细的管状体，直径约2~10微米。有些霉菌的菌丝无隔膜，为多核细胞，如根霉（*Rhizopus*）、毛霉（*Mucor*）等。大多数霉菌的菌丝有隔膜，隔膜将菌丝隔成多细胞结构。

霉菌的菌丝有一定程度的分化，部分菌丝长入培养基内称为营养菌丝，

伸出培养基外的称为气生菌丝，由于气生菌丝上常产生孢子，又称繁殖菌丝。有的菌丝产生色素，呈现不同颜色。

大部分霉菌的细胞壁由几丁质组成，几丁质为 N-乙酰葡萄糖胺凭借由 -1, 4 葡萄糖苷键链接的多聚体。霉菌的细胞核具核膜，因此其细胞为真核细胞。

2. 霉菌菌落特征

霉菌的菌落由分枝状菌丝组成。由于菌丝较粗而长，形成的菌落比较疏松，呈绒毛状、絮状或蜘蛛网状，一般比细菌菌落大几倍到几十倍。由于霉菌的孢子具有不同形状、结构和颜色，因而使得菌落表面呈现出肉眼可见的不同结构和色泽。

3. 霉菌的繁殖方式

霉菌的繁殖方式有营养繁殖、无性繁殖和有性繁殖三种。

(1) 营养繁殖。由菌丝中间个别细胞膨大形成的休眠孢子，其原生质浓缩，细胞壁加厚，可抵抗高温与干燥等不良环境条件。待环境条件适宜时，萌发成菌丝体，如毛霉属中的总状毛霉 (*Mucor racemosus*)。

(2) 无性繁殖。主要产生节孢子、分生孢子和孢囊孢子。

节孢子。由菌丝断裂形成。如白地霉 (*Geotrichum Candidum*)。

分生孢子。在菌丝顶端或分生孢子梗上，以类似出芽的方式形成单个或成簇的孢子。青霉 (*Penicillium*)、曲霉 (*Aspergillus*)、木霉 (*Trichoderma*) 和交链孢霉 (*Alternaria*) 等大多数霉菌均靠分生孢子繁殖。

孢囊孢子。由气生菌丝或孢囊梗顶端膨大，并在下方生出横隔与菌丝分开形成孢子囊，在孢子囊内形成孢子。产生孢囊孢子的霉菌均属藻菌纲。

(3) 有性繁殖。主要产生卵孢子、接合孢子和子囊孢子。

卵孢子。菌丝分化成卵囊和精囊，由精子和卵配合形成了卵孢子。

接合孢子。由两个相邻菌丝上的配子囊接合而成，如毛霉目 (*Mucorales*)。

子囊孢子。子囊菌纲的霉菌经有性配合后，形成子囊，在子囊内产生孢子。

霉菌的有性繁殖不象无性繁殖那样经常与普通，多发生于特定条件下，在一般培养基上不常出现。

4. 霉菌的经济意义

霉菌在生产上，除应用于酿酒、制酱和制作其它发酵食品外，是生产有机酸、抗菌素、酶制剂、维生素和甾体激素的主要微生物。农业生产上也利用霉菌进行饲料发酵、生产赤霉素、白僵菌农药等。

但霉菌往往引起农副产品、食品、衣服、原料和器材等霉烂，不少霉菌还能引起动植物病害，有的还使人产生疾病，直接危害人类。

四、酵母菌 (yeast)

酵母菌不是分类学上的名词，而是一个习惯上的名称。现知酵母菌大约有 39 属、370 余种，分属于子囊菌纲、担子菌纲和半知菌纲三个类群。

1. 酵母菌形态结构

大多数酵母菌为单细胞，一般呈卵圆形、圆形或圆柱形，细胞宽约 1~5 微米，长约 5~30 微米。有些酵母菌的细胞连在一起形成链状，称为假菌丝。

酵母菌与霉菌同属真核微生物，细胞中有真正细胞核。细胞壁的主要成

分为葡聚糖与甘露聚糖。

2. 酵母菌的菌落特征

大多数酵母菌的菌落与细菌菌落相似，但较细菌菌落大而厚，菌落表面湿润、粘稠、容易挑起，菌落颜色多呈乳白色，只有少数为红色。

3. 酵母菌的繁殖方式

有无性繁殖和有性繁殖两种。

(1) 无性繁殖。分为芽殖与裂殖。

芽殖。大多数酵母菌均用出芽的方式进行繁殖，称为芽殖。当环境条件适宜、生长繁殖迅速时，酵母菌出芽形成子细胞，子细胞尚未与母体分离，而又长出新的子细胞，这样就会形成成串的细胞，即假菌丝。

裂殖。少数种类的酵母菌象细菌那样，以细胞横分裂的方式繁殖，称为裂殖，如裂殖酵母属（*Schizosaccharomyces*）。

(2) 有性繁殖。有些酵母菌能以形成子囊孢子的方式进行有性繁殖。有性繁殖时，由两个营养细胞或两个子囊孢子形成子囊，在子囊中形成 8 个子囊孢子。凡具有有性繁殖产生子囊孢子的酵母菌，称为真酵母，尚未发现有性繁殖的称为假酵母。

4. 酵母菌的经济意义

大多数酵母菌为腐生，常生活在有糖的环境中。酵母菌用途广泛，除用于发面和酿酒外，还用于生产酒精、甘油、甘露醇、有机酸、维生素等方面。近年来，人们发现酵母菌体内的蛋白质含量可达干酵母的 50%，以通气的方式培养酵母菌，可产生大量菌体。据估计每生产 450 千克酵母菌，其所含蛋白质就相当于 1 头牛。因此酵母菌是一类很有利用价值的微生物。

少数种类的酵母菌营寄生生活，能引起人和动植物的病害。

9.2 微生物培养观察的设备和器具

微生物的培养观察，是一项实验操作型的科技活动，必须配备一定的设备和器具，方能保证活动顺利进行。现将主要设备和器具列举说明如下。

一、无菌室（接种室）或接种箱

要培养微生物，首先就需要接种，而接种必须在无菌条件下进行。这就需要建造无菌室或接种箱，为接种创造必要的条件。

无菌室可以建在实验室内，作为实验室的一个小套间。面积为 4~5 平方米，高 2.5 米左右。无菌室外应连接一个小缓冲间，面积为 2 平方米左右。缓冲间和无菌室的门不要建在同一条直线上，以减少空气中杂菌进入无菌室。

无菌室和缓冲间应作到清洁、密闭性好，室内最好有换气设备，以便在工作结束后更换室内空气。两个房间中应各安装 1 盏 30 瓦紫外线灯管和照明用的日光灯，无菌室的紫外线灯应悬吊在工作台的正上方，距台面 1 米，以发挥最大的消毒功能。无菌室内的工作台等用具用品，应经常保持清洁，避免杂菌污染。

如果没有条件建造无菌室，可以用木制的接种箱代替。接种箱结构简单，容易制作，其正面安装玻璃，便于观察。箱前方开两个圆洞各接连 1 只套筒，操作时将两臂从套筒伸入箱内进行操作。箱内也应悬吊一盏紫外线杀菌灯和一盏日光灯。接种箱的尺寸规格见图 9-1。

二、恒温箱

用于恒温条件下培养微生物。恒温箱的调温范围一般为 20~45 之间。培养酵母菌和霉菌时，一般可调至 28 ，培养细菌和放线菌时，可根据菌种的生长温度进行调温，一般为 30~37 。

三、电烘箱（干燥箱）

用于玻璃器皿等物的烤干和灭菌。电烘箱的调温的范围一般为 40~180 ，对玻璃器皿等物进行灭菌时，可将温度调至 160 ，灭菌 4 小时，即可将器皿上的微生物全部杀死。灭菌完毕后，在电烘箱温度还没有降到 50~70 以前，不要打开电烘箱，以免器皿破裂。

四、冰箱

用于保藏菌种和需要低温保存的药品。

五、高压蒸汽灭菌锅

是微生物学实验中最重要灭菌工具，用于一般培养基和玻璃器皿等物的灭菌。在 15 磅/英寸² 压力下 (121.6)，灭菌 15~30 分钟，可以杀死包括芽孢在内的全部微生物 (图 9-2)。

如果没有高压蒸汽灭菌锅，可用家用高压锅代替，或用一般铝锅进行间歇灭菌。

六、离心机

用它使菌体和液体培养基分开。一般多使用普通小型“蘑菇”式离心机，最高转数为 4000 转/分，用电力启动。如果没有条件置备电动离心机，可用手摇离心机代替。

七、接种针

用于接种和分离微生物。根据不同用途做成针状、环状、钩状、刀状和铲状等（图 9 - 3）。接种针由针头和针柄两部分组成。针头由白金或铬镍合金（细电炉丝）制成，长约 7 厘米。针柄可用玻璃棒或铝管制成，长约 20 厘米。将针头烧结在针柄上即成。

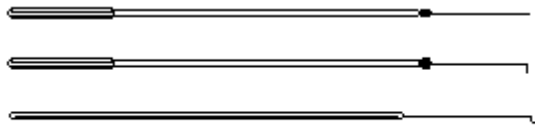


图9-3 接种针

八、天平

用于称量各种试剂。托盘天平或扭力天平均可，感量应为 0.01 克。

九、酒精灯

用于接种时对接种工具进行灭菌。酒精灯火焰上部温度最高，应利用这一最高温度区烧灼接种针或试管口。

十、显微镜

用于观察微生物的形态结构，显微镜应配备油镜头，以便能看清细菌的形态。

十一、常用玻璃器皿

(1)培养皿（平皿）：用于盛放固体培养基，是培养微生物和观察微生物的主要器皿。一般直径为 9 厘米。可根据活动规模准备若干个。

(2)试管：用于盛放斜面培养基（固体），是接种微生物的主要器皿。常用的有两种。较大的长 220 毫米，直径 20 毫米；较小的长 150 毫米，直径 15 毫米。可根据需要选用其中一种，并准备若干个。

(3)锥形瓶：用于盛放液体培养基。是用液体培养基培养微生物的主要器皿。一般容量为 50、100、250、300、500、1000 毫升。可根据活动需要选择和准备。

(4)量筒、量杯：用于定量量取各种液体。

(5)移液管（吸管）：一般容量为 0.5、1、5、10 毫升等，可根据需要选择和准备。

(6)其它：烧杯、漏斗等。

9.3 培养基的配制

培养基是人工配制的适合于不同微生物生长繁殖或积累代谢产物的营养基质，它是进行科学研究，生产微生物制品及应用等方面的基础。

一、培养基的类型

由于各种微生物所需要的营养不同，所以培养基的种类很多。据估计目前约有数千种不同的培养基，这些培养基可根据所含成分、物理状态、以及不同的使用目的等而分成若干类型。

1. 按照培养基的成分来分

培养基按其所含成分，可分为合成培养基、天然培养基和半合成培养基三类。

(1)合成培养基。合成培养基的各种成分完全是已知的各种化学物质。这种培养基的化学成分清楚，组成成分精确，重复性强，但价格较贵，而且微生物在这类培养基中生长较慢。如高氏一号合成培养基、察氏（Czapek）培养基等。

(2)天然培养基。由天然物质制成，如蒸熟的马铃薯和普通牛肉汤，前者用于培养霉菌，后者用于培养细菌。这类培养基的化学成分很不恒定，也难以确定，但配制方便，营养丰富，所以常被采用。

(3)半合成培养基。在天然有机物的基础上适当加入已知成分的无机盐类，或在合成培养基的基础上添加某些天然成分，如培养霉菌用的马铃薯葡萄糖琼脂培养基。这类培养基能更有效地满足微生物对营养物质的需要。

2. 按照培养基的物理状态分

培养基按其物理状态可分为固体培养基、液体培养基和半固体培养基三类。

(1)固体培养基。是在培养基中加入凝固剂，有琼脂、明胶、硅胶等。固体培养基常用于微生物分离、鉴定、计数和菌种保存等方面。

(2)液体培养基。液体培养基中不加任何凝固剂。这种培养基的成分均匀，微生物能充分接触和利用培养基中的养料，适于作生理等研究，由于发酵率高，操作方便，也常用于发酵工业。

(3)半固体培养基。是在液体培养基中加入少量凝固剂而呈半固体状态。可用于观察细菌的运动、鉴定菌种和测定噬菌体的效价等方面。

3. 按照微生物的种类分

培养基按微生物的种类可分为细菌培养基、放线菌培养基、酵母菌培养基和霉菌培养基等四类。

常用的细菌培养基有营养肉汤和营养琼脂培养基；常用的放线菌培养基为高氏1号培养基；常用的酵母菌培养基有马铃薯蔗糖培养基和麦芽汁培养基；常用的霉菌培养基有马铃薯蔗糖培养基、豆芽汁葡萄糖（或蔗糖）琼脂培养基和察氏培养基等。

4. 按照培养基用途分

培养基按其特殊用途可分为加富培养基、选择性培养基和鉴别培养基。

(1)加富培养基。是在培养基中加入血、血清、动植物组织提取液，用以培养要求比较苛刻的某些微生物。

(2)选择性培养基。是根据某一种或某一类微生物的特殊营养要求或对

一些物理、化学抗性而设计的培养基。利用这种培养基可以将所需要的微生物从混杂的微生物中分离出来。

(3)鉴别培养基。是在培养基中加入某种试剂或化学药品，使培养后会发生某种变化，从而区别不同类型的微生物。

二、培养基配制的基本过程

1. 配制溶液

向容器内加入所需水量的一部分，按照培养基的配方，称取各种原料，依次加入使其溶解，最后补足所需水分。对蛋白胨、肉膏等物质，需加热溶解，加热过程所蒸发的水分，应在全部原料溶解后加水补足。

配制固体培养基时，先将上述已配好的液体培养基煮沸，再将称好的琼脂加入，继续加热至完全融化。并不断搅拌，以免琼脂糊底烧焦。

2. 调节 pH 值

用 pH 试纸（或 pH 电位计、氢离子浓度比色计）测试培养基的 pH 值，如不符合需要，可用 10%HCl 或 10%NaOH 进行调节，直到调节到配方要求的 pH 值为止。

3. 过滤

用滤纸、纱布或棉花趁热将已配好的培养基过滤。用纱布过滤时，最好折叠成六层，用滤纸过滤时，可将滤纸折叠成瓦棱形，铺在漏斗上过滤。

4. 分装

已过滤的培养基应进行分装。如果要制作斜面培养基，须将培养基分装于试管中。如果要制作平板培养基或液体、半固体培养基，则须将培养基分装于锥形瓶内。

分装时，可按（图 9 - 4）所示的装置和方法进行。图中的漏斗下口处套有一段透明胶管，胶管下部用弹簧夹夹紧。分装时，一手捏松弹簧夹，使培养基流出，另一只手握住几支试管或锥形瓶，依次接取培养基。分装时，注意不要使培养基粘附管口或瓶口，以免浸湿棉塞引起杂菌污染。

装入试管的培养基量，视试管和锥形瓶的大小及需要而定。一般制作斜面培养基时，每只 15 × 150 毫米的试管，约装 3 ~ 4 毫升（1/4 ~ 1/3 试管高度），如制作深层培养基，每只 20 × 220 毫米的试管约装 12 ~ 15 毫升。每只锥形瓶装入的培养基，一般以其容积的一半为宜。

图 9—4 培养基的分装

5. 加棉塞

分装完毕后，需要用棉塞堵住管口或瓶口。堵棉塞的主要目的是过滤空气，避免污染。棉塞应采用普通新鲜、干燥的棉花制作，不要用脱脂棉，以免因脱脂棉吸水使棉塞无法使用。制作棉塞时，要根据棉塞大小将棉花铺展成适当厚度，揪取手掌心大小一块，铺在左手拇指与食指圈成的圆孔中，用右手食指插入棉花中部，同时左手食指与姆指稍稍紧握，就会形成 1 个长棒形的棉塞。棉塞作成后，应迅速塞入管口或瓶口中，棉塞应紧贴内壁不留缝隙，以防空气中微生物沿皱折侵入。棉塞不要过紧过松，塞好后，以手提棉塞、管、瓶不下落为合适。棉塞的 2/3 应在管内或瓶内，上端露出少许棉花便于拔取。塞好棉塞的试管和锥形瓶应盖上厚纸用绳捆扎，准备灭菌。

6. 制作斜面培养基和平板培养基

培养基灭菌后，如制作斜面培养基和平板培养基，须趁培养基未凝固时进行。

(1)制作斜面培养基。在实验台上放1支长0.5~1米左右的木条，厚度为1厘米左右。将试管头部枕在木条上，使管内培养基自然倾斜，凝固后即成斜面培养基。

(2)制作平板培养基。将刚刚灭过菌的盛有培养基的锥形瓶和培养皿放在实验台上，点燃酒精灯，右手托起锥形瓶瓶底，左手拔下棉塞，将瓶口在酒精灯上稍加灼烧，左手打开培养皿盖，右手迅速将培养基倒入培养皿中，每皿约倒入10毫升，以铺满皿底为度。铺放培养基后放置15分钟左右，待培养基凝固后，再5个培养皿一叠，倒置过来，平放在恒温箱里，24小时后检查，如培养基未长杂菌，即可用来培养微生物。

三、常用培养基的成分和配制方法

1. 营养肉汤培养基

牛肉膏	0.3 克
蛋白胨	1.0 克
NaCl	0.5 克
水	100 毫升
pH	7.0~7.2

在烧杯中加水，称取牛肉膏、蛋白胨和NaCl，加热溶化后，调节pH值至7.0~7.2。分装，加棉塞，高压蒸汽灭菌即成。常用于培养细菌。

2. 营养琼脂培养基

在营养肉汤培养基中增加20克琼脂即成。常用于培养细菌。

3. 肉汁蛋白胨液体培养基

牛肉	500 克
蛋白胨	10 克
NaCl	5 克
pH	7.1~7.2

取新鲜牛肉500克，去净脂肪、筋腱后，绞碎或剁碎，加水1000毫升浸泡，15℃下放置12小时或50℃下放置半小时。用纱布将肉汁过滤，补足失水。向肉汁中加入蛋白胨和食盐。将肉汁加热，放入苏打（碳酸钠）至红色，调整pH值。分装，高压蒸汽灭菌。

将上述已灭菌的培养基用棉花滤去凝集的蛋白质，制成液体培养基，如需制成固体培养基，可在每100毫升液体中加入2克琼脂，加热溶化后，分装，再次进行高压蒸汽灭菌。常用于培养细菌。

4. 高氏一号培养基（淀粉琼脂培养基）

可溶性淀粉	2 克
K ₂ HPO ₄	0.05 克
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.05 克
KNO ₃	0.1 克
NaCl	0.05 克
FeSO ₄	0.001 克
琼脂	2 克
水	100 毫升

pH 7.2~7.4

在烧杯中加水 95 毫升，加热至沸腾，取可溶性溶粉 2 克，用 5 毫升水调成糊状，倒入沸水中中和匀。再称取其它药品，陆续加入烧杯内（待一种药品溶解后，再加入第二种药品）。待全部药品溶解后，停止加热，补足失水，调 pH 值至 7.2~7.4。分装后，高压蒸汽灭菌。本培养基常用于培养放线菌。

5. 马铃薯蔗糖培养基

马铃薯	200 克
蔗糖	10 克
琼脂	20 克
水	1000 毫升

自然 pH

称取 200 克马铃薯片，加水 1000 毫升，煮沸半小时，用纱布过滤，补足失水。在上述滤汁中加入 10 克蔗糖、20 克琼脂，加热使琼脂融化。分装后，高压蒸汽灭菌。常用于培养酵母菌。

6. 麦芽汁培养基

将从啤酒厂买来加有啤酒花的麦芽汁，装入锥形瓶中，加塞高压蒸汽灭菌。常用于培养酵母菌。

7. 察氏培养基

NaNO ₃	2 克
K ₂ HPO ₄	1 克
KCl	0.5 克
MgSO ₄	0.5 克
FeSO ₄	0.01 克
蔗糖	30 克
琼脂	15~20 克
水	1000 毫升

自然 pH

分装，加棉塞，高压蒸汽灭菌。常用于培养霉菌。

8. 豆芽汁葡萄糖（或蔗糖）培养基

黄豆芽	100 克
葡萄糖	50 克
琼脂	15 克
水	1000 毫升

称取新鲜黄豆芽 100 克，放入烧杯中，加 1000 毫升水，煮沸 30 分钟，用纱布过滤，补足失水。再加葡萄糖（或蔗糖）50 克，琼脂 15 克，加热至融化，补足失水。分装，加棉塞，高压蒸汽灭菌。常用于培养霉菌。

9. 伊红美蓝培养基（E、M、B 培养基）

乳糖	10 克
蛋白胨	5 克
NaCl	5 克
K ₂ HPO ₄	2 克
2%伊红水溶液	20 毫升
0.35%美蓝水溶液	20 毫升

琼脂	20 克
水	1000 毫升
pH	7.2

先在水中加入乳糖、蛋白胨、NaCl、 K_2HPO_4 ，调节 pH 为 7.2，然后加入伊红水溶液、美蓝水溶液和琼脂。配好后，装入锥形瓶内，堵好棉塞。0.6 千克/厘米²灭菌 10 分钟。乳糖在高温灭菌易被破坏，必须严格控制灭菌温度。常用于培养细菌，具有鉴别细菌种类的作用。

9.4 灭菌

灭菌是微生物培养能否取得成功的关键因素，举凡培养基、各种培养用品用具，均需进行灭菌。

一、微生物培养中常用的灭菌方法

1. 高压蒸汽灭菌

为湿热灭菌方法的一种。是微生物培养中最重要的灭菌方法。这种灭菌方法是基于水在煮沸时所形成的蒸汽不能扩散到外面去，而聚集在密封的容器中，在密闭的情况下，随着水的煮沸，蒸汽压力升高，温度也相应增高。压力和温度之间的关系见表 9 - 1。

高压蒸汽是最有效的灭菌法，能迅速地达到完全彻底灭菌。一般在 15 磅/英寸²压力下（121.6℃），15~30 分钟，所有微生物包括芽孢在内都可杀死。它适用于对一般培养基和玻璃器皿的灭菌。

进行高压蒸汽灭菌的容器是高压蒸汽灭菌锅。高压蒸汽灭菌锅是一个能耐压又可以密闭的金属锅，有立式与卧式两种。热源

表 9-1 蒸汽压力与蒸汽温度的关系

蒸汽压力 (大气压)	压力表读数		蒸汽温度	
	千克/厘米 ²	磅/英寸 ²		° F
1.00	0.00	0.00	100.0	212
1.25	0.25	3.75	107.0	224
1.50	0.50	7.50	112.0	234
1.75	0.75	11.25	115.5	240
2.00	1.00	15.00	121.0	250
2.50	1.50	22.50	128.0	262
3.00	2.00	30.00	134.5	274

可以用电热、煤气、蒸汽等。锅上装有压力表，有的还装有温度计，能及时了解锅内压力及温度。锅上还设有排气口，其作用是在密闭之前，利用蒸汽将锅内的冷空气排净，另外还装有安全活门，如果压力超过一定限度，活门即可自动打开，放出过多的蒸汽。

2. 干热灭菌

微生物培养中常用的干热灭菌是指热空气灭菌。一般在电烘箱中进行。干热灭菌所需温度较湿热灭菌高，时间也较湿热灭菌长。这是因为蛋白质在干燥无水的情况下不容易凝固。一般须在 160℃ 左右保持恒温 3~4 小时，方能达到灭菌的目的。

干热灭菌适用于空玻璃器皿的灭菌，凡带有橡胶的物品和培养基，都不能进行干热灭菌。

3. 间歇灭菌

各种微生物的营养体在 100℃ 温度下半小时即可被杀死。而其芽孢和孢子在这种条件下却不会失去生活力。间歇灭菌就是根据这一原理进行的。

间歇灭菌的方法是用 100℃、30 分钟杀死培养基内杂菌的营养体，然后将这种含有芽孢和孢子的培养基在温箱内或室温下放置 24 小时，使芽孢和孢子萌发成为营养体。这时再以 100℃ 处理半小时，再放置 24 小时。如此连续

灭菌 3 次，即可达到完全灭菌的目的。

间歇灭菌通常在流动蒸汽的灭菌锅中进行，也可用普通铝锅代替。这种灭菌方法多用于明胶、牛乳等物质的灭菌，这类物质在 100 以上的温度下处理较长时间，会被破坏，而用间歇灭菌法就既起到了杀菌作用，又使被处理的物质免遭破坏。

4. 紫外线灭菌

紫外线杀菌力最强的是波长 2650 ~ 2660Å 的部分。无菌室缓冲间和接种箱常用紫外线灯作空气灭菌。无菌室和缓冲间的照射时间为 20 ~ 50 分钟（视房间大小而定），接种箱照射 10 ~ 15 分钟即可。

为了加强紫外线灭菌的效果，在照射前，可在无菌室、缓冲间或接种箱内喷洒 5% 石炭酸，以使空气中附着有微生物的尘埃降落，同时也可以杀死一部分微生物。无菌室的工作台的台面和椅子，可用 2 ~ 3% 的来苏儿擦洗。然后再照射紫外线。由于紫外线对人体有伤害作用，所以人不要直视正在照射的紫外线灯，也不要再在照射情况下进行工作。

灭菌后，为了检验紫外线的灭菌效果，可以在无菌室、缓冲间或接种箱内放一套盛有培养基的培养皿，将皿盖打开 5 ~ 10 分钟，盖好后，放入温箱中培养。如果只有一、二个菌落，可认为灭菌效果良好。如杂菌丛生。则需延长照射时间或同时加强其它灭菌措施。

二、培养基与空玻璃器皿的杀菌

配制好的培养基和待用的空玻璃器皿，通常放入高压蒸汽灭菌锅中进行湿热灭菌。

1. 高压蒸汽灭菌锅的操作过程与注意事项

(1) 准备。将灭菌锅放在 2000 瓦电炉上，或放在有足够火力的煤气灶、煤炉上，向锅内加水至水位标记线为止。将准备灭菌的培养基及空玻璃器皿用牛皮纸包好，装入锅内套层中，物品放置不宜过多，过挤，锅内应留出三分之一空间。然后盖严锅盖，采用对角式均匀拧紧锅盖上的螺旋，关闭锅盖上的气阀。

(2) 加热。点燃热源，开始加热。当锅盖上的压力表达达到 0.5 千克/厘米²时，打开放气阀，排净锅内冷空气，直到压力表回降到“0”时，关闭气阀，继续加热。当压力表上升到所需压力时（一般为 1 千克/厘米²），开始计算灭菌时间。此时应适当关小热源，不断调节热源大小，使压力始终维持在所需数值上，达到保压时间后，停止加热，使灭菌锅内压力自然下降。

(3) 结束。待压力表降至“0”时，拧松螺旋，半开锅盖，用锅内余热烘干盖纸，10 分钟后取出灭菌物品。

(4) 注意事项。在灭菌过程中，应注意排净锅内冷空气，锅内冷空气如排放不净，会影响灭菌效果，达不到彻底灭菌的目的。灭菌压力、温度与锅内排放冷空气程度的关系见表 9 - 2。

表 9 - 2 高压蒸汽锅压力计读数与温度关系

压力表读数 千克/厘米 ²	纯水蒸汽 (完全排除空气)	混入 1/2 空气	未排空气
0.33	108	94	72
0.70	115	105	90
1.00	126.5	112	100
1.41	120.5	118	109
2.11	134	128	121

由于高压蒸汽灭菌时，要使用温度高达 120℃、两个大气压的过热蒸汽，操作时，必须严格按照操作规程操作，否则容易发生意外事故。中学生使用灭菌锅，一定要在教师指导下进行操作。

2. 家用高压锅灭菌

如果没有高压蒸汽灭菌锅，可以家用高压锅代替。使用家用高压锅时，由于锅上缺乏压力表等装置，无法准确掌握灭菌时间，用时应先进行灭菌时间的试验。方法是需灭菌的物品放入锅内，加热出气后，盖好阀，继续加热 30~40 分钟，冷却后取出，将其中的培养基放置一天，观察是否有杂菌生长。如有，则再延长加热时间，直至不再出现杂菌污染为止。

此外，也可使用普通铝锅进行间歇灭菌。

9.5 微生物的接种

要开展微生物的培养观察活动，就必须有菌种。对初次接触微生物的中学生来说，菌种可以从科研部门、生产单位得到。然而，要想将所得到菌种进行培养和长期保留，就必须学会接种技术，以使菌种能够“传宗接代”。

一、接种的前提条件

要保证接种成功，必须具备两个前提条件。一是要使接种能在无菌的环境中进行，即须在灭过菌的无菌室或接种箱中进行；而且操作者必须用肥皂洗手，须穿着干净整洁的衣服，最好配戴口罩；接种用的各种用具也应经过灭菌。二是要使被接种的培养基完全无菌，即必须将培养基灭菌后方能用于接种。

二、接种方法

微生物的接种方法很多，往往因实验目的不同而有不同的接种方法，如斜面接种法、液体接种法、由液体培养基接种到液体培养基法、以及穿刺接种法等，其中以斜面接种法最为常用。

1. 斜面接种法

将微生物从一个斜面培养基接种至另一个斜面培养基上的方法，称为斜面接种法（图 9 - 5）。其方法步骤如下：

首先，点燃酒精灯。将菌种和斜面培养基的两只试管平行放在左手上，用拇指与其它四指夹住，并使中指位于两试管之间，两试管的管口齐平（图 9 - 5 ）。

其次，用右手先将棉塞拧转松动，并稍拉出一些，以利接种时拔出（图 9 - 5 ）。

第三，右手持接种针，在酒精灯将针头部分烧红灭菌（图 9-5 ）。针头以上凡是接种时可能进入试管的部分，均应用火灼烧。

以下操作都要使试管口靠近火旁。

第四，用右手的小指与掌间拔掉左手上两只试管上的棉塞，同时迅速将试管口在酒精灯上烧灼 3 秒钟左右，使管口上可能沾染的少量杂菌得以烧死（图 9 - 5 ）。

第五，将烧过的接种针伸入菌种管内，先将针头接触培养基上没有菌的部位（如斜面的顶端），使其冷却，以免烫死被接种的菌体。然后轻轻接触菌体，取出少许，慢慢将接种针抽出试管，接种针抽出时不要使针头部分碰到管壁和管口，取出后，不可使针头通过火焰，更不可触及其它无关物品或桌面（图 9-5 ）。

第六，迅速将接种针伸进另一试管，在培养基上轻轻划线，接种菌体于其上。划线时，要由底部起划较密的平行线，一直划到顶部，以充分利用斜面面积，但不要将培养基划破（图 9 - 5 ）。

第七，烧灼试管口，将棉塞塞上。塞棉塞时，不要移动试管迎接棉塞，以免试管在移动中纳入可能含菌的空气（图 9 - 5 ）。

第八，将针头在火焰上烧灼灭菌。放回原处后，腾出手将棉塞塞紧（图 9 - 5 ）。

2. 液体接种法

是一种由斜面菌种接种到液体培养基中的方法。

接种方法与斜面接种法相同，但手持试管时，应使试管略向上斜，以免培养基流出。

将带有菌种的接种针送入液体培养基时，可使针头部分在液体表面与管壁接触的部位轻轻摩擦。接种后，塞上棉塞，烧灼接种针。最后将试管在手掌上轻轻打动，使菌体在培养基中均匀散开。

3. 由液体培养基接种到液体培养基法

由于菌种是液体，常应用移液管或无菌滴管接种。无菌操作的注意事项与液体接种法相同，只是移液管、滴管不能在火上烧灼，而要预先经过灭菌。

4. 穿刺接种法

是一种由斜面菌种接种到固体深层培养基的方法。

接种方法与斜面接种法相同，但接种针必须很挺直。用接种针取出菌种后，移入固体深层培养基，自培养基中心刺入，直到接近管底，但不要穿透。然后慢慢拔出。这样，可使接种线整齐，易于观察。

9.6 微生物的分离

中学生开展微生物的培养观察活动，固然可以从有关方面获得菌种，但还应该学会自己动手，到自然界去收集各种微生物。

自然界的微生物，几乎都是混杂在一起的。人们要想观察、研究和利用某一种微生物，就必须将它从各种微生物混生的环境中分离开来。所以微生物的分离是一项十分重要的技术。

一、分离的基本方法

微生物分离的方法很多，主要有连续稀释分离法，平板划线分离法和单细胞分离法等方法。其中，单细胞分离法需要贵重精密仪器，中学无法开展，而连续稀释分离法和平板划线分离法却简便易行，中学完全具备开展条件。现将这两种方法说明如下。

1. 连续稀释分离法

取 1 克土样，在火焰旁放入装有 99 毫升无菌水的锥形瓶内，充分摇匀，将菌分散。

用移液管吸取上述菌悬液 1 毫升，放入盛有 9 毫升无菌水的试管中，并进一步稀释成 1000 倍，即 10^{-3} 的菌悬液。按 10 倍稀释法连续稀释到 10^{-8} （每 1 次稀释，都须更换移液管）。

取 3 支 1 毫升移液管分别从 10^{-8} 、 10^{-7} 、 10^{-6} 菌悬液中吸取 1 毫升菌悬液，分别注入编号 10^{-8} 、 10^{-7} 和 10^{-6} 的培养皿内，同一稀释液重复做 3 个培养皿。

将温度为 45~50 的营养琼脂培养基（其成分和配制方法见本章第三节）倒入上述各培养皿内，轻轻旋转使菌悬液充分混合均匀，凝固后，将培养皿倒扣放置在温暖处（28 左右），每天观察培养基表面有无微生物菌落。

经过一定时间培养后，培养基上长出菌落，根据菌落特征，初步判断属于何种类型的微生物，并在显微镜下检查，若菌体形态一致，则可认为是初步分离到纯菌种。

将分离培养所得的纯菌种，从平板培养基转移到试管斜面培养基上培养。

2. 平板划线分离法

取 1 克土样，在火焰旁加进装有 99 毫升无菌水的锥形瓶中，堵塞棉塞，制成菌悬液待用。

取一培养皿置于实验台上，左手将培养皿打开稍许，向培养皿内注入熔化的营养固体培养基 10~12 毫升，轻轻转动培养皿，使其中的培养基分布均匀，平放桌上，使其凝成平板。然后在皿底用蜡笔划分 A、B、C、D 几个区。应连续制作几份平板培养基。

将培养皿底部用姆指和无名指固定成倾斜状态，在火焰旁将培养皿稍微打开。在此同时，用环状接种针在火焰旁取少许菌悬液，迅速送入培养皿内，在平板培养基的一边，作第 1 次平行划线 6~7 条，转动培养皿约 70° 角，用烧过冷却的接种针，通过第 1 次划线部分作第 2 次平行划线，然后再用同样方法，作第 3 次平行划线。划线时，应使平板培养基表面向下，以免空气中杂菌落入。接种针应与平板表面成 30° 角左右。不要使接种针碰到培养皿边缘，也不要将培养基划破。

将划线后的培养皿倒放在 28℃ 左右的温暖处进行培养，待长出菌落后，鉴定微生物类群，并根据镜检结果，判断是否已分离到了纯菌种。如果菌种很纯，则可转移到斜面培养基上进一步培养。

连续稀释分离法和平板划线法，均须在无菌室或接种箱内进行。

二、各类微生物的分离

1. 从土壤中分离好气性及兼性厌氧细菌

其分离方法见本节“分离的基本方法”

2. 从土壤中分离放线菌

制作高氏一号培养基，趁热注入培养皿中，凝成平板，待用。

称取土壤 10 克，放入装有 100 毫升无菌水的锥形瓶中，并加入 10% 酚 10 滴，以抑制细菌生长。振荡 10 分钟，制成 10^{-1} 菌悬液。按照连续稀释分离法，进一步制成 10^{-3} 菌悬液。

用移液管吸取 0.1 毫升 10^{-3} 菌悬液，注入平板培养基上，用无菌玻璃刮刀将菌悬液均匀涂抹在整个培养基上。然后将培养皿倒置于 25~30℃ 温箱中，培养 7~10 天，培养基上会出现微生物菌落。如果菌落的硬度较大，干燥致密，且与基质紧密结合，不易被针挑起，这就是放线菌菌落。

挑取放线菌菌落，接种于斜面培养基上。

3. 从土壤中分离霉菌

制作豆芽汁葡萄糖培养基，并添加 80% 乳酸数滴，以抑制细菌生长。将培养皿中，凝成平板，待用。

称取 10 克土壤，按上述分离放线菌的方法制成 10^{-4} 或 10^{-5} 的菌悬液。

取 0.1 毫升菌悬液注入培养皿内培养基上，用玻璃刮刀涂抹均匀。然后将培养皿倒置于 25~30℃ 温箱内培养 3~4 天。培养基上会出现微生物菌落。霉菌菌落常长成绒状、棉絮状或蜘蛛网状，可根据这一特征寻找霉菌菌落。

挑取培养皿内的霉菌菌落接种于斜面培养基上。

4. 从饮水中分离大肠杆菌

制作伊红美蓝培养基，趁热注入培养皿中，凝成平板，待用。

用灭过菌的锥形瓶盛取河水或沟水，按 1:10 稀释。

取 0.1 毫升稀释液接种于伊红美蓝培养基上。用平板划线分离法进行分离。

将划线后的培养皿倒置 37℃ 温箱中培养 18~24 小时。培养基中会出现大肠杆菌菌落，菌落中心呈暗蓝黑色，发金属光泽。

将菌落接种于斜面培养基上（由营养琼脂培养基制成）。

三、微生物菌种的保藏

微生物菌种的保藏方法有斜面冰箱保存法、石蜡油封藏法、沙土保藏法和冷冻干燥保存法等。其中以斜面冰箱保存法最为简便。

斜面冰箱保存法的作法如下：

在平板上选择分离良好的细菌、放线菌和霉菌的纯种，分别接种于营养琼脂培养基、高氏一号培养基和豆芽汁葡萄糖琼脂培养基的斜面上，使其充分生长后，放在冰箱内 4℃ 温度下保存。定期移种。这种方法虽然简便，但保存时间不能太长。一般霉菌、放线菌和有芽孢的细菌可保存半年左右，酵

母菌可保存 4 个月左右，无芽孢的细菌可保存 1 个月左右。超过上述时间，就需要进行移种。

9.7 微生物的形态观察

中学生培养微生物，最终目的是要对它们的菌落和菌体的形态进行观察。微生物（尤其是细菌）由于体型特别微小，形态观察工作难度较大，必须反复练习和认真操作方能掌握。

一、细菌的染色和形态观察

1. 细菌的染色

细菌的菌体很小，而且大都是无色透明，为了在显微镜下看清其形态，需要进行染色。细菌染色的方法很多，主要有单染色法和革兰氏染色法两种，现分述如下。

(1) 单染色法。单染色法可用于观察细菌的一般形态，其步骤为：涂片 固定 染色 冲洗 干燥 观察。

涂片 在干净的载玻片的中央部位，滴一滴无菌水，然后以无菌操作方法，从斜面培养基上取出少量菌种，在载片上与水混合后，涂成均匀的菌掖，涂布面积不宜过大。

固定 将载玻片在酒精灯火焰上迅速通过 2~3 次，使菌液干燥，将菌体固定在载玻片上，使其不易脱落。

染色 取结晶紫染色液（或番红染色液、美蓝染色液），滴加在干燥的涂片上，滴加量以染液刚能覆盖涂片部分为适宜。染色 1 分钟。

冲洗 用自来水轻轻冲去染液，直至流水变清为止。

干燥 用吸水纸吸去载玻片上的水或在微火上烘干。

镜检 在显微镜油镜头下观察细菌的菌体形态。

(2) 革兰氏染色法。革兰氏染色法不仅用来观察细菌的形态，而且它还是细菌鉴定的重要方法，它可将全部细菌区分别革兰氏阳性菌和阴性菌两大类。革兰氏染色法的步骤为：涂片 固定 结晶紫色染色 水洗 碘液媒染 水洗 酒精脱色 番红复染 水洗 干燥 观察。

涂片 与单染色法相同。

固定 与单染色法相同。

结晶紫染色 染色 1 分钟，然后水洗并用吸水纸吸干。

碘液媒染 染色 1 分钟，然后水洗并吸干。

酒精脱色 用 95% 酒精脱色，直到酒精不出现紫色时即停止（大约半分钟），然后立即水洗，并吸干。

番红复染 染色 3 分钟左右，然后水洗并吸干。

镜检 在显微镜油镜头下观察，菌体显蓝紫色的为革兰氏阳性菌；菌体显红色的为革兰氏阴性菌。

2. 显微镜油镜头的使用方法

观察细菌菌体形态，在染色后，通常须使用油镜头方能观察清楚。

油镜头正式名称是油浸接物镜。它与其它物镜不同之处，是在使用时，载玻片与物镜之间不是空气，而是充满香柏油一类的油质。从而提高了显微镜的放大效能。使用油镜头与一般接物镜不同之处，主要有以下 3 点：

(1) 使用时滴加镜油。具体作法是用粗调上提镜筒约 2 厘米，将油镜头转至正下方，对准通光孔。在载玻片上标本的观察部位，滴加镜油 1 滴（用香柏油或液体石蜡）。然后用肉眼从侧面注视，使用粗调慢慢将镜筒向下旋

转，直至油镜头浸入油滴，并几乎与标本接触。镜筒向下旋转时，必须小心谨慎，切不可将油镜头压到标本上，以免损坏镜头和压碎标本。

(2)调节焦距。从接目镜内注视视野，用粗调将镜筒慢慢上提，当视野中出现模糊的标本形象时，改用细调继续调节焦距，直至物象清晰为止。如果油镜头已离开油面仍未见到物象，应重新按上述步骤操作。

(3)使用后擦拭镜头。油镜头使用后，必须用擦镜纸将镜头上的油擦去，然后再用擦镜纸沾一点二甲苯擦拭镜头，最后用擦镜纸擦干。若用液体石蜡则可免去使用二甲苯这一步骤，直接用擦镜纸擦拭镜头即可。

3. 细菌形态观察

(1)菌落观察。观察不同细菌生成菌落的形态特点。观察内容主要有大小、形状、表面、质地和颜色等方面。其中，菌落的大小可量取其直径；形状指圆形或不规则形等；表面指凸起或平展、有无光泽以及是否光滑等；质地指粘、脆而言，可用接种针挑取菌落，试验是否容易挑取。

(2)个体形态观察。将菌种进行革兰氏染色，然后在显微镜油镜头下观察。观察内容主要有以下3个方面：

区别革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌；

观察细菌的形状（如球形、杆形、螺旋形等）；

菌体排列方式。

二、放线菌的形态观察

1. 菌落形态观察

(1)挑取泾阳链霉菌（“5406”放线菌）的少量孢子丝，点种于高氏一号培养基上，于37℃下培养3~5天。

(2)观察菌落形态。注意菌落的形状、质地、颜色、表面及背面特征以及菌落的牢固程度等。

2. 孢子丝形态观察

将融化的高氏一号培养基，倒入甲、乙两个无菌培养皿中。甲皿倒入15毫升，乙皿倒入5毫升，平置凝固待用。

将盖玻片斜插在甲皿中的培养基上（每皿可插6片）。

用小刀将乙皿中的培养基切成边长为3毫米左右的小方块。

用接种铲铲取乙皿中的培养基小块，放在甲皿的盖玻片上，培养基小块的下方应与甲皿培养基接触。

在盖玻片的培养基上接种少量放线菌菌种，于37℃下培养5天左右。

取出带有培养基的盖玻片，在显微镜下观察，注意基内菌丝、气生菌丝和孢子丝的形状。

3. 孢子形状观察

取1盖玻片，在单菌落表面轻轻按压，使孢子贴附在盖玻片上。

取1载玻片，在其中部滴加1滴美蓝染色液。

将盖玻片带有孢子一面朝下，盖在载玻片的染色液上，用吸水纸吸去多余染色液。置于显微镜下，观察孢子形状和断裂方式。

三、霉菌的形态观察

1. 菌落观察

将配制好的马铃薯蔗糖培养基倒入培养皿内，凝成平板，待用。

分别将青霉、曲霉、根霉和毛霉点种于上述培养基上，放置25~28

下培养 5~10 天，形成菌落。

观察上述各种霉菌菌落的大小、形状、颜色、质地及渗出物特点等。注意霉菌菌落与细菌、放线菌、酵母菌菌落的区别。

2. 菌丝体和孢子形态观察

挑取青霉或曲霉的菌丝体，置于滴有乳酸石炭酸液的载玻片上，加盖盖玻片，制作临时装片，在高倍镜下观察菌丝分隔情况和分生孢子着生情况（应辨认分生孢子梗、顶囊、小梗及分生孢子）。

挑取根霉或毛霉的菌丝体，按上述观察青霉的方法，制作临时装片，在高倍镜下观察菌丝不分隔的特点，并观察孢子囊柄、孢子囊和孢囊孢子的形态。

四、酵母菌的形态观察

1. 菌落观察

取啤酒酵母、假酵母菌以三点点植法接种于麦芽汁平板培养基上，置于 28~30℃ 下培养 3 天，形成菌落。

观察菌落表面、高度、边缘、质地和颜色等方面的特点。

2. 观察出芽生殖

在载玻片上滴 1 滴蒸馏水，挑取少量啤酒酵母放入蒸馏水中，盖好盖玻片，制成临时装片（注意不要产生气泡）。

观察菌体细胞的大小与出芽方式。

3. 观察子囊孢子

将面包酵母接种于麦芽汁液体培养基中，于 28~30℃ 下培养 24 小时，然后连续传代 3~4 次，最后转接到肉汁蛋白胨培养基上，在 25~28℃ 下培养 3 天左右。使其形成子囊孢子。

从形成子囊孢子的菌落中，取出少量菌体，在载玻片上制作涂片，干燥、固定后，在涂菌处滴上 5%孔雀绿染液（尽量多滴一些，不使干燥），10 分钟后，用水冲洗，再用 0.5%番红染液复染 1 分钟。

将涂片置于显微镜下，观察子囊孢子的形状、特点，注意每 1 个子囊内的孢子数目。

9.8 活动方案举例

空气中细菌数目的调查

一、活动目的

通过本项活动，使学生掌握检查空气中细菌数目的方法，并认识细菌菌落的形态特点。

二、活动设计

(1)分别在公园（或田间）、医院（或集市）和学校三种不同环境，用过滤法收集空气中的细菌。

(2)用营养琼脂培养基培养所收集的细菌使之形成菌落。在观察菌落形态的基础上，统计菌落数目，计算每升空气所含细菌数目。

三、活动方法步骤

(1)活动准备

对无菌室或接种箱进行消毒，并作好接种的各项准备工作。

制作营养琼脂培养基，装入锥形瓶内，高压蒸汽灭菌后待用。

对锥形瓶、培养皿、移液管等用具进行灭菌。 组装收集空气中细菌的装置。本项装置所需的用具用品有：

锥形瓶（容量 50 毫升）	1 个
下口试剂瓶（容量 5 升）	1 个
玻璃漏斗（直径 6 厘米）	1 个
橡胶塞（直径与锥形瓶口径、下口试剂瓶的下口口径相同）	2 个
玻璃管	约 0.5 米
乳胶管	约 0.5 米
小水桶	1 个

将上述用具用品按图 9 - 6 所示，进行组装

(2)取样。分别在上述三种不同环境中收集空气样品

架设收集空气中细菌的装置（锥形瓶内应预先装满 50 毫升无菌水）。

在试剂瓶内装满 4 升自来水或清洁的天然水。

打开试剂瓶底部的阀门，使水缓缓流出（每分钟约 10 毫升），使外界空气沿漏斗被吸入三角瓶内的无菌水中。当 4 升水流完后，4 升体积空气中的细菌已被滤到 50 毫升无菌水中（试剂瓶中的水可用小水桶盛接）。

(3)培养。在无菌室或接种箱中，用无菌移液管自锥形瓶内吸取 1 毫升水样，按无菌操作方法，注入无菌培养皿中，然后加入约 45 的营养琼脂培养基，摇匀，凝固成平板，倒置于 28 温箱或适宜的地方，培养 48 小时。每种环境中的样品应制作 3 个培养皿进行培养。

(4)观察。观察细菌菌落形态特征，注意菌落大小、形状、表面、质地和颜色等方面的特点。并进行记录。

(5)计数。按培养基上长出的菌落数（3 个培养皿的数目平均）计算出每升空气中细菌的数目。计算公式为：

$$\text{细菌数 / 每升空气} = \frac{1\text{毫升水培养所得菌数} \times 50}{4}$$

(6)分析。将三种环境空气中所含细菌数目进行比较，分析数目不同的原因，提出减少空气中细菌数目的措施。

四、注意事项

(1)对三种环境空气采样时，应在同一时间分三组进行，以使三者的采样条件一致。

(2)活动中所用各种用具用品，凡需无菌的均需进行彻底灭菌，接种水样时，一定要按无菌操作方法进行，以保证调查结果的正确性。

(3)取样时，试剂瓶下口流水速度不应过快，应保持每分钟10毫升左右，以使空气中的细菌能全部被过滤到无菌水中。

本章思考题

1.从菌体形态、菌落特征和繁殖方式等方面说明细菌、放线菌、霉菌和酵母菌的异同。

2.说明培养基配制的过程。

3.说明高压蒸汽灭菌锅的操作方法与注意事项。

4.如何进行斜面试种？

5.连续稀释分离法和平板划线分离法是怎样进行的？

6.为什么观察细菌前必须进行染色？革兰氏染色是怎样进行的？

7.详细说明细菌分离、接种培养和观察的方法步骤。

本章作业

制定一份组织学生参加的“饮用水细菌检查”的活动方案。方案中应写明所需用具用品、取样方法、培养基的配制、培养条件、注意事项等内容。

本章参考书目

1.张景钺 梁家骥 1965 《植物系统学》 人民教育出版社

2.戴方澜 1987 《真菌形态和分类》 科学出版社

3.武汉大学 复旦大学 1979 《微生物学》 人民教育出版社

4.杨颐康 1986 《微生物学》 高等教育出版社

5.钱存柔 董碧虹 1979 《微生物学基础与实验指导》 科学出版社

附录 常用染色液、试剂和杀菌剂的配制

一、结晶紫染色液

甲液	
结晶紫 (含染料 85%)	3 克
95%酒精	20 毫升
乙液	
草酸铵	0.8 克
蒸馏水	80 毫升

将甲、乙两液混合，稀释 10 倍，装入不透气的暗色瓶内，静置 48 小时后使用。

二、碘液

碘	1 克
碘化钾	2 克
蒸馏水	300 毫升

将碘化钾溶于 5~10 毫升水中，再加入碘 1 克，使其溶解后，加水至 300 毫升。

三、番红染色液 (用于革兰氏染色法)

2.5%番红酒精液	10 毫升
蒸馏水	100 毫升

混合，过滤 (2.5%番红酒精液系由 2.5 克番红溶于 100 毫升 95%酒精中而成)。

四、美蓝染色液

美蓝酒精饱和液	30 毫升
1/10000 氢氧化钾水溶液	100 毫升

将以上两液混合，摇匀，过滤 (美蓝酒精饱和液系由 5 克美蓝溶于 100 毫升 95%酒精中而成，1/10000 氢氧化钾液系由 1 毫升 1%氢氧化钾加入 99 毫升蒸馏水而成)。

五、孔雀绿染色液

孔雀绿 (含 90%染料)	5 克
蒸馏水	100 毫升

将孔雀绿溶于少量蒸馏水，最后稀释至 100 毫升，静置半小时后过滤。

六、番红水溶液 (用于芽孢染色法)

番红 (含染料 95%)	0.5 克
蒸馏水	100 毫升

七、乳酸石炭酸溶液 (用于观察霉菌形态)

石炭酸	20 克
乳酸 (比重 1.2)	20 克
甘油 (比重 1.25)	40 克

蒸馏水 20 毫升

配制时，先将固体酚加热熔化，倒入水中，然后再慢慢加入乳酸和甘油。

八、5%石炭酸

石炭酸 10 毫升

蒸馏水 190 毫升

将固体酚连同容器放在 50 左右的热水中使其熔化，用量筒取 10 毫升，用蒸馏水稀释为 200 毫升即成。

九、2%来苏儿

50%来苏儿 2 毫升

蒸馏水 48 毫升

混合均匀。

(杨 悦)

第十章 植物组织培养

导 言

植物组织培养是指在离体的条件下，将植物体的一部分，如一小段茎、一小块叶、甚至一个细胞，接种在培养基上，使它们重新形成一个完整植株的方法。植物组织培养之所以能够成功，主要是由于植物细胞具有全能性和植物激素的调节作用。

进行植物组织培养，首先必须选择和配置培养基，MS 培养基是目前普遍使用的一种；其次要选择适当的外植体（培养材料），外植体分为带芽外植体和由分化组织构成的外植体两种类型。组织培养的步骤有培养基与接种材料的消毒、接种、植株诱导、生根和移栽。

植物组织培养是一项崭新的生物技术，它需要较精密的仪器设备，活动中要进行一系列的实验操作，难度较大，对培养中学生的实验操作技能，有着十分重要的作用。

10.1 组织培养的应用

组织培养是一项崭新的生物技术，具有多方面的优点，它既可节约材料，又可不受季节限制而能全年在实验室培养繁殖，并可按照一定生产程序操作使之成为工厂化。因此，近年来，各国学者纷纷运用组织培养方法，研究解决学术和生产中的各种问题，并取得了许多重要成果。国内外对组织培养的应用情况，归纳起来有以下四个方面。

一、快速繁殖优良植物株系

组织培养具有时间短、增殖率高和全年生产等优点，比大田生产快得多。加上培养材料和试管苗的小型化，这就可使有限的空间培养出大量个体。例如兰花（*Cymbidium*）、桉树（*Eucalyptus*）、杨树、秋海棠等植物，用一个茎尖或一小块叶片为基数，经过组织培养，一年内可以增殖到 10000 ~ 100000 株，繁殖速度如此快，说明组织培养对于短期内需要大量繁殖的植物，如引入的优良品种、优良单株、育种过程中优良子代的扩大等，特别有用，而且对一些难以繁殖或繁殖很慢的名贵花卉、果木及稀有植物，同样具有重要意义。

二、培育作物新品种

用组织培养方法培育作物新品种，已经取得了多方面的成就。例如利用组织培养解决杂交育种中的种胚败育问题，获得了杂种子代，使远缘杂交得以成功；用花药培养和对未传粉的子房进行离体培养，获得了单倍体植株，从而开辟了单倍体育种的途径；通过胚乳离体培养，获得了三倍体植株，为改良农、林、果树和蔬菜的三倍体育种提供了新的方法；此外还有利用原生质体培养及体细胞杂交进行天然突变系的筛选、外源遗传物质的导入等等。

三、获得无病植株

作物的病毒病害，是当前农业生产上的严重问题。尤其是营养繁殖的作物，病毒可以经繁殖用的营养器官传至下一代，以致随着作物繁殖代数的积

累，病毒不仅绵延不绝，还会日益增多。其结果能使作物退化减产，甚至导致某些品种绝灭。

根据病毒在植物体内分布并不均匀的特点，用生长点进行组织培养，结合病毒鉴定，可以得到无病毒植株。这就可以使植株复壮，并能增加产量。在这方面，马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.)、水仙 (*Narcissus tazetta* L. var. *chinensis* Roem.)、苹果、梨 (*Pyrus*) 和花椰菜 (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) 等作物，都取得了明显效果。

四、保存和运输种质

由于有了组织培养方法，就无需再用一代代保存种子的方法去保存种质资源，而可以将植物器官、组织甚至细胞，在低温或超低温条件下进行长期保存。将来一旦需要，就可用组织培养方法迅速进行繁殖。这样不但大大减少了一代代保存材料所浪费的人力、物力和时间，而且也减少了在保存过程中因管理不善及病虫害所造成的损失。

另外，由于用很小的空间保存了大量的种质资源，运输时也很方便。

总之，随着组织培养技术的发展和各种培养方法的广泛应用，在优良植株快速繁殖、品种培育、无病植株的获得以及种质保存和运输等方面都取得了巨大进展，特别在快速繁殖方面，已形成了新的产业，和它的农林传统手段一样，为人类提供着大量的花卉和果木。

10.2 组织培养的原理

为什么一小段茎、一小片叶的组织，甚至一个细胞，在离体的情况下，会形成一棵完整的植株呢？这是由于植物细胞具有遗传的全能性，而且也和培养过程中植物激素的作用有着密切关系。

一、植物细胞的全能性

所谓植物细胞的全能性，是指植物体上任何一个器官中已分化成熟细胞，具有形成完整植物体的遗传潜力。为什么植物细胞具有全能性呢？我们知道，一个植物体的全部细胞，都是从受精卵经过有丝分裂产生的。受精卵是一个特异性的细胞，它具有本种植物所特有的全部遗传信息。因此，植物体内的每一个体细胞也都具有和受精卵完全一样的 DNA 序链和相同的细胞质环境。当这些细胞在植物体内的时候，由于受到所在器官和组织环境的束缚，仅仅表现一定的形态和局部的功能。可是它们的遗传潜力并没有丧失，全部遗传信息仍然被保持在 DNA 的序链之中，一旦脱离了原来器官组织的束缚，成为游离状态，在一定的营养条件和植物激素的诱导下，细胞的全能性就能表现出来。于是就象一个受精卵那样，由单个细胞形成愈伤组织或胚状体，再进而长成一棵完整的植株。所以离体培养之所以能够成功，首先是由于植物细胞具有全能性的缘故。

二、细胞的脱分化和再分化

各种植物细胞在植物体内都处于分化状态。要使植物细胞从分化状态过渡到有繁殖能力的分生状态，其细胞结构必须发生深刻的变化，否则无法完成这个过渡。这种在植物体上已分化的细胞和组织，在培养条件下逐渐恢复到分生状态的过程，叫作脱分化。已经脱分化的细胞在一定条件下，又可经过愈伤组织或胚状体，再分化出根和芽，形成完整植株，这一过程叫作再分化。组织培养的过程，就是植物细胞的脱分化和再分化的过程，而这一过程又是在细胞全能性的基础上进行的，是细胞全能性发挥作用的结果。

三、器官分化中激素的调节

接种的材料（通常叫作外植体）能不能分化成完整的植株，植物激素的调节作用极为重要。大量的组织培养工作表明，在植物激素中，细胞分裂素和生长素二者的浓度比例，对外植体是分化芽还是分化根，有重要影响。如果培养基中所加的细胞分裂素与生长素浓度之比大（即细胞分裂素的浓度大），对分化芽有利，反之，则有利于生根。

10.3 培养基及其配制

培养基好比土壤，是组织培养中离体材料赖以生存和发展的基地。因此，在组织培养基的各个环节中，应着重掌握培养基，了解它的组成和配制方法。

一、组成培养基的五类成分

目前，大多数培养基的成分是由无机营养物、碳源、维生素、生长调节物质和有机附加物等五类物质组成的。

1. 无机营养物

无机营养物主要由大量元素和微量元素两部分组成，大量元素中，氮源通常有硝态氮或铵态氮，但在培养基中用硝态氮的较多，也有将硝态氮和铵态氮混合使用的。磷和硫则常用磷酸盐和硫酸盐来提供。钾是培养基中主要的阳离子，在近代的培养基中，其数量有逐渐提高的趋势。而钙、钠、镁的需要则较少。培养基所需的钠和氯化物，由钙盐、磷酸盐或微量营养物提供。微量元素包括碘、锰、锌、钼、铜、钴和铁。培养基中的铁离子，大多以螯合铁的形式存在，即 FeSO_4 与 $\text{Na}_2\text{—EDTA}$ （螯合剂）的混合。

2. 碳源

培养的植物组织或细胞，它们的光合作用较弱。因此，需要在培养基中附加一些碳水化合物以供需要。培养基中的碳水化合物通常是蔗糖。蔗糖除作为培养基内的碳源和能源外，对维持培养基的渗透压也起重要作用。

3. 维生素

在培养基中加入维生素，常有利于外植体的发育。培养基中的维生素属于 B 族维生素，其中效果最佳的有维生素 B_1 、维生素 B_6 、生物素、泛酸钙和肌醇等。

4. 有机附加物

包括人工合成或天然的有机附加物。最常用的有酪朊水解物、酵母提取物、椰子汁及各种氨基酸等。另外，琼脂也是最常用的有机附加物，它主要是作为培养基的支持物，使培养基呈固体状态，以利于各种外植体的培养。

5. 生长调节物质

常用的生长调节物质大致包括以下三类：

(1) 植物生长素类。如吲哚乙酸（IAA）、萘乙酸（NAA）、2,4-二氯苯氧乙酸（2,4-D）。

(2) 细胞分裂素。如玉米素（Zt）、6-苄基嘌呤（6-BA 或 BAP）和激动素（Kt）。

(3) 赤霉素。组织培养中使用的赤霉素只有一种，即赤霉酸（ GA_3 ）。

二、常用培养基配方及其特点

1. 常用培养基配方

组织培养是否成功，在很大程度上取决于对培养基的选择。不同培养基有不同特点，适合于不同的植物种类和接种材料。开展组织培养活动时，应对各种培养基进行了解和分析，以便能从中选择使用。下面介绍组织培养几种常用培养基的配方见表 9 - 1。

培养基中的激素种类和数量，随着不同培养阶段和不同材料而有变化，

因此各配方中均不列入。

2. 几种常用培养基的特点

(1) MS 培养基。MS 培养基是目前普遍使用的培养基。它有较强的无机盐浓度，对保证组织生长所需的矿质营养和加速愈伤组织的生长十分有利。由于配方中的离子浓度高，在配制、贮存、消毒等过程中，即使有些成分略有出入，也不致影响离子间的平衡。MS 固体培养基可用于诱导愈伤组织，或用于胚、茎段、茎尖及花药培养，它的液体培养基用于细胞悬浮培养时能获得明显成功。这种培养基中的无机养分的数量和比例比较合适，足以满足植物细胞在营养上和生理上的需要。因此，一般情况下，无表 9—1 植物组织培养常用培养基配方

(单位：毫克/升)

培养基名称		MS	H	B ₅	尼许	怀特	N ₆
成分							
大量元素	NH ₄ NO ₃	1650	720				
	(NH ₄) ₂ SO ₄			134			463
	KNO ₃	1900	950	2500	125	80	2830
	Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O				500	300	
	CaCl ₂ · 2H ₂ O	440	166	150			166
	MgSO ₄ · 7H ₂ O	370	185	250	125	720	185
	KH ₂ PO ₄	170	68		125		400
	Na ₂ SO ₄					200	
	NaH ₂ PO ₄ · H ₂ O			150		16.5	
	KCl					65	
微量元素	KI	0.83		0.75			0.8
	H ₃ BO ₃		10	3	0.5	1.5	1.6
	MnSO ₄ · H ₂ O			10			
	MnSO ₄ · 4H ₂ O	22.3	25		3	7	4.4
	MoO ₃					0.0001	
	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	8.6	10	2	0.05	3	1.5
	Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0.25	0.25	0.25	0.025		
	CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.025	0.025	0.025	0.001		
CoCl ₂ · 6H ₂ O	0.025		0.025				
有机	甘氨酸	2	2			3	2
	盐酸硫胺素	0.4	0.5	10		0.1	1
	盐酸吡哆素	0.5	0.5	1		0.1	0.5
	菸酸	0.5	0.5	1		0.3	0.5

续表

培养基名称		MS	H	B ₅	尼许	怀特	N ₆
成分	肌醇	100	100	100		100	
	叶酸		0.5				
	生物素		0.5				
	蔗糖	30000	20000	20000	20000	20000	50000
	琼脂	10000	8000	10000	10000	10000	10000
	PH	5.8	5.5	5.5	6.0	5.6	5.8

说明：表中各培养基配方中，均未列出铁盐。关于铁盐配方，除尼许培养基为柠檬酸铁 10 毫克/升外，其余均为：5.57 克的 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ （硫酸亚铁）和 7.45 克的 $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ （乙胺四乙酸二钠）溶于 1 升水的溶液，5 毫升/升。

须再添加氨基酸、酪蛋白水解物、酵母提取物及椰子汁等有机附加成分。与其它培养基的基本成分相比，MS 培养基中的硝酸盐、钾和铵的含量高，这是它的明显特点。

(2) B₅ 培养基。B₅ 培养基的主要特点是含有较低的铵，这是因为铵可能对不少培养物的生长有抑制作用。经过试验发现，有些植物的愈伤组织和悬浮培养物在 MS 培养基上生长得比 B₅ 培养基上要好，而另一些植物，在 B₅ 培养基上更适宜。

(3) N₆ 培养基。N₆ 培养基特别适合于禾谷类植物的花药和花粉培养，在国内外得到广泛应用。在组织培养中，经常采用的还有怀特 (White, 1963) 培养基、尼许 (Nitsch, 1951) 培养基等。它们在基本成分上大同小异。怀特培养基由于无机盐的数量比较低，更适合木本植物的组织培养。

三、培养液的配制

1. 制备母液

为了避免每次配制培养基都要对几十种化学药品进行称量，应该将培养基中的各种成分，按原量 10 倍、100 倍或 1000 倍称量，配成浓缩液，这种浓缩液叫做母液。这样，每次配制培养基时，取其总量的 1/10、1/100、1/1000，加以稀释，即成培养液。现将培养液中各类物质制备母液的方法说明如下。

(1) 大量元素。大量元素包括硝酸铵等用量较大的几种化合物。制备时，按表中排列的顺序，以其 10 倍的用量，分别称出并进行溶解，以后按顺序混在一起，最后加蒸馏水，使其总量达到 1 升，此即大量元素母液。

(2) 微量元素。因用量少，为称量方便和精确起见，应配成 100 倍或 1000 倍的母液。配制时，每种化合物的量加大 100 倍或 1000 倍，逐次溶解并混在一起，制成微量元素母液。

(3) 铁盐。铁盐要单独配制。由硫酸亚铁 ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 5.57 克和乙二胺四乙酸二钠 (Na-EDTA) 7.45 克溶于 1 升水中配成。每配 1 升培养基，加铁盐 5 毫升。

(4)有机物质。主要指氨基酸和维生素类物质。它们都是分别称量，分别配成所需的浓度（0.1~1.0 毫克/毫升），用时按培养基配方中要求的量分别加入。

(5)植物激素。最常用的有生长素和细胞分裂素。这类物质使用浓度很低，一般为 0.01~10 毫克/升。可按用量的 100 倍或 1000 倍配制母液，配制时要单个称量，分别贮藏。

配制植物生长素时，应先按要求浓度称好药品，置于小烧杯或容量瓶中，用 1~2 毫升 0.1N（克当量浓度）氢氧化钠溶解，再加蒸馏水稀释至所需浓度。配制细胞分裂素时，应先用少量 0.5 或 1N 的盐酸溶解，然后加蒸馏水至所需量。

以上各种混合液（母液）或单独配制药剂，均应放入冰箱中保存，以免变质、长霉。至于蔗糖、琼脂等，可按配方中要求，随称随用。

2. 配制培养基的具体操作

根据配方要求，用量筒或移液管从每种母液中分别取出所需的用量，放入同一烧杯中，并用粗天平称取蔗糖、琼脂放在一边备用。

将 中称好的琼脂加蒸馏水 300~400 毫升，加热并不断搅拌，直至煮沸溶解呈透明状，再停止加热。

将 中所取的各种物质（包括蔗糖），加入煮好的琼脂中，再加水至 1000 毫升，搅拌均匀，配成培养基。

用 1N 的氢氧化钠或盐酸，滴入 中的培养基里，每次只滴几滴，滴后搅拌均匀，并用 pH 试纸测其 pH 值，直到将培养基的 pH 值调到 5.8。

将配好的培养基，用漏斗分装到三角瓶（或试管）中，并用棉塞塞紧瓶口，瓶壁上写上号码。瓶中培养基的量约为容量的 1/4 或 1/5。

表 9 - 2 配制培养基成分单

日期	培养基名称	用途	配制人
培养基成分			数量
大量元素			
微量元素			
	铁盐		
	PH 值		
	有机物质		
	植物激素		
	琼脂		
	其它		
	备注		

培养基的成分比较复杂，为避免配制时忙乱而将一些成分漏掉，可以准备一份配制培养基的成分单，将培养基的全部成分和用量填写清楚。配制时，按表列内容顺序，按项按量称取，就不会出现差错。成分单的格式与内容见表 9 - 2。

3. 培养基的灭菌与保存

培养基配制完毕后，应立即灭菌。培养基通常应在高压蒸汽灭菌锅内，在汽相 120 条件下，灭菌 20 分钟。如果没有高压蒸汽灭菌锅，也可采用间歇灭菌法进行灭菌，即将培养基煮沸 10 分钟，24 小时后再煮沸 20 分钟，如此连续灭菌三次，即可达到完全灭菌的目的。

经过灭菌的培养基应置于 10 下保存，特别是含有生长调节物质的培养基，在 4~5 低温下保存要更好些。含吲哚乙酸或赤霉素的培养基，要在配制后的一周内使用完，其它培养基最多也不应超过一个月。在多数情况下，应在消毒后两周内用完。

10.4 外植体的选择与灭菌

一、外植体的选择

1. 选择外植体时应考虑的各种因素

虽然所有的植物细胞都具有全能性，能够重新形成植株，但各种细胞在表现全能性、重新形成植株的能力并不相同。这种差别不仅表现在同一植株的不同部位、不同器官和不同组织上，而且还表现在植物种类、植株年龄、生长季节和生理状态上。因此，在决定选用一个合适的材料时，必须考虑以下一些因素：

- 用哪一部分器官最适于作组织培养的材料；
- 器官的生理状态和发育年龄；
- 取材的季节；
- 离体材料（外植体）的大小；
- 取得离体材料的植株质量。

例如，许多兰科植物、石刁柏（*Asparagus officinalis* L.）和非洲菊（*Gerbera jamesonii* Bolus ex Gard.）用茎尖作材料最合适，而旋花科植物用根比较合适，秋海棠和茄科的一些植物适合于用叶等等。一般说来，处于生长季节的较幼嫩的材料，容易培养，接种时较大的外植体则有较大的再生能力。对于仅仅诱导愈伤组织的外植体，材料大小并无严格限制，只要将茎的切段、叶、根、花、果实或种子等的组织切成片状或块状，接种在培养基上即可。切块的具体大小一般在0.5厘米左右，太小时产生愈伤组织的能力弱，太大时，又会在培养瓶中占地方太多。至于茎尖、胚、胚乳的培养，则按器官或组织单位切离即可。

2. 外植体的两种类型

外植体可以分为带芽的外植体和由分化组织构成的外植体两种类型。

(1)带芽的外植体如茎尖和侧芽等。培养这类外植体时，可以有两种作法，一是诱导茎轴伸长，为此就要在培养基中多加入植物生长素和赤霉素；一是抑制主茎发育，促进腋芽最大限度生长，以产生丛生芽，为此则应在培养基中加入大量的细胞分裂素。选用带芽的外植体很有意义，因为这类外植体产生植株的成功率高，而且很少发生变异，容易保持材料的优良特性。

(2)由分化的组织构成的外植体。如茎段、叶、根、花茎、花瓣、花萼、胚珠、果实、花粉等。这类外植体大多由已分化的细胞组成，由它们再生成植株，大多有一个从分化状态回复到分生组织状态的脱分化过程。所以由这类外植体接种的材料，常常要经过愈伤组织阶段再分化出芽或胚状体而形成植株。由这类外植体形成的后代可能有变异。

二、外植体的灭菌

接种用的材料表面，常常附有多种多样的微生物，这些微生物一旦带进培养基，就会迅速滋生，使实验前功尽弃。因此，材料在接种前必须进行灭菌。灭菌时，既要使材料上附着的微生物杀死，同时又不能伤及材料。因此，灭菌采用何种药剂，什么浓度，处理多长时间，均应根据材料对药剂的敏感情况仔细敲定。

目前，经常使用的灭菌剂有次氯酸钠、过氧化氢、漂白粉、溴水和低浓

度的氯化汞等。使用这些灭菌剂，都能起到表面杀菌的作用。但氯化汞灭菌后，汞离子在材料上不易去掉，必须将材料用无菌水多清洗几次。

外植体的灭菌工作应在接种室或接种箱内无菌的条件下进行。

下面介绍几种外植体的灭菌方法：

1. 花药的灭菌

用于组织培养的花药，按小孢子发育时期要求，实际上大多没有成熟，花药外面有萼片、花瓣或颖片、稃片保护着，通常处于无菌状态。所以一般只对整个花蕾或幼穗进行灭菌。如茄 (*Solanum melongena* L.) 的花药，灭菌时先去掉花蕾的萼片，用 70% 酒精擦洗花瓣，然后将整个花蕾浸泡在饱和漂白粉上清液中 10 分钟，再经无菌水清洗 2~3 次，即可接种。这一灭菌程序，也适用于其它植物花药的灭菌。

2. 果实及种子的灭菌

灭菌前，先将果实、种子用纯酒精迅速漂洗一下或将种子浸泡 10 分钟。对于果实，一般再用 2% 的次氯酸钠溶液浸泡 20~30 分钟甚至几小时，持续时间视种皮硬度而定。对用作胚或胚乳培养的种子，如种皮太硬，则在灭菌前先去掉外种皮，再用 4~8% 次氯酸钠溶液浸泡 8~10 分钟，用无菌水清洗后，即可剖出胚或胚乳进行接种。

3. 茎尖、茎段及叶片的灭菌

灭菌方法与花药的灭菌方法相同。对于茎叶，因为暴露在空中，且生有毛或刺等附属物，所以灭菌前应该用自来水冲洗干净，用吸水纸将水吸干，再用 70% 酒精漂洗一下。然后，根据材料的老、嫩和枝条的坚硬程度，用 2~10% 次氯酸钠溶液浸泡 6~15 分钟，用无菌水冲洗 3 次，用无菌纸吸干后进行接种。

4. 根和贮藏器官的消毒

这类材料大多埋于土中，材料上常有损伤及带有泥土。灭菌比较困难。灭菌前，要用自来水清洗，并用毛刷或毛笔轻轻刷洗去掉污物，吸干后用 70% 酒精漂洗一下，再用 0.1~0.2% 的氯化汞灭菌 5~10 分钟，或用 6~8% 次氯酸钠溶液浸 5~15 分钟，接着用无菌水清洗及用无菌纸吸干，然后进行接种。

10.5 组织培养的步骤

通过组织培养进行再生的步骤，包括接种、植株诱导、生根和移栽四个阶段。

一、接种

组织培养的接种是指将灭过菌的材料，在无菌的情况下，切成小块，放入培养基的过程。科研、生产部门的接种工作，多在无菌室或超净工作台上进行，中学可制作接种箱，在箱内进行接种。接种的方法步骤如下：

在无菌室或接种箱中放好接种时所需要的酒精灯、贮存 70%酒精和棉球的广口瓶、各种镊子、接种针、解剖刀、手术剪、火柴、培养基等。

在无菌室或接种箱内用紫外灯灭菌（无菌室照射 20~50 分钟，接种箱照射 15 分钟）。

放入已灭菌的接种材料（用培养皿盛取）。同时，操作人员用酒精棉球擦手，并对接种工具用酒精灯火焰烧灼。

用手术刀片将材料切割成若干片段，并迅速接种入培养基中。接种时，锥形瓶（或试管）应斜向火焰，在酒精灯火焰附近操作。

材料接种好后，将锥形瓶瓶口在酒精灯火焰上转动烧一遍，盖好瓶盖，注明材料名称及接种日期。

材料接种后，应置于 26~28 的培养室中进行培养。中学如果条件不具备，可于春、秋季温度适宜时放在室内培养，用日光灯或自然光照明，光强约在 2000 勒克斯左右。

二、植株诱导

本阶段是组织培养中最重要的一环。在培养基中植物激素的作用下，外植体通过三条途径迅速增殖，这就是侧芽增殖、诱导不定芽的形成和诱导胚状体的形成。

1. 侧芽增殖

种子植物的每个叶腋中通常都存在着腋芽，在一定条件下可以使它生长。现在知道顶端优势抑制侧芽生长，可被外源的细胞分裂素打破，所以在利用侧芽增殖这条途径时，培养基中几乎都要加入细胞分裂素（有时也加入少量生长素）。由于细胞分裂素的持续作用，侧芽不断分化和生长，逐渐形成芽丛。如果反复切割和转移到新的培养基上继代培养，就可在短期内得到大量的芽。

侧芽增殖的主要优点是能保持遗传的稳定性，因为茎尖的细胞常是均一的二倍体细胞，它不易受培养条件的影响而发生变异，也易于保持嵌合体的性状。目前已有近百种植物可以用这种方法进行繁殖，如草莓（*Fragaria ananassa* Duch.）、苹果、葡萄（*Vitis vinifera* L.）、唐菖蒲（*Gladiolus gandavensis* Houtt.）、非洲菊、月季（*Rosa chinensis* Jacq.）、甜菜（*Beta vulgaris* L.）和凤梨[*Ananas comosus* (L.) Merr.]等。

关于培养基中加入细胞分裂素的浓度，是 0.1~10.0 毫克/升，一般为 1.0~2.0 毫克/升。在几种细胞分裂素中用的最多的是 6-苄基嘌呤，其次是激动素和异戊基腺苷，玉米素用的很少。

除了细胞分裂素之外，在培养基中还经常加入低浓度的生长素以促进腋

芽的生长。常用的生长素是萘乙酸、吲哚丁酸和吲哚乙酸(浓度为0.1~1.0毫克/升)。

2. 诱导不定芽的形成

在自然条件下,很多种植物的器官可以产生不定芽。在培养条件下,由于所需要的外植体很小又加上激素的作用,可以使这种产生不定芽的能力得到极好的发挥,如秋海棠或非洲紫罗兰(*Saintpaulia ionantha* Wendl.)用常规的叶插法繁殖时,每片叶只能产生几个到十几个芽,但用叶切段在培养基中可产生成千上万个芽。在培养条件下,还能使自然条件下不产生不定芽的器官形成不定芽,如卷心菜(*Brassica oleracea* L.var.*capi-tata* L.)和番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill.)的叶、菊花[*Dendranthema morifolium* (Ram.) Tzvel.]的花和叶片、百合(*Lilium brownii* F.E.Br.var.*viridulum* Baker)和水仙的鳞片以及萱草(*Heimerocallis fulva* L.)的花茎等。

在诱导外植体形成不定芽时,一般使用细胞分裂素高于生长素比值的激素配比,少数情况下也采用二者比值接近1的配比。常用的细胞分裂素是6-苄基嘌呤,激动素和玉米素,浓度范围一般在0.1~10.0毫克/升。生长素是萘乙酸、吲哚乙酸和吲哚丁酸,其浓度范围与细胞分裂素相同。为了使外植体形成不定芽,外源激素的供应只是一个方面,器官分化的性质还要决定于内源激素的状况。因此,对于不同的植物,使用的激素种类和浓度常有较大的变化。在具体操作时,应参考已有资料或相近种类的已有结果,以确定适当的浓度和配比。

3. 诱导胚状体的形成

在自然界只有少数植物可以由珠心产生胚状体。在培养条件下,现在已有30多个科的150多种植物可以产生胚状体。在诱导胚状体的形成时,其外植体一般取自胚、分生组织或生殖器官。为了获得胚状体,在培养过程中,培养基中应含有丰富的还原氮,并加入生长素(主要是2,4-D)诱导胚状体的发生。待胚状体发生后,要转移到降低浓度或没有生长素的培养基上进行培养,使胚状体成熟和生长。

胚状体途径的优点是增殖率高,而且胚状体既具胚芽又具胚根。因此,可免去生根这一步骤。但目前很多重要作物还不能形成胚状体,或产生的胚状体难以形成植株,另外胚状体遗传性也容易发生变异,所以目前除柑桔(*Citrus*)、油棕(*Elaeis guine-ensis* Jacq.)和咖啡(*Coffea*)等少作物外,都不采用这一途径。

三、生根

生根是获得完整植株的一个关键。通过侧芽和不定芽途径产生的芽长成嫩枝后(此时的嫩枝叫试管苗),必须诱导生根才能移植。促使试管苗生根的方法通常有两种。一种是在固体培养基上诱导生根。当试管苗长到2~3厘米高时,将它从基部切下,转移到只含0.2~0.5毫克/升的萘乙酸或吲哚丁酸的固体培养基上生根。另一种是浸泡的方法,将切下的无根试管苗泡在含有高浓度生长素溶液中,生长素浓度为100毫克/升左右,浸泡时间从几小时到1天,然后取出接种于不加任何激素的MS培养基上,十天左右即可生根。

以上两种方法,在更换培养基后,经过几天,都要将试管苗的瓶口打开,上盖1~2层纱布,以便于通气。并要适当加强光照,以增加试管苗的自养能

力。

四、移栽

当试管苗的根原基突起或形成几毫米长的短根时，将其取出，洗去琼脂，载入有少量营养的人工基质中。移栽后，保持高湿度，避免阳光直射和过大的温度波动，经过一段逐步锻炼的过程，再定植到土壤中。

在移栽过程中，试管苗的环境条件发生了剧烈的变化，其本身又从异养变到自养，叶的光合作用和根的吸收作用需要逐渐发展。因此移栽时要小心控制，使试管苗逐步锻炼，最终能在土壤中生活。

10.6 常用仪器设备

- (1) 试管或锥形瓶：用于盛装培养基和培养材料。试管体积为 2×15 厘米，锥形瓶为 50 毫升、100 毫升两种。
- (2) 培养皿：直径 6~8 厘米，用于临时盛放培养材料。
- (3) 烧杯：250 毫升、500 毫升、1000 毫升，用于配制培养基。
- (4) 细口瓶：100 毫升、500 毫升、1000 毫升，用于盛放各种母液。应准备棕色细口瓶，用于盛放吡啶乙酸。
- (5) 量筒、移液管、漏斗：用于配制培养基。
- (6) 酒精灯。用于接种培养材料。
- (7) 接种针、解剖刀、手术剪：用于接种培养材料。
- (8) 高压蒸汽灭菌锅：用于培养基的灭菌。
- (9) 粗天平、分析天平（精确度为 0.1 毫克）：用于称量各种药品。
- (10) 超净工作台或接种箱：用于接种培养材料、接种箱的尺寸规格见本书第九章第二节。
- (11) 冰箱：用于贮存各种母液

（杨 悦）

10.7 活动方案举例

一、竹节秋海棠叶培育苗

竹节秋海棠 (*Begonia president-carnot* Hook.) 是常见的观赏植物, 枝叶繁茂, 鲜艳的花朵和较大的花序美丽诱人, 花期长达月余。但它开花不结实, 只能通过扦插来繁殖。剪枝扦插影响株形和观赏效果, 且繁殖速度慢, 用组织培养法则可以在短期内培育出大量的幼苗。

1. 活动目的

了解植物组织培养的基本步骤, 使中学生掌握用竹节海棠叶培育幼苗的方法。

2. 活动设计

选择健壮、无病害的竹节海棠植株, 剪下嫩叶。

将消毒后的材料接种在附加 6-苄基嘌呤 0.5 毫克/升、萘乙酸 0.2 毫克/升的 MS 培养基上进行培养, 一段时间后移入生根培养基。

生根后移栽入花盆或大田。

3. 活动开展方法步骤

(1) 材料消毒。选择生长健壮、无病害的植株, 剪下嫩叶。经清水漂洗、70%酒精表面消毒后, 用 5~10%漂白粉过滤液或澄清液浸泡约 8 分钟, 然后用无菌水洗 3~4 次, 并用无菌滤纸吸去材料表面的水分。

(2) 接种。将消毒过的叶片放在接种箱或超净工作台中切成 1~5 平方厘米的小块 (外植体), 接种在 MS 培养基 (附加 6-苄基嘌呤 0.5 毫克/升、萘乙酸 0.2 毫克/升) 上进行培养。培养室温度保持在 25~27 左右, 可以用 40 瓦日光灯二盏, 在培养瓶上 40 厘米处光照, 每日 8~10 小时。叶片切块在接种后 3~5 天出现愈伤组织, 2 周左右愈伤组织上出现突起的芽点, 以后芽点增多。4 周以后可以看到有直径 3~5 毫米叶片的不定芽, 这时将长出多数不定芽的培养物分割成数块, 分别接种在原培养基上, 经 2~3 周后, 在原来芽的基部分生出大量的不定芽。

(3) 诱导生根。将不定芽切下, 移入生根培养基即含 1/2MS 的培养基 (可附加吲哚乙酸 0.5 毫克/升) 中诱导生根, 经过 10 天左右就可生根。

(4) 移栽。移栽前 1~2 天, 先将培养瓶瓶口打开, 让试管苗得到初步锻炼, 以适应瓶外的气候条件。移栽时先将试管苗取出, 用清水漂洗去粘附在根部的琼脂。然后在移栽土上开一个洞, 种入试管苗, 覆土后轻压苗周围的土, 再小心灌水压根, 并用破烧杯或开孔的塑料袋覆盖, 使小苗保持在一定湿度下生长。光照不宜太强, 温度控制在 20~30 左右, 培养 2~3 周后, 可除去覆盖物, 增加光强。待植株根系发达, 地上部分生长健壮时, 即可移栽入大田。

二、双色茉莉的组织培养

双色茉莉 (*Brunfelsia acuminata* Benth.) 为同一植株上开出两种颜色的花, 一为淡紫, 一为雪白, 色型优美, 深受人们喜爱。双色茉莉可用压条和扦插来繁殖, 但繁殖系数不高, 苗木质量欠佳。用组织培养法则可以加快繁殖速度, 提高苗木质量。

1. 活动目的

了解植物组织培养的基本步骤，使中学生掌握双色茉莉的组织培养方法。

2. 活动设计

选取无病害的健壮植株，剪下嫩枝及叶。

接种在 MS 基本培养基（附加吲哚乙酸 0.5 毫克/升、6-苄基嘌呤 1 毫克/升）上进行培养。

移入 1/2MS 培养基（附加吲哚丁酸 0.4 毫克/升）中诱导生根。

生根后移栽入花盆或大田。

3. 活动开展方法步骤

(1) 材料消毒。将双色茉莉植株上较嫩叶片连同叶柄一起剪下，清水洗去叶片表面的尘土，用 5% 次氯酸钠溶液消毒，再用无菌水漂洗 2~3 次，并用无菌滤纸吸去水分。

(2) 接种和培养。在无菌条件下，将消毒后的材料接种在 MS 基本培养基（附加吲哚乙酸 0.5 毫克/升、6-苄基嘌呤 1 毫克/升）上进行培养，温度控制在 26℃ 左右，每天用日光灯辅助光照 8~10 小时。培养一个月左右，可从叶枕处首先分化出芽，以后在整个叶片上都陆续分化出芽。用一片叶持续分化可相继获得 100 多株幼苗。

(3) 诱导生根。将分化出来的幼苗具有 3~5 片叶时，转移到 1/2MS 培养基（附加吲哚丁酸 0.4 毫克/升）中诱导生根，约经 10~15 天即可生根。

(4) 移栽。当试管苗根长到 2~3 厘米时，即可移入土壤栽培。移栽前，先将瓶塞打开，使空气进入瓶中，2 天后取出试管苗，小心洗去根部沾附的琼脂，移栽到通气良好的沙性盆土中，浇透水后罩以塑料薄膜，保持空气湿度，温度控制在 15~20℃ 之间，勿放在阳光下直射。3~4 周后，待小苗长出新叶，根系生长正常时，即可移栽入花盆或大田。

（胡亚丽）

本章思考题

1. 说明组织培养的概念以及应用情况。
2. 为什么一块组织，甚至一个细胞能形成一棵完整的植株。
3. 组织培养所用培养基的成分有哪些？培养基怎样配制？
4. 如何选择外植体？对各类外植体应怎样进行灭菌。
5. 说明组织培养的步骤和方法。

本章作业

参加一次组织培养全过程（包括培养基配制、接种、外植体诱导、生根和移栽）。

本章参考书目

1. 中国科学院上海植物生理研究所 1978 《植物组织和细胞培养》科学技术出版社
2. 颜昌敬 1980 《植物组织培养手册》上海科技出版社
3. 桂耀林 1985 《植物组织培养》科学出版社
4. 张丕方 1985 《植物组织培养与繁殖上的应用》上海教育出版社

(杨 悦)

第十一章 无土栽培

导 言

无土栽培是指不用天然土壤，而用营养液来栽培农作物的方法。当前主要用于蔬菜、花卉和树木育苗。与传统的栽培方法相比，它具有许多优点，如能够在海岛、沙漠、城市屋顶等无土地区种植作物，省工、省水，实现作物早熟高产，避免土壤病虫害传播，生产无污染的优质蔬菜等，特别是随着宇航事业的发展，有的国家已将无土栽培列入“空间生活维持系统”的研究内容，这就使无土栽培可能成为将来宇宙航行中生产粮食、蔬菜的基本途径。因此，它有着巨大发展潜力和广阔发展前景。

无土栽培需要一系列仪器设备，技术性很强，中学生参加这方面的活动，不仅能学习先进农业生产技术，还能培养自己的实验操作能力，是一项十分有意义的科技活动。

本章阐述无土栽培的分类、无土栽培的生理基础、营养液和基质、无土栽培的方法步骤等内容。

11.1 无土栽培分类

1929年，美国加利福尼亚大学格里克（Gericke）教授，根据前人研究结果，用无土栽培方法成功地生产了番茄。从那时以来，世界各国，特别在西欧，北美，无土栽培的面积不断加大，栽培类型和方法不断增多。由于方法多种多样，以致很难加以详细分类。人们通常按照无土栽培中固定根系的方法，大体上将它分为无基质栽培和基质栽培两大类型。

一、无基质栽培

无基质栽培是指作物根系不用基质固定，根系直接和营养液接触。按照根系与营养液接触的状态不同，无基质栽培又可分为水培和喷雾栽培两种类型。

1. 水培

水培是将营养液以液体状态接触根系。水培的方法也有很多种，其中应用比较普遍的是营养膜法（简称 NFT）。这种方法是用大约 0.5 厘米的浅层营养液不断地流过作物根系，由于营养液层很浅，象一层水膜，因而获得了营养液膜这一名称。营养膜法能较好地解决根系同时吸氧和吸收营养液的问题。目前它主要用于种植莴苣、草莓、柿子椒、番茄、茄子和甜瓜等作物。

2. 喷雾栽培

喷雾栽培简称雾培或气培。它是将营养液用喷雾状态接触根系。在喷雾栽培中为了保持根系环境的高湿度和避免根系上滋生绿藻，接受喷雾栽培的作物根系必须悬空在密闭、黑暗的容器中。通常在容器内的根系下方安装自动定时喷雾装置，每隔 2~3 分钟，喷营养液几秒钟。喷雾栽培在解决根系同时吸收氧和营养液的问题上，效果比水培更为理想。这一栽培方法适用于番茄、黄瓜和某些观赏植物的种植。

二、基质栽培

基质栽培是用基质固定根系，使作物根系通过基质吸收营养液和氧。基质栽培的类型和方法繁多，大体上可分为有机基质和无机基质两类。目前，世界各国大多采用无机基质。

1. 有机基质

有机基质是采用草炭、锯末、树皮、稻草和稻壳等物质作基质。这些基质或来自有机物，或本身就是有机物。在各种有机基质中，以草炭的应用最广，其次是锯末。草炭大多被用于栽培各种园艺作物。

2. 无机基质

无机基质是采用岩棉、蛭石、砂、陶粒、珍珠岩、聚乙烯和尿醛泡沫塑料等无机物质作基质。在各种无机基质中，以岩棉用的最多，岩棉普遍用于蔬菜、花卉育苗和栽培上。

无论是有机基质，还是无机基质，在大面积无土栽培中，通常都是放进栽培床或塑料袋中，将植株定植在基质上，再配置相应的营养液灌溉系统进行灌溉。

11.2 无土栽培的生理基础

无土栽培既能满足作物对营养元素种类和数量的需要，又能使肥料得到最经济的利用。要作到这一点，就必须了解作物生长发育需要哪些营养元素，并了解所需要的营养元素有什么生理作用。只有这样，才能制定出合理的营养液配方。

一、植物体内的必要元素

经过植物生理学家一百多年来的研究，发现在植物体中存在着近 60 种不同元素。然而其中大部分元素并不是植物生长发育所必需。植物生长发育必需的元素只有 16 种，这就是碳、氢、氧、氮、磷、硫、钾、钙、镁、铁、锰、锌、铜、钼、硼和氯。人们将这 16 种元素称为必要元素。它们之所以被称为必要元素，是因为缺少了其中任何一种，植物的生长发育就不会正常，而且每一种元素不能互相取代，也不能由化学性质非常相近的元素代替。

植物所必需的 16 种元素中，碳、氢、氧、氮、磷、硫、钾、钙、镁等 9 种元素，植物吸收量多，称为大量元素；铁、锰、锌、铜、钼、硼和氯等 7 种元素，植物吸收量少，称为微量元素。

16 种必要元素中的碳、氢、氧来自大气和水，其余元素均靠植物根系从土壤中吸收。每种元素的化合物形态很多，但根系只能吸收其自身可以利用的化合物形态，例如，对于氮元素来说，大多数植物只能吸收铵态氮（ $\text{NH}_4\text{—N}$ ）和硝态氮（ $\text{NO}_3\text{—N}$ ），又如磷元素，植物主要利用的形态是正磷酸盐（ H_3PO_4 ）。了解植物对元素的吸收形态非常重要，因为只有了解植物根系的这种选择性吸收，才能正确设计出无土栽培的营养液配方。

16 种必要元素被植物吸收的形式以及在植物干重中的浓度见表 11-1。

二、大量元素的生理作用

在 9 种大量元素中，由于碳、氢、氧三种元素，不由根系吸收，营养液的成分中不包含它们，所以本节中无须说明它们的生理功能。现将氮、磷、硫、钾、钙、镁等 6 种大量元素的生理作用分别说明如下。

1. 氮

氮是构成蛋白质的主要成分。植物细胞的细胞质、细胞核和酶的构成都离不开蛋白质。除了蛋白质以外，作为遗传物质的核酸以及构成生物膜的磷脂也都含有氮。同时，氮又是几种具有重要生理功能物质的成分，例如参与光合作用的叶绿素，参与生长发育调控的植物激素—吲哚乙酸、细胞分裂素等。由此可见，氮在植物生命活动中，占有首要地位，被称为生命元素。

当植株缺氮时，蛋白质等含氮物质的合成过程明显下降，细胞分裂和伸长受到限制，叶绿素含量降低。从而导致植株矮小瘦弱、叶小色淡。由于氮在植物体内可以再度利用，在缺氮时，幼叶从老叶吸收氮素，所以表现出老叶容易变黄干枯。

植物体内的氮如果过量，大量的碳水化合物就会用于合成蛋白质和叶绿素等物质，这就会使细胞壁中的纤维素、果胶质大量减少。于是细胞大而壁薄。易遭病虫害。同时茎部机械组织不发达，容易倒伏。

2. 磷

磷在植物体内与其它有机物结合形成磷脂、核酸和辅酶等。磷脂是构成

生物膜的基础，核酸是细胞核和细胞质的主要成分，表 11-1 16 种必要元素及其在植物体内的浓度

元素	化学符号	植物利用的形式	在干组织中的浓度		与钼相比较的相对原子数
			ppm	%	
钼	Mo	MoO_4^{2-}	0.1	0.00001	1
铜	Cu	Cu^+ , Cu^{2+}	6	0.00006	100
锌	Zn	Zn^{2+}	20	0.0020	300
锰	Mn	Mn^{2+}	50	0.0050	1000
铁	Fe	Fe^{2+} , Fe^{3+}	100	0.010	2000
硼	B	BO_3^{3-} , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$	20	0.0020	2000
氯	Cl	Cl^-	100	0.010	3000
硫	S	SO_4^{2-}	1000	0.1	30000
磷	P	H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}	2000	0.2	60000
镁	Mg	Mg^{2+}	2000	0.2	60000
钙	Ca	Ca^{2+}	5000	0.5	125000
钾	K	K^+	10000	1.0	250000
氮	N	NO_3^- , NH_4^+	15000	1.5	1000000
氧	O	O_2 , H_2O	150000	45	30000000
碳	C	CO_2	450000	45	35000000
氢	H	H_2O	60000	6	60000000

辅酶

则能参与许多重要的代谢过程。因此，磷也是一个生命元素。

磷与氮的营养有密切关系。当植株缺磷时，蛋白质的合成受到阻碍，新的细胞质和细胞核形成减少，影响细胞分裂，植物幼芽和根尖生长缓慢，导致叶小，分枝减少，植株明显矮小。但叶色暗绿，这可能是由于叶片生长缓慢，叶绿素相对提高了的缘故。

由于磷对细胞分裂和分生组织的生长不可缺少，所以植物在苗期对磷的缺乏，表现更加明显。

3. 硫

硫在植物体内参与胱氨酸和蛋氨酸等含硫氨基酸的形成。由于绝大多数的蛋白质都有含硫的氨基酸，所以硫也是原生质的组成成分。同时硫还是代谢活动的参与者，参与调节细胞中的氧化还原过程、呼吸作用、以及某些物质的合成和转化。因此，硫在植物体内起着广泛的生理作用。

植物缺硫时，含硫氨基酸合成减少，蛋白质含量降低，叶绿素的形成也会相应地受到影响。植株缺硫的症状是叶片呈黄绿色。

4. 钾

钾与氮、磷、硫不同，它在植物体内并不参与有机物的组成，而主要是以离子状态存在着。

钾是代谢过程中多种酶的活化剂；植物体内碳水化合物的形成和运输离不开钾；钾与蛋白质代谢的关系也很密切，能促进蛋白质的形成；钾还能增加原生质的水合程度，降低粘性，增强细胞的保水能力和维持细胞一定的紧张度。

缺钾时，叶片呈现赤褐色斑点，叶缘和叶尖部分焦枯坏死，有时叶片卷曲皱缩。钾和氮一样，在植物体可以再度利用，缺钾时，幼叶可向老叶吸收钾。所以缺钾的病症首先表现在下部老叶上。此外，缺钾时，茎的节间缩短，茎秆柔弱容易倒伏。

5. 钙

钙在植物体中，能和果胶酸结合成果胶酸钙，是细胞壁的中胶层不可缺少的组成成分。缺钙时，细胞壁的形成受阻，影响细胞分裂，或者细胞分裂不完全，不能形成新细胞壁，出现多核细胞，从而影响植物的生长。

钙和氮的代谢有密切关系，氮还原时需要钙。钙对蛋白质的合成和碳水化合物的运输，以及植物体内有机酸中和起着很大的作用。

6. 镁

镁是叶绿素的必要成分。缺镁时，叶绿素的形成受到阻碍，光合作用的功能也会受到阻碍。

镁还是许多酶的活化剂，由镁所活化的酶不下几十种。

镁还能促进核糖体亚单位之间的结合，从而保持核糖体结构的稳定，保证蛋白质的合成。

镁在植物体内能再度利用，能向新生组织转移，因此缺镁时，首先表现在下部老叶上叶片先失绿，然后逐渐枯死。

三、微量元素的生理作用

植物体内的微量元素，含量微小，但对植物的生长发育，有着重要影响，尤其在无土栽培中，配制营养液时，如果微量元素用量过少或过多，会使作物表现缺素或中毒的症状。因此，了解各种微量元素的生理作用，对搞好无土栽培意义重大。

1. 铁

铁在植物体中的主要生理功能是作为某些酶的组成成分，如参与组成过氧化物酶、过氧化氢酶和细胞色素氧化酶等。因此铁与呼吸作用、光合作用等重要生命活动的关系密切。

铁对叶绿体的形成是必需的。缺铁时，叶绿体的片层结构减少。

由于铁在植物体内多以不活动的高分子化合物形态存在，所以缺铁时，总是幼叶首先失绿，表现“黄叶病”。严重缺铁时，幼叶几乎呈白色。

2. 锰

锰与光合作用关系密切。缺锰时，会引起叶绿体膜遭到破坏，所以锰能稳定叶绿体的结构。锰还参与光合作用中的光解过程，与氧的释放有关。此外，锰还是许多酶的活化剂。

缺锰的症状和缺铁的症状有些类似，但缺锰时在黄化区内杂有斑点。

3. 锌

锌与生长素的形成有密切关系。缺锌时生长素含量下降，植株的生长受阻。锌还是碳酸酐酶和胶氨酸脱氢酶的成分，叶绿体中含有碳酸酐酶，所以锌与光合作用、呼吸作用都有关系。

在植物体内，锌可以由老叶向幼叶移动，所以植物缺锌时，总是老叶首先失绿。

4. 铜

铜是许多氧化酶的组成成分，如抗坏血酸氧化酶、多酚氧化酶等。这说

明铜参与调节植物体内的呼吸作用。这是铜的主要生理作用。植物缺铜时，叶片容易缺绿，随后发生枯斑，最后叶片死亡脱落。

5. 钼

钼是硝酸还原酶和固氮酶的组成成分，对氮的固定和硝酸盐的同化必不可少。

植株缺钼时，生长不良，植株矮小，叶片失绿、枯萎最后死亡脱落。

6. 硼

硼在植物体内参与糖的运转和代谢，也和分生组织保持分裂活性密切相关。

植物缺硼时，生长缓慢、根系生长受阻、花发育不健全、生长点死亡。硼过量时，叶片边缘干死。

7. 氯

在植物体内氯以离子状态维持着各种生理平衡。另外，氯又参与水的光解反应，促进氧的释放。一般水中含有氯，所以营养液中不加氯。氯多时，叶片边缘枯干。

11.3 营养液和基质

在无土栽培中，作物需要的营养元素和水分，主要来自营养液，而作物吸收营养液时，大多数情况下需要通过基质才能获得。因此营养液和基质是无土栽培中两个核心问题。

一、营养液

1. 配制营养液的无机盐类

无土栽培一般均采用无机盐类配制成营养液。用来配制营养液的无机盐类，既可以是试剂，也可以是化肥。试剂与化肥的主要区别在于试剂的纯度较高，化肥的杂质较多。如果做比较精确的无土栽培实验，在配制营养液时要选用化学纯或分析纯的试剂，以便得出可靠的数据。在生产上或中学进行无土栽培，要用肥料，这样成本较低，但应选择纯度较高的肥料。

我国生产的肥料纯度很不一致，其它国家肥料也没有统一标准，现将北美一些国家使用的肥料纯度列出，见表 11-2。

对化学肥料纯度的计算，一般是根据标明的分子式。分子式中的结晶水被认为是杂质，如硝酸钙含有 4 分子结晶水[$(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$]，因此其纯度下降到 66%，硫酸镁含 7 分子的结晶水，则其纯度只有 45%。

2. 营养液的配方

由本章第二节“无土栽培的生理基础”的内容可知，在无土栽培中，作物要维持其正常的生长与发育，必须含有 13 种必要元素，而它们都必须呈植物可以吸收的状态即离子解离状态。此外，离子间的比例还必须适当。营养液只有具备以上条件，才有可能使作物发育良好，获得高产。

现在世界上发表的营养液配方有数百种，其中以霍格兰氏液 (Hoagland Solution, 1950) 最为有名，被各国营养液试验和种表 11-2 商品肥料的百分纯度

(郑光华, 1990)

肥料名称	纯度 (%)
磷酸二氢铵 ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) (食品级)	93
硫酸铵 [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$]	94
硝酸铵 (NH_4NO_3)	98
硝酸钾 (KNO_3)	95
硝酸钙 [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$]	90
磷酸一钙 [$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$] (食品级)	92
硫酸钾 (K_2SO_4)	90
氯化钾 (KCl)	95
硫酸镁 ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	45
氯化钙 (CaCl_2)	75
硫酸钙 (CaSO_4) (石膏)	70
磷酸二氢钾 (KH_2PO_4)	98

植人员广泛使用。霍格兰氏液的配方如下：

克/升 克分子

硝酸钾 KNO_3	0.51	0.005
硝酸钙 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0.82	0.005
硫酸镁 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.49	0.002
磷酸二氢钾 KH_2PO_4	0.136	0.001
硫酸铁 FeSO_4	0.5%	} 0.6毫克 / 升每周3次
酒石酸	0.4%	
硼酸 H_3BO_3		2.86 毫克/升
氯化锰 $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$		1.81 毫克/升
硫酸铜 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$		0.08 毫克/升
硫酸锌 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$		0.22 毫克/升
水合钼酸 $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (85% MoO_3)		0.09 毫克/升

铁和微量元素营养系采用阿浓 (Arnon) 溶液所用量。

3. 营养液的电导度和酸碱度

(1) 电导度。在营养液的使用过程中，应该注意营养液总浓度的变化情况，以便及时补充营养液。

营养液的总浓度（总离子浓度）可以用溶液中盐类总溶解量来表示，也可以用渗透压（单位是大气压）和电导度来表示。由于电导度测定时只需少数溶液，而且可以迅速测出，所以现在一般都用电导度来表示营养液的总浓度。

电导度 (Electrical Conductivity, 简称 EC) 是根据溶液中含盐量的多少，其导电能力不同进行测定的。因为无土栽培用的营养液浓度很低，因此常用其千分之一的浓度来表示，如毫西门子 (ms/cm) 或毫欧姆 (mmho/cm)，现在各国均有轻便的电导仪，可以直接在温室中测定营养液的总浓度。

营养液在稀溶液全部离子解离的情况下，离子浓度与渗透压间存在以下关系：

$$OP=0.0224CT$$

式中 OP：渗透压

C：离子浓度 (mmol/L)

T：绝对温度

溶液中的渗透压和电导度存在着以下关系：

$$OP=0.28-0.36EC$$

$$EC=- (OP-0.28) / 0.36$$

现在许多营养液的总浓度大多在 0.4 ~ 1.0 大气压 (1mmHg=133.3Pa) 范围内，而植物体的最适范围大体在 0.5 ~ 0.75 大气压，即 25-40mmol/L。

无土栽培中必须注意营养液电导度的变化。在循环营养液系统中，自动控制设备随时都在监测 EC 的变化，并能及时纠正。而在非循环营养液系统，每周至少要测定 1 次 EC，以便及时纠正。

(2) 酸碱度。营养液的酸碱度通常用 pH 表示。大多数植物根系在 pH5.5 ~ 6.5 的弱酸性范围内生长最好，因此无土栽培营养液 pH 值也应该在这一范围内。营养液的 pH 值非常重要，因为它关系到各种盐类的溶解度和作物细胞原生质膜对盐类的透过性。植物对 pH 值的适应范围比电导度要窄，pH 值不适宜时，作物根尖发黄和坏死，同时叶片失绿。所以在循环营养液系统中，每

天都要测定和调整 pH 值，在非循环系统中，每次配制营养液时，应注意调整 pH 值。

测定 pH 值的最简单的方法是用 pH 试纸进行比色。但这只能测出大概的范围，我国已生产出多种手持 pH 仪，测定方法简单、快速，而且准确，是大面积无土栽培必备的仪器。

二、无土栽培的基质

近年来，在西欧、北美各国，水培和雾培等无基质栽培已经大大减少，而各种基质栽培日益增多。

基质的种类很多，如草炭、岩棉、蛭石、珍珠岩、树皮、锯末、稻壳、砂砾、松树针叶、泡沫塑料、陶粒等。现将国内外常用的基质介绍如下。

1. 草炭

任何草炭都不是由一种植物组成，世界上的草炭大体上分为藓类草炭和苔类草炭两大类。草炭依其分解程度分为高位草炭、中位草炭和低位草炭，以高位草炭比较适合无土栽培使用。

草炭的物理性质，依其种类不同而有很大差别。下面列举 3 种不同草炭的物理性质，见表 11-4。

将不同种类的草炭，按照一定比例进行混合，其物理性质会发生改变，从而更适宜某种作物的需要。下面表 11-5 介绍白草炭和黑草炭按不同比例混合后物理性质的改变情况。表中“一般固定标准范围”一项，可作为应用时的参考。

2. 岩棉

岩棉是一种吸水性很强的无机基质，1968 年发明于丹麦。它由 60%辉绿岩、20%石炭土、20%焦炭混合在一起，加热到

表 11-4 不同来源草炭的物理性质

(郑光华, 1990)

草炭种类	容重 (g/L)	总孔隙度 (%)	空气含量 (%)	容易利用的水 (%)	吸水力 (g/100g)
藓类草炭	42	97.1	72.6	7.5	992
	58	95.9	37.2	26.8	1159
	62	95.6	25.5	34.6	1388
	73	94.9	22.2	35.1	1001
白草炭	71	95.1	57.3	13.3	869
	92	93.6	44.7	22.2	722
	93	93.6	31.5	27.3	734
	96	93.4	44.2	21.0	604
黑草炭	105	83.2	9.9	37.7	519
	199	86.5	7.2	40.1	582
	214	84.7	7.1	35.9	487
	265	79.5	4.5	41.2	467

表 11-5 黑草炭和白草炭混合后的物理性质

(郑光华, 1990)

混合比例	容重 (g/L)	总孔隙度 (%)	空气容量 (%)	容易利用 的水 (%)	吸水力 (g/100g)
100%白草炭	151	92.0	25.1	23.0	805
90%白草炭+10%黑草炭	162	91.5	20.4	23.9	875
75%白草炭+25%黑草炭	174	90.4	17.4	24.7	810
50%白草炭+50%黑草炭	179	83.7	12.8	28.2	723
25%白草炭+75%黑草炭	194	83.2	12.1	28.5	579
10%白草炭+90%黑草炭	199	85.9	10.9	29.2	562
100%黑草炭	214	84.4	7.1	35.9	487
一般固定标准范围	170 ~ 190	80 ~ 90	10 ~ 15	25 ~ 30	650 ~ 750

1600 融化，喷成直径 0.005 毫米的纤维，再加粘合剂压成人们所需要的各种形状。是一种性能很好的无土栽培基质。所以当它产生后不久，就被西欧各国用作基质种植蔬菜、花卉，到目前已得到广泛使用。在荷兰全国蔬菜无土栽培 3500 公顷当中用岩棉作基质的面积就占了 80%。

(1) 岩棉的成分。岩棉由硅 (Si)、钠 (Na)、氧化锑 (SbO)、氧化钙 (CaO)、氧化铝 (Al₂O₃)、氧化镁 (MgO)、氧化铁 (Fe₂O₃)、氧化锰 (MnO) 和氧化钾 (K₂O) 等成分组成。这些成分，大多数是不能被植物吸收的。

(2) 岩棉的理化性质。容重 0.11g/cm³，总孔隙度 100.0%，大孔隙 (空气容积) 64.3%，小孔隙 (毛管容积) 35.7%，水气比 (以大孔隙值为 1) 1 0.55。

刚刚使用的岩棉 pH 值较高，一般为 7~8。这主要是含有少量氧化钙的缘故。当使用一段时间后，pH 值就会下降。

3. 锯末

锯末来自木材加工。加拿大的园艺工作者们，在无土栽培中广泛使用锯末，效果良好。

(1) 锯末的成分。锯末中含有纤维素 44~45%，木质素 16~22%，戊聚糖 14%，树脂 1~7%，矿物质 0.4~2% 等。

(2) 锯末的理化性质。容重 0.19g/cm³，总孔隙度 78.3%，大孔隙 34.5%，小孔隙 43.8%，水气比 1 1.26。锯末的 pH 值为 6.2。

(3) 使用时应注意的问题。一般树种的锯末均可使用，但对松树锯末应进行水洗，或发酵 3 个月，以减少松节油的含量。锯末可以连续使用 2~6 茬，但每茬使用前应进行消毒。

4. 松树皮

(1) 来源。木材加工。

(2) 物质含量与特性。有机质含量 98%，矿物质 2%。在有机质中，树脂为 3.9%，丹宁、木质素为 3.3%，淀粉、果胶 4.4%，半纤维素 19.1%，纤维素 23%，木质素 46.3%。C/N135，pH4.2~4.5。

松树皮的比重 0.4，结构稳定性和通气性良好，盐基交换量弱。随着木材工业的发展，世界各国都注意树皮的利用，它是一种很好的园艺基质，但应注意其氯化物不应超过 0.25%，锰的含量不应超过 200ppm，如超过这个标准，就不适宜作园艺基质。

5. 蛭石

蛭石由云母片燃烧 850 膨胀而成，本是建筑上的保温材料，后来园艺上将它用来作为无土栽培的基质，效果良好。

(1)蛭石的成分。蛭石含二氧化硅 (SiO_2) 39%、三氧化二铝 (Al_2O_3) 12%、镁 (Mg) 24%、钾 (K) 5%、水 9%、三氧化二铁 (Fe_2O_3) 6%等成分。

(2)蛭石的物理性质。蛭石的容重 $0.25\text{g}/\text{cm}^3$ ，比重 2.61%，总孔隙度 133.5%，大孔隙 25.0%，小孔隙 108.5%，水气比 1 : 4.35。

无土栽培上应用蛭石时，以粒径在 3mm 以上者较好，但经过一茬栽培后，往往因破碎使孔隙变小，因此只能重复使用 1 次。

6. 砂

中东各国和美国等地，都用砂作无土栽培的基质，其优点是价格便宜，来源广泛，栽培效果也很好。但由于较重，搬运和更换基质时比较费工。

(1)砂的理化性质。容重 $1.49\text{g}/\text{cm}^3$ ，总孔隙度 30.5%，大孔隙 29.5%，小孔隙 1.0%，水气比（以大孔隙值为 1）1 : 0.03，pH 值 6.5。

(2)理想的砂粒大小组成。直径 $>4.7\text{mm}$ 占 1%，直径在 $2.4\sim 4.7\text{mm}$ 占 10%， $1.2\sim 2.4\text{mm}$ 占 26%， $0.6\sim 1.2\text{mm}$ 占 20%， $0.3\sim 0.6\text{mm}$ 占 25%， $0.1\sim 0.3\text{mm}$ 占 15%， $0.07\sim 0.1\text{mm}$ 占 2%， $<0.07\text{mm}$ 占 1%。

7. 稻壳

稻壳是稻米加工后的副产品，无土栽培上通常先将稻壳炭化后才使用。

(1)稻壳的理化性质。炭化稻壳的容重 $0.15\text{g}/\text{cm}^3$ ，总孔隙度 82.5%，大孔隙 57.5%，小孔隙 25.0%，水气比 1 : 0.43，pH 值 6.5。

(2)应注意的问题。稻壳炭化后，pH 值常达 9.0 以上，必须经过水洗或用酸调节后使用，才能保证作物正常生长发育。

8. 棉子壳

(1)来源。种过平菇后的棉子壳。

(2)理化性质。一般含全氮 2.2%，全磷 2.2%，全钾 0.17%，容重 $0.24\text{g}/\text{cm}^3$ ，总孔隙度 74.9%，pH 值 6.4。使用前应进行消毒。

9. 珍珠岩

珍珠岩由火山岩在 1200 下燃烧膨胀而成。

(1)珍珠岩的成分。二氧化硅 (SiO_2) 74%，三氧化二铝 (Al_2O_3) 11.3%，三氧化二铁 (Fe_2O_3) 2%，氧化钙 (CaO) 3%，锰 (Mn) 2%，氧化钠 (NaO) 5%，钾 (K) 2.3%等。

(2)珍珠岩的理化性质。容重 $0.16\text{g}/\text{cm}^3$ ，总孔隙度 60.3%，大孔隙 29.5%，小孔隙 30.8%，水气比 1 : 1.04，pH 值 6.3。

(3)应注意的问题。珍珠岩颗粒粗细，对物理性能影响很大，使用时要选用粒径中等的珍珠岩。另外，在分析它的化学成分时，要特别注意它的氧化钠含量，如果超过了 5%，就不宜用作基质。

10. 炉渣

(1)来源。燃煤的残渣。

(2)理化性质。炉渣的容重 $0.7\text{g}/\text{cm}^3$ ，总孔隙度 54.7%，大孔隙 21.7%，小孔隙 33.0%，pH 值 6.8。

炉渣必须经过粉碎、过筛和水洗后方可使用。

11.4 无土栽培的方法步骤

一、育苗

在无土栽培中，不论哪一种作物，都必须进行无土育苗。无土育苗的方法步骤如下：

1. 选择基质

育苗基质多种多样，应用时可根据情况，就地取材。一般多选用蛭石、草炭、岩棉等材料，也可选用锯末、稻壳、炉渣等。它们或几种混合，或单独使用。例如 2 份草炭、1 份蛭石混合作基质，育苗效果较好，幼苗生长健壮，且与基质结合比较紧密，不易散坨。再用岩棉育苗，先在蛭石中播种，待幼苗出芽，子叶展开后，再移栽到岩棉块上，移栽前先在岩棉块上扎 1 个小洞，将幼苗插进去，然后浇上营养液即可。另外，将一种化学膨胀剂混入草炭中，压制成直径 3~4cm、厚 1~2cm 的小块，将种子播种在小块上的小孔中，加水后小块迅速膨胀，体积比原来大 1~2 倍。这种营养块有利于种子萌发和幼苗生长。

2. 种子丸粒化

种子丸粒化是指选择有利于种子萌发的药料以及对种子无副作用的辅助填料，将二者充分混合搅拌，均匀地包在种子表面，使种子外表成为圆球形状，粒径增大，重量增加。这样既便于精量播种、节省人力、节约种子，同时又为种子萌发创造了有利条件，是一项重要的农业新技术。生产上的无土育苗，一般都进行种子丸粒化的工作。

3. 播种

生产上的无土育苗在温室中的育苗盘上进行。由一套机器连续操作完成基质消毒、混拌、装盘、压孔、播种、覆盖基质、镇压到喷水等一系列作业，整个生产线由光电系统自动控制。

4. 中学育苗方法

中学由于设备简单，不可能照搬大规模的无土育苗方法。在基质方面，如没有草炭和蛭石，可将锯末和炉渣按 1:1 的比例混合，用普通花盆盛放。种子无须丸粒化，先进行浸种催芽，再用清水浇透基质，然后进行手工播种。幼苗出土后，将定植后使用的营养液稀释 1 倍后进行灌溉，营养液和水分的供给应交替进行。

二、准备栽培容器

大规模无土栽培，其栽培容器，有栽培槽、塑料袋和栽培床等。

1. 栽培槽

栽培槽有永久性和半永久性之分，前者用砖或水泥砌成，后者用木板做成。槽的尺寸大小因作物种类和温室形状而定。一般栽培槽的体积为 35 × 0.72 × 0.15m。但槽的长度还要受营养液滴灌系统的影响，当滴灌输送不到 35m 远时，就必需缩短槽的长度，以便使槽的前端和末端滴灌量均匀一致。另外，在槽的长度方向要有一定的坡降，以利于排水，坡降比例为 0.15:35。

栽培槽内放置基质，常用的基质有砂、蛭石、珍珠岩、草炭和蛭石混合物、砂和草炭或蛭石混合物等，其中是草炭和蛭石混合基质的应用效果最好。

在定植作物以前，对基质的 pH 值、电导度和各种营养元素都进行 1 次

全面分析测定，了解基质的营养状态，以便决定作物幼苗定植后的营养液配方。（图 11 - 1）

(2) 塑料袋

将基质放入塑料袋中，用来栽培作物。这种容器由于投资少，使用方便，所以已成为大规模无土栽培的一种主要容器。

制作塑料袋所用的塑料薄膜、其厚度为 0.07 ~ 0.08mm，颜色为乳白色或黑白双色。为了延长使用寿命，塑料薄膜应具有抗紫外线的功能，这样，薄膜至少可以使用两年。

用塑料袋作容器，有开口桶式和枕头式两种。前者每袋装基质 10 ~ 15L，种植 1 株黄瓜或番茄；后者装基质 20 ~ 30L，种植 2 株黄瓜或番茄。

定植作物后，都要布设滴灌管，在每株旁设 1 个滴头。无论是开口桶式还是枕头式袋培，均在袋的底部或两侧扎 2 ~ 3 个直径 0.5 ~ 1cm 的小孔，以使多余的营养液能从孔中渗透出来，防止沤根。（图 11—2）

3. 栽培床

栽培槽和塑料袋都是用来盛放基质，用来进行基质栽培；而栽培床则是用来盛放营养液，用来进行非基质栽培，即水培。水培的植株，均固定栽培床内，但不放任何基质，而是用 0.5cm 左右的浅层营养液，直接流过作物根系，供给根系对水肥的需要。栽培床保持着 1 ~ 3% 的倾斜度，能将营养液从高的一端流向低的一端，植物根系吸收后剩余的营养液，回流地下营养液池中，再由泵抽出，进行循环使用。

4. 中学开展活动时，可用花盆作为栽培容器

栽培槽、塑料袋和栽培床，都需要高度自动化的滴灌系统和各种仪表机械，中学很难采用。在中学开展无土栽培，可用花盆作为容器，进行盆栽。

(1) 无土栽培花盆的结构。无土栽培的花盆，其形状、大小与普通花盆相似，但结构很不相同。它由两个盆套合而成。外面的盆叫外盆，里面的盆叫内盆。外盆的底部和侧壁致密而不透水，用来盛放营养液，所以也叫营养液盆。内盆比外盆小，套在外盆里面，其盆口要能够紧套外盆的上口。在内盆底部和侧壁上有许多孔，可以透水和漏水，用来盛放固体基质和植株，所以也叫种植盆，其高度一般约为外盆的 2/3 到 1/2，也就是说，内、外盆的底部之间，要留有足够的空间，这空间用来盛放营养液。至于花盆的质地，既可是陶质和水泥质地，也可以是塑料质地，但陶质的花盆，其外盘应该涂釉。（图 11 - 3）

(2) 无土盆栽的方法：

向外盆注入营养液。营养液的注入量不能过多，要留有 1/3 的空间，作为湿区，以保证作物的根系能得到足够的氧气。

向内盆放置事先准备好的基质，并将育好的幼苗定植在基质中。幼苗定植深度要比土壤定植的深，以增加植株的稳定性。

在栽培过程中，由于水不断蒸腾和营养液中的营养物质不断消耗，需要经常补充水分和营养液。无论是补充营养液还是补充水分，都要补充到原来的水位处。致于内盆中的基质，要经常保持湿润。这样，植物生长过程中，根系就会由内盆底部的孔中穿入外盆，经过湿区，进入营养液里，这种盆栽方式，使水分、营养物质和氧气都能满足根系的需要。

三、备好基质（定植后的基质）

基质种类确定后，应进行筛选、清洗和消毒。如果是选用两种以上基质，还要进行充分搅拌混合。基质的消毒方法有蒸气消毒和化学药剂消毒。化学药剂消毒的药剂有福尔马林、氯化苦和溴化浣等。

中学开展活动应选择来源方便、价格便宜、符合要求的基质，如锯末、稻壳、棉籽壳，砂等。对这些基质，可以在筛选、清洗的基础上放入锅内进行蒸气消毒。如用化学药剂消毒，可用 2%市售福尔马林，用喷壶将基质均匀喷湿，覆盖塑料薄膜，经过 24~26 小时后揭膜，再风干两周后才能使用。

四、配制营养液

营养液的配方最好选用所栽作物专用的配方。如果专用配方找不到，可用霍格兰氏营养液的配方进行配制。

配制营养液时应按照以下方法进行：

(1)在营养液的许多盐类中，以硝酸钙最容易和其它盐类起化合作用，如硝酸钙与硫酸钾相遇，容易产生硫酸钙沉淀，硝酸钙与磷酸盐相遇，也容易产生磷酸钙沉淀。因此，在配制营养液时，硝酸钙要单独溶解在 1 个容器里，稀释后才能和其它盐类混合在一起。

(2)硝酸钙以外的其它大量元素和微量元素，可以混合溶解在 1 个容器中。

(3)在大面积生产中，为了配制方便，以及在水培中自动调整营养液，一般都是先配制浓液（母液），然后再进行稀释。浓液与稀释液的配比为 1 100。

(4)为了调整营养液 pH 值的范围，需要有一个专门盛酸的容器。酸液一般稀释 10%的浓度，其成分为硝酸和磷酸。由于向营养液中投放硝酸和磷酸，营养液中的一部分氮由硝酸供给，营养液中的磷主要由磷酸供给，一般不另外再放磷肥。

(5)用来配制营养液的水有硬水与软水之分，所谓硬水与软水，一般以水中钙的含量多少来划分，目前以含钙 90~100ppm 以上者称为硬水，不足 90ppm 者称为软水。软水中除钙的含量少以外，镁及其它盐类的含量也少。正因为如此，硬水地区和软水地区的营养液配方中的各种盐类和酸的用量应有所不同。软水地区配制营养液时，应该增加硝酸钙的用量，使钙的浓度达到 120ppm 以上，同时软水中碳酸盐的浓度也低，酸的用量也应该相应地减少。

五、定植幼苗

幼苗长出数片真叶后要进行定植，不同种类的作物，其幼苗定植时所需真叶数目常不相同，如黄瓜需 4~5 片真叶，番茄需 7 片真叶，莴笋需要 2~3 片真叶等等。

幼苗在基质中定植深度，应比土壤栽培时的深度要深，以使植株更加稳固。

六、日常管理工作

1. 经常补充营养液和水

在日常管理中最主要的工作是经常补充营养液和水。补充的方法应该是营养液和水交替补充。如果用花盆盆栽，营养液在夏天每周补充 1 次，冬天两周补充 1 次，其余时间补充水分。每隔四周更新 1 次营养液。

2. 补充光照强度

大规模无土栽培，都在温室中进行，中学的小型活动，也应在温室或实验室中进行，无论是温室还是实验室，光照都不充分，日常管理中需要补充光照强度。

3. 选用抗病品种，并注意防治病虫害

无土栽培虽然避免了土壤病害的传播，但仍有一些病害能够通过水、基质、种子和昆虫进行传播，如立枯病、软腐病，疫霉病、线虫病等。虫害方面，主要有蚜虫、茶黄螨和白粉虱等。对各种病虫害应及时进行防治。

11.5 活动方案举例

一、番茄的无土栽培

(1)活动目的。使学生掌握番茄的无土栽培方法。

(2)活动设计。

无土栽培类型：基质栽培。选用锯末和炉渣按 1 : 1 比例进行混合。

营养液配方：选用本章附录中的番茄营养液。

栽培方法：盆栽。

(3)活动方法和步骤。

育苗：以锯末、炉渣作为基质，二者按 1 : 1 比例进行混合，放入普通陶质花盆中备用。

番茄种子播种前进行浸种、催芽，然后将发芽种子插入花盆基质中。播后浇透清水，并用塑料薄膜复盖。

幼苗伸出基质后，撤掉塑料薄膜，用稀释一倍的营养液和清水交替进行浇灌，待幼苗长到 7 片叶时进行定植。

定植：定植用的花盆，应采用内盆、外盆套合使用的成套花盆。在内盆中盛放 1 : 1 的锯末和炉渣混合基质。在外盆中盛放营养液。

将幼苗定植在上述内盆中，并浇灌营养液使基质湿润。然后将内盆放入装有营养液的外盆内。使二者的上口套合严密（内盆、外盆的规格、质地及使用方法见本章第 4 节）。

日常管理：日常应注意补充营养液和水分，使外盆中的水位始终保持在原来位置上。营养液和水交替补充。营养液在夏季每周补充 1 次，冬季则两周补充 1 次，其余时间补充水分。每隔 4 周更新 1 次营养液。补充营养液和水时，均须从内盆表面浇入，以使内盆中的基质经常保持湿润状态。

关于日常管理中的整枝、搭架、疏花、疏果和防治病虫害等工作，与一般土壤种植基本相同。

本章思考题

1. 组成植物的 16 种必要元素各有哪些生理功能？
2. 无土栽培主要类型有哪些，各有何特点？
3. 说明常见基质的理化性质。
4. 说明无土栽培的方法步骤，并说明中学应如何开展无土栽培活动。

本章作业

根据中学设备条件和学生知识能力水平，设计一个无土栽培活动方案。内容应包括：育苗方法；基质类型（或水培）；营养液配方；栽培容器；幼苗定植；作物种类。

本章参考书目

1. 马太和 1985 《无土栽培》 北京出版社
2. 郑光华等 1990 《蔬菜花卉无土栽培技术》 上海科学技术出版社
3. 并本隆和 1988 《营养液组成的理论与实践》、《现代无土栽培》北京农业大学出版社
4. 吴志行等 1982 《基质理化特性分析》 南京农学院学报第 4 期

5. 曹宗巽等 1979 《植物生理学》 人民教育出版社
6. 李杰芬等 1988 《植物生理学》 北京师范大学出版社

附录说明：（附录见 354、355 页）

1. 配制营养液可使用井水、河水、泉水和自来水。如水中钙、镁离子含量高，应减少钙、镁的供应。

2. 营养液中各种大量元素，可使用工业粗制的化学药品或商品肥料，以降低成本。

3. 各种微量元素一般在营养液配好后加入。通常用硫酸亚铁（ FeSO_4 ）100 克，硼酸（ H_3BO_4 ）14 克、硫酸锰（ MnSO_4 ）10 克、硫酸锌（ ZnSO_4 ）1 克、硫酸铜（ CuSO_4 ）1 克，研磨混合均匀。使用时，在 100 升配好的营养液加入 3 克混合微量元素。如果大量元素是使用工业粗制化学药品或商品肥料而又是在小面积栽培时，可不加微量元素，因为肥料杂质中所含的各种微量元素已足够使用。

4. 在植物生长后期，要减少氮而增加磷的供应。

（杨 悦）

附录

几种常见蔬菜花卉的营养液配方

（用量：克/100 升）

作物种类	番茄	黄瓜	马铃薯	莴苣	芹菜	甘蓝	白菜	菜花	草莓	菊花	紫罗兰
化合物											
硝酸钙 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	33.7			65.6		126.3	126.3	126.3	126.3	168.4	
硝酸钾 KNO_3	76.1	91.3	76.1	54.8							76.1
硝酸钠 NaNO_3					64.2						
硫酸铵 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	19.0	19.0		23.7		23.7	23.7	23.7		23.7	15.6
硫酸镁 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	64.2	53.6	53.6	53.6	75.0	53.6	53.6	53.6	53.6	75.8	53.6
硫酸钾 K_2SO_4					50.0	24.9	24.9	24.9	87.3	62.4	
硫酸钙 CaSO_4				7.8	33.7						21.4
磷酸二氢钾 KH_2PO_4			15.6		17.5					52.4	
过磷酸钙 $\text{CaSO}_4 + \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	132.5	33.7	100.3								108.5
磷酸二氢钙 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$		58.8		58.8	29.3	34.9	34.9	34.9	51.4		

续表

作物种类 化合物	番茄	黄瓜	马铃薯	莴苣	芹菜	甘蓝	白菜	菜花	草莓	菊花	紫罗兰
氯化钠 NaCl					15.3						
硫酸亚铁 FeSO ₄	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38
硼酸 H ₃ BO ₃	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
硫酸锰 MnSO ₄	0.238	0.238	0.238	0.238	0.238	0.238	0.238	0.238	0.238	0.238	0.238
硫酸锌 ZnSO ₄	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
硫酸铜 CuSO ₄	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
pH	6.5	6.5	5.0	7.0	7.5	7.5	7.5	7.5	6.0	6.0	7.5

第十二章 农作物有性杂交

导 言

基因型不同的生物体，通过雌、雄生殖细胞的结合，产生后代，这种杂交方式称为有性杂交（简称杂交）。在同一栽培植物中，品种和品种之间进行杂交，称为品种间杂交，也称为近缘杂交。近缘杂交一般容易成功。种与种、属与属、甚至科与科之间的杂交，分别称为种间杂交、属间杂交、科间杂交，它们统称为远缘杂交。远缘杂交的成功率很低。

有性杂交是培育作物新品种的主要方法，也是品种复壮和杂交优势利用的主要手段。有志从事植物品种改良的人，必须熟练地掌握有性杂交的技术。

我国广大农村中学，与当地农业生产有着密切的联系，甚至不少学校自己拥有小块田地，这对开展农作物有性杂交科技活动，具有得天独厚的条件。

有性杂交活动虽然主要在田间进行，但整个杂交过程，无论是去雄，还是授粉，都要求动作细致而准确，是一类操作型科技活动。组织农村中学的学生参加这类活动，对培养学生的动手能力，具有重要作用。而且学生们掌握了有性杂交的技能，也为他们长大后从事农业上有性杂交育种工作打下基础。

本章编写了农作物有性杂交的一般方法和技术、水稻有性杂交、小麦有性杂交、玉米有性杂交和棉花有性杂交及活动方案举例等 6 节内容。

12.1 农作物有性杂交的一般方法

农作物有性杂交的方法主要包括杂交亲本选配、杂交方式和杂交技术等三个方面，现分别说明如下。

一、亲本选配

有性杂交选配亲本应考虑以下几项原则。

第一，亲本优点多，而且主要性状突出，缺点又较易克服，双亲主要性状的优缺点要能互相弥补。

一般来说，亲本优点较多时，其后代性状表现的总趋势将会较好，出现优良类型的机会将会增多。关于双亲的优缺点互补，是指亲本一方的优点应在很大程度上克服对方的缺点。这样，对数量遗传的性状来说，会增大杂种后代的平均值，对于质量遗传的性状来说，后代可出现亲本一方所具有的优良性状，如表 12-1 所示。

表 12 - 1 亲本优缺点互补实例

亲本和品种	越冬性	成熟性	抗条锈病	抗倒伏性	复粒性	籽粒大小
碧玉麦 ×	差	较早	免疫	较强	好	大
蚂蚱麦	较好	中	感染	较弱	差	小
碧蚂 1 号	中	中	高抗	中	中	大

第二，选用当地推广品种作为亲本之一。这是因为当地推广品种曾在本地较长时间栽培，对当地自然条件和栽培条件有一定的适应性。用这样的品

种作为亲本之一，就能使杂种子代对当地的自然和栽培条件有较强的适应性。

第三，选用生态类型差异较大，亲缘关系较远的品种作亲本。一般来说，不同生态类型、不同地理起源和亲缘较远的品种，具有不同的遗传基础，其杂种后代会出现更多的变异类型和超过双亲的有利性状。同时由于双亲是在不同生态条件下产生的，有利于选出适应性较好的新品种。

第四，选择一般配合力好的品种作亲本。所谓配合力是指某一亲本品种与其它若干品种杂交后，杂种后代在某个性状上表现的平均值。用配合力好的品种作亲本，杂种子代往往较好，容易选出好品种。亲本配合力好坏，需要杂交以后才能测知。

二、杂交方式

根据育种目标和亲本特点，有性杂交的方式有以下几种。

1. 单交

是指两个亲本一为母本、一为父本成对杂交，用甲×乙表示。单交只进行1次杂交，简单易行，需时不多，后代群体的规模也相对较小。

2. 复交

是指选用两个以上的亲本进行杂交。复交通常又分三交、双交和四交。三交是指(甲×乙)×丙；双交是指(甲×乙)×(丙×丁)；四交是指[(甲×乙)×丙]×丁。此外还有亲本数目更多的复交。

3. 回交

是指两个亲本复交后，子一代再和双亲之一重复杂交。中学生进行有性杂交时，可选用单交的方式进行杂交。

三、杂交技术

各种农作物具有以下共同的杂交方法和技术。

1. 杂交前的准备工作

(1)熟悉花的结构和开花的习性。不同种类的农作物，花的结构和开花习性常不相同。

对杂交工作来说，一朵花中最重要的部分是雌、雄蕊。因此，在杂交以前，应对杂交亲本花中雌、雄蕊的形状、数目、离合和位置等各种特点认识清楚，否则就无法准确地进行去雄、采粉、授粉、套袋隔离等工作。

杂交前，还必须了解杂交亲本的开花习性。农作物的开花习性包括开花时间、开花顺序、授粉方式和花粉、柱头的生活力等内容。了解亲本开花习性，是杂交前必须准备的工作。例如了解亲本何时开花，才能适时在开花前进行去雄；了解何时是开花盛期，才能选择在开花盛期进行授粉；熟悉花粉和柱头的生活力，才能决定去雄后的授粉期等等。

(2)调节开花期。用来杂交的亲本，一定要花期相遇，才能进行杂交。因此，杂交前一定要了解杂交亲本各个生长发育阶段，以便调节开花期。调节开花期的主要方法有以下几种。

分期播种 分期播种是调节开花期简单而有效的方法。通常以母本开花期为标准，如果父本开花期太早则延迟播种，太迟则提早播种。如果这样作还不能有把握使花期相遇，则可对父本采取分几批播种，这样就可选择最适宜的亲本花朵进行杂交。

光照处理 如果两个亲本的花期相差过大，可应用调节每天光照长度的方法调节花期。一般对晚稻和大豆等短日照作物，从苗期到抽穗开花以前，缩短每天光照时间，可以促进开花，延长每天光照时间，可以延迟开花。对于小麦、油菜等长日照作物，加长每天光照时间，可以促进开花，缩短每天光照时间，则可延迟开花。

春化处理 人工春化处理，也可以作为调节花期的方法。例如，对冬性、半冬性的小麦，在播种前将萌动种子在 0~5℃ 低温下处理若干天（冬性的处理时间是 30~45 天，半冬性是 10~25 天），让它们完成春化阶段的发育，就可提前抽穗。

调节生育期的温度 对于喜温的亲本可以在温室或塑料棚中播种栽培，可以促进开花。对于要求较低温度的亲本，则可露天播种栽培，以推迟开花。

改变田间管理 对于早熟亲本，可多施氮肥以推迟开花，对于晚熟亲本，可多施磷肥以促进开花。此外，也可采取中耕切根和灌水等措施，使花期推迟，也可起到调节花期的作用。

2. 杂交的操作程序和方法

(1) 去雄

去雄时间。去雄的最适时间是在开花的前 1~2 天。过早，花蕾过嫩，容易损伤花的结构；过迟，花药容易裂开，导致自花授粉。

去雄方法。去雄的方法很多，如夹除雄蕊法、剥去花冠法、温汤杀雄法、热气杀雄法、化学药剂杀雄法和麦管切雄法等。各种作物因花的结构不同，去雄方法也常不一样。但大多采用夹除雄蕊法进行去雄。夹除雄蕊法是用镊子将母本花中的雄蕊一一夹除。禾谷类作物杂交中经常使用的分颖去雄法、剪颖去雄法和套袋去雄法等方法，都属于夹除雄蕊法。

夹除雄蕊法的成败关键是谨慎细心而又要注意消毒工作。去雄时，一朵花中的雄蕊务必全部夹除干净，而且夹除时，不能夹破花药。如果花中的雄蕊未夹净，或花药破裂散落出花粉，都会招致杂交工作失败。消毒工作也很重要。在去雄以前，一切用具及手指都须用 70% 酒精消毒，以免带入其它花粉。一个品种或一朵花去雄完毕后，如果接连进行另一品种或另一朵花去雄时，必须将用具重新消毒。消毒后镊子上的酒精，应在蒸发干净后方能使用，以免去雄时损害柱头。

(2) 授粉

授粉时间。在去雄后的 1~2 天，柱头上分泌出粘液，此时最适宜接受花粉。一般的授粉时间以该作物开花最盛时刻的效果最好，因为此时能够获得大量的花粉。但此时往往也有其它品种进行盛花期，空气中各种花粉混杂。所以授粉时应防止污染。为了减少污染，授粉人最好头戴宽檐草帽。

授粉方法。可以将父本成熟的花粉收集在容器中，然后用毛笔蘸取涂沫在母本柱头上。有时，也可将父本的整个花药塞到母本的花朵中去，进行授粉。

(3) 隔离。为了防止其它花粉侵入母本花朵，在去雄后和授粉前后，都必须进行隔离，有时为了保证父本花粉的纯度，对父本也要预先隔离。

常用的隔离方法是用白色纸袋套住花朵或花序，纸袋下方用回形针或大头针夹住。授粉后，经过几天，当柱头枯萎脱落时，可将纸袋摘除。使幼果在自然条件下发育。

(4)挂牌和记载。去雄后应在母本植株上拴挂纸牌（或塑料牌），用铅笔在纸牌上写明去雄、授粉日期和母本、父本名称，并写明操作者姓名。同时将这些项目登记在记录本上。

3. 杂交后的管理

(1)田间管理。要为杂交种子的发育创造有利条件，如对禾谷类应及时除掉分蘖，棉花应及时整枝。在杂交种子发育后期应注意防止鸟兽为害，必要时可重新套上纸袋。

(2)收获和保存。应将每 1 单穗、单铃或单荚分别采下，连同所悬挂的纸牌分别脱粒、晒干并分别装袋保存。袋上应写明编号和收获日期。

四、准备杂交用具用品

各种作物杂交共同需要的用具用品有以下几种：

(1)剪刀和镊子：在杂交中有多项用途，而且大量使用，如整穗、去雄、采粉、授粉等，是有性杂交的主要用具。其性能应该优良，尤其是镊子，一定要前端尖细、夹持力强和回弹性能好。

(2) 70%酒精：用于杂交中工具和手的消毒，以杀死不需要的花粉。

(3)纸袋：用于授粉前后花的隔离。应选用白色坚韧的纸张制作，以避免因破裂而导致杂交失败。

(4)纸牌（或塑料牌）：用于登记杂交组合和杂交时间等项内容，纸牌质地应该能经受风吹雨淋，并能完整地保持到收获。

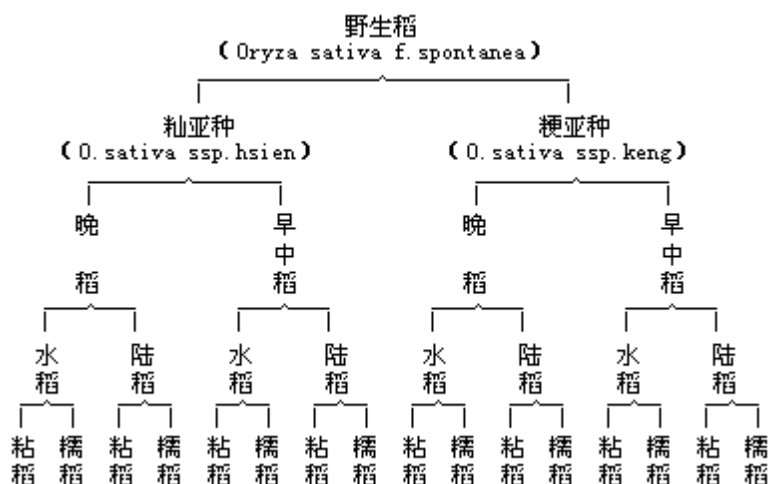
12.2 水稻有性杂交

水稻 (*Oryza sativa* L.)、属于禾本科、稻属，是我国主要粮食作物，其稻谷年产量占我国粮食总产量的将近一半，在我国水稻主要产区的华中和华南地区，稻谷产量居粮食产量的首位。

一、我国稻种的分类

水稻专家于颖根据我国栽培稻种的起源、演变和栽培发展过程，系统地将我国栽培稻种分为五级，提出我国栽培稻种的五级系统分类法（见表 12-1）。

表 12-1 栽培稻种五级系统分类法



- 第一级 籼亚种和粳亚种
- 第二级 早、中季稻和晚季稻群
- 第三级 水稻型和陆稻型
- 第四级 粘变种和糯变种
- 第五级 栽培品种（表中未列）

二、水稻花的特点

水稻花的特点可从花的结构、开花习性等方面表现出来。

1. 花的结构

水稻的花排列成圆锥花序，通常称为稻穗。稻穗由多数小穗组成。小穗长圆形，含 2 枚颖片、2 朵不育花和 1 朵能育花。颖片极端退化成两个半月形的突起；2 朵不育花各仅具 1 枚退化外稃，其形状为锥刺形，作颖片状；能育花为两性花，由 1 枚外稃、1 枚内稃、6 枚雄蕊、1 枚雌蕊和 2 枚浆片组成，雌蕊的柱头帚刷状。

2. 开花习性

(1) 开花顺序。稻穗通常先从主轴上开花，其次是上部的枝梗开花，然后从上向下，各枝梗依此开花；在同 1 枝梗上，顶端第 1 小穗先开，接着是枝梗最基部的小穗开放，再依次向上开花，顶端第 2 小穗往往是最后开花。

(2) 开花时间。早稻和中稻的稻穗从叶鞘抽出后的当天，就有部分小穗开花，二至三天就达到盛花期，以后逐渐减少；晚稻在露穗后的第二天才开花，到了第四五天才逐渐旺盛，开花比较分散。

一个稻穗开花的天数，同品种、气候和稻穗大小而有不同。一般从开花开始到全穗开完，早稻需要 5 天左右，中稻需要 6~7 天，晚稻需要 8 天左右。

每天开花的时间，因品种和气候而有所不同。早稻和中稻比较早，晚稻比较迟。在正常情况下，一般在上午 9 时开始开花。中午最盛，下午 4 时以后开花较少。一朵花开放时，从稃片张开到闭合，大约需要 1.5~2 小时。

(3)授粉方式。水稻属自花授粉植物，其天然杂交率一般在 0.2~4% 之间，最高可达 5%。越是温度较高的地区，越是开花时间集中的品种，天然杂交率就越高。

(4)花粉和柱头的生活力。水稻花粉在自然条件下，放置 3 分钟，就只剩下半数花粉能够萌发，放置 5 分钟，就基本上全部丧失萌发能力。柱头的生活力在去雄后可维持 6 天左右，在去雄后 1~2 天内授粉，结实率最高。

三、水稻杂交的方法步骤

水稻的杂交技术可分为调节开花期、选株、整穗、去雄、采粉、授粉和收获等步骤。

(1)调节开花期。水稻母本和父本花期的调整，可用分期播种的方法，使二者的花期相遇。

(2)选株。选株主要指选择母本植株而言。要选择具有本品种典型性状、生长健壮和没有病虫害的植株作母本。

(3)整穗。先用剪刀剪去稻穗上部和下部枝梗上的小穗，将中部枝梗上的小穗留下来。然后在中部枝梗上留下 20~30 个当天或次日能够开花的小穗，将其它小穗统统剪去。当天能够开花的标志是花丝已经伸长，花药即将顶到内稃上端；次日开花的标志是雄蕊的长度已达内稃长度的三分之二。可以将小穗对着太阳观看，从外表能隐约看到雄蕊在花里的位置。

(4)去雄。水稻去雄的方法很多，主要有以下三种：

剪颖去雄法。水稻小花的内、外稃在开花前抱合很紧，不易摘除雄蕊。用剪刀剪去内、外稃的上端，露出雄蕊，就使摘除雄蕊的工作容易进行，这种方法称为剪颖去雄法。

用剪颖去雄法去雄时，在整过穗的穗上，用剪刀从小花外稃上部斜剪去三分之一到四分之一。这是因为雌蕊靠近内稃，从外稃上斜剪不会损伤柱头。剪完后，用镊子伸入内稃，轻轻夹出 6 个花药。夹取花药时，动作要轻而准确，既不能漏夹花药，也不能将花药碰破。万一碰坏花药，必须将整个小穗淘汰。每朵花去雄后，要将镊子插入 70% 酒精中浸泡片刻，杀死上面可能沾带的花粉。去雄后的稻穗要套上纸袋，并将纸袋下面的开口沿穗柄折合，用回形针别好。同时栓上纸牌（或塑料牌），写明母本品种名称、去雄日期和操作者姓名。留待下一步授粉。水稻剪颖去雄法的操作方法见图 12-1。

用剪颖去雄法去雄时，必须掌握好去雄的时间。一般应在开花前一天下午或当天开花以前进行。去雄时，不能将未成熟的或过分成熟的小花作为去雄杂交对象，因为这样的小花容易发生不结实或自交的情况。

套袋去雄法。将黑色纸袋套在能在当天开花的稻穗上，经过 15~20 分钟，利用纸袋增温促使小花内、外稃自动张开，便于摘除花药，用这种方法去雄，称为套袋去雄法。

用套袋去雄法去雄时，先将黑色纸袋摘掉，对内、外稃已张开的小花，

用镊子将花中尚未开裂的花药一一摘除。对于内、外稃未张开、或虽已张开但花药已经开裂的小花要从小穗基部全部剪掉。操作结束后，再套上白色隔离袋，栓好纸牌，准备下一步授粉。

套袋去雄法比较方便，去雄容易，而且不伤花器；但套袋时间不易掌握，因为套袋时间过短，开花不多；套袋时间过长，花药在黑纸袋内常常破裂。并且1次所开的花朵较多，往往去雄工作难以跟上。

温汤去雄法。水稻的雌雄蕊对温度的感应不同，雌蕊的耐温力远大于雄蕊。将稻穗放入44~45℃温水中浸泡8~10分钟，花粉就会完全丧失萌发能力，但雌蕊的生活力却不受任何影响。用这样的方法消除花药，称为温汤去雄法。

温汤去雄法的具体作法是用保温瓶或保温杯，盛取44~45℃温水，在每天开花最盛以前的1小时(大约在上午11时)，将整个稻穗放入保温瓶(杯)中浸泡8分钟，取出后，经过20分钟左右，当天能开花的小花内、外稃就会打开。这时，将内、外稃不张开的小花全部剪掉，用纸袋将稻穗套好并栓好纸牌(或塑料牌)。

(5)采粉和授粉。去雄的母本稻穗，应在当天或次日进行人工授粉。

当父本稻穗进入开花盛期时，事先用1张光滑纸叠成容器，摇动父本稻穗，使花粉散落在容器里，然后立即拿到母本植株处，用毛笔蘸取一点花粉，轻轻抹在柱头上。授粉的动作要轻，速度要快，花粉从采收到涂抹，不能超过3分钟，否则生活力就会急剧下降。

授粉后，应继续将母本稻穗套好纸袋。

(6)检查杂交是否成功。花粉被授到柱头以后，经过2~3分钟就可萌发形成花粉管，30分钟后，花粉管进入胚囊，受精过程在开花后1.5~4小时内完成。

授粉10天以后，摘去杂交穗的纸袋，如果授粉小花内的子房已经膨大，表示已经受精，说明杂交成功了。为了使杂交种子正常进行生长发育，可暂时不套纸袋，待籽粒长大后再套纸袋，以防鸟类啄食。

(7)收获。杂交籽粒成熟后，将每个杂交稻穗单独脱粒、保存，供来年播种观察。

12.3 小麦有性杂交

小麦 (*Triticum aestivum* L.)，属禾本科、小麦属，是我国第二个重要粮食作物，分布遍及全国各地，主要分布于黄河中下游的河南、山东、河北、安徽、江苏、陕西、山西、四川和黑龙江等地。

一、我国小麦的种类

栽培小麦起源于野生小麦。从小麦的多型性得知，它来源于小麦属一些不同的种。根据中国农业科学院等单位对新征集的全国地方品种的整理分类，我国种植的小麦品种，分别属于普通小麦、云南小麦、密穗小麦、圆锥小麦、硬粒小麦、波兰小麦和东方小麦。其中属于普通小麦的品种数占小麦品种总数的96%以上，分布于全国各地。属于圆锥小麦的品种仅占2%强，零星分布于我国中部、西南和西北地区。属于密穗小麦和硬粒小麦的品种数目更少，各占1%弱，零星分布于西南和西北地区。只有个别品种属于波兰小麦和东方小麦。绝大多数小麦品种和种植面积都是普通小麦，所以一般提到小麦时，主要是指普通小麦。

二、小麦花的特点

1. 花的结构

小麦的花排列为复穗状花序，通常称作麦穗。麦穗由穗轴和小穗两部分组成。穗轴直立而不分枝，包含许多个节，在每一节上着生1个小穗。小穗包含2枚颖片和3~9朵小花。小麦花为两性花，由1枚外稃、1枚内稃、3枚雄蕊、1枚雌蕊和2枚浆片组成。其外稃因品种不同，有的品种有芒，有的品种无芒。

2. 开花习性

(1)开花时间。小麦抽穗后如果气温正常，经过3~5天就能开花；晚抽的麦穗遇到高温时，常常在抽穗后1~2天，甚至抽穗当天就能开花；抽穗后如遇到低温，则需经过7~8天甚至十几天方能开花。

在正常天气，小麦上午开花最多，下午开花较少，清晨和傍晚很少开花。因此，上午是采集花粉和授粉的最好时间，而母本去雄的最好时间则在清晨和傍晚。一朵花的开花时间一般为15~20分钟。一个麦穗从开花到结束，约需2~3天，少数为3~8天。

(2)开花顺序。就全株来说，主茎上的麦穗先开，分蘖上的麦穗后开；就1个麦穗来说，中部的小穗先开，上部和下部的小穗后开；就1个小穗来说，基部的花先开，上部的花后开。

(3)授粉方式。小麦授粉方式与水稻相同，为自花授粉作物，但有一定的天然杂交率。其天然杂交率在1%以下。但杂交率随气温和品种不同而有区别。开花时如遇到高温或干旱，天然杂交率就容易上升。因为在高温干旱条件下，花粉极易失去生活力（在正常气候条件下，其生活力也只保持几个小时），而柱头的受精能力却往往能保持一段时间，一旦气温下降或干旱减轻，则能接受外来花粉，发生天然杂交。有些小麦品种，开花时稃片开张较大，开放时间较长，天然杂交的机会增多。

三、小麦杂交的方法步骤

小麦杂交有调节开花期、选穗、整穗、去雄、采粉、授粉和收获等步骤。

由于小麦与水稻都是自花授粉作物，二者的杂交步骤大体相似，但具体作法却有很多不同之处。

1. 调节开花期

小麦父、母本的花期调节，可根据品种是春性、半春性品种还是冬性品种，采取一定措施。如果是春性、半春性品种，可采取分期播种的方法，如果是冬性品种，可采取春化、光照处理方法，使二者花期相遇。

2. 选穗

选穗是指选择母本的麦穗而言。在母本去雄前，应选择适合的麦穗。入选的麦穗应该是发育良好，健壮和具有本品种典型特征的主茎穗或大分蘖穗。选穗时间一般在麦穗抽出以后、穗下的茎露出叶鞘大约 1.5 厘米时进行。

麦穗初步选中以后，用镊子打开麦穗中部的小花，观察它的花药，如果花药正在由绿变黄，就是理想的杂交穗。因为这样的麦穗当天去雄后，第二天就能授粉杂交。

3. 整穗

麦穗一旦选定，应马上进行整穗。整穗时，先用镊子将麦穗上部和基部的小穗去掉，保留麦穗中部的小穗。然后，对中部每个小穗只保留小穗基部的两朵小花，其余小花要统统摘除。最后，如果母本是有芒品种，应将芒剪掉，以便于杂交工作的进行。经过上述整穗过程，杂交穗上只留下了十余朵发育良好、生长健壮的小花。

4. 去雄

整穗以后应立即去雄。小麦花在未开放以前，内、外稃紧闭，为了夹除花内的花药，可用手指和镊子将内、外稃分开，然后将花内的花药夹出来。这种去雄方法称为分颖去雄法。分颖去雄法是小麦去雄时常用的一种方法。

运用分颖去雄法去雄时，先用左手大拇指和中指捏住麦穗，用食指轻轻压住要去雄的花朵内、外稃顶部，右手用镊子轻轻插入内、外稃的合缝里，利用镊子的弹性使内、外稃略为张开，然后轻轻夹出 3 个花药。注意不要将花药夹破或夹断，也不能碰伤柱头，并且要数清 3 个雄蕊是否已全部取出。

整个麦穗的去雄工作要先从麦穗的一侧开始，从上向下进行，做完一侧再做另一侧，按顺序进行，以免遗漏。去雄时，如发现花药已经变黄或已经破裂，应立即将这朵花除去。每朵花去雄后，应该将镊子浸入酒精中，杀死可能沾带的花粉。

麦穗全部去雄后，要套好纸袋，拴好纸牌（或塑料牌），纸牌上写清母本名称、去雄日期和操作人员姓名等内容。等待人工授粉。

5. 采粉

采集父本花粉，应该在上午小麦开花最多的时候进行。父本麦穗中如果有 1~2 朵小花已经开放时，说明即将有更多的花朵开放。为了迅速得到花粉，可在此时将上述已见开花的麦穗用手轻抹 2~3 次，并且同时多抹几个麦穗。稍等片刻，就可以看到大量小花的内、外稃已经张开，露出花药。此时，要赶快将麦穗弯进光滑纸片叠成的容器中，用镊子轻敲麦穗，将花粉振落在容器中。用这种方法，一次可以采集较多的花粉。采集的花粉不要在阳光下晾晒，应立即用来进行授粉。

6. 授粉

当母本麦穗去雄的小花上，柱头呈羽毛状分叉并带有光泽时，表示柱头已经成熟，应马上进行授粉，这一般是在去雄后的第二天。因此，授粉工作

应在去雄后的第二天上午进行。

授粉时，先取下母本麦穗上的纸袋，一只手捏住麦穗，另一只手用毛笔蘸取刚刚采集的父本花粉，轻轻抹在柱头上。授粉要按顺序进行，从上向下授完一侧再授另一侧。

授粉结束后，要重新套好纸袋，并在纸牌（或塑料牌）的另一面写上父本名称和授粉日期。然后剪去纸牌（或塑料牌）的一角，以示授粉完毕。在授粉 10 天以后，要将纸袋摘掉，以使杂交穗正常生长发育。

7. 收获

麦穗成熟后，要及时剪下杂交穗，并将每个杂交穗单独脱粒和保存，以供来年播种检验杂交是否成功。

小麦整穗、去雄的操作方法见图 12 - 2。

12.4 玉米的有性杂交

玉米 (*Zea mays* L.) 属禾本科、玉米属。它是高产粮食作物，也是著名的饲料作物。目前世界玉米种植面积和总产量仅次于小麦和水稻，居粮食作物的第三位，而单产则居列首位。我国玉米种植面积和总产量在世界各国中居第二位。主要种植于四川、河北、山东和东北等地。

一、玉米的植物学分类

玉米按其籽粒形状、胚乳性质与结构以及稃壳有无可分为 9 个类型或亚种。

(1) 硬粒型 (*Zea mays* L. *indurata* Sturt)

又称燧石种，我国玉米地方品种大多数属于这一类型。

(2) 马齿型 (*Zea mays* L. *indentata* Sturt) 马齿型玉米在我国种植面积逐渐扩大，现在推广的中、晚熟杂交种很多是马齿型。

(3) 半马齿型 (*Zea mays* L. *semindentata* Kulesh) 也称中间型，是介于硬粒型和马齿型的中间类型。我国有些地方品种属于半马齿型，现在推广的杂交种中，也有许多是这种类型。

(4) 粉质型 (*Zea mays* L. *amylacea* Sturt) 我国很少栽培。

(5) 糯质型 (*Zea mays* L. *ceratina* Kulesh) 原产我国，全国各地有零星种植，面积不大。

(6) 甜质型 (*Zea mays* L. *saccharata* Sturt) 我国很少栽培。

(7) 爆裂型 (*Zea mays* L. *everta* Sturt) 可分为米粒型和珍珠型两种，我国各地有零星栽培。

(8) 甜粉型 (*Zea mays* L. *amyleo-saccharata* Sturt) 国内外都很罕见。

(9) 有稃型 (*Zea mays* L. *tunicata* Sturt) 籽粒由稃壳包住，无栽培价值。

二、玉米花的特点

1. 花的结构

玉米为单性花，雌雄同株。具顶生雄性圆锥花序和腋生雌性肉穗花序。雄性圆锥花序又称雄穗。具多数穗形总状分枝，每 1 分枝上着生若干雄小穗。雄小穗成对着生，1 有柄，1 近无柄。每 1 雄小穗具 2 枚颖片和 2 朵雄花。每朵雄花由 1 枚外稃、1 枚内稃和 3 枚雄蕊组成。

雌性肉穗花序又称雌穗。为多数鞘状苞片所包藏。在花序上，雌小穗成对排列，共 8~18(30) 行。每 1 雌小穗具 2 枚颖片、1 枚不育花和 1 枚能育雌花。不育花通常仅具 1 枚外稃，能育雌花由 1 枚外稃、1 枚内稃和 1 枚雌蕊组成。雌蕊的柱头呈细长丝状，顶端成不等的二叉。

2. 开花习性

(1) 开花顺序。雄穗中轴中部和上部的花先开，然后是顶端部分开花，最后是下部的花开放；雄穗侧枝的开花顺序，则是从上而下开放。

雌穗开花标志是从苞片中抽出柱头。通常是雌穗基部以上三分之一处的雌花柱头先抽出来，然后是下部、上部花的柱头抽出，顶部花的柱头最后抽出。

(2)开花时间。1株玉米的雄穗从开始开花到结束，约需7~8天，一般在开花后3~4天开花最多，约占全部花的60%左右。1天内开花最盛时间是上午4~10时，中午和下午，一般开花很少。

雌花从开始开花到结束，一般约2~5天，有时可长达7天。其中第2~4天，大部分雌花已开放，柱头已基本抽齐。

(3)授粉方式。玉米雄穗通常比雌穗早抽出4~5天，雄穗抽出后2~5天开始开花。雌穗开花通常比雄穗开花要迟3~4天，如果遇到干旱，可延迟到7~8天。由于雌、雄穗生长在植株的不同部位，而且雌、雄花的花期相差几天，所以玉米为异花授粉作物，但通常仍有1~5%的自花授粉率（即同株异花间的授粉率）。

(4)花粉和柱头的生活力。玉米花粉的生活力与当时的气候状况有很大关系。当气温25~30℃、相对湿度60%时，生活力可保持10小时左右；当气温低、相对湿度80%时，生活力可保持24小时以上；当温度高于32℃、相对湿度低于30%时，花粉生活力很快会丧失。就一天来说，每天上午8~10时散出的花粉生活力最强，而此时也正是玉米散粉最多的时候。

柱头的生活力可保持10~15天，但通常在抽出的最初1~2天，生活力最强。这时授粉结实率较高。干旱风往往使柱头凋萎，丧失生活力。

三、玉米杂交的方法和步骤

玉米由于是单性花、异花授粉，因此在杂交时，不需要去雄，因而也不需要整穗。其杂交方法和步骤主要为调节开花期、选株、隔离、采粉、授粉和收获等。

1. 调节开花期

玉米由于单性花，在调节开花期方面，必须使母本的雌穗和父本的雄穗的花期一致。可用分期播种的方法调节父、母本的花期。

2. 选株

父、母本均应选择生长健壮、无病虫害和具有本品种典型性状的植株，作为杂交对象。

3. 套袋隔离

当母本植株的雌穗已经露出而没有伸出柱头以前，用牛皮纸袋套好雌穗。当母本雌穗开始抽出柱头时，要在当天用牛皮纸袋套在父本植株的雄穗上，雌、雄穗的纸袋，要用细绳或回形针扎紧，以免脱落。

4. 采粉

从上述玉米的开花习性中可以知道，其雄穗在始花后的第2~4天内开花最多，进入盛花期，一天中开花最多的时间是上午8~10时，而此时花粉的生活力也最强；雌穗在始花后的第2~4天，处于盛花期，柱头已基本抽齐。因此，采粉时间应选择父、母本的盛花期、并选择上午8~10时进行采粉。采集花粉时，将父本雄穗稍稍下弯，轻轻抖动，用人工辅助授粉器盛接花粉、采粉时要防止其它品种的花粉混入。

人工辅助授粉器是用光滑的厚纸制成1个圆锥形的纸筒，用厚纸作纸盖盖住下口，另外用细铁丝网做成1个筛子，平放于纸筒内。采集的花粉可通过筛子均匀授到柱头上。

5. 授粉

授粉时，先取下雌穗上的纸袋，立即用人工辅助授粉器的下口对准雌穗

的柱头，轻轻抖动授粉器，使花粉落在柱头上。

授粉后，仍用原来的纸袋将雌穗套好，但应在袋顶和穗顶之间留出一定的距离，以防止因果穗伸长而顶破纸袋。纸袋套好后，应在雌穗基部拴上纸牌（或塑料牌），写明杂交组合、授粉日期和操作者姓名等内容。

6. 收获

母本果穗成熟后，应连同纸牌（或塑料牌）一起单独收获，并单独保存，供来年播种检验杂交是否成功。

四、隔离杂交

将父、母本按一定行比种植在隔离区内，并将母本雄穗全部拔去，使其自由授粉，这种人工杂交方式，称为隔离杂交。中学生可用隔离杂交法，进行玉米自交系之间的杂交，以观察杂种第一子代的杂种优势。隔离杂交的做法如下：

1. 选择自交系

用来杂交的两个自交系，应该是经过测交，证实其第一子代的杂种优势明显，属于优良杂交组合。玉米自交系可向当地生产部门购买。

2. 播种

父、母本在一块地里按 2 行母本 1 行父本的行比相间种植，其四周至少 500 米以内不种与父本不同的品种。形成隔离区。播种时应将亲本之一提前或延迟播种，以使父、母本花期相遇。这是隔离杂交法的成败的关键。

3. 母本去雄

在母本雄穗抽出期间，每天早晨沿母本行仔细检查，发现有雄穗抽出时，立即拔除。拔除时应握住雄穗向上拔，并注意不能损伤茎秆和顶叶。去雄一定要彻底。同时，如果父本行中发现有其它品种植株，也应将其雄穗拔去。全部去雄时间，前后约需 10~15 天。每次拔下的雄穗，一定要带出隔离区以外，以防止花粉飞散而发生混杂。

4. 授粉

去雄以后，任其父、母本之间进行自由授粉。为了提高结实率，可同时进行人工辅助授粉。特别在父、母本花期不协调，或因气候反常而造成花粉不足时，进行人工辅助授粉，增产效果就更为显著。

关于父本果穗，要在母本果穗收获后再进行收获，以防二者混杂。

12.5 棉花有性杂交

棉花是锦葵科、棉属 (*Gossypium*) 几个栽培种的通称, 是我国重要的经济作物。棉花生产在我国农业生产和国民经济中都占有重要地位。

一、棉属栽培种在我国的分布

棉属共有四个主要栽培种, 起源于西半球美洲大陆及其沿海岛屿的有陆地棉和海岛棉, 起源于东半球亚非大陆的有亚洲棉和非洲棉。

1. 陆地棉 (*Gossypium hirsutum* L.)

原产于墨西哥南部和中美洲尤卡坦半岛。是目前世界上栽培最广的棉种, 其纤维为优良的纺织原料, 产量占世界棉纤维产量的 90%。陆地棉是我国现在主要栽培棉种, 棉花育种任务主要是陆地棉新品种的选育。

2. 海岛棉 (*Gossypium barbadense* L.)

原产南美洲安第斯山区。纤维特长, 为纺细纱的好原料。我国广东、广西、福建、台湾等省区有栽培, 海岛棉生长要求 260 天左右的无霜期, 我国大部分棉区无法种植。但可将它作为品种资源收集, 用以改良我国的陆地棉品质。

3. 亚洲棉 (*Gossypium arboreum* L.)

产于中亚, 是被人类栽培和传播最早的棉种, 由于在我国栽培历史长, 故又称中棉。亚洲棉的棉纤维短, 不适宜中支纱机纺, 产量又比陆地棉低, 所以在我国几乎全部为陆地棉所取代, 很少栽培, 黄河以南各省区尚有种植。亚洲棉具有早熟、多雨地区烂铃少、吐絮好等特性, 可作为杂交亲本材料, 仍是重要的品种资源。

4. 非洲棉 (*Gossypium herbaceum* L.)

又称草棉, 原产于非洲东南部。生长期仅 120 天左右, 在我国, 适于西北地区栽培。新疆和甘肃河西走廊曾栽培过, 由于纤维细而短, 产量低, 现在已被陆地棉代替。非洲棉有很多有益性状, 可作为品种资源收集和保存。

二、棉花花的特点

1. 花的结构

棉花的花大、单生、两性花, 花由花萼、花冠、雄蕊和雌蕊四部分组成, 花外并着生有大型叶状副萼 (苞片)。

棉花花的结构最大特点是雄蕊多数, 花丝下部连合成筒状, 称雄蕊管、套在雌蕊子房和花柱下部的外面。

2. 开花习性

(1) 开花次序和时间。棉花开花有一定次序, 是由下而上, 由内而外, 沿着果枝呈螺旋形进行。在一般情况下, 相邻的果枝、同位置的果节, 开花时间相隔 2~4 天; 同一果枝相邻的果节, 开花时间约相隔 5~8 天。这种纵向和横向各自开花间隔日数的多少, 与温度、养分和棉株长势有关。如果温度高、养分足、长势强, 间隔日数就少; 反之, 间隔日数就多。一株棉花开花可延续 2 个月左右。

就 1 朵花来说, 从花冠开始露出副萼至开放约经 12~14 小时。在一般情况下, 花冠张开时, 雌雄两性配子均已发育成熟, 花药同时开裂散粉。

棉花花朵一般在早晨开放, 下午 3~4 小时逐渐萎蔫, 开始变为红色,

第二天以后变为紫红色而凋谢。

(2)授粉方式。棉花为常异花授粉作物。即以同花的自花授粉为主，又有一定数量的天然杂交率。陆地棉的天然杂交率一般为 2~12%，天然杂交率高低，与品种、天气条件和当地传播花粉的昆虫数目多少有关。

(3)花粉和柱头的生活力。花粉保持生活力的时间很短。只能保持几个小时，低温可以延长花粉的生活力。陆地棉的花粉在 5~10 小时，生活力可保持 3 天，11~15 小时可保持 2 天，16~20 小时只能保持 1 天。

柱头的生活力可保持到开花后 1 天。当天上午开花的柱头，授以当天上午开花的花粉，结实率最高；开花后 1 天的柱头，授以当天开花的花粉，结实率大大下降；开花后两天的柱头，授以当天开花的花粉，不能受精。

(4)受精。花粉落到柱头，约经 1 小时即开始萌发，生出花粉管，沿花柱向下生长，8~10 小时后到达子房，24 小时后进入胚珠。棉花从授粉到受精结束，一般约需 30 小时左右。

三、棉花杂交的方法步骤

棉花杂交方法步骤主要有选株选花、去雄、授粉、管理和收获等项内容。

1. 选株选花

选择性状典型、纯度高、生长良好的棉株作为母本株，在母本株上，选择中部果枝上靠近主秆第一、二节位的正常花作为杂交花朵。

2. 去雄

(1)去雄时间。适宜的去雄时间是开花前 1 天的下午 3 点左右。判断花朵次日开放的标志是花冠已经长大，已经伸出于副萼之外。这样的花，第二天早晨即可开放。

(2)去雄方法。棉花去雄常用的方法有徒手去雄和工具去雄两种。

徒手去雄。是用手将花冠和雄蕊管一起撕去，只保留雌蕊。操作时不要碰伤子房和压破花药。去雄后用顶端带节的 3 厘米长的麦管套住柱头，一直压到子房上端，但麦管上端有节的部分须离开柱头 1 厘米以上。套好麦管后，挂上纸牌（或塑料牌），纸牌上写明母本名称和去雄时间。

工具去雄。是用剪刀剪去花冠，再用镊子除去花药。如有残留花粉，可用清水洗净。去雄后用麦管套好柱头。并挂好纸牌（或塑料牌）。

3. 授粉

选择与母本花朵同时开花的父本花蕾，在开花前 1 天用纸袋将花蕾套好，以防止昆虫进入花内，带进其它花粉。

第二天上午 9~10 时，将父本花朵摘下，将花瓣向外翻卷，在此同时，摘下母本花中柱头上的麦管，用父本雄蕊在母本柱头上轻轻涂抹几下，完成授粉工作。涂抹时，量要多些，以利受精。然后，再用麦管套好柱头，并在牌上写明父本名称、授粉日期和操作者姓名。

4. 日常管理和收获

授粉后，应对母本植株加强整枝，并疏去过多的蕾铃，以保证杂交铃的正常生长发育。收获后将杂交铃单独收获、脱粒和保存。

12.6 活动方案举例

一、小麦品种间杂交

1. 活动目的

使学生掌握小麦品种间杂交方法。

2. 活动设计

(1) 杂交性状选择。小麦芒的有无和麦穗颜色（颖片、稃片颜色）是两对稳定的性状。其中，无芒为显性，有芒为隐性；红穗为显性，白穗为隐性。选择有芒、白穗的品种作母本，无芒、红穗品种为父本进行杂交。如果杂种子一代为无芒、红穗，证明杂交获得了成功。如出现有芒、白穗，则说明杂交失败，须对所用杂交方法进行检查，寻找失败原因。

(2) 杂交组合。丰抗8号 × 泰山4号
(有芒、白穗) (无芒、红穗)

3. 活动开展方法步骤

(1) 第二年

播种。丰抗8号为冬性品种，泰山4号为半冬性品种，二者在我国北方种植时，均在秋季播种。二者的抽穗开花时间基本相同，无须调整开花期。

杂交。按照一般小麦杂交方法，进行选穗、整穗、去雄、采粉、授粉和隔离等工作。

收获。对杂交种子及时收获，并以每个杂交穗为单位分别保存。

(2) 第二年

播种。将杂交穗，以穗为单位进行播种（每小畦中播种1穗）。并同时播种父、母本。

观察和分析。待杂种第一代和父、母本抽穗时，从芒的有无和麦穗颜色上进行比较，分析杂交是否成功。对不成功的杂交穗，应分析杂交失败原因。

本章思考题

1. 什么是有性杂交？有性杂交在农作物育种中有何意义？
2. 农作物有性杂交的一般方法有哪些？
3. 水稻、小麦有性杂交的方法有何异同？
4. 玉米有性杂交的方法与其花的特点有何关系？
5. 为了利用玉米杂种优势，应怎样进行制种？
6. 棉花进行有性杂交时，应怎样去雄和授粉。

本章作业

设计一个农作物有性杂交方案。内容包括杂交组合（品种名称应具体）、花期调节、杂交方法步骤、杂交种子一代的播种观察等内容。

本章参考书目

1. 西北农学院主编 1981 《作物育科学》 农业出版社
2. 北京农业大学等 1976 《植物遗传育种学》 科学出版社
3. 丁颖主编 1961 《中国水稻栽培学》 农业出版社
4. 金善宝主编 1959 《中国小麦栽培学》 农业出版社

5. 山东省农业科学院主编 1962 《中国玉米栽培》 上海科学技术出版社

6. 中国农业科学院棉花研究所 1959 《中国棉花栽培学》 上海科学技术出版社

(杨 悦)

第十三章 植物嫁接

导 言

将植物的一部分器官移接到另一个或同一个植物体上，使它们愈合生长在一起而成一个新个体。这种生物学技术称为植物嫁接。嫁接时位于上部的枝或芽，称为接穗，位于下部带有根系的植株称为砧木。嫁接不仅能保存栽培植物的优良性状、增强植物适应环境的能力和使林木提早收益，而且还是选育作物新品种重要途径。意义十分重大。

从青少年科技活动的角度来看，植物嫁接是一类操作型科技活动。它主要适于农村地区的中学开展，对培养农村中学学生的动手操作能力，具有重要作用。

本章编写了嫁接意义、嫁接成活原理及影响成活的因素、嫁接的准备工作、嫁接时期、嫁接方法步骤和活动方案举例等 6 节。

13.1 嫁接的意义

嫁接是农林果树生产方面的一项重要技术，它的意义很多，归纳起来，主要有以下四点。

一、保存栽培植物的优良性状

很多栽培植物，例如苹果、桃、梨、柑桔、荔枝等优良品种，它们的果实大、品质好、产量高，这些优良性状，通常只能用嫁接进行繁殖才能保存下来。如用种子播种，后代常常不能保存原来的优良性状，例如果实变小，品质变劣或者产量降低等。嫁接能保存植物的优良性状，这在果树生产上已经广泛应用。长期以来，大部分果树一直都用嫁接的方法进行繁殖。

二、增强植物适应环境的能力

树木嫁接所用的砧木，大多采用野生种、半野生种和当地土生土长的种类。这类砧木的适应性很强，能在自然条件很差的情况下正常生长发育。它们一旦被用作砧木，就能使嫁接品种适应不良环境，扩大栽植范围。例如酸枣耐干旱、耐贫瘠，用它作砧木嫁接枣，就增加了枣适应贫瘠山地的能力；枫杨（*Pterocarya stenoptera* DC.）耐水湿，嫁接核桃，就扩大了核桃在水湿地上的栽培范围；毛白杨在内蒙呼和浩特一带易受冻害，很难在当地栽植，用当地的小叶杨作砧木进行嫁接，就能安全越冬。

三、使林木提早收益

嫁接能使果树提早结果，使材用树种提前成材。

嫁接促使果树提早结果的原因，主要是接穗采自已经进入开花结果期的成龄树，这样的接穗嫁接后，一旦愈合和恢复生长，很快就会开花结果。例如用种子繁殖板栗，15 年以后才能结果，平均每株产栗子 1~1.5 千克。而嫁接后的板栗，第二年就能开花结果，4 年后株产就可达 5 千克以上。果农中流传的“桃三杏四梨五年，枣树当年就还钱”，就是指嫁接以后提早结果的时间。

在材用树种方面，通过嫁接提高了树木的生活力，生长速度加快，从而

使树木提前成材。“青杨接白杨，当年长锄扛”就是指嫁接后树木生长加快、提前成材而言。

四、培育新品种

嫁接选育新品种，表现在以下三个方面

1. 利用“芽变”培育新品种

芽变通常是指1个芽和由1个芽产生的枝条所发生的变异。这种变异是植物芽的分生组织体细胞所发生的突变。芽变常表现出新的优良性状，如高产、品质变好、抗病虫能力增强等等。人们将芽变后的枝条进行嫁接，再加以精心管理，就能培育出新品种。如苹果中的“红星”品种，就是利用“元帅”品种的芽变，经过嫁接选育而成的。它和原品种相比，具有提前着色、而且色泽浓红鲜艳的优点。

2. 进行嫁接育种

嫁接育种和嫁接繁殖虽然都要进行嫁接，但二者是两个不同的概念。嫁接繁殖是一个繁殖过程，它是运用嫁接方法，保持原有的优良性状，并增强适应能力和提早收益。因此嫁接繁殖基本不产生变异，不出现新性状。嫁接育种则是一个无性杂交的过程。它也运用嫁接方法，但它是要通过接穗和砧木间的相互影响（即相互“教养”），使接穗或砧木产生变异，从而产生新的优良性状。

要进行嫁接育种，就需要选定杂交组合，选择接穗和砧木。例如选择系统发育历史短、个体发育年轻、性状尚未充分发育、遗传性尚未定型的植物作接穗，选择系统发育历史长、个体发育壮年、性状已充分发育、遗传性已经定型的植物作砧木，嫁接后，保持砧木枝叶，减少接穗枝叶。这样，就有可能使砧木影响（教养）接穗，使接穗产生某种变异。在变异产生之后，再通过进一步培育，就有可能育成一个新品种。

3. 进行无性接近，为有性远缘杂交创造条件

有性远缘杂交常有杂交不孕或杂种不育的情况，如果事先将两个亲本进行嫁接，使双方生理上互相接近，然后再授粉杂交，常能达到成功。例如，苹果枝条嫁接到梨的树冠上，开花后用梨的花粉授粉，获得苹果和梨的属间杂种。如不经过嫁接，便不能受精。

13.2 嫁接成活的原理与影响成活的因素

一、嫁接成活的原理

接穗和砧木嫁接后，能否成活的关键在于二者的组织能否愈合，而愈合的主要标志应该是维管组织系统的联结。

在嫁接后不久，接穗和砧木的伤口，由于表面细胞死亡，各自形成一层保护性的褐色薄膜，遮断了水分的蒸发，为双方形成层及其它薄壁组织的活动创造了条件。

紧接着，双方薄膜下的受伤细胞，由于受创伤刺激，产生了一种刺激细胞分裂的创伤激素。在创伤激素的影响下，双方形成层细胞、髓射线、未成熟的木质部细胞和韧皮部细胞，都恢复了分裂能力，形成了愈伤组织。双方的愈伤组织不断增大，并突破薄膜相互交错抱合，充填在接穗和砧木之间的缝隙中。在此同时，薄膜逐渐被吸收消失。

在双子叶植物常态茎之间的嫁接种，愈伤组织的形成，正如以上所述，是形成层和各种薄壁组织共同活动的结果，而以形成层的作用最为显著。在变态根、茎以及单子叶植物的嫁接中，其愈伤组织完全是薄壁细胞的活动所形成的。

二、影响嫁接成活的因素

1. 嫁接亲和力

嫁接亲和力就是接穗与砧木经嫁接而能愈合生长的能力。具体地说，就是接穗和砧木在形态、结构、生理和遗传性彼此相同或相近，因而能够互相亲合而结合在一起的能力。嫁接亲和力的大小，表现在形态、结构上，是彼此形成层和薄壁细胞的体积、结构等相似度的大小；表现在生理和遗传性上，是形成层或其它组织细胞生长速率、彼此代谢作用所需的原料和产物的相似度的大小。

嫁接亲和力是嫁接成活最基本条件。不论用哪种植物，也不论用哪种嫁接法，砧木和接穗之间，都必须具备一定的亲和力。影响嫁接亲和力的因素主要有以下两点：

(1) 亲缘关系。一般来说接穗和砧木的亲缘关系愈近，二者的亲和力便愈大。所以品种间嫁接最易接活，种间次之，不同属之间又次之，不同科之间则较困难。这是因为亲缘关系愈近，彼此的生理遗传性愈是相近，所以亲和力愈大。

(2) 生长习性。接穗与砧木的生长习性愈相似二者的亲和力愈大。如草本与草本、木本与木本之间的亲和力，要比草本与木本之间大。这是由于草本、木本间在形态、结构乃至对外界条件的要求上，相差很大的缘故。

2. 接穗和砧木的状态

植物生长健壮，营养器官发育充实，体内贮藏的营养物质多，嫁接就容易成活。所以砧木要选择生长健壮、发育良好的植株，接穗也要从健壮母树的树冠外围选择发育充实的枝条。

接穗的含水量也会影响嫁接的成功。如果接穗含水量过少，形成层就会停止活动，甚至死亡。一般接穗含水量应在 50%左右。所以接穗在运输和贮藏期间，不要过干过湿。嫁接后也要注意保湿，如低接时要培土堆，高接时

要绑缚保湿物，以防水分蒸发。

3. 环境条件

环境条件也是影响嫁接成活的一个重要条件，其中温度最为重要。因为形成层要在一定温度下才能活动。如桑树形成层活动的最适温度是 20 ~ 25，所以在我国南方春季四月份嫁接，最易成活。

4. 嫁接质量

(1) 接穗的削面是否平滑。嫁接成活的关键因素是接穗和砧木两者形成层的紧密结合。这就要求接穗的削面一定要平滑，这样才能和砧木紧密贴合。如果接穗削面不平滑，嫁接后接穗和砧木之间的缝隙就大，需要填充的愈伤组织就多，就不易愈合。因此，削接穗的刀要锋利，削时要作到平滑。

(2) 接穗削面的斜度和长度是否适当。嫁接时，接穗和砧木间同型组织接合面愈大，二者的输导组织愈易沟通，成活率就愈高；反之，成活率就愈低。

(3) 接穗、砧木的形成层是否对准。如上所述，大多数植物的嫁接成活是接穗、砧木的形成层积极分裂的结果。因此，嫁接时二者的形成层对得越准，成活率就越高。

对一些依靠薄壁细胞分裂进行嫁接的植物，一定要使接穗和砧木的同型组织靠紧，以使二者愈合在一起。

13.3 嫁接的准备工作

开展嫁接活动以前，应作好用具用品、砧木和接穗三个方面的准备工作。

一、用具用品的准备

(1)劈接刀：用来劈开砧木切口。其刀刃用以劈砧木，其楔部用以撬开砧木的劈口。

(2)手锯：用来锯较粗的砧木。

(3)枝剪：用来剪接穗和较细的砧木。

(4)芽接刀：芽接时用来削接芽和撬开芽接切口。芽接刀的刀柄有角质片，在它撬开切口时，不会与树皮内的单宁发生化学变化。

(5)铅笔刀或刀片：用来切削草本植物的砧木和接穗

(6)水罐和温布：用来盛放和包裹接穗。

(7)绑缚材料：用来绑缚嫁接部位，以防止水分蒸发和使砧木接穗能够密接紧贴。常用的绑缚材料有马蔺、蒲草、棉线、塑料条带、橡皮筋等。

(8)接蜡：用来涂盖芽接的接口，以防止水分蒸发和雨水浸入接口。接蜡有固体和液体两种。

固体接蜡。其原料为松香 4 份、黄蜡 2 份、兽油（或植物油）1 份。配制时，先将兽油加热溶化，再将松香、黄蜡倒入，并加搅拌，至充分溶化即成。固体接蜡平时结成硬块，用时需加热溶化。

液体接蜡。其原料为松香 8 份、兽油 1 份、酒精 3 份、松节油 0.5 份。配制时，先将松香和兽油放入锅内加热，至全部溶化后，稍稍放冷，将酒精和松节油慢慢注入其中，并加搅拌即成。使用时，用毛笔沾取涂沫接口，见风即干。

上述用具用品中，各种刀剪在使用前应磨得十分锋利。这和嫁接成活率有重大关系，必须十分重视。

二、砧木的准备

1. 木本植物砧木准备

木本植物在进行一般栽培上的嫁接时，砧木须于 1 年或 2~3 年以前播种。如果想使砧木影响接穗，则须于 4~5 年乃至 5~6 年以前播种，其具体年数，因各种树木的初花年龄而异。如果想以接穗影响砧木，则砧木需要年轻，于 1~2 年前播种即可。

木本植物在嫁接时，如打算嫁接后用土覆盖，须事先将砧木两旁，挖开 7~10 厘米深的土壤。进行木本植物芽接时，如果土壤干燥，应在前一天灌水，增加树木组织内的水分，以便于嫁接时撕开砧木接口的树皮。

2. 草本植物砧木准备

草本植物的砧木，准备比较简单。嫁接以前 1~2 个月或几个月播种即可。种胚嫁接约在嫁接前 2~3 天进行种子发芽。

草本植物由于组织柔嫩，又都在生长季节嫁接，为了便于嫁接之后蔽荫保护，应将砧木栽在花盆中。砧木应该生长肥嫩，并含有充分养料，以利于嫁接接口的愈合及满足接穗对养料的需要。如果想使砧木影响接穗，砧木年

龄应该较大，须比接穗提早 1 个月左右播种，使其于初花时进行嫁接。

三、接穗的准备

1. 果树接穗的准备

果树如在春季进行枝接，应在上一年冬季修剪时，在所剪下的一年生枝条中，选择无病虫害、生长充实、粗细适中的枝条，并剪取这些枝条的中间一段，作为接穗。然后将选择好的接穗集成小束，作好品种名称标记，埋在向北荫蔽低温微湿的土中，以防止枝条中水分蒸发，保持充沛的生命力，并延迟枝条的萌发时间。为了更好地作到这点，最好在埋入土中以前，在每条接穗的两端涂以接蜡。当第二年春季进行嫁接时，对埋在土中的接穗，应随用随取，取出后应立即盖以温布，以减少水分的散失。

果树如在秋季或夏季进行嫁接，则可随时从树上选择剪取。选择的标准和剪取后应注意的事项，和春季嫁接所作的相同。

2. 草本植物接穗的准备

草本植物进行枝接时，其接穗可随接随取，取下的接穗应摘除部分或全部叶，以减少水分的蒸发。接穗均应带有顶芽，长约 3~4 厘米。为了使接穗能忍受不良环境条件，增加嫁接的成活率，应使接穗生长得比较硬些。要作到这一点，可在嫁接之前进行移栽，并适当减少养料、水分的供应。

进行种胚嫁接时，接穗可和砧木同时发芽。

13.4 嫁接的时期

植物嫁接的时期，因植物的性质、种类、品种、各地的气候、以及嫁接的方法等而有所不同。现按木本植物和草本植物两类，将它们的嫁接时期分别说明如下

一、木本植物嫁接的时期

按自然季节划分，木本植物的嫁接可分为春接、夏接和秋接三个不同时期。

1. 春接

春季宜于枝接。一般以春季发芽前 2~3 星期内为最适时期。因为此时砧木的形成层已经开始活动，树液已开始流动，而接穗的芽还没有活动。此时进行枝接最容易愈合。

2. 夏接

夏季宜于芽接。在夏季，接穗已完全发育充实形成腋芽，砧木的树液流动已不太快而剥皮还很容易，此时进行芽接，成活率高。

接穗的充实期，因树木种类而异。砧木较易剥皮的时期，则因土壤的含水量和病虫的发生与否而有差异。如果此时天气干旱，应灌水补肥，促进树液流动，以利剥皮。

一般来说，从 7 月上旬至 9 月上旬，是夏接的最适期，如从植物本身来说，夏接也就是生长期接。

3. 秋接

我国南方杭州等地，从 10 月上旬到 12 月上旬，均可进行嫁接，而以其中的 10 月下旬至 11 月中、下旬最为适宜。在北方则冬季寒冷，秋接无法进行。

4. 主要果树嫁接时期

木本植物中进行嫁接的主要是各种果树。现将我国南方地区几种主要果树嫁接时期列表格，见表 13-1。

表 13—1 主要果树嫁接时期表_</ESPL70000006_0391_0/ESPL

果树名称	枝接时期	芽接时期	备注
梅	2月下旬~3月中旬	8月上旬	北方枝接在3月下旬
李、杏	3月上中旬	7月下旬~8月中旬	北方枝接在3月下旬
桃	3月中旬	7月下旬~8月中旬	北方枝接在3月下旬~4月上旬
西洋櫻桃	3月上旬~4月下旬	8月中下旬	
梨、苹果	3月上中旬	8月下旬~9月上旬	东北枝接宜在4月上中旬
扁桃	3月上中旬	7月下旬~8月下旬	
石榴	3月中下旬		芽接不行
葡萄	3月下旬~4月上旬		芽接困难，寒地枝接宜在4月中旬
胡桃	3月下旬~4月上旬	9月上旬	北方枝接宜在4月中旬
栗	3月下旬~4月上旬	9月中下旬	芽接成活较易
枇杷	3月下旬~4月上旬		芽接通常不行
柿	3月中下旬~4月中下旬		芽接困难，北方枝接宜在4月中下旬
椴椴	3月下旬		芽接不行
枣	4月上旬~4月下旬		芽接不行
柑桔	4月中旬	8月中旬~9月中旬	系浙江一带之接木期
杨梅	4月中下旬		芽接不行

二、草本植物的嫁接时期

一般一年生和二年生的草本植物，均在生长前期进行嫁接。特殊的嫁接方法如种胚嫁接法，则在种子刚刚萌发，甚至在未萌发的休眠期中进行。

一二年生草本植物中，春播植物一般在4~5月份进行嫁接。例如番茄等茄科植物和甜瓜 (*Cucumis melo* L.) 等葫芦科植物多在四月，而菊花则多在秋季；秋播植物则在10~11月间进行嫁接。

具地下茎类的多年生植物，如洋葱 (*Allium cepa* L.)、风信子 (*Hyacinthus orientalis* L.) 等，则于休眠期间进行。其具体日期依各种植物的休眠期而定。

13.5 嫁接的方法和步骤

嫁接的方法很多，根据对接穗所取用的部分不同，嫁接可分为芽接和枝接两大类，近年来又发展种胚嫁接，用于没有形成层的禾本科植物。现根据中学生特点，对上述三类嫁接方法分别说明。

一、芽接

芽接是用芽作接穗进行嫁接。和枝接相比，芽接节约接穗，1个芽就能繁殖成1个新植株；对砧木要求不粗，一年生的苗子就能作砧木进行芽接；嫁接时间长，从6月到9月间都可以进行嫁接；操作简便，容易掌握，成活率高。因此，芽接比枝接应用广泛，适合中学生开展嫁接活动时使用。

芽接因形式不同，分为芽片接、哨接、管芽接和芽眼接等不同方法，其中以芽片接应用最广。

1. “T”形芽接法

又称盾状芽接法。其方法步骤如下（图13-2）。

(1)选砧木。选用生长旺盛而又无病虫害的1~2年的实生苗，要求距地面5~6厘米处的直径在0.5厘米以上。芽接前10天左右，应将选定的砧木下部距地面7~8厘米以上的分枝剪去，以便于操作。

(2)选削接穗。芽接法的接穗叫芽，为选好接穗，先要选择接穗着生的枝条。如果嫁接果树，最好从健壮、丰产、无病虫害的中年果树树冠外围部位，选取叶芽饱满的当年生的发育枝。如果嫁接花木，则应选开过花、叶芽饱满的枝条。

枝条选好后，马上剪去叶片，只留叶柄。左手拿好枝条，右手持芽接刀，先在枝条上选定1个叶芽，在选定的叶芽上方0.5厘米处横切一刀，长约0.8厘米，再在叶芽下方1厘米处横切一刀，然后用刀自下端横切处紧贴枝条的木质部向上削去，一直削到上端横切处，削成一个上宽下窄的盾形芽片——接穗。为了保持接穗的湿度，可将接穗含在口里或用温布盖好。

(3)切砧木。在砧木的北边（风大的地方要选择迎风面）距地面2~3厘米处，横切一刀，长约1厘米，深度以切断砧木皮层为度，再从横口中间向下垂直切一刀，长约1~1.2厘米，切成“T”形。然后用芽接刀骨柄挑开砧木皮层，以便插进接穗。

(4)插接穗。用芽接刀挑开砧木上的“T”字形切口，将接穗插入切口中。插入时接穗的叶柄要朝上。插入后，要使接穗上端同“T”字形横切口对齐，如果接穗过长，可自上端切去一些。

(5)绑缚。用塑料带或其它绑缚材料，先从接口上边绑起，逐渐往下缠，叶芽和叶柄要留在外边。

(6)接后管理。接后3~4天要检查嫁接是否成活。如果接穗的叶柄用手轻轻一碰立即脱落，接穗皮色鲜绿，说明已经接活。如果叶柄不落，接穗干枯，就是没有接活，需要补接。

成活10多天后，要将绑缚解除，以免阻碍接合部位生长。在此以后，要进行剪砧。夏季接的要在当年剪砧，秋季接的可在第二年春季发芽前剪砧。剪砧的位置是在“T”字形横口上方2厘米左右。

当接穗萌发长到一定高度时，应在一旁插一支柱，将接穗枝条绑缚在支

柱上，使接穗枝条直立生长，并可防止被风吹折。

2. 倒“T”形芽接法

又称逆芽接法。其操作方法与T形芽接法基本相同，不同处在于：在砧木上割取切口时，其切口呈倒“T”字形；削取接穗时，自接穗上方下刀，向下削取，因此接穗呈倒盾形，其它操作方法与T形芽接法相同。

3. 片状芽接法

又称贴接法。是T形芽接法和倒T形芽接法的发展，操作同样简便易行。其操作方法与上两种方法不同之处在于：将接穗连皮切成一个长方块，并在砧木上挖去与接穗相等的树皮，然后将接穗嵌入，并使二者密切吻合。其它操作均与上两种方法相同。

二、枝接

枝接是用枝条作为接穗进行嫁接。枝接用于木本植物时，其嫁接时间大多选在“惊蛰”和“谷雨”季节、树木开始萌动而尚未发芽之际；用于草本植物时，则在生长季节中进行。枝接的成活率高，嫁接后生长快，但砧木要有一定粗度，嫁接时间也受到一定限制。

枝接因形式不同，分为劈接、切接、皮接、袋接、靠接、髓心形成层接等不同方法，其中有不少方法适合中学生使用。

1. 劈接

劈接是最常用的枝接方法，既用于果树花木，也用于草本花卉和瓜类蔬菜。在果树花木方面，它适用于直径2~3厘米砧木的枝接。现将果树花木的劈接方法步骤说明如下（图13-3）。

(1) 削接穗。将采来的接穗去掉梢头和基部叶芽不饱满的部分，截成5~6厘米长，生有2~3个饱满叶芽。然后在接穗下芽3厘米左右处的两侧削成一个正楔形的斜面，削面长2~3厘米。如果砧木较细只能插1个接穗时，则应削成偏楔形，即外侧稍厚，内侧稍薄。

接穗削好后，应该用温布包裹，以防止水分蒸发。

(2) 劈砧木。在离地面2~3厘米或与地面平处锯断砧木的树干，清除砧木周围的土、石块和杂草。砧木断面要用快刀削平滑。在断面上选择皮厚、纹理顺的地方做劈口。劈口应安排在断面中间或三分之二处，垂直向下深约2~3厘米。在砧木断面上劈口时，不要用力过猛，可将劈接刀放在要劈开的部位，轻轻敲打刀背，使劈接刀慢慢进入砧木中。

(3) 插接穗。用劈接刀楔部撬开切口，将接穗轻轻插入，并使接穗靠在砧木的一边，务必要使接穗和砧木的形成层对准。粗的砧木可以两边各插一个接穗，甚至将砧木劈成十字形，插入4个接穗。插接穗时，不要将削面全插进去，要露出2~3毫米削面，这样做能使接穗和砧木的形成层接触面大，利于分生组织的形成和愈合。

接穗插入后，用马蔺叶或塑料带从上往下将接口绑紧。如果劈口夹得很紧就不需要再进行绑缚。

(4) 埋土。劈接后应该埋土保湿。插好接穗后，用接蜡盖好切口，以免泥土掉进切口影响愈合。然后用土将砧木和接穗全部埋土。埋的时候，砧木以下部位用手按实，接穗部分埋土稍松些，接穗上端埋土要更细更松，以利于接穗萌发出土。

由劈接法衍生的两种枝接方法：

顶接法 又称峰接法、劈头接法，为劈接法的变化形式。操作时，在砧木的顶端劈开，然后插入削好的接穗。顶接法常用于松、柏、银杏等乔木树种，也常用于草本植物特别是菊花的嫁接。顶接法用于草本植物时，有去芽顶接法和留芽顶接法之分。

叉接法 也是劈接法的变化形式。其操作特点是劈开砧木茎部分叉处进行嫁接。松、柏、银杏等树种和瓜类等草本植物也常用叉接法进行嫁接。

2. 切接

切接是常用的枝接方法，适用于直径 1~2 厘米粗的砧木，而且嫁接后接穗只有 1 个。其嫁接方法步骤如下：

(1) 削接穗。切接用的接穗，其质量要求与劈接相同。但其下端不能削成楔形斜面，而要在接穗下端没有芽的一面，斜削一刀，削去三分之一的木质部，斜面长 2 厘米左右，再在斜面背面，斜削一小斜面，稍稍削去一些木质部。小斜面长约 0.8~1 厘米。要注意接穗的两个削面必须平滑，绝不可有丝毫凸凹或发毛之处。接穗削好后用湿布包好备用。

(2) 切砧木。选取茎下部直径约 1.5 厘米的砧木，在离地面 2~3 厘米处剪断砧木，削平断面。然后在断面上选择树皮厚、光滑、木质部纹理通顺部位，自外往里三分之一至四分之一处用劈接刀劈一垂直切口，切口长约 2 厘米（切口长度应与接穗的长斜面长度一致，宽度应与接穗的直径一致）。

(3) 插接穗。将接穗插入砧木的切口中，使接穗长斜面两边的形成层和砧木切口两边的形成层对准、靠紧。如果接穗细，必须保证一边的形成层对准。

切接的绑缚和埋土与劈接相同。

3. 皮接

又称插皮接。是操作简便容易掌握的一种枝接方法。用于木本植物时，可在生长季节树液流动时期进行（这与劈接法和切接法不同），嫁接的方法步骤如下：

(1) 削接穗。选取生有 2~4 个饱满芽的接穗。将其上端剪平后，在下端芽的下部背面，一刀削成约 3 厘米长的平滑大斜面，并在削面两侧轻轻各削一刀，削去一丝皮层，露出里面的形成层。然后在大切面下端背面，再削约 0.6 厘米长的小斜面。用湿布包好备用。

(2) 砧木开口。在砧木离地面 1~2 厘米处将砧木剪断，并用快刀将断面削平。然后，在砧木树皮光滑的部位，由上向下垂直划一刀，深达木质部，长约 1.5 厘米，并随即将刀尖将树皮挑开。如果砧木树皮坚韧，则可用楔形竹签在木质部和韧皮部之间的部位向下插入，然后拔出竹签，作为接穗插入的部位。

(3) 插接穗 将接穗沿切口或竹签插入处，插进木质部和韧皮部之间，光滑大斜面要面对木质部，接穗削面要和砧木密接，一般 1 个砧木上可插 1~2 个接穗。粗的砧木可插 3~4 个。

皮接的绑缚和埋土与劈接、切接相同。

4. 舌接

又称对接。适用于砧木直径 1 厘米左右、且砧木、接穗粗细大体相同的嫁接。舌接方法比较复杂，但切口接合紧密牢固。其具体方法步骤如下：

(1) 削接穗。在接穗的下芽背面削成 3 厘米长的斜面，然后在削面的下

三分之一处，与削面接近平行往上劈，劈口长约 1 厘米，成舌状。

(2) 削砧木。在砧木的上端削成 3 厘米长的斜面，在削面的上三分之一处，与削面接近平行往下劈，劈口约长 1 厘米。

砧木和接穗的斜面部位要相对应，以便于互相交叉、夹紧。

(3) 插接穗 将接穗的劈口插入砧木的劈口中，使二者的舌状部位交叉起来，然后对准形成层，向内插紧。

插接穗后，如果是直立木本，则需绑缚涂接蜡和埋土。如果是木质藤本（如葡萄），则可不绑缚或稀绑。

5. 靠接

靠接是特殊形式的枝接。其方法步骤如下。

(1) 使接穗和砧木靠近。嫁接前，应将接穗、砧木中的一方，种植于花盆中（或二者均种植于花盆中）。嫁接时，按嫁接要求将二者靠拢在一起，作好嫁接准备。

(2) 削接穗和砧木。选择粗细相当的接穗和砧木，并选择二者靠接部位。然后将接穗和砧木分别朝结合方向弯曲，各自形成“弓背”形状。用利刀在弓背上分别削 1 个长椭圆形平面，削面长 3~5 厘米，削切深度为其直径的三分之一。二者的削面要大小相当，以便于形成层吻合。

(3) 靠合。削面削好后，将接穗、砧木靠紧，使二者的削面吻合，用塑料条绑缚。

(4) 修剪。愈合后，分别将接穗下段和砧木上段剪除，即成 1 棵独立生活的新植株。

靠接成活率高，可在生长期内进行。但要求接穗和砧木都要带根系，愈合后再剪断，操作麻烦。多用于接穗与砧木亲和力较差、嫁接不易成活的观赏树和柑、桔类树木。

三、种胚嫁接

水稻、小麦、高粱、玉米等禾本科植物，没有形成层，无法使用一般嫁接方法，须用种胚嫁接法进行嫁接。种胚嫁接法是将一个禾本科植物的胚切下来作接穗，嫁接到另一禾本科植物的胚乳（砧木）上，使其萌发生长成 1 株嫁接苗。种胚嫁接法的方法步骤如下（图 13-4）。

1. 浸种

将用作接穗和砧木的种子，同时放入清水中浸种半天，使种子吸水膨胀。浸种时间不能过长，否则会使胚乳变软而不易切胚。

2. 催芽

将浸种后的种子放入培养皿中的湿滤纸上，置于 24~30 的温度下进行催芽。当胚芽刚刚萌动时立即停止催芽，不要延长时间，以免幼芽生长过长、生长势变弱而不易接活。

3. 切胚

用已消毒的锋利刀片，将作为接穗和砧木的种子已萌动的胚，沿边缘呈三角切下。两者的大小必须一样。接穗胚应带有完整的吸收层。因此，切割时要带少许胚乳，以保证吸收层不遭损坏。但所带胚乳又不能过多，否则就失去了嫁接的意义。

4. 接胚

先在作砧木种子的切口处，用消毒过的针尖稍稍刺破，然后将作接穗的

胚，小心嵌放进去。注意要使接穗和砧木的种皮要紧密接合。

5. 接后管理

将嫁接后的种子播在沙盘里，待萌发后再移栽土壤中。

(杨 悦)

13.6 活动方案举例

一、马铃薯番茄无性杂交

马铃薯和番茄均属茄科植物，二者亲缘关系较近，又均为一年生草本，有较大的亲和力，嫁接容易成功。由于马铃薯生产块茎，番茄生产浆果，如果以马铃薯为砧木、番茄为接穗进行嫁接，对二者相互影响产生的变异，容易观察和分析。本项活动当年就能见到性状变异，两年就能得出结论。

1. 活动目的

使学生学会马铃薯、番茄无性杂交的方法，并了解嫁接产生了哪些性状变异以及产生变异的原因。

2. 活动设计

(1) 活动时间安排。进行 2 年。第一年进行杂交，产生性状变异；第二年观察性状变异是否能遗传。

(2) 杂交品种。马铃薯：克新 4 号；番茄：强丰 77-94。

(3) 杂交组合。克新 4 号+强丰 77-94。

(4) 嫁接方式。劈接法。马铃薯只保留接合部位以下部分，接穗保留其接合部位以上的全部枝叶。

3. 活动方法

(1) 第一年

育苗 杂交和对照的马铃薯、番茄，均在温室或塑料大棚中进行育苗。

嫁接时间 在两种植物幼苗出土后三周、株高 10~15 厘米、4~6 片叶时进行嫁接。待嫁接成活后，将嫁接苗和对照苗同时移栽到实验田中。

田间管理 与一般生产要求相同。

收获 番茄随成熟、随采收，当番茄全部采收后的 5~10 天，收获马铃薯。

观察记载以下各种性状：

番茄浆果 外形、颜色、平均重量、平均直径、每株平均个数和平均重量、果实含水量和含糖量、果实开始成熟时间、完全成熟时间、种子平均数目和千粒重、其它。

马铃薯块茎 外形、颜色、平均重量、平均直径、每株平均个数和平均重量、块茎淀粉含量、质地（粘、脆）变化、其它。

(2) 第二年

播种 将无性杂交所得的马铃薯块茎和番茄种子进行播种。

田间管理 与一般生产要求相同。

收获 与第一年相同

观察记载 第一年相同

4. 分析

(1) 第一年发生了哪些性状变异。

(2) 在杂交后的第一代中，保留了哪些性状变异。

(3) 产生和保留（不保留）变异的原因。

5. 注意事项

两年活动中均须设置对照组，而且对照组和实验组的所有条件必须完全相同。

二、板栗嫁接

板栗是经济价值较高的一种干果，用种子繁殖所结的栗子，主要经济性状上与母树有明显差异。以果重为例，母树为 17.2 克，其子代均在 5.5~13.3 克之间；果实成熟期一般比母树推迟 5~15 天。如何保持优良性状呢？方法较多，这里介绍用嫁接方法来保持品种的优良特性。

1. 活动目的

通过本项活动，使学生掌握板栗嫁接技术。

2. 活动设计

(1) 砧木和接穗的选择。一般多用板栗实生苗作砧木，也有用橡子树（主要有栓皮栎、槲栎、辽东栎等）和野板栗作砧木，但成活率不高。本活动选用 2~3 年生、大拇指粗的实生苗作砧木，因实生栗作砧木，成活率高，植株生长势强。接穗的选择，要选用良种接穗，即从丰产、稳定、早结果、品质好、无病虫害的母树上采接穗。有条件的可引进外地优良板栗品种作接穗。

(2) 活动器材。手锯、剪枝剪、芽接刀、铅笔刀、绑缚材料（塑料条带）、接蜡等。

(3) 嫁接方法。本活动采用插皮舌接法，该方法简便成活率高，接后半月即可发芽。

3. 活动方法步骤及注意事项

主要介绍插皮舌接法的步骤：

(1) 砧木选平直部位，削去老皮露嫩皮（韧皮部）。

(2) 接穗削成 5~7 厘米长的单面成马耳形，然后掰开削面皮层。

(3) 将接穗的木质部轻轻插于砧木的木质部与韧皮部之间，接穗的皮部紧贴于削出的砧木嫩皮（韧皮部）上，后再绑缚。在伤口愈合前除绑缚外，还需涂上接蜡（或泥），以保护伤口，防止接触面透风或渗入雨水（图 13-5）。

4. 注意事项

(1) 板栗枝茎内含有单宁，经削伤后，单宁氧化妨碍愈合组织的形成，因此操作要快。

(2) 绑缚松紧要适当，过紧往往妨碍营养物质的输送，过松砧木与接穗间空隙大不易愈合。同时绑缚要适时解除，以免影响嫁接苗的生长。

三、仙人球（Mammillaria）嫁接

1. 活动目的

仙人球类植物嫁接比较方便易行，较之树木花卉容易成活，因此可用它作为中学生开展生物科技活动的材料。通过开展本项活动，使同学们掌握仙人球类嫁接技术的基本要求和方法。

2. 活动设计

(1) 砧木要组织充实，不过老也过嫩，根系发达，针刺较少。另外，还要从嫁接后的造型美观、风格新奇等方面来考虑，如龙神木、三棱箭、宝剑等。

(2) 接穗的选择，一般取仙人球，即植株上自然滋生的仔球，应是组织充实、形态美观的小仙人球。

- (3) 锋利的刀具及扎缚的塑料绳。
- (4) 温度以 18~25℃ 嫁接为适宜。最好在温室内进行。

3. 活动开展方法

仙人掌类植物的嫁接方法较多，这里重点介绍平接和嵌接两种方法。

(1) 平接。方法是在砧木适当的高度作水平横切，再在接穗下部也作水平切，最好切口差不多大小。这时应立即把接穗切口放在砧木的切口上，再用塑料绳捆绑，最好在接穗顶部施加一点压力，使切口紧密相接。嫁接后放在阴蔽的地方，用塑料袋罩上以保温、保湿。经 5~7 天松开塑料绳，放在有阳光处，使其制造养分。若在砧木上长有仔球应除去，以保证接穗营养。

(2) 嵌接。嫁接时，先在砧木上切出“ ”型切口，再将接穗切成与砧木切口大小一致的阔楔形，使两者凹凸相应，角度相同。然后，将接穗嵌在砧木切口内，让两者的维管束接触密实牢固。最后，用线或塑料带扎缚固定。待其完全愈合后，再解除缚线。

4. 注意事项

(1) 嫁接前，所用刀具及砧木、接穗的切削部位，均需用酒精擦净，以免切口感染病菌。

(2) 刀具要锋利，切面必须一次切成功，不能停缓，操作要迅速。

(3) 扎缚时松紧要均匀，用力要适当。

(张益清)

本章思考题

1. 为什么说，嫁接是农、林、果树生产方面一项重要技术？
2. 嫁接成活的原理是什么？影响嫁接成活的因素有哪些？
3. 嫁接前应作好哪些准备工作？
4. 对本章所列的各种嫁接方法进行比较，说明每种方法的优缺点。

本章作业

对本地区各种果树的嫁接情况进行一次调查。调查每种果树砧木所属的植物种类、嫁接方法、嫁接时间、嫁接后生长发育状况等。

本章参考书目

1. 贾思勰（后魏） 1956 《齐民要术》 中华书局
2. 陈淏（清） 1956 《花镜》 中华书局
3. 蔡以欣 1959 《植物嫁接的理论与实践》 上海科学技术出版社
4. 李继华 1980 《嫁接的原理与应用》 上海科学技术出版社
5. 中国农业科学院果树研究所 1959 《中国果树栽培学》 农业出版社
6. 浙江农业大学 1961 《果树栽培学》 浙江人民出版社
7. 俞德浚 1979 《中国果树分类学》 农业出版社

(杨悦)

第十四章 小动物饲养

导 言

小动物饲养是中学生最感兴趣的生物科技活动之一。它具有占地小、投资少、饲养规模大小不拘、农村和城市中学均可开展等特点。尤其农村中学，更具备开展此类活动的条件。

本章共编写了蚕的饲养、蜜蜂饲养、金鱼饲养和家兔饲养以及活动方案举例等五节。全章的重点是饲养方法。在中学开展此类活动时，重点是使学生掌握小动物的饲养方法。除此以外，还应使学生通过饲养活动，了解被饲养动物的形态结构、生长发育和生活习性方面的知识，只有这样，才能使学生在更高水平上去掌握饲养方法。

14.1 家蚕饲养

家蚕 (*Bombyx mori*)，通称“蚕”，属昆虫纲、鳞翅目、家蚕科。幼虫以桑叶为食，化蛹前吐丝结茧，丝可织成绢绸。

我国是世界上最早养蚕、缫丝和织绸的国家。现在蚕桑生产已成为我国很多地区的主要农村副业。养蚕也是中学生喜爱的一项活动，通过养蚕，不仅能使学生掌握养蚕技术，还能激发他们更加热爱生物科学和生物科技活动。

一、养蚕用具

- (1) 收蚁用具：收蚁纸、小蚕网等。
- (2) 饲育用具：蚕架、蚕匾等。
- (3) 采桑、贮桑用具：采桑篓、贮桑缸、篾垫等。
- (4) 调桑、给桑用具：切桑刀、切桑板、给桑架、给桑筐等。
- (5) 补温、补湿用具：火炉、水盆、干湿计等。
- (6) 除沙用具：蚕网、蚕沙箔等。
- (7) 上簇、采茧用具：蚕簇、盛茧箔等。

以上各项是农村养蚕时经常使用的工具。中学生养蚕，可因陋就简，自己动手制作或使用代用品。

二、蚕的环境条件

1. 气象环境条件

- (1) 温度。蚕在各种温度下的表现见图 14-1。

一般蚕的发育起点温度为 7.5℃，发育最高温度为 35℃，最适温度为 20~30℃。

在蚕的饲育中，随着蚕龄的增大，温度应逐渐降低。一般一至二龄为 26~28℃、三龄为 25~26℃、四至五龄为 23~25℃ 比较适宜。秋用品种要求不超过 30℃。

- (2) 湿度。湿度的高低直接影响蚕的发育。蚕在小蚕期和大
- 表 14-1 不同蚕龄期饲育湿度对健康的影响

饲养湿度 (%)		四龄起蚕至结 茧减蚕率 (%)	饲养湿度 (%)		四龄起蚕至结 茧减蚕率 (%)
小蚕期	大蚕期		小蚕期	大蚕期	
60	75	9.0	90	60	5.0
75	75	6.4	90	75	4.6
90	75	4.6	90	90	13.4

蚕期的适湿范围不同，其情况可见表 14-1。

从表中可以看出，大、小蚕期的适湿范围并不相同。当小蚕期饲养湿度偏高、大蚕期饲养湿度偏低时，减蚕率小，反之，则减蚕率大。因此，一般认为，第一龄适宜湿度为 90%，以后各龄逐渐减少，每龄降低 3~5%左右，到五龄以后，以 70%左右的相对湿度为适宜。

(3)空气和气流。蚕室中应保持适当的空气流动，这不仅不能不断更换新鲜空气，以满足蚕对氧气的需要，而且还可以降温、降湿，减少高温多湿对蚕的为害程度。

一般认为，在正常饲养条件下，蚕室中应有 0.02~0.30 米/秒的气流。在大蚕期，当蚕室温度为 27~28℃、湿度 80%以上，处于高温多湿时，如果此时蚕室能有 0.02~0.03 米/秒的气流，就能减少高温多湿的为害程度。特别在 30℃以上的高温时，如有 0.4~0.5 米/秒的气流，更能显著地减轻高温多湿的为害。但在低温干燥或适温、适湿条件下，蚕室不能有强气流的吹袭。

(4)光线。蚕对光线既有趋光性，也有负趋光性（背光性）。一般蚁蚕对 5~100 米烛光范围的光度呈正趋光性，而以 15~30 米烛光为最明显，超过 100 米烛光则呈负趋光性。熟蚕对 13 米烛光的趋光性最强。在一个龄期中，起蚕的趋光性强，将眠蚕最弱。蚕的趋光性影响蚕在蚕座内的分布。当蚕座明暗不均时，蚕多向明亮一侧的方向密集。给桑后蚕也向明亮的上层移动吃桑。在全明或全暗的条件下养蚕，明饲养蚕绝大多数在蚕座上层食桑，而暗饲养蚕多分布在蚕座的中下层食桑。

光线对蚕的生长发育具有抑制作用。在小蚕期，光线对蚕生长发育的抑制较强，因此照明能使蚕的全龄经过延长，体重较重。在大蚕期，光线对蚕生长发育的抑制作用减弱，在暗饲养的条件下，发育经过较长，体重较重，全茧量大。因此，为了增加全茧量，应该采取小蚕期照明，大蚕期黑暗的饲养方法。

2. 营养环境条件

长期养蚕实践证明，桑叶是蚕的最适合、最有营养价值的饲料。但饲养中必须注意桑叶的品质。首先，不同季节的桑叶对蚕的生长发育有着不同的影响。春季桑叶营养丰富，蚕生长快，经过时间短。夏秋季的桑叶营养较差，蚕生长慢，经过时间延长。其次，不同桑品种的桑叶品质常有不同。有的桑品种的桑叶含水量较少，营养丰富，对蚕的生长发育有利，而有的桑品种的桑叶含水量多，营养较差，不利于蚕生长发育。还有，成熟度不同的桑叶，对蚕的生长发育也有影响。过老、过嫩的桑叶，都会导致减蚕率增高，特别是过嫩叶的减蚕率最大。只有适熟叶的减蚕率最小。因此饲养蚕时，应选用优良品种的适熟桑叶，并应尽量在春季养蚕。

三、养蚕的准备工作

(1)准备蚕室和各项用具。开始养蚕以前，先要准备好蚕室和各项用具。蚕室和用具均须打扫和清洗，并进行消毒。

(2)准备好桑叶来源。

(3)准备蚕种。中学生养蚕，规模不应过大，应根据桑叶产量确定准备蚕种的数量。下列数字可供参考，见表 14-2。

四、催青和收蚁

1. 催青

将从冷库中取出的蚕种，放在适合蚕卵胚子发育的温湿度环境中，使胚子健康发育直到转青、孵化的过程，叫做催青。催青经过时间，在春期约需 10~11 天，夏秋期约需 9~10 天。

表 14-2 每张（盒）蚕种不同龄期用桑量

（单位：千克）

期别	采叶型式	龄 期					全龄用桑量
		1	2	3	4	5	
春蚕	芽叶	1 ~ 1.5	3 ~ 4	15 ~ 20	75 ~ 80	500 ~ 600	594 ~ 705.5
夏蚕	片叶	1 ~ 1.5	3 ~ 4	12.5 ~ 1	65 ~ 70	400 ~ 500	480 ~ 590.5
占全龄用桑（%）		4			11 ~ 13	80 ~ 85	100

(1)催青适期。春蚕的催青适期，因地区而不同。江苏、浙江、安徽一带一般在 4 月中旬，山东、河北等省在四月下旬。在桑叶发育方面，晚生叶以开放 3~4 叶、早生叶以开放 4~5 叶为催青适期。夏蚕通常在 6 月 10 日左右出库，早秋蚕在 7 月 20 日左右、中秋蚕在 8 月 20 日左右、晚秋蚕在 9 月上、中旬出库。然后按标准温湿度进行催青。

(2)催青技术。催青时，可按表 14-3 的要求进行。如果养蚕规模很小，可不必进行催青，随着气温的自然升高，任其自然孵化。但要注意温度不要超过 27℃，湿度应在 75~80%之间。每天应进行观察，当蚕卵出现一个黑点或卵色由灰褐、灰绿转成青灰时，预示着卵在 2~3 天内将要孵化，要赶快作好收蚁的准备工作。

2. 收蚁

将孵化出来的蚁蚕，收集到蚕匾里开始饲养，叫作收蚁。卵内蚁蚕见光后，才会从卵中孵化出来，所以利用感光性可控制收蚁时间。通常在早晨 5 时，揭去盖在蚕卵上的遮光物，开灯感光，8 时便可收蚁。

收蚁方法可用绵纸吸引法。具体作法是将收蚁绵纸覆盖在已孵化的蚕卵上面，再覆上一层绵纸，并撒上一层切碎的桑叶，经过 10~15 分钟后，将上层绵纸连同桑叶一起拿掉，再将爬上蚁蚕的绵纸翻过来，平摊在蚕匾内，然后给桑。

表 14-3 催青技术标准表

催青日程	胚子发育阶段	胚子代号	目的温度		干湿差	相对湿度	光线
			° F		(° F)	(%)	
出库当日	最长期前	丙 ₁	60	16	3	80	自然 明 暗
第1日	最长期	丙 ₂	68	20	4	80	
第2日	肥厚期—突起 发生期	丁 ₁ ~丁 ₂	72	22	4	78	
第3日	突起发达前期	戊 ₁	75	24	4~5	79	
第4日	突起发达后期	戊 ₂	77	25	4~5	79	
第5日	缩卵期	戊 ₃	77~78	25~26	4~5	80	
第6日	反转期	己 ₁	77~78	25~26	4~5	80	
第7日	反转终了期	己 ₂	78~79	26	3~4	80	昼夜遮光
第8日	气管显现期	己 ₃	78~79	26	3~4	80	昼夜遮光
第9日	点青期	己 ₄	78~79	26	3~4	80	收蚁前1~ 2小时感兴
第10日	转青期	己 ₅	78~79	26	3~4	80	
第11日	孵化		78~79	26	3	85	

五、饲养管理

1. 小蚕期饲养管理特点

小蚕期是指一至三龄的蚕，本期共需 12~14 天，其饲养管理的特点如下：

(1)对高温适应性强，适应偏高温度饲养。小蚕的体表面积大，散热快，体温容易降低，加以小蚕生长迅速，新陈代谢旺盛，所以具有耐高温的能力。根据以上特点，小蚕期的温度应在 25.5~28 之间，在偏高温度下，蚕发育快，体重增加量多，产茧量高。

(2)对多湿的抵抗力强。由于小蚕的体表面积对体重的比例较大、皮肤的蜡质层薄、气门对躯体的比率大，所以蚕体水分容易散失，能耐多湿。根据小蚕的这一特点，在多湿环境中饲育，并无不良影响，反而由于空气中多湿，桑叶不易萎凋，可以达到饱食。

(3)生长发育快，对桑叶质量要求高。养蚕实践表明，一龄蚕增加体重 12~16 倍，二龄蚕增加 8 倍，三龄蚕增加 5~6 倍，四、五龄仅增加 4~5 倍。由于小蚕单位时间内的成长比率比大蚕高，生长发育迅速，因此需要水分和蛋白质含量多、富有糖类并老嫩比较一致的桑叶。此外，由于小蚕生长发育快，应注意随着蚕的生长发育，及时扩大蚕座面积，以避免食桑不足。

(4)对二氧化碳的抵抗力强，而对有毒气体和病原体的抵抗力弱。蚕室内由于饲养人员和蚕的呼吸，加上蚕沙发酵，使蚕室空气中的二氧化碳含量增多。二氧化碳对蚕呼吸障碍的程度，因发育时期而不同，小蚕期比大蚕期的抵抗力较强。但对于蚕室中产生的一氧化碳、二氧化硫和氨气等有毒气体以及病原体，小蚕期的抵抗力弱。所以在小蚕期，蚕室应根据具体情况，适当换气。

(5)移动距离小，食桑时间短。小蚕期特别是一龄蚕的移动距离小，食桑时间短。因此在饲养上，对一龄蚕所食的桑叶要切小、切方，给桑要均匀，

便于小蚕就食，发育整齐。由于小蚕食桑时间短，桑叶要经常保持新鲜。

2. 大蚕期饲养管理

大蚕期是指四至五龄蚕，本期约需 13~15 天，其饲养管理的特点如下：

(1) 对高温多湿抵抗力弱。大蚕的蚕体面积较体积增长的速度慢，蚕体皮肤的蜡质层又较小蚕厚，气门又相对小，因此体内水分不易散发、散热也困难，容易引起体温升高。一般大蚕体温较气温高 0.5 左右。当气温超过适温范围（30 以上）时，影响酶的活性，代谢机能减弱。因此，在大蚕期要力避高温多湿环境。

(2) 丝腺生长显著加快。在第五龄，丝腺迅速生长，数天之内，重量增加 40 倍左右，特别是五龄第四天以后，丝腺生长更为显著。这时要给与充足的桑叶，使蚕饱食。如果此时食桑不足或叶质过老，丝腺就不能充分生长，影响蚕茧产量和质量。

(3) 食桑量大，排泄物多，对二氧化碳的抵抗力弱。大蚕因食桑量大，给桑量多，从桑叶中蒸发出大量水分，同时排泄物也多，从蚕沙中又散发出大量水分、二氧化碳和氨气等。因此大蚕的蚕室的小气候往往多湿，二氧化碳等不良气体也较多，妨碍蚕的呼吸，造成蚕体虚弱。所以大蚕期要加强通风换气。

六、上簇

正常发育的蚕，到了五龄末期，由于消化器官的功能减弱，食欲渐衰，胸部透明，身体发软，排泄绿色软粪，头部向上摆动，这时的蚕称为适熟蚕。将适熟蚕逐头捉起放在蚕簇上叫作上簇。

捉蚕上簇的时间很重要，当蚕成熟时应立即上簇。此时蚕尾部往往有 2~3 粒软粪，胸部透明，口吐丝攀粘蚕簇，吐丝运动正常进行，可结出大茧。如果熟蚕全身透明，身体缩短，在蚕座已吐出大量的丝，这就是过熟蚕。过熟蚕上簇后，结茧很小。且容易增加双宫茧和其它畸形茧。另外，也不能将偏生熟蚕捉上簇，否则会使黄斑茧等劣茧增多。

一般蚕上簇 7~8 天后，摇动蚕茧听到清脆声，说明蛹体已转黄褐色、体皮已经坚韧，不易破伤，是采茧的适宜时期。

中学生养蚕时，如果蚕数不多，可在蚕匾内放上稻草束，利用熟蚕在吐丝结茧以前有向上爬的习性，使其自动爬上去吐丝结茧。待茧内蛹体的体皮坚硬后，轻轻取下，摊放在容器中，留作羽化成蛾，交配产卵之用。

七、蚕蛾期的管理

蚕的蛹期大约为 13~14 天，然后蛹羽化成蛾。蚕蛾出茧后，可生活 5~10 天，一般在出茧后的一昼夜以内交配产卵。

为了得到蚕种，要准备好几个衬垫有白纸的纸盒，纸盒内放入 1 对刚从茧中钻出的健壮雌、雄蛾，使其交配产卵。交配后的雌蛾，很快就会产卵。然后将蚕种纸取出用纸包好，放在通风干燥处，如果是一化性的春蚕，可留待来年春天养蚕之用。

14.2 蜜蜂饲养

蜜蜂 (Apis), 属昆虫纲、膜翅目、蜜蜂科。组织中学生养蜂, 主要是使学生获得养蜂技术, 除此以外, 还能使学生从中学习蜜蜂的形态结构、生长发育和各种生活习性方面的知识。

一、蜜蜂的群体生活

1. 蜂群的组织

蜜蜂是群体生活的昆虫。一群蜂通常由三种形态和职能不同的蜂组成, 即 1 只母蜂、大批工蜂和在繁殖期培育的少数雄蜂。

(1) 母蜂。母蜂是蜂群的雌性个体, 由受精卵发育而成。母蜂的职能是产卵。它产的卵有两种, 一种是未受精卵, 发育成雄蜂, 一种是受精卵, 发育成工蜂或母蜂。1 只优良母蜂在产卵盛期每天能产 1500 ~ 2000 粒卵。母蜂的品质和它的产卵能力, 对于蜂群的强弱及其遗传能力具有决定性作用。

(2) 工蜂。工蜂是雌性生殖器官发育不完全的个体。它们担负着蜂群的各项工蜂, 如采集花蜜和花粉、酿制蜂粮、哺育蜂儿、饲喂母蜂、修造巢房、守卫蜂巢、调节蜂巢内的温度和湿度等。工蜂在蜂群中数量最多, 少的几千只, 多的几万只。蜂群的采集能力取决于工蜂数量的多少和品质的好坏。

(3) 雄蜂。雄蜂是蜂群中的雄性个体, 不参加蜂群内外任何工作, 唯一职能是与处女蜂交尾。1 个蜂群大约有雄蜂数百只, 雄蜂的品种和体质好坏, 对培育新分群的后代遗传性状和品质优劣有直接影响。

2. 蜂群内部蜜蜂间的关系

蜂群是一个有机整体, 几万只蜜蜂生活在一起, 分工合作, 共同建造蜂巢、贮备饲料, 哺育后代, 守卫蜂巢, 并且彼此传递着饲料和信息。

母蜂在维系整个蜂群方面起着独特的作用。平时, 母蜂的上颚腺不断分泌一种“母蜂物质”, 这种母蜂物质, 通过工蜂饲喂母蜂、舐吮母蜂身体和工蜂间互相传递饲料, 而在整个蜂群传递, 从而使工蜂们得知母蜂是否存在。一旦母蜂死亡, 蜂群内的秩序就会受严重影响, 工蜂们显得焦躁不安。如果及时诱入一只母蜂, 蜂群骚动不安的状况很快就会改变, 恢复正常生活。

雄蜂在蜂群活动季节、经常受到工蜂的关心和饲喂。但到了活动季节的后期 (北方的秋季或南方的越夏期前), 当外界蜜源稀少时, 工蜂便将雄蜂赶出蜂巢。离开蜂群的雄蜂, 由于自己不会采食, 也不能自卫, 很快就会死亡。

3. 蜂群之间的关系

蜂群之间互不串通。而且蜜蜂具有守卫自己蜂巢、防御外群蜜蜂前来盗蜜的本能。蜜蜂的嗅觉灵敏, 它们能够根据气味识别外群的蜜蜂。

4. 蜂巢

蜂巢是蜂群居住和生活的地方, 由许多蜡质巢房构成。野生蜂群在树洞或其它洞穴中筑巢; 人工饲养的蜂群采用有活动巢框的蜂箱。在蜂箱中, 蜜蜂分泌蜡鳞, 在人工巢基础上加高筑成巢房, 几千个巢房连接在一起组成 1 个巢脾。一个蜂箱中的巢脾通常有几个到十几个。巢脾在蜂箱中是垂直地互相平行地悬挂着。两个巢脾之间的空间为蜂路。巢脾上的巢房因用途不同, 大小也不一样, 有工蜂房、雄蜂房和母蜂台以及少数过渡型巢房。

二、养蜂用具

(1)蜂箱。蜂箱是养蜂中不可缺少的工具，中学生养蜂，可以自己制作。蜂箱由箱盖、副盖、箱体、箱底、巢门档、隔板、窗户（底窗或前后窗）、天窗、巢框等部分组成，多用木料制作（图 14-2）。

一般常用蜂箱有 10 框标准箱、16 框横卧箱和 12 框方形箱三种，其具体尺寸见表 14-4。标准巢框尺寸见表 14-5。

表 14-4 常用的三种蜂箱尺寸表

(内径)(毫米)

长度 箱别 \ 项目	长 (前—后)	宽 (左—右)	高 (上—下)	前脸高	注
10 框箱	464	380	265	225	
12 框箱	465	465	265	225	
16 框箱	465	600	265	240	

注：前脸下边留 40 毫米高的通巢门，上按闸板，巢门挖在闸板上。通巢门便于开巢门运蜂时使用。

(2)巢础。科学养蜂是用人工巢础，以使蜜蜂按照人工巢础筑成巢脾。

(3)埋线器。是将巢框所穿的铁线，埋于巢础里所用的工具。

(4)起刮刀。刀长 6 寸，一端是平刀，一端呈直角的弯刀，

表 14-5 标准巢框尺寸表 (毫米)

尺寸 名称 \ 项目	长	宽	厚	备注
上框梁	480	27	20	
下 梁	425	15	10	
框 耳	225	27	10	
内 围	425	205		
外 围	445	235		

用于开启副盖、铲除箱内支脾、污物、树胶和蜡渣。

(5)手套和面网。用于保护两手和头部不受蜂蜇。

(6)隔王板。放在巢箱和继箱两箱当中，用于隔离蜂王上升。在采蜜群的蜂箱上再加继箱，可便于取蜜。

(7)割蜜刀。用于割去蜜脾上的蜜房盖。

(8)蜂刷。用马尾毛做成，用于扫落巢脾上附着的蜜蜂。刷毛须用白色毛，黑色毛容易激怒蜜蜂。

(9)摇蜜机。用于分离蜂蜜。机身用白铁或木板做成圆桶，内设机架和框笼。取蜜时将削去蜜房盖的蜜脾放框笼内，转动摇蜜机的摇手，蜜脾即迅速旋转，蜜汁受离心作用被旋出，再从桶底口流入接蜜器中。

三、蜂群的一般管理

蜂群的一般管理技术是养好蜂、收益大的关键，每一个参加养蜂的学生都必须掌握。

1. 准备蜜源和水源

养蜂必须有充足的蜜源和水源。中学生养蜂一般都在校内进行。因此，要对学校周围的蜜源、水源情况了解清楚。在蜂群繁殖和生产季节，离学校2公里以内，应具有1~2种主要蜜源植物，还应该有一些辅助蜜、粉源植物，以便于蜜蜂采集花蜜和花粉。学校附近最好还应该有一些清洁的水源，以供蜜蜂采取，如果缺乏水源，应在蜂箱附近经常准备清水。

2. 准备蜂群

养蜂应根据本地区的蜜源和气候条件选择蜂种。如果本地区冬季短，温暖潮湿，夏季干燥又有流蜜期长的蜜源，宜选意大利蜂；如果本地区冬季长而寒冷，春季短，主要蜜源花期早，可以选择喀尼阿兰蜂；如果本地区位于山区，没有集中的大蜜源，而且夏、秋季有众多胡蜂等敌害，最好选择中蜂（中华蜜蜂）。

引进蜂群的时间，最好选在早春蜜源植物开始开花的时候。因为此后气温日益回升，并趋于稳定，蜜源也日渐丰富，有利于蜂群繁殖，也有利于学生观察学习养蜂的全过程。

3. 蜂群检查

蜂群检查是养蜂中的重要管理措施，多采用开箱检查和箱外检查两种方法。

(1) 开箱检查。开箱检查能够确切了解蜂群情况，并能及时进行调整纠正，但次数不宜过多，只能在春、秋期组织繁殖群、流蜜期组织生产群、进行育王分蜂以及越冬定群的时候进行。其检查项目有母蜂存亡、产子及健康状况，卵、虫、封盖子脾的数量及比例，工蜂、雄蜂数量、各龄蜂的比例、蜂脾关系、工蜂工作情况、巢内蜜粉数量、温湿度及病虫害等。

开箱检查操作时，开箱、提脾、拂蜂、放脾、覆盖的动作要轻；提脾、放脾、抖脾时巢脾必须保持垂直，不使撞击；检查时间要短，有问题要及时处理；放回副盖、隔王板时，动作要慢，以防压死蜜蜂。

每次开箱检查结束后，应及时填写记录表，格式见表14-6。

(2) 箱外检查。箱外检查是根据蜂群箱外表现出的现象，分析判断群内的具体情况，多用于越冬期、盗蜂发生期和工作繁忙的时候。箱外检查的项目主要有分析母蜂产卵多少，蜂群强弱，蜂巢是否缺蜜、缺粉和缺水，巢内是否过热，以及箱前病蜂、蜂尸产生的原因等。箱外检查既省工又不影响蜂群的正常工作，因

表 14-6 蜂群检查记录表

检查日期			母蜂出生日期			蜜源植物	天气	巢脾数(框)					发现情况	处理事项	备注
								子脾		蜜脾	粉脾	空脾			
年	月	日	年	月	日			卵虫	蛹						

此是蜂群检查经常采用的方法，通常3~5天检查一次。

每次蜂群检查都是学生了解蜂群的好机会。可以边检查边观察。观察内容有蜂巢结构、三种蜂的形态区别、卵、幼虫、蛹的形态以及蜜蜂的各种习性等。

4. 调整蜂群

如果饲养蜂群数目较多时，须注意调整蜂群。在蜂群饲养过程中，往往因母蜂繁殖力或其它原因，造成各个蜂群的群势强弱不均。同时，为了管理上的某种需要，有时也人为地分散群势，如“分散繁殖”、“分散运输”。而到了流蜜期或越冬期又必须合并群势，如“集中生产”、“强群越冬”等。因此，必须随时进行调整蜂群。由于各蜂群之间气味不同，除少数雄蜂和幼蜂外，调整或合并蜂群时要采取一定的措施，尤其在缺乏蜜源的季节，随便将一个蜂群的蜂放入另一蜂群中，必然会引起斗杀。调整蜂群的作法主要有以下几种：

(1)调整采集蜂。当流蜜期到来时，将事先并列到一起的两群蜂移走一群，使采集蜂飞回时集中在一群。移走的一群放到新的位置上进行繁殖。此时蜂群出于生活充裕，警惕性低，合并蜂群不会引起斗杀。

(2)调整幼蜂。有时为了加强交尾群的群势，使它早日成为一个强群，可在交尾群的母蜂产子以后，将强群中幼蜂多的脾或已有部分幼蜂出房的封盖子脾提出，轻轻振动使壮、老年蜂飞回原巢，然后将巢脾合并到交尾群中。

(3)调整子脾。在正常的蜂群中，1只优良的母蜂的产卵能力可保持8~9框子脾，其中卵、虫、封盖蜂子的比例为1:2:4。如果发现子脾比例失调，除更换母蜂调整群势外，应及时调整子脾。

弱群在早春繁殖初期，加脾受条件限制，可将它的卵、虫脾调给强群，当强群发展到8~9张子脾时，再将开始出房的封盖子脾调整给弱群。

当一个蜂群出现分蜂热时，可将其封盖子脾调出，并调入虫脾。这样分蜂热就会被抑制。

(4)调整弱群。即将二个以上的弱群并为一群，或将弱群并入强群。在流蜜期或搬出越冬室而未爽飞的蜂群，可几个蜂群直接合并在一个蜂箱中。各群之间留一框脾的空间，内放1块隔板，再向各蜂群喷洒稀蜜水，经4~8小时，群味混合，再将巢脾按正常排列。在合并前4~6小时，应捉去其中一群的母蜂，巢内如有王台，也应毁尽。

(5)调整无王群。对不适于诱入母蜂的无王群，一般应并入有王群。合并前要检查无王群里有无处女母蜂，并提前4~6小时毁尽急造王台。合并时用王罩将有王群中的母蜂罩在巢脾上，过一夜以后放出。

5. 筑造巢脾

从春末到秋初，如果蜜源丰富，平均气温在20℃左右，都可造脾。在这阶段，蜂箱中的巢脾如果不足，蜜蜂在加厚巢脾，或者巢脾间造有白色支脾时，就是蜜蜂正在泌蜡造脾的表现。应该利用这有利条件，及时将巢础框加在蜜粉脾和子脾之间（在流蜜期前，加入蜜脾和蛹脾当中；流蜜期中则加入蜜粉脾与幼虫脾之间）。初加入的巢础不可太多，等到蜜蜂接受后，再根据蜂群的造脾能力增加。

巢础须安装在巢框上才能使用。应该随用随装，因为安装好的巢础如果长期不用，蜡质会风化变脆，蜂蜜香味也会散尽，这样的巢础，蜂群不爱接受。

6. 人工分群

人工分群是利用蜜蜂天然分蜂的特性进行分蜂的。实行有计划的分蜂，可以加速蜂群的繁殖，增加蜂群数量，扩大生产。

人工分群一般应在大流蜜期前1~2个月内着手进行，此时将分群后的小群逐渐培养强大，以便到达流蜜期时有足够的强大群势采蜜。

7. 盗蜂的预防和制止

在外界蜜源缺乏或中断时，蜜蜂最易起盗。这时的弱群、无王群或蜂箱空隙太多的群最易被盗。大批的盗蜂能将被盗群的母蜂、工蜂咬死，将蜂蜜盗光，幸免的工蜂也往往流散。因此在养蜂的过程中，必须对盗蜂进行预防和制止。

(1)盗蜂的预防。在盗蜂发生季节之前，应将无王群合并，弱群调整，涂严蜂箱缝隙，依据群势缩小巢门。在容易发生盗蜂的时期，要作到蜂脾相称，并尽量减少开箱检查蜂群的次数。

(2)盗蜂的制止。盗蜂一旦发现，就要尽早制止，以免蔓延扩大。制止方法很多，如在被盗群巢门口安上盗蜂预防器（一种木制弯曲的巢门），或在巢门上虚放一些杂草，使盗蜂不敢直入，或将盗群的母蜂提出1~2日，使盗群减去盗性等。

8. 如何取蜜

在流蜜期中，一般取继箱成熟蜜，不取巢箱稀蜜。当继箱中全部蜜脾有1/4以上面积的蜜房封盖时，就可提取蜜脾进行取蜜。取蜜应在早晨工蜂出巢前进行。

提取蜜脾时，须先抖动蜜脾，将蜂跌落巢内，随即用蜂刷拂去脾上余蜂。然后用割蜜刀割去蜜脾上的蜜房盖，割蜜房盖时，刀口应沿框架自下而上地平削，并使蜜盖掉在干净容器中，不要掉在外面，以防止引起盗蜜。

割除蜜房盖后，将蜜脾陆续放入摇蜜机内。由于蜜脾两面都是蜂房，所以应先将一面的蜜房摇出约1/2的蜜，随后将蜜脾反转，摇尽另一面的蜜，再反转回到原来的一面将蜜摇尽，这样可避免巢脾破裂。

14.3 金鱼饲养

金鱼 (Carassius auratus)，又称“金鲫鱼”。属鱼纲、鲤形目、鲤科。

金鱼的祖先是野生的红鲫鱼，经过我国人民长期饲养、杂交和选择，逐渐培育成今天的各类金鱼品种。金鱼不仅是优良的观赏鱼类，也是生物遗传变异、进化、实验胚胎和环境保护等方面科学研究不可缺少的材料。

一、金鱼的习性

1. 食性

金鱼为杂食性鱼类，这是它的野生祖先红鲫鱼遗传给它的特性。金鱼不但对天然的动物性、植物性饵料能够适应，而且也能进食人工饵料。金鱼所能食用的动物性饵料有水蚤、剑水蚤、水蚯蚓、赤线虫、孑孓、蝇蛆等；植物性饵料主要有各种淡水藻类；人工饵料有蚕蛹、猪肝、鱼虾肉、蛋黄、面条、米饭和面包屑等。虽然金鱼食性广泛，但最喜食的是动物性饵料，特别是水蚤和剑水蚤，更是金鱼喜食的种类。

2. 性情温驯

长期以来，人类为金鱼创造了宁静、舒适的生活环境，人们又天天在鱼缸旁投饵给料，使金鱼长期与人接触。因此，金鱼的性情逐渐变得温驯，对人不但无畏惧，反而表现主动趋人。金鱼之间也很少发生争斗现象。

3. 群游性

金鱼在水中很少单独游动，经常是聚群游动寻觅饵料，而且其群游性程度超过了它的野生祖先。

二、饲养前的准备工作

1. 用具用品准备

(1) 养鱼容器：饲养金鱼的容器有木盆、瓦盆、陶瓷缸、水泥砖池等。对中生饲养金鱼来说，以直径 60 厘米左右的木盆和大瓦盆比较适宜。这样的容器吸热、散热稳定，即使在盛夏季节，水温也不会发生剧烈变化，而且由于口、底面积相似，光照和溶氧充足，有利于金鱼的生长发育。养鱼容器应多准备几个，供给养水时使用。

(2) 虹吸管：用于换水。可选用一定长度的橡胶管或塑料管，其管径粗细可根据养鱼容器的大小而定。

(3) 捞鱼网：用于捞取金鱼。

(4) 鱼虫网：用于野外池塘捕捞鱼虫。

(5) 其它：温度计、塑料桶等。

2. 养水

饲养金鱼的水，大多为井水和自来水。井水分深井水（机井水）和浅井水（土井水）。深井水矿物质含量丰富，pH 值为 7，含氧量较高，适于饲养金鱼，但水温偏低，须曝晒 24 小时方能使用；浅井水的水质优于深井水，一般曝晒 8~12 小时即可使用。

自来水含杂质极低，pH 值为 7，有利于鱼体生长发育。但水中氯离子的含量往往高于金鱼的忍耐极限，而且含氧较低，使金鱼难以生存。使用前须曝晒 48 小时左右，以使氯气挥发、水温升高和含氧量增加。

3. 准备鱼饵

应事先到郊区池塘中捞取水蚤、剑水蚤等天然饵料，或准备人工饵料。水蚤、剑水蚤是金鱼最理想的饵料，如不易捕捞可自己动手培养，其培养方法见本书第五章第二节。

三、饲养管理

1. 放养密度

金鱼具有群聚的习性，进行群养有利于金鱼的生长发育，但放养密度不能过大。密度如果过大，鱼体的活动受到限制，水溶氧消耗量大，水质也会迅速污染变质，轻则会阻碍鱼体发育，重则使金鱼窒息死亡。

金鱼的放养密度视品种、鱼龄、体型大小、气温以及饵料种类而有差异。一般情况下，水深 30 厘米、注水 5 千克左右的养鱼木盆中，可以放养 5~6 厘米长的金鱼 5~6 尾。饲养中可根据容器和鱼体大小，参照上述数字酌情增减。

2. 喂食

喂食不但要定时，还要定量。

金鱼摄食的时间，从夏季来看，如果气候正常，每天摄食量最多时刻是早上 6 至 7 时。因为这时气候凉爽，是金鱼体力充沛、活动量最大的时候。此时喂食，进食快，食量大，是投食最适当的时间。但是随着季节变化、气温逐渐下降、喂食时间必须往后推移。一般来说，春、夏、秋气温较高时，早晨喂食比较合适，秋末及冬季气温较低时，以中午喂食为宜。

金鱼喂食数量方面，以脱水鱼虫计算，对当年生的金鱼，每尾每天喂给鱼虫量，相当于其头部体积；二龄鱼的喂食量，相当于其头部体积的二分之一；三龄鱼则相当于其头部体积的三分之一。如果投喂其它饵料，则应观察金鱼的食欲和消化吸收状况，来确定投饵量。

金鱼的饥饱 and 消化吸收状况，可从鱼粪的颜色上进行判断。如果鱼粪呈绿色、黑色或棕色，表明金鱼摄食适度，消化吸收良好；如果鱼粪呈白色或黄色，表明金鱼吃得过饱，不可再喂饵料。

3. 换水

鱼盆中的水必须经常更换。在温暖季节，每天应换一次水。换水时，用虹吸管从鱼盆底部将积存在盆底的污物连同旧水一起吸出。吸出量是盆中水量的三分之一，然后换入经过曝晒、合格的新水。一次换水不能过多，否则会引起金鱼生活环境的剧烈变化，使金鱼不能迅速适应新水环境而食欲减退。

4. 注意水温和水中氧气状况

金鱼最适的水温是 15~25℃，此时鱼体能充分摄取食物，迅速地生长发育。水温如高于 30℃ 或低于 10℃，鱼体则普遍厌食，活动迟缓，生长缓慢。如水温高于 40℃ 或低于 0℃，鱼体即趋于死亡。

适合金鱼正常生长发育的水体中的水溶氧量，应不低于 5.5 毫克/升。如果水溶氧量低于 4.0 毫克/升时，金鱼表现发呆、食欲不振、生长缓慢；如果水溶氧量是低于 2.0 毫克/升时，金鱼呼吸频率显著增加，并发出轻轻响声。进一步发展，鱼体就会窒息死亡。

因此，每天应定时检查水温及水中溶氧情况，如有条件，可装置小型增氧机来保持水中较高的溶氧量。

观察水温和水中溶氧状况，是保证金鱼安全的一项重要措施，每天应至少观察一次。观察时间因月份而不同，下列时间安排可供参考，见表 14 - 7。

表 14 - 7 黎明前后观察金鱼的时间

1月	2月	3月	4月	5月	6月
8 00	7 00	6 00	6 00	4 00 ~ 5 00	2 30 ~ 3 30
7月	8月	9月	10月	11月	12月
2 30 ~ 3 00	2 30 ~ 3 00	5 00	6 30	7 00	8 00

5. 越冬

金鱼越冬期间，必须保持适当的水温，以便能够安全越冬。我国幅员辽阔，各地温差悬殊。北方地区冬季气温可以降到零下 15 ~ 30℃，应将金鱼移入室内饲养，保持 0℃ 以上水温；河南、湖北等地，冬季气温常降到零下 7 ~ 8℃，在养鱼盆上加盖防寒物，就可在室外越冬，无须移入室内；至于广东、福建等地，冬季温度稳定在零上 5 ~ 10℃ 之间，金鱼完全可在室外越冬，不必采取防寒措施。

在冬季，不论室外还是室内，水温都较其它季节降低，金鱼摄食和活动，都有所下降。因此，可以减少喂食量，换水次数也可以减少。

四、繁殖

金鱼繁殖多在春季，但具体繁殖时间，因地区而有不同。长江以北地区，一般在五六月份，长江以南地区，一二月份或三月间是金鱼的繁殖期。繁殖金鱼通常采用自然繁殖法，即在金鱼繁殖季节，将适当数量的同品种雌、雄亲鱼，放在同一容器中，让它们自然发情、追逐产卵、排精和受精。自然繁殖法的方法步骤如下。

1. 选择亲鱼

(1) 选择亲鱼的条件。理想的亲鱼应具备品种特征明显、体质健壮、形态端正、游泳平稳、色彩鲜艳、变色较快和年龄适当等条件。其中亲鱼最适年龄应是二龄或三龄。这样年龄的金鱼，身体各部分器官及其品种特征都已发育成熟，尤其是生殖器官更加成熟和丰满。这样的金鱼，生殖细胞的数量多、质量高、活力大，受精率和孵化率都高。

(2) 亲鱼的雌雄比例。金鱼的婚配为“一妻多夫制”。在繁殖过程中，雌、雄比例是否恰当，关系到鱼卵受精、孵化、鱼苗成活率的好坏。实际工作证明，金鱼雌、雄比例应该是 1 : 2 或 1 : 3。

(3) 亲鱼雌、雄鉴别。金鱼雌雄鉴别，应从三个方面进行。第一，观察“追星”的有无。繁殖期的雄性鳃盖和胸鳍的第一鳍条，其上皮细胞特别肥厚而角质化，肉眼可见数目众多、白色的坚硬晶状体，闪闪发光，称作追星（图 14 - 3）。雌鱼绝无这种结构。第二，观察体型。雄鱼体较长，腹呈椭圆形，四鳍为棱型且硬；雌鱼体短，四鳍呈椭圆型且软（图 14 - 4）。第三，探摸鱼腹。用手指探摸肛门至腹鳍之间，雄鱼的鳞片排列紧密，腹部中间有一条硬棱；雌鱼则无此硬棱（图 14 - 5）。

(4) 单独饲养。按照上述条件和比例，选择亲鱼，单独进行饲养。

2. 进行繁殖

亲鱼临产时，出现雄鱼追逐雌鱼的现象。最初，雄鱼尾随雌鱼快游一段后离去。以后，追逐现象越来越频繁，每次追逐的时间也越来越长。这表明亲鱼体内生殖腺即将成熟。几天以后，出现雄鱼用头部紧紧顶住雌鱼腹部，追来追去，持久不舍，这是临产的预兆。此时，要迅速放入事先作好的鱼巢。鱼巢的制作方法是将金鱼藻一类水草集成一束，在一端用绳捆好，并在捆扎的一端系一重物，使其沉入水底，作为卵的附着物。

一般来说，在放置鱼巢的第二天，亲鱼就会产卵繁殖。金鱼产卵的高潮时间是清晨 4 时到上午 10 时。在此期间，雌鱼钻游到鱼巢上部产卵，卵粘附在鱼巢上，随后雄鱼排出精液，精液在水中扩散，与卵相遇受精。

受精作用完成后，应及时将带有受精卵的鱼巢取出，放进专为孵化用的鱼盆中进行孵化。鱼巢如不及时取出，受精卵容易被亲鱼吃掉。

3. 仔鱼和幼鱼的饲养

(1) 仔鱼。在水温 15~16℃，受精卵经过 7 天左右孵化成仔鱼。刚孵化出来的仔鱼，用胸鳍上的附属物吸附在鱼巢上，靠吸收自己体内的营养物质生活。此时，不要触动鱼巢，以免损伤仔鱼。

(2) 幼鱼。仔鱼孵出三四天后，消化系统已经发育完全，开始摄取食物，进入幼鱼阶段。

在幼鱼阶段前期，应喂给蛋黄一类的食物。方法是将煮熟的鸡蛋黄，包在纱布中捻碎，然后将纱布团在水面轻轻拍动，使蛋黄颗粒通过纱布空隙落入水中，供幼鱼摄取食用。每天投喂 2 次，每次投喂量以投喂后 1 小时内基本吃完为度。7~10 天以后，幼鱼已能追捕鱼虫，从此应改喂活鱼虫作为幼鱼食料。

仔鱼和幼鱼在孵化盆中要生活 20~30 天。在此期间，除注意投喂饵料外，还要随着幼鱼的逐渐长大，及时进行移盆，降低放养密度。并进行选优去劣，将优良幼鱼另盆饲养。

14.4 家兔饲养

家兔 (*Oryctolagus cuniculus domestica*) 通称“兔”。属哺乳纲、兔形目、兔科。

家兔的祖先是野生穴兔，经过人类长期驯育和选育，形成了今天许多不同的品种。饲养家兔，由于饲料容易寻找，饲养方法简便，再加以家兔性情温顺，形象可爱，历来是中学生喜爱的一项活动。

一、家兔的习性

1. 爱干燥、怕潮湿、喜清洁、厌污秽

野生穴兔身体抵抗力弱，在世世代代生活过程中，形成了爱干怕湿，喜洁厌污的习性。穴兔演变成家兔后，仍然保持着这种习性。因此，在饲养管理上，要为家兔创造干燥清洁的生活环境，兔笼兔舍要经常保持干燥，饲料和饮用水要保持清洁卫生。

2. 胆小怕惊、喜欢安静

家兔胆小，突然惊吵会引起神经紧张和惊恐不安，在笼中乱闯乱撞，有时还会引起食欲减退，正在分娩的母兔也会因突如其来的惊吵而难产，甚至抓死、咬死仔兔。所以在饲养管理中，动作要稳妥轻捷，不能粗暴，周围环境要保持安静，防止陌生人和猫、狗、老鼠、野兽等进入兔舍，尽量避免惊动兔群。

3. 耐寒怕热

家兔被毛浓密，可以抵御严寒。成兔能耐-20 的气温。兔舍在 5 左右就可以进行冬繁。但家兔汗腺不发达，不能以出汗的形式调节体温，所以怕热。成年兔适宜温度为 15~25 ，仔兔为 30~32 。

4. 昼伏夜行

野生穴兔体小力弱，敌害很多，形成了白昼藏身洞穴，夜间外出觅食活动的习性，家兔也是这样。据测定，家兔夜间的采食量，占总日粮的 75% 左右。因此，在饲养管理中，白天除喂食时间外，应尽量让家兔休息和睡眠，晚上要喂给足够的夜草和精料。

5. 喜欢穴居

家兔喜欢打洞穴居，在室内散养时，打洞更加频繁。因此在建筑兔舍时，要注意防止家兔打洞逃走。

6. 同性好斗

成年公兔在一起时，经常发生咬斗，母兔在一起时，也有相互咬斗现象。因此在管理上对成年兔应特别注意。不要将未阉割的公兔成群饲养。

7. 有啮齿行为

家兔的门齿有不断生长和磨牙的特点。在管理上，应在兔笼中或兔舍内、外放置木块、干树枝等物品，任家兔自由啃咬磨牙齿。

二、饲养方式

养兔主要有笼养和圈舍养两种方式。中学开展养兔活动时，可根据活动目的和学校场地条件，从中选择一种。

1. 笼养

笼养是指室内用兔笼养兔。兔笼的种类很多，有单层活动式兔笼、双联

单层式兔笼、单间重叠式兔笼和双联重叠式兔笼等类型（图 14 - 6）。前两种只能饲养少量家兔，后两种则能满足数量较多的饲养活动。

用兔笼养兔，管理方便，照顾周到，兔体也容易保持清洁，但家兔长期囚居笼中，无法活动，势必阻碍生长发育。应该经常将家兔放出笼外运动。

2. 圈舍养

圈舍养是指在室外建造兔舍、并在兔舍四周筑围墙设运动场、使家兔自由出入于兔舍和运动场的饲养方式。建筑兔舍和围

图 14—6 兔笼类型

A. 单层活动式类型；B. 双联单层式兔笼；

C. 单间重叠式兔笼；D. 双联重叠式兔笼

墙时，要用砖石材料，而且墙基应该加深，以防野兽侵袭和家兔挖洞逃走。至于兔舍大小，可根据养兔多少而定。

圈舍养对家兔的生长发育十分有利，也不需要很多人管理，特别是学生可以在接近自然的状况下，对家兔进行观察。但圈舍中家兔数量过多时，常常发生争斗，也容易发生传染病，应注意解决。

三、饲料

家兔以草食为主，一年四季都可以喂食野草、野菜、树叶、嫩枝和块根、块茎等饲料。为了促进兔体的生长发育，还应补充一定的精饲料和矿物质饲料。尤其在种兔繁殖期间，必须增加精饲料的喂给量，以保证种兔和后代身体健壮。

中学开展本项活动，应在植物生长季节，发动学生到野外采集野草、野菜和树叶，作为家兔饲料的主要来源，并晾晒一部分野草贮存起来，作为冬季饲料。

四、繁殖

家兔繁殖包括配种、怀孕和哺乳三个阶段。

1. 配种

繁殖家兔可从以下两种配种方法中选用一种。

(1) 正常交配。正常交配是利用母兔的发情周期，使公、母兔自然交配繁殖。发情周期是指母兔性成熟后，出现发情，然后消失，经过一定时期又发情的周期性变化过程。母兔发情周期为 8~15 天，其中发情持续时间为 3~4 天。发情主要表现为：外阴唇红肿、湿润，举止不安，食欲减退，有的还衔草拔毛作窝。当外阴唇红肿稍紫时，正是发情旺期，容易交配，是配种最好时机。这时将母兔放进公兔笼中，就会进行自然交配。

(2) 强迫交配。母兔虽然全年均可发情，但只有通过公兔交配刺激后才会引起排卵。所以，对不处于发情状态的母兔进行强制配种，也有可能怀孕。强迫交配时，用细绳系住母兔尾巴，以一手将绳沿母兔背部向前拉紧，使尾巴翘起，同时将其颈皮和双耳一起抓住，另一只手伸向体下，将臀部托起，迎合公兔交配。

2. 怀孕

经过交配，母兔进入怀孕期。家兔的怀孕期一般为 30 天。

在母兔怀孕 15 天以后，要分笼单独饲养。不能受到惊吓，日常管理工

作要特别小心,防止流产。在饲料方面,一般前期以青饲料为主,到怀孕 15~20 天,加喂精料,满足胎儿生长的需要,但到临产前 3~5 天,要多喂青饲料,减少精饲料,以免发生便秘和乳腺炎。

产前,要将消过毒的产箱放入兔笼,让母兔熟悉。母兔分娩时,要保持安静,并在笼门挂上黑布,使笼内光线稍暗。母兔产仔约需 20 分钟。分娩后的母兔,由于刚刚吃完胞衣、胎盘和舐干仔兔皮肤,所以异常口渴。应及时喂给事先准备好的淡盐水。否则会造成母兔咬伤仔兔甚至吃掉仔兔的恶果。

3. 哺乳

仔兔出生后,靠吮吸母兔乳汁生长发育。家兔的哺乳期一般为 45 天。为了使母兔多分泌乳汁,除了喂给优质青料和多汁饲料外,还要增加蛋白质含量高的精料和矿物质饲料。

仔兔长到 18 日龄时,要让它们学吃饲料。这时,应该吃一些易消化和营养好的饲料,如豆浆、切碎的青草、青菜叶等。到了 20 日龄,可以喂给少量干饲料,并加喂一些矿物质饲料。从 30 日龄以后,应转变为以饲料为主,母乳为辅,少吃多餐,每天 5~6 次。到了 40~45 日龄,仔兔便开始离乳,完全靠吃饲料生活。这时,要将仔兔从母兔笼转到另外兔笼进行饲养管理。到此,繁殖过程结束。

五、幼兔、青年兔的饲养管理

1. 幼兔

从断奶到 90 日龄的兔叫幼兔。在家兔一生中,幼兔阶段最难养。因为幼兔抵抗力差,容易得病,死亡率高,饲养管理要特别小心。在喂食上要作到少吃多餐,定时定量,饲料要少而精细。夏季要多喂些青嫩野草,按月龄大小,每天每只喂量 250~500 克。精料以麸皮、玉米面和各种豆饼类为主,每天每只喂量 5~10 克。在管理上,要按体型大小分群饲养。每天应运动 2~3 小时。

2. 青年兔

3~6 月龄的兔叫青年兔。这时家兔已开始发情,必须将公、母兔分开饲养。公兔 3 月龄时,作一次严格选择,将生长发育良好的留作种公兔,单笼饲养,其余可去势后群养。青年兔的饲料,以青粗饲料为主,适当补充精料和矿物质饲料。要加强运动,使身体得到充分发育。

家兔到 7 月龄以上时为成兔,成兔除选留做种用兔外,在生产单位,均交售宰杀。

中学生养兔,关于成兔的饲养观察可用种兔进行,去势后的成兔已无继续饲养的必要,如饲料紧张,可淘汰处理。但由于中学生对自己所饲养的家兔,常有特殊感情,因此淘汰工作应在学生自愿的前提下进行。

六、种用兔的饲养管理

1. 种公兔

饲养种公兔,要保证体质健壮和精液品质优良。

种公兔应保持中等以上营养水平,过肥过瘦都会影响配种能力。在饲料上应该多样化,每天需喂精料 6 成,青料 4 成。精料应以偏酸性的谷物饲料为主,适当搭配豆饼类和动物性饲料。青料方面可喂青草、野菜、胡萝卜以及青贮饲料等。此外,每天应补充一定量的矿物质(食盐、骨粉等)。每天

饮水不能少于 3~4 次。

在管理方面，种公兔应单笼饲养，每天运动 1~2 小时。

2. 空怀母兔

饲养空怀母兔，要保证正常发情和具备产仔多的能力。

在饲料方面，应以青绿多汁碱性饲料为主，适当搭配精料。每天需喂青料 8 成，精料 2 成，使其维持中等膘度，具备繁殖体况。绝不能将空怀母兔养得过肥，否则卵巢，输卵管周围会积累大量脂肪，妨碍卵细胞正常发育和排卵，甚至不能发情。当然过于瘦弱也很难发情和受胎。

在管理方面，必须加强空怀母兔的运动和多晒太阳。

七、家兔一般管理技术

1. 捕捉方法

捉兔时，不许用抓双耳的方法捕捉，这样容易造成耳伤，也不许用拎后肢或两手握腰进行捕捉，以免引起肢后脱臼或腰部损伤。正确的作法是用一只手抓住颈部皮肤，将兔拎起，另一只手从背后托起臀部，使家兔体重落在托兔的手上。为了不引起家兔惊恐，捕捉前应从前往后轻轻抚摸家兔的双耳，待其安静后，再进行捕捉。

2. 雌、雄鉴别

开眼后的仔兔，可直接检查其生殖器官鉴别雌、雄。方法是用一只手抓住兔的颈皮，使兔腹部朝上，右手用中指和食指夹住尾巴，再用大拇指轻轻推开生殖器孔，如果生殖器孔呈圆形、下边呈较硬的圆柱体的为公兔；如果生殖器孔呈“ ”字形，下端裂缝延伸至肛门处，则为母兔。

对 3 月龄的青年兔，可用手掰开生殖器孔，如果口部突出、呈圆柱形的为公兔；如果呈尖叶形、裂缝延伸至下方直至肛门的为母兔。至于成年兔，只须观看有无阴囊便可区别雌、雄了。

3. 去势

公兔去势方法主要有以下三种：

(1) 阉割法。将家兔腹部朝上，用绳将四肢分开捆绑在凳上，一只手将睾丸由腹腔挤到阴囊并用手捏紧，再用酒精消毒切口，然后用消毒好的手术刀，将阴囊切一小口，用手挤出睾丸，再用刀切断精索，摘除睾丸，最后用碘酒涂抹切口处。

(2) 结扎法。按照上法将睾丸捏住固定后，用粗线从阴囊外面将睾丸扎紧，使血液不通，数日后睾丸即萎缩脱落。

(3) 注射药剂法。将 10 克氯化钙溶于 100 毫升蒸馏水中，再加入 1 毫升福尔马林，摇匀过滤后，对公兔睾丸注射。每个睾丸注射 1~2 毫升。注射后睾丸开始肿胀，3~5 天后自然消肿，7~10 天后，睾丸开始萎缩而丧失性欲。

14.5 活动方案举例

一、保幼激素对提高蚕茧产量的影响

在昆虫体内，保幼激素的主要作用是抑制成虫特征出现，而保持幼虫的特征。在蚕的一定龄期，人工向蚕体或桑叶上喷洒一定量的保幼激素，可以延长幼虫期，使幼虫体型增大，结茧量增加。但究竟在哪一龄期使用保幼激素才能获得最大结茧量，需要通过试验才能得出结论。

(1)活动目的。使学生学习用保幼激素提高蚕茧产量的试验方法。并据此提出提高蚕茧产量的最佳方案。

(2)活动设计。在蚕的各个龄期，用微量保幼激素类似物喷洒到蚕体上，使激素渗入蚕体发生作用。具体设计如下：

- 1 组 在一龄中期 喷洒保幼激素类似物
- 2 组 在二龄中期 喷洒保幼激素类似物
- 3 组 在三龄中期 喷洒保幼激素类似物
- 4 组 在四龄中期 喷洒保幼激素类似物
- 5 组 在五龄中期 喷洒保幼激素类似物
- 6 组 对照

在保幼激素类似物的浓度方面，按表 14 - 8 所列浓度进行

表 14 - 8 保幼激素类似物的使用浓度

保幼激素类似物名称	使用浓度 (ppm)
3 号	12.5
738	10
2 号	4
515	6.5
619	5

试验。

(3)活动内容

根据蚕的饲养要求，进行养蚕的全过程(从催青、收蚁至上簇结茧)。按照实验设计，对各龄蚕体喷洒一定种类和一定浓度的保幼激素类似物。

观察记载各试验组蚕体的生长情况、体型大小、上簇状况、结茧时间、蚕茧大小和重量以及有无特殊行为。

(4)注意事项。各试验组和对照组的饲养管理条件，应彼此一样，1 - 5 组所使用的保幼激素类似物的种类、浓度应完全相同。

(杨 悦)

二、土鳖虫的饲养

土鳖虫实际上是由地鳖、冀地鳖及东方后片蠊三种雌虫加工而成的一种常用中药。地鳖属鳖蠊科昆虫，雌雄异形，雄虫有翅、雌虫无翅。现以地鳖为例说明它的生物学特性。地鳖雄虫灰褐色，体长 28 ~ 30 毫米，前胸背板前缘着生许多细毛，后 2/3 部位有一大黑斑，有翅，翅上有小黑斑。腹部呈卵圆形，尾须短小。雌虫呈黑褐色，体长 22 ~ 26 毫米，形状似鳖，故而得名。

前胸背板表面着生细毛，无斑，色泽一致。无翅，背面裸露，所以地鳖雌雄异形，容易识别。

地鳖分布较广，辽宁、甘肃、北京、山西、江苏、浙江、四川等地均有分布。成虫白天隐藏于泥土中，夜晚爬出，地面活动，行动迟钝。地鳖虫喜欢生活在阴暗潮湿的柴草堆下或墙脚松土中，夏、秋季繁殖力最强。冬末与早春为冬眠期，每年6~9月为产卵期，最适孵化温度为30~30℃，经过8~10次脱壳方长大为成虫。

1. 活动目的

地鳖的药用价值较高，它有破血祛淤、续筋接骨的功效。通过对地鳖的饲养，培养中学生观察、饲养药用动物的兴趣。

2. 活动设计

小规模饲养地鳖虫，可取一只大口瓮埋入土中作饲养池用。瓮壁光滑坚固，只要将口盖好地鳖虫无法逃掉。

大规模饲养是在室内挖一个方形饲养池，池深为1米，四周砌砖墙，用水泥涂一下，使四壁严实。砖墙要高出地面0.5米。上面用木棍搭好（最好是木板），用合土封严，中间留一洞口，两角上留1~2个气孔。

饲养地点应选择在阴暗潮湿的地方。

3. 活动开展方法步骤

饲养瓮或饲养池中的泥土，要选用菜园中含腐植质较多的松泥土揉碎过筛，湿度要求手捏不成团，但有湿润感为宜。每平方米内放大虫约250克，小虫约50~100克。

春季转暖，地鳖虫开始活动时，就可以喂食。主要饲料有米糠、麦麸、碎豆饼等。夏季要喂些辅助饲料，如南瓜瓢、青菜叶等多汁饲料。晚上地鳖虫出来活动时，将食物均匀撒在松土表面，每隔2~3天喂一次。隔一定时期，池内要过筛一次，将产完卵的雌成虫（瘪肚）提出以便加工成药；同时要拣出卵、幼虫和成虫分别饲养。

松土夏天浅些，冬天要深一些，保持一定的湿度。气温超过35℃时，应注意通风换气，当气温降至10℃以下时，虫子就潜伏土下，进入冬眠，严冬时池面加一层稻草以保温。

地鳖虫的加工较简便，用开水将虫烫死，用竹篮子捞出放清水洗干净，晒干或烘干即可入药。

4. 注意事项

在霉雨季节，由于气温高，湿度大，池内容易发生霉菌和螨类，使地鳖虫患病而死亡。一旦发现病虫后应清除，并将旧土换上新土。

（张益清）

本章思考题

1. 说明温度、湿度和光线等环境条件对蚕生长发育的影响。
2. 为什么不同品种、不同季节和成熟度不同的桑叶对蚕有着不同的影响？
3. 说明小蚕期和大蚕期的饲养管理特点。
4. 蜜蜂的群体生活表现在哪些方面？详细说明。
5. 说明蜂群的一般管理方法，并分析各项管理方法与蜜蜂生活习性的关系。

6. 说明金鱼的各种习性。
7. 说明金鱼饲养管理的方法。
8. 金鱼的自然繁殖法是如何进行的？
9. 根据家兔的各种习性，在饲养管理上应注意哪些问题？
10. 家兔有哪几种饲养方式？各有何优缺点？
11. 从配种、怀孕和哺乳三个方面说明如何繁殖家兔。
12. 幼兔、青年兔、种公兔和空怀母兔在饲养管理上各有何特点？

本章作业

到有小动物饲养的中学进行参观访问。根据中学生特点，分析该中学的小动物饲养活动有哪些优点和不足。

本章参考书目

1. 浙江农业大学蚕桑系 1976 《桑树栽培与养蚕技术》 农业出版社
2. 江西省养蜂研究所主编 1975 《养蜂手册》 农业出版社
3. 袁永江 1983 《金鱼》 中国建筑工业出版社
4. 陈桢 1959 《金鱼的家化与变异》 科学出版社
5. 韩俊彦等 1986 《养兔技术》 辽宁科学技术出版社

(杨 悦)

第十五章 农田生态系统调查

导 言

农田生态系统是农作物与其周围环境间物质循环和能量流动的综合体系，它是靠人类培育扶植的一种人工生态系统，与其周围的森林、草原、陆地、水域和海洋等自然生态系统有着极其密切的联系。

研究农田生态系统的目的，就是要在了解它的组成结构和功能的基础上，遵循生态学和经济学原理，运用现代科学技术和系统工程方法，使它向着高效、稳定的生态农业方向发展。

中学生参加农田生态系统的调查，可以在掌握农田生态系统调查方法的同时，了解当前农田生态系统的缺陷和未来生态农业的优越性，为将来投身本地区生态农业的建设工作打下基础。

本章包括农田生态系统的组成结构和功能、改善农田生态系统的途径、农田生态系统的调查方法和活动方案举例四节。此外本章还附录昆虫饲养器具和雏鸟扎颈法两部分内容。

15.1 农田生态系统的组成、结构和功能

一、组成成分

农田生态系统的组成成分可分为生物与非生物环境两部分。

1. 各种生物

包括各种农作物、杂草、环节动物、软体动物、昆虫、两栖类、爬行类、鸟类、小型兽类和微生物等类群。从各种生物在生态系统中的作用来说，可分为生产者、消费者和还原者三类。

(1)生产者。主要为各种农作物和杂草，它们在农田生态系统中的功能是进行初级生产，即进行光合作用。太阳光能只有通过生产者，才能源源不断地输入生态系统。所以生产者是消费者和还原者的唯一能量来源。

在各种生产者当中，杂草的作用比较复杂。杂草与作物争夺光线、肥料、水分及空间，具有明显的消极作用，从这一角度来说，应该将杂草彻底铲除。但杂草也有积极作用，如田边杂草，既是害虫的隐蔽所，也是各种害虫天敌的栖息地。而且农田中的害虫种类并不多，只是由于作物所提供的优越条件，使得害虫个体数量众多罢了，就种类而论，天敌多于害虫。因此有人主张，应在田边留些杂草，田埂改三面光为一面光或两面光，以利害虫天敌的栖息，有助于抑制害虫。

(2)消费者。属于异养生物，主要由动物组成，它们直接或间接从生产者得到能量。农田生态系统中的消费者根据其食性不同，可分为草食动物、肉食动物、杂食类和寄生者四类。

草食动物又称一级消费者，主要为各种植食性昆虫，即农田害虫。对于各种农田害虫的作用，需要具体分析。大量研究结果表明，农田中需要进行防治的害虫种类并不多，大多数害虫，由于天敌的存在，并不会构成虫灾。恰恰相反，它们的存在，倒能吸引各种天敌终年留在农田中，使天敌能及时发挥作用。因此，不少人认为，对害虫“除早、除小、除了”的提法是片面

的。农田生态系统中的草食动物还有软体动物、鼠类和食谷鸟类。其中鼠类数量有日益增长的趋势。

肉食动物主要为肉食性昆虫、蜘蛛类、两栖类、爬行类和鼯鼠、黄鼬等小型兽类。肉食性昆虫、两栖类、鼯鼠等以植食性昆虫为食，称二级消费者或一级肉食者。蛇以两栖类为食，称三级消费者或二级肉食者。

杂食者主要有蚂蚁等。

寄生者是一类特殊的消费者。主要为各种寄生真菌，它们造成各种作物病害。

(3)还原者。又称分解者。属于异养生物，主要是土壤表层和土壤内的各种微生物（腐生细菌、放线菌和霉菌），也包括蚯蚓等低等动物。它们将复杂的动植物有机残体分解为简单化合物，最终分解为无机物质，归还到环境中。

2. 非生物环境

分为自然环境和人工环境两方面。

(1)自然环境。主要指阳光、温度、水分、大气和土壤等各种自然环境因子。农田生态系统中的这些因子，已程度不同的受到了人类影响，其中尤以土壤受到的影响最大。

(2)人工环境。主要指水库、人工防护林带、温室等人工创造的环境。这些人工环境的存在，对自然生态因子发生着各种影响。

二、结构

农田生态系统的结构，主要有空间结构、时间结构和营养结构三种结构形式。

1. 空间结构

是指生态系统中各个组成成分的空间配置。空间结构表现在水平结构和垂直结构两个方面。

(1)水平结构

农田生态系统的各种生物成分，常表现出不同的水平分布。

各种杂草常因同一农田中生态因子分布的不均匀，而呈现不同的水平分布，如低洼湿地多生长喜湿种类，高地干旱处多生长耐旱的种类；农田边缘多生长喜光种类，农田中间地段多生长耐荫种类等。

动物中的各种昆虫，由于习性等原因，在农田中常呈现随机或聚集分布，以致出现了不同的水平分布格局。

农田生态系统中的其它生物，有不少种类存在着不同水平分布的情况。至于作物，在只种植一种作物的农田生态系统中，水平分布是均匀的。

上述各种生物的不同水平分布，汇总在一起，就形成了农田生态系统的水平结构。

(2)垂直结构

是指各种生物成分在生态系统中的不同垂直分布。其中，作物在地上生长最高，根系入土最深。由于一般农田只种植一种作物，所以农作物通常只有一个层次，只有在不除草的情况下，才会出现作物和杂草两个层次。系统中的各种昆虫，依其生态习性分布于作物、杂草植株的不同部位上，微生物则分布于土壤中作物根系附近。

在农田生态系统中，空间结构反映各种生物成分在空间上的相互关系，

同时也反映每个种所处的空间位置。

2. 时间结构

随着季节变化而种植不同作物形成的结构，称为时间结构。在农田生态系统中时间结构反映各个种在时间上的相互关系，同时也反映每个种所占的时间位置。

3. 营养结构

又称食物链结构。各种作物和杂草是生产者，在食物链上处于第一营养级；植食性昆虫以作物、杂草为食，处于第二营养级；肉食性昆虫和两栖类以植食性昆虫为食，处于第三营养级；如果有蛇存在蛇捕食两栖类，处于第四营养级。再如鼠类以作物为食，处于第二营养级，而鼬以鼠类为食，处于第三营养级。这样，各种生物以营养为纽带，形成若干条链状营养结构，并进而形成食物网的网状营养结构。在农田生态系统中，营养结构反映各种生物在营养上的相互关系，同时也反映每一种生物所占的营养位置。

三、基本功能

1. 物质循环

农田生态系统的农作物和杂草将无机物合成为有机物，用以构成自己的组织器官。在作物和杂草生长发育期间，受到草食性昆虫、蜗牛、鼠类和食谷鸟类的损害，这些草食动物将摄取来的有机物，建造自己的躯体。在草食动物取食作物、杂草的同时，肉食动物如两栖类、爬行类（蜥蜴）和肉食性昆虫，又捕食草食性昆虫，黄鼬等也捕食鼠类，这些肉食动物也将摄取来的有机物，建造自己的躯体（两栖类和蜥蜴还捕食少量肉食性昆虫）。这样由作物和杂草所形成的部分有机物，便一级一级地逐级传递着。

在作物收割后，作物所积累的大部分有机物作为人类食物和牲畜饲料，而人、畜的排泄物又回到田间。一部分秸秆被用作厩肥或堆肥，最后也归还到田间土壤中。另一部分秸秆被用作燃料燃烧，其气体元素进入大气，固体元素也回到土壤。留在田间的作物根、茎、残枝落叶、杂草植株、各种消费者的遗体、以及施入田间的厩肥、堆肥和粪尿等有机物，在土壤中被微生物分解成氨、硝酸盐及其它无机物，再供作物和杂草吸收利用。

2. 能量流动

作物和杂草通过光合作用，将太阳能转变成化学能，蓄积于有机物中。在作物、杂草生长发育过程中，已有部分能量用于自身的代谢活动，并随着有机物的逐级转移，又有部分能量被消费者消耗。在作物成熟以后，大部分作物的有机物通过收获从田间移走。贮存于粮食中的能量为人畜消耗，贮存于茎叶中的能量，一部分通过燃料燃烧而散失，一部分通过肥料施肥又进入田间土壤，并在土壤微生物的代谢过程中被消耗。至于收获后留在田间的作物茎基、根系中的能量，也同样为微生物的代谢所消耗。

3. 信息流动

农田生态系统中的各种生物之间，通过产生和接收形、声、色、香、味、磁、电等信号，以气、水、土转换或传递，形成生物间互相联系的信息网。例如，性成熟的昆虫分泌性外激素，能诱使几十米、几公里、甚至几十公里外的异性个体前来交尾。

4. 价值流动

农田生态系统的价值流动是指农业生产投入的生产资料、劳动力等价

值，通过生产过程，最后变成产品的价值。这种价值随生产的进行而流动。人们要知道农田生态系统的经济效益，就必须计算其中各个生产过程的价值流动。例如，对作物施肥，是施以有机肥还是化肥？作物收获后，其秸秆是用于燃烧还是用于制取沼气？这当中，由于采取的措施不同，价值流动也随着发生改变。

四、农田生态系统的特点

同各种自然生态系统相比，农田生态系统具有以下两个特点

1. 自动调节能力差

一个生态系统，它的生物种类越多，结构越复杂，系统的自动调节能力就越大，稳定性就越强。在各种自然生态系统中，生物种类繁多，空间结构和营养结构复杂，系统的自动调节能力很强，当环境条件发生变化时，能通过系统的自动调节，使整个生态系统迅速得到稳定。而农田生态系统，由于人的控制与支配，组成与结构都很简单，系统的自动调节能力很差，抵御自然灾害的能力很弱，必须在人工精细管理下，才能保持高额稳定的产量，一旦离开人的管理，系统立即严重退化而崩溃。

2. 缺乏自我完善能力

自然生态系统虽然不完全封闭但却能自然完善，从这点来说，可称为自我施肥系统。农田生态系统须施入肥料，并将生产量拿出系统之外，它不能自我完善，是一种开放型生态系统。因而农田生态类型是需要不断附加补充物质和能量，才能维持系统的平衡。

15.2 改善农田生态系统的途径

农田生态系统是一类组成结构简单、缺乏自动调节能力和自我完善能力的人工生态系统。这类生态系统，不仅稳定性差，而且价值流动也不合理，必须遵循生态学和经济学原理，进行改善和提高。改善农田生态系统的途径主要有以下几个方面。

一、山川农田综合治理

农田生态系统与其周围各类自然生态系统有着极其密切的联系。各类自然生态系统为农田生态系统的存在和发展提供必要的自然条件。尤其是森林生态系统，在调节气候、涵养水源、保持水土、防风固沙等方面，发挥着巨大作用，对农田生态系统的影响最大。因此，要使农田生产系统高效、稳定，就必须保护各种自然生态系统，特别是森林生态系统，使它们免遭破坏，正常发展。这就是说，改善农田生态系统时，不能只考虑农田本身，必须山川农田综合治理。这就是很多生态学家提出的“大农业”观点。正如人们常说的那样：没有山青水秀，就没有鸟语花香；没有山青水秀、鸟语花香，就不会有五谷丰登和六畜兴旺。

二、增加结构的复杂性

增加农田生态系统结构的复杂性，是提高系统稳定性的重要途径。要作到这一点，需要充分利用空间结构和物种的共生关系。

利用空间结构，主要是根据自然资源的立体性，开展农田的立体种植，以增加光线、温度、水分和肥料资源的垂直利用厚度。

例如，玉米间作大豆[Glycine max (L.) Merr.]或花生(Arachis hypogaea L.)，是垂直利用自然资源的成功作法。玉米为C₄植物，茎秆高，叶片大，根系发达，喜欢强光照；大豆和花生是C₃植物，茎秆矮，叶片小，根系浅，不需要太强的光照。它们进行间作，既加大了土壤耕作层和地上空间的利用厚度，而且还促进了农田的通风透光。此外，大豆、花生的根系具有固氮能力，能增加土壤肥力。这一切，都能导致稳产、高产。

橡胶园的立体种植，其垂直利用自然资源的程度，比玉米、大豆间作的效果要大得多。橡胶园的最上层是大乔木橡胶树，第二层是小乔木肉桂(Cinnamomum cassia Presl.)和大型灌木罗肤木，第三层是中型灌木茶树(Camellia sinensis O. Ktze.)，最下层是草本植物砂仁。在这种立体多层种植中，各层植物不但不会互相干扰，反而互相促进生长发育。这是因为橡胶树、肉桂、罗肤木、茶树和砂仁等物种间存在着互利互惠的共生关系。具体来说，橡胶树的遮荫，为肉桂、罗肤木创造了适宜的光照条件，也减轻了春旱对茶树的不良影响。而肉桂、罗肤木、茶树和砂仁的蓄热，可以减轻橡胶树的寒害。橡胶树和其它树种所造成的林下弱光条件，又为阴生植物砂仁的生长发育提供了理想条件。正由于上述各物种的互利互惠，结果橡胶增产一成，茶叶增产几成到一倍，还收获了大量药材。

利用空间结构开展农田立体种植，更重要的收益是增加了农田生态系统的结构复杂性。因为作物种类和垂直层次的增多，必然为更多的动物和微生物创造了适宜的生存条件。整个系统中生产者，消费者和还原者种类的增多，就使得空间结构和营养结构日趋复杂，自动调节能力(抗御不良环境条件的

能力)不断增强,系统的稳定性就会不断提高。

三、建立合理的农田综合体系

农田生态系统的稳定,不仅来自自身内部的结构复杂性,而且也来自与外部其它人工生态系统的协同发展,这就是建立农田综合体系。

农田综合体系是将粮食生产与林业、牧业、渔业、副业结合起来,共同发展的体系,这一体系进一步增加了农田生态系统的稳定和高效。

例如,广东顺德县的“桑基鱼塘”,就是农田综合体系的典型例证。“桑基鱼塘”的基本作法是将部分低洼稻田挖深作塘,塘内养鱼,提高加宽塘基,种桑养蚕,蚕粪蚕蛹养鱼,鱼粪肥塘,塘泥肥田、肥桑,达到了稻、鱼、桑三丰收。我国其它地区发展的“稻基鱼塘”、“蔗基鱼塘”、“菜、鱼、猪”、“粮、鱼、猪”或“粮、畜”等等作法,都是合理的农田综合体系,都起到了促进农田生态系统稳定发展的作用。

四、使生物物质和能量多级利用

在农田生态系统中,人们利用的农作物生物物质,一般仅占20~30%。70~80%的生物物质,如秸秆、糠麸、饼等,含有大量的营养物质和能量,往往被作为肥料和燃料用掉。如果使生物物质多级利用,就能大幅度提高生物物质的利用效率。

多级利用生物物质的方式很多,例如,秸秆还田是人们长期以来用作保持土壤有机质的有效措施,但秸秆不经过处理直接返回土壤,须经过长时期的发酵分解,方能发挥肥效。如果将秸秆经过糖化过程,就能成为家畜喜欢的饲料,而家畜的排泄物及残渣,可再用以培养食用菌。生产食用菌以后的残菌床,又可以用来繁殖蚯蚓,最后再将繁殖蚯蚓后的杂屑残物返回农田。虽然最终还田的秸秆有机物的肥效有所下降,但增加了饲养家畜、生产食用菌和蚯蚓的直接经济效益,显著提高了生物物质和能量的利用率。

生物物质和能量的多级利用,使得农田生态系统中的价值流动更加合理。

15.3 农田生态系统的调查方法

农田生态系统是一种多要素、多变量的综合系统，它的物质循环和能量流动都很复杂。中学生调查农田生态系统可不调查物质循环和能量流动，而着重调查它的组成和结构。

一、生物组成成分的调查

1. 调查用具用品

农田生态系统的组成成分，既有绿色植物，又有动物和微生物，是一项综合性的调查采集活动，需要多方面的用具用品。因此，在调查前应准备好有关植物、无脊椎动物、脊椎动物的采集和标本制作的用具用品，还应准备土壤微生物培养方面的用具用品。

2. 调查方法

(1)调查绿色植物。调查时，不仅要调查作物和杂草的全部种类，水稻田还应调查水中的藻类植物。对于所调查的作物、各种杂草和藻类植物，均应进行标本采集，并在返回学校后制成浸制和腊叶标本，用于分类鉴定和资料保存。

(2)调查昆虫和其它无脊椎动物。昆虫是农田生态系统中生物组成中种类最多的一类，是生物组成成分调查的重点。调查昆虫，可用机械抽样的方法进行。机械抽样法的操作方式很多，常用的有大五点式、棋盘式、对角线式、平行线式、“Z”字形等。可根据所调查农田的大小、形状和人力情况，从中选择一种方式进行调查。

在调查过程中，对所遇到的全部昆虫种类，均应进行采集，并制成浸制或展翅标本。供种类鉴定和资料保存之用。对于地下昆虫，如条件允许，也应在样点上进行采集。

对于其它无脊椎动物，如蜘蛛类、软体动物和环节动物，可参照昆虫调查方法，进行种类调查和标本采集。

(3)调查脊椎动物。农田生态系统中的各种脊椎动物，个体数目不多，可根据它们的活动特点，在整个农田中进行调查。

农田中的两栖类，大多在夜间或清早、傍晚活动，白昼多藏匿在农田附近的草丛或天然坑穴中，如果白昼调查，可到其藏身地寻找。关于各种农田鼠类，都是昼伏夜出，白昼极少见到它们的踪影。可寻找它们的洞穴，然后根据洞口的特点判断其中的种类，或者对洞穴进行挖掘，捕捉其中的个体。农田鼠类洞穴营造的场所多集中在田埂、水渠两旁、撂荒地、坟地、荒草坡、道旁、路径的石板下、池塘旁的杂草中，梯田旁、由石块砌成的石基内等处。

(4)调查作物病害。应该调查作物和杂草上的各种病害，并采集病株，制成标本，以便进一步鉴定其病原生物的种类。

(5)调查土壤微生物。调查中，可从土壤中根系附近采集土样，回到学校后，按照微生物培养、分离方法，分别配制营养琼脂培养基、高氏一号培养基和豆汁葡萄糖培养基，用连续稀释分离法或平板划线法，进行分离培养，待培养基出现菌落后，再进行微生物的种类鉴定工作（具体操作方法见本书第九章第六节）。

3. 调查后的总结

(1)根据采集的各种动植物标本和培养的各种微生物菌落，鉴定每种生

物的名称、所采集的动植物标本应妥善保存，微生物菌落可进行绘图或照相，然后废弃。

(2)将所调查的各种生物成分，按生产者、消费者、还原者三类进行归类，并分析它们之间的相互关系。

二、空间结构调查

本项调查应在生物组成成分调查的基础上进行。

1. 调查内容

(1) 水平结构调查

杂草水平分布。如果所调查农田面积不大，可在整个系统内观察各种杂草水平分布状况。调查时，应特别注意不同光照、不同土壤湿度的地段，其杂草种类的区别。水稻田中，其田埂和田间的杂草种类常显著不同，应注意观察。至于农作物，由于人类栽培管理，在农田中均匀分布，一般不须调查记载。

昆虫水平分布。调查时，可在农田中划出一块较大面积，对其中每1平方米或每1株作物，统一进行编号，逐一检查记载每1平方米内或每株作物上的昆虫种类。然后依照原有位置在坐标纸上标明，绘制出各种昆虫田间实际分布图，用以确定各种昆虫的水平分布状况。

在进行上述昆虫调查时，应同时结合进行其它无脊椎动物的调查。

脊椎动物水平分布。对于鼠类、鼯鼠和蜥蜴类等动物，由于经常在自己的洞穴附近活动可调查其洞穴分布位置，来确定水平分布状况。至于两栖类和黄鼯等动物，其水平分布通常没有一定规律。

(2) 垂直结构调查

无脊椎动物的垂直分布。不同的无脊椎动物，在同一作物或杂草植株上的垂直分布常不相同，有的在根部，有的在茎内，有的分布于下部老叶，有的则聚集在茎尖及其附近的嫩叶上。应仔细观察记载。

作物病害的垂直分布。各种作物病害大多分布在植株地上部分，但位置常有不同，应注意观察记载。

脊椎动物的垂直分布。要注意哪些种类分布在地上，哪些种类分布于地下。

关于作物、杂草和土壤微生物各自的垂直分布，一般都不明显，调查时可不作为重点观察内容。

2. 分析和总结

农田生态系统中各种生物的水平分布和垂直分布，都具有一定的规律性。应将调查结果，从习性、食性与环境条件的相互关系上进行分析，找出农田生态系统空间结构的规律。

三、营养结构调查

1. 调查用具用品

(1)田间观察采集用具用品。放大镜、采集笼、标签、记录本、铅笔等。

(2)脊椎动物食性调查用具用品。采集网、鸟网、铁锹、广口瓶、镊子、解剖刀、解剖镜、福尔马林液等。

(3)昆虫幼虫饲养用具用品。昆虫饲养箱、饲养笼、饲养罩、地下昆虫饲养器等。

2. 调查方法

对不同动物种类，可分别采用以下三种不同的调查方法。

(1)在调查现场观察。主要用于各种植食性昆虫、软体动物等，对这类动物可在农田中直接观察它们的取食对象和取食方式。观察时应有耐心。

(2)在实验室进行饲养观察。主要用于各种肉食性昆虫、蜘蛛以及地下昆虫。将这类动物分别与它们可能取食的动植物合养在一起，观察其取食对象。对于寄生性昆虫，可采集鳞翅目昆虫的幼虫，在实验室进行饲养，观察由幼虫体内孵化出的寄生性昆虫的种类（关于饲养器具和饲养观察方法，见本章附录一）。

(3)进行食性调查。主要用于各种脊椎动物。其中，对两栖类和爬行类，可用挤胃方法确定其取食种类，对食谷鸟类和小型兽类可用雏鸟扎颈和剖胃的方法了解其食性（两栖类和爬行类挤胃方法见本书第七章第一节，雏鸟扎颈法见本章附录二）。

3. 分析总结

(1)根据所调查各种动物的营养方式，按草食动物、肉食动物、杂食动物的类别，分别进行归类，并进一步将各种肉食动物细分为一级肉食者和二级肉食者。

(2)编制农田生态系统的食物链，并将各条食物连接成食物网，以展示营养结构的具体内容。

15.4 活动方案举例

小麦田生态系统营养结构调查

一、活动目的

了解小麦田生态系统的食物链和食物网的组成。

二、活动设计

1. 进行时间

在小麦抽穗开花期进行，此时正是麦田动物种类和个体数量最多的时候。

2. 活动内容

(1) 观察麦田中各种动物的取食对象。

(2) 总结小麦田生态系统中的食物链和食物网的具体组成。

(3) 分析本生态系统营养结构的缺陷，提出改善意见。

三、活动方法步骤

1. 麦田观察和采集

(1) 在小麦和麦田杂草上观察植食性昆虫和其它无脊椎动物的种类及其取食对象。这方面应着重观察的有各种吸浆虫、麦蚜、叶蜂、粘虫、秆蝇和红蜘蛛等。

(2) 观察肉食性昆虫和蜘蛛的种类及其捕食对象。应着重观察的有瓢虫、草蛉、狼蛛和草蛛等。

(3) 采集各种脊椎动物个体，在现场用挤胃、剖胃和雏鸟扎颈等方法，获取它们所吃的食物，用于返校后进行食性鉴定，这方面应着重采集的种类有各种蛙类、蟾蜍、蜥蜴、麻雀和鼠类，如有可能，也应采集鼯鼠。为了保护有益动物，对两栖类、爬行类和鼯鼠，应尽量用挤胃法获取食物成分，并及时释放。

(4) 采集地下昆虫和地上鳞翅目昆虫幼虫，用于返校后饲养观察。这方面应着重采集的种类有蝼蛄、蛴螬、金针虫和粘虫幼虫等。

2. 室内观察

(1) 将田间采集的各种胃中食物和雏鸟口中食物，进行种类鉴定，以确定各种麦田脊椎动物取食对象。

(2) 饲养地下昆虫，观察和确定其取食对象。

(3) 饲养鳞翅目昆虫幼虫，观察从幼虫体内孵化出来的寄生天敌的种类。

3. 总结和分析

(1) 根据所观察的各种动物的取食对象，编制小麦田生态系统的食物链和食物网。

(2) 分析麦田生态系统的食物链和食物网，提出改善本系统营养结构的意见。应着重在增加物种数目、促使小麦田生态系统的结构复杂化方面提出看法。

本章思考题

1. 说明农田生态系统的组成、结构和功能。与自然生态系统相比，农田

生态系统存在着哪些缺陷？

2. 根据农田生态系统的缺陷，说明应如何进行改善？
3. 如何对农田生态系统的组成与结构进行调查？

本章作业

对农田生态系统进行一次调查，了解其组成与结构，并与自然生态系统进行对比，提出改善结构和功能的措施。

本章参考书目

1. 曲仲湘等 1983 《植物生态学》 高等教育出版社
2. 祝延成等 1988 《植物生态学》 高等教育出版社
3. 东北林学院 1981 《森林生态学》 中国林业出版社
4. 窦伯菊等 1983 《生态学与人类生活》 内蒙古人民出版社

(杨 悦)

附录一 昆虫饲养器具

一、昆虫饲养箱（图 15-1）

主要由木材、窗纱和玻璃制成，其大小、规格可根据需要而定。但要具备调节温度、湿度、光照、通风等条件，以使所饲养的昆虫和植物能基本正常生活。饲养箱的四框均为木质，上下和后背均镶以木板，一侧有可开关的木板门，用于取放昆虫、植物、饲养用具、添加饲料和清洁卫生。在木板门的中上方装有玻璃及窗纱的双层小门，用来调节箱内温度。另一侧镶有木板，木板中间有 1 个小木门，用于取放善于飞跳的昆虫。

在箱的前面装有可上下抽拉的玻璃。箱的下面配有内镶硬质塑料板的抽屉，抽屉中装土种草，供昆虫栖息。整个饲养箱的四周做成双层，两隔层间留有 5~10 厘米空隙，中间填充锯末形成保温层。箱内安装电灯和排气扇。电灯既可用于补充照明，又可在低温季节增加箱内的温度。当打开 1 只 25 瓦灯泡时，可使箱内温度保持在 25~30 之间，昆虫饲养箱可用来饲养观察各种植食性、肉食性昆虫和其它小型无脊椎动物。

二、饲养笼（图 15-2）

用木材和窗纱制作。用木材作框，四周用窗纱作壁，顶上用窗纱，下面用木板作底，一面装有一扇小门。使用时，将寄主植物浸泡在玻璃瓶中，同时放入昆虫即可观察。饲养笼用途与昆虫饲养箱相同，但不能在低温季节使用。

三、饲养罩（图 15-3）

在花盆中种植植物或在广口瓶、罐头瓶内盛放清水、插放植物，然后在花盆或瓶上套放玻璃罩，再放进昆虫或其它无脊椎动物进行饲养观察。

饲养罩的用途与饲养笼相同。

四、地下昆虫饲养器（图 15-4）

用铁皮作框架。两侧装上 16 目的铜纱（铜纱事先应涂上防锈剂），前后两面安装玻璃，下面安装铁皮或硬塑料，上面敞开，

使用时在饲养器中装入土壤，种植所需的植物。然后将地下昆虫放入土壤中的植物根系附近。观察时可通过玻璃观察土中昆虫的取食，不观察时可用黑纸将玻璃遮盖。

饲养器一般高 30~50 厘米，宽 20~30 厘米，厚 3~5 厘米。

附录二 雏鸟扎颈法

当雏鸟孵出后的第四五天，在巢中用毛线将雏鸟的颈部扎住，其松紧程度以雏鸟不能将食物吞下又不致勒死雏鸟为度。扎好毛线后，在鸟巢附近隐蔽观察，当亲鸟飞回喂食又飞走捕食时，再回到巢旁，用镊子将雏鸟口中食物以及落入巢内的食物取出，装入广口瓶内，然后解开毛线结，另喂食物。

将装有食物的广口瓶带回学校，鉴定食物的种类名称。

(杨 悦)

第十六章 环境污染调查

导 言

环境污染包括大气污染、水体污染、土壤污染、噪声污染及热污染等方面，其中以大气污染和水体污染的危害最大，是环境污染调查的主要内容。

中学生进行环境污染调查，除了污染物的定性定量检测，因缺少必要的仪器和药剂，大多数学校难以进行以外，其它检测项目诸如调查污染源、估算污染物的排放量、测定污染物的物理性质、利用监测植物进行监测、测定粉尘量、以及检验细菌数量等，一般均有条件进行。

本章共分三节，前两节分别介绍大气、水体的主要污染物的危害及其调查方法，第三节为活动方案举例。

16.1 大气污染及其调查方法

一、大气中的主要污染物

随着现代化工业的发展，工厂和矿山向大气中排放有毒物质的种类越来越多，数量越来越大。目前已引起注意的大气污染物已有 100 多种，每年排入大气中数量高达 6 亿多吨。其中影响范围广、威胁大的种类有粉尘、二氧化硫、氟、氯、一氧化碳、二氧化氮以及汞、镉、铬、砷、锰、硒等。大气污染就是指这些有毒气体进入大气后，其数量超过了大气的自净能力，因而对环境、生物和人体造成严重危害。

各种大气污染物按其属性，大致可归纳为以下几类：

(1)氧化型：能引起氧化危害的物质，如臭氧、二氧化氮、氯、过氧乙酰硝酸酯等。

(2)还原型：能引起还原危害的物质，如二氧化硫、硫化氢、一氧化碳等。

(3)碱性型：能引起碱性危害的物质，如氨等。

(4)粉尘：包括降尘和飘尘两类。前者粒径在 10 微米以上，后者在 10 微米以下。

(5)光化学烟雾：为一种次生污染物。它是由汽车和工厂排出的氮氧化物和碳氢化合物，经太阳紫外线照射，而产生的一种毒性很大的蓝色烟雾。主要成分有臭氧、醛类、过氧乙酰硝酸酯（PAN）、烷基硝酸盐等，其中臭氧占 90%。

二、大气污染对植物的危害

在各种大气污染物中，研究比较多的是二氧化硫、氟化物、光化学烟雾和氯气。现将这些有害气体危害植物的机理及症状说明如下。

1. 二氧化硫

是危害植物的主要气体。SO₂ 通过气孔进入叶肉细胞，转变为亚硫酸离子（SO₃²⁻），然后又变成硫酸盐离子（SO₄⁴⁻）。在植物体内，SO₂ 变成 SO₃²⁻ 的速度要比 SO₃²⁻ 变成 SO₄⁴⁻ 快得多，所以高浓度的 SO₂ 进入叶肉细胞后，造成高浓度 SO₃²⁻ 的积累，而 SO₃²⁻ 的毒性比 SO₄⁴⁻ 大 30 倍。当 SO₃²⁻ 的浓度超过植

物自净能力时，就破坏叶肉组织，使叶片水分、糖类和氨基酸减少，叶绿素 A/B 值变小，叶片失绿，严重影响植物生长发育，严重时细胞发生质壁分离，叶片逐渐枯焦死亡。

SO₂ 使叶片受害的症状通常是在叶脉间出现点状或块状的伤斑。单子叶植物的伤斑呈棕黄色，自叶尖向下呈条状分布；针叶树则往往自尖端开始向下逐渐发黄枯焦。

从植物的敏感性和抗性来看，苜蓿 (*Medicago sativa* L.)、大麦 (*Hordeum vulgare* L.)、棉花、小麦和苹果树对 SO₂ 的损害最敏感，马铃薯、洋葱、玉米、女贞 (*Ligustrum lucidum* Ait) 和枫香树 (*Liquidambar formosana* Hance) 对 SO₂ 的抗性最强。

2. 氟化物

氟是卤素中化学性质最活泼的元素，生物很容易受到它的伤害，大气中的氟化物主要是氟化氢、四氟化硅等，它们对植物的毒害都非常强烈。

氟化氢被叶表面吸收后，经薄壁细胞间隙进入导管中，并随蒸腾流到达叶的边缘和尖端，由于卤素的特殊活泼性，使叶的这些部位的叶绿素和各种酶遭到损害，因而使光合作用长时间地受到抑制，或使磷酸化酶、烯醇化酶和淀粉酶钝化。

氟化氢对叶的损害首先出现在尖端和边缘。通常受害部位呈棕黄色，成带状或环带状分布，然后逐渐向中间扩展。当受害严重时，使整个叶片枯焦脱落。

对氟化物比较敏感的植物有唐菖蒲、杏、李 (*Prunus salicina* Lindl)、梅 (*Prunus mume* (Sieb.) Sieb. et Zucc.)、荞麦 (*Fagopyrum esculentum* Moench)、番茄、玉米及柑桔类等。而榆 (*Ulmus pumila* L.) 梨 (*Pyrus*)、苹果、玫瑰 (*Rosa rugosa* Thunb.)、苜蓿、棉花以及豆类作物和蔬菜等对氟化物有较强的抵抗力。

3. 光化学烟雾

光化学烟雾对植物的损害从总的方面来说，表现为受害叶片背面变为银白色或古铜色，叶片腹面受害部分与正常部分之间有一明显的横带。但光化学烟雾中的一些主要成分的作用机理和毒害症状也互有差异。

(1) 臭氧。主要破坏栅栏组织细胞壁和表皮细胞，常常导致叶片枯死。

臭氧使植物的受害症状是叶片出现红棕色或漂白色的斑点。

对臭氧最敏感的植物有烟草 (*Nicotiana tabacum* L.) 番茄、豌豆 (*Pisum sativum* L.)、菠菜 (*Spinacia oleracea* L.)、马铃薯和燕麦 (*Avena sativa* L.) 等；抗臭氧的植物有薄荷 (*Mentha haplocalyx* Briq)、天竺葵 (*Pelargonium hortorum* Bail.) 和胡椒 (*Piper nigrum* L.) 等。

(2) PAN (过氧乙酰硝酸酯)。PAN 通过气孔进入叶内，使叶片失水收缩，然后充以空气。这种损害可以贯穿整个叶片。

PAN 使植物受害的症状是在叶的背面出现大面积透明的银白色或铜色的病斑区域。

对 PAN 比较敏感的植物有牵牛花 (*Pharbitis*)、莴苣 (*Lactuca sativa* L.) 等。卷心菜、玉米、小麦和紫罗兰 (*Matthiola incana* R. Br.) 等植物对 PAN 有较强的抵抗力。

(3) 二氧化氮。损害植物的方式与二氧化硫相似。一般超过 0.5ppm 浓

度时就妨碍生长，高于 1ppm 时，就能引起急性毒害。

二氧化氮使植物受害的症状是叶片上出现棕色或褐色斑点，并且首先出现在叶缘处。

4. 氯

氯的化学活性不如氟。氯进入植物组织中，产生次氯酸，是一种较强的氧化剂。

氯使植物受害症状主要是叶尖、叶缘或叶脉间出现不规则的黄白色或浅褐色坏死斑点。氯气对植物的毒害作用较二氧化硫强 2~4 倍。

三、调查大气污染的方法

1. 调查污染源

中学生进行大气污染调查，首先应调查污染源，因为只有了解本地区有关方面可能向大气排放什么污染物，才能更好的对各种污染物进行定性定量测定；而且也只有将污染源调查清楚，才能在调查结束后提出改变本地区大气污染状况的有效措施。

大气污染源包括工业污染源、交通运输污染源和生活污染源三类。现分别说明如下。

(1) 工业污染源。工业污染源是城市各污染源中的主要一类。

在农村随着乡镇企业的兴办，这类污染源也不容忽视。

由于不同工矿企业所用的原料、燃料和所生产的产品不同，产生的废气中所含的污染物也不一样。表 16 - 1 所列的各类污染物

表 16—1 各类工厂向大气排放的主要污染物

工业	企业名称	向大气排放的污染物质
电力	火电厂	烟尘、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳、苯并芘
冶金	钢铁厂	烟尘、二氧化硫、一氧化碳、氧化铁粉尘、锰尘、氧化钙粉尘
	炼焦厂	烟尘、二氧化硫、一氧化碳、硫化氢、酚、苯、萘、烃类
	有色金属冶炼厂	烟尘(含有各种金属、如铅、锌、镉、铜等)、二氧化硫、汞蒸气
化工	石油化工厂	二氧化硫、硫化氢、氰化物、氮氧化物、氯化物、烃类
	氮肥厂	烟尘、氮氧化物、一氧化碳、氨、硫酸气溶胶
	磷肥厂	烟尘、氟化氢、硫酸气溶胶
	硫酸厂	二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳、氨、硫酸气溶胶
	氯碱厂	氯气、氯化氢
	化学纤维厂	烟尘、硫化氢、氨、二硫化碳、甲醇、丙酮、二氯甲烷
	农药厂	硫、汞、氯、农药
	冰晶石厂	氟化氢
	合成橡胶厂	丁二烯、苯乙烯、乙烯、异丁烯、异戊二烯、丙烯腈、二氯乙烷、二氯乙醚、乙硫醇、氯化甲烷
机械	机械加工厂	烟尘
	仪器仪表厂	汞、氰化物、铬酸
轻工	造纸厂	烟尘、硫醇、硫化氢
	玻璃厂	烟尘
建材	水泥厂	烟尘、水泥尘

可

供调查时参考。

(2) 交通运输污染源。在城市中，正在行驶的汽车和其它机动车辆，构成一类重要的污染源。对这类污染源调查时，先要统计单位时间内行驶的汽车和其它机动车的车辆数及消耗的汽油量，然后按表 16 - 2 所列内容估算污染物的排放量。

表 16 - 2 不同机动车辆排出的污染物数量

污染物名称	以汽油为燃料(克/升)		以柴油为燃料(克/升)	
	小汽车	载重汽车	载重汽车	内燃机车
铅化合物	2.1	1.56		3
二氧化硫	0.295	3.24		78
一氧化碳	169.0	27.0		84
氮氧化物	21.1	44.4		9
碳氢化合物	33.3	4.44		6

引自《城市规划资料集》

(3) 生活污染源。城市居民烧煤做饭取暖，排出大量烟气，其中含有一氧化碳、硫氧化物和烟尘构成了另一个重要污染源。这类污染源由于分布广泛、排放高度很低、加重了空气污染的程度。

对这类污染源，可在小区内调查居民户数及煤炉数，估算出每日烧煤的数量，然后再按经验公式或数据，估算各种污染物的排放量。

2. 利用监测植物监测大气污染

(1) 监测植物的种类。大气污染后，其污染物的毒害作用会在植物体上反应出来，表现出一定的可见症状。但各种植物对同一种大气污染物的反应情况并不相同，有的抵抗力强，反应迟钝；有的抵抗力弱，反应敏感。人们将各种对大气污染反应敏感的植物叫做环境污染指示植物或监测植物。常用的监测植物主要有以下一些种类，见表 16 - 3。

表 16 - 3 监测植物

污染物质	植物名称
SO ₂	紫花苜蓿、向日葵、胡萝卜、莴苣、南瓜、芝麻、蓼、土荆芥、艾、紫苏、灰菜、落叶松、雪松、美洲五针松、马尾松、枫杨、加拿大白杨、杜仲、檫树
HF	唐菖蒲、郁金香、萱草、美洲五针松、欧洲赤松、雪松、蓝叶云杉、樱桃、葡萄、黄杉、落叶松、杏、李、金荞麦、玉簪
Cl ₂ 、HCl	萝卜、复叶槭、落叶松、油松、桃、荞麦
NO ₂	悬铃木、向日葵、番茄、秋海棠、烟草
O ₃	烟草、矮牵牛、马唐、雀麦、花生、马铃薯、燕麦、洋葱、萝卜、女贞、银槭、梓树、皂荚、丁香、葡萄、木笔、牡丹
PAN	繁缕、早熟禾、矮牵牛
Hg	女贞、柳树

除上述种子植物中的指示植物外，孢子植物中的地衣也是一类很好的大气污染指示植物。地衣不仅能监测大气中的二氧化硫，而且也能监测氟化氢、氯等有毒气体，空气中极少量的有毒物质就能影响它的生长甚至死亡，反应十分敏感。

(2) 监测方法。利用监测植物监测大气污染时，应根据污染源所排放的污染物的具体种类，选择一定种类的盆栽监测植物，安置在需要监测的地区，然后观察记载它们受害症状和程度。例如，可在磷肥厂附近放置氟化物监测植物唐菖蒲，监测磷肥厂周围大气的氟污染状况。如果几天以后，唐菖蒲出现了典型的氟化物危害症状（叶片先端和边缘产生淡棕黄色片状伤斑），表明该厂周围已被氟化物污染，而且根据唐菖蒲的各个放置地点，可以推算出氟化物的污染范围。

3. 大气中降尘量的调查

各类工厂在生产过程中，常产生大量粉尘污染空气。粉尘中的降尘可用重量法进行测定，测定结果以每月每平方公里面积上的沉降吨数表示。

(1) 调查所需的用具用品

集尘缸：内径 150 毫米、高 300 毫米的圆筒形玻璃缸（如无集尘缸，可用规格近似的其它玻璃器皿代替）。

玻璃蒸发皿：容量 150 ~ 200 毫升。

分析天平：感量 0.1 毫克。

0.1N 硫酸铜溶液，20%酒精溶液。

(2) 采样

设点要求。采样地点附近不应有高大建筑物的影响。集尘缸的放置高度，应距离地面 5~15 米，其相对高度应为 1~1.5 米，目的是防止受扬尘的影响。

放缸前的准备。放置集尘缸前，应加入适量的水，使在湿式条件下采样，以防止风将降尘吹走。缸中的水量可根据当地历年来月降雨量和月蒸发量而变动，一般可在缸中加水 300~500 毫升。

为了防止各种微生物、藻类在缸中生长，夏季可加入 2 毫升 0.1N 硫酸铜溶液。在冬季冰冻期间，应加入 300 毫升 20%酒精液作为防冻剂，以防止缸内水结冰而冻裂集尘缸。

取样时间。按月定期换取集尘缸一次。南方地区在夏天暴雨季节，须防止缸内的水溢出而造成尘样流失。必要时应中途更换集尘缸，继续收集，合并分析。

同时，在绿化清洁区，选择对照点，放置集尘缸以作对照。

(3) 分析。将集尘缸内的样品溶液，分次全部移入已恒重的玻璃蒸发皿内。操作时要注意用水洗净附着缸壁的尘粒，如果缸内有小虫、树叶等异物落入，要先用干净镊子小心取出，并将附在异物上的细小尘粒洗回缸内。

将样品进行蒸干，再放入烘干箱内烘干 1 小时，然后放到硅胶干燥器中冷却 1 小时，最后在分析天平上称重。所得重量即为降尘自然沉降重量。

计算

$$M = \frac{(W_1 - W_2)}{S \times n} \times 30 \times 10^4$$

M 降尘自然沉降量（吨/平方公里/月）。

W_1 样品加蒸发皿的重量（克）。

W_2 蒸发皿重量（克）。

S 集尘缸口圆面积（平方厘米）。

n 采样天数。

本项调查活动如果不能坚持全年进行，也可在粉尘污染严重时期，用 1 个月或若干天进行调查。

16.2 水体污染及其调查方法

一、水体中主要污染物

水体中的污染物种类很多，一般分为无机污染物、致病微生物、植物营养素、耗氧污染物和重金属离子等五类。

1. 无机污染物

主要来自炼焦、电镀、塑料、化肥、硫酸和硝酸等工厂排出的废水，如各种氢氰酸、氰化钾、硫酸、硝酸等。水体中如果有过量的无机污染物，会改变水的 pH 值，使微生物不能生长，还会消耗水中的溶解氧，危害淡水生物。

2. 致病微生物

主要来自生物制品、制革业、饲养场和生活污水，有各种病菌、病毒和寄生虫等种类。常能引起各种传染病。

3. 植物营养素

主要来自食品、化肥、工业的废水和生活污水。有硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐和磷酸盐等。这些营养素如果在水中大量积累，造成水的富营养化，使藻类大量繁殖，导致水质恶化。

4. 耗氧污染物

主要来自食品工业、造纸工业、化纤工业排放的废水及生活污水，如碳水化合物、蛋白质、油脂、木质素、纤维素等。当水中微生物分解这些有机物时，要消耗水中的溶解氧，使水中缺氧，并产生硫化氢、氨等气体，使水质恶化。

5. 重金属离子

主要来自农药、医药、仪表及各类有色金属矿山的废水，如汞、镉、铬、铅、砷等各种重金属离子毒物，它在水中比较稳定，是污染水体的剧毒物质。

二、水污染对水生生物的影响

水生生物包括浮游生物、自游生物、漂浮生物和底栖生物等不同类群，这些生物类群和周围水体环境条件，共同组成了水域生态系统。因此，水污染对水生生物的影响十分复杂，主要有以下三个方面。

1. 直接毒害

水体中的各种重金属、游离氯、硫化物、酚等有害物，在水中达到一定浓度时，便可引起鱼类和其它水生生物急性中毒。

(1) 氰化物的毒害作用。氰化物是影响水生生物呼吸作用的毒物。当水中 CN-含量达到 0.1 毫克/升时，浮游生物和甲壳类便开始中毒受害；当含量达到 0.15~0.5 毫克/升时，很多鱼类开始死亡。氰化物对各种鱼类的毒性见表 16-4。

(2) 酚类的毒害作用。酚的毒性大大抑制了水中细菌、藻类、软体动物等低等生物的生长。浓度高时能引起鱼类的大量死亡，见表 16-5。

(3) 重金属等毒物的毒害作用。汞、镉、银、铜、硫化物等有毒物质在水中达到一定浓度时，便会引起某些鱼类发育不良或死亡。有人用这些有毒物质进行毒害鱼类的试验，其结果见表 16-6。

2. 减少水体的溶氧量

生活污水和某些工业废水中常含有大量耗氧污染物。这些污染物在微生

物作用下进行分解，消耗掉大量氧气。在一般情况下，每分解 1 克分子（162 克）碳水化合物，需消耗 6 克分子（192 克）氧气。另外，当水体中植物营养素过多成为富营养化状态

表 16 - 4 氰化物对鱼类的毒性

鱼的种类	观察指标	氰化物浓度 (毫克/升)
白鲢鱼	安全浓度	0.32
鲫鱼与草鱼	致死量	0.15 ~ 0.2
鲫鱼	最小致死量	0.2
鲃鱼	半致死量	0.39
白杨鱼	最小致死量 (4d)	0.06
虾鱼	最小致死量 (4d)	0.2
河鲈	死亡 (5 ~ 6d)	0.05
鲦鱼	死亡 (5d)	0.05
红鲮	中毒 (翻肚 3d)	0.07
大翻车鱼	存活 (4d)	0.40

表 16 - 5 酚及其衍生物对鱼的毒性

含酚溶液或废水	对鱼的致死浓度 (毫克/升)
酚	5 ~ 20
甲酚	10 ~ 15
苯二甲酚	5 ~ 10
邻苯二酚	5 ~ 15
间苯二酚	3.5
对苯二酚	0.2
氯—苯酚	2 ~ 4
氰苯酚	10 ~ 20
焦油及煤气混合酚水	3 ~ 5
焦油废水	3
煤气废水	0.5 ~ 5.0
酚 (在污染河水)	0.078 ~ 0.25
酚 (在污水中)	3 ~ 5

表 16-6 几种毒物对鱼类慢性中毒的试验

毒物	试验鱼	96h 平均忍受限 (毫克/升)	安全浓度 (毫克/升)	最低不安全浓 度(毫克/升)	应用因子幅度	最敏感反应
铜	鲮鱼	0.43	0.015	0.03	0.03 ~ 0.07	产卵率
锌	鲮鱼	9.2	0.03	0.13	0.003 ~ 0.02	产卵率
马拉硫磷	鲮鱼	10.45	0.02	0.58	0.019 ~ 0.057	畸形
马拉硫磷	兰鳃鱼	0.110	0.0036	0.0074	0.043 ~ 0.090	畸形
洗涤剂 LAS	鲮鱼	4.5	0.63	1.2	0.14 ~ 0.88	鱼苗存活率
西维因	鲮鱼	9	0.21	0.68	0.023 ~ 0.075	产卵率孵化率
镉	鲮鱼	7.2	0.033	0.057	0.005 ~ 0.008	胚胎孵化率

时，蓝藻、硅藻等藻类大量繁殖，在水面形成“水华”。随着这些藻类的陆续分解，水中的溶解氧也要被大量消耗。

在正常大气压下、气温 20℃ 时，水中溶解氧为 9.17 毫克/升，水中氧的这一含量完全能满足水生动物呼吸的需要，如果水中耗氧污染物和植物营养素数量过多，势必造成溶解氧缺乏，使水生动物呼吸困难，甚至窒息死亡。一些鱼类对水中溶解氧的要求很严格，如河流鱼要求氧含量为 8~12 毫克/升，鲤鱼 6~8 毫克/升，家养青鱼、草鱼、鲢鱼等要求 5 毫克/升以上，当水体中的溶解氧不能满足鱼类要求时，鱼类便纷纷逃离，当下降到 1 毫克/升时，大部分鱼类窒息死亡。

3. 改变水生生物群落类型

在被耗氧污染物严重污染的水体中，各种鱼类、甲壳类、水生昆虫和藻类等生物基本绝迹，而适应污水环境的细菌和原生动物却发展起来。人们将接纳大量生活污水的河流，从污水注入处开始，按 BOD 和溶解氧曲线划分为三个相连接的河段，即严重污染的多污带、污染较轻的中污带和污染最轻的寡污带。每一带除了各自的理化特点外，群落组成明显不同，见表 16-7。

表 16-7 三种污水带的特征

项目	多污带	强中污带	弱中污带	寡污带
有机物	水中含有大量有机物，主要是未分解的蛋白质和碳水化合物	由于蛋白质等有机物分解，形成了氨和氨基酸	由于蛋白质的进一步分解形成的化和物为亚硝酸和硝酸，水中有机物含很少	沉淀的污泥亦已分解，蛋白质达最后分解阶段，形成硝酸盐，水中有机物含极微
溶解氧	极低或全无（嫌气性）	少量（半嫌气性）	多（好气性）	很好（好气性）
BOD	非常高	高	低	很低
硫化氢	多量	较多量	少量	无
生物种	很少	少	多	很多
个别优势种	很强	强	强	弱
细菌数(个/毫升)	数十万至数百万	数十万	数万	数百至数十个
水生维管束植物	无	很少	少	多
主要生物群	细菌、纤毛虫	细菌、真菌、蓝藻、绿色鞭毛藻、纤毛虫、蠕虫、轮虫	蓝藻、硅藻、绿藻、绿色鞭毛藻、软体动物、甲壳动物、各种鱼类	硅藻、绿藻、软体动物、甲壳动物、各种鱼类、水生昆虫

三、调查水体污染的方法

1. 污染源的调查

调查方法步骤如下：

- (1) 选择已被污染的一条小型河流。并划定该河流的流域面积范围。
- (2) 在流域范围内，调查污染源的分布、类型及其产品性质，完成一幅本条河流的污染源分布示意图。
- (3) 根据“河流污染源分布示意图”，选择主要污染源，进行实地调查。如果是工业污染源，则应调查工厂名称、建厂年份、产品性质及产量，了解其生产过程中产生水污染物质的主要生产环节，并了解其日排污量及排污口位置。如果被调查的工厂设有环保科室，可用访问方式进一步了解所排出废水中的污染物种类及排放浓度。将调查结果整理成表格。

(4) 写出该条河流污染源的总结。内容应包括污染源的类别、污染物种类和排放数量等内容。

2. 物理性质的测定

(1) 色度。用铂钴比色法进行。

原理。用氯铂酸钾和氯化钴配成标准色列，与被测水样进行比较，规定 1 毫克/升以氯铂酸离子形式存在的铂产生的颜色，称为 1 度。

用具。50 毫升比色管 13 支（可用其它玻璃容器代替）。

试剂。铂钴标准溶液：称取 1.246 克氯铂酸钾 (K_2PtCl_6) 及 1 克氯化钴 ($CoCl_2 \cdot 6H_2O$)，溶于 100 毫升水中，加入 100 毫升浓盐酸，用水稀释至

1000 毫升，此标准溶液相当于色度 500 度。

步骤。先配制标准色列。向 12 支比色管中加入铂钴标准溶液 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50, 3.00, 3.50, 4.00, 4.50, 5.00, 6.00, 7.00 毫升用水稀释到标准线。其色度分别为 5、10、15、20、25、30、35、40、45、50、60、70 度。若能封严瓶口可长期使用。

然后进行水样测量。用比色管盛取 50 毫升澄清水样与标准铂钴色列在自然光线下进行比较。比较时，应在比色管底部衬一张白纸或白色瓷板，比色管要稍倾，让光线由液柱底部向上透过。分析者对着比色管液面，自上而下观察，记下色度。

计算。水样色度：相当于铂钴色列的色度 × 水样稀释倍数。

注意事项。若无氯铂酸钾，可用重铬酸钾代替，其制备方法为：称取 0.0437 克重铬酸钾及 1 克硫酸钴 ($\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)，溶于少量水中，加入 0.5 毫升浓硫酸，用水稀释至 500 毫升，此溶液色度为 500 度。

当水体被污水或工业废水污染，水样的颜色与标准色列不一致，不能进行比色时，可改做颜色描述。颜色描述可用无色、微绿、绿、微黄、黄、浅黄、棕黄、红……等文字，记载颜色种类及特征。

(2)pH 值。用 pH 计或 pH 试纸直接对水样进行测量。

(3) 气味。可采用定性描述的方法进行测定。定性描述又分为冷法和热法两种。

冷法。是取 100 毫升水样，置于 250 毫升锥形瓶中，调节水温至 20 左右。振荡后从瓶口闻其气味。

热法。是取 100 毫升水样，置于 250 毫升锥形瓶中，盖一表面皿，加热至沸，立即闻其气味。

将上述冷法或热法闻取的气味，按表 16-8 的格式记录其强度。

表 16-8 嗅强度等级法

等级	强度	说 明
0	无	无任何臭味。
1	微弱	一般人难查出有臭，敏感者可觉出。
2	弱	一般人刚能察觉。
3	明显	可明显察觉。
4	强	有明显臭味。
5	极强	有强烈的恶臭。

(4) 温度。如水层较浅，可只测表层水温，如大的江河、湖泊，应分层测温。中学生调查水体污染，大多水层较浅，可用普通水银温度计进行测量。测量时，应将温度计没入水中 10 厘米以下部位，在流动水中至少需感温 3 分钟，若水静止不动，可轻轻晃动温度计，使之尽快达到温度平衡。

在现场测量水温的同时，应进行气温观测。

(5) 浊度。用比浊法进行测定。即将水样和用白陶土配制的浊度标准溶液进行比较。

用具 100 毫升具塞比色管；
250 毫升、1000 毫升容量瓶；

250 毫升具塞无色玻璃瓶。

试剂。二氧化硅浊度标准溶液：称取 3 克纯白陶土，置于研钵中，加入少量水，充分研磨成糊状，移入 1 升的量筒中，加水至标线。充分搅拌后静置 24 小时，用虹吸法弃去表面的 5 厘米液层，收集 500 毫升中间层的溶液。取 50 毫升此悬浊液，置于恒重的蒸发皿中，在水浴上蒸干，在 105℃ 烘干箱中烘 2 小时，再在干燥器内冷却 30 分钟，称重。重复烘干并称重，直至恒重。求出每毫升悬浊液中所含白陶土的重量（毫克）。

在边振边摇状态中，吸取含 250 毫克白陶土的悬浊液，置 1000 毫升容量瓶中，加水至标线，振荡摇匀，此溶液的浊度为 250 度。取 100 毫升此溶液，置于 250 毫升容量瓶中，加水至标线。此溶液为浊度 100 度的标准溶液。

步骤。测定浊度在 1~10 毫克/升的水样时，先吸取浊度为 100 度的标准液 0、1.00、2.00、4.00、6.00、8.00、10.00 毫升，置于 100 毫升比色管中，加水至标线，其浊度依此为 0、1.0、2.0、4.0、6.0、8.0、10.0 度。再取 100 毫升均匀水样，置于 100 毫升比色管中，和上述配制的标准溶液进行比较（可在黑色底板上进行目视比较），确定其浓度。

如果浊度是 10~100 毫克/升的水样，则应取浊度为 250 度标准溶液 0、10.0、20.0、30.0、40.0、50.0、60.0、70.0、80.0、90.0、100.0 毫升，置于 250 毫升容量瓶中，加水至标线，其浊度为 0、10、20、30、40、50、60、70、80、90、100 度分别转入 250 毫升具塞无色玻璃瓶中，再取 250 毫升水样，加入 250 毫升具塞无色玻璃瓶中，和标准溶液进行比较，眼睛从瓶前向后看，确定其浊度。

3. 水体富营养化状态调查

富营养化是水体污染的表现之一。水体富营养化的调查方法很多，中学生可用优势种评价法和透明度法进行调查。

(1) 优势种评价法。不同营养状况的水体中存在不同的浮游植物，特别在优势种方面差异明显。一般来说，贫营养型湖泊中

表 16 - 9 不同营养状态湖泊、水库中的常见浮游植物优势种类

营养状况	优势种类(属)
贫营养型	金藻 锥囊藻 (Dinobryon) 鱼鳞藻 (Mallomonas)
	绿藻 叉链藻 (staurodesmus) 叉星藻 (Stauroastrum)
	硅藻 平板藻 (Tabellaria) 根管藻 (Rhizosolenia)
中营养型	甲藻 角藻 (Ceratum) 多甲藻 (Peridinium)
	隐藻 蓝隐藻 (Chroomonas)
	硅藻 脆杆藻 (Fragilaria) 小环藻 (Cyclotella)
	绿藻 空星藻 (Coelastrum) 鼓藻 (Cosmarium)
富营养型	绿藻 栅藻 (Scenedesmus) 小球藻 (Chlorella) 十字藻 (Crucigenia)
	蓝藻 微囊藻 (Miorocystis) 鱼腥藻 (Anabaena) 颤藻 (Oscillatoria) 束丝藻 (Aphanizomenon)
	硅藻 直链藻 (Melosira) 针杆藻 (Synedra)
	隐藻 隐藻 (Cryptomonas)
	蓝藻 平裂藻 (Merismopedia) 蓝纤维藻 (Dactylococcopsis) 微囊藻 鱼腥藻 颤藻 束丝藻

续表

营养状况	优势种类(属)
重富营养型	绿藻 弓形藻 (Schroederia) 栅藻 衣藻 (Chlamydomonas)
	硅藻 小环藻
	裸藻 裸藻 (Euglena)

以金藻、黄藻类为主，中营养型湖泊中常以甲藻、隐藻、硅藻占优势，富营养型湖泊中则常以绿藻、蓝藻占优势。其具体优势种类见表 16-9。

用定性、定量采集的方法，采集水体中的浮游植物，进行种类鉴定和数量统计，确定其中的优势种。然后根据表 16-9 内容，判断水体是否已成为富

营养化（优势种评价法的操作方法和用具用品见本书第八章第三节）。

(2)透明度法。当水体中浮游植物增殖时，叶绿素相应增加，从而造成水体透明度下降。表 16-10 中的数字说明透明度的大小反映水体的营养状况。

表 16-10 透明度与水体营养状况关系

研究者	透明度（米）		
	贫营养型	中营养型	富营养型
美国（EPA） 1974.	> 3.7	2 ~ 3.7	< 2
Carlson 1977.	> 4	2 ~ 4	< 2
Rastlee 1978.	> 4.6	2.7 ~ 4.6	< 2.7
日本	> 4	2.5 ~ 4	< 2.5

透明度用黑白盘（塞奇氏盘）测定。黑白盘可以自制。用 1~3 毫米厚的铁片板，切割成直径为 20 厘米的圆板，在板的一面通过圆心作两条垂直相交的直线，分为四个等分，上面以黑白漆相间涂色。圆盘中心钻一个孔，穿入铁丝并在盘下加系铅锤，再将铁丝与带有长度标记的细绳相连结。使用时将圆盘逐渐下沉，直到看不见圆面的白色为止，此时的深度即为水的透明度。

4. 细菌总数的测定

(1)用具用品（见本书第九章第二节）。

(2)培养基。营养琼脂培养基（成分及制法见本书第九章第三节）。

(3)步骤。以无菌操作方法吸取 10 毫升充分混匀的水样，注入盛有 90 毫升灭菌水的玻璃瓶中，混匀成 $1:10$ 稀释液。再吸取 1 毫升 $1:10$ 的稀释液注入盛有 9 毫升灭菌水的试管中，混匀成 $1:100$ 稀释液。按同法依次稀释成 $1:1000$ ， $1:10000$ 稀释液备用，吸取不同浓度的稀释液时必须更换吸管。

用灭菌吸管吸取 2~3 个适宜的稀释液 1 毫升，分别注入灭菌培养皿中，再倾注约 15 毫升已融化并冷却到 45 左右的营养琼脂培养基，立即旋摇培养皿，使水样与培养基充分混匀。每个水样应倾注 2 个培养皿。每次检验时，另用 1 个培养皿只倾注培养基作为空白对照。

待培养基凝固后，使其底面向上，置于 37 恒温箱内培养 24 小时，然后进行菌落计数。2 个培养皿的平均菌落数即为 1 毫升水样中的细菌总数。

（杨悦）

16.3 活动方案举例

地衣监测环境污染

地衣对大气污染物十分敏感，当空气中含有二氧化硫及其它污染物时，会打乱地衣生理活动的平衡，出现受害症状以至死亡，因此在工业基地和大城市中心很难找到它们。根据这一特性，地衣成了监测大气污染的灵敏指示植物。

一、活动目的

当今环境污染很普遍，是一大社会公害。通过这一活动，使中学生掌握用地衣来监测环境最简易的方法。

二、活动设计

(1)由学生自己制成木质盘(20×12×2.5厘米³)5~10个，备用胶水或蜡。

(2)到野外采集地衣样品(例如，叶状地衣)。采样品时要连同生长的基物一起采集，注意要完整。

(3)选择几个地点，一是大工厂(化工厂、炼油厂)，二是大城市中心，三是远离工厂的郊区的几个点。

三、活动方法

(1)把采集后的地衣样品用胶水或蜡把它们固定在每个木质盘内，每盘放10个地衣。

(2)把装有地衣的木盘分别放在以上选择的各个点上，每处各放一盘，高度要一致。每间隔一段时间观察其受害情况，统计其受害面积的百分数。可参照下述情况进行污染程度分析。

二氧化硫浓度为0.23毫克/立方米时，23~31天地衣全部死光。这一般在化工厂和炼油厂附近。

二氧化硫浓度为0.09毫克/立方米时，经过65~70天，地衣约有60%的面积受害死亡。这一般在城市中心地带。

不受污染的地衣，不但没有受害，还能长出新的叶状体来。这一般在远离城市或大工厂的郊区。

据有关资料表明，在近20年来利用地衣对二氧化硫的敏感性来监测大气污染取得了一定的成果。

(张益清)

本章复习题

- 1.大气中的主要污染物有哪些？
- 2.分别说明二氧化硫、氟化物、光化学烟雾和氯气对植物危害机理及受害症状。
- 3.中学生调查大气污染的方法有哪些？
- 4.水体中的污染物有哪些？
- 5.水体污染对水生生物有什么影响？
- 6.中学生调查水体污染的方法有哪些？

本章思考题

对一条已被工厂废水严重污染的河流，根据中学条件，写出一份调查方案。方案应包括调查项目、调查方法、调查所需用具等内容。

本章参考书目

1. 张志杰 1989 《环境污染生态学》 中国环境科学出版社
2. 环境监测分析方法编写组 1983 《环境监测分析方法》 城乡建设环境保护部环境保护局
3. 大气监测检验方法科研协作组 1979 《大气监测检验方法》 人民卫生出版社
4. 金相灿等 1990 《湖泊富营养化调查规范》 中国环境科学出版社
5. 祝延成等 1988 《植物生态学》 高等教育出版社
6. 王焕校 1990 《污染生态学基础》 云南大学出版社
7. 孔国辉等 1988 《大气污染与植物》 中国林业出版社

(杨 悦)

第十七章 园林绿地的生态效应及其观测方法

导 言

在城市生态系统中，园林绿地是重要的自然生态组成部分，它不仅美化着城市景观、满足人们对文化休息的需要，更重要的，它具有改善城市环境的生态效应。这种生态效应是城市生态系统中其它组成成分所不能取代的。

观测园林绿地的生态效应，大多需要精密的仪器用品和复杂的操作技术。但其中有些项目可用简易方法进行，适合中学生开展活动。

本章共编写了“园林绿地的生态效应”、“园林绿地生态效应观测方法”和“活动方案举例”等三节内容。

本章主要供城市中学开展活动使用。

17.1 园林绿地的生态效应

园林绿地的生态效应，主要表现在改善小气候、净化空气和减少噪声等三个方面。

一、改善小气候

1. 绿地在夏季有明显的降温作用

我国许多大中城市的观测结果表明，在夏季，园林绿地的气温明显低于非绿化地段。

北京市园林科研所于 1979~1981 年的 8 月份，对市内公园、林荫道与相对应的空旷地进行连续 24 小时的测定，测定结果表明，绿地最高气温普遍低于空旷地，绿地的日平均气温比空旷地低 0.6~2.4，最高气温平均低 1.6。具体情况见表 17-1。

表 17-1 北京市绿地与对照点最高温度比表（1979-1981 年）

观测地点	地面 1.50 米处最高气温降低值（℃）		
	1979 年 8 月 24 日	1980 年 8 月 23 日	1981 年 8 月 25 日
东直路林带	2.0	1.8	0.9
正义路绿地	1.0	1.0	0.7
龙潭湖公园	2.8	1.1	1.1
陶然亭公园	1.8	0.9	0.7
紫竹院公园	1.5	0.9	1.1

引自《改善生态环境》1989

南京市的绿化降温效果也十分明显。该市园林处 1976 年观测结果表明，绿化地区比无绿化地区的降温效果显著。绿化地区的日平均温度和最高温度均比无绿化地区低。绿化地区比无绿化地区日平均温度低 1~3，最高气温值相差 3~4，具体数字见表 17-2。

表 17-2 南京市各测点的温度比较（1976.7）

地点	类型	日平均温度 ()	日最高温度 ()
古楼广场	无绿化	32.8	38.3
灵谷寺	森林公园	30.0	34.1
瑞金路	无绿化街道	32.8	39.5
中山东路	绿化街道	31.6	36.5
新华巷	无绿化居住区	33.6	40.5
青石村	绿化居住区	31.7	36.7

引自《改善生态环境》1989

郑州市对各种绿地的观测表明，绿化好的地区与绿化差的地区相比，夏季平均气温和极端高温均有明显下降，并且还增加了空气湿度。其降温增湿情况见表 17-3。

表 17-3 郑州市各种绿地平均降低温度的情况

	平均降低 ()	降低极端高温 ()	增加相对湿度 (%)
公园	1.5	2	4
道路	3	3.5	12
林带	1.5	1.5	4
庭院	1.7	1.4	9

引自《改善生态环境》1989

2. 绿地减弱城市热岛效应

热岛效应对城市生态系统产生多方面的影响，特别是城市大气污染因热岛效应而更趋严重。由于市区温度明显高于郊区，郊区冷空气就会向市区汇流，结果将郊区工厂的大气污染物带到市区，而原由市区扩散到郊区的污染物也随之重新聚集在城市上空，持久不散。

城市热岛强度和平面结构与绿化程度及其分布有密切的关系。当绿化覆盖率达 30% 时，气温可下降 8%；覆盖率达 40% 时，气温可下降 10%；覆盖率达 50% 时，气温下降 13%。因此，当夏季白天气温为 38℃ 时，50% 的绿化覆盖率可使气温降低 4.9℃，基本上消除了城市热岛的威胁。另外，城市中绿化覆盖率高地段，都不是高温中心的所在地。北京市根据 1981 年的资料分析，该市夏季热岛分布成许多中心型，在市区范围内常形成 8~10 个高温中心，而这些高温中心都与市区公园交错，或分布在绿化覆盖率较低的地方。

3. 绿地增强城市的竖向通风

一般情况下，植物叶面的温度不超过 35℃，而水泥路面、建筑物表面的温度则可达到 40℃ 左右。城市中建筑物多的地区是暖点，加上工厂、锅炉等人工热源，形成了一个高温中心，而公园和多树木的绿地则是“冷区”，这样，绿地附近的较凉空气就会不断地向高温中心输送，产生了微小的竖向通风，这种通风沿着城市的大街小巷穿行，给人们带来了凉爽。

二、净化空气

1. 吸收二氧化碳，释放氧气。

二氧化碳 (CO₂) 虽是一种无毒物质，但它属于大气污染物。当空气中

CO₂ 浓度达到 0.05% 时，人的呼吸感到不适，当含量达到 0.2 ~ 0.60% 时，对人体就会产生有害的作用。

绿色植物在进行光合作用中，吸收二氧化碳，放出氧气 (O₂)，不断净化着空气。通常 1 公顷阔叶林在生长季节一天可以消耗 1 吨 CO₂，放出 0.73 吨 O₂。北京市园林研究所于 1984 ~ 1986 年夏季，对市区内不同绿化覆盖率的 6 个点进行 CO₂ 瞬时浓度测定，发现绿化覆盖率在 30% 以上的和平里小区和空军大院 2 个测点，空气中的 CO₂ 浓度平均在 398 ~ 430ppm 之间，而绿化覆盖率不到 10% 的南线阁，平均值则在 600ppm 以上。后者的 CO₂ 浓度较前者增加了 1/3 左右。绿化好的地区植物吸收的 CO₂ 要比绿化差的地区多。

2. 吸收有害气体

有害气体主要指二氧化硫 (SO₂)、氟化氢 (HF)、氯 (Cl)、一氧化碳 (CO) 等一类气体状态物质。

(1) 吸收二氧化硫。SO₂ 是我国城市大气污染面广而数量大的物质。植物净化 SO₂ 主要包括三个方面：一是硫附着在叶表面，二是硫在叶内积累，三是通过代谢作用将硫转化为氨基酸等有机物。其中以叶内积累硫的数量最多。在生长季节，植物的每一片叶都是一个吸收 SO₂ 的作用面，所以有植物的绿地对 SO₂ 的吸收量，要比无植物的地方平均大 8 倍。尤其是乔木更为突出，一株胸径 15 英寸的山毛榉 (Fagus sp.)，就有 11 万枚叶，总面积为 3000 平方英尺；一株成龄冷杉，有 4000 万枚针叶，总面积达 20000 平方英尺。这样大的表面积所吸收积累的 SO₂，往往是无树区的 2 ~ 25 倍。一公顷落叶乔木大约每年可吸收 SO₂ 72 千克，而松柏类每年可吸收 120 千克。

生长在 SO₂ 污染区的植物，其叶含硫量比正常环境的叶含硫量常高出几倍到几十倍，但只要不超过一定限度，植物并不出现伤害症状，见表 7-4。

表 17-4 污染区与非污染区叶片中的硫积累 (1975 年)

树种	污染区 (干叶重克%)	非污染区 (干叶重克%)	比值 ($\frac{\text{污染区}}{\text{非污染区}}$)
柳树	0.98	0.35	2.8
馒头柳	4.57	2.41	1.9
白腊	1.03	0.19	5.4
泡桐	0.99	0.28	5.2
元宝枫	0.72	0.10	7.2
侧柏	0.71	0.03	23.6
桧柏	0.57	0.05	11.4
云杉	0.39	0.02	19.5
丁香	0.84	0.10	8.4
黄刺梅	0.63	0.14	4.5
黄杨	0.33	0.32	1.2

引自《改善生态环境》 1989

(2) 吸收氟化氢。“正常叶片含氟量为 25ppm 以下，但在氟污染地区可

高达几倍或几十倍。如菜豆 (*Phaseolus vulgaris* L.)、菠菜 (*Spinacia oleracea* L.) 和矮牵牛 (*Petunia hybrida* Vilm.) 等含氟量达 200~500ppm 仍不受害, 木本植物泡桐 [*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.]、大叶黄杨 (*Euonymus japonicus* Thunb.)、梧桐和女贞等吸氟和抗氟的能力也都很强。因此, 在排出氟化氢的工厂附近种植吸氟植物, 可以起到净化空气的效果。

(3) 吸收氯。很多植物的叶能吸收和吸附大量氯 (Cl)。以每克干叶的含氯量 (单位毫克/克) 来说, 如木槿为 27.7, 雀儿黄杨 (*Buxus bodinieri* Lévl.) 24.8, 垂柳 (*Salix babylonica* L.) 11.9, 银桦 (*Grevillea robusta* A.Cunn.) 11.5, 樟 9.3, 兰桉 (*Eucalyptus globulus* Labill.) 9.2, 龙爪柳 [*Salix matsudana* Koidz. var. *tortuosa* (Vilm.) Rehd.] 8.2, 夹竹桃 (*Nerium indicum* Mill.) 7.7, 桃 6.3, 它们比非污染区高出了几倍到几十倍。

3. 吸滞粉尘

各种植物对粉尘有阻挡、过滤和吸附作用, 特别是木本植物, 作用更为明显。木本植物能够吸滞粉尘的原因, 一是能够降低风速使空气中的降尘降落; 二是有些木本植物叶面粗糙不平, 多绒毛, 有的还分泌粘液和油脂, 能够吸滞大量飘尘。而蒙尘的植物经雨水冲洗后, 又能迅速恢复拦阻粉尘的能力, 见表 17-5。

表 17-5 各种树木叶片单位面积上的滞尘量

树种	滞尘量 (克/平方米)	树种	滞尘量 (克/平方米)
榆树	12.27	夹竹桃	5.28
朴树	9.37	紫薇	4.42
木槿	8.13	悬铃木	3.73
女贞	6.63	石榴	3.66
大叶黄杨	6.63	乌桕	3.39
刺梅	6.37	樱花	2.75
臭椿	5.88	加拿大杨	2.06
三角枫	5.52	海桐	1.81
桑树	5.39	绣球	0.63

引自《生态学与人类生活》1983

城市绿地中的草坪植物, 由于枝叶繁茂, 根茎与土表紧密结合, 草丛中能沉积各种粉尘, 因而在大风天气, 不易出现第二次扬尘和第二次污染, 有明显的减尘作用。

4. 杀菌

许多植物的分泌物能够杀死细菌和病毒。杀菌能力较强的绿化树种有黑胡桃 (*Juglans* sp.)、柠檬 (*Citrus limonia* Osbeck.)、悬铃木 [*Platanus acerifolia* (Ait.) Willd.]、圆柏属 (*Sabina*)、橙 [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]、茉莉 [*Jasminum sambac* (Soland.) Ait]、柏木 (*Cupressus funebris* Endl.)、白皮松 (*Pinus bungeana* Zucc.)、柳杉 (*Cryptomeria fortunei* Hoo-ibrenk.)、雪松 [*Cedrus deodara* (Roxb.) Loud.] 等。因此, 城市绿

化也是减少空气中细菌污染与传播的一项重要措施。

各类林地和草地都有一定的灭菌作用。其中松林中的细菌最少，草地次之，柏树林、樟树林又次之。松林、柏林和樟树林灭菌能力强的原因主要是由于它们的分泌物能杀死细菌；而草地上空细菌数量之所以很低，则是由于草皮覆盖了土壤表面，减少了灰尘飞扬、从而减少了细菌扩散的缘故，见表 17-6。

表 17-6 各类林地和草地的空气含菌量比较

类 型	每立方米空气含菌数	类 型	每立方米空气含菌数
松树林（黑松）	589	樟树林	1218
草地	688	喜树林	1297
柏树林 （日本花柏）	747	麻栎林	1667
		杂木林	1965

（江苏省植物研究所等，1975）

三、减噪作用

园林绿地中的木本植物组成行道树、林带或片林，它们通过树冠吸收各种噪声，一般树冠能吸收音量的 26%，并将 74% 的音量反射或消解掉；园林绿地中的草本植物组成草坪，也具有很强的吸收音量作用，能使噪声明显降低。

据北京市园林研究所测定，两行行道树的街道，在绿叶期内能减弱噪声 3.2 分贝，落叶期减噪 1.3 分贝。由乔灌绿篱和草坪植物组成的 5 米宽的分车绿带，减噪量为 3.2~5.5 分贝；2 米宽的乔灌绿篱，减噪量约 1.5~2 分贝；30 米宽的白皮松林，减噪量为 3.5~7.5 分贝。

据南京市园林处测定，一条宽 20 米的林带，可减噪 4~8 分贝。一片宽 60 米、郁闭度在 0.6~0.7 之间的杂木林，能减噪 15 分贝。一片面积为 250 平方米的草坪，四周是 2~3 米高的桂花，在声源 14.5 米以外，与距离相同的石板路相比，噪声衰减量为 10 分贝。

17.2 园林绿地生态效应的观测方法

一、夏季降温效应的观测方法

1. 观测用品用具

(1) 温度计。温度计是本项观测活动最重要的用具。观测气温变化时可使用水银温度计或通风干湿表。

水银温度计：是室外观测气温时最简便的一种温度计。市面出售的棒状温度计，其温标直接刻在玻璃管壁上，每小格为 0.5 。如果要使观测的温度数值更加准确，可用带有乳白玻璃插入式温标的水银温度计，每小格为 0.2 ，效果比棒状温度计好。

通风干湿表：这种温度计的水银球部装在双层金属壁套管内，可免受太阳直接辐射而产生误差。通风干湿表的上端安有风扇（用弹簧发条驱动），风扇下面与一个通风导管相连，导管下端又与双层金属壁的套管相通。开动风扇后，空气从下端套管进入，经过通风导管由风扇侧面排出，空气流以每秒 2 米的速度通过温度计球部。因此，在任何情况下均可得到准确的结果。如果条件允许，应选用通风干湿表进行气温观测。

(2) 支架。用以悬挂温度计。如无金属支架，可用普通木竿代替，在木竿上的若干不同位置上钉上金属钉，以便能将温度计悬挂到所需要的高度上。

(3) 钢卷尺。用于测量高度。

(4) 记录纸、笔。

2. 确定观测场地

(1) 市区公园与居民区。选择树木花草繁多的市区公园和基本无树无草坪的居民区作为一组观测场地，以验证园林绿地的降温作用。

(2) 市区林荫道和无行道树街道。本组的观测场地，可用于验证行道树在降温中的作用。

(3) 片林和草坪。本组的观测可用于了解不同绿化结构的降温效应。

(4) 针叶片林和阔叶片林。本组的观测也用于了解不同绿化结构的降温效应。

(5) 行道树全部郁闭的街道和未郁闭的街道。本组的观测可用于了解不同绿化程度（覆盖率）的降温效应。

开展本项活动时，可以从上述各组中选择一组作为观测对象。为使观测结果更具真实性，每组的观测场地，均应各设若干个观测点，取其平均值，作为分析的依据。

3. 观测时间

在 7~8 月份植物生长茂盛期间，选择晴朗天气，从凌晨 7 时开始到下午 7 时止，每隔 2 小时观测 1 次，连续观测一个白天。每组的观测场地，须在同一天的相同时间内各由一组学生进行观测。

4. 温度计的安置

将温度计按预定高度悬挂在支架上。每个观测场地的温度计悬挂的高度应彼此一样。如果悬挂水银温度计，在阳光直接辐射的地方，须用白色硬质卡片纸遮荫。如果悬挂通风干湿表，可用细绳系其两端，然后以水平位置挂在支架上。通风干湿表在使用时，须先拧紧发条，使其风扇转动。

5. 总结与分析

(1) 对各个观测场地的测量结果，可以横坐标表示时间，纵坐标表示温度，绘制各观测场地一天的温度变化曲线。

(2) 根据温度变化曲线和日平均温度，分析园林绿地的降温效应，并对不同绿化结构、绿化程度进行分析。

二、吸滞粉尘效应的观测方法

1. 观测用具用品

(1) 集尘杯、蒸发皿、酒精灯（或小型电炉）、烘干箱及分析天平：用于收集、蒸发、烘干和称量植物叶片吸滞的粉尘量。其中集尘杯、蒸发皿及分析天平的规格见本书第十六章第一节。

(2) 支架：用于放置集尘杯，其高度为 1 米。

(3) 放大镜：用于观察叶片吸附粉尘的形态特征。

(4) 毛笔：用于刷取叶片所吸附的粉尘。

2. 园林绿地对粉尘阻挡效应的观测

(1) 观测场地：选择市区片林（或林带）的背风面和空旷裸地，作为一组观测场地。

(2) 观测时间：选择风天，在上述两类观测场地上各设若干个观测点，在观测点距地面 1 米高处放置支架和集尘杯，从早 7 时至晚 7 时放置 12 小时。

(3) 观测步骤：在集尘杯内放置清水，用湿式收集法收集粉尘；

将集尘杯收集到的带水粉尘，用蒸发皿蒸干，并放入烘干箱内烘干 1 小时；

将已干燥的粉尘用分析天平称重，并及时记录。

(4) 总结。片林（林带）背风面和裸地两处收集的粉尘量之差，即为该片林阻挡粉尘的数量。进一步将上述数量折算成每公顷 1 小时或 1 天的数量，用以表示园林绿地单位面积和单位时间的阻尘效应。

3. 园林绿地对粉尘吸附效应的观测

(1) 观测对象。选择以下四类树木进行观测：

叶片表面粗糙或具有绒毛的树种，如榆、朴（*Celtis*）和木槿等。

叶片表面分泌树脂、粘液的树种，如云杉（*Picea asperata* Mast.）、侧柏、油松等；

叶片表面光滑，但叶柄、叶片硬挺、风吹不易抖动的树种，如女贞和大叶黄杨等；

叶片表面光滑，叶柄细长，风吹容易抖动的树种，如加杨和毛白杨等。

(2) 观测步骤。从上述四类树种中，各选 1 至数种，采集一定数量叶片，将叶片所吸附的全部粉尘，用毛笔小心刷入清水中；

将上述浸有粉尘的清水放入蒸发皿中加热蒸发，并在烘干箱中烘干 1 小时；

对烘干的粉尘进行称重和记录，并用坐标纸量取每枚叶片的面积。

(3) 总结分析。计算每种观测树木单位面积（平方米）一次吸附的粉尘量，并估计每株成龄树全部叶片的总面积，计算每公顷该种树木一次吸附粉尘量。进而估计每年降水次数，大致估算每公顷该种树木的全年吸附的粉尘量（吸附效应）。

对所观测的各种树木吸附的粉尘量进行比较，分析它们吸附量不同的原

因，并提出本地区吸附粉尘效应大的树种。

三、杀菌效应观测方法

1. 观测用具用品

(1) 细菌收集器。是收集空气中细菌的装置。由锥形瓶、下口试剂瓶、玻璃漏斗、橡胶塞、玻璃管、乳胶管等用具组成。其用具的规格及组装、使用方法（见本书第九章第八节）。应根据观测场地的数目准备相应数目的细菌收集器。

(2) 支架。用于架设细菌收集器

(3) 细菌培养、观察的用具用品。灭菌室或接种箱、恒温箱、高压蒸汽灭菌锅或家用高压锅、接种针、酒精灯、天平、培养皿、试管、量筒、移液管、显微镜（附油镜头）、载玻片、盖玻片、细菌染色液等。上述各项用具用品的规格及使用方法见本书第九章第二节。

(4) 营养琼脂培养基。用于培养收集到的细菌。其配方及配制方法见本书第九章第三节。

(5) 其它。水桶、记录纸笔。

2. 观测场地

选择松林、柏林和无植物生长的空旷裸地，作为观测场地。其中，无植物生长的空旷裸地起对照作用。

三个观测场地均应选自远离交通要道的地方，以免因尘土飞扬而将他处细菌移入观测场地。

3. 观测时间

选择夏天无风无雨的晴朗白昼，由三组学生在同一时间对三个观测场地进行观测。

4. 观测步骤

(1) 收集细菌。用支架将细菌收集器分别架设在松林、柏林和空旷裸地上，高度为 2 米。然后按照细菌收集器的操作方法，收集含有细菌的水样。

(2) 培养。按照细菌培养方法要求，在无菌室或接种箱中，将 1 毫升含有细菌的水样，放入有营养琼脂培养基的培养皿中，倒置于 28℃ 温箱内培养 48 小时，每一观测场地的样品，应至少制作 3 个培养皿进行培养。

(3) 计数。按照培养基上长出的菌落数（3 个培养皿的数目平均），分别计算三个观测场地每升空气中的细菌数目（计算方法见本书第九章第八节）。

(4) 观察。制作细菌涂片，按照单染色法染色，然后在显微镜油镜头下分别观察三个观测点细菌类别（球菌、杆菌、螺旋菌）。

由于松树的分泌物能够杀死球菌、柏树分泌物能够杀死某些杆菌，因此，三个观测点的细菌类型可能不同。

5. 总结分析

对比三个观测点的细菌数目和类型，分析不同的原因。

四、减噪效应观测方法

1. 观测用具用品

(1) 普通声级计：是本项观测活动不可缺少的仪器。可到当地环保部门借用，并学习使用方法。

(2) 丈量绳：用于丈量观测场地与声源之间的距离。

(3)其它：记录纸、笔等。

2. 观测点的选择

可从下列几组观测场地中选择一组，作为观测园林绿地的减噪效应的地点。

(1)噪声源（工厂、工地及街道等）附近的片林与裸地。

(2)噪声源附近的草坪与裸地。

(3)有行道树的街道与无行道树的街道。

(4)具分车绿带（乔灌木绿篱、草坪植物的混合结构）的街道与只有两行道树的街道。

3. 观测时间

选择植物生长繁茂季节、噪声大的时间进行观测。

4. 观测条件

(1)天气条件。应选择在无雨雪的时间观测，风力在三级时，声级计应加风罩，以避免噪声的干扰，大风天气（四级以上）应停止观测。

(2)仪器设置方式。声级计可以手持或固定在测量三角架上，传声器要求距离地面高 1.2 米。

5. 读数方法

将声级计置于慢挡，每隔 5 秒钟读一个瞬时 A 声级。对每组的两个测量场地，应各连续读取 100 个数据（当噪声涨落较大的时候应取 200 个数据），代表该点的噪声分布。读数的同时，要记录噪声来源。

6. 数据处理方法

由于环境噪声是随时间而起伏的无规噪声，因此观测结果一般须用统计值或等效声级来表示。现将统计值的计算方法说明如下：

累积分布值 L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90} 与标准偏差：

L_{10} 表示 10%的时间超过的噪声级

L_{50} 表示 50%的时间超过的噪声级

L_{90} 表示 90%的时间超过的噪声级

L_{10} 相当于噪声的平均峰值

L_{50} 相当于噪声的平均值

L_{90} 相当于噪声的本底值

具体计算方法是将 100 个数据按从小到大的顺序排队，第 10 个数据即为 L_{90} ，第 50 个数据即为 L_{50} ，第 90 个数据即为 L_{10} 。

标准偏差

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (L_i - L)^2}$$

式中：

L_i 测得的第 i 个声级；

L 测得声级的算术平均值；

n 测得声级的总个数，此处 $n=100$ 。

17.3 活动方案举例

北京紫竹院公园各种绿化结构夏季降温效应的观测

紫竹院公园地处北京城区，园内树木花草繁多，形成了片林、路边绿带、树丛、灌木丛、杂草丛、人工草坪和花坛等各种绿化结构，是观测不同绿化结构夏季降温效应的理想地点。

一、活动目的

了解不同绿化结构在夏季降温中的不同效应，并掌握调查园林绿地气温观测的一般方法。

二、活动设计

(1)选择以下各绿化结构作为观测场地：

油松片林。位于公园的东南侧、由人工栽植的油松和地面野生杂草组成。

刚竹片林。位于公园中部岛上，由人工栽植的刚竹组成，由于刚竹 [*Phyllostachys Viridis* (Young) MC.Clure] 植株密集，地面草本植物很少。

路旁绿带。位于东门内南侧的人行道两侧，主要由人工栽植的蒙椴 (*Tilia mongolica* Maxim.)、小叶女贞 (*Ligustrum Lucidum* Carr.) 和异穗苔草 (*Carex heterostachys* Bge.) 组成，形成了垂直绿化带。

树丛。位于西南门内的土山上，主要由人工栽植的悬铃木、胡颓子 (*Elaeagnus umbellata* Thunb.)、银杏、五叶槐 (*Sophora japonica* L.f. *oligophylla* Franch.)、杜梨 (*pyrus betulifolia* Bge.) 等树种数株在一起组成一丛，形成若干小型树丛，由于游人践踏，树丛的地区很少有杂草分布。

灌丛。位于东南门内，由于人工栽植的珍珠梅 [*Sorbaria Kirilwii* (Regal.) Maxim.]、多花蔷薇 (*Rosa multiflora* Thunb.)、太平花 (*philadelphus pekinensis* Rupr.) 等灌木组成，地面有异穗苔草和细叶苔草 (*Carex rigescens* Franch.) 生长。

杂草丛。位于西南门内，由各种野生草本植物组成。

草坪。位于东门内，由人工栽植的野牛草 [*Buchloëda-ctyloides* (Nutt.) Engelm.] 组成。

裸地。位于儿童游戏场，用作对照。

上述 8 个观测场地，除植物因素外，其它条件应尽量一致。紫竹院公园，有较大面积的水塘和沟渠，各个观测点均应远离水边。

(2)确定观测时间。在 7 月下旬，选择天气晴朗的一天，从早 7 时至晚 7 时，每隔两小时对各观测场地测量一次气温。

(3)选用普通温度计，在距地面 1.5 米的高度测量温度。

三、观测方法及注意事项

1. 观测前的准备工作

确定具体观测点。观测前一天，全体观测小组成员到公园各观测场地实际查看，选择典型地段定为观测点。

准备好测量的用具用品。主要有温度计、木竿、钢卷尺和记录纸笔等。

由于观测点有 8 处，且须同时进行测量，因此各项用具用品都准备 8 份。

不同绿化结构在降温方面的差别，一般仅有摄氏 1~2 度甚至零点几度，这就要求使用的温度计，规格应该相同，并在开始观测前对全部温度计校正一次，使温度升降准确。

确定各观测点的测量人员。每一观测点至少安排 2 名学生进行测量。

2. 测量时间和测量高度做到一致

各个观测场地均须在指定的测量时间前 10 分钟悬挂温度计，而且将温度计的水银球部悬挂在 1.5 米高处。由于普通水银温度计每一小格为 0.5℃，测量时，应精确到 0.5℃ 以下，这就要求仔细观察和准确判断。

3. 温度计的水银球部不与太阳的直射光接触

对灌丛、杂草丛、草坪和裸地测量时，温度计的球部都用白卡片纸遮蔽，但不能与卡片纸接触。

四、总结

(1) 根据测量结果，绘制各观测场地一天温度变化曲线图。并计算各观测场地的平均温度。

(2) 观测小组集体分析各观测场地的降温效应，并从城市夏季降温的角度，提出城市绿化最佳结构。

本章思考题

1. 为什么说，园林绿地是城市生态系统中重要的自然生态组成部分？
2. 园林绿地在改善小气候、净化空气和减少噪声方面，有哪些效应？
3. 假若一个城市，完全没有或基本没有园林绿地，这个城市将会是一个什么状态？从城市生态系统的结构和功能角度进行说明。

本章作业

访问本地区一所中等条件的城市中学，了解该校开展园林绿化生态效应观测活动方面的物质条件和学生能力，然后制定一份中学生观测园林绿地某一生态效应的活动方案。

本章参考书目

1. 改善生态环境课题组 1989 《改善生态环境》 学术书刊出版社
2. 监测分析方法编写组 1983 《环境监测分析方法》 城乡建设环境保护部环境保护局
3. 内蒙古大学生物系 1986 《植物生态学实验》 高等教育出版社
4. 孔国辉等 1988 《大气污染与植物》 中国林业出版社

杨 悦

第十八章 参观植物园

导 言

植物园不同于一般公园，它是为了研究和普及植物科学而专门设立的植物园地。植物园的类型很多，如果按其内容来分，有以植物分类为主的植物园、以植物为主的植物园、以植物地理为主的植物园、以植物资源为主的植物园、以及以观赏植物为主的植物园等几种不同类型。各种类型的植物园，虽然具体作用互有不同，但它们都担负着植物引种驯化、收集和保存珍稀濒危植物和普及植物学知识等三项基本任务。

组织中学生在植物园参观，主要不是为了欣赏花木，愉快身心，而是一次正式的生物科技活动。因此在参观以前必须明确目的，制定计划和作好各项准备工作；参观中必须组织学生认真观察，进行分析比较；参观后必须进行总结收获，巩固提高。

本章由“植物园的类型和任务”、“参观植物园的方法”及“活动方案举例”等三节组成。鉴于当前介绍植物园的资料不多，本章还附录了“国内外植物园简介”，供学习时参考。

18.1 植物园的类型和任务

一、植物园的类型

世界各国的植物园，按照它们的内容，大致分为以下一些不同的类型。

1. 以植物分类为主的植物园

一些建园较早的植物园，大都以植物分类学的理论为指导，按科或按属栽植大量引种成功的植物。例如二百多年前建立的英国皇家植物园（Royal Botanic Garden）简称邱园（Kew），一百多年前建立的美国阿诺尔德树木园（Arnold Arboretum）简称阿园，都是以突出植物分类学的成就而著称于世。邱园的大部分植物按科、属分类种植，如竹园、木兰园、铁线莲园、鸢尾园、月季园、杜鹃谷、小檗谷等，最集中的要数它的草木植物园，其中展出的6000多种草本植物，均以科为基本单位，按英国植物学家哈钦松（Hutchinson）的分类系统排列、栽植成条状花坛。阿园的乔灌木都是以属为单位安排种植，如灌木区中的丁香属（*Syringa*）、蔷薇属（*Rosa*）、小檗属、溲疏属（*Deutzia*）、绣线菊属（*Spirae-a*）、榲桲属（*Cydonia*）、八仙花属（*Hydrangea*）等等，但同科的各属不一定安排在一起。

在以植物分类为主的植物园中，也有一些规模较小的植物园，专门致力于搜集某一个属的植物，如美国加州一个森林植物试验站的树木园，专门搜集松属植物，已搜集到72种、35个变种、90个杂交种，北半球的松属植物几乎已全部收齐。

2. 以植物生态为主的植物园

有些植物园致力于栽植特殊生态习性的植物。如我国的庐山植物园，重点栽植亚热带山地植物；云南西双版纳热带植物园，专门栽植热带植物；澳大利亚的阿德莱德（Adelaide）植物园专门栽植抗旱植物和耐盐植物；我国武汉植物园突出水生植物；甘肃民勤沙生植物园专门栽种各种沙生植物；宁

夏的盐池沙地旱生灌木园，主要种植各种沙地旱生灌木等等。

3. 以植物地理为主的植物园

有些植物园为了表示植物的地理分布，按世界地理区划分别种植各该地区有代表性的植物。例如德国柏林大学主办的大莱植物园（Berlin-Dahlem Botanischer Garten），就是最先以植物地理为主建立起来的。

在本类型植物园中，一些小型植物园往往只收集种植某一地区的植物，如苏格兰的圣·安德鲁斯（St. Andrews）大学植物园、专门收集喜马拉雅山的植物；美国阿卡迪亚（Arcadia）树木园重点收集澳大利亚植物；芬兰的一个植物园专门收集北极植物等等。

4. 以植物资源为主的植物园

不少植物园致力于引种一类或几类资源植物，如药用植物、橡胶植物、芳香植物、饲料植物、地被植物、行道树、果树、绿篱等等，均有专门收集的植物园。其中在我国专门收集药用植物的植物园最多，如北京药用植物园、南京药用植物园、广西药用植物园、四川药用植物园、贵阳药用植物园等。

5. 以观赏植物为主的植物园

有些植物园主要种植各种观赏植物，特别是园林部门的植物园，为了城市园林示范，都收集了大量观赏植物，栽种在露地或温室。如北京植物园（北园）开辟了丁香园、牡丹园、碧桃园、绚秋园（赏叶和赏果）、木兰园、宿根花卉园、以及热带、亚热带观赏植物温室等园地。

6. 其它特色的植物园

有些植物园具有特殊内容，如英国剑桥大学植物园按引种年代栽种植物、以展示植物引种的历史；瑞典乌普萨拉（Uppsala）植物园按照林奈分类系统种植植物，用以纪念这位瑞典植物分类学家；德国和匈牙利都有以栽培的谷类和豆类为主的植物园等等。

二、植物园的基本任务

不同类型的植物园，往往各有独特的作用，但从总的方面来说，各类植物园都具有以下三项共同的基本任务。

1. 植物引种驯化

植物引种是指人类将野生植物或外地栽培植物引入本地区进行栽培的一种手段。植物驯化是指人类定向改变植物的本性，以适应新的环境条件的过程。

植物引种、驯化是植物园最重要的任务，虽然农、林、园艺、医药、畜牧等很多部门都在进行植物引种驯化工作，但只有植物园将植物引种驯化作为主要工作，并且大规模地进行。植物园中种植的植物种类多的已达四五万种（邱园），少的只有一二百种（美国加州森林植物试验站植物园）。但不管是多是少，这些植物，无一不是引种驯化的结果。两三百年来，各国植物园的工作人员们，根据引种驯化理论，运用引种驯化方法，使各种植物从野生变为栽培，从国外变为国内，从南方变为北方，从无用变为有用。其中，各种野生植物的引种驯化工作占有最重要的位置。它们当中，已有大量种类经过植物园引种驯化后，被用于生产实际，并且发挥着巨大作用。

植物园承担的引种驯化工作，不仅面向经济植物、将大量野生植物应用于人类生产和生活实际，而且还要为植物学的科研服务。如为植物分类学、植物生态学、植物地理学和植物形态学等学科搜集有关植物种类，此外还为

育种工作储备大量的种质资源(“基因库”)。

2. 收集和保存珍稀濒危植物

珍稀濒危植物都是分布范围狭小、植株数量稀少和濒于绝灭的植物种类。各种珍稀濒危植物不仅具有重大的经济价值,而且其中许多种类是第三纪的子遗植物(活化石),有着非常重要的理论意义。

世界各地的珍稀濒危植物急待收集和保存,而保存它们的最理想环境就是植物园。因此,各国植物园大都设立专门场地,用来种植各种珍稀濒危植物。

我国是世界上珍稀濒危植物种类多的国家,各省市的植物园都很重视珍稀濒危植物的保存工作。如成都植物园辟有木兰园,收集有7属60余种木兰科珍稀植物。华南植物园设立苏铁园,收集有国内8种苏铁属(*Cycas*)植物。湖南森林植物园、南岳树木园,武汉植物园、贵州植物园、昆明植物园、西双版纳热带植物园、沈阳应用生态所树木园等,都在园内专门开辟珍稀濒危植物区,保存着一批我国的珍稀濒危植物,举世闻名的我国子遗植物水杉(*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng)、水松[*Glyptostrobus pensilis* (Lamb) k.koch]、银杉(*Cathaya argyrophylla* Chun et Kuang)、银杏(*Ginkgo biloba* L.) 秃杉(*Taiwania flousiana* Gausson)、鹅掌楸[*Liriodendron chinensis* (Hemsl.) Sarg.]、杜仲(*Eucommia ulmoides* Oliv.) 等都被多处植物园精心栽植着。

3. 普及植物学知识

植物园不仅担负着引种驯化等科研工作,也负有普及植物学知识的任务。

植物园大都将园内分为开放展览区和非开放地区两部分。前者设置若干个植物露地种植区和温室植物区,有的还建有博物馆和儿童园地,用于普及植物学知识;后者设有标本馆、实验室、图书馆、苗圃、实验区等机构,用于科学研究。

为了更好地开展科学普及工作,植物园一般都将开放区建设成具有园林外貌和科学内涵的植物展览园地。对展览园地中的每一种植物,都设有名牌,名牌上书写土名、学名、所属科名、原产地及经济用途等项内容。有的植物园还配备咨询人员,向参观者介绍各种植物,并解答参观者提出的各种问题。

18.2 参观植物园的方法步骤

一、参观类型

到植物园参观，就其内容而言，主要有以下三种类型：

1. 开扩眼界

一般条件较好植物园，不仅植物种类繁多、具有各种生态类型，而且还种植有许多珍稀植物。因此，可以利用植物园的这一有利条件，选择若干彼此差别明显的植物种类，引导学生进行观察，开阔他们的眼界，培养他们学习和研究植物学的兴趣。

所谓开扩眼界是指在参观中，使学生对指定观察的植物进行一般性观察，掌握该种植物的一般特点，而不需深入了解植物的具体特征。这种参观类型适合初次参加植物科技活动的初中一二年级学生，通过开展本类型的参观活动，可以使他们获得植物多样性的知识。

2. 识别植物

植物园中的各种植物，大多按照科、属分类单位，一科一属的排列种植。各种原产地和原生境不同的植物，在植物园内彼此生长在一起，这就为识别植物提供了非常方便的条件。

识别植物是指组织学生指定植物的茎、叶、花、果形态特征，进行深入细致的观察，并对不同种类植物进行比较，达到识别物种、掌握科属特征的目的。这种参观类型，可以提高学生植物分类方面的知识。

3. 观察变异

植物园所引种驯化的各种植物，大多已程度不同地发生了变异，适应了植物园所提供新的环境条件。这类变异常常表现在植株高矮、叶片厚薄、叶色深浅、体表被毛疏密、花朵大小、花色浓淡、茎的直立、缠绕、匍匐或攀援等方面。开展这类参观活动时，教师应向学生提供被观察植物在野生或原产地的性状表现，使学生能够进行分析对比。

因此，观察变异是指组织学生将指定植物的形态特征和生长习性与野生或原产地时的状态相比较，确定发生了哪些变异，并分析这些变异产生的原因。这种观察类型适合已具备一定植物知识的学生。通过这类活动，可以使学生掌握植物生态和植物地理方面的知识。

二、参观前的准备

1. 制定参观方案

植物园的植物种类繁多，如果在一次参观中漫无边际地什么都看，势必“走马观花”，收获不大。所以教师事先应制定详细的参观方案，用以指导整个参观过程。

参观方案应包括参观目的，参观类型、参观植物园的哪一部分，观察哪些植物种类，参观方法步骤，注意事项，以及总结方式等。制定参观方案应本着少而精的原则，根据学生的知识、能力和体力条件，确定适当的参观内容和范围。

2. 教师进行预查

植物园面积很大，每种植物都有一定的种植地点，为了使参观活动顺利进行，以免临时到处寻找，教师应事先到植物园进行预查。通过预查，明确

各种植物区的确切位置，了解各种植物的生长状态。

在预查中，教师还应与植物园的有关技术人员取得联系，询问某些植物的来源和引种驯化过程，并索取或购买有关资料。

3. 培训学生

根据参观方案和预查结果，教师应从以下三个方面对学生进行培训。

(1) 介绍植物园的性质、任务、面积、植物种类和园内分区情况，使学生对植物园有一个大致了解（如果不是第一次参观，本项内容可不进行）。

(2) 讲解本次参观方案，使学生明确本次参观目的和内容。

(3) 讲解有关植物的分类、生态和地理分布方面的知识，并布置学生阅读有关资料，作好参观前的知识准备。

如果一次参观的学生较多，教师难以逐一进行指导，可事先将参观方案印发给学生，使学生在参观中有所依据。

三、参观过程

1. 按照参观方案进行参观

参观时，如果为了开扩眼界，则可由教师带领，逐一进行观察；如果属于识别植物和观察变异，则应组织学生按照参观方案要求，三三两两分散观察，并将观察结果及时进行记录。

无论是哪种类型的观察，都应该避免采取列队参观、边讲边走的方式，这种方式收效很小，因为在这种情况下，学生没有思考的余地，往往边听边忘。因此应在教师指导下，让学生独立观察和思考。此外，学生的原有知识并不完全相同，兴趣也不一致，对于方案中规定观察的植物，有的学生对其中某些种类已经有所了解，而另一些学生可能完全生疏；有的学生对某一种植物有特殊兴趣，而另一些学生则可能不喜欢。因此，在保证完成参观方案基本要求的前提下，应允许学生们的观察内容各有侧重。而且在指定的范围内，也应允许学生自由观察，教师不要处处强调统一行动。

2. 进行思想教育

在参观过程中应对学生进行爱国主义和辩证唯物主义思想教育。

我国各地植物园所引种的植物大多原产我国，它们都具有这样或那样的经济价值，是祖国珍贵的植物资源。在参观过程中，教师应有意识地对学生讲解这方面内容，以激发学生的爱国主义思想。

植物园常常种植着各种水生植物，沼生植物、岩生植物、沙生植物和盐碱植物等不同生态类群，它们各自都保持着与其生态环境条件相适应的形态特征，体现着植物体的形态结构与其环境条件的高度统一。在北方植物园的温室中，还经常种植各种肉质多浆植物，这类植物虽属于不同科属，但都具有相似形态结构，体现着植物界演化过程中的趋同规律。植物园内这些丰富多采的植物，是树立学生辩证唯物主义思想的活教材，教师应充分加以利用。

在参观过程中进行各种思想教育时，要结合具体的观察内容进行，并且适可而止。不要搞“附加”，也不要“喧宾夺主”。

四、总结

参观结束后应及时组织学生进行总结。要求学生将参观内容整理成一份书面作业，其内容应包括观察的植物名称、形态特点、原产地、经济价值、学术意义以及在植物园栽培条件下有哪些性状变化等内容，还应从分类学和生态学角度进行分析。

五、开展保护珍稀濒危植物的活动

在总结的基础上，组织学生进一步查阅有关资料，整理一份本地区珍稀濒危植物的资料，其内容包括种类、分布、经济用途、生态价值、理论意义及现在状况等。然后以墙报或广播稿的形式在校园内进行宣传，号召全校学生都来保护濒危植物。也可进一步组织学生撰写保护野生植物方面的文章，向有关报刊杂志投稿。上述这些作法，不仅对保护珍稀濒危植物进行了宣传，也使学生的知识和能力得到了提高，而且使他们更加喜爱生物科技活动。

18.3 活动方案举例

北京植物园（南园）裸子植物区参观方案

一、裸子植物区概况

该展区共收集国内外裸子植物银杏科、松科、柏科、杉科、红豆杉科、麻黄科等 6 科、16 属、49 种。其中以松科和柏科的属种最多，共有 11 属、44 种。

二、参观目的

识别松科和柏科 12 种植物，并归纳松、柏两科的特征。三、参观时间
五月上旬进行。

四、参观的裸子植物种类

- (1)油松：原产我国华北。
- (2)白皮松：原产我国华北。
- (3)华山松 (*Pinus armendi* Franch)：原产我国西北。
- (4)花旗松 [*Pseudotsuga taxifolia* (Poir.) Britt.]：原产北美。
- (5)日本冷杉 (*Abies firma* Sieb et Zucc.)：原产日本。
- (6)雪松 [*Cedrus deodara* (Roxb.) Loud.]：原产喜马拉雅山。
- (7)华北落叶松 (*Larix principis-rupprechtii* Mayr.)，原产我国华北。
- (8)青扦 (*Picea wilsonii* Mast.)：原产我国华北。
- (9)侧柏：原产我国华北。
- (10)圆柏：原产我国中部。
- (11)杜松 (*Juniperus rigida* Sieb.et Zucc.)：原产我国西北。
- (12)香柏 (*Thuja occidentalis* L.)：原产北美。

四、参观项目

观察 12 种裸子植物的以下形态：(1)叶形；(2)叶序；(3)是否落叶；(4)大、小孢子叶球形状和颜色；(5)大、小孢子叶在大、小孢子叶球上的排列顺序；(6)珠鳞苞鳞结合状态；(7)种子是否具翅。

五、参观步骤

- (1)参观前的准备工作
 预查。
 组织学生查阅松科、柏科分类资料。
- (2)参观时先由教师介绍上述 12 种植物的栽植地点、名称和原产地，然后由学生自己根据参观项目进行观察。
- (3)参观结束返校后，要求学生写出参观总结，内容包括两个方面。
 12 种植物的形态特征。
 松科和柏科特征。

本章思考题

1. 植物园有哪些类型？各类型的特点是什么？

2. 植物园的任务有哪些？根据中学生物科技活动的需要，植物园在普及植物学知识方面应进行哪些工作？

本章作业

根据自己所在城市植物园的植物种类，制订一份以开扩学生眼界为目的的参观方案。方案中应包括参观的植物种类、参观方法步骤和注意事项等内容。

本章参考书目

1. 余树勋 1982 《植物园》 科学出版社
2. 中国植物学会植物园协会 1991 《中国植物园参观指南》 金盾出版社

附录 国内外植物园简介

一、国内植物园方面

我国以近代科学技术为基础建立起来的现代植物园，已有近 80 年的历史。据不完全统计，目前全国植物园总数已达 110 个（包括树木园），除河北和西藏外，其余省区都先后建立了植物园。现将其中部分植物园摘要介绍如下。

1. 北京植物园（南园）

北京植物园（南园）隶属于中国科学院植物研究所。地处北京香山东南。位于东经 $116^{\circ}28'$ ，北纬 $39^{\circ}48'$ ，海拔 76 米。属暖温带大陆性气候。该园创建于 1956 年。现有土地面积 56 公顷，拥有各类植物近 5000 种（包括品种），成为我国北方种质资源保存的集中地之一，也是我国北方专门从事植物引种栽培的科研基地之一。现在园内已建成的展览区有树木分类园、宿根花卉园、牡丹园、月季园、药用植物园、野生果树资源区、环保植物区、水生藤本植物区、热带亚热带植物展览温室及植物进化展览室等。

2. 北京植物园（北园）

北京植物园（北园）隶属于北京市园林局。地处北京香山东北。位于东经 $116^{\circ}28'$ ，北纬 $39^{\circ}48'$ ，海拔 66~160 米。属暖温带大陆性气候。该园创建于 1956 年。现有面积 157 公顷，拥有各类植物 1200 种（包括品种）。该园致力于为城市绿化美化提供新优植物及相应栽培技术，并大力进行园林植物栽培展览和科普工作。已建成开放部分主要有牡丹园、丁香园、碧桃园、宿根花卉园、绚秋园、竹类园、树木园、展览温室、古迹游览区、樱桃沟自然保护区等。

3. 北京药用植物园

北京药用植物园隶属于中国医学科学院药用植物资源开发研究所。地处北京市西北郊。位于东经 $116^{\circ}25'$ ，北纬 $39^{\circ}47'$ ，海拔 50 米。属暖温带大陆性气候。创建于 1984 年，全园现有土地 20 公顷，共收集药用植物 1300 种。设有展览区、教学实习区、繁育区、保种区、引种驯化试验区、展览温室等区，是我国目前最大的专业性药用植物园。

4. 北京教学植物园

北京教学植物园隶属于北京市教育局。地处北京城区龙潭湖南侧。位于东经 $116^{\circ}20'$ ，北纬 $39^{\circ}58'$ ，海拔 40 米。属温带大陆性季风气候。建园宗旨为中小学数学服务，是中国唯一由省（市）教育部门建立的植物园。全园土地面积为 11.6 公顷、现已建成植物分类区、生物科技园、繁育实验温室、实验室、教室等。

5. 南京中山植物园

南京中山植物园隶属于江苏省科委。地处南京东郊。位于东经 $118^{\circ}48'$ ，北纬 $32^{\circ}07'$ ，海拔 30~40 米。属北亚热带温暖湿润气候区。该园前身是建立于 1929 年的孙中山先生纪念植物园，抗日战争中遭到破坏，1954 年重建植物园。现在也是江苏省植物研究所的所在地，是所、园一体的综合性研究机构。全园现有土地面积 186.6 公顷，拥有各类植物 3000 多种（包括品种），是我国中、北亚热带地区植物种质资源保存的集中地之一，也是我国华东地区从事植物资源开发、利用、改造和保护的重要科研基地之一。现

设有园林植物区、植物分类系统园、树木园、松柏园、药用植物园、经济植物选育区和展览温室等展区。

6. 庐山植物园

庐山植物园隶属于江西省科委。地处庐山含鄱口。位于东经 $115^{\circ}49'$ ，北纬 $29^{\circ}35'$ ，海拔 1000~1300 米。属亚热带季风气候区。该园创建于 1934 年，现有土地面积 300 公顷，主要从事长江中下游亚热带山地野生植物资源调查、引种驯化、种质保存和开发利用。现已建成和即将建成的展览区有树木区、松柏区、猕猴桃园、岩生植物园、草花园、温室区、药圃、茶园及国际友谊杜鹃园等展区。共有植物 3000 余种。

7. 湖南森林植物园

湖南森林植物园由湖南省林业厅和省科委双重领导，地处长沙市南郊。位于东经 $113^{\circ}01'$ ，北纬 $28^{\circ}20'$ ，海拔 81 米。属亚热带季风气候区。该园创建于 1985 年，土地面积为 140 公顷，已有植物种类 3000 余种。现已建立丘陵树种示范区、植物分类区、观赏植物区、引种驯化区、果树示范区、珍稀濒危植物区、和展览温室等展区。在上述各区中丘陵树木示范区和珍稀濒危植物区很有特色。

8. 华南植物园

华南植物园隶属于中国科学院华南植物研究所，地处广州市东北郊。位于东经 $113^{\circ}21'$ ，北纬 $23^{\circ}10'$ 。属亚热带南缘，现有土地面积约 300 公顷，引种国内外的热带、亚热带植物已达 5000 种，是开发我国华南热带亚热带植物资源、研究植物的引种驯化和普及植物学知识的园地。园内设有 14 个展区。主要有热带植物区、棕榈植物区、竹类植物区、孑遗植物区、园林植物区、药用植物区、经济植物区、荫生植物区、苏铁园、姜园及兰园等。

9. 西双版纳热带植物园

西双版纳热带植物园隶属于中国科学院昆明植物研究所。创建于 1959 年。地处西双版纳勐腊县。位于东经 $101^{\circ}25'$ ，北纬 $21^{\circ}41'$ 。平均海拔 570 米。属热带气候。该园总面积 900 公顷，现有热带植物近 3000 种，是我国热带植物资源的重要研究基地。园内建有 13 个专类植物展览区。有珍稀濒危植物迁地保护区、引种植物区、棕榈植物区、荫生植物区、水生植物区、竹区、药用和芳香植物区、材用植物区、热带裸子植物区、龙脑香科植物区、热带果树资源区、热带野生花卉区及民族植物区等。

10. 民勤沙生植物园

民勤沙生植物园隶属于甘肃省治沙研究所。地处巴丹吉林沙漠东南缘。位于东经 $102^{\circ}58'$ ，北纬 $38^{\circ}34'$ ，海拔 1340 米。属典型大陆性气候。创建于 1974 年。是以沙生、旱生植物引种驯化、栽培选育为中心、直接为治沙造林服务的科学研究机构。全园现有面积 67 公顷。已建成植物展区有：沙生植物综合展览区、固沙造林实验区、特殊属种展览区、乔木展览区、草本展览区、天然灌丛封育区、濒危植物区、松柏树种展览区、经济植物区、中草药区及观赏植物展览区等。各展览区的植物大多是沙生和旱生种类。

11. 浑江树木园

浑江树木园隶属于吉林省浑江市林业科学研究所，地处浑江市大阳岔施业区。位于东经 $126^{\circ}42'$ ，北纬 $42^{\circ}1'$ ，海拔 650~1080 米。属中暖带大陆性气候。该园创建于 1985 年，全园现有面积 97.56 公顷，拥有各类植物 382 种。该园大量引种长白山区西侧、东北林区的树木，现建有标本区、阔

叶树种区、针阔混交区、针叶树种区、高山植物区、越橘区及中草药园等分区。

二、国外植物园方面

世界各国植物园数量已近千个，分布在南、北半球的温、热地带，举不胜述。下面仅将举世闻名、内容丰富的英国皇家植物园、美国阿诺尔德树木园和加拿大蒙特利尔植物园介绍如下：

1. 英国皇家植物园

简称邱园。地处伦敦郊区 太晤士河东岸。创建于 1759 年，占地 120 公顷。由于多年引种驯化，园内植物已有 45000 种（包括变种），还收藏植物标本 400 万份（包括浸制标本），此外还有四座博物馆和一座图书馆，堪称世界上第一流的植物学研究中心和植物宝库。邱园原为皇室所有，至 1841 年正式交给英国政府经营。

邱园 90% 的面积对外开放，建立开放区。开放区内的植物大部分按植物分类单位进行种植，组成一个个展区。如竹园、木兰园、铁线莲园、鸢尾园、月季园、杜鹃谷、小槲谷等。大多数草本植物集中种植，组成草木植物园。其中展出的 6000 种草木植物均按哈钦松分类系统排列种类。温室中的植物，大多也按植物分类的要求，按科属种植，如棕榈室、蕨类室、天南星科室、兰室、睡莲室等。但也有少数植物按生态类型或地理分布进行种植展出，如露天的岩生植物园、湿生植物园、喜石灰质植物园；温室中的高山植物室，多浆植物室及澳大利亚植物室等。

邱园的非开放区是进行科研的地区，其中有苗圃实验区、植物学实验室、标本馆及图书馆等。

2. 美国阿诺尔德树木园

简称阿园。地处美国东北部马萨诸塞州的波士顿城郊区。属于哈佛大学。创建于 1879 年，距今已有 100 多年的历史。全园面积 153 公顷（分为两处），现有植物 8000 余种。

园内 80% 的面积属于开放区，而其中绝大部分是树木区。树木区的乔灌木均以“属”为单位安排种植（但同科的各属不一定安排在一起）。

非开放区主要是进行研究实验。其中有实验室、实验温室、实验苗圃、繁殖荫棚、矮生松柏植物搜集区、图书馆及标本馆等，其标本馆中收藏植物标本达 90 万份。

3. 加拿大蒙特利尔植物园

简称蒙园。地处加拿大奎北克省蒙特利尔市，隶属于蒙特利尔市政管理委员会。创建于 1932 年。面积 73 公顷。园内植物有 15000 种。

蒙园的植物分区有多年生观赏植物区、经济植物区、果园、灌木搜集区、药用植物区、岩生植物园、美印植物区、矮生果树园、绿篱植物园、水生及湿生植物区、鸢尾园、植物分类区、植物生态模拟区、树木园、松柏园、植物遗传展览区、草地及草坪植物展览区、花园示范区、耐荫植物区、植物形态区、一年生花草区、温室区及儿童园地等。

由蒙园的上述植物分区情况，可以看出，它打破了以前古老植物园的框框，重视科学普及工作和园艺学内容，显得生动活泼，更接近群众生活。

（杨悦）

第十九章 参观动物园

导 言

动物园的类型很多，除正规动物园外，还有公园附带的动物园、水族馆、自由散放式动物园、野兽饲养场、专门内容的动物园、本地种类的动物园、大学和研究所的动物园以及儿童动物园等不同类型。

各种类型的动物园，一般都担负着观赏游览、普及野生动物知识、科学研究及保护野生动物等任务。其中普及野生动物知识的任务与中学生物科技活动有着密切联系。

组织中学生在动物园参观，是一项重要科技活动。组织者必须制定参观方案，做好准备工作，组织好现场参观，并进行总结，使整个参观活动有始有终。

本章内容包括“动物园的类型和任务”、“动物园的参观方法”及“活动方案举例”等三节。

19.1 动物园的类型和任务

一、动物园的类型

据不完全统计，全世界的动物园约有 900 所左右。根据它们的不同性质，可分为以下 9 种类型。

1. 正规动物园

正规动物园是各类动物园的主要类型。世界各国的著名动物园，大多属于本类型。如北京动物园、上海动物园、华盛顿动物园、伦敦动物园、柏林动物园及东京上野动物园等等。这类动物园独立开设，修建动物笼舍，饲养和展出各类野生脊椎动物，而且全部对社会开放。

在正规动物园中，为了便于饲养管理，一般按动物分类系统，将生态习性接近的动物归到同一展区进行展出。如兽类的猿猴区，食肉猛兽区、食草兽区、杂食小兽区和水兽区，鸟类的小型鸟类区、水禽区、雉鸡区和猛禽区等，关于爬行类、两栖类和鱼类、在规模较大的正规动物园也都分区展出。

2. 公园附带的动物园

这类动物园附属于某一公园，饲养和展出的动物种类远较正规动物园为少，但完全对社会开放。如纽约中央公园附属的动物园，芝加哥林肯公园附属的动物园等。

3. 水族馆

为独立开设。这类动物园占有相当大的比重，在 900 余所动物园中，占 100 所左右。按其形式和内容，又可细分为三种：一种是传统的展览鱼类和水族的馆舍；第二种是兼水族馆和两栖、爬行馆于一身；第三种是设在海边的大型综合性水族馆，馆内不仅有上述第一二种水族馆的动物种类，还饲养有各种水兽。这种水族馆为了突出各种会表演的水兽。大多不叫水族馆，而使用“海洋公园”、“海上天地”或“海上世界”等名称。

4. 自由散方式动物园

一般取名为动物公园或野兽公园。以大型兽类为主，动物散放于园内各

处，任其自由活动。如有水池，则水池中也散放各种水禽。这类动物园的种类少于一般正规动物园，但富有自然趣味和真实感。园内面积较大，离城较远。在这类动物园中，建园最早的是英国惠布斯奈动物园，建于1931年，面积约200公顷。近年来，英国的一些原来贵族庄园别墅，纷纷开办自由散放式动物园。这些庄园别墅面积很大，养有珍稀动物，而且园内风景优美，常吸引不少人前往参观游览。由于园内所放养的动物大多为温顺的草食兽类，因此游人可在园内随意走动参观。如原饲养麋（四不象）著称世界的乌邦寺，即贝福特公爵别墅，现已开辟成自由散放式的动物园了。

美国圣迭戈公园附设的野兽公园（自由散放式）与上述英国同类动物园不完全相同。该动物园面积约有660公顷，园内设有非洲草原区，亚洲丛林区、大西洋区等，分别展出各大洲所特有的动物类群。这些动物类群在各自的展区中自由活动，其中既有草食动物，也有凶猛肉食动物，因此参观者要呆在带有保护设施的交通工具中，并按规定的路线游览参观。

5. 野兽饲养场

野兽饲养场以饲养繁殖大型珍贵动物为主要目的，附带开放一部分让人参观。但冬季则停止参观，以便于集中力量进行动物繁殖和驯化工作。如美国的开斯基尔野兽饲养场（330公顷），场内有成群的野马、野牛、麋鹿、白犀牛、斑马、鸵鸟等。是观察野生动物的好场所。

6. 专门内容的动物园

这类动物园只饲养某一类动物，如德国的一所鸟园，专门饲养鸟类，养有鸟类980种、5400多只；新加坡的鸟园有鸟261种、5000多只；泰国的鳄鱼饲养场养有鳄鱼10000多条；澳大利亚有专门展览爬行类的动物园；南非有专门展览毒蛇的动物园；美国迈阿密有专门的猿猴动物园名叫猿猴“丛林”，将许多猿猴散放在一个亚热带园林里，供人们参观；斯里兰卡有蝴蝶公园；美国华盛顿有昆虫动物园，该园允许参观者将展览的昆虫从橱窗里拿出来抚摸，以增加昆虫爱好者对昆虫的感性知识。

7. 本地种类的动物园

这类动物园专门展览本地动物，配合当地自然景观，突出动物区系特点，如美国加利福尼亚州和亚利桑那州的沙漠动物园、佛罗里达州的沼泽公园等。佛罗里达州沼泽公园是一个陆地、沼泽及水生动植物生态系统的自然保护区，在保护区内设有观赏塔，从塔中可看到鳄鱼、海牛、野鹿及各种水鸟的自由活动情景。

8. 大学、研究所动物园

这类动物园专为教学和科研工作服务，供学生和科研人员观察。美国、德国和南非等国都有此类动物园。

9. 儿童动物园

主要饲养一些性情温顺的中小型家畜、家禽，混合散放在场地上，供儿童观察。儿童们可以用手抚摸它们，也可以亲自进行饲喂。英国伦敦有一所名叫水晶宫的儿童动物园，美国和日本也都开设了这类动物园。

二、动物园的任务

1. 观赏游览

动物园是以动物展出为主体的特殊形式的公园，它的首要任务是对社会开放，供人们观赏游览。

为了搞好观赏游览，世界各国动物园，在全园规划和动物笼舍建筑方面，都尽量朝着科学化、实用化、自然化和艺术化的方向发展，取得了很好的效果。在这方面，穿行式鸟棚就是一个突出的例子。这种鸟棚，面积一般为700~1000平方米，高10米左右，全部由不锈钢网围成，棚内栽种各种树木花草，并配置有假山、溪流和草地，在树木草丛间，放养着各种鸟类，任其在棚内自由飞翔。游人通过黑暗巷道进入棚内，宛如置身于大自然之中，参观效果极佳。

从七十年代以来，各国动物园在展出的动物种类方面有所调整，一般都在减少普通种类，突出稀有珍贵种，特别是濒危种类的展览。许多种啮齿类小动物、水禽、鸣禽、蛇类、蛙类等，由于形态彼此相似，又是普见种类，都已陆续被撤出展室，取而代之的是各种珍稀濒危动物。因此，展出的动物种类较过去减少，但动物质量却有了很大提高。

2. 普及野生动物知识

动物园也是普及野生动物知识的理想场所，对青少年的影响很大。目前，各国动物园开展的科学普及工作，大致有以下几种方式。

动物说明牌。说明牌悬挂在动物笼舍前，牌上写有动物名称、产地、生活习性以及和人类关系等内容，有的还画有该动物的外形图。人们根据说明牌就可以对笼舍内的动物有一个大致了解。

(2)建立科普画廊。科普画廊是一种以图为主，系统介绍园内各种动物的场所，由于图文并茂，很受参观者欢迎。

(2)导游图、画册和科普书籍。这类资料，由于将知识性和趣味性溶在一起，也很受广大自然爱好者的欢迎。

(4)广播和电视。一些大型动物园，常和当地广播台、电视台合作，拍摄电视录相片和编撰文字宣传资料，供广播台和电视台播放。英国伦敦动物园还制作了专门节目定期在广播台和电视台播放。

(5)成立教育组，开展科普工作。许多动物园还成立了教育组、设有课堂、讲演厅、展览室、实验室、饲养室等设备。经常举行报告会、座谈会，开展中小学生的课外饲养观察，每年还为青少年举办暑期学校或夏令营活动。

3. 科学研究工作

动物园也是野生动物的研究基地。在研究内容方面，主要有以下几个方面。

(1)动物形态、分类和解剖学方面。动物园的早期研究工作偏重于形态、分类和解剖生理方面。经过近百年来工作，这方面已积累了大量资料，新的研究对象已为数不多了。

(2)动物生态学和行为学。近几十年来，动物园与野外工作相结合，在动物生态和动物行为方面作了大量工作，培养了很多人材，写出了不少出色作品。

(3)动物胚胎学和遗传学。这方面也有很多研究工作是在动物园中进行的，特别有关动物染色体的研究，近年来作得很多，并有一些新的发现。

(4)实用科学。包括饲养管理和兽医防治两个方面，是动物园长期以来一直坚持的研究项目。

4. 保护野生动物

动物园在保护野生动物方面具有非常重要的作用，特别在挽救濒危动物

方面，起的作用最大，诸如加拉帕戈斯象龟、古巴鳄、夏威夷雁、美洲鸣鹤等，都是由于动物园的饲养保护，才得以保存下来。现在，新德里动物园正在发起孟加拉虎（*Panthera tigris tigris*）的保护工作，有些动物园正在联合发起保护阿拉伯叉角羚等动物。

为了保存珍稀动物，各国动物园都在研究珍稀动物的繁殖问题，而且取得了不少成就。如我国北京动物园和成都动物园成功繁殖了大熊猫（*Ailuropoda melanoleucus*），上海动物园成功繁殖了金丝猴（*Rhinopithecus roxellanae*）和扬子鳄，重庆动物园成功繁殖了华南虎（*Panthera tigris amoyensis*）等，都为保存我国特产的世界级珍稀动物作出了积极贡献。

19.2. 动物园的参观方法

一、参观时间

动物园中的动物，一年四季的活动状态并不完全相同，一天的早、中、晚活动状态也并不始终一样。为了使参观获得最佳效果，应选择理想的季节和时间。

1. 一年中理想的参观季节

在一年当中，春秋两季是动物园最活跃的季节。春天，天气转暖，在舍内关闭一冬的各种动物，被释放到运动场上活动，此时的动物大多在运动场上尽情舒展身躯，欢腾跳跃，相互追逐。春天正是鸟类发情的季节，各种鸟类的鸣叫和飞翔都很频繁，孔雀（*Pavo muticus*）开屏也只有在春天才能见到。到了秋天，动物园中各种鹿类由于进入繁殖季节，显得非常活跃，公鹿间经常不停地争偶角斗，此时的袋鼠类正处于哺育幼兽时期，可以看到其幼兽进出育儿袋的情景。

因此，就一年来说，春秋两季是参观动物园的理想季节。在这两个季节参观，可以更好地观察动物的形态、运动方式和种内个体间的种种关系。

2. 一天中理想的参观时间

在一天中，动物园各种动物最活跃的时间是喂食及喂食前的一段时间。动物园每天对动物喂食时间固定不变，大约在喂食前 15 分钟左右，由于饥饿驱使，动物便开始在笼舍或运动场上不停地来回走动，一旦吃饱，便会呼呼睡去。因此，喂食及喂食前的一段时间，是一天中参观的“黄金时间”。此时参观，不仅可看清动物的形态特点，而且可以了解它们的食性和取食方式。

动物园的喂食时间，一般每天两次，具体喂食时间各地不同，须事先了解清楚。

二、参观中的观察内容

1. 形态特征

关于动物的形态特征主要应观察体形、体色、体长、体高等项内容。其中，在体形方面，应对头部、颈部、躯干部和四肢的形状，逐一进行观察记载。对于动物头部，应将其耳、眼、鼻、嘴及牙齿的特点观察清楚。关于体色一项，如果身体各部的颜色不相同，应分别记载，不要笼统对待。

2. 生活习性

对于生活习性，应着重观察食性、栖息场所和种内、种间关系等三项内容。观察食性时，不仅要观察所吃食物的种类，还应观察取食方式（撕食、咀嚼、吞食、舔食及反刍等）；关于动物栖息场所，现代动物园在建造笼舍时，大多根据动物野外的栖息环境进行仿建，虽不可能与野生栖息地完全一样，但基本能满足动物的栖息要求。如猴山、河马池、长臂猿（*Hyllobates*）的攀援架等。观察时，应注意观察动物的这些栖息场所特点，从中分析野生栖息地的类型。在种内、种间关系方面，可着重观察种内成年个体间和母兽（鸟）抚育幼儿（雏鸟）的各种表现。

3. 运动方式

不同的动物运动方式常不相同，如奔走、跳跃、攀援、游泳、飞翔、滑翔、爬行等，参观时应观察清楚。对各种动物的休息姿态也要观察记载。

4. 叫声

动物的叫声互不相同，参观中应注意收听。在动物园中，各种鸟类经常鸣叫，而兽类的吼声却很少听到，一般多在喂食前饥饿时发出阵阵吼声（如非洲狮）。

三、参观前的准备工作

1. 制定参观方案

方案应包括参观目的、参观时间、参观的动物种类、观察内容及注意事项等。其中，关于参观的动物种类，不宜过多。一次可重点观察一个展区，对其它展区可以浏览方式进行参观。

2. 预查

应由辅导教师亲自进行，而且在临近参观时进行。在预查中，除了对所观察的动物了解清楚外，还应了解可能发生的安全问题，以便事先做好准备。

3. 动员学生

参观前应对学生提出参观要求，并对有关动物知识进行讲解。为了促使学生在参观中能深入观察，可以事先向学生提出一些必须通过观察才能弄清的问题，如“动物园猴山上哪一只猴王？”、“黑熊的手掌和脚掌一样吗？”、“哪些鹿长角，哪些鹿不长角？”、“亚洲象和非洲象有几点不同？”等等。

4. 准备必要的用具用品

如望远镜、照相机、录音机、记录用品等。其中望远镜可用于观察远处小型鸟类、照相机用于拍摄珍稀濒危动物，录音机用于收录动物叫声。

四、参观过程

1. 观看动物说明牌

使学生先对要观察的动物有一个概括了解。

2. 观察动物

这是参观过程中重要内容。应作到以下三点：

在指定的展区内，使学生独立进行观察，不要采取列队参观、边走边讲边看的方式。

在观察中，教师应引导学生对各种动物的特征进行对比，找出异同点，并分析各种动物的形态特点与其生活习性之间的关系，分析形态习性特点与其野生环境条件之间的关系。

要求学生作好观察记录，并要求按照动物学有关科学术语进行记录，以培养其准确的表达能力。

3. 进行思想教育

在参观中，应结合具体动物种类对学生进行保护野生动物和爱国主义方面的教育。特别是对于濒危动物，教师应介绍其保护级别及保护意义，并通过介绍我国特有濒危动物，激发学生珍惜和热爱祖国各种动物资源的思想感情。

4. 参观中的注意事项

参观中应教育学生不挑逗笼舍中的动物，也不向笼舍中投食，尤其不能将带有塑料袋的食品投给动物，以免导致动物生病死亡。

参观中不仅要保证动物的安全，也要保证学生的安全。例如教育学生不

将手伸入笼舍内，以免被动物抓伤、咬伤等。

五、参观后的总结分析

参观结束后，应组织学生以下问题进行总结分析。

- (1) 各种动物在形态、习性、运动方式和叫声等方面的特点及相互区别。
- (2) 上述特点与其野生环境条件的关系。
- (3) 动物园应如何进一步保护好珍稀濒危动物。
- (4) 本地区有哪些野生动物需要保护。

19.3 活动方案举例

北京动物园水禽湖参观方案

一、水禽湖概况

北京动物园水禽湖共饲养游禽类 10 种、涉禽类 16 种，前者主要为雁形目鸭科和鵝形目鵝科鸟类，后者主要为鸛形目鸛科、鹭科和鹤形目鹤科鸟类。

二、活动目的

- (1) 观察游禽类和涉禽类，掌握这两类鸟的一般特征。
- (2) 识别游禽类和涉禽类中的 7 个著名鸟种。

三、活动设计

(1) 引导学生将水禽湖内的各种鸟类区分为游禽和涉禽两类，并分析这两类鸟的形态特征与其生活场所有什么关系。

游禽类特征：喙宽而扁平、腿短，趾间有蹼，善于游泳，通常在水面或近水处生活，以鱼、虾、贝类或水生植物为食。

涉禽类特征：喙细长而直、颈、腿、和趾都长，适于在浅水中涉行，通常在浅水、沼泽中生活，以鱼、虾、贝类和水生昆虫等为食。

(2) 从体形、体色、运动方式、鸣声和雌、雄形态等方面，识别以下 7 种水禽湖的鸟类。

- 天鹅 (*Cygnus cygnus*)
- 鸿雁 (*Anser cygnoides*)
- 绿头鸭 (*Anas platyrhynchos*)
- 鸳鸯 (*Aix galericulata*)
- 苍鹭 (*Ardea cinerea*)
- 白鹤 (*Ciconia ciconia*)
- 丹顶鹤 (*Grus japonensis*)

四、观察步骤

(1) 先引导学生根据生活场所的不同，将水禽湖内的鸟类分为游禽和涉禽。

(2) 指导学生观察游禽、涉禽的喙、颈、腿和趾的特点，归纳这两类鸟各自的特点及二者区别。

(3) 继续观察游禽、涉禽的身体形态特点对适应各自的生活场所有什么意义。

(4) 组织学生观看水禽湖边的动物说明牌，根据说明牌上的动物外形图，找出湖内的天鹅、鸿雁、绿头鸭、鸳鸯、苍鹭、白鹤和丹顶鹤 7 个鸟种。

(5) 引导学生用望远镜观察上述 7 种鸟类的体形、体色、运动方式、鸣声和雌、雄个体的形态、并进行记载和照相。对于鸣声，可用录音机收录。

五、总结和宣传

- (1) 组织学生对观察的内容进行以下总结：
游禽类和涉禽类的特征及其对生活环境的适应性。

天鹅等 7 种鸟类的形态特征、鸣声特点及生活习性。

(2)在总结的基础上，组织学生阅读鸟类方面的参考书，了解以下问题：
我国的游禽和涉禽各有哪些种类。

天鹅等 7 种鸟在我国的分布，是候鸟还是留鸟、生态价值、是否为濒危种类、当前受保护的状况。

(3)根据总结和查找到的资料，组织学生在校园中出版一期墙报，开展保护鸟类的宣传活动。墙报内容除文字外，应有照片和彩图，以提高宣传效果。

本章思考题

1.动物园有哪些不同类型？各种类型的动物园的特点是什么？根据现在动物园的各种不同类型，你认为今后动物园应如何发展和提高？

2.动物园的任务有哪些？从中学生物科技活动的需要出发，你认为动物园的科普任务应进行哪些工作？

本章作业

制订一份组织中学生到动物园参观的活动方案。方案应包括参观目的、观察内容、准备工作、参观过程和总结等项内容。

本章参考书目

1.谭邦杰 1980 《世界各国动物园情况介绍》 中国动物园年刊第三期 165~170

2.向培伦 1981 《动物园工作研究》 中国动物园年刊第四期 147~149

3.王杰 1982 《日本动物园和水族馆的现状与动向》 中国动物园年刊第五期 189~196

第二十章 中学生物科技活动实例

导 言

生物科学和其它科学一样，正在向高度分化和综合的方向发展。生物科学技术对社会发展的作用也越来越大。面对这一变化，中学生物科技活动也要和当前的社会发展、社会生产、社会生活紧密结合。本章的目的旨在通过跨学科的科技活动，使学生能综合运用上述各章已经学到的知识、方法和技能去分析和解决实际问题，从而了解生物科学、技术与社会的密切关系，具备运用生物科学技术造福人类的社会意识和科学是第一生产力的观念；了解进行生物科学研究的一般方法和过程，尤其是学会利用简单的器材进行生物科学研究，培养观察能力、实验能力、思维能力和严谨的科学态度，激发探索和创造热情。

20.1 果树花粉生活力的测定

一、活动目的

通过本活动，了解应用生物学发芽法进行果树花粉生活力的测定；了解生物科技活动对生产实践具有重要意义。

二、活动设计及原理

在果树杂交工作中，常常需要应用经过贮藏过的、或经过预先处理过的、或经过运输邮寄来的花粉，因而在杂交授粉前必须检查这些花粉是否具有生活力。

在正常条件下，花粉在雌蕊柱头上所具有的萌发能力就称为花粉的生活力。测定花粉生活力的方法有生物学发芽法和化学染色法等。化学染色法比较简单，但它是一种间接测定的方法，准确度不高。生物学发芽法则是测定花粉生活力的常用的也是最为有效的方法，其原理是人为创造一个适于花粉发芽的环境条件，再通过计算花粉发芽的比率来鉴定花粉发芽能力的强弱。人为条件的培养基常用蔗糖配制，其浓度为 10~25%。经验表明，不同果树的花粉对蔗糖浓度的要求不完全相同：桃以 10%为宜，苹果及梨以 10~15%为宜，柑桔一般为 10~20%，也有的种类用 25%的。也可在培养基中加入 1%琼脂，成为蔗糖琼脂培养液。培养基的 pH 值一般以 5.2~6 为宜，发芽温度控制在 20~25℃，同时要注意保湿。花粉的生活力主要由发芽率的高低来确定，同时还可根据发芽时间的长短、花粉管的长短等情况进行综合评价。

三、活动开展方法步骤

(1) 采集当地常见果树成熟、干燥的花粉若干，如桃、苹果梨、柑桔等，并准备培养皿、载玻片（最好是凹式载玻片）、计数器、蔗糖、琼脂、显微镜等器材。

(2) 视果树种类的不同而配制不同浓度的蔗糖培养液或琼脂浓度为 1%的蔗糖琼脂培养液。

(3) 将上述培养液置一滴于载玻片凹孔中或载玻片上，用头发或接种针沾取少许花粉，点播或条播于培养基上。注意使花粉分布均匀，（分散开即

可)，一般以低倍镜（目镜和物镜均为 10 倍）下每一视野分布有 100 ~ 200 粒花粉粒为宜。在向蔗糖琼脂培养基上播种时要注意不要把凝固的琼脂培养基滴面弄坏。播种完毕，置于低倍镜下检查，发现过密或过稀时应重做。

(4)将播好花粉的载玻片上贴上标签，放在湿棉花垫底的培养皿中，加盖保湿，保持在 20 ~ 25 的温度环境下。

(5)根据不同的种类，保温发芽一定时间后用低倍镜检测发芽情况。通常，苹果、梨、桃的花粉在 3 ~ 4 小时后检查第一次，以后每隔 2 ~ 4 小时检查一次。柑桔一般每隔 12 小时检查一次。每次检查三个视野，用计数器统计花粉数及发芽数，花粉发芽正常的标志是以花粉管伸长的长度超过花粉直径的长度。

(6)根据花粉发芽率、发芽时间和花粉管的长短等，参照经验，判断花粉生活力的大小。

20.2 比久对菊花矮化的影响

一、活动目的

通过应用比久矮化菊花的活动，使学生了解植物生长延缓剂的生理作用及其在农、林、园艺上的应用价值；学会配制一定浓度的植物生长调节剂，并探索最适于植物生长的调节剂浓度（针对特定的植物种类等）的方法。

二、活动设计及原理

人工合成的植物生长抑制物质已开始应用于农业生产、花卉和果树栽培等方面。植物生长抑制物质包括两大类：一类是生长抑制剂，如青鲜素、三碘苯甲酸等。这类物质对植物的顶端有很大的破坏作用，使顶端停止生长；另一类是生长延缓剂，如矮壮素，比久等。它们并不抑制顶端部分生长，但对茎部分生组织区的细胞分裂和扩大有抑制作用，导致节间缩短，虽然节数、叶片数及顶端优势保持不变，但植株矮小紧凑。

比久又称 N-二甲氨基琥珀酰胺酸，是一种常用的植物生长延缓剂。它可被植物的根、茎、叶所吸收，进入体内后主要集中于顶端分生组织，通过影响细胞分裂素和生长素等的活性，抑制细胞分裂和纵向生长，但并不影响开花和结果。

本活动采用对照和实验的方法，探讨比久对菊花植株矮化的影响。

三、活动开展方法步骤

(1) 在菊花插枝季节，扦插菊花 20 株，并分为 5 组。

(2) 将 95% 粉剂比久配制成浓度分别为 3000ppm、4000ppm、5000ppm 和 6000ppm 的溶液。配制时可根据下列公式进行：原药含量 × 原药用量 = 使用浓度 × 使用药液量。例如，配制浓度为 3000ppm 的药液 10 千克，需用 95% 粉剂比久多少克的问题，可以列出计算式： $950000 \times X \text{ 克} = 3000 \times 10,000$ ， $X = 31.58$ 克，即配制浓度为 3000ppm 的药液 10 千克，只需 95% 粉剂比久 31.58 克。其余类推。由于比久遇酸或强碱时易分解失效，因而盛装比久溶液的容器要清洁。

(3) 扦插后一周，用浓度为 3000ppm、4000ppm、5000ppm、6000ppm 的比久溶液分别喷洒实验组的菊花植株，对照组的菊花植株喷洒清水。

(4) 上盆后一周，再用不同浓度的比久溶液或清水喷洒相应的实验组或对照组的菊花一次。以后每隔 10~15 天喷洒一次，一般需喷洒 4~5 次，直到菊花现蕾为止。为防止药害，喷药可在日落后进行，并注意不和其它农药（如波尔多液、石硫合剂等）混用。

(5) 比较对照组和实验组的菊花植株，分析实验组菊花植株矮化的原因，分析比久导致菊花植株矮化的最适浓度。经过适当浓度的比久溶液处理过的菊花植株明显矮化，株型紧凑，叶色深绿，叶片厚实，花期延长，花朵硕大，色泽鲜艳。

20.3 萘乙酸对山茶扦插生根的影响

一、活动目的

通过应用萘乙酸处理山茶插枝，了解萘乙酸等生长素类植物生长调节剂具有促进插枝生根的作用；了解生物科技对生产实践具有的重要意义。

二、活动设计及原理

生长素是植物体本身产生的活性物质，对植物最显著的作用是促进细胞伸长，同时也能促进扦插的枝条产生不定根。生长素类生长调节剂，则是人们通过化学方法等，仿照植物生长素的化学结构合成的，具有生理活性的物质。植物生长调节剂已被越来越广泛地应用于大田农作物、经济作物、果树、花卉等各个方面，并取得了显著的经济效益。农业上常用的促进扦插生根的生长素类植物生长调节剂，主要有吲哚乙酸（IAA）、吲哚丁酸（IBA）、萘乙酸（NAA）等。在实际选用时，由于吲哚乙酸容易分解，效果不够稳定；吲哚丁酸虽不易被氧化分解，但价格较贵；萘乙酸比较便宜，效果也较好，生产上应用较多。萘乙酸促进扦插生根的原理是因为它能促进插条基部的薄壁细胞脱分化，即细胞恢复分裂的能力，产生愈伤组织，进而长出不定根。

山茶是一种家养的名贵观赏花卉，也是我国的传统花卉之一。由于大多数名贵山茶种类的性器官明显退化，通常只能靠扦插的方式来繁殖后代。本活动采用对照和实验的方法，探讨萘乙酸对山茶扦插生根的影响。

三、活动开展方法步骤

(1) 活动时先配制萘乙酸溶液。萘乙酸为无色粉剂，纯度为 99% 或 80% 等几种。由于它难溶于冷水而易溶于乙醇、醋酸等，因而应先用少量乙醇溶解后再加水稀释到需要的浓度，即 100ppm、300ppm、500ppm、700ppm 等；也可直接用沸水溶解。各种浓度的药液需要多少某一纯度的萘乙酸粉剂，可参照“比久对菊花矮化的影响”活动中的计算公式得出。

(2) 在每年 5~6 月间，选取生长良好的半木质山茶枝条作插条。过嫩或过老的枝条的细胞的生活力不够旺盛，扦插后再生的能力较差，成活率也低。

(3) 用枝剪将枝条剪成长约 5~7 厘米的插条，每段插条至少应有一芽一叶。

(4) 将插条分成 5 份，其中 1 份不作任何处理，为对照组，编号为 1 组；其余 4 份分别用 100ppm、300ppm、500ppm、700ppm 浓度的萘乙酸浸泡 8~12 小时，分别编号为 2、3、4、5 组。

(5) 将浸泡后的插条用水冲洗干净，扦插于遮荫的沙床上，沙床基质可以由黄土 6 份、河沙 4 份混匀而成。

(6) 处理后 50 天，比较对照组和实验组的发根率、发根数和平均根长等几个方面，分析促进山茶插条生根的最适萘乙酸溶液浓度。

实验表明，采用 300~500ppm 萘乙酸处理的山茶插条发芽率比对照组高 1 倍，每根插条的发根数和平均根长均超过对照组。

20.4 制取沼气的探索

一、活动目的

通过本活动，使学生了解生物科技与社会生活的密切关系；了解在实验室制取沼气的方法，并探索利用当地常见材料制取沼气的方法。

二、活动设计及原理

微生物在厌氧条件下将有机物分解发酵成沼气等的过程称为沼气发酵。沼气是一种可燃的混合气体，以甲烷为主（约占 60~70%），其次为 CO_2 （约占 30~40%），此外还有极少数其它气体如 NH_3 、 H_2S 、 H_2 、 N_2 等。17 世纪就有人发现了沼气，19 世纪巴斯德就提出可利用沼气加热和照明。由于沼气发酵既可解决环境污染问题，又可开发新的、经济的能源，因而有广泛的应用前景。

沼气制取的生化过程极为复杂，通常要经过两个阶段：第一阶段是许多异养微生物把大分子有机化合物分解成小分子的化合物。如简单的有机酸、醇、 CO_2 等；第二阶段则是由产甲烷细菌将乙酸、 CO_2 和 H_2 等在厌氧条件下转化为甲烷。

本活动采用简单器材在实验室制取沼气，探索制取沼气的最佳原材料配比（图 20-1）。

三、活动开展方法步骤

(1) 在一个三角瓶（称为发酵瓶，图 20-1A 中）放入 80 克猪粪（提供氮、磷等元素）、20 克粉碎的玉米秆（提供有机物，主要是碳源）、50 克池底污泥（其中含有各种微生物，尤其是含有厌氧的产甲烷细菌），再加入 350 毫升水，混匀。

(2) 在另一个三角瓶（称为集气瓶，图 20-1B）中装满水。(3) 第三个三角瓶为集水瓶（图 20-1C），实验开始时，该瓶装入少量清水，以封住导水玻璃管口即可。按下图装好，注意橡皮塞、玻璃管和乳胶管的各个接口不要漏气，必要时可用蜡封。

(4) 将上述装置放在温暖处（25℃ 以上）或 28~30℃ 保温室培养。此时，将图 20-1 中 a、b 处弹簧夹夹紧。

(5) 发酵开始后，由装有原料的三角瓶中释放的气体将 B 瓶中的水压入 C 瓶中。一般自培养之次日起就可逐日观察并记录产气量。

(6) 发酵一周后，B 瓶中应收集有含甲烷较多的沼气，此时可进行点燃试验。即将 a 处弹簧夹夹紧并将集水瓶 C 放在高于集气瓶 B 的位置上，使水流回集气瓶 B，同时打开 b 处弹簧夹，使气体自燃烧口徐徐排出。以燃烧的火柴点燃排出的气体，即可看到甲烷燃烧时发出的蓝色火焰。

(7) 进一步重复上述实验，但将原料的配比调整一下，或采用当地富有的材料进行实验。对比一下，何种配方的发酵料产沼气量高？如何合理配比本地富有的发酵材料来开发和利用沼气能源？

20.5 人的指纹调查

一、活动目的

通过本活动，使学生了解生物科技和社会生活关系密切；了解检测指纹的有关方法，包括指纹取样、统计分析等。

二、活动设计及原理

人的指纹、趾纹、掌纹等统称为皮肤纹理。皮肤纹理有高度稳定性，通常在胚胎发育的第十三周开始发育，到第十九周形成，出生后终生不变。指纹具有个体差异，即使是一卵双生儿，其指纹也存在一定差异。

正常人的指纹分为弓形纹、箕形纹和斗形纹三种。弓形纹全部由弓形平行纹理组成，无三叉点；箕形纹的纹线从一侧起始，斜向上弯曲后再回归原侧，仅有一个三叉点；斗形纹则有两个三叉点（图 20-2）。正常人各类指纹出现的频率存在着人种、民族、性别等的差异，但在同一种族、同一性别的正常人中，各类指纹出现的频率基本相似。例如，中国人中斗形纹比例较大；女性的弓形纹稍比男性多，而斗形纹则比男性稍少等。

从斗形纹或箕形纹的中心点到三叉点连一直线，计算直线通过的嵴纹数。一个人的左右手指指纹的嵴纹数之和称为总嵴纹数。正常男性的总嵴纹数为 145 左右，女性为 130 左右。

本活动采用多种收取指纹的方法收取指纹，并进行统计分析。

三、活动开展方法步骤

(1)收取指纹：常用方法有油墨法、茚三酮药液显色法和粉笔-透明胶带法等。

油墨法：用油墨在木板上调匀，以能清晰涂到被捺印人的手上为度。按捺到白纸上时，勿轻勿重，尤其不能挪动位置。

茚三酮药液显色法：将茚三酮配成 1.5%的水溶液，倒在大搪瓷盘内，把一张大小适宜的白纸浸入盘内，并立即取出晾干备用；把谷氨酸水溶液（1.5%）倒在盛有泡沫塑料块的小盒内作印盒；让被测人先在印盒内轻按几下，使药液均匀地涂布于手指处。在手指上的药液不干不湿时立即捺在已晾干的茚三酮纸上，干燥后纸上就会呈现出暗红色的指纹。

粉笔-透明胶带法：先用肥皂将手指洗干净，再用粉笔在指端部位涂擦，使粉笔粉末均匀地分布于这些部位。取一条透明胶带，用其粘性面对着粉笔擦过的皮肤贴上，轻轻加压，使透明胶带与皮肤贴紧。小心地揭起透明胶带，上面的粉笔末便清晰地记录下指纹情况。

所有收取的指纹样本均登记编号。

(2)借助于放大镜统计指纹总嵴纹数。注意，斗形纹有两个三叉点，故需进行两次计数，但在计算总嵴纹数时，只计算较大的一侧嵴纹数；弓形纹无三叉点，故嵴纹数为 0。

(3)观察比较民族之间、男女之间总嵴纹数的差异。

20.6 食品中化学毒物的快速检验

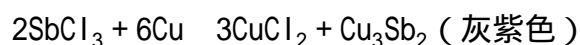
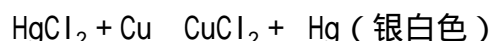
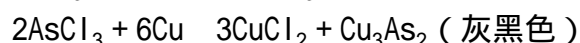
一、活动目的

通过本活动使学生学会快速定性检验食品中砷、汞、镉、银等化学毒物的方法；了解生物科技在社会生活方面具有重要作用。

二、活动设计及原理

天然食品中经常含有少量的金属和非金属物质，在一般情况下对人体并不呈现毒害作用。能引起毒害的物质多数由污染而来，如铅、砷、汞、镉等主要由自然环境、食品加工过程以及农药和工业三废污染转入食品。微量化学毒物进入人体并不引起危害，可以经尿、粪、汗液、呼吸、毛发等排出；若数量过多则会损害人体健康。例如日本的“水俣病”就是由于长期食用含汞食物引起的，临床上表现为视野缩小、听力降低、全身麻痹，严重时精神紊乱，痉挛致死。砷中毒时则能阻碍细胞呼吸，抑制各种代谢活动，慢性中毒时引起胃肠道功能障碍、皮肤、粘膜颜色变黑，还可能导致肺癌和皮肤癌。

本活动利用金属铜在酸性条件下能使砷、汞、镉、银等离子还原成元素状态或生成铜的合金，而沉积于铜的表面并呈现不同颜色及光泽的原理，对食物或中毒病人的呕吐物、胃内容物等定性检测。上述呈色反应的反应式为：



三、活动开展方法步骤

(1) 准备有关药剂和材料：分析纯无砷浓盐酸；量取 13 毫升上述无砷浓盐酸，用蒸馏水稀释到 100 毫升，这时的盐酸溶液浓度为 5%；取氯化亚锡 4 克溶解于 10 毫升浓盐酸中成为酸性氯化亚锡溶液，置棕色瓶中保存；将铜片剪成 0.5 ~ 1 平方厘米的方块（或 10 厘米长的长条），临用前需要用砂纸擦亮或用 6N 硝酸处理，以除去表面的氧化膜，再用蒸馏水洗净，使其表面光亮。

(2) 如待检测的材料为固体或半固体，称取约 10 ~ 20 克样品，捣碎后置于 150 毫升三角烧瓶中，加入 5% 无砷盐酸 20 毫升，加水 20 毫升，将样品浸没即可。如检测材料为液体，量取 20 毫升待检材料，加入无砷浓盐酸 7 毫升，加水至总体积为 50 毫升，这时的盐酸浓度大约为 5%。

(3) 向检测样品液中加入酸性氯化亚锡溶液 1 毫升（约 20 滴）。为防止样品中硫化物干扰实验，可在加入酸性氯化亚锡溶液之后，先加热几分钟，以除去 H_2S ，再投入铜片 2 块。

(4) 将检测样品液加热，并观察铜片颜色的变化。如半小时后铜片仍无变色，一般可否定砷、汞、镉、银等毒物的存在，或认为含量甚微。如颜色发生变化，可根据铜片的颜色，初步判定样品中可能存在的毒物。如果铜片颜色变成灰色或黑色，可能存在的毒物为砷化合物；如果铜片颜色变成灰紫色，可能存在的毒物为镉化合物；如果铜片颜色变成黑色，可能还有铋化合物、硫化物等；如果铜片颜色变成银白色，可能存在的毒物为汞化合物；如果铜片颜色变成灰白色，可能存在的毒物为银化合物。

要注意，加热的时间不能过长，否则，铜片表面的生成物脱落，妨碍实验观察。因此，一旦发现铜片变色，应立即取出铜片进行分析。如果铜片颜色变为黑色时，由于可能是砷、铋等，因而还需进一步确证。

20.7 人绒毛膜促性腺激素对雄蟾蜍排精的影响

一、活动目的

通过本活动，使学生了解检验妊娠的原理，了解通常采用的判断早期妊娠的测定方法；了解生物科技对社会生活具有重要意义。

二、活动设计及原理

人绒毛膜促性腺激素是高等灵长类和人类胎盘的滋养层细胞分泌的一种促性腺激素。其功能和腺垂体分泌的黄体生成素很相似，即在早期妊娠阶段维持黄体的继续发育和分泌，因而使子宫内膜在受孕后不出现月经周期的变化，并使子宫内膜适应于受精卵的种植和发育。人绒毛膜促性腺激素能从孕妇尿中排出，特别是在妊娠早期（大约在妊娠8周左右），孕妇尿中含量很大。由于它可以刺激雄蛙（或雄蟾蜍）排精，因此，以雄蛙或蟾蜍的排精作为指标测定妇女尿液中的人绒毛膜促性腺激素，可作为诊断早期妊娠与否的一项检验方法。

本活动采用药用“人绒毛膜促性腺激素”配制成“孕妇尿”，“任氏液”（两栖类用的生理溶液）作“非孕妇尿”，观察雄蛙或蟾蜍的排精过程。

三、活动开展方法步骤

(1) 准备活动用药液

配制任氏液：其成分为1000毫升蒸馏水中加NaCl 6.5克，KCl 0.14克，CaCl₂ 0.12克，NaHCO₃ 0.20克，NaH₂PO₄ 0.01克，葡萄糖2.0克。配制时应先分别配制成溶液，再混合成1000毫升任氏液；CaCl₂应在其它母液混合后再边搅拌边逐滴加入，以防钙盐沉淀产生；葡萄糖应在用前临时加入，否则不宜久置。任氏液也作为实验时的“非孕妇尿”。

配制“孕妇尿”液：将一支药用人绒毛膜促性腺激素（每支500单位）溶于10毫升任氏液中即成。

(2) 选取两只体重为50克以上的雄蛙或蟾蜍，用滴管分别从其泄殖腔中吸取少量液体，分别滴在两块干净的载玻片上，盖上盖玻片，用显微镜检查有无精子存在。若发现精子，则应另选一只。注意，若在泄殖腔内很难吸到液体，则可用滴管先注入少量任氏液，然后再吸液体；检查有否精子时，应与泄殖腔液体中的原生动物相区别。

(3) 用注射器吸取5毫升“孕妇尿”注入一只雄蛙或蟾蜍的背部淋巴囊或皮下；同样，注入另一只雄蛙或蟾蜍5毫升“非孕妇尿”。

(4) 1小时后，分别从泄殖腔内吸取液体滴于载玻片上，盖上盖玻片，在低倍镜下检查，有大量精子活动的为注射“孕妇尿”的雄蛙或蟾蜍，无精子活动的为注射“非孕妇尿”的雄蛙或蟾蜍。若不能判定是精子还是原生动物时，可转换成高倍镜观察，蟾蜍精子的头部呈镰刀状，其后有一鞭毛状的细尾。

20.8 小动物呼吸速率的测定

一、活动目的

通过本活动，使学生了解采用简单的器材可以进行生物科学研究；了解各种不同大小的小动物的呼吸速率以及呼吸速率和动物体型大小之间的关系。

二、活动设计及原理

生物体与外界环境之间物质和能量的交换以及生物体内物质和能量的转变过程，叫新陈代谢。在这一过程中，生物体把从外界环境中摄取的营养物质转变成自身的组成物质并贮藏能量，叫同化作用或合成代谢；同时，生物体又把组成自身的一部分物质分解，释放出其中的能量并把代谢的最终产物排出体外，叫异化作用或分解代谢。异化作用的过程通常是在有氧的条件下进行的，即生物体内的糖类、脂类和蛋白质等有机物在细胞内被氧化分解生成二氧化碳和水等代谢终产物，并释放出能量供生命活动利用。因此，可以通过测定氧气消耗量来了解小动物的呼吸速率。

从绝对值看，大型动物在同样时间内比小型动物消耗更多的氧气，但是，如果比较同样是 1 克重的动物组织，就会发现小型动物的呼吸速率比较高。例如，一只鼠的呼吸速率远比一头大象的呼吸速率高。这是因为大象的身体表面积和体积之比值低，大象比鼠相对散热较少，因而只需消耗相对较少的能量来维持体温。

本活动采用简单的装置及药品来测定小动物（如蝗虫等）的呼吸速率，并比较不同大小的小动物的呼吸速率。

三、活动开展方法步骤

(1) 将有关器材装置成下图样的小动物呼吸速率测定器（图 20-3）。装置中左右两侧的橡皮塞要塞紧而不漏气；右侧橡皮塞中央打一小孔，并插一根有刻度的 0.1 毫升的滴管，滴管右端有一彩色小肥皂液滴；用一小块海绵泡沫（或有孔的软木塞）把玻璃管（或透明塑料管）分成左、右两个小室，右室略小并放有若干粒氢氧化钠颗粒，左室则用来放置小动物。

(2) 实验开始时先称出小动物的体重，再将小动物放入左侧小室，并立即记下小肥皂液滴所在位置和时间。当小动物呼吸时，会消耗玻璃管中的氧气，产生的二氧化碳则通过海绵泡沫塞上的小孔进入右侧小室，被氢氧化钠颗粒所吸收。这样，随着小动物的呼吸，玻璃管中的气体逐渐减少，滴管内的小液滴由于大气压的缘故向左移动。小液滴在滴管中的移动速率就代表了小动物的呼吸速率。

(3) 测定一段时间内（比如 15 分钟）小动物的耗氧量，则可计算出该动物的有氧呼吸速率。呼吸速率的单位为“毫升（氧）/克（体重）/小时”。其中“克（体重）”可以通过实验前称取小动物得到，“毫升（氧）”可以从有刻度的滴管上直接得出，“小时”为实验时间。

要注意，本活动最好在温度较为稳定的条件下进行，骤冷骤热的变化会影响装置中空气体积发生变化，从而影响小动物呼吸速率的测定。

(4) 比较不同的小动物的呼吸速率，并分析其存在差异的原因。

20.9 探索酶反应速度和 pH 的关系

一、活动目的

通过本活动，使学生了解 pH 对酶反应速度的影响；掌握用曲线图表示实验结果的方法；了解通过巧妙的设计，利用简单的器材可以进行生物科学研究。

二、活动设计及原理

生物体的基本特征之一是不断地进行新陈代谢，而新陈代谢又是由为数众多的各式各样的化学反应所组成的。生化反应在生物体内能够顺利而迅速地进行，其主要原因就是由于有一类特殊的生物催化剂——酶。酶的催化效率远比一般催化剂高，例如已知的催化反应速度最快的“碳酸酐酶”，能在 1 秒钟内催化 6×10^5 个 CO_2 分子和水结合成 H_2CO_3 ，其反应速度要比非酶催化反应的速度快 10^7 倍；1 份过氧化氢酶在 1 分钟内能使 500 万个过氧化氢分子分解为水和氧气。

酶的本质是蛋白质，它极易受外界条件的影响而改变其构象和性质，因而也必然会影响到其催化作用。每种酶只能在一定限度的 pH 范围内才能表现活性，超出这个范围就会失活；即使在这有限的范围内，酶的活力也随环境 pH 的改变而有所不同。酶表现最大活力时的 pH 称为酶的最适 pH，稍高或稍低于最适 pH，酶的活力就有所降低，偏离最适 pH 越远，酶的活力就越低。各种酶的最适 pH 各不相同，彼此出入甚大，一般酶的最适 pH 多在 4~8 之间，植物和微生物体内的酶的最适 pH 多在 4.5~6.5 之间，而动物体内的酶的最适 pH 多在 6.5~8.0 之间，但也有例外，如人的胃蛋白酶最适 pH 为 1.8，胰蛋白酶的最适 pH 为 8.1 等。

本活动利用酵母菌液中含有过氧化氢酶，通过计量催化不同 pH 的过氧化氢溶液产生能使滤纸上浮到水面的氧气的的时间，定量地显示酶反应速度和 pH 的关系。

三、活动开展方法步骤

(1) 将小包酵母倒入盛有温水的烧杯中（酵母和温水的量并不要求有严格的比例）。经过 30 分钟左右的“活化”即可用于实验。

(2) 把干净的滤纸剪成大约边长为 5 毫米的纸片。剪时尽量不要捏紧滤纸片，否则会改变滤纸的疏松状态；剪前应洗净手指，免得油脂污染滤纸，从而妨碍吸收酶液（酵母菌液）和吸附产生的氧气泡。

(3) 用自来水配制 500 毫升浓度为 1/1000 的过氧化氢溶液。

(4) 取 7 只大小一样的小烧杯，各加入相同体积的上述过氧化氢溶液，溶液体积大约为烧杯容积的三分之二。将 7 只小烧杯外壁上分别贴上“pH2”、“pH4”、“pH6”、“pH7”、“pH8”、“pH10”、“pH12”的标签。

(5) 用盐酸或氢氧化钠溶液对上述 7 个小烧杯中的溶液进行滴定并用试纸测定，使各烧杯中的溶液的 pH 和烧杯标签上的“pH”相一致。由于滴加的酸液或碱液的数量不同，会影响烧杯中溶液的浓度，需要加入适当的自来水使每个烧杯中溶液的浓度完全相等。因此，在开始滴加酸液或碱液时应记下滴加的滴数。

(6)用镊子将一片滤纸放入经过“活化”的酵母菌液中，让其“吸饱”溶液。取出后即放入标有“pH2”的过氧化氢溶液的烧杯中，滤纸片会沉入杯底；立即计时。由于滤纸吸附的酵母菌液催化过氧化氢，产生的氧气泡附着在滤纸纤维之间和表面，随着气泡的增多，滤纸片就上浮。计算从滤纸片沉入杯底到完全浮出水面这段时间的长短，重复2次，得到一个平均值。这一时间就是酵母菌过氧化氢酶在pH2的条件下的反应速度。

(7)用同样方法重复实验，分别得到pH4、pH6、pH7、pH8、pH10、pH12条件下的反应速度。

(8)根据上述各项结果，绘制“pH对酵母菌过氧化氢酶反应速度的影响”曲线图。曲线图的横轴为pH值，纵轴为反应速度（以1/时间表示）。

20.10 二氧化硫对小麦种子萌发的影响

一、活动目的

通过本活动，了解采用简易器材设计实验并进行研究的方法；了解二氧化硫对植物的生命活动（如小麦种子萌发）的影响。

二、活动设计及原理

二氧化硫是我国当前最主要的大气污染物之一，排放量估计每年约 1500 多万吨。它是各种含硫石油和煤燃烧时的产物之一，有色金属冶炼厂、石油加工厂、硫酸厂等散发较多的二氧化硫气体。二氧化硫进入大气后，一方面造成局部地区大气中二氧化硫富集，在水凝结过程中溶解于水形成亚硫酸，再经过某些污染物的催化作用（过程比较复杂）生成硫酸，随雨雪等降落下来成为酸雨雪（pH 值小于 5.6），危害植物的生命活动；另一方面，二氧化硫能直接溶解浸润于细胞壁的水分中，成为亚硫酸离子等，伤害植物细胞。

本活动通过在人为“小生境”（塑料袋）内利用由溶解在蒸馏水中的偏亚硫酸钠（ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ）产生二氧化硫气体来模拟自然环境中的大气污染，观察二氧化硫对小麦种子萌发的影响。

三、活动开展方法步骤

(1) 将学生分成若干小组，每组 2~4 人。

(2) 将若干小麦种子用稀盐酸溶液洗净，以杀死种子表面的微生物。

(3) 在每一塑料袋中放两个培养皿，其中 A 培养皿中盛有 20 毫升蒸馏水；B 培养皿中垫衬两层吸水纸并用 5 毫升的清水进行湿润，然后均匀地放布 15 粒小麦种子。

(4) 每小组均分别设置上述塑料袋“小生境”5 个，其中 1 个为对照袋（编号为 1 号），4 个为实验袋（分别编号为 2~5 号）。4 个实验袋中的 A 培养皿中在实验开始时分别放入偏亚硫酸钠 0.01 克、0.04 克、0.07 克和 0.1 克，对照袋中不放偏亚硫酸钠。

(5) 每个塑料袋口在放入偏亚硫酸钠后立即用橡皮筋扎紧（图 20-4），并确信塑料袋完全不漏气。将这些装置放在室温下（适合于小麦种子萌发的温度）培养一星期。

(6) 7 天后，各小组统计各“小生境”中小麦种子的萌发数，再将相应数字汇入总表（表 20-1），即可了解二氧化硫对小麦种子萌发的影响。

实践表明，当 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 的量达到或超过 0.1 克以后，小麦种子将完全不发芽；当它的量为 0.01 克时，对小麦种子萌发并无明显影响。

表 20-1 二氧化硫对小麦种子萌发影响表

	小麦种子萌发数				
	1号袋	2号袋	3号袋	4号袋	5号袋
第1组					
第2组					
第3组					
第4组					
合计					

20.11 空气中烟尘含量的测定

一、活动目的

通过本活动，了解采用简易器材设计实验并进行研究的方法；了解不同环境中烟尘的含量存在差异并分析其原因。

二、活动设计及原理

环境污染中，最显而易见又危害严重的是大气污染。人一天 24 小时大约呼吸 15000 多升空气，空气的纯洁度和人的健康有着密切的关系。大气的污染主要来自烟囱废气、交通废气和其它工业废气。根据污染物的性状可以分为气体污染物和粒状污染物两种。烟尘是主要的粒状污染物。煤在燃烧充分的时候会产生部分灰粉，在燃烧不完全的时候则会产生微小的煤粒；工业排放的烟尘除碳粒外还有汞、镉等金属粉尘。在这些粒状污染物中，有一部分极小的微粒能在大气中数月或经年不落，称为飘尘；另一部分较大的微粒容易自然沉降下来，称为降尘。

本活动通过利用随手可得的透明胶带等，粘附空气中的降尘，通过数理统计的方法测定各种环境中烟尘的含量。

三、活动开展方法步骤

(1) 将学生分成若干小组，每组 2~4 人。

(2) 每小组制作若干 (4~5) 个“烟尘测定板”，即在小木板 (12 厘米 × 4 厘米) 上贴上方格纸 (上有 20 个 1 厘米 × 1 厘米的方格)，分别标上 1~20 的号码。将宽透明胶带固定在木板的方格纸上，胶面向上。

(3) 将上述“烟尘测定板”分别放置在各种不同的环境里，如有的靠近道路、有的靠近锅炉房或食堂、有的放在小树林里等。

(4) 制作 20 张分别标有 1~20 个号码的小方纸片，混匀后放在一只信封里。

(5) 待“烟尘测定板”暴露在空气中 24 小时后，全部收取回来。

(6) 随意地从信封中抽取 5 张小方纸片，按纸片上的号码找出同样号码的对“烟尘测定板”，然后对胶带上的降尘进行计数。计数时采用放大镜，降尘颗粒的大小没有关系，有一个算一个。对压方格线的颗粒在计数时应采用统一的标准，例如规定压在方格下线和右线的可计数，压在方格上线和左线的不计数等。当第 2 组从信封里抽取纸片前，应将第 1 组抽取出来的 5 张纸片放回信封里并再次混匀，以下均同第 1 组进行。

(7) 各组将各种环境里烟尘的数量分别填入汇总表 (表 20-2)，通过比较、分析就可以了解不同环境中烟尘的含量存在着差异，并分析产生这些差异的原因。

表 20 - 2 不同环境烟尘含量表

	烟尘数量 (粒)				
	环境 1	环境 2	环境 3	环境 4	环境 5
第 1 组					
第 2 组					
第 3 组					
第 4 组					
合 计					

20.12 “温室效应”成因的探讨

一、活动目的

通过本活动使学生了解“温室效应”的可能成因；了解利用简单的器材可以进行生物科学研究；掌握收集气体样本和进行气体成分测定和分析的简单方法。

二、活动设计及原理

尽管对“温室效应”的成因仍有争议，例如有人认为是由大气中 30 多种微量气体酿成，但多数学者认为和大气中二氧化碳含量的增加有密切关系。

20 世纪初的工业革命前，大气中的二氧化碳含量大约仅为 270ppm，随着工业化的发展，一方面化石燃料如煤、石油等的应用迅猛增加，另一方面作为二氧化碳的主要吸收者之一的森林被大量砍伐，使得大气中二氧化碳的含量不断增加。到 1985 年，有人统计已达 345ppm，并预计到 2050 年全球大气中二氧化碳含量将比本世纪初增加 1 倍。

燃料燃烧使碳转化为二氧化碳的过程也是直接对大气加热的过程；而二氧化碳进入大气后，则又通过吸收红外辐射对下层大气再次加热。这好象给地球表面加盖了一个巨大的“玻璃罩”，阻碍热的散失，致使地表的平均温度升高，这就是所谓的“温室效应”。

在本活动中，利用气球作为收集气体样本的取样和贮存器，溴麝香草酚蓝溶液作为指示剂，稀氨水作滴定剂，初步地进行定量分析“温室效应”的成因。

三、活动开展方法步骤

(1) 配制溴麝香草酚蓝指示剂。将 0.4 克溴麝香草酚蓝先溶于 200 毫升酒精中，再加配成 1 升。这时溶液的变色范围 (pH 值) 为 6~7.6。

(2) 配制稀氨水滴定剂。在 200 毫升蒸馏水中加入 4 滴 2M 氨水溶液。

(3) 在若干支试管中均分别加入 3 毫升溴麝香草酚蓝溶液，并各滴加稀氨水 8 滴。溶液均变蓝 (溴麝香草酚蓝遇碱变蓝，遇酸变黄)。

(4) 把不同颜色的气球加上带有玻管的橡皮塞，制成取样和贮存器 (图 20-5)。例如，用红气球收集人体呼出气，用黄气球收集大气，用蓝气球收集汽车排放气等。收集人体呼出气可直接向气球内吹气，收集大气时可用打气筒向气球内打气，收集汽车排放气时可用硬纸板卷成喇叭状并用其大头套在汽车排气管口上，小头套在气球口上，发动汽车即可收得气体。

(5) 在一张硬纸板的中心挖一个直径为 15 厘米的圆洞，用作计量气体样本标准体积的工具。

(6) 将各个收集有气体样本的气体取样和贮存器慢慢放气，使其能恰好塞进上述硬纸板中心的圆洞里，这样，所有气体样本均有同样大小的体积。

(7) 将每一气体取样和贮存器的玻管插入上述准备好的蓝色指示剂的液面下，慢慢挤压气球，使气泡通过盛有碱性溴麝香草酚蓝溶液，指示剂的颜色逐渐变化。记下每种气体样本全部通过指示剂后的最终颜色。

(8) 向试管中已经变色的指示剂中一滴一滴地加入稀氨水，直到指示剂

恢复原来的颜色（应预先留一支指示剂作对照）。记下每种气体样本所需氨水的滴定数。

(9)根据活动结果，分析大气中二氧化碳浓度升高的多种原因，即“温室效应”的成因。

20.13 利用花瓣浸出液鉴别溶液酸碱度的探索

一、活动目的

通过本活动，使学生了解植物细胞液泡中花青素是天然的酸碱指示剂；了解利用生活环境中的材料可以进行生物科研活动。

二、活动设计及原理

在社会生产和社会生活中，常常会碰到需要测定某种物质酸碱度的问题，例如，在选种某种作物前常要测定土壤的酸碱度；配制食用菌培养基时也要测定培养基的酸碱度；决定某两种农药或化肥能否混合使用时也需知道各自的酸碱度；在实验室里进行各种实验时更离不开指示酸碱的器材了。通常使用的酸碱指示剂有石蕊和酚酞试剂或试纸等，精确度高时还可使用 pH 计等分析仪，器。

植物细胞的液泡中含有多种物质、其中有一类就是花青素。（花色素苷）、这种物质在酸性条件下呈红色，碱性条件下呈蓝色中性条件下则呈紫色。由于花青素本身的色彩变化，加上质体中叶绿素、叶黄素和胡萝卜素等的配合，植物就可以表现出万紫千红、变化多端的色彩。植物的花瓣具有艳丽多彩的色泽就是因为上述各种色素的作用结果。黄色的花主要由有色体的色素决定的。红色的、紫色的或蓝色的花则多半是由花青素引起的。即使同一朵花，由于细胞液酸碱性发生变化，花瓣的颜色也随之发生变化，常见的牵牛花在早晨为蓝色，随后渐渐变红就是这个缘故。白色的花朵一般含有极少的花青素和有色体。

本活动通过花瓣浸出液的制取和实验，探索利用花瓣浸出液鉴别物质酸碱度的方法。

三、活动开展方法步骤

(1)从野外采摘多种鲜花，分别进行冲洗、阴干和切碎。

(2)用 70%左右的酒精浸没花瓣碎片，研磨成稀泥状，再浸泡数分钟，使花瓣里的色素充分溶解在酒精里。

(3)用衬有滤纸的漏斗过滤，将滤液收集到小试管里，即花瓣浸出液。不同颜色的花瓣，花瓣浸出液的颜色也不相同。

(4)记录下各种花瓣浸出液的原始颜色，并分别加入酸碱度为 pH2 和 pH10 的盐酸和氢氧化钠溶液各几滴，注意并记录下花瓣浸出液的颜色变化。

(5)向 12 支试管中分别加入 2 毫升当地某种常见花的花瓣浸出液；用盐酸和氢氧化钠配制成 pH1 ~ 12 的系列溶液并分别滴加几滴到各试管中，记录各试管花瓣浸出液的颜色变化。将结果填入见下表 20-3，应用时就可以对照该表测定各种溶液的酸碱度。

表 20—3 花瓣浸出液鉴别溶液酸碱度比色表

植物名称	花瓣浸出液颜色							
	原始色	pH2	pH4	pH6	pH7	pH8	pH10	pH12

(6)还可将滤纸浸入某种花瓣浸出液中，阴干后制成和石蕊试纸一样的

“花青素试纸”。应用这种试纸时，只需对比一下“花瓣浸出液鉴别溶液酸碱度比色表”（该种浸出液的）就行了。

20.14 香烟浸出液对蚕豆细胞分裂的影响

一、活动目的

通过本活动，使学生了解香烟中含有对细胞分裂具有危害作用的物质；了解通过巧妙的设计，利用简单的器材可以进行生物科学研究。

二、活动设计及原理

烟草的化学成分十分复杂，含有多种有毒物质。一支中等质量的香烟仅重 0.5 克，内含尼古丁就有 20 毫克。烟点燃后所形成的烟雾中含有更多的刺激性及细胞毒性物质，例如，二甲基亚硝胺、二烷基亚硝胺、亚硝基吡咯烷、甲醛等。这些毒害物质对人体的中枢神经系统、呼吸系统、血液循环系统、消化系统等均有较大毒害作用。还有报道，男子吸烟使精子畸形数增加，精子总数减少，精子活性下降；妊娠妇女吸烟会影响胎儿发育，影响婴儿的体格和智力，提高早产率和死亡率。

本活动采用对污染比较敏感、染色体大而且数量较少（只有 6 对）的蚕豆作为实验材料，用烟丝浸出液浸泡和湿润蚕豆种子使其发芽，通过显微镜观察根尖细胞的有丝分裂，计算有丝分裂后期染色体的畸变率，判断香烟浸出液对蚕豆细胞分裂的影响。

三、活动开展方法步骤

(1) 取 3 只大烧杯，各盛 300 毫升自来水，分别投入 1 支、2 支、3 支香烟的烟丝，浸泡数天，制成香烟浸出液。

(2) 将同一品种的蚕豆各 10 粒，浸泡在香烟浸出液中。24 小时后，将浸泡后的蚕豆种子放在垫有吸水纸的培养皿中培养，温度以 20~25 为宜，并继续用相应的香烟浸出液使吸水纸保持湿润。

(3) 另取蚕豆 10 粒用自来水浸泡、湿润、在相同温度条件下发芽。以此为对照组。

(4) 发芽约 7 天左右，待根长到 1~1.5 厘米长时，于上午 9:00 或下午 2:00 左右剪取主根或侧根根尖 3 毫米长。这时细胞分裂比较旺盛。

(5) 剪下根尖立即放入盛有 10% 盐酸的小玻璃皿中，在室温下解离 10 分钟左右，待根尖酥软后，用镊子取出，放入盛有清水的玻璃皿中漂洗 5~10 分钟。

(6) 用改良苯酚品红染色 5~10 分钟，或用其它染液，如 1% 醋酸地衣红等染色 5~10 分钟。用清水洗去浮色后放在载玻片上，加一滴清水，加盖玻片，用手指均匀轻压，使细胞分散开来。

(7) 用高倍镜观察并统计细胞分裂后期正常细胞数和异常细胞数。将细胞分裂后期出现的染色体桥、断片、落后等分裂相视为异常分裂细胞，无这类分裂相的视为正常分裂细胞（图 20-6 - ）。每种浸出液培养的蚕豆根尖细胞各镜检 200 个，将结果填入表 20-4。

表 20—4 香烟浸出液对蚕豆根尖细胞染色体畸变影响表

处理溶液	观察细胞数	正常分裂细胞数	异常分裂细胞数	细胞畸变率(%)
1支烟浸出液				
2支烟浸出液				
3支烟浸出液				
自来水				

(8)根据结果分析香烟浸出液对蚕豆根尖细胞有丝分裂的影响程度。由于实验并没有直接观察烟对人体细胞分裂的影响，因而结论只能是参考性的。

20.15 蝌蚪血红细胞微核和核异常监测水质污染的探讨

一、活动目的

通过本活动，了解生物科学研究的一般方法；了解蝌蚪血红细胞微核率和核异常率和水质污染的关系。

二、活动设计及原理

随着工业废水和生活污水进入水体，存在于水体中的污染物逐渐增多，其中镉、汞、砷、铅、铬、氟、有机磷等对生物具有毒害作用。近年来，经流行病学调查证实，水体环境污染与人体肿瘤的发生有很密切的相关性。因此，采用水生动物微核试验作为指示器，检查水环境中的致突变物和致癌物的研究，已经引起国内外学者的普遍重视。

微核试验是检查环境污染物对遗传物质——染色体损伤效应的一种简便、快速、有效的检测方法。由于蝌蚪分布广、数量多捕捉方便、费用少、红细胞较大而分裂旺盛、对污染物的灵敏度高、饲养管理也方便等特点，因而是检测水体中低浓度污染物的有实用价值的生物指示器。

本活动通过对不同水体的蝌蚪血红细胞的微核率和核异常率进行统计测定，分析不同水域的水体污染程度。

三、活动开展方法步骤

(1)将学生分成若干小组，每组负责测定一种水域环境。

(2)在不同的水域分别捕捉 15 只蝌蚪作样本，每只蝌蚪体重约 0.4 ~ 0.5 克。

(3)制片时使蝌蚪腹部向上，在解剖镜下用眼科剪将腹部皮肤剪开，露出心脏，取血滴在干净的载玻片上（预先滴有小牛血清更好），作涂片并即时吹干。

(4)用纯甲醇固定 15 分钟，取出后晾干。

(5)将血涂片置于 10% 的吉姆萨，（Giemsa）染液（pH 为 6.98）中染色 15 分钟。取出后自来水冲洗、晾干。

(6)用显微镜的油镜观察血涂片，计数分布均匀、形态完整的红细胞 2000 个，统计其中出现微核和其它核异常的细胞数，以千万率表示。一般说，微核的形态指标为：与主核完全分开，染色程度与主核一样或稍浅的圆形、椭圆形小体（图 20-7）；核异常的形态指标为：核质外突、核内凹、核空泡、核变形等（图 20-7 - ）。。

7. 分别统计不同水域中蝌蚪的微核率和核异常率，通过比较了解不同水域水体的污染程度。有条件时还可进一步调查各种水域的污染源。

本章思考题

1. 如何设计一个探索酶反应速度和温度的关系的活动方案？如何设计一个探索酶反应速度和底物浓度的关系的活动方案？

2. 如何设计一个“酸雨”对植物生活影响的活动方案？

3. 如何设计一个香烟（抽烟）对动物（如蛙或水生动物）生活影响的方案？

4. 如何设计一个探索树叶蒸腾作用速度和叶片表面结构关系的活动方案？

案？

