

普通昆虫学实验

(数字教材)

主 编：王桂清 刘守柱

编 者：(按姓名拼音排序)

李 彦 (沈阳农业大学)

刘守柱 (聊城大学)

鲁 莹 (沈阳农业大学)

王桂清 (聊城大学)

杨勤民 (山东省农业技术推广中心)

张婷婷 (山东农业大学)

周洪旭 (青岛农业大学)

祝国栋 (聊城大学)

目 录

实验一 昆虫解剖镜和互动系统的使用.....	1
实验二 昆虫的体向和体躯分段.....	7
实验三 昆虫头壳的基本构造.....	9
实验四 昆虫头部的内骨骼.....	13
实验五 昆虫头部的感觉器官.....	15
实验六 昆虫口器的基本构造和类型.....	22
实验七 昆虫胸部的基本构造.....	29
实验八 昆虫胸部的内骨骼.....	34
实验九 昆虫胸足的基本构造和类型.....	36
实验十 昆虫翅的基本构造、类型和翅脉.....	40
实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器.....	45
实验十二 昆虫内部器官的位置.....	51
实验十三 昆虫体壁构造、生理及外长物.观察.....	53
实验十四 昆虫消化系统的解剖观察.....	59
实验十五 昆虫排泄系统的解剖观察.....	63
实验十六 昆虫循环系统的解剖观察.....	65
实验十七 昆虫呼吸系统的解剖观察.....	69
实验十八 昆虫生殖系统的解剖观察.....	74
实验十九 昆虫神经系统的解剖观察.....	79
实验二十 昆虫主要的感觉器官.....	83
实验二十一 昆虫的生物学.....	88
实验二十二 蜻蜓目、螳螂目、蜚蠊目、直翅目昆虫的分类鉴定.....	94
实验二十三 同翅目、半翅目昆虫的分类鉴定.....	103
实验二十四 鞘翅目、双翅目昆虫的分类鉴定.....	112
实验二十五 鳞翅目、膜翅目昆虫的分类鉴定.....	125
实验二十六 黄粉虫对大肠杆菌的免疫反应.....	138
实验二十七 DNA条形码技术与昆虫分子分类鉴定.....	143
实验二十八 昆虫发育起点温度与有效积温测定.....	149
实验二十九 昆虫过冷却点测定.....	153
实验三十 小菜蛾雌成虫对忌避剂的学习与适应.....	157
参考文献	160

前 言

《普通昆虫学》是研究昆虫生命活动最基本规律和基本理论的学科，是一门理论性和实践性都很强的专业核心基础课程，具有系统性和实践性强的特点，是农业昆虫学、植物化学保护、资源昆虫学、害虫生物防治、植物检疫等学科的基础。课堂讲授和实践课是《普通昆虫学》教学过程的两个主要环节，彼此互相补充，课堂上讲授的理论知识，在条件许可下通过实践来证明和巩固；通过实验（践）课，使对昆虫学的事实和原理易于领会。

本教材既可作为《普通昆虫学》姊妹篇（实验教学部分），也可单独设课用；既可作为植物保护专业的必修专业课程，也可作为园艺、智慧农业、森林保护等专业相关课程的实验教学部分。

本教材共 30 个实验，包括昆虫的外部形态、昆虫的主要内部器官解剖和观察、与农业生产关系较大的主要目的特征及主要科的特征观察和昆虫生物学中各虫态观察等，以及以现代生物技术为主的综合设计性提高型实验。其中，昆虫的外部形态部分共 10 个实验，昆虫的主要内部器官解剖和观察共 9 个实验，与农业生产关系较大的主要目的特征及主要科的特征观察共 4 个实验，昆虫生物学中各虫态观察共 1 个实验，综合设计性提高型实验共 5 个（可不计入学时），另有 1 个显微互动系统操作实验。

与传统的纸质教材相比，本教材为“数字教材”，符合“互联网+”背景下的学习特点，具有鲜明的数字时代特色。（1）本教材包含主体实验的操作视频共 32 个，实验操作的全过程都以视频的形式、动态的呈现出来，学生可以通过手机、平板、计算机等随时随地观看学习、了解实验要求和操作要点，在实验室内动手操作、重现视频中的操作，从而提高操作的准确性、实验的完成度和教学目标的达成度。（2）本数字教材还包含有理论知识的复习环节，也以视频的形式呈现，共 25 个，使理论和实践有机的结合在一起，使同学们避免“知其然而不知其所以然”。（3）本教材还内置了精美的 PPT 课件、丰富的拓展知识和多样的自测题等教学资源，结合教材网站提供的学员管理、作业管理、课程讨论、在线答疑等教学环节，使用者可以自主、高效的利用这些资源开展教学活动，尤其是线上线下相结合的混合授课模式。

《普通昆虫学》是植物保护及其相关专业本科生的主要基础课之一，本书是与该书配套的实验教材，主要介绍普通昆虫学实验的基本内容和常规技术与方法。本教材为新形态教材，教材编写过程中，在保证教材原有体系完整性的同时，注重突出本学科的立德树人作用，彰显时代性、高阶性、创新性和挑战度。既考虑了技能训练，又考虑了思政育人；既考虑了经典内容的传承，又融入了最新研究成果；既考虑了知识的涵盖面，又满足了实际教学的需要度；既考虑了理论教学的需要，也为实践教学提供了便利；既发挥了纸质教材的作用，又发挥了数字网络的作用。

本教材具有一套独立完整的实验（实践）技术传授体系，以实践环节为主，围绕培养和提高学生的观察分析能力和现实操作能力为中心设计课程内容，由附属于理论课的直观验证为主向相对于独立的实操训练为主的技术学方向发展。同时注重对学生综合运用技术的能力（动手能力）、独立解决问题能力和创新能力的培养。通过实验课的学习和训练，使同学们进一步掌握和巩固课堂所学理论知识，掌握昆虫的一般解剖技术和鉴定技术，为学习后续课程和今后继续深造或从事有关昆虫学的教学、科研、生产和应用等奠定基础。

实验一 昆虫解剖镜和互动系统的使用

实验目的

1. 掌握解剖镜的基本构造和使用方法；
2. 了解互动系统的组成，掌握其使用方法。

实验要求

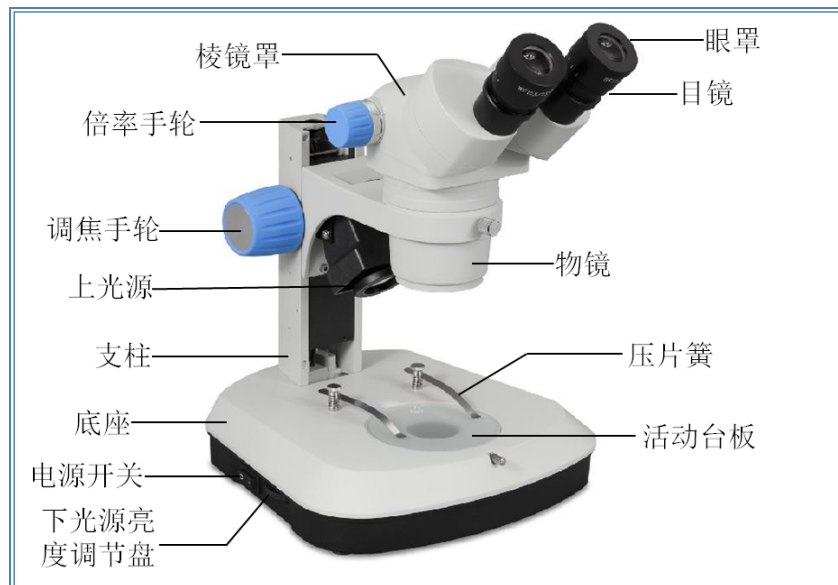
1. 通过学习和操作，了解解剖镜的原理，掌握解剖镜的基本构造和使用方法，熟知使用解剖镜的注意事项；
2. 通过学习和操作，了解互动系统的组成，掌握其使用方法。

所用仪器设备

解剖镜、显微互动系统

实验内容和方法

一、解剖镜的构造和功能



双目解剖镜构造图

(一) 机械部分

1. 底座 与桌面相接触的部分，中间有圆形孔，用来放置载物盘。载物盘有两类，一类是陶瓷载物盘，不透明，通常一面为白色，一面为黑色；另一类是玻璃载物盘，透明。底座表面后部有 1 对压片簧，用以固定虫体或其它易动物体，底座内侧中空，装有 LED 灯管。
2. 镜臂与调焦手轮 连接底座与镜筒的支持部件，两侧装配有同心圆的调焦手轮，用来调节物镜与观察物体的距离。
3. 倍率手轮 在镜筒中央两侧，有两个突出的圆柱状螺旋，轻轻用手顺时针或逆时针转动，可以改变放大倍率。

(二) 电气部分

1. LED 灯组 底座下面中空，装有 1 支白色的 LED 灯管，是下光源，称为底灯，打开时向上面透射光线；镜臂上方内侧有 1 支白色 LED 射灯，是上光源，打开时，向斜下方照明，光束照射在载物台上。
2. 电源及开关 在底座的后方，有一个三相电源接口和电线，用来连接电源；底座两侧各有两个电源开关及亮度调节盘，左侧开关控制镜臂上方位射灯，右侧开关控制底座里面的底灯，转动旁边的调节盘可以改变光强。

（三）光学部分

1. 物镜 在镜筒最下方，不可调整。

2. 目镜 在镜筒最上方，左右各一，固定 10X 放大率，可以左右移动调节两目镜之间的距离，以适应不同的瞳距；目镜下方有视觉圈可调节目镜的上下距离，使得观察者左右两眼都可以看到清晰物体。

此外，为了防止外来光线的干扰，多在目镜上设有眼罩，便于更好地进行观察。解剖镜闲置时，应当用防尘罩套在整个镜体上，避免灰尘积累。

二、解剖镜的使用方法和注意事项

1. 解剖镜一般固定在桌面上，不应随便搬动，确需搬动时必须用左手握持镜臂，右手托住底座，小心平稳地移动，**严禁单手取用或移动**。

2. 使用前必须检查镜体各部有无损坏，功能是否正常，若有问题立即报告，并认真填写使用记录，否则自己负责。

3. 使用时，先接通电源，然后打开左侧开关，点亮射灯，如果需要透射观察，则打开右侧开关，点亮底灯，否则底灯不用打开。

4. 将所观察的物体置于玻片上、培养皿中或蜡盘中，再放到载物盘上进行观察，**严禁直接放在载物盘上！**

5. 转动倍率手轮至最小倍率；转动镜臂上的调焦手轮，向上提升镜筒，双眼通过目镜进行观察，直至所观察的物体清晰为止；转动倍率手轮，放大到合适的倍率，转动调焦手轮，直至物体清晰，进行观察。

6. 在调节焦距时，应双手从两侧握住调焦手轮进行同方向转动，不能太快，**严禁两手反方向转动！**若遇到故障应立即停止使用，并向老师报告。

7. 目镜或物镜上有异物时千万不能用手、布、手绢、衣服等去擦摸，应用吸耳球吹或用擦镜纸轻轻擦拭。

8. 用毕后，先将载物盘上的东西拿走，转动调焦手轮**把镜筒下调至最低位置**，倍率手轮调至最小倍率，灯光调至最小后再按顺序关闭灯光开关、电源开关。

9. 盖上防尘罩，填写使用记录。

三、显微互动系统的构成和使用

每个不同的显微互动实验室硬件和软件的构成各有差别，此处以山东易创电子公司的显微互动系统作为实际案例进行介绍。



实验室整体图

(一) 显微互动系统硬件构成

1. 计算机及网络 多台计算机用网线连接形成小型局域网，每一台计算机指定 IP 地址，计算机名称按顺序编号，例如 A1、A2.....。

2. 显微镜及体视显微镜 每一台计算机分别与一台生物显微镜、一台体视显微镜（体视显微镜即解剖镜）通过 USB 连接线连接，左侧为生物显微镜，右侧为体视显微镜，昆虫学实验使用右侧体视显微镜。


3. 数字摄像机 显微镜及体视显微镜均装配有数字摄像机，通过 USB 数据线把镜头下图像实时传递到计算机显示屏。

(二) 软件组成

1. 图像视频处理软件 软件名称 MIE3.1，桌面有快捷方式，负责接受处理摄像机信号，既可以实施显示，也可以拍照和录像。

2. 数字教室客户端软件 山东易创电子设计的数字网络显微互动教室，分学生端和教师端两个客户端。学生端有举手、发送消息、提交文件等功能。教师端是主控端，有监控、录屏、发送文件、演示、考试等功能。

(三) 互动教室使用

1. 教师打开实验室电源开关，启动教师端计算机，打开数字教室客户端软件 ，通过命令“远程开机”，启动实验室所有在网计算机（也可由学生手动启动）。





远程命令图

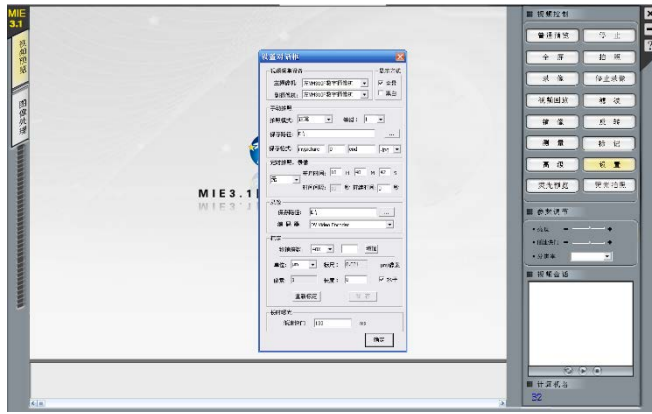
数字教室界面图

2. 学生按提前排好的座位号找到对应的机位入座，开启计算机（如已启动则省略），取下体视显微镜防尘罩，打开左侧电源开关，射灯点亮。

3. 计算机打开后，网络教室学生端程序自动运行，如没有运行，则在桌面找到“学生端程序”

图标 ，双击运行，软件将自动搜索到教师端并联网，然后最小化至屏幕顶端悬浮。

双击显示屏桌面 MIE3.1 图标 ，打开图像处理软件，在右侧视频控制栏点击“设置”按钮打开视频设置对话框，最顶部主摄像机和副摄像机均选择“左 YM310 数字摄像机”，点“确定”按钮，点击“普通预览”后，即可在左侧视频区呈现显微镜图像，若需要打开右侧解剖镜，则先点击“停止”按钮，屏幕视频区黑屏，再点击“设置”按钮，选择“右 YM310 数字摄像机”，确定后，点击“普通预览”，切换到右侧解剖镜图像。

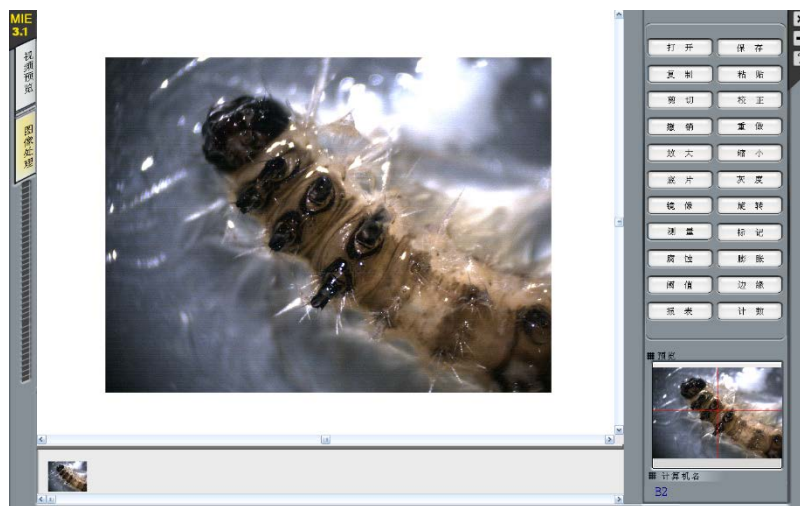


图像处理设置界面图



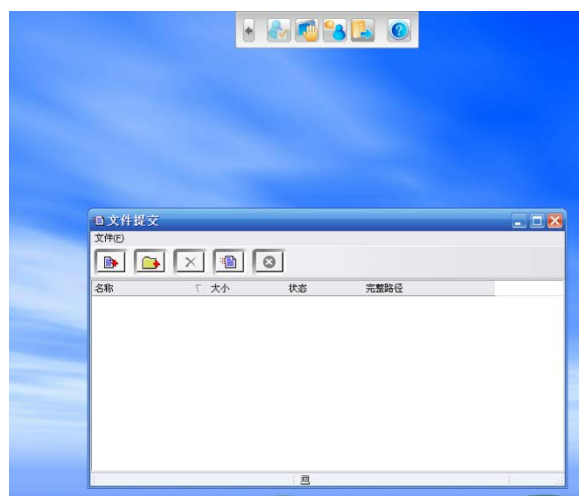
更换显微镜设置图

观察目标找到后，可以点击“拍照”按钮，屏幕左侧点击“图像处理”按钮，则可以进行图片保存、测量等；如果需要录像，则在图像预览界面右侧点击“录像”按钮，开始录像，点击“停止录像”，结束录像。录像保存路径在点击“设置”按钮后，可以手动指定，默认桌面。



拍照后图像处理界面图

4. 观察过程中，有不懂的地方，鼠标移至屏幕顶端悬浮窗，点击“举手”，通知指导教师现场指导，也可以点击其他按钮，执行相关的功能，如文件提交等，按提示操作。



学生端向教师端提交文件界面

5. 实验完毕后，清理实验台，移走观察的物体及使用过的物品，关闭显微镜电源，盖好防

尘罩，关闭计算机，填写实验记录本。

6. 注意事项

计算机桌面分辨率不要私自调整，超出摄像机分辨率后将无法使用 MIE3.1 软件；

不要私自外接优盘等，避免计算机病毒；

显微镜与计算机相连的 USB 数据线不要互换，不要频繁插拔，防止接口松动；

出现意外情况不要私自处理，报告指导教师处理，或请专业人员处理。

作业和思考题

1. 体视显微镜与普通生物显微镜有何差别？
2. 显微互动系统如何使用？
3. 把拍的图片或视频上传给教师。

小结与知识拓展

1. 解剖显微镜的发明

显微镜是人类进入原子时代的标志。主要用于放大微小物体成为人的肉眼所能看到的仪器。显微镜分光学显微镜和电子显微镜。现在的光学显微镜可把物体放大 1600 倍，分辨的最小极限达波长的 $1/2$ ，国内显微镜机械筒长度一般是 160mm。

(1) 显微镜的发明过程

显微镜是人类最伟大的发明之一。在它发明出来之前，人类关于周围世界的观念局限在用肉眼，或者靠手持透镜帮助肉眼所看到的东西。

显微镜把一个全新的世界展现在人类的视野里，人们第一次看到了数以百计的“新的”微小动物和植物，以及从人体到植物纤维等各种肉眼看不见的细微构造。显微镜还有助于科学家发现新物种，有助于医生治疗疾病。

最早的显微镜是 16 世纪末期在荷兰制造出来的。发明者是荷兰眼镜商亚斯·詹森，或者是另一位荷兰科学家汉斯·利珀希，他们用两片透镜制作了简易的显微镜，但并没有用这些仪器做过任何重要的观察。

后来有两个人开始在科学上使用显微镜。第一个是意大利科学家伽利略。他通过显微镜观察到一种昆虫后，第一次对它的复眼进行了描述。第二个是荷兰亚麻织品商人列文虎克（1632 年-1723 年），他自己学会了磨制透镜。他第一次描述了许多肉眼所看不见的微小植物和动物。

1931 年，恩斯特·鲁斯卡通过研制电子显微镜，使生物学发生了一场革命。这使得科学家能观察到像百万分之一毫米那样小的物体。1986 年他被授予诺贝尔奖。

(2) 解剖显微镜的发明

解剖显微镜于 19 世纪 90 年代（1890 年）被美国仪器工程师霍雷肖·S·格里诺（其父为美国杰出雕塑家和作家霍雷肖·格里诺（1805-1852））发明，并被德国卡尔·蔡司公司（是一家制造光学系统、工业测量仪器和医疗设备的企业，创始于 1846 年，总部地点为德国）率先生产以来，对科学研究、考古探索、工业质量控制和生物制药等领域的发展都产生了积极的影响。

2. 显微互动系统在实验中的应用

近几十年来，随着科技的发展，许多新技术新方法逐渐引入到教学设计中，尤其是多媒体技术、计算机技术和网络技术，已经在课堂教学中占据了重要的地位，虽然这些新技术的大量使用带来了一些问题，但从总体趋势来看，依然是利大于弊。新技术的普及，不但在理论课的教学中得到了广泛的应用，更进一步应用到了实验课的教学中，有效的提高了实验教学效果。

实验课教学，尤其是在以应用为主的理工科实验教学中，侧重于知识的直观感受和体验，要求学生在教师的指导下亲自动手。对于一些宏观性较强的实验，例如植物认知、机械设备的操作等，由于容易观察，教师的示范操作、讲解容易被学生理解，而学生的操作过程也易于教师检查，因而教学互动较好，教学效果明显。但是，对于许多微观性较强的实验项目，如微生物、细胞的观察，由于需要借助于显微设备来进行，教学互动则比较困难。为了解决微观实验的教学互动，借助于计算机、网络、显微成像技术，许多高校组建了显微互动实验室，在各个不同的学科，如

病理学、医学形态学、遗传学、植物学、微生物学等，均取得了理想的实验教学效果。

虽然显微互动系统教学效果好，教学效率高，但也并非毫无缺点。首先，最大的缺点就是造价昂贵，维护需求高。一间显微互动实验室由于要安装多台设备，需要较大的机房面积，需要维持一个相对稳定的温湿度环境，需要防尘防静电，除了主设备之外，还要安装许多附属设备，如空调、除湿机等，整体造价不菲，不利于普及。其次，互动系统存在网络连接不稳定的隐患，需要实验指导教师具备一定的网络维护技能。使用中经常遇到教师机与学生机无法连接的故障，部分教师缺乏计算机及网络知识，排查原因比较困难，一旦遇到问题则会耽误实验进程。第三，维护成本高。虽然维护人员定期对计算机进行病毒查杀，但依然避免不了病毒肆虐，一旦一台计算机感染病毒，网内计算机都面临较大的风险；此外，计算机电子元器件有使用寿命限制，长期使用导致电气性能逐渐下降，经常需要更换风扇、内存、鼠标、键盘、USB 连接线等配件，增加了维护成本。

3. 显微互动系统的发展趋势

自从显微互动系统问世以来，在各个行业，尤其是在医学以及微生物教学等诸多领域获得了广大师生的好评。追溯以往，显微互动系统最早大约 2003 年在北京师范大学投入使用，此后，各个高校陆续跟进，建成了一大批显微互动实验室，并收到了非常好的教学效果，这一时期的显微互动系统可以称之为第一代系统。主要特点是各个终端之间通过有线网络进行组网，计算机、显微镜相对独立。随着无线技术的发展，尤其是带宽的提高，有线网络逐渐被无线网络取代，计算机之间的联网通过无线网络进行，避免了繁琐的布线的程序，节省了操作空间，可以视之为第二代显微互动系统，目前新建的实验室大部分都采用无线组网的方式。近几年，随着平板显示器的发展，传统的计算机有被平板取代的趋势。平板体积小，触控操作方便，可以和显微镜集成到一起，大大节省了实验台可以操作的空间，提高了实验室的使用面积，有效缓解了实验用房紧张的窘境，可以算作是第三代显微互动系统。

从教学效果来讲，抛开硬件性能的提升，以上 3 代系统之间没有非常大的差别，但在使用的便利性、稳定性方面明显是第三代占优势，但第三代采用平板作为显示屏和客户端，对图像的处理编辑能力还是不如计算机强大；第二代系统则比较中庸，兼顾了组网的便利性和图像处理能力，仍然有一定的市场空间。也许随着互联网技术的发展，尤其是云计算、云系统的发展，显微互动系统又会迎来一次跨越式的发展，“显微互动云系统”的出现为期不远。

实验二 昆虫的体向和体躯分段

实验目的

1. 了解昆虫体向的划分；
2. 掌握昆虫体躯的分段和体段的分节情况；
3. 了解昆虫体面的划分。

实验要求

1. 通过对棉蝗体躯的观察，了解昆虫前后、左右、内外和基部、端部等体向以及背面、腹面和侧面等体面的划分依据和划分方法；
2. 通过对棉蝗体躯的观察，掌握昆虫头、胸、腹三体段的划分依据和各体段的分节情况。

实验材料

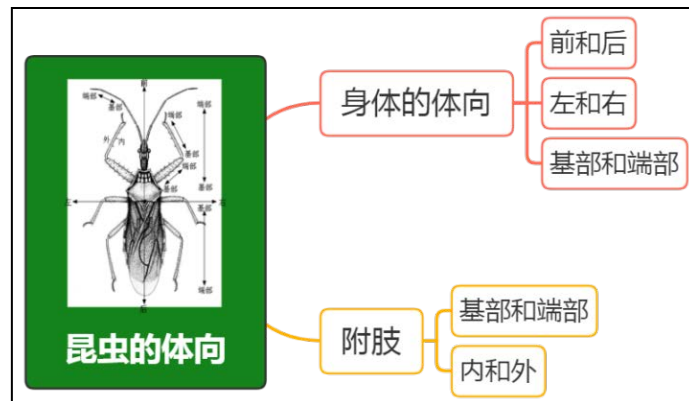
棉蝗。

实验用具

双目解剖镜、镊子、培养皿、直尺等。

理论知识复习

一、昆虫的体向



二、昆虫的体躯



实验内容与方法

一、昆虫体向的划分

1. 取1头棉蝗，用直尺测量其体长（记录下来），并观察其身体的形状；
2. 将棉蝗背面向上，头部向前，放入培养皿中，观察体躯是否左右对称？区分整个虫体的

前、后、左、右、内、外、基部、端部、背面、腹面、侧面等。

二、昆虫体躯的一般构造

1. 取 1 头棉蝗，从前向后观察体躯的分段情况，共分几个体段？
2. 观察头部，从外观看，头部是否分节？头部着生有哪些感觉或取食器官？
3. 观察胸部，从外观看，胸部是否分节？分几节？节与节之间是否可以活动？每一节上着生有哪些运动器官？
4. 观察头胸部，观察两个体段间通过什么来连接？
5. 观察腹部，从外观看，腹部是否分节？分几节？腹节上是否着生有运动器官？用左手拿住棉蝗，右手用镊子夹住其腹部轻轻拉动，观察腹部节与节之间是否可以活动和各节是如何连接的？

三、昆虫体面的划分

1. 取 1 头棉蝗，观察头部、胸部和腹部的形状；
2. 观察头部，判断是否可以将头部划分为背面、侧面和腹面？
3. 观察胸部，判断是否可以将胸部划分为背面、侧面和腹面？每一面的骨板分别几块？
4. 观察腹部，判断是否可以将腹部划分为背面、侧面和腹面？每一面的骨板分别几块？腹部的侧板有何特点？

作业与思考题

1. 棉蝗的体长约为多少厘米？
2. 棉蝗体躯是否左右对称？
3. 棉蝗胸部从外观看是否分节？分几节？节与节之间是否可以活动？每一节上着生有哪些运动器官？
4. 棉蝗头胸部间通过什么方式来连接？
5. 棉蝗腹部从外观看是否分节？分几节？腹节上是否着生有运动器官？腹部节与节之间是否可以活动和各节是如何连接的？
6. 棉蝗头部、胸部和腹部分别为什么形状。
7. 是否可以将头部划分为背面、侧面和腹面？为什么？
8. 是否可以将胸部划分为背面、侧面和腹面？每一面的骨板分别几块？
9. 是否可以将腹部划分为背面、侧面和腹面？每一面的骨板分别几块？腹部的侧板有何特点？
10. 绘棉蝗胸部和腹部简单的体面图，并标记名称，同时标记处胸部足和翅的着生位置。
11. 列表比较昆虫头、胸、腹部体面、体节、骨板情况。

小结及知识拓展

1. 昆虫体躯分段的生物学意义

昆虫体躯有 18-21 个环节，被划分成 3 个体段：

(1) 昆虫的头部

是取食和感觉的中心，着生有触角和口器，通常还有复眼和单眼。

(2) 昆虫的胸部

是运动和支撑的中心，成虫阶段着生有翅和足。

(3) 昆虫的腹部

是新陈代谢和生殖的中心，着生有外生殖器，腹内有生殖系统和大部分内脏。

2. 体面、骨板和骨片之间的关系

体面由骨板组成，骨板又由骨片组成。如昆虫的胸部分背面、侧面及腹面，其中背面为 1 块骨板，侧面为 2 块骨板，腹面为 1 块骨板，即胸部由 4 块骨板组成；再如昆虫的腹部也分背面、侧面及腹面，其中背面为 1 块骨板，侧面的骨板多由侧膜代替，腹面为 1 块骨板，即绝大多数昆虫的腹部由 2 块骨板组成；每一骨板由若干骨片组成，具体见实验七和十一。

实验三 昆虫头壳的基本构造

实验目的

1. 掌握昆虫头壳的缝和沟及其分区；
2. 了解昆虫头式的类型。

实验要求

1. 通过对棉蝗成虫头壳的观察，了解头壳的硬度和骨化程度，掌握头壳的缝和沟的有无、数量和划分标准，以及头壳的分区情况和各区内附属器官的种类；
2. 通过对棉蝗成虫和家蚕幼虫头壳的观察，了解缝和颅中沟的有无和两者的关系；
3. 通过对棉蝗成虫、蝉和步甲头部的观察，了解昆虫头式的类型，以及不同头式的特点和与昆虫食性的关系。

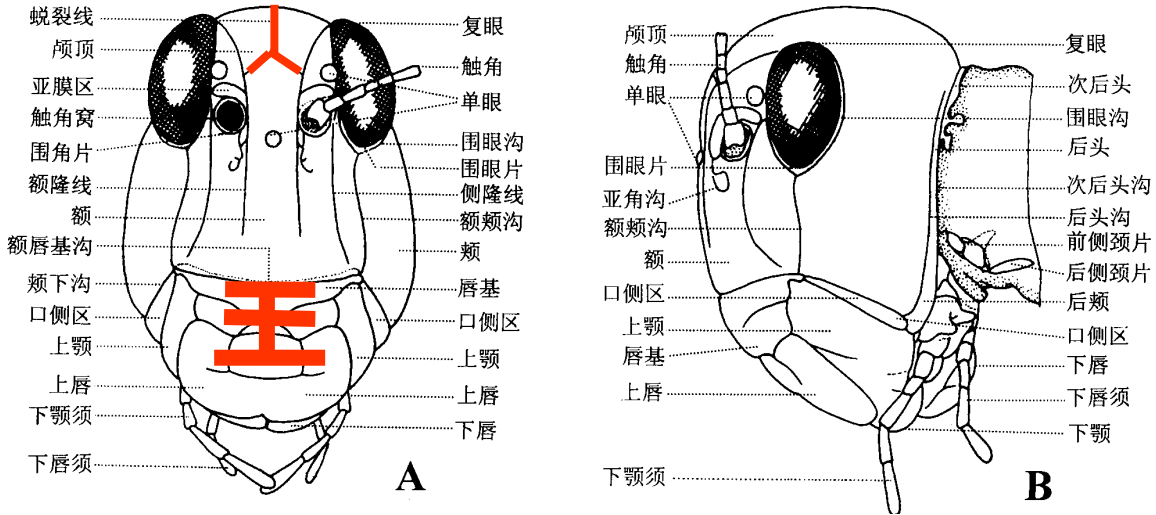
实验材料

棉蝗成虫、家蚕幼虫、蝉和步甲。

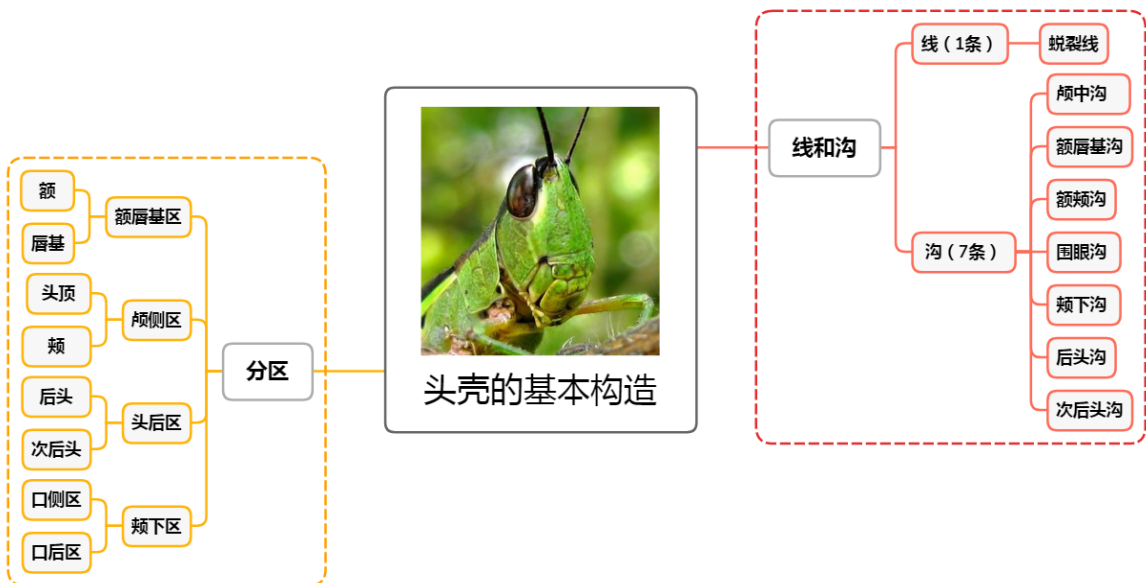
实验用具

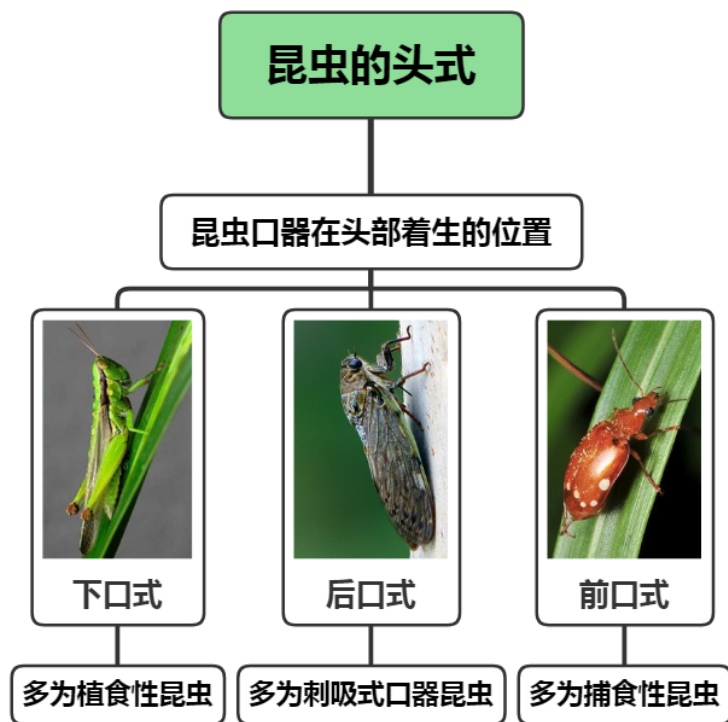
双目解剖镜、镊子、解剖针、培养皿、蜡盘等。

理论知识复习



棉蝗头部正、侧面观





实验内容与方法

一、头壳的基本构造

(一) 头壳的骨化程度

取棉蝗和家蚕幼虫各 1 头，用镊子轻触头壳，感觉头壳的硬度和骨化程度。置于镜下，观察头壳是否可以划分成不同的骨板，还是成一块整体？

(二) 头壳上的缝和沟

1. 缝

取家蚕幼虫（其他鳞翅目幼虫也可）一头，背面向上放入培养皿或固定在蜡盘上，观察其头部背面的一条倒“Y”字形线，即蜕裂线。

2. 沟

取棉蝗和家蚕幼虫各 1 头，放入培养皿或在蜡盘上，进行观察。

(1) 颅中沟 取家蚕幼虫，头顶向上，在“蜕裂线”位置处仔细观察，看其主干是否内陷和颜色加深，即是否能观察到颅中沟。

(2) 额唇基沟 又称口上沟。取棉蝗成虫和家蚕幼虫，腹面向上，在额和唇基交界处观察是否有横沟（额唇基沟）存在，同时比较两种昆虫额唇基沟有何区别？

(3) 额颊沟 取棉蝗成虫，侧面向上，在复眼下方至上颚前关节之间观察是否有 1 条纵沟，即额颊沟。

(4) 颊下沟 取棉蝗成虫，侧面向上，在颊的下方观察是否有一条自前幕骨陷到后头沟之间的横沟，即颊下沟，且两上颚关节之间的部分颊下沟——口侧沟较为明显；

取家蚕幼虫，侧面向上，同样观察颊下沟，但其位于上颚后关节以后的部分颊下沟——口后沟特别发达。

(5) 后头沟和次后头沟 取棉蝗成虫，拧下头部，侧面向上，在头部的后面仔细观察是否有环绕着后头孔的拱形沟，其中第 2 条为后头沟，注意观察后头沟两端是否下达上颚后关节处，在近头顶处是否有所退化；第 1 条为次后头沟，注意观察其两端是否内陷（幕骨后壁），外面是否留下凹陷的痕迹（叫后幕骨陷）。

(6) 围眼沟 取棉蝗成虫，在复眼周围观察是否有环绕成一圈的 1 条沟，即围眼沟。

(三) 头壳的分区

取棉蝗 1 头，放入培养皿或在蜡盘上，进行观察。

1. 额唇基区

棉蝗腹面向上，头部向前进行观察。其中在蜕裂线两侧臂以下、额唇基沟以上、两条额颊沟之间的区域，统称为额；额唇基沟和上唇之间的区域，称为唇基。同时观察棉蝗成虫的哪些器官着生在此区？

2. 颅侧区

棉蝗侧面向上，头部向前进行观察。位于额颊沟和后头沟之间的包括头部侧面和头顶的区域即为颅侧区，同时观察棉蝗成虫的哪些器官着生在此区？

3. 颊下区

棉蝗侧面向上，头部向前进行观察。位于颊下沟以下的 1 个狭小区域即为颊下区。颊下区边缘具有上颚的两个关节，其中位于上颚两个关节之间的部分颊下区，称为口侧区；上颚后关节之后的部分颊下区，称为口后区。

4. 后头区和次后头区

把棉蝗的头部取下，头孔向上进行观察。在后头沟和次后头沟之间的拱形骨片即为后头区，其中头顶以后的部分后头区常称为后头，颊以后的部分后头区常称为后颊，仔细观察后头和后颊之间是否有明显的分界线？在次后头沟以后和颈膜之间的拱形骨片即为次后头区。

二、昆虫的头式

以棉蝗、蝉和步甲为材料，观察昆虫的头式，比较三者头式的不同和特点，并分析头式与昆虫食性的关系。

作业与思考题

1. 绘棉蝗成虫头部分区图，注明缝、沟和区的位置和名称。
2. 棉蝗成虫和家蚕幼虫的蜕裂线、颅中沟等有何区别？
3. 棉蝗头壳的各区各着生有哪些器官？
4. 列表比较棉蝗、蝉和步甲三种头式的不同和特点，并分析头式与昆虫食性的关系。
5. 昆虫头壳是否可以划分成不同的骨板，还是成一块整体？
6. 昆虫头壳的后头和后颊之间是否有明显的分界线？

小结及知识拓展

1. 昆虫头壳构造特点的适应性

昆虫的头壳没有分节的痕迹，是由数个体节愈合而成的，保证了头壳的完整性，对保护脑有重要意义；

昆虫的头壳坚硬，以保护脑和适应取食时强大的肌肉牵引力；

昆虫的头壳上有缝和沟，以利于昆虫的蜕皮和形成幕骨，增加头壳的支撑和附着肌肉；

昆虫的头壳上着生有触角、复眼、单眼等感觉器官，以适应及时的信息接收和传递并做出反应；

昆虫的头壳上着生有口器，可以取食，以满足昆虫生长、发育、繁殖等所需的营养。

2. 蜕裂线与蜕皮

蜕裂线是位于昆虫头部背面的一条常呈倒“Y”形的线，是唯一一条真正的缝，其外面无沟，里面无脊，仅外表皮不发达。

蜕裂线是幼虫或若虫蜕皮时体壁裂开的位置。当蜕皮前形成新表皮时，虫体吸收了旧表皮中的内表皮，使无外表皮处受压易开裂。

蜕裂线随不同昆虫、不同虫态而变化。膜翅目幼虫蜕裂线的主干不分支，前端直伸至上唇。鳞翅目幼虫的蜕裂线常与颅中沟的内褶重叠。在若虫或幼虫阶段很易观察，在增节变态及不全变态类昆虫的成虫中部分或全部保留，全变态类昆虫成虫期均无蜕裂线。有些位置不同，呈现的纹路不一样。

3. 了解昆虫头式的意义

根据昆虫的头式可以判断昆虫口器的类型和取食习性及其为害特点。

下口式：口器着生并伸向头的下方，特别适于啃食植物叶片，茎秆等。大多数具有咀嚼式口器的植食性昆虫和一部分捕食性昆虫的头式属于此类，如棉蝗，鳞翅目幼虫等的头式。这是最原始的一类头式。

前口式：口器着生并伸向前方，大多数具有咀嚼式口器的捕食性昆虫、钻蛀性昆虫等的头式属于前口式，如步甲、天牛幼虫等的头式。

后口式：口器伸向腹后方，大多数具有刺吸式口器昆虫的头式属于此类，如蝉，叶蝉等同翅目头喙亚目的昆虫与几乎所有半翅目的昆虫的头式。后口式是昆虫为在不取食时保护长喙而形成的，实际上当这些昆虫取食时喙可伸向下方或前方。

实验四 昆虫头部的内骨骼

实验目的

1. 掌握昆虫头部内骨骼的构成特点；
2. 掌握昆虫头部内骨骼的观察方法；
3. 了解昆虫肌肉的消煮方法。

实验要求

1. 通过对棉蝗成虫头部的前处理，了解昆虫肌肉的消煮方法；
2. 通过对棉蝗成虫内骨骼的解剖和观察，掌握幕骨的构成特点，以及各幕骨与头壳沟缝的关系；
3. 通过对棉蝗成虫头壳的处理，掌握幕骨的观察方法。

实验材料

棉蝗成虫。

实验用具

双目解剖镜、镊子、解剖针、培养皿、蜡盘、剪刀、烧杯、酒精灯或电磁炉等。

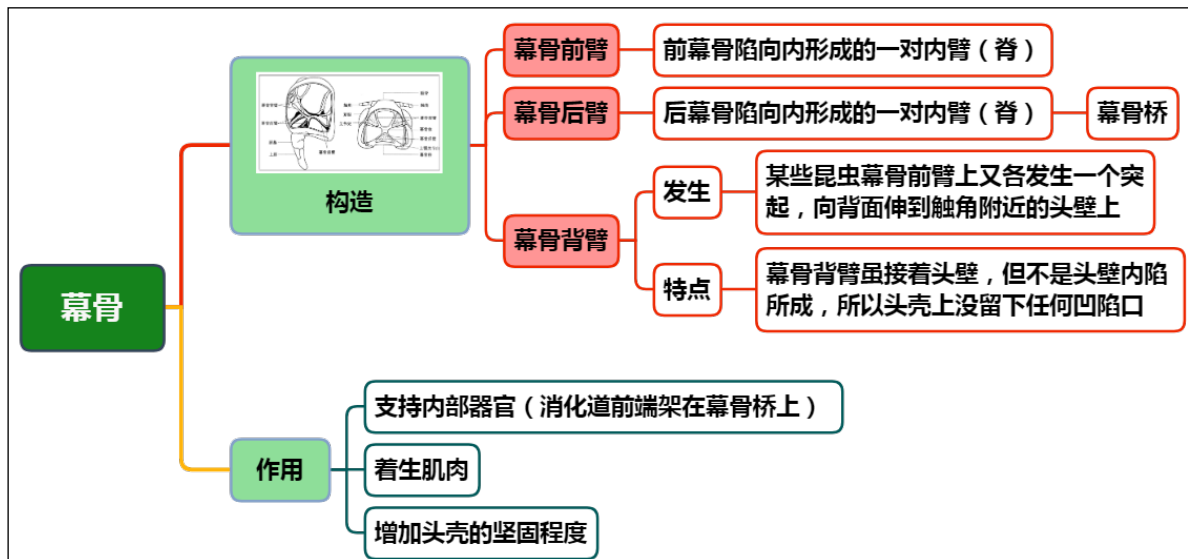
实验制剂

100 g/L 的 KOH 溶液。配制 500 mL、100 g/L 的 KOH 溶液，配制方法如下：

- (1) 计算 KOH 的称量质量 $m = 500 \text{ ml} \times 100 \text{ g/L} = 50 \text{ g}$ ；
- (2) 用 100 mL 小塑料杯在电子天平上称量 50 g KOH；
- (3) 把蒸馏水缓慢加入塑料杯，搅拌溶解，转移到 500mL 容量瓶中定容；
- (4) 再转移到 500 mL 的广口试剂瓶中，贴标签。

理论知识复习

头部的内骨骼统称幕骨。



实验内容与方法

一、前处理

取棉蝗的头部，用镊子将口器的上颚、下颚、下唇和舌拉掉，保留上唇和唇基（以便确定方位），然后放在盛有 100g/L KOH 溶液的烧杯中，用酒精灯或在电磁炉上加热 20min 左右，溶去其内含物，随后取出，先用清水冲去碱液，待解剖观察。注意头部在 KOH 溶液中消煮的时间，并观察消煮后与消煮前的状态的差异？

二、幕骨观察方法

方法 1: 取已煮好的棉蝗头壳标本 1 个，用水冲洗碱液和消化后的肌肉，直至头壳透明为止，

从后头孔处对着光源直接观察，或用针固定于蜡盘中，在双目解剖镜下观察。

方法 2: 取已煮好的棉蝗头壳标本 1 个，用水冲洗干净，然后用剪刀从头顶一侧插入，沿后头沟前面头顶两侧向下剪，直至额唇基沟的上方，再沿着额唇基沟向后将额区和颅侧区的大部分头壳剪去，只留下后头孔和含有额唇基沟、上唇的部分头壳，即可见幕骨的各个部分，进行观察。

方法 3: 取已煮好的棉蝗头壳标本 1 个，用水冲洗干净，然后用剪刀从后头孔一侧插入，由后头沟向上剪至蜕裂线中干附近，转向前剪至额唇基沟上方，再向后剪至后头沟（注意不要伤幕骨背臂），即剪去头壳的一半，就可见幕骨的全貌。

三、幕骨特点观察

(1) 幕骨前臂：棉蝗幕骨前臂前端宽，后端窄，中后部侧立。注意观察头壳上有没有陷口？为什么？

(2) 幕骨背臂：着生在前臂上的中后部，侧立，为长条形薄片，向背面延伸到触角的附近，注意观察头壳上有没有陷口？为什么？

(3) 幕骨后臂：1 对臂状骨片。注意观察头壳上有没有陷口？为什么？

四、幕骨桥的观察

将两幕骨后臂左右连接起来的 1 块骨片即是幕骨桥。注意观察棉蝗幕骨桥的形状和位置与模式构造有何不同？

作业与思考题

1. 绘棉蝗幕骨特征图，注明各结构的名称。
2. 幕骨前臂在头壳上有没有陷口？为什么？
3. 幕骨背臂在头壳上有没有陷口？为什么？
4. 幕骨后臂在头壳上有没有陷口？为什么？
5. 什么是幕骨桥？棉蝗幕骨桥的形状和位置与模式构造有何不同？
6. 为什么要对昆虫肌肉进行消毒？常用方法是什么？

小结及知识拓展

昆虫为什么要形成幕骨？

(1) 支撑头壳

昆虫的头壳十分坚硬，以承受强大的口器肌肉的牵引力和保护内部脑等器官。

昆虫头部的坚硬不仅是由于各节间紧密愈合和有多条次生沟的内脊的支撑，而且还在于头壳内有着特殊的内骨骼。

(2) 着生肌肉和搭建支架桥

幕骨除具有支撑和加强头壳的作用外，同时还为口器附肢、舌与前胸的部分肌肉提供了着生之处，此外，还是消化道、神经索上下穿插而过的支架桥。

(3) 特殊性

在有些种类，特别是寄生性和具有刺吸式口器昆虫中幕骨部分退化或消失。

昆虫内骨骼是体壁内陷而成，同脊椎动物的骨骼截然不同。

实验五 昆虫头部的感觉器官

实验目的

1. 掌握昆虫头部感觉器官的种类和数量；
2. 掌握昆虫头部各感觉器官的构造特点。

实验要求

1. 通过棉蝗成虫、蜻蜓和蜜蜂头部感觉器官的观察，了解昆虫头部感觉器官的种类，掌握触角和复眼、单眼的着生位置和数量，以及触角的构造特点；
2. 通过观察白蚁、蚕蛾、蝉、棉蝗、金龟子、埋葬虫、菜粉蝶、绿豆象(♂)、叩头虫(♂)、家蝇和摇蚊(♂)的触角，掌握触角的一般类型，能够鉴别出所观察昆虫触角的一般类型；
3. 通过观察棉蝗成虫、小麦叶蜂幼虫和家蚕幼虫的单眼，掌握单眼的一般类型和构造特点，了解单眼的数量变化和排列方式。

实验材料

棉蝗成虫、蜜蜂、蜻蜓、小麦叶蜂幼虫、家蚕的幼虫；

胡蜂、白蚁、蚕蛾、蝉、棉蝗、金龟子、埋葬虫、菜粉蝶、绿豆象(♂)、叩头虫(♂)、家蝇和摇蚊(♂)的触角玻片标本。

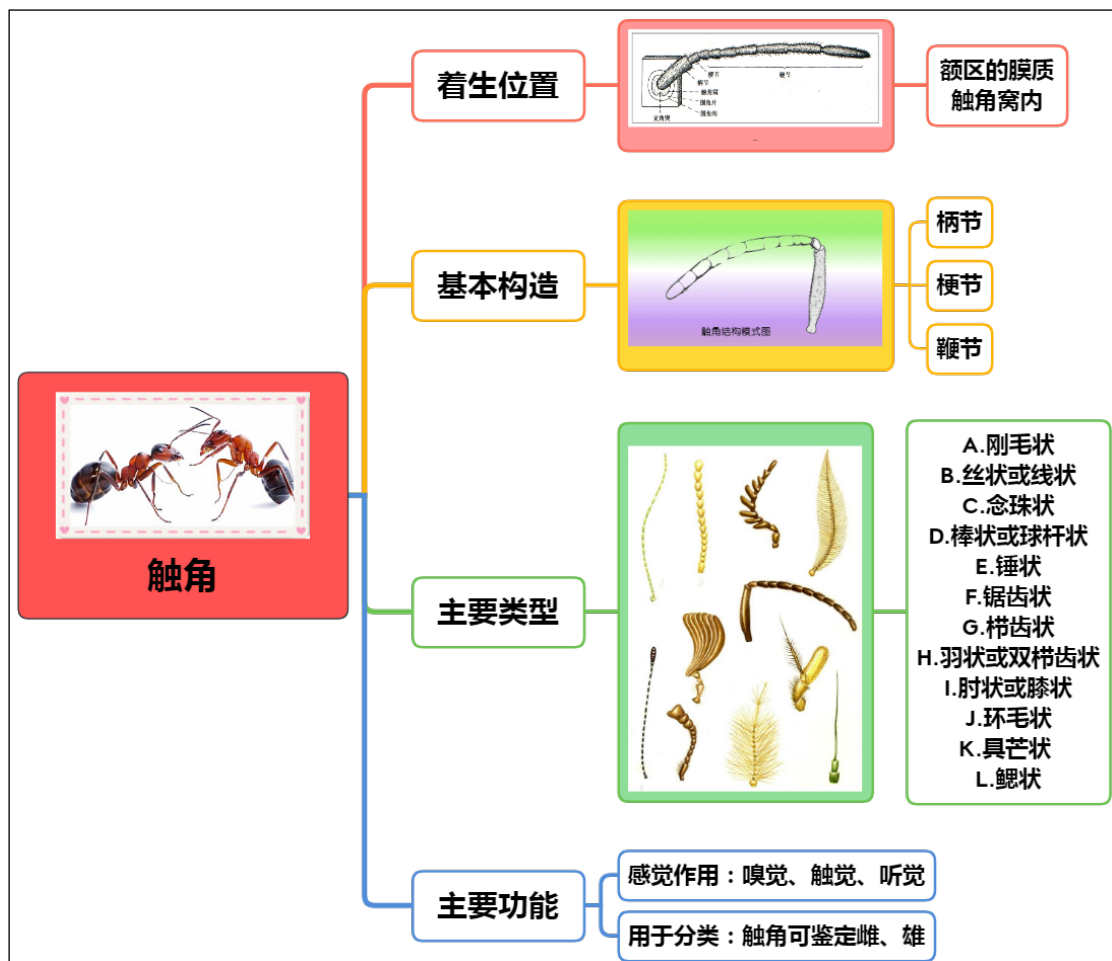
实验用具

双目解剖镜、镊子、解剖针、培养皿、蜡盘等。

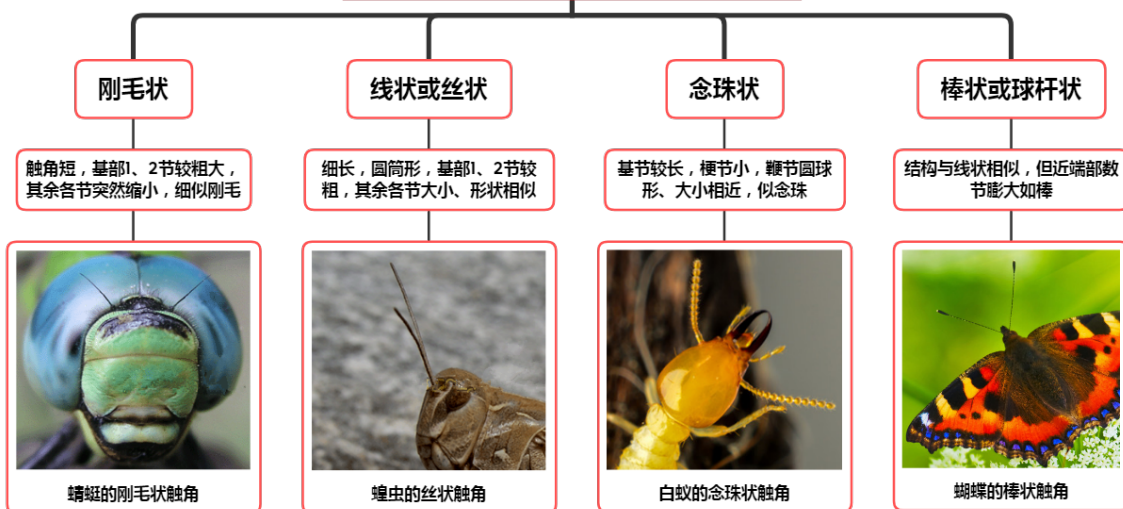
理论知识复习

昆虫头部的感觉器官包括触角和眼。

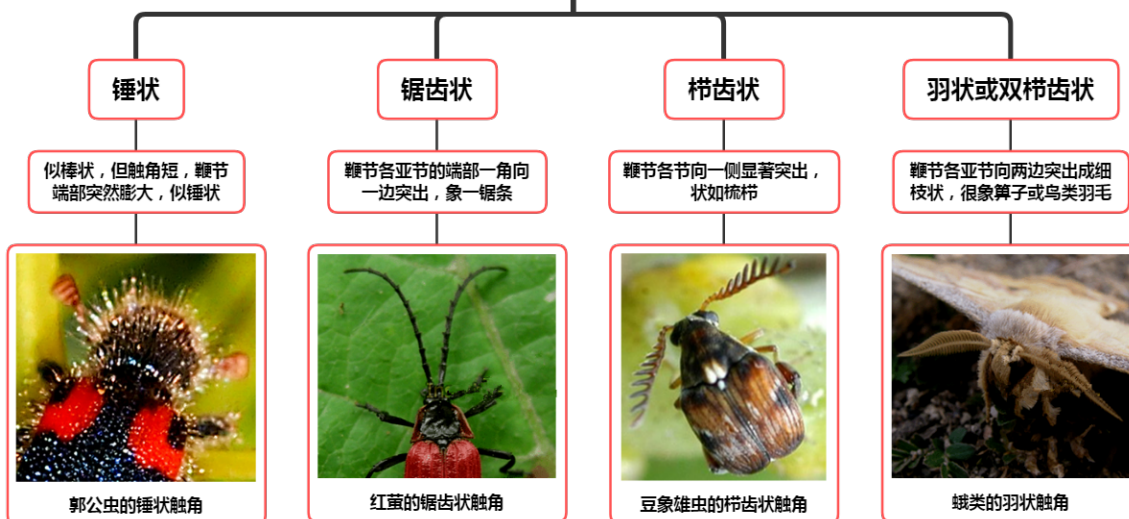
一、触角



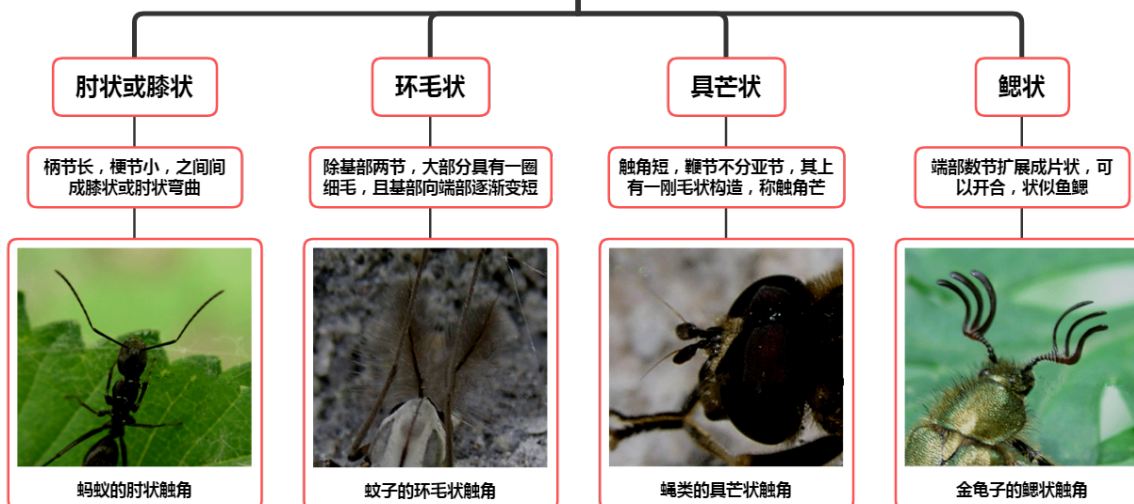
触角类型特点及代表昆虫



触角类型特点及代表昆虫



触角类型特点及代表昆虫



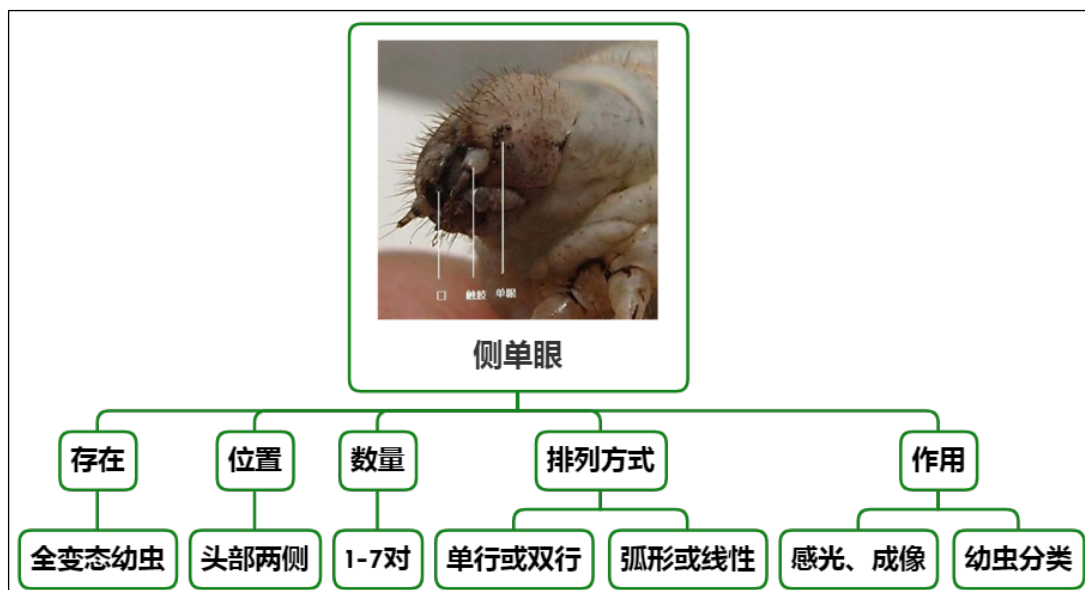
二、眼

(一) 复眼

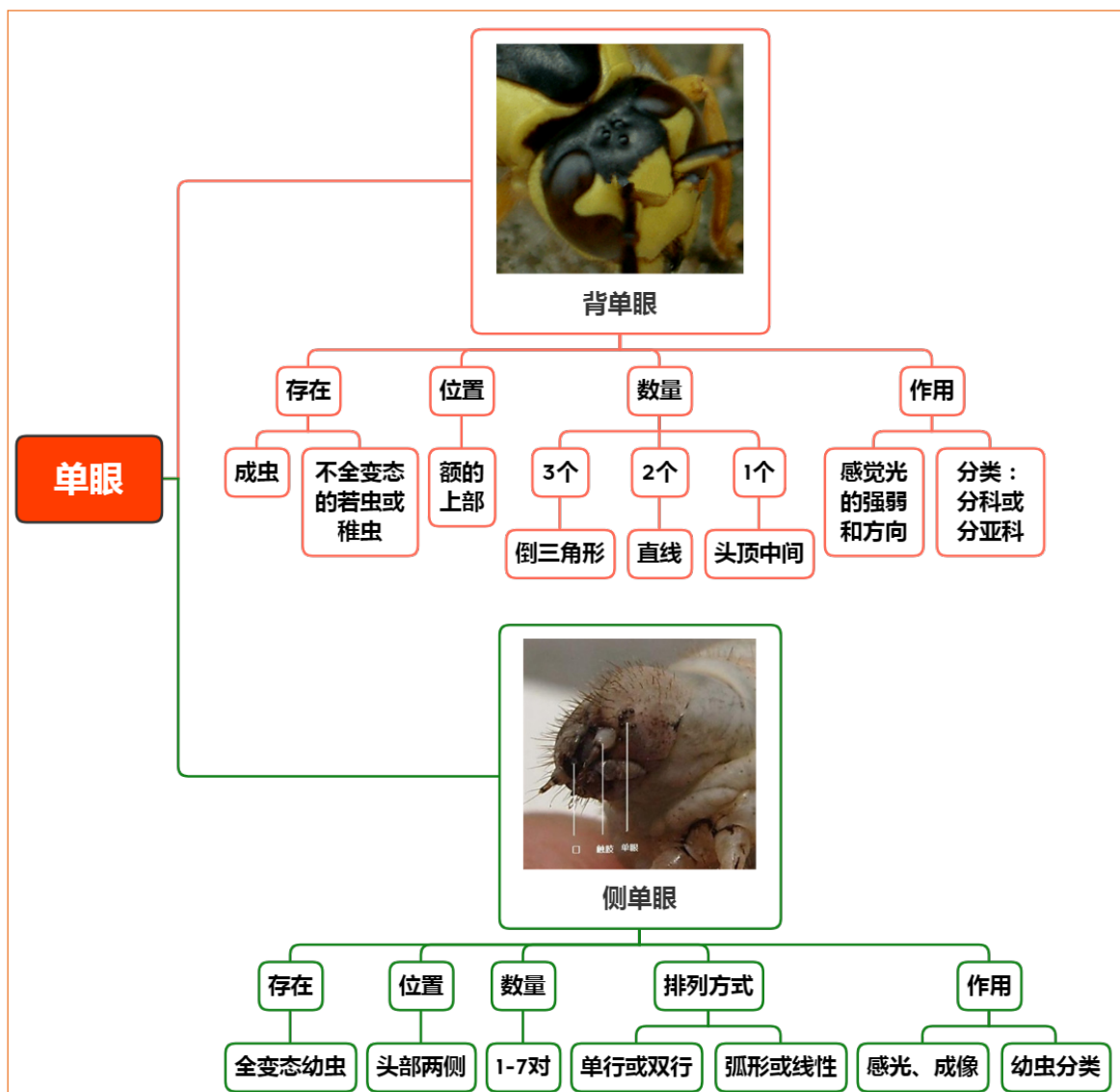


(二) 单眼

1. 侧单眼



2. 背单眼



实验内容和方法

一、昆虫触角的基本构造和类型

1. 昆虫触角的基本构造观察

以蜜蜂为材料，观察其触角的着生位置和基本构造。

取1只蜜蜂，头顶向上，找到触角，观察其着生位置和基本构造。同时用镊子拨弄触角，感觉触角是否可动。并注意观察，触角着生于昆虫头部的哪个区域？触角基部与头壳之间的连接特点，围绕触角是否有沟存在，以及围角片和支角突的位置，昆虫触角分几部分？

2. 昆虫触角类型和构造特点观察

观察胡蜂-肘状、白蚁-念珠状、蚕蛾-羽状、蝉（蜻蜓）-刚毛状、棉蝗-线状、金龟子-鳃状、埋葬虫-锤状、菜粉蝶-棒状、绿豆象（♂）-栉齿状、叩头虫（♂）-锯齿状、家蝇-具芒状和摇蚊（♂）-环毛状的触角，比较它们的构造特点，并说明其归属类型？

二、昆虫复眼的着生位置和基本形状观察

以蜻蜓为材料，观察其复眼的着生位置和基本构造。

取1只蜻蜓，头顶向上，找到复眼，观察复眼着生的位置和形状，以及数量；并将复眼朝向太阳光或在解剖镜下，观察一下复眼表面是否有光泽？以及复眼表面有六边形的网纹？并解释为什么？

三、昆虫单眼的一般外部形状、数目及其排列方式观察

以棉蝗成虫、小麦叶蜂幼虫和家蚕幼虫为代表，观察昆虫单眼的一般外部形状、数目及其排列方式。

1. 棉蝗成虫单眼的观察

取1头棉蝗成虫，头顶向上，找到复眼和触角，在两复眼之间和两触角之间观察是否有单眼存在？该单眼属于什么类型？位于头部的哪个区域？共几个？排列成什么形状？

2. 小麦叶蜂幼虫单眼的观察

取1头小麦叶蜂，头顶向上，观察额区，是否有单眼存在？该单眼属于什么类型？位于头部的哪个区域？共几个？排列成什么形状？

3. 家蚕幼虫单眼的观察

取1头家蚕幼虫，头侧面向上，置于镜下观察，找到触角，在其外侧仔细观察是否有单眼存在？该单眼属于什么类型？位于头部的哪个区域？共几个？排列成什么形状？

注意比较复眼和单眼在大小上的差异。

作业与思考题

1. 绘蜜蜂触角构造图，并注明各部分名称。
2. 蜜蜂触角着生于昆虫头部的哪个区域？触角基部围绕触角是否有沟存在？触角基部与头壳之间的连接特点如何？昆虫触角分几部分？
3. 列表比较胡蜂、白蚁、蚕蛾、蝉、棉蝗、金龟子、埋葬虫、菜粉蝶、绿豆象（♂）、叩头虫（♂）、家蝇和摇蚊（♂）的触角类型和构造特点。
4. 蜻蜓复眼着生在头部的哪个区域？形状如何？数量几个？表面是否有光泽？是否有六边形的网纹？并解释为什么？
5. 棉蝗成虫的单眼着生在头部的哪个区域？共几个？排列成什么形状？属于哪种类型？
6. 小麦叶蜂幼虫的单眼着生在头部的哪个区域？共几个？排列成什么形状？属于哪种类型？
7. 家蚕幼虫的单眼着生在头部的哪个区域？共几个？排列成什么形状？属于哪种类型？
8. 棉蝗成虫的复眼和单眼在大小上有差异吗？估计两者之间的倍数比例。

小结及知识拓展

1. 触角的生物学意义

(1) 触角是昆虫重要的感觉器官

触角主要起嗅觉和触觉作用，有的还有听觉作用，可以帮助昆虫进行通讯联络、寻觅异性、寻找食物和选择产卵场所等活动。

上下左右不停摆动的触角，就像两根天线或雷达一样时刻在接受电波和追踪目标。因为触角上有许多感觉器和嗅觉器，与触角窝内的许多感觉神经末梢相连，又直接与中枢神经连网，非常灵敏，既能感触物体、感觉气流，又能嗅到各种气味，甚至是远距离散发出来的。当受到外界刺激后，中枢神经便可支配昆虫进行各种活动。

如二化螟的触角，可凭借水稻的气味刺激寻找到它的食物水稻，菜粉蝶的触角可根据接受到的芥子油气味很快发现它的食物（十字花科植物）。嗅觉最灵敏的是印第安月亮蛾，能从 11 千米以外的地方察觉到配偶的性外激素。有些姬蜂的触角可凭借害虫体上散发出的微弱红外线，准确无误地搜寻到躲在作物或树木茎秆中的害虫。

（2）触角的其他作用

对于某些昆虫，触角还有其他作用。例如水生的仰泳在仰泳时，将触角展开有平衡身体的作用；水龟虫用触角帮助呼吸；萤蚊的幼虫用触角捕捉猎物；芫菁的雄虫在交配时用触角来抱握雌虫的身体；云斑鳃金龟的雄虫用触角发声，像蟋蟀一样，用于招引雌虫。

（3）触角是鉴定昆虫种类和性别的重要依据

昆虫种类、性别不同，它们触角的长短、粗细和形状也各不相同。例如棉蝗的触角很短，螽斯的触角很长，呈线状；蝴蝶的触角细长而末端膨大，蛾的触角很短，呈羽状；雄蚊触角长有许多刚毛，呈毛丛状，而雌蚊则刚毛很少；天牛的触角比它的身体还长，金龟子的则很短小，呈鳃状。

最长的为新几内亚天牛的触角，长达 20 厘米。

只有原尾目昆虫没有触角，双翅目、膜翅目幼虫的触角大多退化。

2. 复眼的小眼面

（1）用于分类

复眼是由不定数量的小眼组成，它的优点是可以有效的计算自身与所观察物体的方位，距离，从而有利于昆虫作出更快速的判断和反应。小眼面一般呈六角形，而雄性介壳虫的复眼则由圆形小眼组成。小眼面的数目、大小和形状在各种昆虫中变异很大，一般的复眼约由 300~5000 个小眼组成，但一种蚂蚁 *Ponera punctatissima* 的工蚁复眼只有 1 个单眼，蝶、蛾类的复眼约有 12000~17000 个小眼，蜻蜓目昆虫的复眼有 10000~28000 个小眼或更多。小眼面的大小，不但在不同种的昆虫中不同，而且同一个复眼中不同部位的小眼面也可不同，如雄性牛虻，复眼背面的小眼面较大；有些毛蚊（*Biblio*），其前后部的小眼面的大小也不同，可划分为两个区域。这些变化与它们的生活习性等有关。

（2）仿生学作用

自然界中昆虫的曲面复眼和多个小眼的结构特点，与平面透镜阵列相比，具有更大的视野、超强的景深和快速探测移动目标的能力。

复眼透镜是由一系列小透镜组合形成，将双排复眼透镜阵列应用于照明系统可以获得高的光能利用率和大面积的均匀照明。复眼透镜在微显示器及投影显示领域有广阔的应用前景。

因其独特的结构，研究人员开发了仿生人工复眼，并将其与电路或 CCD 相机集成，形成曲面成像系统，可应用于航天导航、医疗内窥镜和智能电子数码相机或机器人。

3. 由人工开发的纳米复眼，在各个领域都起到了极大的作用

Yueqi Zhai, Qingqing Han, Jiaqi Niu, Jingquan Liu & Bin Yang 等以“Microfabrication of bioinspired curved artificial compound eyes: a review”（人工弯曲复眼的生物启发应用：综述）为题于 2020 年 11 月 16 日发布于《Microsystem Technologies》杂志上。

世界上任何生物物种都具有感知外界变化的能力。眼睛是自然界生物感知外界信息的最重要器官之一。昆虫的弧形复眼具有视野宽广、灵敏度高、能探测快速移动目标等优点，引起了人们的广泛关注。随着微米和纳米加工技术的快速发展，复眼的制造技术经历了从最初的波导

自写到通过热回流等工艺实现先进的飞秒激光法的变化。复眼的直径从最初的几百微米到目前最小的 5 微米不等，更接近于自然界的复眼。

人工复眼是一种典型的生物启发应用，由于其独特而精致的光学特性，包括宽视场（FOV）、无限景深和低像差，从 20 世纪 20 年代开始就引起了科学家和研究人员的极大兴趣。

生物复眼在世界范围内有超过 5 亿年的历史。与哺乳动物的眼睛具有动态可调的晶状体结构不同，节肢动物的复眼赋予了一个紧凑的和弯曲的视觉成像系统，由数千个最小的单元——单眼组成。每个单眼由一个折射聚合物微透镜、一个导光聚合物锥体和一个自对准波导组成，以收集小角度接受的光。

大多数人工复眼材料都是基于透明衬底 PDMS、PMMA 或光刻胶，制作工艺有飞秒激光、微球自组装、热回流变形、光波导等加工技术。2020 年，科学家研究出了一种具有高密度纳米线阵列的半球形电化学眼，它模拟人的视网膜。

曲面人工复眼的应用和发展前景是无限的，如它们可以安装在摄像机上，形成电子眼系统，估计深度和距离，并用于人工智能车辆和机器人以及三维重建等；它可以与电路或 CCD 相机结合，形成智能电子数字全景相机，根据大视野的特点，在医学上可制成内窥镜，更好地监视人体内部结构；还可以安装在无人机、小型机器人或汽车上，用于导航和巡航工作。

实验六 昆虫口器的基本构造和类型

实验目的

1. 掌握昆虫口器的基本构造；
2. 了解昆虫口器的主要类型和构造特点。

实验要求

1. 通过对棉蝗成虫口器的解剖和观察，了解口器的着生位置，掌握典型咀嚼式口器的基本构造和与取食习性的关系；
2. 通过对家蚕幼虫及叶蜂幼虫咀嚼式口器的解剖和比较，了解咀嚼式口器在构造上的变化和变化的原因；
3. 通过对蝉刺吸式口器的解剖和观察，掌握其构造特点和与取食习性的关系；
4. 通过对棉铃虫成虫、蜜蜂成虫、家蝇成虫口器的观察和解剖，掌握昆虫口器的主要类型及特点，并能够鉴定出昆虫口器的类型；
5. 掌握不同类型口器的解剖观察方法。

实验材料

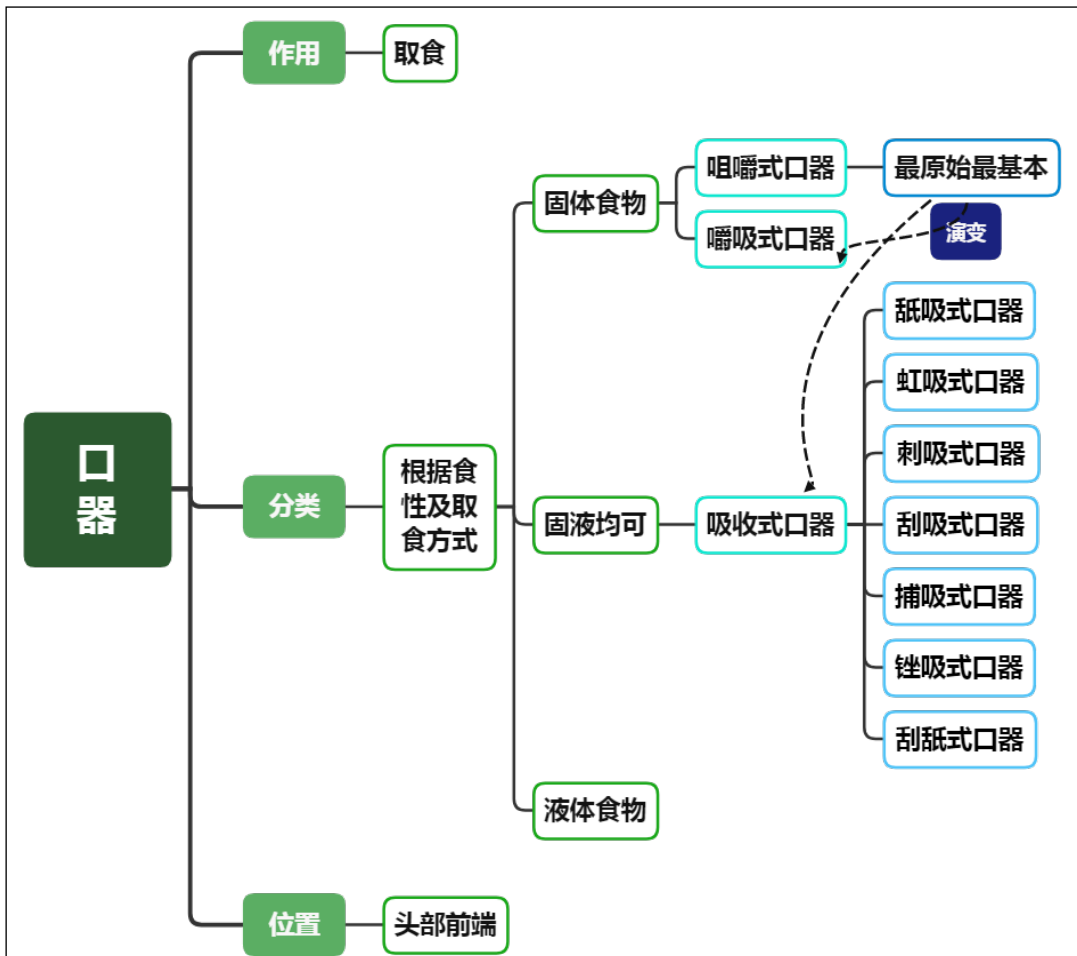
棉蝗成虫、家蚕幼虫、叶蜂幼虫、蝉成虫、棉铃虫成虫、蜜蜂成虫；
家蝇成虫口器玻片标本。

实验用具

双目解剖镜、显微镜、镊子、解剖针、培养皿、载玻片、大头针、蜡盘等。

理论知识复习

一、口器的分类



二、咀嚼式口器的构造

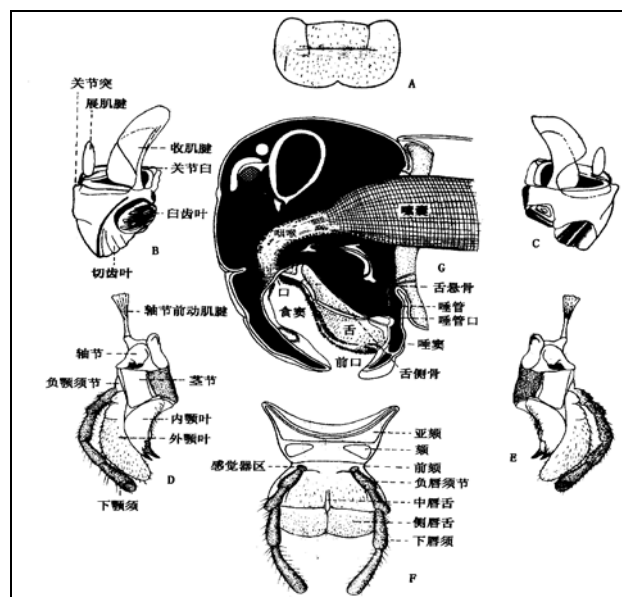
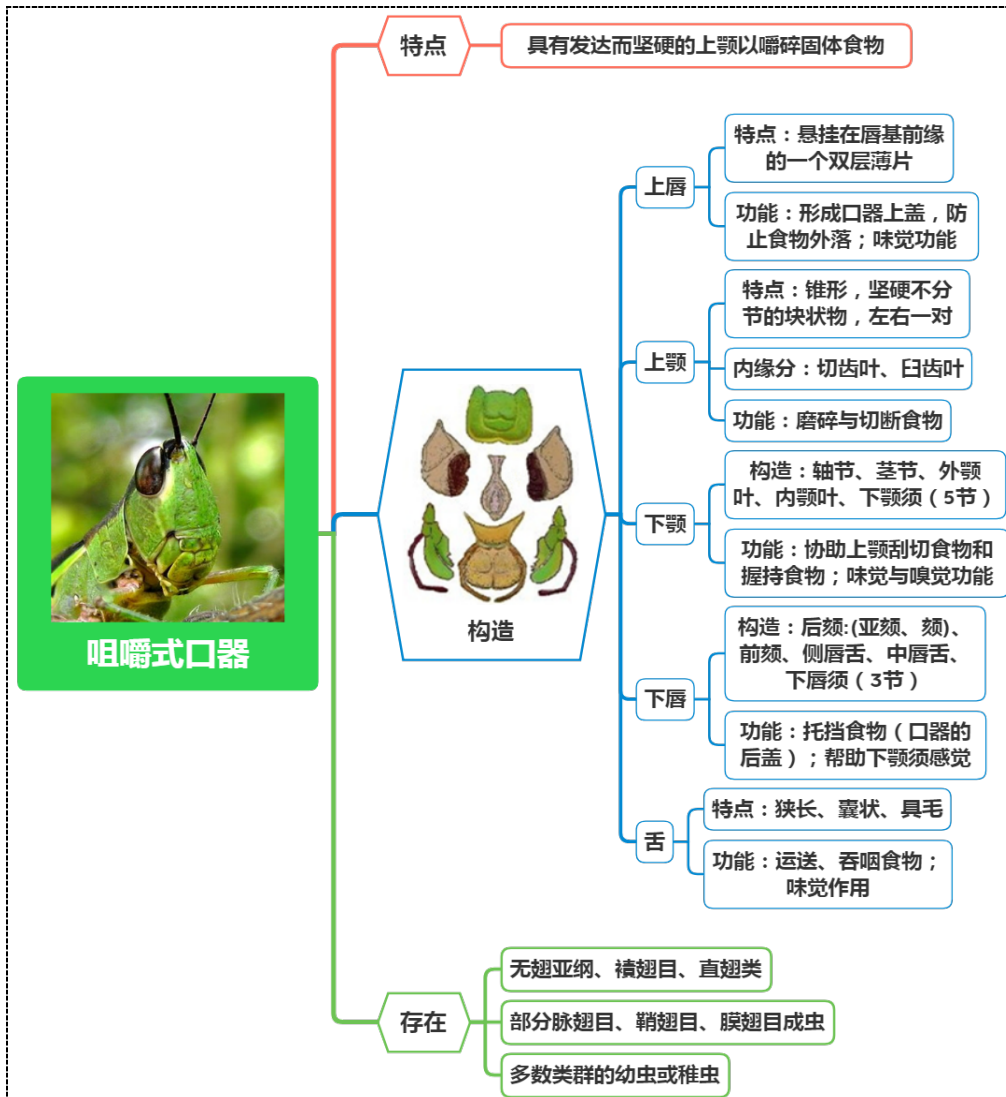


图 东亚飞蝗的口器组成部分（仿路近仁，虞佩玉）

A.上唇；B、C.上颚；D、E.下颚；F.下唇；G.头部纵切面，示舌、食囊、唾囊等结构

三、其它口器构造特点和代表昆虫



实验内容与与方法

一、咀嚼式口器的基本构造观察

以棉蝗成虫为代表，观察咀嚼式口器的基本构造。

1. 取棉蝗头部 1 个，将其腹面向上进行观察。首先观察口器着生的位置和组成，用镊子拨动并区分上唇、下唇、上颚、下颚和舌这 5 个部分，观察各组成部分的相对位置。分别从头的前面、侧面、后面和腹面观察，分别能看到口器的哪些部分？

2. 用镊子拨动悬垂于唇基下的薄片，即上唇，注意观察其形状。然后用镊子夹住上唇基部，用力取下上唇，置于盛有清水的培养皿或蜡盘中进行观察，判断其内、外壁是否有区别，有何区别？

3. 上唇取下后，注意观察，是否可以看到 1 对深色的大而坚硬的、具齿的附肢？若能看到，即为上颚。观察左右上颚是否象人的上下牙齿一样相互嵌合？相对的一面是否具齿？朝向外面

的一面是否光滑？

用镊子插入左右上颚之间，使其松动，然后夹住一侧的上颚左右摇晃，使其基部松动后，用力取下，同样取下另一上颚。镜下观察上颚内侧的齿，区分端部的切齿叶和基部的臼齿叶，并分析切齿叶与臼齿叶在形状和功能上有何关系？同时观察上颚基部与头壳是否通过膜质相连？是否可以观察到前、后两个支持头壳的关节和 2 个大小不一的肌腱？大的为收肌、小的为展肌，分析两束肌肉的作用？

4. 上颚取下后，注意观察，是否可以看到 1 对构造比较复杂并带须状物的附肢？若能看到，即为下颚。比较下颚在骨化和硬化程度上与上颚是否有不同？相比较而言是更硬了吗？还是不如上颚硬？为什么会这样？

用镊子夹住下颚基部取下下颚，镜下观察其构造。注意观察轴节、茎节、内颚叶和外颚叶的形状、排列顺序、活动自由度、质地等有何不同？下颚须的着生位置、分节数目如何？下颚有几个关节，如何与头壳相连？关节多少与活动范围的大小有何关系？

5. 下颚去掉后，注意观察，是否可以看到一块片状带须的附肢？若能看到，即为下唇。首先观察下唇在头部的着生位置及组成，下唇的骨化程度，其与上唇的位置关系。

小心将其取下置于蜡盘或培养皿中观察其形状和构造。注意观察后颚、前颚、侧唇舌、中唇舌的形状、排列顺序、活动自由度、分亚节等有何不同？下唇须的着生位置、分节数目？比较下唇须与下颚须在构造上的不同？下唇有几个关节，如何与头壳相连？

6. 取下下唇后，注意观察口器位置还剩下什么？若有一个囊状构造，即为舌。观察其形状、着生位置及其舌上的感觉器官。

7. 在整个观察过程中蜡盘或培养皿中要放少量的清水（最好淹没），防止干缩、卷曲，以便进一步观察和绘图。

二、咀嚼式口器的一些变化观察

除直翅类昆虫具有典型的咀嚼式口器外，鞘翅目的成虫、幼虫，鳞翅目幼虫及叶蜂幼虫等也具咀嚼式口器。

1. 以家蚕幼虫为代表观察鳞翅目幼虫口器的构造

取家蚕幼虫 1 头，将头部取下固定于蜡盘中，放在镜下观察其口器的变异构造。比较其构造与棉蝗成虫的咀嚼式口器在构造上有何不同？

2. 以叶蜂幼虫为代表观察膜翅目广腰亚目幼虫口器的构造

取叶蜂幼虫 1 头，放在镜下观察其口器，与家蚕幼虫的口器有何不同？其构造与棉蝗成虫的咀嚼式口器在构造上有何不同？

注意家蚕幼虫与叶蜂幼虫口器复合体各部分的合并与分离情况，以及吐丝器的有无等。

三、刺吸式口器构造特点观察

以蝉为代表，观察刺吸式口器的构造特点

1. 头部形状观察

取蝉（或麻皮蝽）1 头，使其腹面向上，仔细观察其头部的形态。注意观察唇基的位置，中央是否隆起，是否分亚节？下唇在头部的的位置、形状、分节情况。

2. 上唇观察

将头轻轻取下，注意请勿将下唇（唇鞘，喙）拉掉。用左手镊子夹住头部，使头部侧面向上，用右手镊子慢慢地将喙下按，观察唇基下方是否有 1 个狭小的三角形骨片翘起，若有即为上唇。仔细观察上唇的位置、形状和大小。

3. 口针观察

把蝉的头部反转，头孔向上，浸没在清水中，用镊子把肌肉、组织膜剔除，露出黑褐色的口针基部，较粗的一条是上颚口针，细的一条是下颚口针。用镊子夹住基部，向后慢慢抽出，可以把上颚口针和下颚口针从唇鞘中抽出，一共 4 条口针，观察口针的颜色、形状、粗细是否一致？如何区分上颚口针和下颚口针？

将口针横切（也可直接观察蝉的口器横切面玻片），置于显微镜下，观察横切面，口针内面是否可见 2 个槽道？区分食物道和唾道，两者大小的区别，判断槽道是由哪部分口针嵌合而成的？

四、其他口器类型及其特点观察

1. 虹吸式口器构造特点观察

取棉铃虫（或蝶）成虫 1 头，观察其头部下方是否有 1 个细长而卷曲的喙管？判断该喙管是由口器的哪部分嵌合而成的？用镊子将其拉直再松开，看其是否自动卷曲，判断其是否有弹性？

用解剖剪剪下一段喙管（也可观察天蛾口器横切面玻片），解剖镜下观察其构造特点，分析食物道的嵌合情况。

2. 舐吸式口器构造特点观察

将家蝇成虫口器玻片置于显微镜下，注意观察基喙、中喙和端喙的构造特点。

3. 嚼吸式口器构造特点观察

取新鲜蜜蜂 1 头（或玻片），观察口器各部分，并用镊子夹住喙的各个部分进行伸缩、弯折活动，是否能自然地折叠于头下，共有几折？

最上面宽大的片状构造是上唇；下方的上颚，两端粗，中间细，端部内侧有一凹沟；取下上颚，露出下颚，比较明显的是下颚的茎节和外鄂叶，内鄂叶和下颚须不明显；去掉下颚，露出下唇，基部粗大、光滑、褐色的是前颏，前颏端部中央一条多毛的管状构造是中唇舌，两侧的须状构造是下唇须，中唇舌基部两侧的小片是侧唇舌；前颏前面一个小的褐色骨片，即是舌。

作业与思考题

1. 绘制棉蝗口器各部分的构造图，注明各部分名称。
2. 列表比较棉蝗成虫、家蚕幼虫、叶蜂幼虫口器构造的异同点。
3. 举例说明哪些口器类型是属于吸收式口器？在构造上各有何特点，其功能是什么？
4. 从头的正面、侧面、后面和腹面观察，分别能看到口器的哪些部分？
5. 棉蝗上唇的形状如何？其是单层还是双层的？其内、外壁是否有区别，有何区别？
6. 棉蝗上颚的颜色和坚硬度如何？是否具齿？左右上颚是否可以相互嵌合？相对的一面是否具齿？朝向外面的一面是否光滑？为什么是这样的构造？
7. 棉蝗上颚内侧的齿是否有区分？分析切齿叶与臼齿叶在形状和功能上有何关系？
8. 棉蝗上颚基部与头壳如何相连？有几个支持头壳的关节？有几束肌肉，分别称为什么肌腱？有何作用？
9. 棉蝗下颚在骨化和硬化程度上与上颚是否有不同？为什么会这样？
10. 棉蝗下颚的轴节、茎节、内鄂叶和外鄂叶在形状、排列顺序、活动自由度、质地等有何不同？
11. 棉蝗下唇的后颏、前颏、侧唇舌、中唇舌在形状、排列顺序、活动自由度、分亚节等方面有何不同？
12. 棉蝗下颚和下唇分别通过几个关节和几束肌肉与头壳相连？关节多少与活动范围的大小有何关系？
13. 棉蝗下颚须和下唇须的着生位置、分节数目如何区别？
14. 蝉口器的唇基的位置如何，中央是否隆起？是否分亚节？下唇的形状、分节情况如何？
15. 蝉口器的口针数量是多少？其颜色、形状、粗细是否一致？如何区分上颚口针和下颚口针？
16. 分析蝉口器的口针槽道分别是由哪部分口针嵌合而成的？作用如何？

小结及知识拓展

1. 口器与昆虫繁盛有何关系？

昆虫口器类型多样化，这是昆虫纲繁盛的原因之一。不同类群的昆虫具有不同类型的口器，

昆虫不同的口器是对不同食性的适应，一方面可以避免不同昆虫类群间对食物的竞争，另一方面不同程度地改善昆虫与取食对象之间的关系。

昆虫具有多种多样口器，因此食性复杂，增加了其对环境的适应性。昆虫可以取食植物，捕食动物，寄生在其他生物体内或体表，而较特殊的是蜜食、血食、木食等等。口器主要分为咀嚼式和吸收式。咀嚼式口器适应于取食固体食物，其中坚硬的上颚可以切断和磨碎食物，因此可以食用很多其他动物难以取食的物质，比如拥有咀嚼式口器、发达上颚的白蚁甚至可以破坏房屋建筑。吸收式口器由咀嚼式演化而来，其中某些部分特别延长，便于吸食营养更为丰富的液体；而且取食植物汁液不会对植物造成很大损伤，改善了昆虫与取食对象的联系，有利于共同生存以及昆虫的长期取食。

2. 咀嚼式口器和刺吸式口器的取食过程和危害特点

(1) 咀嚼式口器的取食过程

取食时，上唇和下唇形成口器的上下盖，上唇和口器附肢（上颚、下颚）一起围成一个空腔称口前腔，唇基的基部与舌之间为真正的口，上、下颚在口前腔内活动，切碎并咀嚼食物。在舌和下唇的基部之间有唾管的开口，唾液由此流入口前腔与正在咀嚼的食物混合，起一部分消化的作用，经过咀嚼和部分消化的食物借舌的作用被送入肠内。

(2) 咀嚼式口器的危害特点

具有咀嚼式口器的昆虫种类很多，如直翅目、鞘翅目的成幼虫，脉翅目的成虫，膜翅目部分成虫，叶蜂类和鳞翅目幼虫等。由于它们危害可以造成叶片穿孔、缺刻、茎秆折裂等，即机械性损伤，例如棉蝗能将禾本科植物咀嚼殆尽，蝼蛄咬断植株根部成丝状，鳞翅目幼虫如地老虎切断作物幼茎等，因此，咀嚼式口器的昆虫对作物的危害是很大的。

(3) 刺吸式口器的取食过程

取食时，喙由足间抽出，与头垂直或成一斜角，在肌肉的作用下，两上颚口针交替刺入植物组织内，当两上颚口针刺入深度相同时，两嵌合在一起的下颚口针即跟着刺入，这样重复多次，口针即可深入植物组织内，上颚口针端部有倒刺，用来固定其在组织内的位置，以免在肌肉收缩时口针倒退。喙不进入组织内，随着口针的深入向后弯折或基部缩入颈膜内，头部就逐渐接近食物面。口针刺入组织后，唾液通过下颚口针的唾道注入植物组织内，并借食窦唧筒的抽吸作用将植物汁液通过下颚口针的食物道吸入消化道内。

(4) 刺吸式口器的危害特点

刺吸式口器也是农业害虫中的一大类群，由于取食时将口针插入组织内部吸取汁液，破坏叶绿素、刺激寄主组织，又因为在刺吸时分泌唾液（含消化酶）进行外消化，使叶片呈现黄色等不同颜色的斑点、萎蔫卷缩、增生膨大等，同时传播植物病毒病，如烟蚜传播烟草花叶病，黑尾叶蝉传播水稻矮缩病。

3. 了解口器类型的实践意义

(1) 有助于识别不同的类群

如：虹吸式口器----鳞翅目成虫

嚼吸式口器----高等蜂类成虫

刺吸式口器----同翅目、半翅目、双翅目

咀嚼式口器----直翅目、鞘翅目的成幼虫、脉翅目的成虫、叶蜂和鳞翅目幼虫

舐吸式口器----双翅目蝇类昆虫所特有

刮吸式口器----双翅目蝇类幼虫所特有

锉吸式口器----蓟马类昆虫所特有

捕吸式口器----脉翅目昆虫幼虫所特有

刺舐式口器----双翅目虻类昆虫所特有

(2) 可以根据被害状判断种类

不同的口器为害之后具有不同的特点：

棉蝗、粘虫幼虫等咀嚼式口器使叶子残缺不全，呈现缺刻、孔洞、隧道等为害状况，形成机械损伤；

蚜虫、蚧类等刺吸式口器使叶子形成退绿的小斑点、变黄、皱缩、卷叶或形成虫瘿、肿瘤，枝叶萎蔫死亡。

(3) 用以指导用药防治

杀虫剂主要有三类：胃毒剂（取食）：咀嚼式口器，地下害虫可拌毒土。

内吸剂：刺吸式口器。

触杀剂（体壁渗入：通过薄弱环节、节间膜等）：所有口器类型的昆虫。

头部最主要的是口器部分，而口器又以咀嚼式口器和刺吸式口器最为主要。

杀虫剂从口腔进入虫体的关键是必须通过害虫的取食活动。首先，害虫必须对含有杀虫剂的食物不产生忌避和拒食作用。昆虫口器部位的感化器，对含有药剂的液体及固体食物均有一定的反应，药剂在食物中的含量过高时，害虫即产生拒食作用，使药剂的防治效果降低。

咀嚼式口器害虫取食时的呕吐现象会影响药剂从口腔进入虫体。一些夜蛾科的幼虫取食含无机杀虫剂（酸性砷酸铅、氟化钠）的食物时产生呕吐现象，并且呕吐以后拒绝再取食。有机合成杀虫剂引起害虫呕吐反应更是明显，如害虫口器接触到拟除虫菊酯类杀虫剂立即出现呕吐症状。像这一类作用快的神经毒剂，即使在处理表皮时也会产生呕吐反应。

有内吸性能的杀虫剂，如克百威、乐果、磷胺等，施用以后被植物吸收，随植物汁液在植物体内运转。当害虫尤其是刺吸式口器害虫，如蚜虫、叶蝉、飞虱等吸取植物的汁液时，药剂也进入口腔、消化道，穿透肠壁到达血液，随血液循环而到达作用部位神经系统，与咀嚼式口器害虫相比较，仅仅是取食方式不同，药剂仍然是由口腔进入虫体发挥胃毒作用。

实验七 昆虫胸部的的基本构造

实验目的

1. 掌握昆虫胸部的分节情况；
2. 掌握昆虫胸节体面的划分、骨板的组成；
3. 了解昆虫胸部的的基本构造；
4. 掌握非具翅胸节和具翅胸节的构造特点及差异。

实验要求

1. 通过对棉蝗成虫胸部的观察，掌握昆虫胸部的分节情况和各胸节体面的划分、骨板的组成；
2. 通过对棉蝗成虫各胸节的观察，了解昆虫胸部的的基本构造，掌握非具翅胸节和具翅胸节的构造特点及差异；
3. 通过将棉蝗成虫各胸节的构造特点与昆虫胸部模式基本构造比较，了解昆虫胸部构造的变化和变化原因。

实验材料

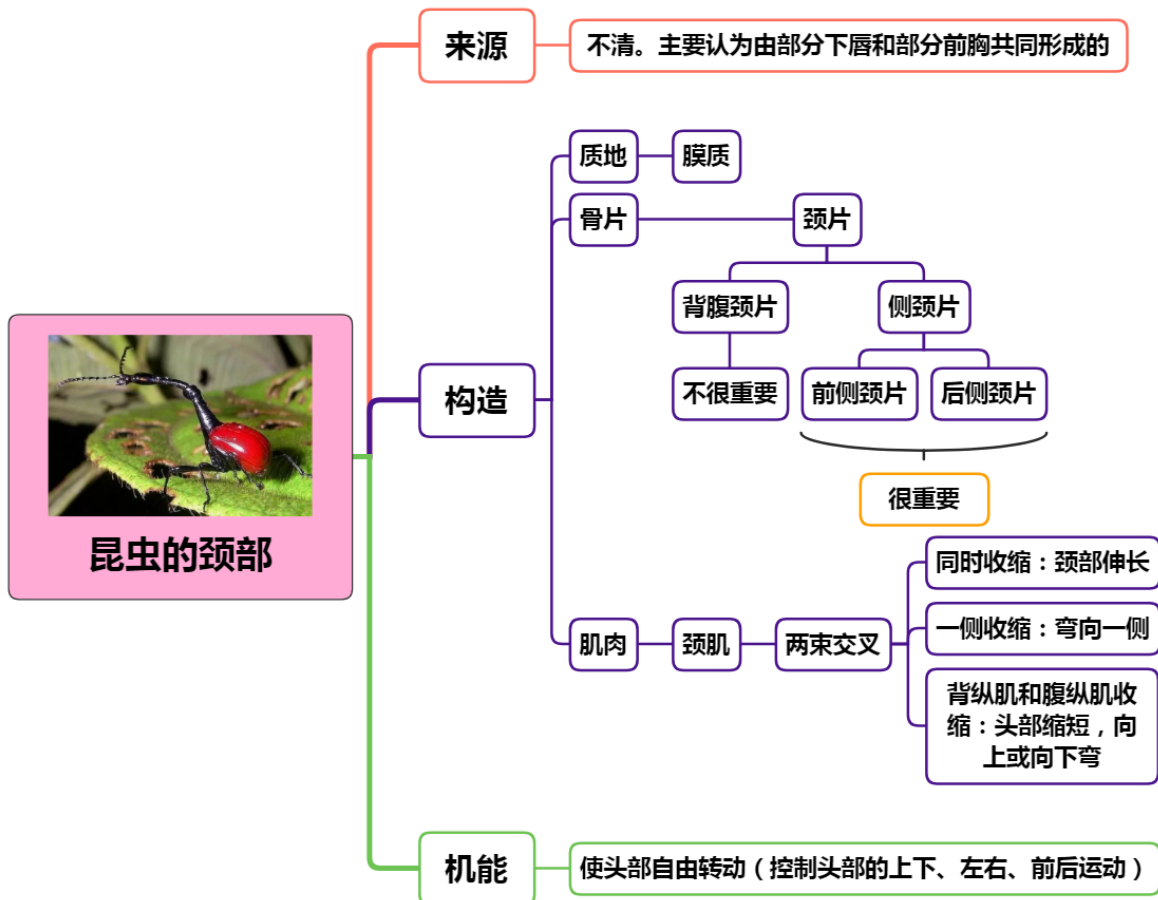
棉蝗成虫。

实验用具

双目解剖镜、镊子、解剖针、培养皿、载玻片、大头针、蜡盘等。

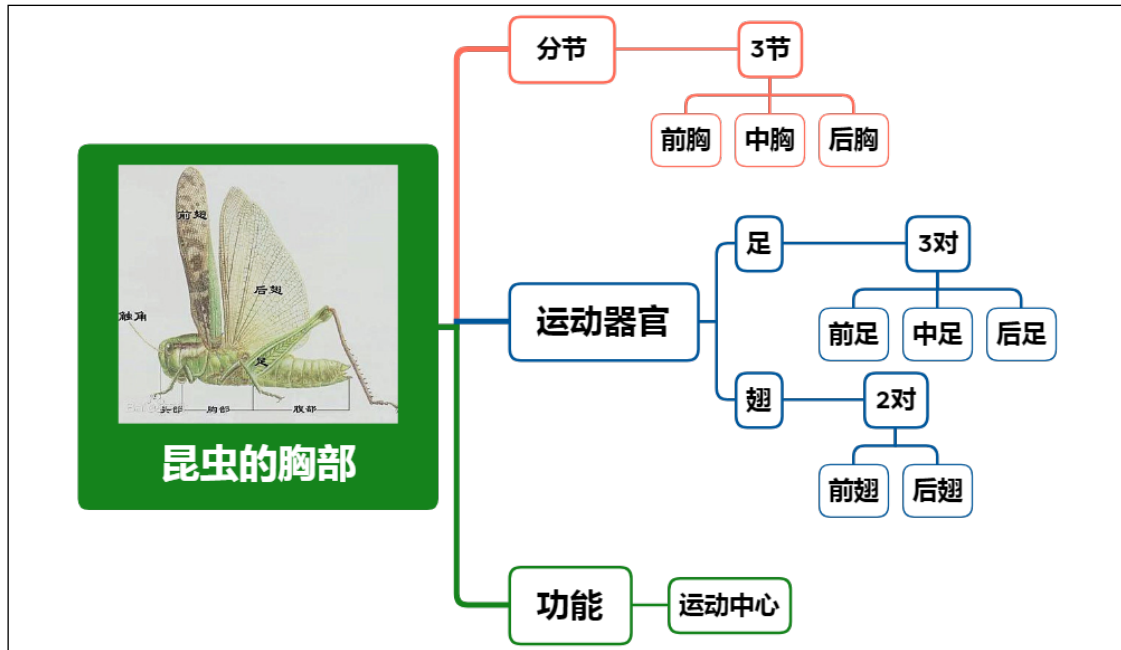
理论知识复习

一、昆虫的颈部



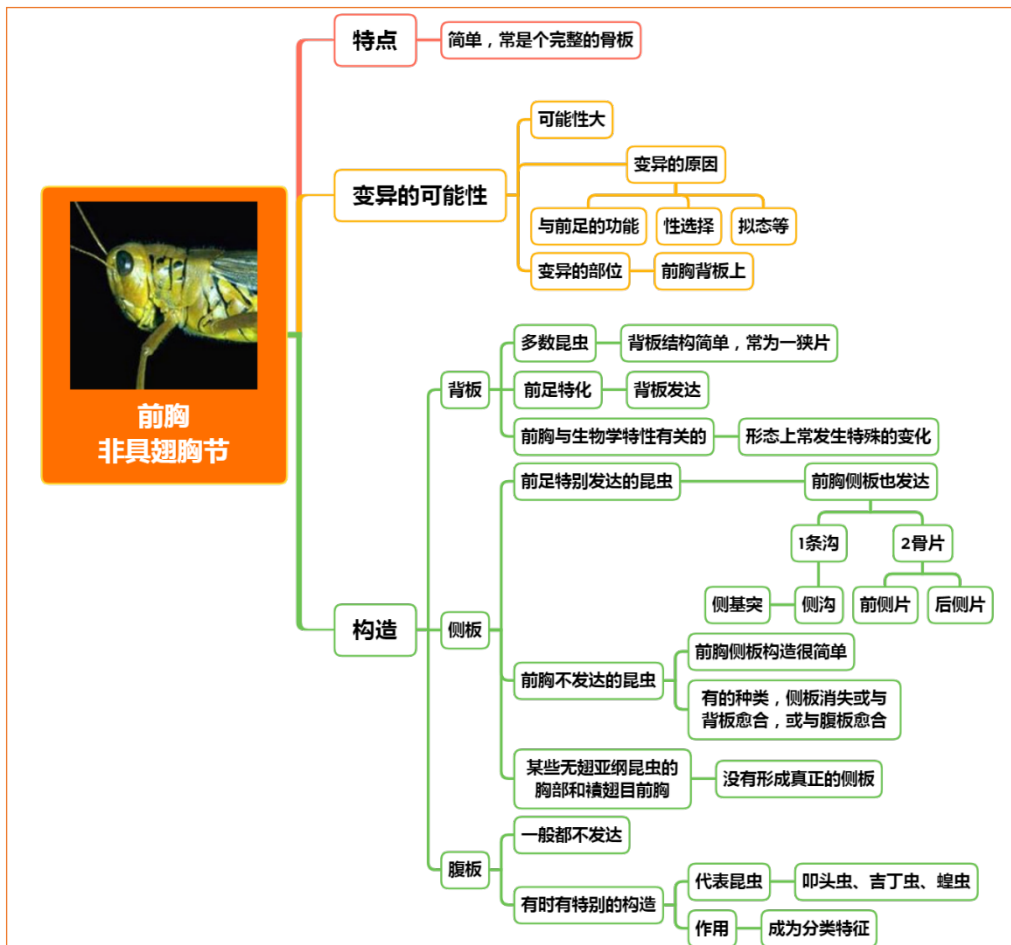
二、昆虫胸部的的基本构造

1. 昆虫胸部的基本情况

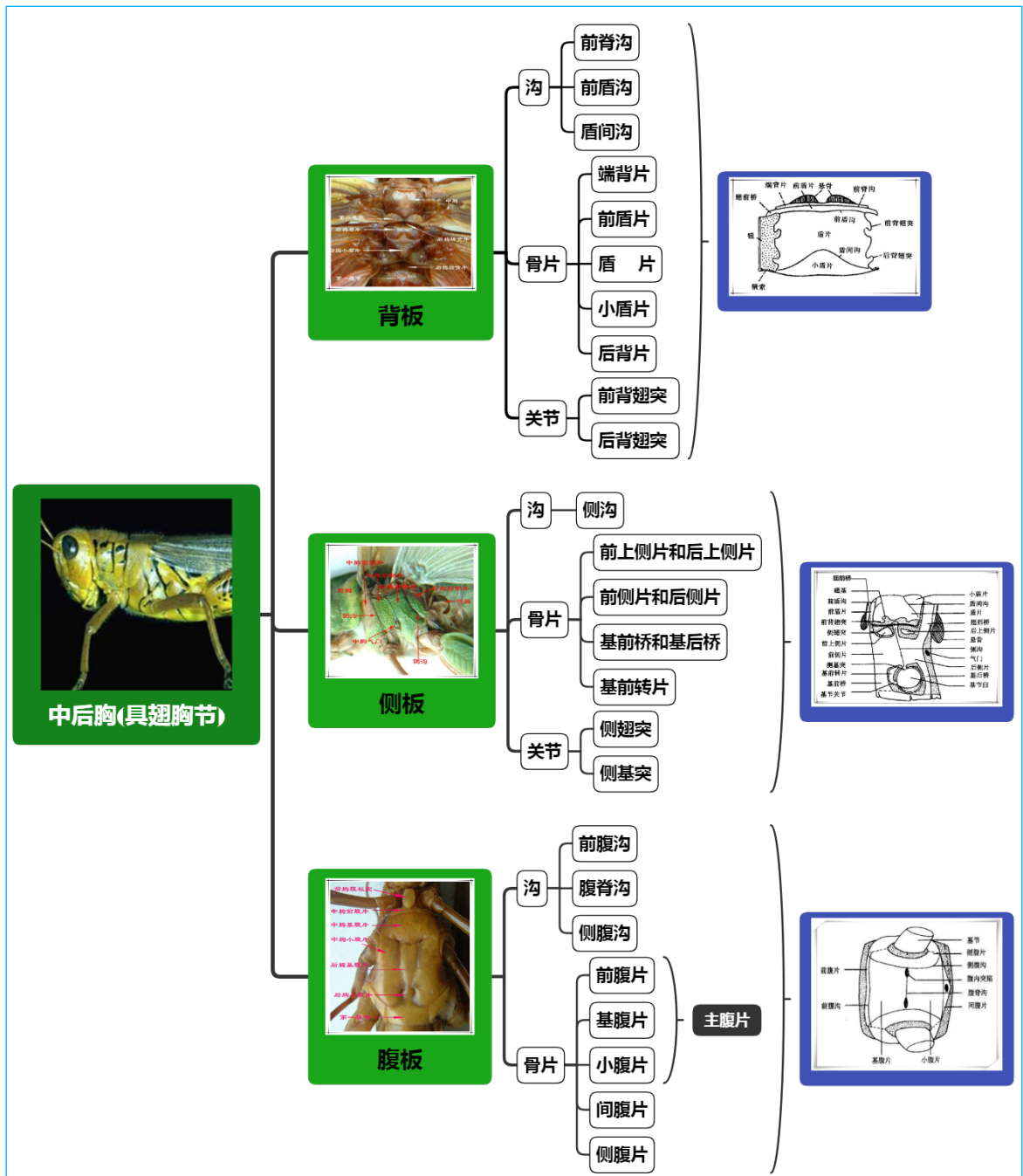


2. 昆虫胸部的基本构造

(1) 前胸（非具翅胸节）



(2) 中后胸（具翅胸节）



实验内容与方法

一、颈部和侧颈片观察

以棉蝗为例，观察昆虫颈部的构造和侧颈片的有无。

1. 取液浸的棉蝗（或东亚飞蝗）1头，使头向左，侧放于蜡盘中，用大头针固定其头部，然后左手执解剖针按住头部，右手用镊子夹住胸部轻轻向右拉动虫体，待颈膜露出时固定胸部。

2. 剪去前胸背板的侧下角，在颈的侧腹面，观察颈膜颜色，同时观察其内是否骨片，若有，即为侧颈片。观察侧颈片的数量，每块骨片的形状，分析其排列方式与功能的关系。

前面的1块为前侧颈片，后面的1块为后侧颈片。两者相互顶接呈“V”形。前侧颈片的前方与次后头脊上的关节相连，后侧颈片的后方与前胸的前侧片相顶接。在肌肉的伸缩活动中改变这两块骨片间的夹角，使颈部产生伸缩和弯曲运动。

二、胸部构造的观察

以棉蝗为例，观察昆虫胸部的构造。

1. 胸部基本情况观察

取液浸的棉蝗 1 头，观察胸部的分节及连接情况、胸足和翅的着生位置和数量，背板、侧板和腹板的划分及连接等。

2. 前胸非具翅胸节基本构造观察

将棉蝗置于蜡盘中，找到前足，前足所在节即为前胸，观察并区分前胸背板、侧板和腹板的构造。

(1) 背板的观察

注意观察背板的形状、骨化程度、发达程度、是否向前后延伸盖及颈部和中胸？是否向下延伸盖住侧板？表面是否有隆起线？

(2) 侧板的观察

注意观察侧板的发达程度和骨化程度，外观是否可以直接看到侧板全部？外露骨片的形状。用镊子夹住外露骨片，慢慢地将它与背板内壁拉开，观察前侧片和后侧片的形状和位置。

(3) 腹板的观察

注意观察腹板的发达程度和骨化程度，是否被划分成不同的骨片？主要由几块骨片组成，分别是什么骨片？

特别注意观察棉蝗的前胸腹板上是否有明显的锥状或圆柱状突起？该突起的名称叫什么？有什么作用？

3. 中后胸具翅胸节基本构造观察

以中足（前翅）、后足（后翅）判断出中后胸，观察并区分其背板、侧板和腹板的构造。注意比较中后胸与前胸在发达程度和构造复杂度上的区别？为什么会有这种区别？

(1) 背板的观察

将棉蝗背面向上，头向前，固定于蜡盘中，再把前、后翅展开固定，然后观察中后胸背板的构造，注意沟、骨片和关节的数量、位置、形状，判断沟与骨片的关系（每条沟分别是哪些骨片的分界），骨片是否有被划分成不同的小区域。

同时注意观察背板以何种形式与侧板和翅基相连？

后胸背板在构造上是否与前胸背板完全一致？若有变化，表现在哪些方面？

(2) 侧板的观察

将棉蝗头向左侧放于蜡盘中，固定后，再用针把翅展开固定于蜡盘中，观察侧板的构造。

首先观察侧板与翅基部和足基部如何相连？为什么以这种形成连接？有何好处？

其次注意观察沟、骨片和关节的数量、位置、形状，判断沟与骨片的关系（每条沟分别是哪些骨片的分界），骨片是否有被划分成不同的小区域。

还有注意侧沟的上下端是否膨大形成突起？分别是什么突起？这些突起与翅和足有什么关系？

尤其主要观察，为了使整个胸节成为强有力的飞行机械，侧板与背板和腹板如何相连？侧板与背板间、侧板与腹板间的骨片有何特点？如何命名的？

(3) 腹板的观察

将棉蝗的腹板向上，观察腹板的构造。

首先观察中胸腹板的形状，其上的沟和骨片的数量、位置、形状，判断沟与骨片的关系（每条沟分别是哪些骨片的分界），骨片是否有被划分成不同的小区域；哪些骨片上有凹陷，为何凹陷？

其次观察后胸腹板的形状，其上的沟和骨片的数量、位置、形状，与中胸腹板在构造上有什么区别？与第 1 腹节有何关系？

作业与思考题

1. 绘制你所解剖的棉蝗中、后胸背板构造图，注明各部分名称。
2. 昆虫的胸部与头部比较在构造与功能上有什么特点？

3. 棉蝗（或东亚飞蝗）的具翅胸节与前胸在构造与功能上有哪些异同之处？
4. 具翅胸节的背板与腹板在构造上有何区别？
5. 棉蝗有几块侧颈片？每块骨片的形状如何？分析侧颈片的排列方式与功能的关系。
6. 棉蝗的前胸腹板上是否有明显的锥状或圆柱状突起？该突起的名称叫什么？有什么作用？
7. 棉蝗中后胸背板以何种形式与侧板和翅基相连？有何好处？
8. 棉蝗后胸背板在构造上是否与前胸背板完全一致？若有变化，表现在哪些方面？
9. 棉蝗中后胸侧板与翅基部和足基部如何相连？为什么以这种形式连接？有何好处？
10. 棉蝗中后胸侧板的侧沟其上下端是否膨大形成突起？分别是什么突起？这些突起与翅和足有什么关系？
11. 棉蝗中后胸侧板与背板和腹板如何相连？侧板与背板间、侧板与腹板间的骨片有何特点？如何命名的？
12. 棉蝗中后胸腹板的骨片是否有被划分成不同的小区域；哪些骨片上有凹陷，为何凹陷？
13. 棉蝗后胸腹板的形状，其上的沟和骨片的数量、位置、形状，与前胸腹板在构造上有什么区别？与第1腹节有何关系？

小结及知识拓展

1. 昆虫胸部的总体特征

(1) 胸部每一体节的基本构造

每一节都具有背板、侧板、腹板。

(2) 胸部各体节的差异

①无翅昆虫及幼虫

胸部构造简单，各节大小、形状、构造相似。

②有翅昆虫

中、后胸着生翅，为了承受住由于翅的飞行和足的运动所产生的强大牵引力，中、后胸在形态构造上相应地产生了一系列的变化，所以又把中、后胸特称为“具翅胸节”或“翅胸”

(3) 胸节的发达程度往往与翅、足的发达程度相一致

①前翅发达，后翅退化的（蝇）昆虫则中胸比后胸发达。

②用后翅飞行的甲虫，则后胸比中胸发达。

③螳螂、蜈蚣的前足比较发达，所以其前胸也比较发达。

④前足不特化的有翅昆虫，如鳞翅目、双翅目、膜翅目等，则前胸比中、后胸小得多。

⑤蜻蜓、白蚁等前后翅大小相似，则中、后胸的发达程度也相似。

2. 昆虫的前胸为什么变异性较大

(1) 大多数昆虫的前胸与飞行无关，所以构造比较简单，且往往比中后胸小；

(2) 前胸不受飞行机械的制约，变异性较大，且变异与前足的功能、性选择、拟态等密切相关；

(3) 因受行走机械的限制，前胸的变异常发生在前胸背板上。

3. 具翅胸节为什么比非具翅胸节发达

因为昆虫胸部的发达与演化，主要围绕运动功能进行。

(1) 昆虫前中后胸均具有1对足，但昆虫种类不同、虫态不同等，三对足的运动能力不同、适应性不同，足所在胸节的发达程度不同；

(2) 昆虫前胸（非具翅胸节）无翅，与飞行机械无关，而中后胸（具翅胸节）具翅，受飞行机械制约，所以中后胸（具翅胸节）在构造上比较发达，且背板、腹板及侧板彼此紧密连接，形成一个坚强的飞行支持构造。

实验八 昆虫胸部的内骨骼

实验目的

1. 掌握昆虫胸部悬骨的组成和命名原则；
2. 掌握悬骨的构造特点；
3. 了解悬骨和胸部内骨骼的形成机制；
4. 掌握昆虫胸部内骨骼的组成和分布。

实验要求

1. 通过对棉蝗成虫胸部的解剖和观察，掌握昆虫胸部内骨骼的组成、分布和形成机制，及不同位置内骨骼的发达程度，熟知其功能；
2. 通过对棉蝗成虫胸部背面内骨骼的解剖和观察，掌握悬骨的组成、构造特点、形成机制和命名原则。

实验材料

棉蝗成虫。

实验用具

双目解剖镜、镊子、解剖针、培养皿、蜡盘、剪刀、烧杯、酒精灯或电磁炉等。

实验制剂

100g/L KOH 溶液。

理论知识复习



实验内容与方法

一、观察前的标本处理

取1头棉蝗，去掉头部和腹部，最好也去掉前胸背板，剩下的胸部放在盛有100g/L KOH溶液的烧杯中。用酒精灯或在电磁炉上加热20min左右，溶去其内含物，随后取出，先用清水冲去

碱液，挑去肌肉，待解剖观察。

二、胸部内骨骼的观察

1. 胸部内骨骼的辨认

将透明的棉蝗标本从一侧的中部纵向剪开，展开放于蜡盘中，里面向上，观察和辨认悬骨、侧面的内骨骼和腹面的内骨骼。

2. 悬骨的观察

首先背板向上观察悬骨，注意观察悬骨的数量和位置，以及不同幕骨的形状，并分析其形成的原因和作用。

3. 侧内脊的观察

侧面向上观察侧面的内骨骼——侧内脊（侧内突），注意观察它们的数量和位置，以及不同幕骨的形状，并分析其形成的原因和作用。

4. 腹内脊和内刺突的观察

腹面向上观察腹面的内骨骼——腹内脊（腹内突、又称叉突）和内刺突，注意观察它们的数量和位置，以及不同幕骨的形状，并分析其形成的原因和作用。

同时注意观察的侧内突与腹内突是如何相接的？这一构造与飞行机械有何关系？

进一步观察和区别棉蝗前胸、中胸、后胸内刺突的有无及各自的发达程度。

作业与思考题

1. 列表总结棉蝗胸部内骨骼的组成、构造、形成机制和作用。
2. 棉蝗胸部侧内突与腹内突是如何相接的？这一构造与飞行机械有何关系？
3. 棉蝗哪一对悬骨最发达，哪一对悬骨最小，这与棉蝗的飞行有何关系。
4. 绘棉蝗悬骨的构造特点图，并标注各悬骨的名称。

小结及知识拓展

1. 内外骨骼的优缺点

(1) 外骨骼

昆虫属于骨头包肉型的节肢动物，其体表覆盖着坚硬的体壁。体壁除了能防止体内水分蒸发和保护内部构造外，还能与内壁所附着的肌肉共同完成各种运动，跟脊椎动物体内的骨骼有相似的作用，被叫做外骨骼。

外骨骼不仅可以承重，还可以作为甲壳保护昆虫，但是承重能力小，大到一定程度以后外骨骼本身就会很笨重（所以只有较小的动物如昆虫用外骨骼）。另外，外骨骼不会跟着生物长大，所以昆虫必须定期蜕皮，蜕皮时没有保护，就会很脆弱。

(2) 内骨骼

体壁表面上的沟是骨板褶陷而在体表留下的狭槽；沟下陷入部分成脊状或板状部分称内脊，而成或刺状或叉状者叫内突；这些内突与内脊构成了昆虫的内骨骼，即内骨骼是体壁这一外骨骼内陷而成的，是相对于外骨骼而来的；内骨骼为肌肉提供着生之处，昆虫胸部的内骨骼发达，因为要支撑着控制翅和足等运动器官的强大运动肌肉。

内骨骼承重能力强，还具有保护内脏的作用。

2. 悬骨的适应性变化

悬骨是前内脊两端向下扩大而成的1对板状脊，有时1对悬骨合并为一块；有翅昆虫的成虫一般具有3对悬骨，各对悬骨的着生位置与前、后翅的功能密切相关：

(1) 鳞翅目等前后翅都用于飞行的昆虫，中后胸都有后背片，则中胸有2对悬骨，后胸有1对悬骨；

(2) 直翅目等用后翅飞行的昆虫，只有后胸有后背片，则中胸有1对悬骨，后胸有2对悬骨；

(3) 双翅目等用前翅飞行的昆虫，只有中胸有后背片，后胸也因第1腹节的端背片不向前并入而无悬骨，即仅中胸有2对悬骨。

实验九 昆虫胸足的基本构造和类型

实验目的

1. 了解昆虫胸足的着生特点和数量；
2. 掌握昆虫胸足的基本构造；
3. 掌握昆虫胸足的类型和特点。

实验要求

1. 通过对棉蝗成虫三对胸足的观察，了解昆虫胸足的数量、着生位置、与胸部的连接特点，以及此着生方式的优点；
2. 通过对棉蝗成虫前足的观察，掌握昆虫胸足的基本构造；
3. 通过对蜻蜓、步甲、家蝇等胸足的观察，了解转节、跗节、前跗节在构造上的变化；
4. 通过对步甲前足、棉蝗后足、螳螂前足、雄性龙虱前后足、蜜蜂后足、蜈蚣前足等的观察，掌握昆虫足的主要类型和特点，能够鉴定出所观察标本足的类型，了解足的类型与功能的关系。

实验材料

棉蝗成虫、蜻蜓、步甲、家蝇；

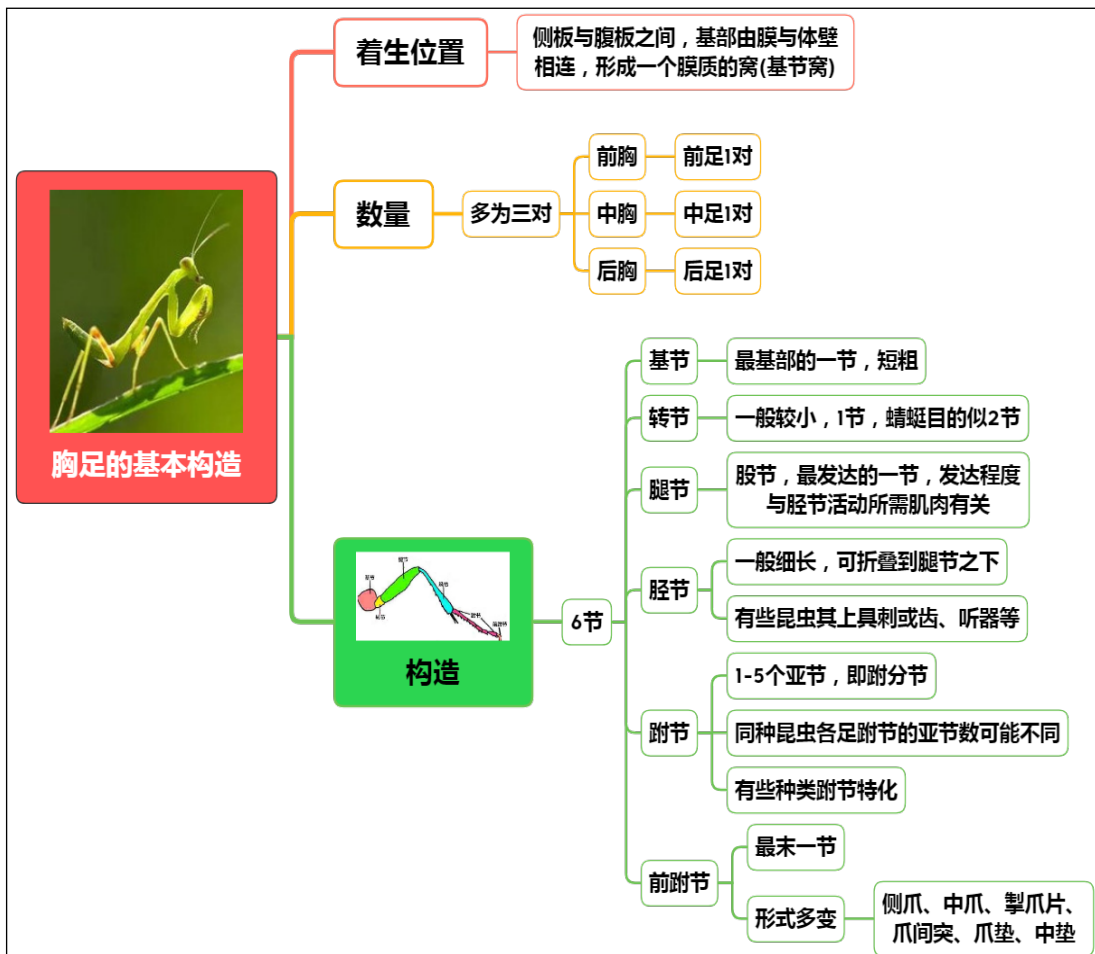
玻片标本：步甲前足、棉蝗后足、螳螂前足、雄性龙虱前后足、蜜蜂后足、蜈蚣前足等。

实验用具

解剖镜、显微镜、镊子、解剖针、培养皿、载玻片、大头针、蜡盘等。

理论知识复习

一、昆虫胸足的基本构造

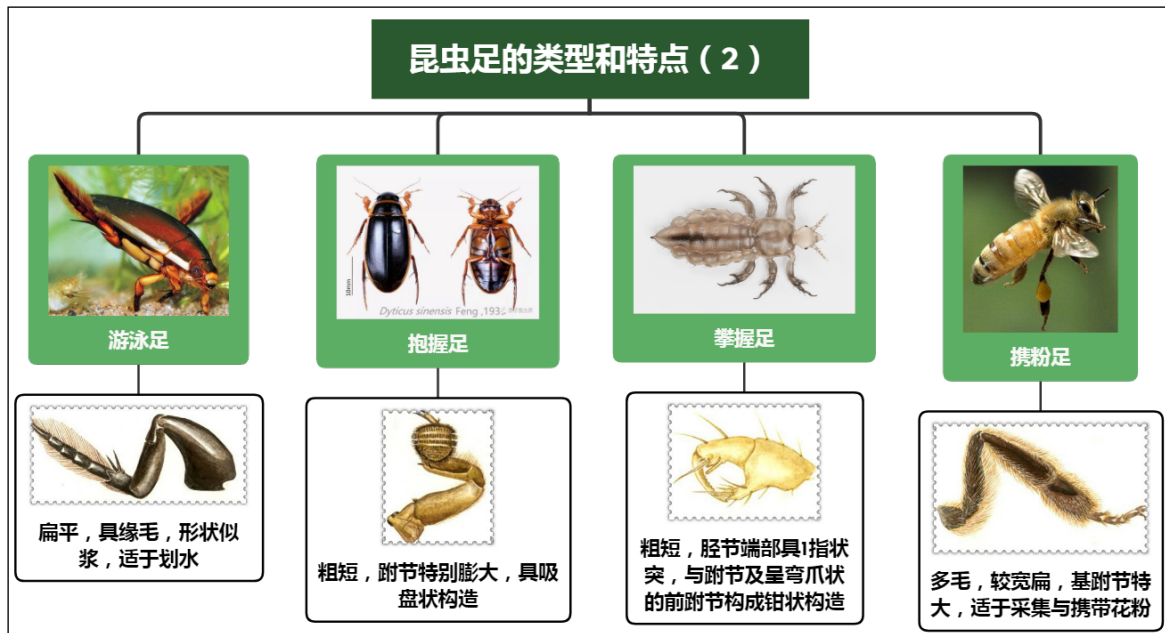


二、昆虫胸足的类型和特点

昆虫足的类型和特点 (1)



昆虫足的类型和特点 (2)



实验内容与方法

一、昆虫胸足的着生特点及数量观察

以棉蝗为例, 观察昆虫胸足的着生特点及数量。

1. 取 1 只棉蝗, 肉眼观察昆虫胸足的着生位置和数量;
2. 将 1 只足放在解剖镜下, 用左右手分别拉住足和胸节, 分别向两个方向稍加用力, 观察胸足基部与胸部是如何连接的?

二、胸足的基本构造观察

1. 基本构造观察

以棉蝗为例, 观察昆虫胸足的基本构造。

1. 取 1 只棉蝗的前足, 首先观察足的节数, 从基部到端部共几节?
2. 再观察基节与胸部和每节间的连接方式, 每节是否分亚节? 每节的形状、粗细、长短和发达程度;
3. 最后观察每节上的附属构造和变异, 尤其是胫节和跗节、前跗节。

2. 特殊构造观察

取蜻蜓、步甲、家蝇等胸足，观察其转节、跗节、前跗节的构造与棉蝗的前足有何不同，总结其特点。

三、胸足的类型观察

观察步甲前足、棉蝗后足、螳螂前足、雄性龙虱前后足、蜜蜂后足、蜈蚣前足的玻片标本，总结其构造特点，判断其类型。

作业与思考题

1. 总结昆虫足的着生特点；
2. 绘制棉蝗前足的特征图，注明各节的名称；
3. 列表比较所观察昆虫足的类型和特征；
4. 昆虫的足由几节组成？列表比较每节的形状、粗细、长短和发达程度，以及附属构造和变异；
5. 蜻蜓、步甲、家蝇等胸足转节、跗节、前跗节的构造与棉蝗的前足有何不同？

小结及知识拓展

1. 昆虫不同类型的足是怎样适应环境的？

不同种类的昆虫，足的形态也有差异，这是和它们的生活环境以及习性相适应的结果。昆虫的3对足主要用来行走，活动起来非常灵活，但由于各种昆虫的生活环境和生活方式不同，它们的足的形状和构造又发生了不少变化，适合爬、跳、抱、捕、挖等多种运动方式。

(1) 跳跃足——跳

蟋蟀和棉蝗的前两对足是步行足，而最后一对足则是跳跃足。跳跃足又长又大、强而有力，能够用来跳跃、迅速移动。跳蚤的跳跃足弹跳力非常强，虽然它的身长极其小，却能跳跃到30多厘米远的地方，跳跃高度超过它体长的100倍，因此也被誉为“昆虫中的跳跃冠军”。

(2) 捕捉足——捕

有些食肉类昆虫，比如螳螂、猎蝽，它们的前足类似可折叠的镰刀，为捕捉足，可以用来捕捉猎物。拥有捕捉足的昆虫，不仅可以像螳螂一样依靠足的折叠结构来捕猎，有些昆虫还会在前足上裹满黏稠的树胶，用来粘住猎物。

(3) 开掘足——挖

蜈蚣生活在地下，在土中挖掘地洞前进，它们用前足来挖土。蜈蚣的前足又短又宽，为开掘足，形状像铲子，末端还有粗齿，能够切断细小的植物根茎，也能插入土中，将面前的土壤向两边推开。

(4) 携粉足——带

蜜蜂采蜜时，需要依靠后足将花粉携带回巢中酿成蜂蜜。蜜蜂后足为携粉足，胫节和跗节（基跗节）又扁又宽，并且长有弯曲的长毛，可以像筐一样将花粉固定在足上叫“花粉蓝”，胫节基部还有一列硬毛，具有刷子一样的功能，能收集沾在身上的花粉叫“花粉刷”。蜜蜂的前足上还有一个小缺口，可以用来清除触角上的杂物，叫做净角器。

(5) 抱握足——抱和游泳足——划

龙虱生活在水中，它的前足为抱握足，其跗节特别膨大，具有吸盘构造，在交配时能抱住雌虫；它的后足又长又宽，有整齐的密毛，酷似船桨，能帮助它迅速游泳，为游泳足。

昆虫不同的足，主要是为了适应不同的生存环境和生活方式而发展演变形成的，是大自然生物进化的一种体现。

2. 昆虫足活动自由度的影响因素

影响昆虫足活动自由度的因素是：关节的数目和关节的位置。

着生于侧板与腹板之间，基部由膜与体壁相连，形成一个膜质的窝，称基节窝。

(1) 足基部的关节

有两类：

- ① 只有 1 个背关节：与侧基突相交接。这类足活动范围大，可自由活动。
- ② 具背、侧 2 个关节：除侧基突外还有基前转片。这类足活动范围受限制。

(2) 转节的关节

与基节以前后关节相接。

(3) 腿节的关节

与转节以背、腹关节相接，但不起作用。故腿节与转节活动完全一样。

(4) 胫节的关节

与腿节有前、后 2 关节。胫节可以上、下活动，甚至褶到腿节下。

3. 前跗节构造的多样性

前跗节的构造有很多变化，因而成为分类上常用的特征。

(1) 爪：坚硬、末端尖而弯的构造，着生在前跗节基部的膜上。可分为：

单爪（中爪）：原尾目、若干弹尾目、鞘翅目、鳞翅目的幼虫。属原始状态。

双爪（侧爪）：多数昆虫具有。

单、双爪都有：仅少数昆虫有，如衣鱼。

(2) 掣爪片：前跗节基部的腹面通常有一骨片陷入在最后一跗分节内，称为掣爪片，为爪的缩肌着生处。

(3) 中垫：位于两侧爪中间的膜质的瓣状构造。

(4) 爪垫：侧爪下面的瓣状构造。

(5) 爪间突：从掣爪片发生一个突起，伸出在两爪之间，称爪间突。

针状的为爪间突，垫状的为中垫，二者不能同时存在。

实验十 昆虫翅的基本构造、类型和翅脉

实验目的

1. 掌握昆虫翅的基本构造；
2. 了解昆虫翅的类型种类和特点；
3. 掌握昆虫模式脉序的组成；
4. 了解翅脉的形成机制。

实验要求

1. 通过对菜粉蝶前翅的处理和观察，了解鳞片的消除方法，掌握昆虫翅的基本构造、三边三角三褶四区的位置，掌握脉序的组成和与模式脉序的差异，了解翅脉的形成机制和作用；
2. 通过对蜻蜓前翅和苍蝇后翅的观察，了解翅痣和翅瓣的位置；
3. 通过观察棉蝗前翅、金龟甲前翅、麻皮蝽前翅、蜜蜂前翅、石蛾前翅、菜粉蝶翅、蓟马翅、苍蝇后翅等，掌握昆虫翅的主要类型和构造特点，能够鉴定昆虫翅的类型，熟知昆虫翅的类型与功能的关系。

实验材料

菜粉蝶、蜻蜓、蜜蜂、步甲、金龟甲、麻皮蝽、棉蝗成虫、苍蝇、蓟马；
玻片标本：石蛾等。

实验用具

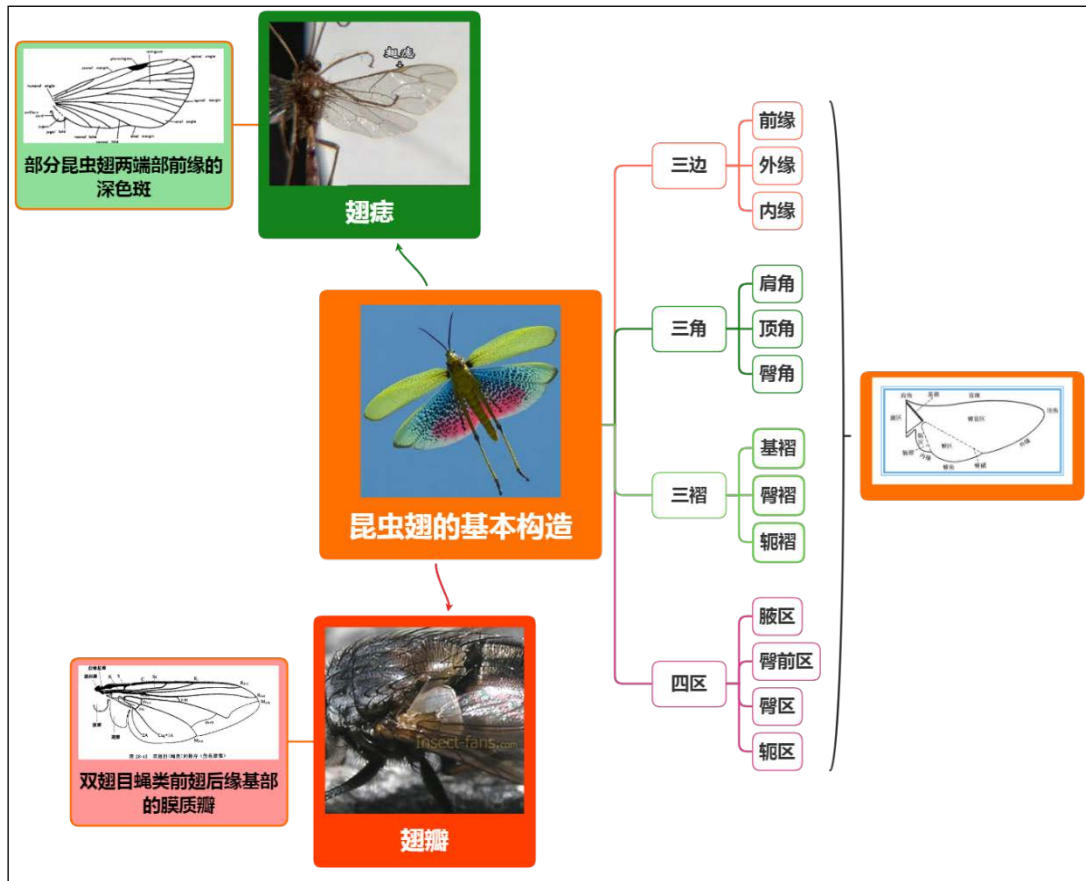
解剖镜、显微镜、镊子、解剖针、培养皿、载玻片、大头针、蜡盘、毛笔等。

实验制剂

二甲苯。

理论知识复习

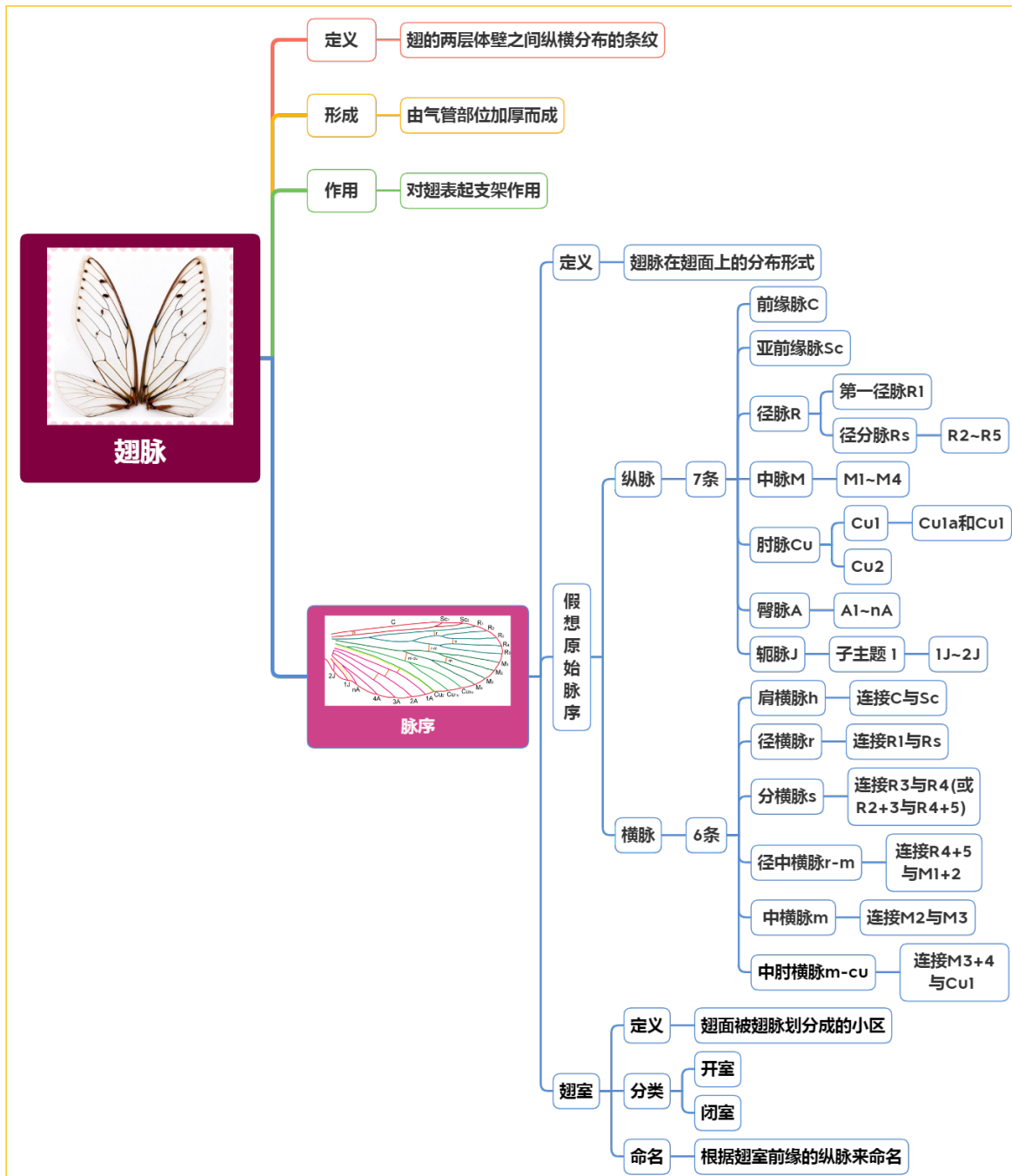
一、翅的基本构造



二、翅的主要类型



三、翅脉



实验内容与方法

一、翅的基本构造观察

以菜粉蝶为代表，观察翅的基本构造。

(一) 前处理

取菜粉蝶的前翅平放入培养皿中，滴几滴二甲苯使翅透明，用解剖镜进行观察；

(二) 翅的形状观察

首先观察翅的形状，区分其3缘3角3褶和4区。

1. 三缘三角

翅一般近三角形，为了描述方便，各边和角都给以一定的名称：“三缘三角”。翅平展时：

前缘：靠近头部的一边

外缘：与翅基相对的一边

后缘：近尾部的一边，或称内缘

顶角（翅尖、翅顶）：前缘与外缘之间的夹角

臀角：外缘与后缘之间的夹角

肩角：前缘与后缘之间的夹角

2. 三褶四区

翅面分区：为适应翅的折叠和飞行，翅上常发生一些褶线，将翅面划分为若干个区域。

基褶和腋区：翅的基部有基褶，将翅基部划分出一个小三角形区域，称腋区或称翅关节区。

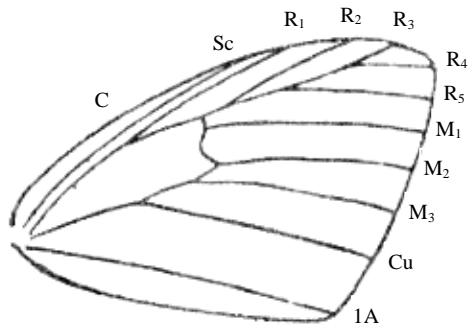
臀褶和臀前区、臀区：翅的后部有臀褶，其末端伸达翅的外缘，此处常凹陷成一缺刻。臀褶前的区域叫臀前区、臀褶后的区域叫臀区，分布于此区的翅脉称臀脉。较低等，飞行速度不快的昆虫，此区发达。

轭褶和轭区：有些昆虫在臀区后还有轭褶，轭褶后就是轭区。

注意：观察翅的构造时应避免用解剖针或镊子等触碰翅面，以免造成翅的损坏。

（三）脉序观察

观察菜粉蝶前翅脉序，对照教材图，辨认各条纵脉及横脉，并与假想脉序对照，分析其差异。



菜粉蝶前翅翅脉示意图

注意：观察翅脉时，应从翅脉的基部向端部观察。

二、翅痣和翅瓣的观察

以蜻蜓和苍蝇为代表，观察翅痣和翅瓣。

1. 翅痣的观察

取蜻蜓 1 只，展开前翅，观察其前缘脉下是否有翅痣？观察翅痣的位置、颜色、形状等。

2. 翅瓣的观察

取苍蝇 1 只，展开前翅，观察其后缘基部是否有翅瓣？观察翅瓣的位置、数量、质地等。

三、翅的类型观察

观察棉蝗前翅、金龟子前翅、麻皮蝽前翅、蜜蜂前翅、石蛾前翅、菜粉蝶翅、蓟马翅、苍蝇后翅，总结其构造特点，判断其类型。

作业与思考题

1. 绘制菜粉蝶前翅脉序图，注明各脉的名称，并与理想翅脉比较，二者有何异同？
2. 列表比较所观察昆虫翅的类型和特征。
3. 为什么二甲苯可以使翅透明？其他溶剂可以吗？
4. 昆虫的翅为什么多呈现为“三角形”？
5. 分析翅脉的作用？
6. 分析昆虫翅的类型划分的依据？

小结及知识拓展

1. 昆虫翅的构造特点与其运动的关系

昆虫翅的运动分为折叠与飞行两类。

- (1) 翅的活动支点在第二腋片，与之相连器官必须强大，所以 R 脉最强大。
- (2) 由于翅在倾折时总是以前缘划切空气，故随着飞行能力的发展，翅脉有向前集中的趋势。
- (3) 折叠支点是第三腋片，故呈三角形且后缘上卷。折叠以两中片为界的，故两中片为平的。

2. 昆虫的翅和鸟的翼都适于飞行，它们在结构上的异同

昆虫的翅与鸟的翼在适于飞行方面的主要共同点：

都有用于飞行的扇面形结构，这些结构的运动都是由肌肉的收缩和舒张引起的，在空气中都可以产生向上的升力和前进的动力；相对于自身身体的大小来说，都具有轻、薄、表面积大的特点，有利于通过扇动空气产生飞行的动力。

不同点：

(1) 来源不同

鸟类的翅膀是由前肢转变来的，而昆虫的翅膀则是由向两侧扩展成的侧背叶发展而来的。

(2) 飞行动力不同

昆虫的翅膀能够动作协调一致，进行十分有效的飞行，是强大的飞行肌和后翅之间小巧的"连锁器"在作用。不用时可以收折在身体背面，翅一般为三角形。不需神经支配。

鸟的翅膀上长有特殊排列的飞羽，当翅膀展开时，每根羽毛都略有旋转能力。所以两翅不断上下扇动，就会产生巨大的下压抵抗力，使鸟体快速向前飞行。由神经支配。

(3) 支撑不同

鸟的翼有骨骼支撑，附着有肌肉；昆虫的翅由翅脉和气管支撑，没有内骨骼和肌肉。

3. 昆虫翅发育研究的意义

昆虫是无脊椎动物中唯一能飞翔的动物，也是动物界中最早获得飞行能力的动物。昆虫的飞翔能力使得其在迁飞、觅食、求偶等方面具有巨大优势。昆虫的翅是在长期演变过程中形成的，对于翅的起源有许多假说，其中侧背起源说被广泛接受，该假说认为翅是由胸部背板向两侧扩展成侧背叶演化形成的附肢（Lewin, 1985），在中胸的是 1 对前翅，后胸则有 1 对后翅。在翅发育的初期，侧背叶的 2 层体壁细胞相对延伸，底膜逐渐愈合直至消失，与此同时，气管和神经伸入，气管的外面保留管状的空腔，即翅脉腔，神经和血液充斥其中，气管和神经周围加厚形成翅脉以加固翅的强度。

昆虫翅发育的研究有其重要的科学价值及潜在的应用价值。昆虫是生物医学的重要研究模型，一些翅发育相关的分子机制在昆虫与脊椎动物中高度保守。模式昆虫翅发育的研究为其它昆虫乃至脊椎动物的相关分子机制研究提供了借鉴，并且为医学领域的研究提供了试验基础。目前昆虫小器官是很多医学问题的研究模型，在医学领域发挥着重要的科学价值。例如黑腹果蝇 *Drosophila melanogaster* Meigen 的翅芽就是研究癌细胞入侵和扩散的模型之一，具有器官构造简单、遗传操控简便和信号分子通路机理透彻等优势，有利于研究人类癌症相关基因在细胞运动及增殖调控相关领域中的分子机理。

实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

实验目的

1. 掌握昆虫腹部的基本构造及腹节的连接方式；
2. 掌握昆虫雌、雄外生殖器的基本构造；
3. 了解尾须的着生位置及构造；
4. 了解腹足趾钩的构造。

实验要求

1. 通过棉蝗腹部的观察，了解昆虫腹节的数量，掌握昆虫腹部的基本构造，通过与胸部比较，分析腹部骨板的变化特点，掌握腹节的连接方式及其生物学意义，了解尾须的着生位置及构造；

2. 通过雌性棉蝗和雄性棉蝗外生殖器的解剖和观察，掌握产卵器和交配器的构造，两者基本构造的异同；

3. 通过比较和观察棉蝗、蝉和棉铃虫的产卵器，了解产卵器的变异情况，知悉产卵器构造特点与产卵习性的关系；

4. 通过玉米螟幼虫腹部附肢的观察，了解腹足的位置、趾钩的构造，与成虫胸足比较，掌握腹足在构造上的特点。

实验材料

棉蝗、蝉、棉铃虫、玉米螟幼虫。

实验用具

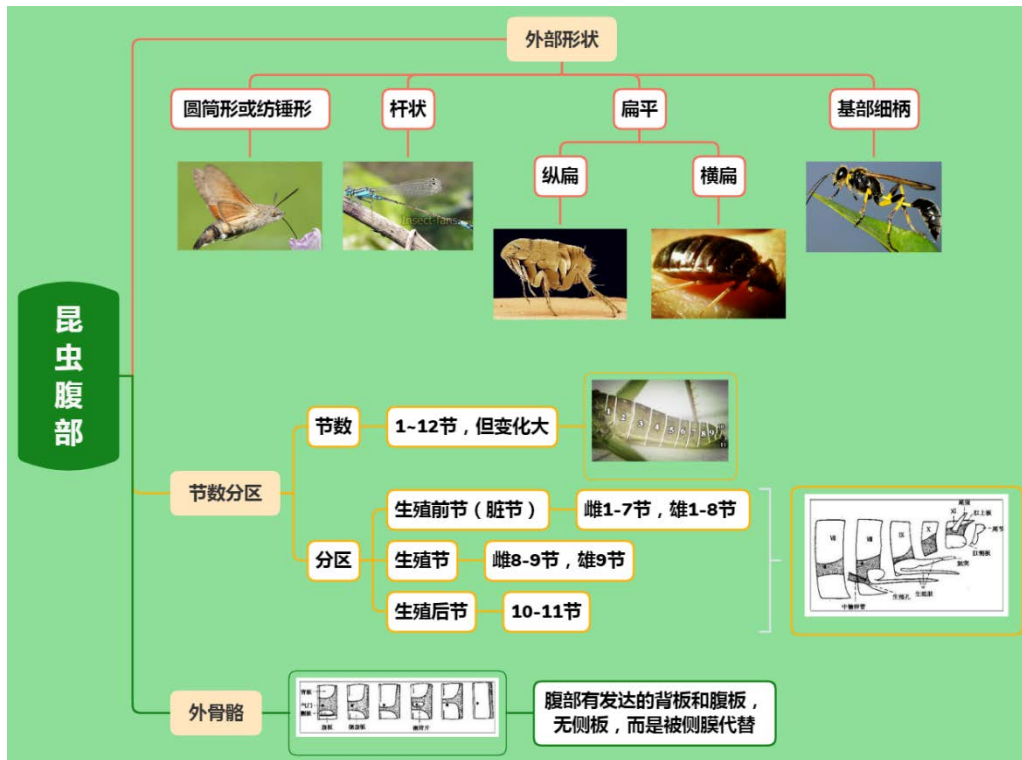
解剖镜、解剖剪、昆虫针、电磁炉或酒精灯、三角架和石棉网等。

实验制剂

100g/L KOH。

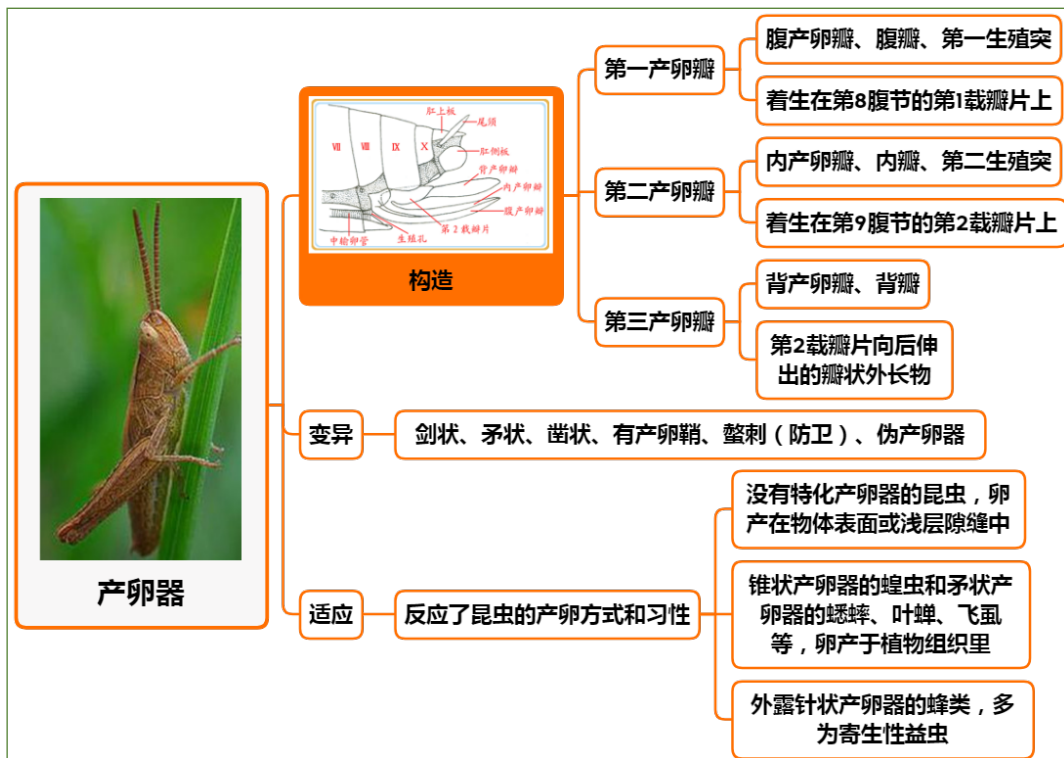
理论知识复习

一、昆虫腹部的基本构造

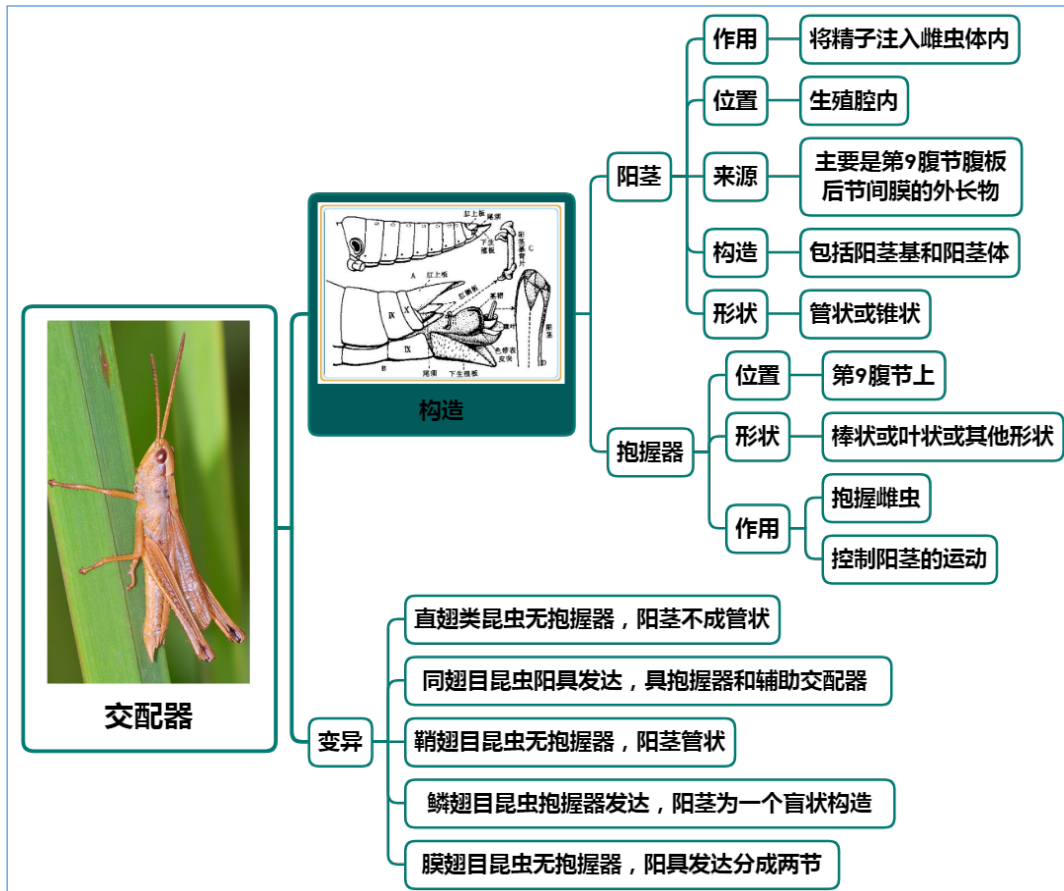


二、昆虫外生殖器

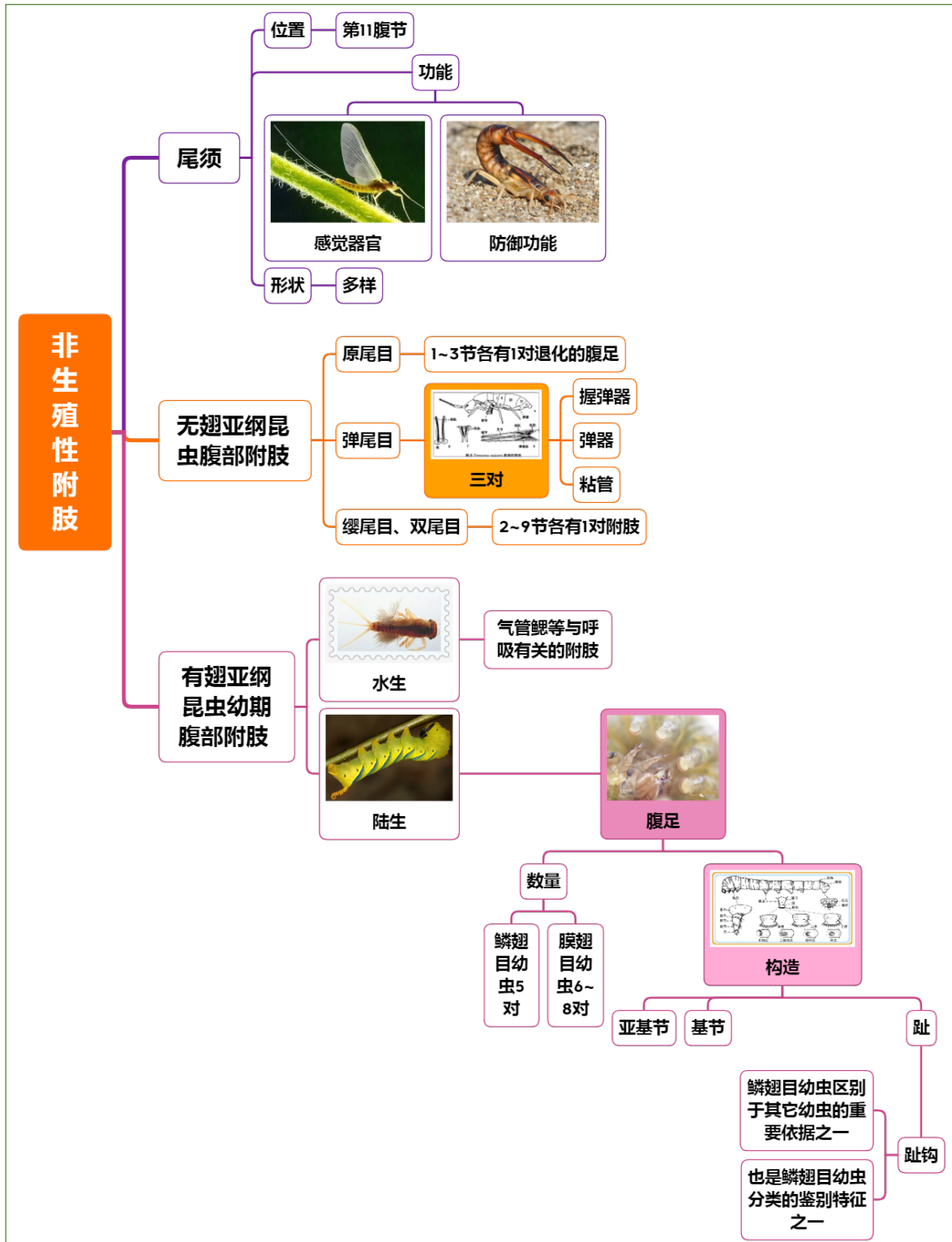
1. 产卵器



2. 交配器



三、昆虫腹节上的非生殖性附肢



实验内容与方法

一、昆虫腹部基本构造观察

以棉蝗为代表，观察昆虫腹部基本构造。

1. 腹节数量观察

取棉蝗一头，从背面和腹面分别观察腹节的数量，分析是否有区别，为什么产生该区别？

2. 腹节骨板观察

镜下观察腹部近基部某节的构造，注意背板、腹板、侧板的有无、形状、大小、骨化程度等。

3. 腹节连接方式观察

用左右手前后拉动腹节，观察腹节间的连接方式；将棉蝗背部向上放于培养皿中，用镊子或手轻轻自上而下用力压背板，观察背板和腹板间的连接方式。

4. 外生殖器着生位置观察

观察腹部末端，观察其上是否着生附肢或生殖器，分别着生在哪一节？

二、雌外生殖器构造观察

（一）产卵器基本构造的观察（直翅目昆虫的产卵器）

以雌性棉蝗为代表，观察产卵器的基本构造。

1. 雌性腹部末端形状观察

取雌性棉蝗 1 头，观察腹部末端的形状、骨化程度，分析其产卵器的骨化程度与产卵习性的关系。

2. 产卵器构造观察

观察棉蝗产卵器的构造，共有几个产卵瓣组成？从背面到腹面依次为什么产卵瓣？每个产卵瓣的着生位置和发达程度，分析它们是否是腹部的附肢？哪些产卵瓣从外面清晰可见？哪些产卵瓣从外面根本看不见，必须用镊子将背、腹两瓣分开才能见到？

3. 产卵孔和导卵器观察

将棉蝗的腹部向上，用镊子将腹瓣轻轻拨开，观察左右腹瓣中间是否有 1 狭长的三角形骨片，若有即为导卵器；继续观察导卵器的基部，是否可见 1 小孔，即产卵孔。分析产卵孔和导卵器的作用。

（二）同翅目昆虫产卵器的观察

以雌蝉为代表，观察同翅目昆虫产卵器的构造特点。

1. 取雌蝉 1 头，从腹面观察，在腹部端部几节的中央，找到产卵器，观察其形状和颜色。

2. 用解剖针轻轻挑动雌蝉产卵器的基部，将其挑出，在解剖镜下观察腹瓣和内瓣在构造上有何差异？二者是如何嵌接的？它们是不是腹部的附肢？是哪一腹节的附肢？

3. 观察背瓣位置和形状，其构造和功能有什么关系？

（三）伪产卵器的观察

以棉铃虫为代表，观察同翅目昆虫产卵器的构造特点。

取新鲜的棉铃虫 1 头，置于蜡盘中，用镊子轻轻压挤腹末，可见 1 管状突起伸出，即伪产卵器。

三、雄外生殖器构造观察

以雄性棉蝗为代表，观察交配器的基本构造。

1. 雄性腹部末端形状观察

取雄性棉蝗 1 头，观察腹部末端的形状和骨化程度，分析其与雌雄棉蝗的区别何在？

2. 生殖板观察

观察腹部末端下生殖板的形状，其是由第几腹板形成的？

3. 消毒处理

用剪刀剪下雄棉蝗的腹末几节，放入盛有 100g/L KOH 溶液的烧杯中。用酒精灯或电磁炉上加热 20min 左右，直至虫体变软，然后取出用清水冲去碱液；

4. 交配器构造观察

（1）将清洗好的雄蝗标本，用镊子轻轻压挤腹末，同时用镊子夹住下生殖板轻轻往下拉，直到交配器各部分均从生殖腔中拉出为止，注意力度，不要用力过大将其弄破或拉断；

（2）将交配器背面向上，用大头针固定于蜡盘中，用水淹没，置于解剖镜下观察各组成部分，区分阳茎和抱握器，观察其形状和着生位置，分析其功能。

四、昆虫腹节非生殖性附肢的观察

（一）尾须的观察

以棉蝗为代表，观察尾须的着生位置和基本特征。

1. 取棉蝗 1 头，背面向上，观察腹部末端尾须的有无、数量、形状、粗细、长短和着生位置。

2. 在解剖镜下观察尾须的表面，判断是否有感觉器存在？

（二）腹足的观察

以玉米螟幼虫为代表，观察腹足的着生情况和基本构造。

1. 取玉米螟幼虫 1 头，腹面向上，观察腹部各节上是否均有腹足存在？腹足的数量、形状、粗细、外长物、排列方式等，分析腹足的排列方式与其行为的关系。

2. 在解剖镜下仔细观察腹足的构造，尤其是趾钩的排列方式，区分臀足和非臀足，两者在构造上有何不同？分析趾钩的排列方式与其行为的关系。

作业与思考题

1. 绘棉蝗产卵器构造图，注明各部分名称；
2. 绘棉蝗交配器后面观图，注明各部分名称；
3. 绘玉米螟幼虫腹足趾钩特征图；
4. 分析比较所观察的几类昆虫的产卵器和交配器与模式构造的异同点；
5. 分析腹足的排列方式和趾钩的排列方式与幼虫行为的关系。
6. 棉蝗从背面和腹面数，腹节的数量有无区别？为什么产生该区别？
7. 产卵器和交配器分别着生在腹部第几节？
8. 棉蝗的雌性和雄性，其腹部末端的形状如何？与功能有何关系？
9. 昆虫尾须的着生位置如何？其功能如何？
10. 与成虫胸足比较，幼虫腹足在构造上有何特点？

小结及知识拓展

1. 昆虫成虫腹部的构造特点

（1）没有运动的附肢，仅保留有生殖附肢，少数由尾须；

（2）结构简单，只有背板和腹板，有侧膜，一般无侧板，一些原始的昆虫，缨尾目昆虫和少数腹部还保留着附肢的幼期昆虫（蜉蝣），腹节侧面具有附肢的肢基片（侧板）；

（3）节与节之间有发达的节间膜。

2. 昆虫腹部构造特点的生物学意义

侧膜的存在使昆虫腹部抗压，节间膜的存在使昆虫腹部抗拉，使腹部根据需要而伸缩、弯曲等。因此腹部的弯曲和伸缩都比较方便，以适于内脏的活动及交配与产卵的需要，帮助呼吸、蜕皮、羽化、交配和产卵等活动。如蚊子吸食血后，腹部可膨大几倍。

3. 昆虫腹足和趾钩的构造特点

（1）腹足的构造特点

昆虫腹足（prolegs），是指有翅亚纲昆虫幼虫腹部的可以用于行走的附肢，如鳞翅目、长翅目、部分膜翅目昆虫的幼虫的腹部均具有。

鳞翅目幼虫的腹足常有 5 对，分别长生在第 3 至第 6 和第 10 腹节上，其中第 10 腹节上的足又称臀足（anal legs）。

长翅目幼虫的腹足 5 对。

膜翅目叶蜂类幼虫的腹足为 6~8 对，有时多达 10 对，分别长生在第 2 至第 7 和第 10 腹节上。

腹足的构造简单，由亚基节、基节与趾（planta）组成。鳞翅目幼虫腹足末端的成排的小钩叫趾钩（crochets），叶蜂类幼虫的腹足无趾钩。

（2）趾钩的构造特点

趾钩的存在是鳞翅目幼虫区别于其它多足型幼虫的重要依据之一，而趾钩的数目、长短和排列方式等，则是鳞翅目幼虫分类的鉴别特征之一。

趾钩的排列有单行、双行与多行之分；根据趾钩的长短不同，可分为单序、双序或 3 序；根据趾钩排列的形状，又可分为环状（圆形或椭圆形的整环）、缺环（不满一整圈而有小缺口）、伪环（前后都有缺口，也叫二纵带）、中带（只在内侧有一列弧形而与身体纵轴平行的趾钩）、二横带（与身体纵轴垂直的两列趾钩）等之分。

实验十二 昆虫内部器官的位置

实验目的

1. 了解昆虫体腔的分区；
2. 掌握昆虫主要内脏器官的位置。

实验要求

1. 通过解剖观察棉蝗成虫的腹部，明确背血管、消化道、生殖器官、腹神经索等主要内脏器官的排列、形状、颜色等，马氏管的着生位置和颜色；
2. 通过解剖观察家蚕幼虫的腹部，明确昆虫呼吸系统和腺体位置和形状；
3. 通过解剖观察豆天蛾幼虫体躯横切面，了解体腔中隔膜的存在位置和血窦的划分，掌握主要内脏器官的分布；
4. 掌握内部器官位置观察的解剖方法。

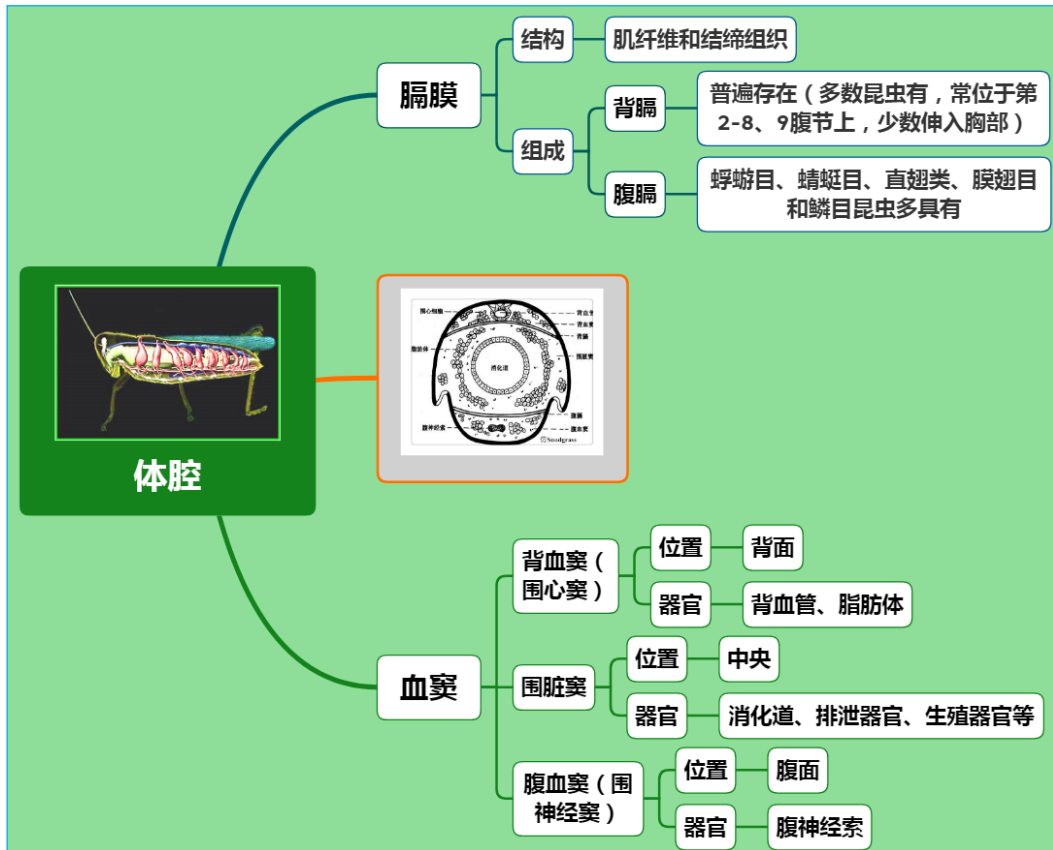
实验材料

棉蝗成虫、家蚕幼虫、豆天蛾幼虫。

实验用具

解剖镜、剪刀、镊子、培养皿、蜡盘、大头针。

理论知识复习



实验内容与方法

一、昆虫内部器官的相对位置观察

（一）背血管、消化道、生殖器官等相对位置观察

以棉蝗为材料解剖观察背血管、消化道、生殖器官等形状和位置。

1. 前处理

取 1 头浸泡过的棉蝗，先剪掉足、翅，再用剪刀从腹部末端开始，沿气门上线剪至头顶，剪下背壁。注意在解剖时，剪刀尖略向上，以免损伤内脏；

2. 背血管观察

将剪下的背壁置于蜡盘中，加水淹没，放在解剖镜下小心地去掉其上的肌肉，观察其内壁上的1条黄白色直管，即背血管，注意观察背血管分布在哪些胸节和腹节？

3. 生殖器官观察

将去掉背壁的剩余体躯背面向上放在蜡盘上，用大头针固定，加入清水浸没虫体，首先观察到的是生殖器官，可见1对卵巢（精巢），侧面1对侧输卵管（输精管），中输卵管（输精管）等。

4. 消化道和排泄器官观察

在生殖器官之下是消化道。用镊子取下卵巢（精巢），观察消化道的粗细、形状、颜色等；在消化道表面可见马氏管，观察其颜色、粗细、形状、着生位置等。

5. 腹神经索观察

用镊子将消化道移走，仔细观察腹壁上的腹神经索，观察其清晰度、颜色、粗细、形状、分支与否。若不清晰，说明其上覆盖有一层腹隔膜。用镊子轻轻地将隔膜揭去，注意观察隔膜的构造，进一步观察颜色、粗细、形状、分支与否。

（二）昆虫呼吸系统和腺体相对位置观察

以家蚕为材料解剖观察昆虫呼吸系统和腺体的形状及位置。

1. 前处理

取1头浸泡的家蚕幼虫，用剪刀沿中线剪开，用大头针将其两侧体壁固定于蜡盘中，加入清水浸没虫体，进行观察。

2. 呼吸系统观察

在家蚕幼虫的体腔内有许多褐色的树枝状分支的细管，它们均是呼吸系统的气管，注意观察这些气管与气门有什么关系？

3. 腺体观察

用镊子将体腔中央绿色的粗大消化道移出，（注意家蚕幼虫的消化道与棉蝗成虫的消化道有什么不同？）可见体腔的两侧各有1条长而弯曲的、粗细不一的白色管状物，即丝腺（下唇腺）。

二、体躯横切面观察

用解剖刀将豆天蛾幼虫体躯横切，观察横切面，仔细观察体腔中隔膜的存在位置和血窦的划分，找到背血窦和其中的背血管、围脏窦和其中的消化道、腹血窦和其中的腹神经索。

作业与思考题

1. 绘天蛾幼虫腹部的横切面图，注明隔膜、血窦和主要器官的相对位置及名称。
2. 背血管位于哪个血窦？其颜色和形状如何？分布在哪些胸节和腹节？
3. 马氏管的颜色、粗细、形状如何？着生在消化道的什么位置？
4. 腹神经索位于哪个血窦？其颜色、粗细、形状如何？是否有分支？
5. 气管与气门有什么关系？
6. 家蚕幼虫体内的腺体是什么？其颜色、粗细、形状如何？

小结及知识拓展

1. 昆虫生理代谢的特点

- （1）昆虫的体腔就是血腔，血液循环是开放式循环；
- （2）昆虫的所有内脏器官均浸浴在血液中；
- （3）昆虫氧气的供给和二氧化碳的排除均是依赖于气管系统来完成的。

2. 昆虫生理系统的安排方式与脊椎动物的主要区别：

- （1）昆虫的背血管位于消化的背面（脊椎动物的心脏位于腹面）。
- （2）血液经过体腔循环，是开管系统（脊椎动物是闭管系统）。
- （3）昆虫中枢神经系统的腹神经索位于消化道的腹面（脊椎动物的脊髓位于背面）
- （4）昆虫的体壁肌附着于外骨骼及其内脊的内面（脊椎动物在骨骼的外面）。

实验十三 昆虫体壁的构造、生理及外长物

实验目的

1. 掌握昆虫体壁的构造；
2. 了解昆虫体壁渗透性、选择性、几丁质含量和多酚氧化酶活性的测定方法；
3. 了解昆虫体壁外长物的种类。

实验要求

1. 通过观察家蚕幼虫体壁切片标本，掌握昆虫体壁的构造，明确体壁的分层和各层次的位置关系；
2. 通过观察黄粉虫幼虫体壁表面、棉蝗足胫节、和触角等外长物，了解昆虫体壁外长物的种类、形状和着生位置；
3. 通过测试黄粉虫幼虫在石油醚、无水乙醇等溶剂中的死亡速度，明确昆虫体壁的选择性，以及体壁对不同溶剂选择性的强弱，并了解其机制；
4. 通过测试盐酸注入棉蝗嗦囊后，嗦囊外 pH 值的变化，明确昆虫表皮的渗透性，掌握渗透性的测定方法；
5. 通过测定黄粉虫幼虫表皮几丁质含量，明确几丁质是昆虫体壁的重要组成成分，掌握几丁质含量的测定方法；
6. 通过测定黄粉虫幼虫表皮多酚氧化酶活性，明确多酚氧化酶在体壁硬化和鞣化过程中的作用，掌握多酚氧化酶活性的测定方法。

实验材料

棉蝗成虫、黄粉虫幼虫活虫；家蚕幼虫体壁切片；鳞翅目蛹壳。

实验用具

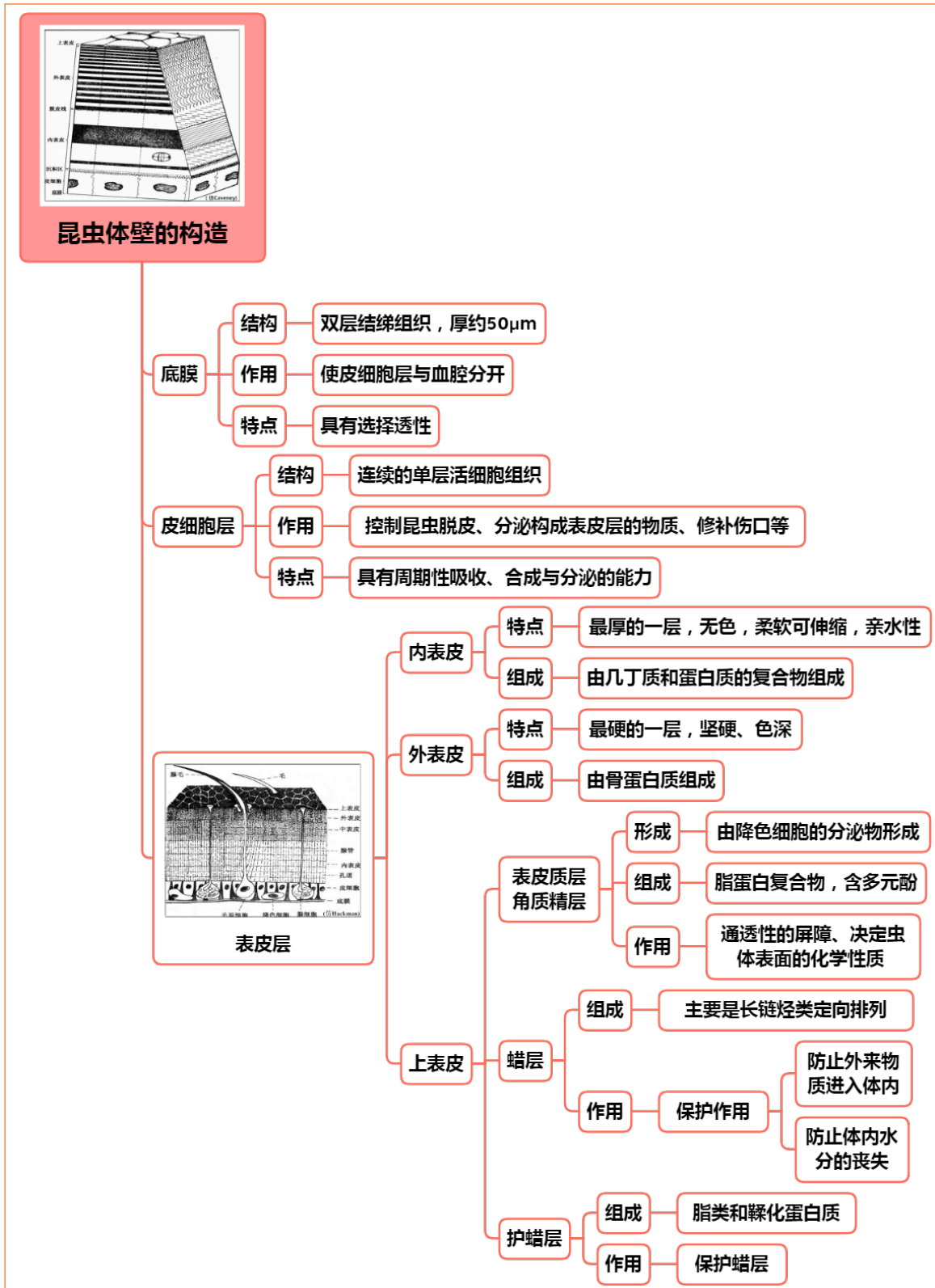
解剖镜、显微镜、镊子、解剖剪、解剖针、注射器、小培养皿、研钵、研锤、低温高速离心机、水浴锅、酶标仪（配有 490 nm 滤光片，或全波段酶标仪）。

实验试剂

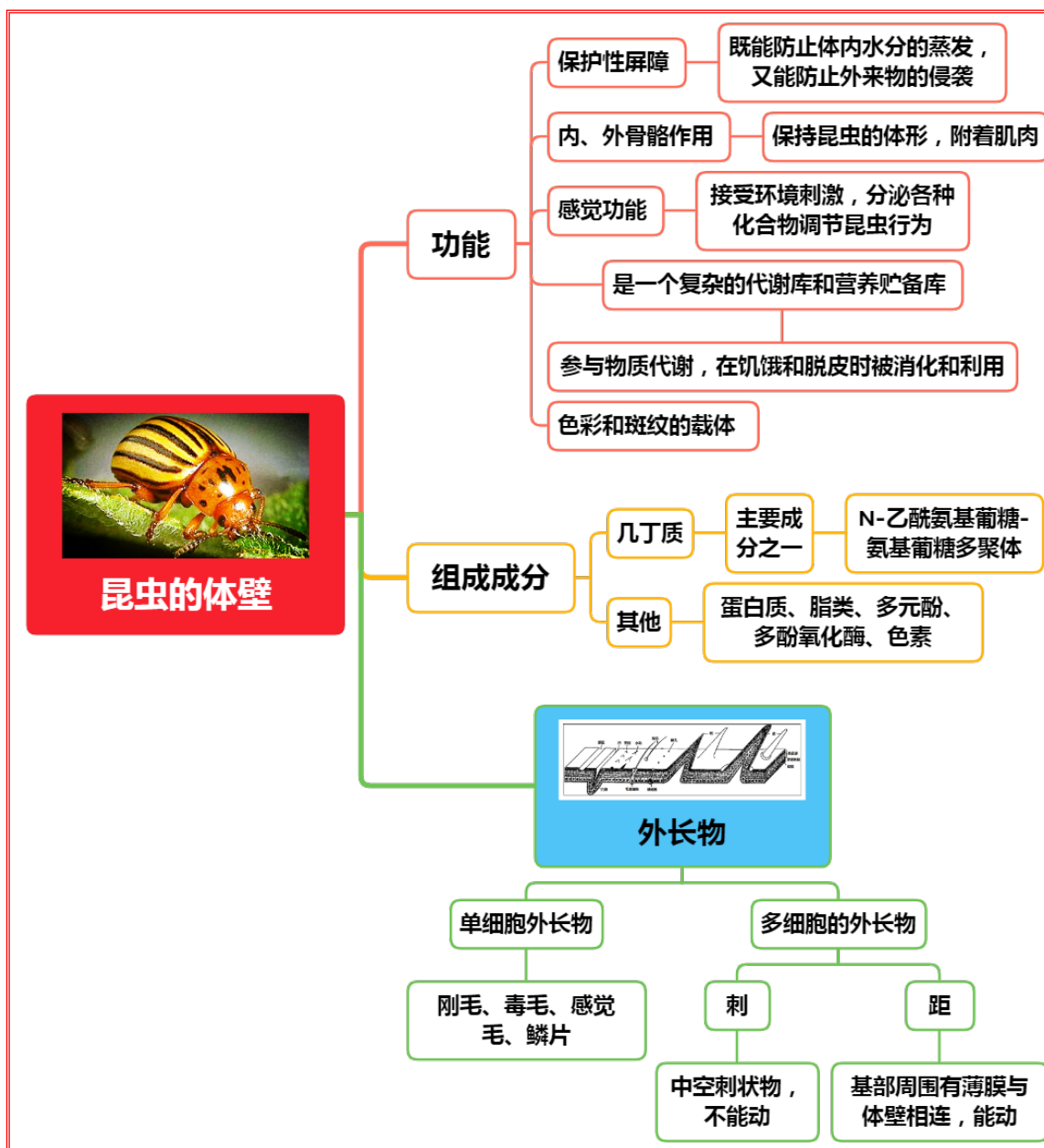
- 中性蒸馏水、生理盐水、KOH、pH 试纸（Bogen pH 指示剂）、石油醚、无水乙醇；
- 1% 盐酸溶液：用 2.7mL 的 3.7% 浓度的 HCl 加到 100mL 的蒸馏水中；
- 0.05mol/L pH6.8 的磷酸缓冲液：
- 1) 称取 5.998 克无水磷酸二氢钠，溶于 1L 水中，配制 0.05mol/L 的磷酸二氢钠溶液（弱酸性），标记为 A 液；
 - 2) 称取 7.098 克无水磷酸氢二钠，溶于 1L 水中，配置成 0.05mol/L 的磷酸氢二钠溶液（弱碱性），标记为 B 液；
 - 3) 分别取 500 mL A 液和 B 液，混匀，用 pH 计测量混合溶液的 pH 值，低于 6.8 时，少量增加 B 液，调整 pH 值至 6.8 即为 0.05mol/L 的磷酸缓冲液。
- 0.02mol/L 盐酸多巴胺溶液：称取 0.379 克盐酸多巴胺，溶于 100mL 磷酸缓冲液中。

理论知识复习

一、昆虫体壁的构造



二、昆虫体壁的功能和组成



实验内容与方法

一、体壁构造的观察

以家蚕幼虫体壁切片标本为材料观察体壁的构造。

将切片标本放在显微镜上观察，调整观察倍数和焦距，使视野适合并清晰，观察体壁的构造，注意是否能观察到底模、皮细胞层和表皮层，每层的构造特点。

二、体壁外长物的观察

1. 黄粉虫幼虫体壁表面外长物观察

取黄粉虫幼虫 1 头，解剖镜下仔细观察体壁的表面，是否有刚毛等；

2. 棉蝗足胫节外长物观察

取棉蝗 1 头，解剖镜下仔细观察足的胫节，是否有距和刺等；

3. 触角外长物观察

仔细观察黄粉虫或棉蝗的触角，是否有感觉器存在。

三、体壁选择性的证明

用黄粉虫幼虫来测试昆虫体壁对不同溶剂的通透性。

1. 取3个小培养皿，分别放入等量的石油醚、无水乙醇、1:1的石油醚和无水乙醇混合物。
2. 取一定数目、体型大小相近的活黄粉虫幼虫放入盛有石油醚的培养皿中，马上用手机计时器记录时间，注意观察当虫体放入石油醚中时有何异状？记录从放入到死亡所需要的时间。
3. 同上一样，继续观察活黄粉虫幼虫在无水乙醇、1:1的石油醚和无水乙醇混合物中的表现，并记录死亡时间。
4. 比较分析这三种结果，分析使昆虫致死及死亡时间长短的原因是什么？

四、昆虫表皮渗透性的测定

以棉蝗嗉囊测试昆虫体壁的渗透性。

1. 取棉蝗1头，剪去其头部及腹末2-3节，用镊子轻轻地把消化道从腹部后取出来；
2. 剪掉中肠，将剩下的嗉囊放在清水中，洗去内含物；
3. 把清理后的嗉囊浸入盛有稀KOH（或浓Na₂CO₃，有条件的可以使用蛋白酶进行处理）溶液的容器中，除去肌肉，注意切勿将嗉囊壁弄破；
4. 将去掉肌肉的嗉囊取出，先用清水洗掉碱液，再用中性蒸馏水清洗数次，然后取出将其一端用毛发扎紧。从另一端插入1支特制的玻璃管或去掉橡皮球的滴管，并用毛发扎紧；
5. 用注射器将1%的盐酸溶液从滴管的上端注入嗉囊内，再用中性蒸馏水将嗉囊的外壁清洗数次，清洗完后立即用pH试纸贴近嗉囊测试，观察颜色变化和记录数值（此时应为中性）；
（也可：取1个小直管，先倒入中性蒸馏水，再滴入1~5滴Bogen PH指示剂）；
6. 静止5min后再次用pH试纸贴近嗉囊，观察颜色变化和记录数值（此时试纸变红色，pH值约1-2之间）。

（也可：把装有盐酸溶液的嗉囊下3/4浸入管内的蒸馏水中，注意切勿将嗉囊上端也浸入蒸馏水中，观察蒸馏水颜色是如何发生变化的？若嗉囊有渗透性，盐酸溶液渗出以后与指示剂相遇即变为绿色）。

五、昆虫表皮几丁质含量的测定

以鳞翅目蛹羽化后的蛹壳为材料测定昆虫表皮几丁质含量。

测定昆虫表皮几丁质含量最简单的方法是重量法。

1. 取大小相近的蛹壳15只，5只1组分3份，即3次重复；
2. 将蛹壳称重，精确小数点后3~4位；
3. 用100g/L KOH消化，煮1h左右，先水洗，后醇洗，再吸干水分，然后称重；
4. 计算几丁质的相对含量；
5. 几丁质的相对含量计算公式如下：

$$\text{体壁几丁质相对含量 (\%)} = \frac{\text{消化后的体壁重}}{\text{消化前的体壁重}} \times 1.26 \times 100$$

式中：1.26为转换系数=乙酰基葡萄糖的分子量/胺基葡萄糖的分子量

六、昆虫表皮多酚氧化酶活性的测定

以黄粉虫幼虫为代表测定昆虫表皮多酚氧化酶活性。

1. 取大小相近的黄粉虫幼虫活虫15头，5头1组分3份，即3次重复。
2. 表皮酶源的制备
 - （1）取处理好的试虫，切去头部，以镊子轻压腹部末端，将食物残渣及体液挤出，以蒸馏水冲洗，在滤纸上吸干水分，称重；
 - （2）将称重后的虫体切成小片，加入2mL磷酸缓冲液，在研钵中匀浆（注意研磨过程中不可将研磨液外溢，研磨要均匀要仔细，直到匀浆内无肉眼可见组织为止，有条件的可以加入1%的SDS继续研磨5分钟，效果更好）；
 - （3）将匀浆液全部移入离心管中，再用2mL磷酸缓冲液多次冲洗研钵、研锤，最好做到无残留；

(4) 移入离心管的匀浆液在 2℃, 12000g 条件下离心 10min, 其上清液即为待测酶液。

3. 酶活测定 (微量法)

(1) 打开酶标仪, 波长选择 490 nm; 选择动力学测定模式: 连续测定 10 次, 间隔 1 分钟, 振板 20 秒。

(2) 在 96 孔板中加入 100 μL 提取好的酶液, 再加入 100 μL 盐酸多巴胺底物, 用移液枪轻轻吹打混匀 (注意不要产生气泡), 重复 3 次。用 100 μL 缓冲液代替多巴胺底物做对照。

(3) 把加好样的 96 孔板放在酶标仪上进行读板; 测定结束后, 可以查看吸光度值的变化曲线, 曲线下方是系统自动计算的曲线斜率及相关的参数。

4 酶活力计算

以每 100 μL 酶液每分钟 OD_{490} 值变化 0.001 为 1 个酶活力单位 (1 U), 即:

酶活力 ($\Delta OD_{490}/100 \mu\text{L 酶液}/\text{min}$) = 曲线斜率;

为了保证实验数据的准确性, 只采用决定系数 $r^2 > 0.9$ 的数值。

作业与思考题

1. 绘显微镜下观察到的体壁横切构造图, 并注明各层次的名称。
2. 列表比较黄粉虫幼虫活虫置于石油醚、无水乙醇、两者混合液中死亡的时间, 并分析先后死亡的原因是什么?
3. 列表比较三次实验测定的蛹壳几丁质含量, 并计算均值。
4. 列表比较三次实验测定的黄粉虫幼虫表皮多酚氧化酶活性, 并计算均值。
5. 为什么 pH 试纸颜色会变红? 说明了什么?
6. 黄粉虫幼虫体壁表面、棉蝗足胫节和两者的触角上是否有外长物? 分别描述各外长物的类型和特点。
7. 详细叙述昆虫表皮几丁质含量的测定方法。
8. 详细叙述昆虫表皮多酚氧化酶活性的测定方法。
9. 详细叙述昆虫体壁渗透性的测定方法。

小结及知识拓展

1. 昆虫体壁与动物皮肤的区别

昆虫的体壁与动物的皮肤, 均覆盖着体躯的全部, 使体内各种组织和器官免受物理性、机械性、化学性和病原微生物性的侵袭。

昆虫的体壁来源于外胚层, 由里到外可分为底膜、皮层细胞和表皮层三部分, 表皮硬化成外骨骼; 皮肤由表皮、真皮和皮下组织构成, 表皮来源于外胚层, 但不硬化不坚硬, 真皮来源于中胚层。

昆虫的体壁是构造颇为复杂的组织, 它的功能远比其它的动物的皮肤更为广泛, 具有高等动物皮肤和骨骼的双重功能。

2. 昆虫体壁与防治的关系

绝大多数人工合成的杀虫剂, 都是根据昆虫体壁特性而制造的。如有机磷杀虫剂、拟除虫菊酯类等, 都对昆虫体壁具有强烈的亲和力, 能很好地附着体壁, 使药剂的毒效成分溶解于蜡质, 为药剂进入虫体打开通道, 能很快的杀死害虫。人工合成的灭幼脲类, 也是根据体壁特性而制造的, 这类药剂具有抗蜕皮激素的作用, 当幼虫吃下这类药物后, 体内几丁质的合成受到阻碍, 不能生出新的表皮, 因而使幼虫蜕不下表皮受阻而死。

绝大多数陆栖昆虫的体壁, 由于上表皮所含的蜡质及类脂与水无亲和性, 故表皮不能被水湿润, 即具有疏水性亲脂性。因此, 任何药剂由体壁进入虫体时, 必须首先在昆虫体壁湿润展布。当药液喷洒到虫体上时, 如果液滴不能湿润展布, 就会积集呈球状从昆虫体表滚落而流失。有些昆虫如蚜虫、蚧类由于表皮覆盖了较厚的蜡质, 不易被药液湿润, 对很多药剂表现了高度的耐药性。

在各种加工剂型中乳油的湿润性能比较好。由于乳化剂的表面活性作用容易在昆虫体壁湿

润展布，乳油中的溶剂可以溶解上表皮的蜡质，使药剂更容易进入表皮层。溶剂不仅本身可以穿透上表皮，还可以携带药剂一同进入表皮。由于上表皮的亲脂性，因此，杀虫剂中脂溶性强的非极性化合物易溶解于蜡质而被上表皮吸收，故这类杀虫剂具有很强的触杀作用。

虽然昆虫整个体躯被硬化的表皮所包围，但是，表皮的构造并非完全一致。如节间膜、触角、足的基部及部分昆虫的翅，都是未经骨化的膜状组织，这些部位药剂容易侵入。此外，昆虫的跗节、触角及口器是感觉器集中的部位，这些部位药剂也较容易侵入，例如，家蝇的跗节有大量的感化器，脂溶性杀虫剂极易从此部分表皮穿透而到达感觉神经细胞。

实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

实验目的

1. 掌握咀嚼式口器昆虫消化道的一般构造；
2. 了解咀嚼式口器昆虫消化道的内部构造特点；
3. 掌握刺吸式口器的昆虫消化道的构造特点。

实验要求

1. 通过解剖和观察棉蝗成虫消化道，掌握咀嚼式口器昆虫消化道的一般构造，了解消化道的内部构造特点，明确消化道的分段依据；
2. 通过解剖和观察家蚕消化道，了解咀嚼式口器昆虫消化道的变异情况，明确变异发生的主要位置和原因；
3. 通过解剖和观察麻皮蝽成虫消化道，掌握刺吸式口器昆虫消化道的一般构造，了解中肠的分段情况；
4. 通过解剖和观察蚱蝉消化道，了解刺吸式口器昆虫消化道的变异情况，明确变异发生的主要位置、滤室的作用。

实验材料

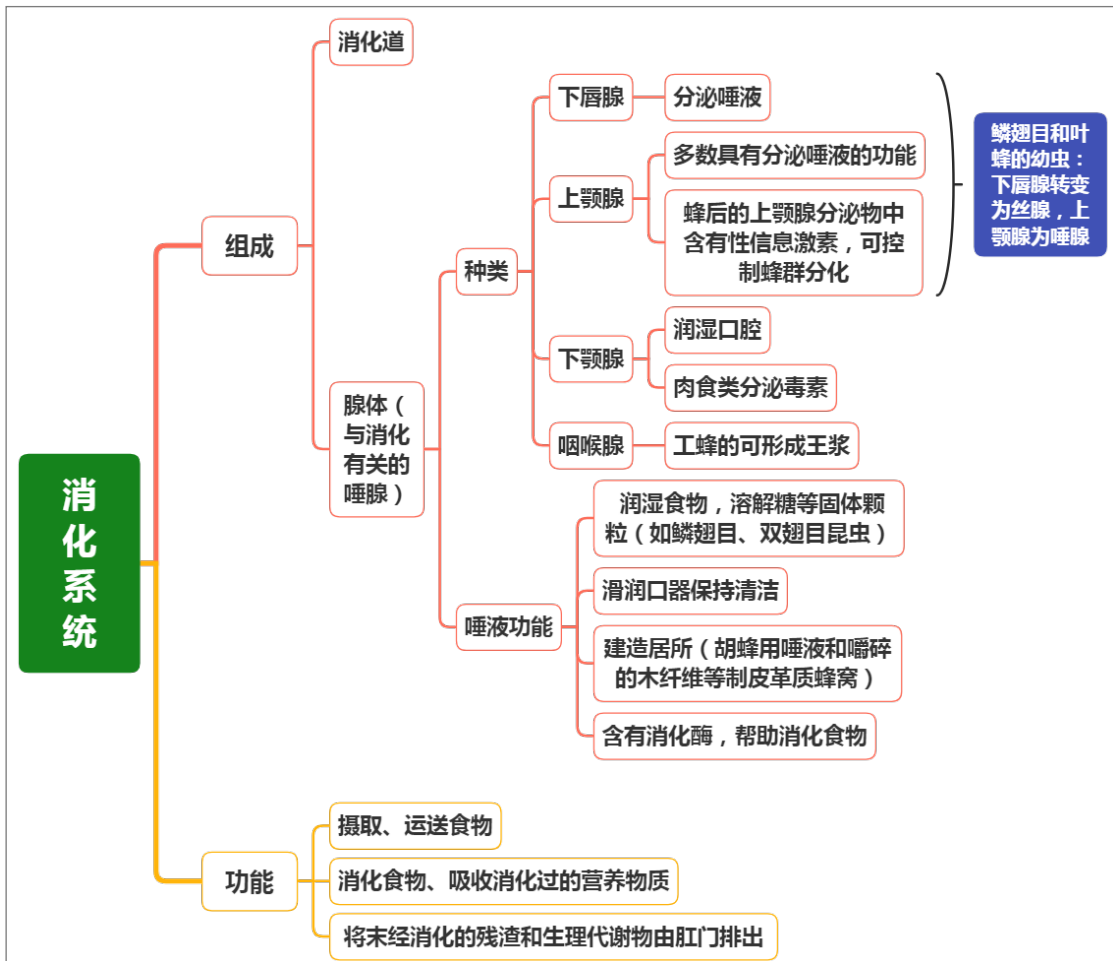
棉蝗成虫、家蚕、麻皮蝽、柞蚕。

实验用具

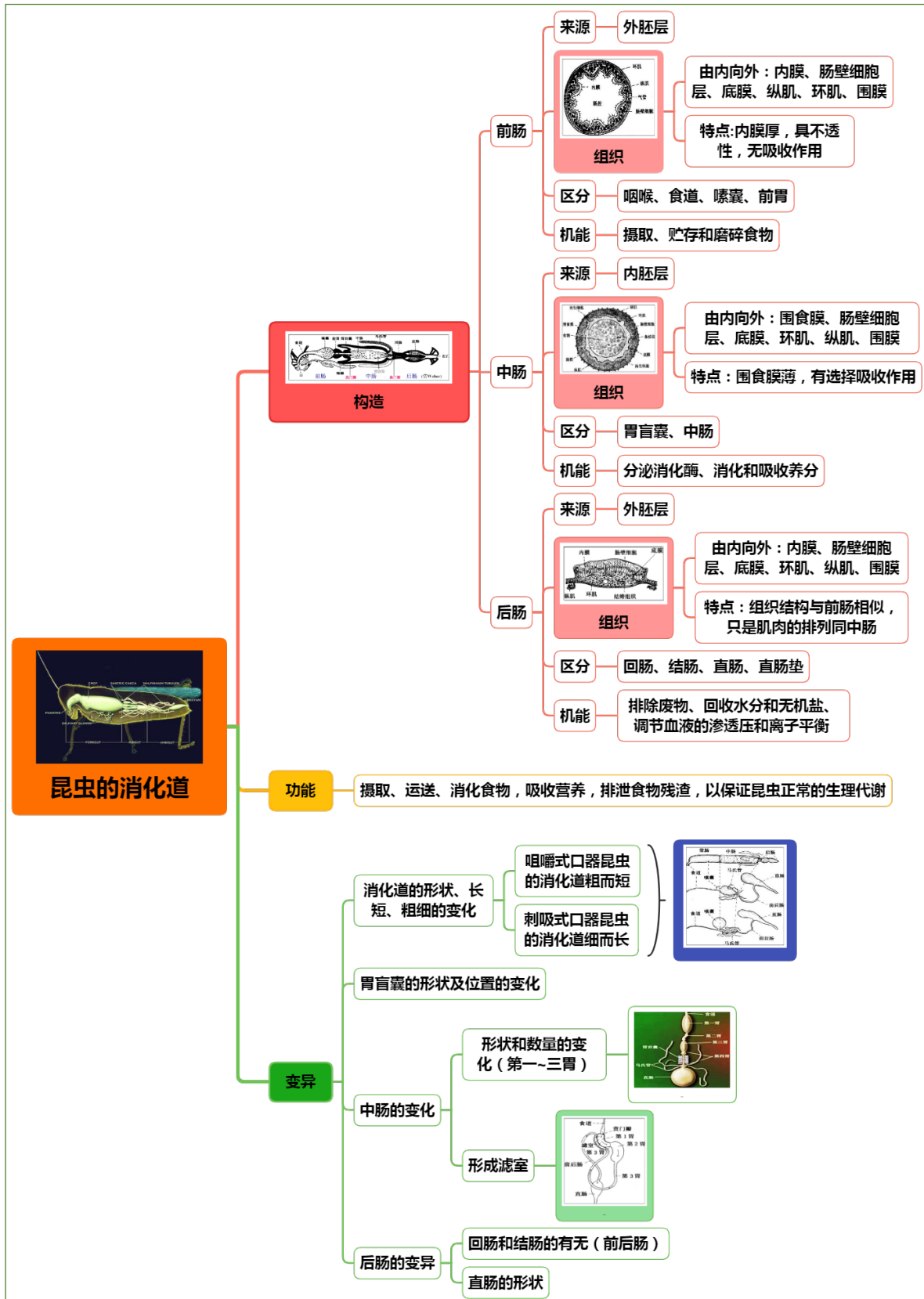
解剖镜、镊子、解剖剪、解剖针、大头针、培养皿、蜡盘。

理论知识复习

一、昆虫的消化系统



二、昆虫的消化道



实验内容与方法

一、咀嚼式口器昆虫消化系统的观察

(一) 昆虫消化道一般构造的观察

以棉蝗成虫为例观察消化道的一般构造。

1. 取棉蝗 1 头，剪去翅和足，沿气门上线分别从虫体两侧由尾部到头部剪开，揭去胸腹背板，掰开头部，将整个消化道取出，置于蜡盘中，用水淹没，去掉卵巢或精巢，在镜下观察；

2. 首先观察棉蝗消化道的粗细和分段情况，并仔细观察前、中、后肠各段的外形，比较它们外形上有什么差异？

3. 找到前肠与中肠的交界、中肠与后肠的交界，说明你是根据什么判断分界的？观察交界处胃盲囊和马氏管的形状和分布情况；

4. 进一步观察前、中、后肠形态，了解每段的分区情况。

(二) 消化道内部构造的观察

以棉蝗成虫为例观察消化道内部构造。

1. 将棉蝗消化道沿背线纵行剪开，用大头针固定于蜡盘中，然后用清水洗净消化道内的食物，以便观察肠内壁的外形和结构；

2. 首先观察整个消化道从内壁是如何进行分段的？分段的依据是什么？解剖镜下观察分界处幽门瓣和贲门瓣的位置、数量、形状、构造，判断两者的作用。

3. 用镊子尖端轻轻接触前肠内壁，并轻轻滑动，感觉内壁的光滑程度和骨化程度，并在解剖镜下观察棉蝗前肠内壁上的特殊构造如锯齿状突起等，观察其存在位置、形状、排列方式，说明这些特殊构造的作用。

4. 解剖镜下仔细观察中肠内壁，是否有特殊的构造？说明其内壁构造特点与中肠功能之间的关系。

5. 解剖镜下仔细观察后肠的内壁，区分迴肠、结肠和直肠，三种在内壁构造上有何异同？尤其注意观察直肠内是否有直肠垫等构造？

二、咀嚼式口器昆虫消化道变异的观察

以家蚕为代表解剖观察咀嚼式口器昆虫消化系统的变异情况，并注意观察马氏管的数目及着生位置。

三、刺吸式口器消化系统的观察

(一) 刺吸式口器消化道一般构造的观察

以麻皮蝽为代表观察刺吸式口器消化道的一般构造。

1. 取 1 头麻皮蝽，剪去翅和足，自虫体的两侧剪开，去掉背板（注意不要将其内脏气管带走），然后固定于蜡盘中，用清水浸没，观察消化道在体腔内的位置；

2. 用镊子和解剖针轻轻将气管和消化道分离，同时将消化道慢慢拉直，边拉边用针将其固定于蜡盘上。在整个解剖过程中注意小心移动盛有水的蜡盘，以防消化道在水中摆动而断开。

3. 观察麻皮蝽消化道的构造特点和分段情况，指出其与棉蝗消化道在形状、长短、粗细等方面的区别，其每一段的特点和分段的依据；尤其要重点观察中肠，观察麻皮蝽的中肠由几个胃组成，每个胃的形状、粗细是否有差异？

4. 观察胃盲囊和马氏管着生的位置和形状、颜色、数量等。

(二) 刺吸式口器消化道特殊构造的观察

以蚱蝉为代表观察刺吸式口器消化道的特殊构造。

1. 取 1 头蚱蝉，用解剖麻皮蝽的方法将蚱蝉的背壁去掉，置于蜡盘中；

2. 小心地将消化道周围的腺体和脂肪体等移除，观察消化道的各个组成部分，注意各个组成部分的形状及构造特点，尤其是滤室；

3. 解剖滤室并观察其内在构造，注意滤室是如何形成的？

4. 分析蚱蝉消化道与麻皮蝽消化道在构造上的异同。

作业与思考题

1. 绘棉蝗消化道外部构造（分段）图，并注明各部分名称。

2. 绘麻皮蝽消化道外部构造（分段）图，并注明各部分名称。

3. 棉蝗消化道的粗细是否有变化？可以分为几段？各段在外形上有什么差异？各段分界的

标志是什么？

4. 棉蝗消化道从内壁是否分段？分段的依据是什么？
5. 幽门瓣和贲门瓣分别着生在什么位置？其数量、形状、构造如何？分析两者的作用。
6. 棉蝗胃盲囊着生在什么位置？其数量、形状如何？分析其作用。
7. 棉蝗前肠内壁上是否有特殊构造？主要存在于什么位置？其形状、排列方式如何？说明这些特殊构造的作用。
8. 棉蝗中肠内壁上是否有特殊的构造？说明其内壁构造特点与中肠功能之间的关系。
9. 分析直肠垫的作用。
10. 列表比较棉蝗和家蚕消化道构造上的异同。
11. 列表详细比较棉蝗和麻皮蝽消化道构造上的异同。
12. 比较蚱蜢消化道与麻皮蝽消化道在构造上的异同，分析滤室的作用。

小结与知识拓展

1. 杀虫剂对消化系统的影响

(1) 胃毒剂与消化道 PH 的关系

酸性药剂在碱性胃液中毒性大，碱性药剂在酸性胃液中毒性大。

细菌性杀虫剂在碱性消化液中毒性大。如苏云金杆菌、青虫菌等。

(2) 胃毒剂对消化酶的影响

一般胃毒剂对消化酶影响较小，但氟制剂对脂肪酶有破坏作用。

(3) 胃毒剂对消化道组织的影响

砷制剂和氟制剂破坏肠壁细胞（染色体集中细胞质形成空泡然后解体，最后成为碎片脱落。如飞蝗）；

苏云金杆菌引起中肠细胞解体或脱落如菜白蝶。

2. 昆虫的肠外消化

(1) 概念

有些昆虫在取食前，将唾液外注或注入寄主的组织中，然后将部分消化食物吸入肠内，这种消化的方式叫肠外消化。

(2) 肠外消化的例子

①龙虱的幼虫没有唾液腺，肠内消化液经食道和上颚沟倒注入猎物体内，如果猎物是一个透明的昆虫，就可以观察到一股黑液从上颚尖端涌入虫体，并很快分散到各器官之间，虫体的内部组织也很快被溶化成液体，由上颚沟吸回龙虱幼虫肠内。龙虱幼虫倒注的消化液具有神经毒剂作用，一经注入猎物体内，猎物立即麻痹。一个 12mm 长的毛翅目幼虫，被龙虱幼虫捕获后，在 10min 内，体内各组织即被完全溶化，并被吸空。

②食蚜蝇 *Syrphus pyrastris* 幼虫取食蚜虫时，在 5-10min 内，蚜虫虫体就已成为白色的空壳。

③胡蜂 *Pseudagenia* 幼虫取食蜘蛛时，外注的消化液不仅能完全溶化蛋白质，还能溶解几丁质。

④绿蝇 *Lucilia* 及丽蝇 *Calliphora* 等幼虫的排泄物中含有蛋白酶，能使肉类部分液化供其食物。

实验十五 昆虫排泄系统的解剖观察

实验目的

1. 掌握昆虫主要排泄器官种类及其构造；
2. 了解昆虫隐肾的构造特点。
3. 了解昆虫马氏管的排泄机理。

实验要求

1. 通过解剖观察棉蝗、黄粉虫幼虫、麻皮蝽的马氏管，掌握马氏管的一般构造，了解不同种类昆虫马氏管在构造上的区别，明确马氏管的主要类型；
2. 通过解剖观察黄粉虫幼虫马氏管，了解隐肾的着生位置和构造特点，明确其功能；
3. 通过测定注入酸性品红后黄粉虫幼虫马氏管的颜色变化，了解马氏管对颜料的排泄能力，昆虫马氏管的排泄机理，掌握马氏管颜料排泄的实验方法。

实验材料

棉蝗、黄粉虫幼虫、麻皮蝽；

实验用具

解剖镜、镊子、解剖剪、解剖针、大头针、培养皿、蜡盘、注射器。

实验制剂

- 0.5%酸性品红：0.5 克酸性品红，加热溶于 100 毫升水中，过滤掉沉淀。
生理盐水：称取 0.9 克氯化钠，溶于 100 mL 水中。

理论知识复习



实验内容与方法

一、不同昆虫马氏管构造特点观察

以棉蝗、黄粉虫幼虫、麻皮蝽为例，比较马氏管的构造特点。

分别取棉蝗、黄粉虫幼虫、麻皮蝽各 1 头，从侧面沿两侧气门上线将虫体腹部剪开，掀开背板，仔细观察消化表面，尤其是中后肠的交界处，是否有马氏管存在？注意观察和区分三种昆虫马氏管在类型、数量、颜色、粗细、长短等方面的区别。

二、隐肾的观察

以黄粉虫幼虫为例观察隐肾的位置和构造。

在观察黄粉虫马氏管时，着重观察马氏管与直肠的关系，两者之间是如何建立联系的？形成的复合体称之为什么？有什么功能？

三、马氏管颜料排泄实验

以黄粉虫幼虫测定马氏管对颜料的排泄能力。

1. 取活黄粉虫 1 头，用手捏住头部和尾部，腹部向上弓曲，然后用微量注射器将 5~10 μL 的 0.5% 酸性品红从腹足处注入虫体内，静放 30min；

2. 分别取 1 头用酸性品红处理的和未处理的黄粉虫，均用解剖剪自虫体两侧剪开，分别固定于盛有生理盐水的蜡盘中，分析为何要用生理盐水？

3. 观察两者马氏管的颜色，有何不同？为什么？

4. 隔一定的时间后再观察，两者的颜色是否发生变化？又何故？

作业与思考题

1. 列表比较棉蝗、黄粉虫幼虫、麻皮蝽三者马氏管的详细区别；

2. 列表比较用中性红处理的和未处理的黄粉虫马氏管颜色随时间的变化情况？并分析原因。

3. 简述隐肾的形成和作用。

4. 叙述马氏管颜料排泄的实验方法。

小结与知识拓展

1. 昆虫排泄物为什么以尿酸为主

尿酸占氮素废物的 80-90%，作为昆虫的主要排泄物，对要求保水的陆栖昆虫和生活在干燥环境中的昆虫，具有重要作用。

因为①尿酸中含 H 量为 2.38%，尿酸分子含 H 原子的百分率比任何其它动物的 N 素排泄物都小，所以在代谢过程中形成尿酸分子时，消耗水也最少。②尿酸的分子式为 $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$ ，溶解度极小，微溶于水，易形成晶体，所以排泄时不需伴随很多水分。

2. 杀虫剂与排泄系统的关系

(1) 破坏组织

①破坏马氏管细胞

如有机氯化合物中毒后，细胞界线不清，细胞内产生空泡等。

②破坏脂肪体细胞

如除虫菊酯类，可使脂肪体细胞分离。

(2) 脂肪体对杀虫剂有较强的抗性

因为脂肪体从血液中吸收代谢废物，所以当杀虫剂进入血液后，也可被脂肪体所吸收而贮存（特别是脂溶性的杀虫剂），降低了药剂的毒效。但另一方面由于积累杀虫剂而产生后应作用。

实验十六 昆虫的循环系统和血细胞

实验目的

1. 掌握昆虫背血管的基本构造；
2. 了解昆虫血细胞的主要类型；
3. 了解体内血液的流动途径。

实验要求

1. 通过解剖镜下观察韭蛆胸部心脏的跳动，了解昆虫心跳速率，明晰昆虫的血液循环与人类的的不同；
2. 通过观察蚜虫辅搏器，了解昆虫辅搏器存在的位置和作用；
3. 通过解剖和观察家蚕幼虫的背血管，了解背血管的颜色、形状和着生位置，掌握昆虫背血管的基本构造；
4. 通过制作棉铃虫（或其他昆虫）幼虫血液的涂片并显微观察，了解昆虫血细胞的主要类型，并知悉各种血细胞的作用，明确昆虫血液的主要功能；掌握血涂片的制作和染色方法。

实验材料

活韭蛆、家蚕幼虫、活棉铃虫幼虫、活蚜虫。

实验制剂

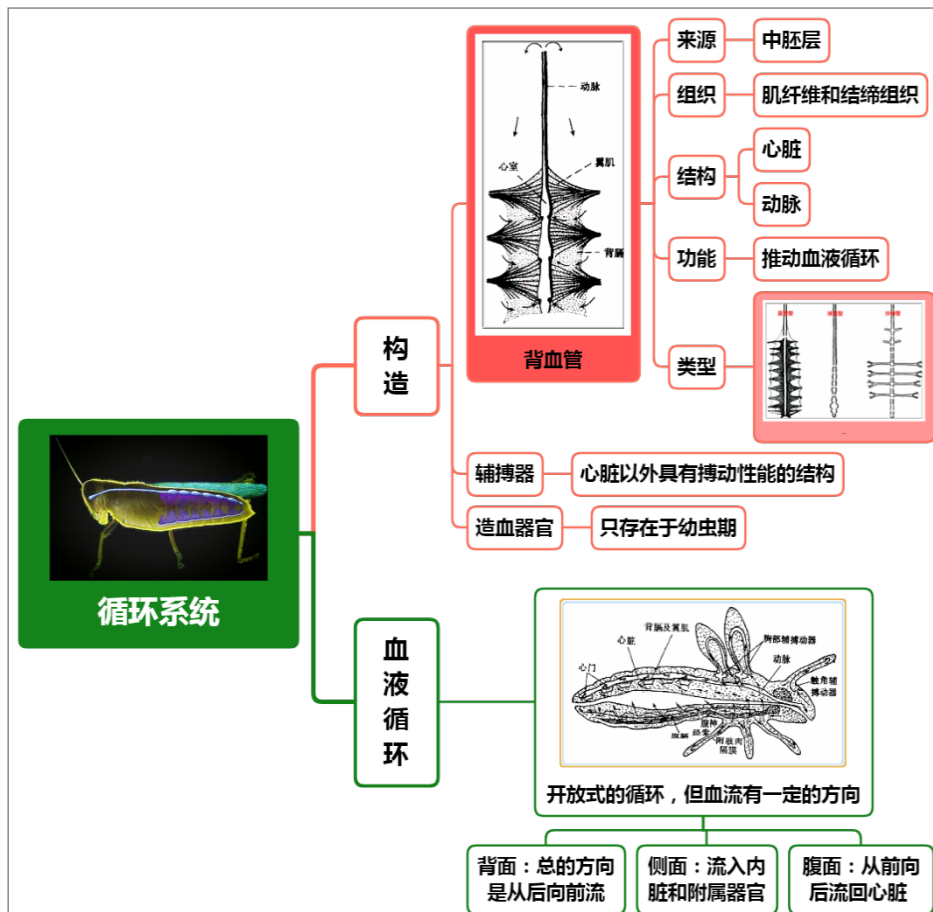
- 瑞氏-吉姆萨染色液（市购）；
- 磷酸缓冲液（pH6.8）：见实验十三。

实验用具

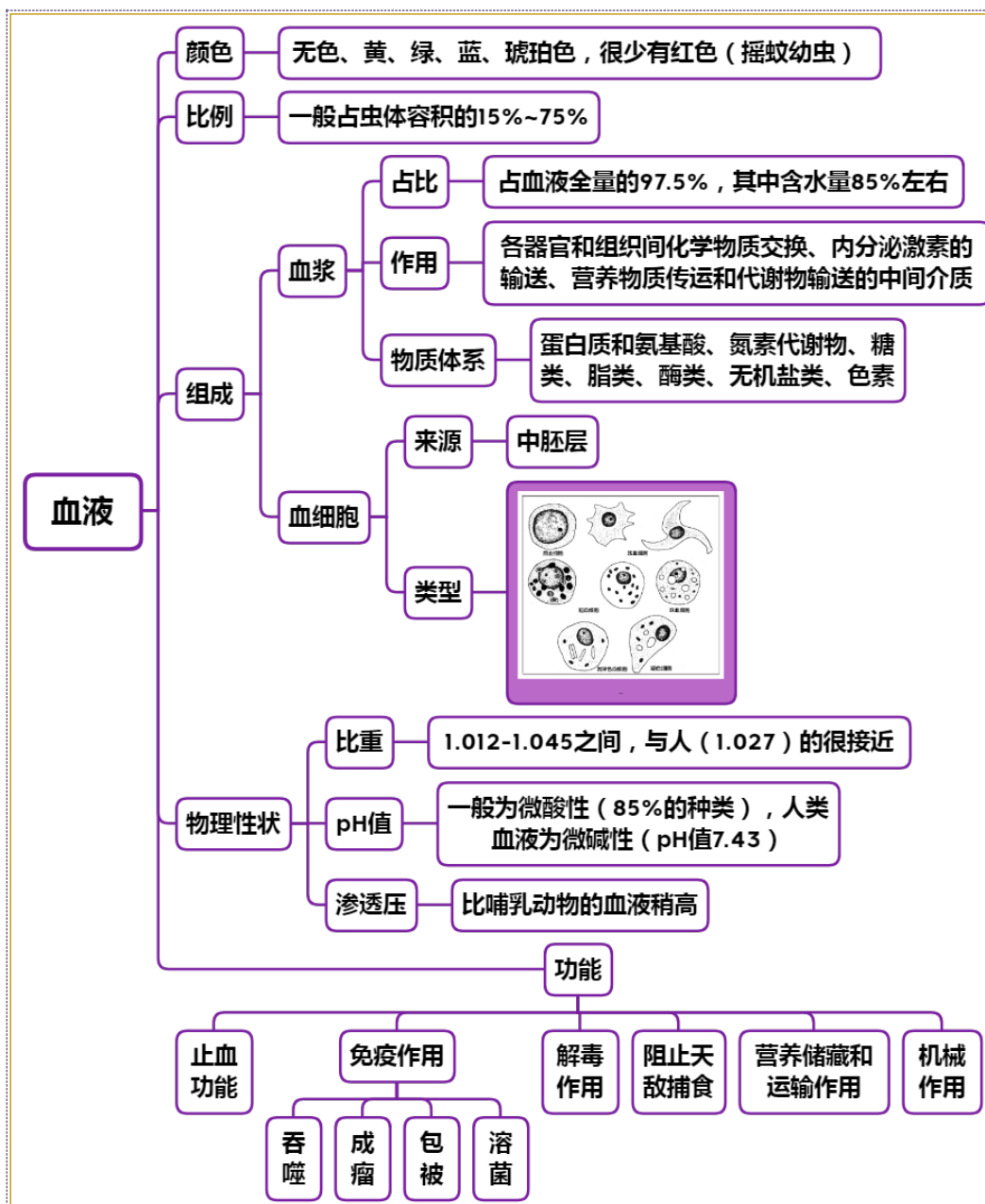
解剖镜、显微镜、镊子、解剖剪、解剖针、大头针、培养皿、载玻片、滴管、盖玻片、蜡盘。

理论知识复习

一、循环系统的构造



二、昆虫的血液



实验内容与方法

一、昆虫心脏跳动的速率及辅搏器观察

以韭蛆为代表，观察心脏跳动的速率；以蚜虫代表观察辅搏器存在的位置。

（一）心脏跳动速率观察

1. 取活的韭蛆 3-5 头，背面向上放在载玻片上，滴一滴清水，用盖玻片轻轻压住，注意不要压伤虫子；
2. 把做好的韭蛆玻片放在解剖镜下，选择 1 条既不是很活跃，但又没有死亡的韭蛆进行观察；
3. 在背面有一条规律性收缩，透明管子就是背血管（心脏），观察心脏跳动，记录每分钟心脏跳动次数（有时看不清背血管，但能看到血管收缩引起的搏动）

（二）辅搏器观察

1. 取 1 头浅色蚜虫放在载玻片上，加 1 滴清水，在体视镜下调整姿势，使足伸出体外，轻轻盖上盖玻片，不要压伤蚜虫；

2. 把做好的蚜虫玻片放在低倍显微镜下观察，在足的胫节基部，有 1 个快速跳动的器官，即辅搏动器。

二、背血管的构造观察

以家蚕幼虫为代表，观察背血管的构造。

1. 取 1 头家蚕幼虫标本，沿气门线从两侧剪开，取下背壁，放在培养皿中，用清水淹没，进行观察。

2. 背壁的腹面间上，然后在镜下进行观察，注意观察背血管的颜色、形状和着生位置，以及背膈的有无。

3. 在头、胸部内是较短的 1 段动脉直管，心脏包括许多连续的心室，每个心室略膨大，心室腹面的两侧附有三角形排列的翼肌，并可以见到背血管下的 1 层背膈。

三、昆虫的血细胞观察

以活的棉铃虫幼虫（或其他活的昆虫）为代表，观察血细胞的类型。

1. 前处理

先擦净载玻片和盖玻片；取棉铃虫幼虫 1 头，露出腹足，用 5 号昆虫针从腹足处穿刺，使其流出血液，注意观察血液的颜色，把流出的血液滴在准备好的载玻片一端；

2. 染色处理

载玻片上的血液滴好后，用盖玻片置于血滴边缘，并将其向前推移形成血液膜，让其自然风干。

在干固的血膜上，滴 2~3 滴瑞氏-吉姆萨染色剂，染色 1min 左右。再用 2 倍的磷酸盐缓冲液稀释，再染色 3~5 min。待液面有黄色金属光泽，说明染色已完成。

3. 血细胞的观察

用蒸馏水冲洗载玻片，血膜则呈粉红色，待其自然干燥后，即可在显微镜下观察血液涂片上血细胞的类型。

作业与思考题

1. 绘家蚕幼虫背血管构造图，注明各部门名称。
2. 绘你所观察到的棉铃虫幼虫血细胞特征图。
3. 列表比较你所观察到的棉铃虫幼虫血细胞的特点和功能。
4. 蚯蚓每分钟跳动次数约为多少？血液的流向如何？
5. 蚜虫辅搏器主要存在什么位置？搏动是否有节奏？分析其作用。
6. 试述血细胞的染色方法。

小结与知识拓展

1. 昆虫循环系统与哺乳动物的区别

(1) 昆虫的循环系统属于开放式循环，背血管是唯一的管道，血液充满整个体腔（血腔），内部的组织、器官、系统都浸没在血液中；而哺乳动物的属于封闭式循环，血液必须在血管中循环。

(2) 昆虫的血液相当于哺乳动物血液+淋巴液+组织液，故又叫血淋巴。

(3) 昆虫的循环系统主要功能是输送养分、激素和代谢废物，维持正常生理活动所需要的渗透压、离子平衡、酸碱度等，没有运输氧的功能，所以昆虫血液中大都无血红蛋白；而输送养分、激素和运输氧是高等哺乳动物循环系统的主要功能，其血液中含有血红蛋白。

2. 昆虫的血液为什么极少为红色

昆虫的血液为无色、黄、绿、蓝、琥珀色，很少有红色（摇蚊幼虫），大多数昆虫的血液都不一样。与高等哺乳动物的循环系统不同，昆虫的循环系统没有运输氧的功能，所以昆虫血液中大都无血红蛋白，所以不成红色。由于不用于传送氧，仅用来输送营养物质，所以昆虫失血较大时，一般会影响代谢功能，但不会直接威胁生命安全。

昆虫开放式循环系统的特点是血压低，血量大，并随着取食和生理状态的不同，其血液的

组成变化很大。相应地，昆虫血液的颜色也主要是由取食和生理状态决定的。

昆虫的血液中所含的色素物质使得其血液呈现出特定的颜色，如大天蚕蛾中有 α -胡萝卜素、核黄素和黄素-核苷酸；家蚕中的黄酮、荧光素和叶酸；菜粉蝶的幼虫血液的绿色是因为黄色蛋白（其辅基为 β -胡萝卜素和叶黄素）和一种蓝色蛋白（其辅基为胆绿素）共同存在的结果。在散居型飞蝗绿色血液中也有类似的成分，但是，一种绿色蝽的绿色血液是由于一种 β -胡萝卜素-蛋白复合体和一种近似花青素存在的结果。昆虫血液中的这些色素一般认为是从食物中获得的。

另外，昆虫血液的颜色有的还与性别、变态有关，如菜粉蝶的幼虫、蛹和成虫的血液，雌的为绿色，雄的则为黄色或无色。有一种喜欢吃幼竹笋昆虫的血液是白色的。

3. 血液循环系统与害虫防治的关系

(1) 破坏血细胞

如砷、氟、汞无机盐类作用使血细胞病变。如血细胞膨大、细胞核变形或破裂。

(2) 影响循环速率

如除虫菊酯类和氢氰酸类的神经毒剂，能降低循环速率。

(3) 扰乱血液循环

如烟碱类杀虫剂使血液细胞凝聚，嗦囊膨大阻止血液流动。

(4) 对背血管的影响

如砷素剂、烟碱类进入虫体后，开始心脏搏动率加快，后来降低而停止；有的药剂如除虫菊素，可使心脏失去收缩力，心脏停止在心舒状态；烟碱类可使心肌松弛，心脏停止在心缩状态。

(5) 血液酸碱度对杀虫效力的影响

一般认为：PH 值随幼虫的虫龄增大而增高，抗药性增强。

实验十七 昆虫的呼吸系统解剖观察

实验目的

1. 掌握昆虫呼吸系统的基本构造；
2. 掌握昆虫气门的位置及开闭机构；
3. 了解昆虫气管系统的组成。

实验要求

1. 通过解剖和观察棉蝗胸部和家蚕幼虫腹部气门，掌握外闭式气门和内闭式气门的构造，明晰两者的构造特点和区别及其适应性；
2. 通过解剖和观察家蚕幼虫的气管系统，了解气管系统在体内的分布、组成及排列方式；
3. 通过解剖和观察家蚕幼虫的气管，了解螺旋丝在气管中的存在情况，并明晰其作用；
4. 了解昆虫气管系统的组成，掌握昆虫呼吸系统的基本构造。

实验材料

棉蝗、活黄粉虫、家蚕幼虫。

实验制剂

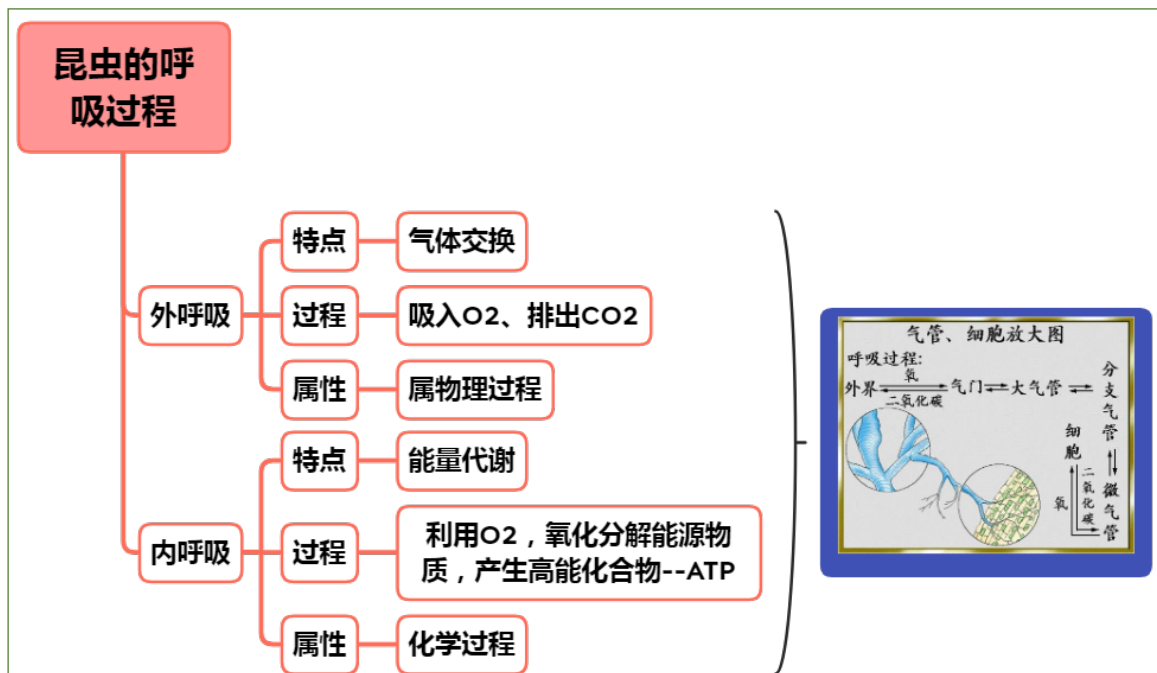
100g/L KOH 溶液。

实验用具

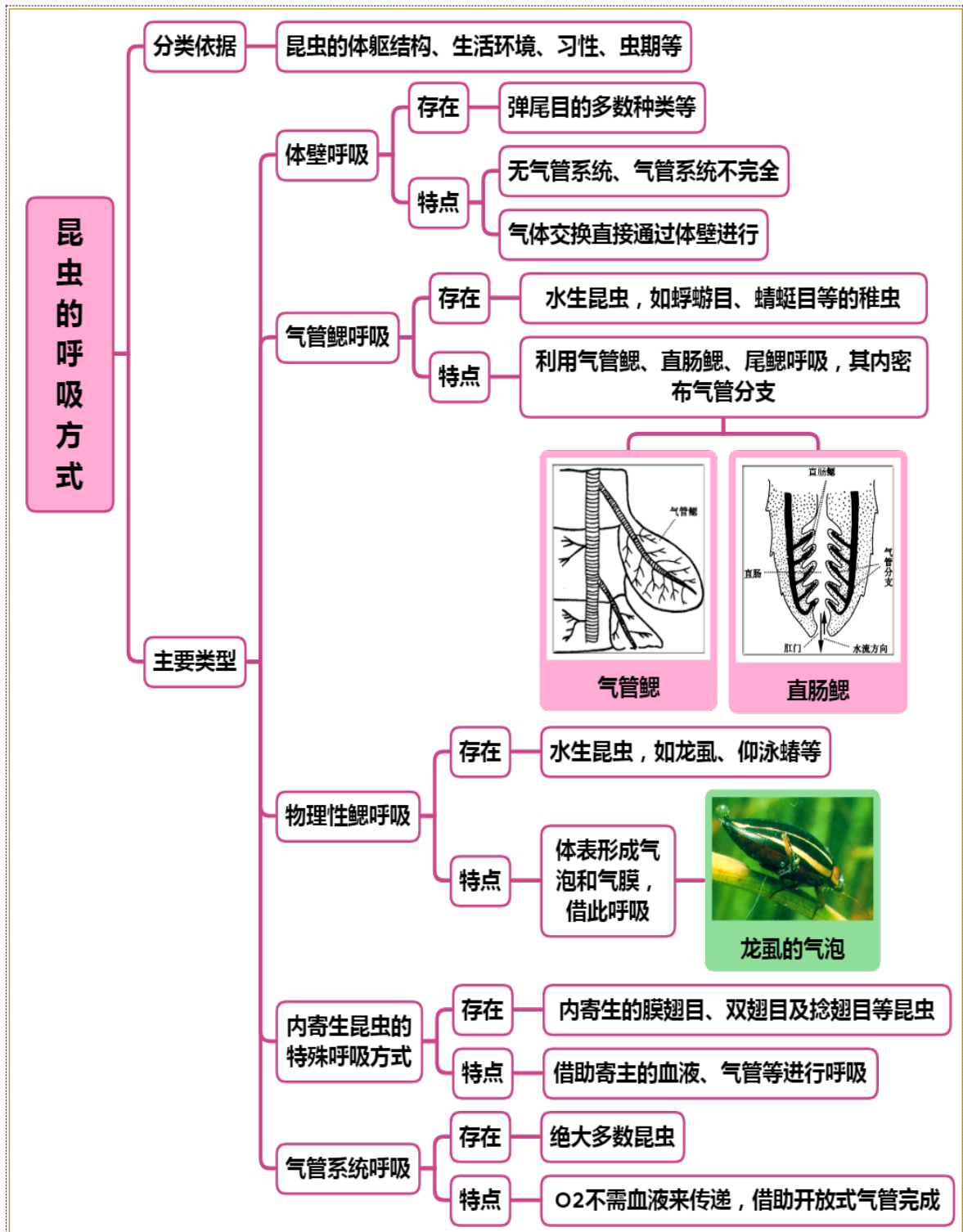
解剖镜、镊子、解剖剪、解剖针、大头针、培养皿、蜡盘等。

理论知识复习

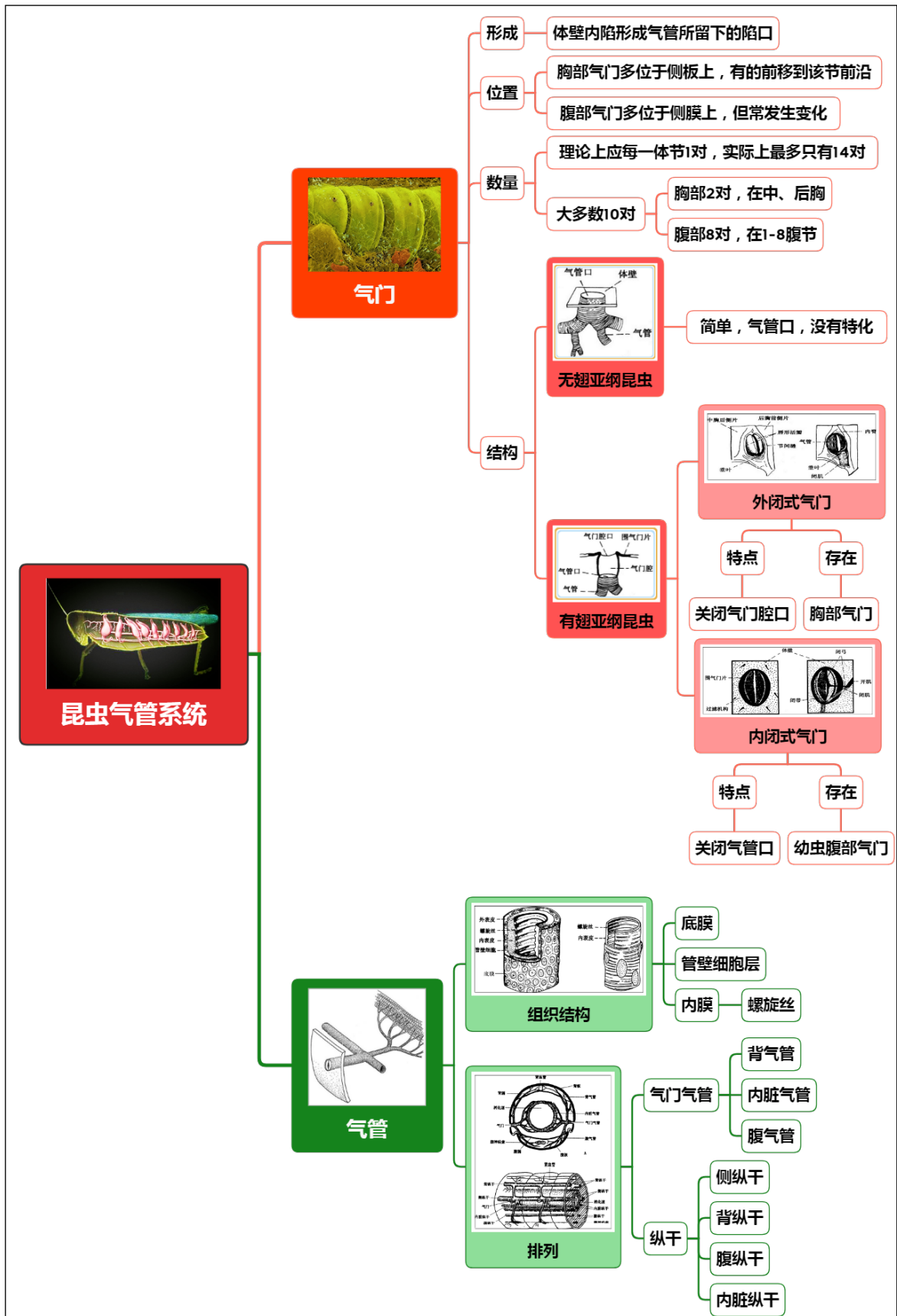
一、昆虫的呼吸过程



二、昆虫的呼吸方式



三、昆虫的气管系统



实验内容与方法

一、气门开闭构造的观察

以棉蝗为代表，观察外闭式气门的构造；以家蚕幼虫为代表，观察内闭式气门的构造。

分别取家蚕幼虫和棉蝗各 1 头，分别观察气门着生在哪些体节上？共几对？比较两者气门着生的位置和数目有何不同？

（一）外闭式气门构造的观察

1. 取棉蝗 1 头，侧面向上，在胸部体节上找到气门，主要观察胸部气门的对数、着生位置；

2. 将 1 个后胸气门剪下，外壁向上，在解剖镜下观察其外面唇瓣的形状、隆起程度、骨化程度，分析其作用；唇瓣下方垂叶的形状和骨化程度，分析其作用。

3. 再将其内壁向上，观察在垂叶上着生的闭肌的发达程度，分析其作用。

（二）内闭式气门构造的观察

1. 取家蚕幼虫 1 头，侧面向上，在腹部体节上找到气门（腹节侧面的暗色圆形或椭圆形圆斑即是气门所在位置），主要观察腹部气门的对数、着生位置；

2. 气门向上，在解剖镜下观察气门外壁四周，注意观察围气门片的位置、颜色、骨化程度，气门开口的位置、凹陷程度，过滤机构位置、颜色、形状、排列方式等。

3. 剪下一个气门，内壁向上置于解剖镜下，用镊子将气管丛小心取下，在解剖镜下观察气管丛或气门内壁的闭弓、闭带的形状、着生位置、骨化程度，分析其作用；

4. 进一步观察闭肌、开肌的着生情况，分析其作用。

二、气管系统及其在体内位置的观察

以家蚕幼虫为代表，观察气管系统的排列。

1. 取家蚕幼虫 1 头，用剪刀剪去头部和尾部，沿背中线纵向剪开 1-6 节的背板，注意前胸和第 8 腹节背板要保持完整（若条件有限，也可只剪下腹部的一段，最好含腹节 2-3 节）；

2. 将剪好的家蚕幼虫身体在 10% 的 KOH 溶液中煮沸 20min 左右，待体内肌肉全部溶解后，取出放入培养皿中，用清水洗去碱液，注意动作要轻，不要将腹腔内的所有内容物都倾倒掉；

3. 将消煮好的虫体放入培养皿中，装入少量清水，仔细清除内脏和肌肉，注意不要将气管清除，仅留透明的气管丛；

4. 将透明后的虫体，朝向太阳光，观察其内气管丛的位置、排列方式和粗细变化，在解剖镜下根据分支变化注意区分气门气管、背气管、腹气管、内脏气管等，并分析其走向和作用；

5. 进一步观察，在气门气管间找到侧纵干气管，在背部左右两相对的气管间（家蚕的前胸和第 8 腹节背面各有 1 条背气管连锁）找到连接的背气管连锁和在腹部左右两相对的气管间找到相连的腹气管连锁，注意观察家蚕有无腹气管连锁？

三、气管的螺旋丝观察

以家蚕幼虫为代表，观察气管的螺旋丝。

1. 取 1 段较粗的气管，置于解剖镜下观察其上螺旋丝的颜色、排列方式等；

2. 用镊子其一端夹住并拉动，即可拉出 1 段细长的螺旋丝，解剖镜下观察螺旋丝的颜色、形状、弹性等，分析其作用。

作业与思考题

1. 绘制棉蝗成虫胸部气门构造图，并注明各部分名称，判断其气门类型。

2. 绘制家蚕幼虫腹部气门构造图，并注明各部分名称，判断其气门类型。

3. 绘家蚕幼虫气管丛分布排列的思维导图。

4. 家蚕幼虫和棉蝗的气门分别着生在哪些体节上？共几对？比较两者气门着生的位置和数目有何不同？

5. 分析外闭式气门各结构的作用？

6. 内闭式气门围气门片的位置、颜色、骨化程度，气门开口的位置、凹陷程度，过滤机构位置、颜色、形状、排列方式如何？

7. 分析内闭式气门各结构的作用？

8. 家蚕幼虫是否存在背气管连锁和腹气管连锁？位置和数量如何？

9. 气管中螺旋丝的颜色、形状、弹性如何？分析其作用

小结与知识拓展

1. 昆虫为什么主要以气管系统进行呼吸？

昆虫纲的气管系统最发达而完善，气管系统的形成和深化，是昆虫表现高度活动性的一个重要适应性结构，并配合开管式血液循环系统的一种高效率呼吸机构。因为昆虫的循环系统没有运输氧的功能，氧气的运输依靠的是呼吸系统，且气管系统及其微细分支可将氧气直接运送到呼吸组织或细胞内，直接进行气体交换。

气管内面有表皮形成的螺旋丝，富有弹性，使气管保持开张状态。

有些昆虫的气管局部膨大为气囊，囊壁薄而无螺旋丝，具有促进气管内的通风作用及增加身体在水中和空气中浮力的作用。

没有气管系统或气管系统不发达的昆虫，主要利用血液中溶解的氧，它们的体躯一般较小且不很活动。

2. 杀虫剂与昆虫呼吸系统的关系

(1) 呼吸系统是杀虫剂重要的作用位点

气体药剂如氯化苦、磷化氢及溴甲烷等可以在昆虫呼吸时随空气进入气门，沿着昆虫的气管系统最后到达微气管而产生毒效；敌敌畏等挥发的气体由气门进入虫体的气管系统，由微气管而进入血液，到达神经系统产生毒效；一般以喷雾起触杀作用的杀虫剂，靠湿润展布能力进入气门，与从表皮进入情况相似；矿物油乳剂由于有较强的穿透性能，由气门进入虫体较一般乳剂更为容易，并且进入气管后产生堵塞作用，阻碍气体的交换，使害虫窒息而死。

(2) 杀虫剂对呼吸系统的影响

①影响呼吸商

如有机磷和除虫菊酯类神经毒剂，中毒初期吸 O_2 量增加 RQ 值减小；麻痹阶段吸 O_2 量剧减 RQ 增大。

②抑制作用呼吸酶活性

熏蒸剂如溴甲烷、氯化苦以及细胞毒剂氢化物等对呼吸酶有抑制作用。

③影响呼吸效率

杀虫剂中的许多助剂可堵塞气门，有的抑制呼吸，有的可刺激气门长期开放，阻碍气体的交换，使害虫窒息而死。

(3) 呼吸与杀虫效果

①呼吸代谢率越高，防虫效果越好

昆虫为变温动物，在适温区内代谢过程中的酶触反应随温度提高而增加，气门开启的频率加快，毒物进入虫体的量增多，因此较高温时昆虫中毒机会较大，所以在较高温度下应用杀虫剂效果好。

②呼吸代谢物的积累量影响药效

呼吸代谢物如乳酸和 CO_2 积累越多，呼吸速率越强，杀虫剂的药效越好。

③环境中气体组成影响药效

昆虫的气门的开闭是由化学刺激及神经冲动来控制气门肌实现的。 CO_2 有助于刺激气门肌的活动，使气门开启。因此，在使用熏蒸剂防治储粮害虫时，在熏蒸气体中混入 CO_2 可使气体药剂更容易进入虫体，从而发挥更好的药效。

实验十八 昆虫生殖系统的解剖观察

实验目的

1. 掌握雌性昆虫生殖系统的构造；
2. 掌握雄性昆虫生殖系统的构造。

实验要求

1. 通过解剖和观察雌性棉蝗的生殖器官，掌握雌性昆虫生殖系统的构造特点，了解卵巢的位置和排列方式，掌握卵巢的结构；
2. 通过解剖和观察雄性棉蝗的生殖器官，掌握雄性昆虫生殖系统的构造特点，了解卵巢的位置和排列方式；
3. 明晰雌雄两性昆虫生殖系统在构造上的异同，与功能的关系。

实验材料

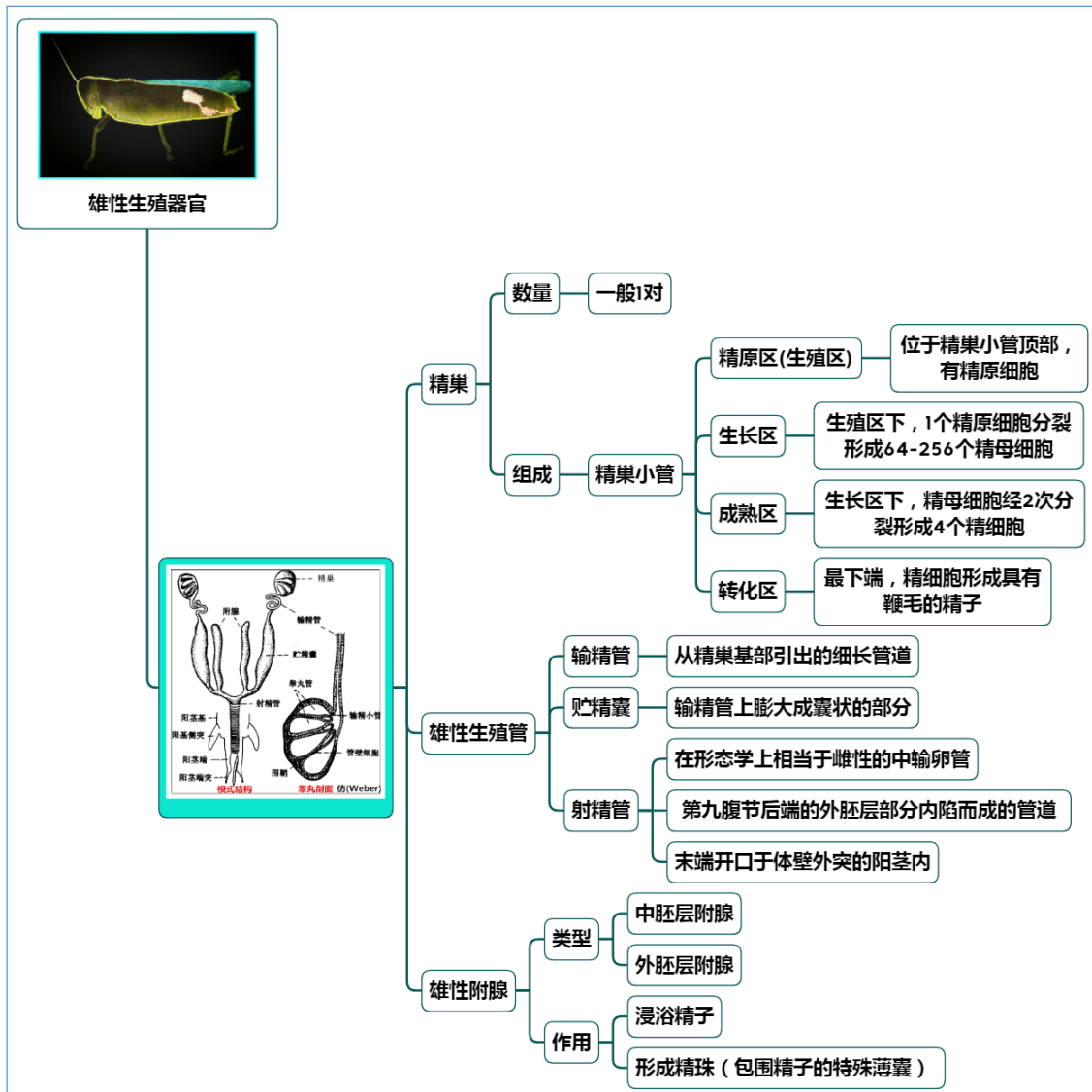
雌性棉蝗、雄性棉蝗。

实验用具

解剖镜、解剖剪、解剖针、蜡盘、大头针。

理论知识复习

一、雄性生殖系统



实验内容与方法

一、雌性棉蝗生殖器官的观察

以雌性棉蝗为代表，观察雌性生殖器官的构造。

1. 取雌蝗 1 头，先剪去翅和足，用剪刀自背中中线剪开，注意入刀不要太深，只剪开体壁即可，然后将棉蝗放在蜡盘上，用大头针将两侧体壁固定于蜡盘上，加水后在解剖镜下观察；
2. 观察消化道背侧面的卵巢
(1) 观察其数量、颜色、饱满状态，分析其内卵的有无和判断棉蝗是否处于怀卵期；
(2) 数一数 1 侧的卵巢是由多少卵巢管所组成的？
(3) 解剖 1 个卵巢管，观察它的端丝、卵巢管本部和卵巢管柄三个组成部分的位置、形状、粗细，分析其作用；
(4) 观察所有的端丝是否汇集成悬带？它伸达何处？固定在什么地方？
3. 在消化道侧面继续观察，在卵巢的下方可见 1 对弯向消化道腹面的侧输卵管，注意观察侧输卵管起止部位、颜色、粗细，分析其作用；
4. 剪断后肠的中部，小心地将消化道从两侧输卵管间抽出，继续观察
(1) 中输卵管的数量、起止部位、颜色、粗细，分析其作用；中输卵管的开口是雌虫的生殖孔，生殖孔与导卵器相连。
(2) 交尾囊和受精囊的数量、起止部位、颜色、形状，分析其作用；
(3) 附腺的位置、数量、形状、颜色，分析其作用和来源。

二、雄性棉蝗器官的观察

以雄性棉蝗为代表，观察雄性生殖器官的构造。

1. 取雄蝗 1 头，先剪去翅和足，用剪刀自背中中线剪开，注意入刀不要太深，只剪开体壁即可，然后将棉蝗放在蜡盘上，用大头针将两侧体壁固定于蜡盘上，加水后在解剖镜下观察；
2. 观察消化道背侧面的精巢，比较雄蝗精巢与雌蝗的卵巢形状和位置是否一样？观察精巢是否成对？精巢管是否也很多？精巢有无悬带？
3. 在消化道侧面继续观察，在精巢的下方可见 1 对弯向消化道腹面的输精管，注意观察输精管起止部位、颜色、粗细，分析其作用；与侧输卵管比较，两者有无区别？
4. 将精巢从消化道上剥离，从前肠位置处将消化道剪断，小心将消化道移开，继续观察
(1) 射精管的数量、起止部位、颜色、粗细，分析其作用；射精管开口为生殖孔；射精管位于雄外生殖器的生殖腔中，观察时须将雄蝗腹部末端的外生殖器剪破，并掰开才能见到短小的白色的射精管。
(2) 贮精囊的位置、数量、颜色、形状，分析其作用；
(3) 附腺的位置、数量、颜色、形状，分析其作用，注意附腺与哪个构造盘结在一起？

作业与思考题

1. 绘棉蝗雌虫生殖系统构造图，注明各部位名称。
2. 绘棉蝗雄生殖系统构造图，注明各部位名称。
3. 卵巢的数量、颜色如何？根据饱满状态是否可以分析其内卵的有无和判断棉蝗是否处于怀卵期？
4. 棉蝗 1 侧的卵巢大约由多少卵巢管所组成的？卵巢管的数量是奇数还是偶数？
5. 卵巢管由哪几部分组成？分析其作用。
6. 棉蝗卵巢是否有悬带？它伸达何处？固定在什么地方？
7. 分析雄性附腺和雌性附腺的区别和作用。
8. 雄蝗精巢与雌蝗的卵巢形状和位置是否一样？精巢有无悬带？
9. 精巢管由哪几部分组成？分析其作用。

小结与知识拓展

1. 雌雄两性昆虫生殖系统的比较

表 1 雌雄两性昆虫生殖系统的比较

生殖系统	雌性	雄性	作用	来源
内生殖器	卵巢 (1 对)	睾丸 (1 对)	精子或卵子发生、贮存、增殖、发育和成熟	中胚层
	侧输卵管 (1 对)	输精管 (1 对)	暂存和运送精子或卵细胞	中胚层
	中输卵管 (1 条)	射精管 (1 条)	排卵或排精	外胚层
	附腺, 黏腺	附腺	分泌胶质等物质, 保护精子或卵子; 形成卵壳、卵囊或精珠等	中胚层或外胚层, 根据位置而定
外生殖器	产卵器	交尾器	两性昆虫的交配和授精	

2. 你知道昆虫进行交配活动的行为有哪些吗?

(1) 引起交配的因素

昆虫进行交配的活动行为主要包括以下 5 种。

表 2 引起雌性虫交配活动的主要因素比较

活动行为	行为主体	作用	代表昆虫
成群飞舞	雄虫	吸引雌虫	毛翅目、襁翅目、蜉蝣目、双翅目等
鸣叫	雄虫	发出特殊振幅和频率的声波吸引雌虫	蝉、蟋蟀、棉蝗等
发光	雌性	吸引雄虫	萤火虫等
色彩	雌性	吸引雄虫	鳞翅目、鞘翅目等
气味	雌虫	吸引雄虫, 雌性散发的性外激素是引发交配的主要刺激物	灯丝虫 <i>Arctias selene</i> 、绝大多数昆虫

(2) 昆虫交配时的特殊取食习性

蝎蛉科和蚊蝎蛉科昆虫在交配和求偶的过程中, 具有非常有趣的献礼行为, 雄虫会将唾液腺分泌的唾液球送给雌虫, 否则交尾不会顺利进行。

树蟀交配时雌虫取食雄虫后肠内腺体的分泌物。

螳螂交配时, 咬食雄虫头部, 主要是移除咽下神经节对最后一个复合神经节的抑制作用, 促使雄虫增强性活动, 保证完成交配过程。

3. 昆虫生殖的调控和影响条件

(1) 神经和激素对生殖的调控

①对配子发生的调控

大部分昆虫能通过神经中枢的综合作用, 适时释放咽侧体分泌的抱有激素刺激卵母细胞进行卵黄沉积而转变为成熟的卵, 成虫期卵巢分泌蜕皮激素对卵巢发育和卵黄沉积的控制。

吸血蝽和棉蝗, 蜕皮激素可以刺激精原细胞的分裂, 促进精子发生。

保幼激素可以拮抗蜕皮激素, 抑制精原细胞的分裂。

②对交配和产卵的调控

昆虫的交配和产卵行为是中枢神经系统编码的本能行为, 主要由咽下神经节和生殖节的腹神经控制。

家蚕在交配授精后, 进入雌蛾体内的雄性附腺分泌物可以刺激心侧体释放激素, 刺激副神经节, 启动产卵。

蛾类通过中枢神经系统分泌的神经肽类激素控制性激素的合成和释放, 达到控制昆虫交配。

(2) 影响昆虫生殖的外部因素

①温度的影响

昆虫的雄虫对高温反应极为敏感, 精巢管内的精子在高温下失去活力而影响生殖力。如温度超过 32℃ 时, 小地老虎、东方粘虫产生畸形精细胞, 精子形成受阻, 核和鞭毛明显缩短。

雌虫在适宜温度下, 温度越高产卵越快, 而高温 (如 32℃) 则会造成产卵率急剧下降或卵

巢生长发育明显受阻等。

②营养的影响

营养对雄虫的生殖力影响较小，而对雌虫的产卵量影响显著。蛋白质、糖分、脂肪、维生素对雌虫的产卵量和卵的发育都有很大的关系，尤其是成虫期需要补充营养的昆虫，食物营养是否充足，与其产卵量直接相关。如饲养小地老虎 (*Agrotis ypsilon*) 成虫，用 1% 蔗糖水，产卵量约为 615 粒；而用 10% 蔗糖水，产卵量达到 1116~1930 粒。再如饲养四纹豆象 (*Bruchus quadrimaculatus*)，如果只是加水增加湿度，产卵量增加 30% 左右；若在加水增加湿度的同时再加入蔗糖，产卵量则增加 50% 以上。再如饲养菜蚜 (*Brevicoryne brassicae*)，其产卵量与供试寄主的氮素和蛋白质含量成正相关。

4. 昆虫生殖特点的优越性

昆虫多为卵生，行有性生殖，且具有外生殖器。在寻找配偶时，昆虫的性信息素起了重要作用，这种化学通讯方式避免了时间的限制。昆虫受精方式为体内受精，而且有由附肢特化而成的外生殖器，雄虫可以直接将精液送入雌虫体内受精，交配大大提高了受精的成功率。

有性生殖在遗传进化方面有极大地优越性，但是不如无性生殖产生新个体的速度快。而不少昆虫不仅可以进行有性生殖，也可进行孤雌生殖。一种是产雄孤雌生殖，生殖方式多见于膜翅目昆虫，它们的二倍体受精卵发育为雌性，而单倍体未受精卵发育为雄性。另一种是产雌孤雌生殖，例如蚜虫行周期性的孤雌生殖，它的生活史中无性生殖合有性生殖相结合，在稳定环境中无性生殖产生大量个体，在变化的环境中无性生殖产生适应性强的个体，这种生殖方式是其它生物不可比拟的。有的昆虫一个卵产生两个或更多胚胎，每个胚胎发育成一个新个体，此即多胚生殖。昆虫纲多样化的生殖方式使昆虫能产生大量个体，适应复杂的环境。

实验十九 昆虫的神经系统解剖观察

实验目的

1. 掌握昆虫中枢神经系统的基本构造；
2. 了解不同昆虫神经系统的变化。

实验要求

1. 通过解剖和观察棉蝗成虫的神经系统，掌握昆虫中枢神经系统的基本构造，了解脑和腹神经索的构造特点和功能，明确围咽神经与消化道的位置关系；
2. 通过解剖和观察家蚕幼虫的神经系统，了解昆虫中枢神经系统的变化特点，了解中神经的存在范围、着生位置、构造特点和功能；
3. 掌握昆虫神经系统的解剖方法。

实验材料

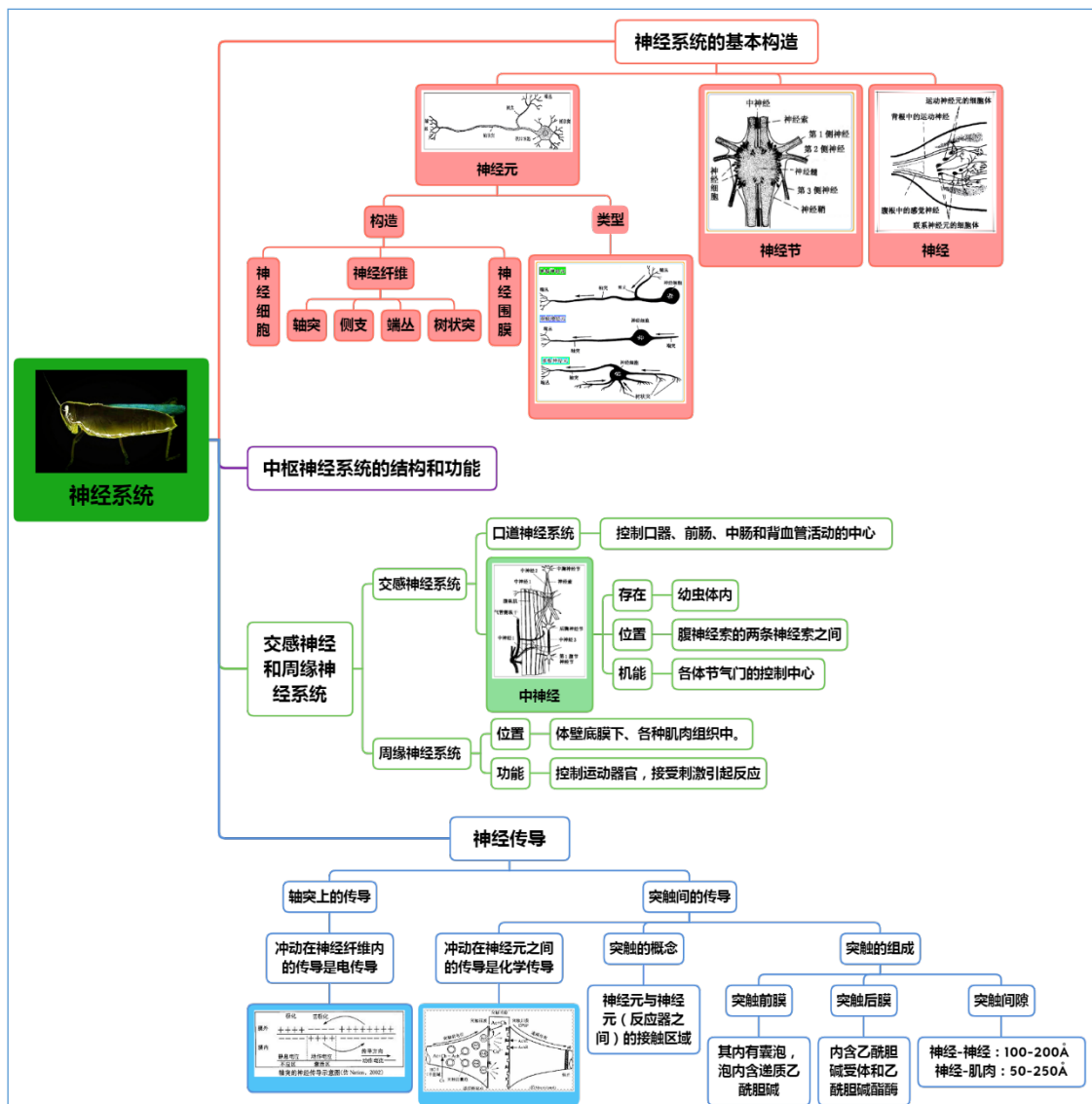
棉蝗成虫、家蚕幼虫。

实验用具

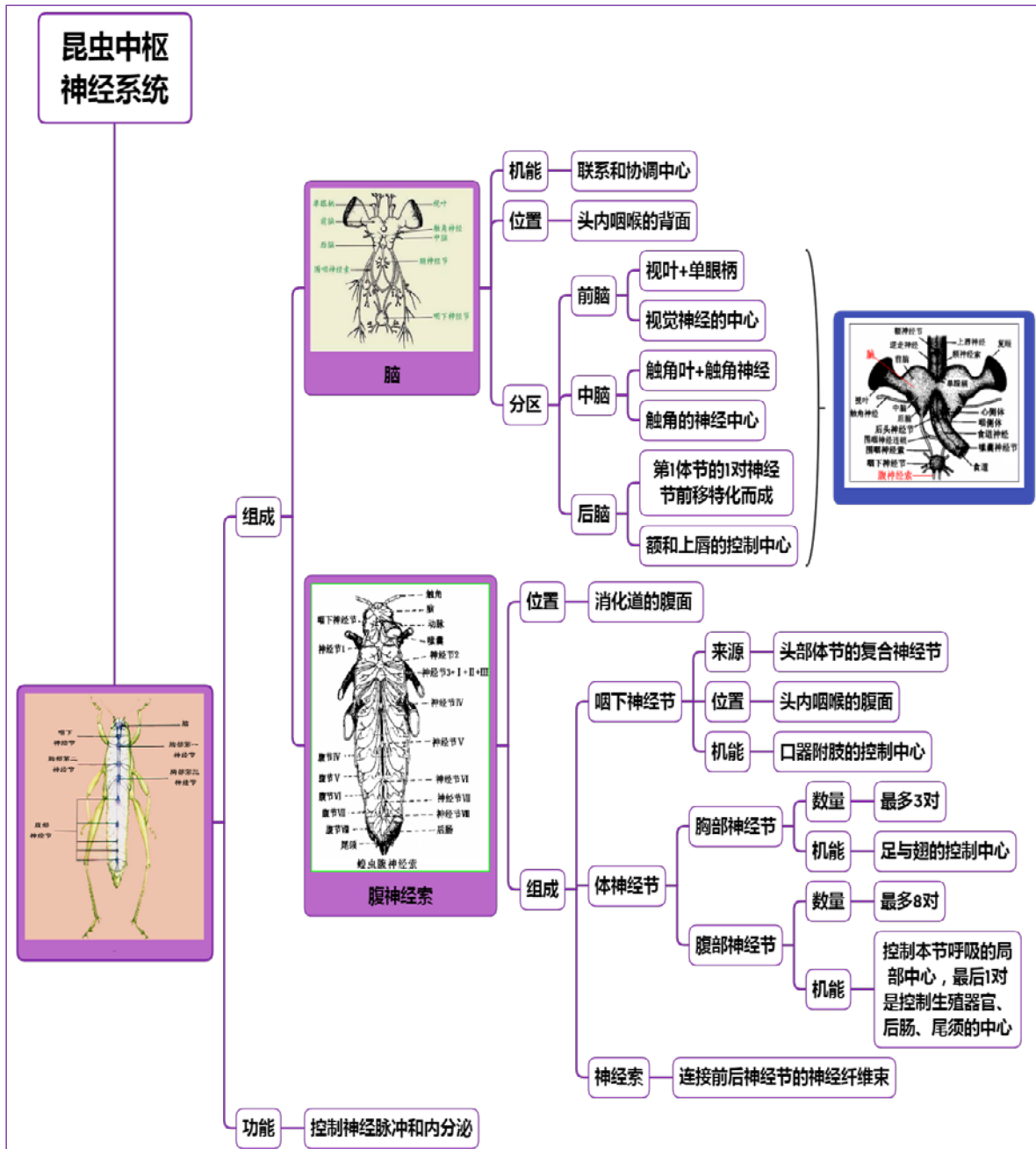
解剖镜、大头针、镊子、剪刀、蜡盘、解剖针等。

理论知识复习

一、昆虫的神经系统



二、昆虫的中枢神经系统



实验内容与方法

一、棉蝗神经系统的观察

以棉蝗成虫为代表，观察神经系统的基本构造。

1. 取棉蝗 1 头，先剪去足和翅，再去掉口器，并用剪刀在复眼四周剪 1 圈，然后将头壳剪多个裂口（剪头壳时注意单眼的位置）；

2. 用剪刀从棉蝗的腹部末端沿气门上线从两侧剪至前胸的前缘，掀掉背壁，固定于蜡盘内；

3. 用镊子除去生殖器官，自前胸处剪断消化道并移除，加入清水置于解剖镜下；

4. 剔除胸部的肌肉，可见有 3 对神经节，前胸神经节，中胸神经节，后胸神经节，其中后胸神经节是后胸本身的神经节和腹部的第 1、2、3 节神经节愈合而成的。

5. 剔除腹部的肌肉和组织，可见有 5 对神经节，分别位于 4、5、6、7、8 节，第 8 腹节的神经节实际上是第 8、9、10 节 3 对神经节的愈合，又叫复合神经节。

6. 在镜下小心地撕去头部的所有肌肉，（撕去肌肉时特别注意不要把单眼柄当着肌纤维拿掉了），用细的昆虫针把复眼里面的视叶慢慢挖出，观察脑的组成，注意前脑、中脑、后脑的区分，比较三者的位置、大小、形状、组成等，分析其功能；

（1）观察前脑视叶和单眼柄的位置、数量、形状、表面颜色等，分析其功能；

（2）观察中脑与前脑的位置关系，形状、大小等，注意其上伸出神经的数量、走向和种类，分析其功能；

（3）观察后脑与中脑的位置关系，形状、大小等，注意其上伸出神经的数量、走向和种类，分析其功能。

7. 在前胸位置包围在食道上面，可见呈环状的围咽神经；小心抽出消化道，围绕着消化道的神经是围咽神经连锁，后面的一个白色的神经节是咽下神经节。观察其上发出的神经数量和走向，分析其功能。

二、家蚕幼虫神经系统观察

以家蚕幼虫为代表，观察神经系统的变异和中神经的构造。

1. 取家蚕幼虫 1 头，用剪刀自虫体两侧气门上线剪开，除去背壁，将剩下的虫体用针固定在蜡盘上，用剪刀自食道处及直肠末端剪断，再用镊子取掉消化道等，用水冲洗干净；

2. 在解剖镜下仔细将腹神经索两侧的腹纵肌和表面的脂肪体移去，观察腹神经索的排列方式、颜色、其上神经节数量、神经连锁条数等，与棉蝗成虫的腹神经索有何区别？

3. 在胸部将神经索左右分开，观察中神经发出的位置、走向、数量、分支与否，分析其功能；

4. 观察家蚕幼虫腹神经系统末端的神经节，判断其是哪几节腹神经节的复合体，所发出的神经控制哪些部位的活动？

5. 用解剖剪在虫体头顶平剪，然后在镜下用解剖针将头部两侧瓣开固定；

6. 在解剖镜下观察脑体的颜色、是否左右对称，其是否可以像棉蝗成虫脑体一样划分成前脑、中脑和后脑？其上的神经节是额神经节。

7. 将食道向上拉动，在食道下见到咽下神经节，观察该神经节通过什么神经索与脑相连？

作业与思考题

1. 绘制棉蝗成虫中枢神经系统的简图，并注明各部位的名称；
2. 列表比较棉蝗成虫与家蚕幼虫中枢神经系统构造上的异同。
3. 比较棉蝗前脑、中脑、后脑三者的位置、大小、形状、组成等的异同，并分析其功能。
4. 分析围咽神经与消化道的位置关系。
5. 棉蝗成虫腹神经索的排列方式和颜色如何？其上神经节数量约为多少？分析各神经节的功能。
6. 什么样的昆虫存在中神经？中神经发出的位置、走向、数量、分支如何？分析其功能。
7. 梳理昆虫神经系统的解剖流程，总结你解剖昆虫神经系统的经验和注意事项。

小结与知识拓展

1. 刺激在昆虫神经间是如何传递的

神经是具有传导性的组织，它能因接受某种刺激而引起局部兴奋，而当兴奋达到一定程度时，即形成神经冲动（脉冲），并进行传导。神经传导包括轴突传导和突触传导。

（1）轴突传导

神经纤维表面有一层主要由脂类和蛋白质分子构成的膜，神经活动的基础是神经细胞的跨膜电位，刺激使膜的通透性发生变化，引起动作电位的发生。

轴状突的膜内外都具有导电性，所以 Na^+ 进入膜内时即可形成合路，产生动作电流，膜外的电流从未兴奋的部位流向兴奋部位，而致未兴奋部位又引起去极化作用，从而产生了一定间隔的脉冲形神经冲动。冲动传导以后，神经膜又恢复原状，对 Na^+ 保持原先的不透性，而膜内

K⁺向外渗透，直到恢复到原来的静止膜电位。

去极化形成脉冲形的动作电位，产生动作电流，在轴突上传导。也就是说，冲动在轴突上的传导（神经纤维内的传导）是电传导。

（2）突触传导

神经元之间在组织学上的间断性，使动作电位不能直接通过一个神经元到另一个神经元，即不能通过突触，必须借助神经递质进行传递。

当神经受到刺激时→兴奋→端丛→突触前膜去极化→Ca²⁺通道开放→释放传递物→Ach→扩散进入突触间隙→Ach作用于突触后膜Ach受体，并与受体结合→突触后膜对Na⁺、K⁺通透性增加→突触后膜去极化→产生动作电位→产生兴奋→神经冲动传到下一个神经元→开始新的传导。

冲动在神经元之间的传导是化学传导，递质主要是Ach。神经递质除Ach外，还有谷氨酸盐和γ-氨基丁酸。

2. 化学药剂对昆虫神经系统的作用

神经毒剂是目前品种最多、开发应用最广的一类杀虫剂。该类药剂主要以神经系统为靶标，破坏正常的神经传导，引起神经系统中毒死亡。

然而昆虫在进化过程中，能够通过基因突变改变神经系统功能靶标对杀虫剂的敏感性，形成很强的抗药性。所以，深入研究昆虫神经系统的结构组成、传导机制和特点，不仅有利于杀虫剂毒理学的进展，同时也为新型高效神经毒剂的开发及害虫抗药性的治理提供理论依据。

（1）对轴突传导的影响

拟除虫菊酯类杀虫剂，主要作用于轴突膜上的离子通道（主要是Na⁺通道），通过延迟Na⁺通道的关闭，使负后电位上升到去极化的阈值，导致重复后放，破坏神经传导引起中毒。

（2）对乙酰胆碱酯酶的影响

有机磷和氨基甲酸酯类杀虫剂，都是乙酰胆碱酯酶的抑制剂，进入突触间隙后，能象Ach那样与AchE结合，且结合后很难水解，结果使酶的正常作用受阻，造成突触部位的Ach大量积累，致使昆虫过度兴奋，行动失调，最后麻痹死亡。

（3）对乙酰胆碱受体的影响

沙蚕毒素（杀虫双、杀虫丹）和吡虫啉等氯化烟酰胺类化合物，主要作用于神经突触后膜上的Ach受体，前者抑制突触后膜的兴奋性，使昆虫瘫痪死亡，后者则增加突触后膜的兴奋性，使昆虫不断出现神经冲动，产生颤抖症状，随之发生痉挛，最后麻痹而死。

（4）对突触后膜的影响

阿维菌素类杀虫剂的作用靶标是神经—肌肉接点的突触后膜，阻断神经与肌肉间的联系，破坏肌肉的兴奋收缩功能，使昆虫中毒死亡。

实验二十 昆虫的感觉器官

实验目的

1. 掌握昆虫复眼的基本构造；
2. 了解昆虫主要感受器的类型和存在位置。

实验要求

1. 通过观察蜜蜂、棉蝗、棉铃虫、蟋蟀等昆虫的听器，了解昆虫主要感受器的类型和着生位置、数量、形状等，明晰不同类型感受器的功能；
2. 通过观察复眼纵切面玻片标本，掌握昆虫复眼的基本构造；

实验材料

蜜蜂、棉蝗、蟋蟀、棉铃虫；
复眼纵切面玻片等。

实验用具

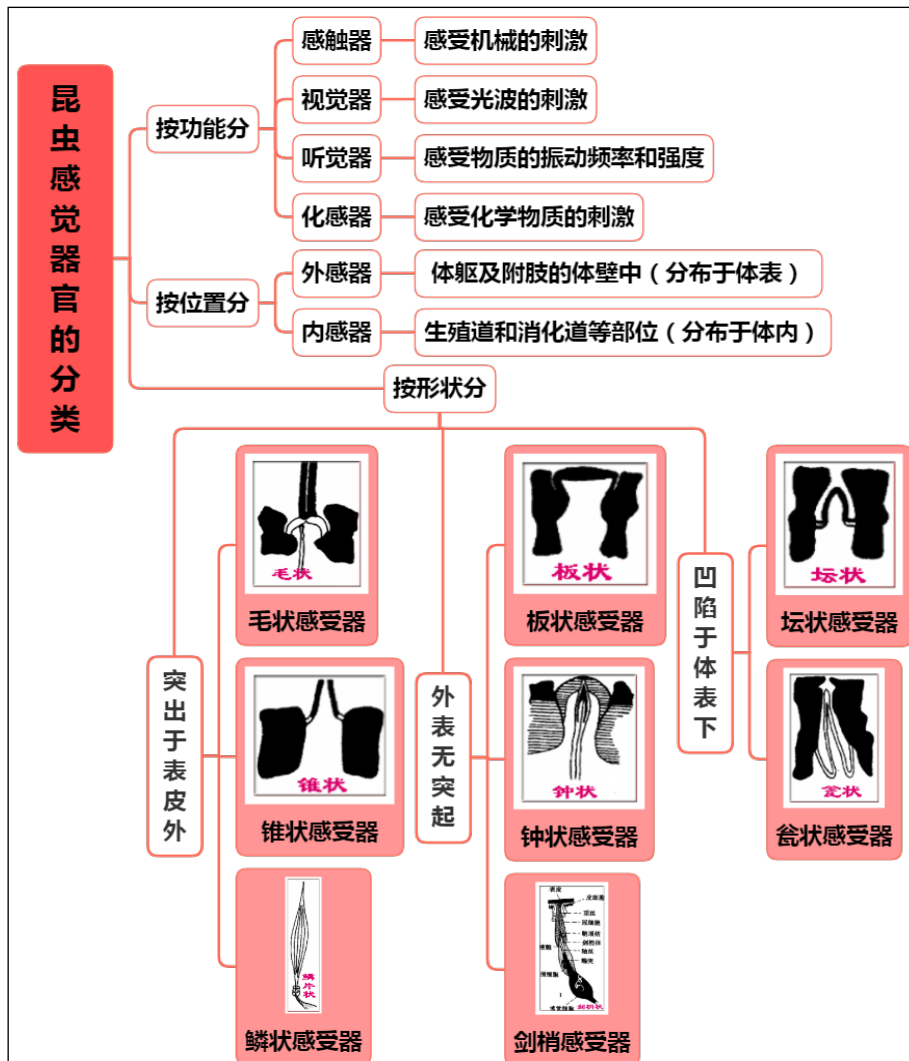
解剖镜、显微镜、大头针、镊子、剪刀、蜡盘、解剖针等。

实验制剂

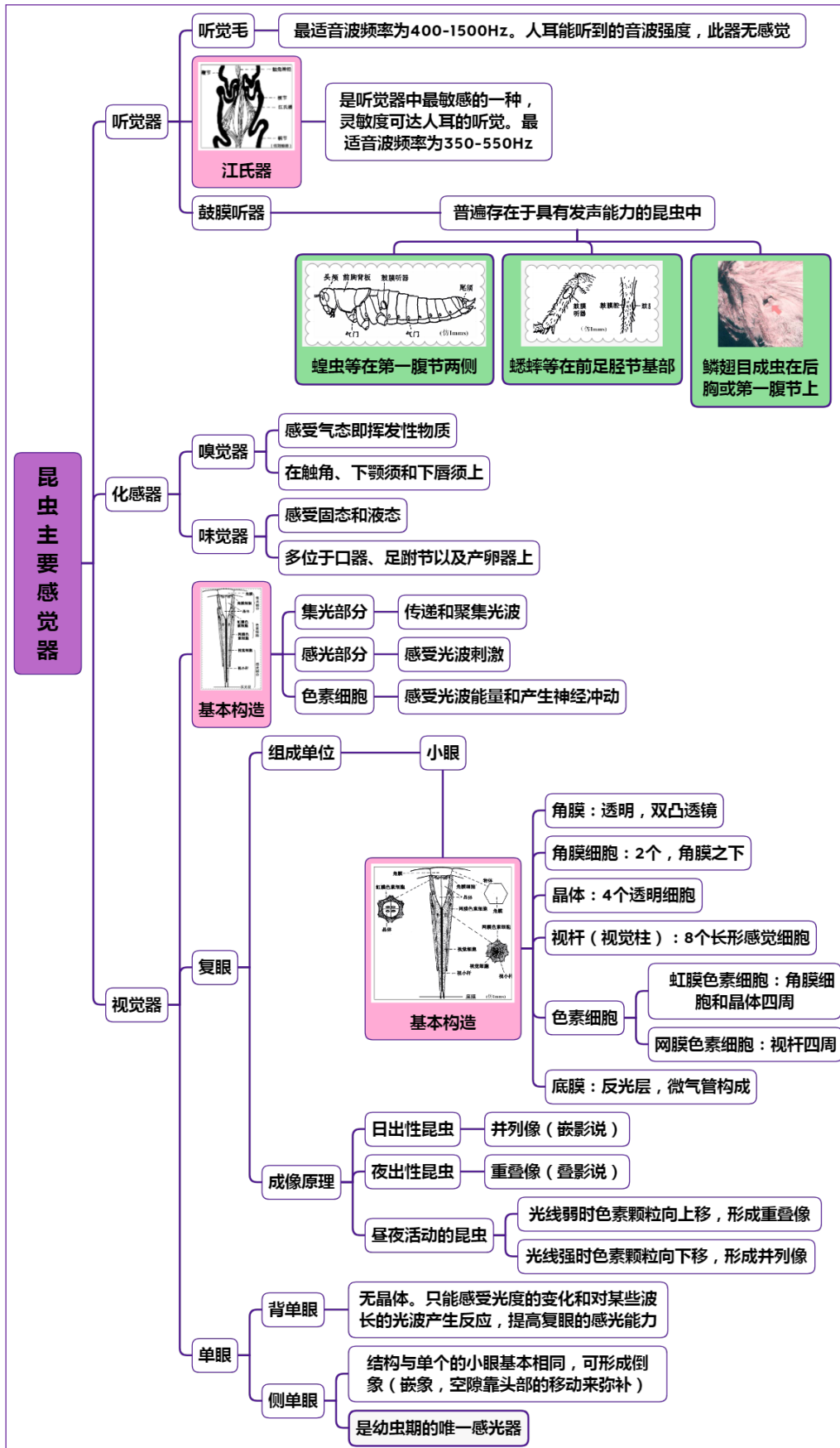
甘油。

理论知识复习

一、昆虫感觉器的分类



二、昆虫主要的感觉器



实验内容与方法
一、感受器官

以蜜蜂为例，观察感受器在触角上存在的位置和形状。

1. 取蜜蜂 1 头，取下触角放在载玻片上，滴一滴清水，盖上盖玻片，用力压裂触角；
2. 置于显微镜下观察触角上的感受器，注意观察感受器存在的位置、数量、形状等。

二、感化器

以棉铃虫为例，观察感化器在口器上存在的位置和形状。

1. 取棉铃虫 1 头，取下其喙，在解剖镜下观察，找到味觉器；
2. 剪下一小段喙放在载玻片，加上 1 滴甘油后盖上盖玻片，在显微镜下观察，可见喙上有许多感觉器（坛状为主），注意观察感受器存在的位置、数量、形状等。

三、视觉器

以复眼纵切面玻片为材料，观察复眼的构造。

1. 取复眼纵切面玻片，在显微镜下观察复眼的构造特点；
2. 观察角膜、角膜细胞、晶体、视杆等的位置关系；
3. 观察角膜、角膜细胞、晶体、视杆各部分的数量和排列方式。

四、听器

以棉蝗、棉铃虫、蟋蟀为代表，比较三种昆虫听器的着生位置、数量、形状等，并解剖观察棉蝗和蟋蟀听器的构造。

1. 听器着生位置比较

观察棉蝗、棉铃虫、蟋蟀三种昆虫的听器，注意区别三种听器的着生位置、数量、形状、组成，分析其听力敏感性。

作业与思考题

1. 绘复眼纵切面构造特征图，注明各组成结构的名称。
2. 列表比较棉蝗、棉铃虫、蟋蟀三种昆虫的听器的异同，分析其听力敏感性。
3. 蜜蜂触角上的感受器存在的位置、数量、形状等如何？
4. 棉铃虫喙管上的感受器为何种类型？存在的位置、数量、形状等如何？

小结与知识拓展

1. 昆虫感觉器官的适应性

昆虫在自然环境中除了有效地躲避各种危险外，还要完成种种目的性行为，如觅食、寻偶、交配、产卵以及迁飞、休眠、滞育等多种生命活动，这些都需要灵敏的感觉应对环境。昆虫在长期进化过程中，形成了一系列适合自身特点和生活方式的感觉器官，并表现出惊人的灵敏度。昆虫的感觉器官与神经系统和分泌系统协调作用，共同调节和控制昆虫的生理和行为反应。

感觉器官（感受器，sensory organ）接受体内、外各种刺激，并将产生的反应传给神经的重要结构，属外周神经系统，一种感觉器官一般只对一种特定的刺激产生反应。昆虫的感觉器是由体壁的皮细胞及其表皮部分特化形成的结构，各种类型的感受器通常着生在体躯的特定部位，主要分布于体躯和附肢的体壁中，即发布于体外，称外感器；以及由外胚层形成的消化道和生殖道等部位中，即发布于体内，称内感器。

2. 昆虫发达的感觉器官对复杂多变的陆生生活意义重大

昆虫具有发达的感觉器官以及遍布全身的多种感受器，发达的头部和感觉器官对复杂多变的陆生生活意义重大。主要感觉器官集中在头部。昆虫的触角形态功能各异，一般有近距离触觉作用，可以觉定是否停留、取食，远距离嗅觉则可以帮助寻找食物或根据性激素气味寻找配偶；还有的昆虫触角有特殊功能，如感受声波、超声波、保持身体平衡等。头部的复眼存在于完全变态昆虫的成虫期、不完全变态昆虫的若虫期、成虫期，是主要视觉器官，对昆虫的取食、觅偶、避敌有重要意义。复眼由许多小眼聚合而成，对色彩具有感知能力，而且对紫外光敏感。有些昆虫还具有感光的单眼，单眼与昆虫的节律有关。许多昆虫还具有探测磁场和红外线的能力。

感受器可分为感触器、味觉器、嗅觉器、听觉器、视觉器。多种多样的感觉为昆虫适应陆生的复杂环境提供了条件。

3. 感觉器官与防治的关系

昆虫有敏锐的感化器，大部分集中在触角、下颚须、下唇须及口器的内壁上，能被化学药剂激发产生反应。无机杀虫剂大多数是很难挥发的化合物，激发昆虫的嗅觉能力差，因此拒食作用较弱。有机合成杀虫剂品种多，性能差别很大。例如，有机氮杀虫剂中的杀虫脒对鳞翅目幼虫有明显的拒食作用；而另一种含氮的苯甲酰基苯基脲类化合物——灭幼脲，粘虫取食时几乎毫无拒食作用。昆虫口器部位的感化器，对含有药剂的液体及固体食物均有一定的反应，药剂在食物中的含量过高时，害虫即产生拒食作用，使药剂的防治效果降低。

4. 黑灯光诱杀

黑光灯 (black light lamp) 一种发射人眼看不见的、波长在 365 nm 左右的紫外线的电光源。黑光灯具有很强的诱虫作用，是杀虫用灯的理想光源。

黑光灯的诱虫原理是因为昆虫的复眼对波长 365 nm 的紫外线辐射非常敏感，尤其是飞翔的昆虫。人眼看不见的紫外线，对昆虫就是可见的。昆虫的向光性使得夜间野外的黑光灯具有强烈的诱虫作用。黑光灯诱杀害虫的技术在农业上的应用非常广泛。

田间害虫约占 84%，益虫占 16%。一盏 20W 的黑光灯可管理 50 亩农作物，一夜的诱虫数高达 4~5kg。

利用黑光灯诱杀害虫，不仅杀虫效率高，而且使用方便，没有污染，可节约大量农药。如果使用紫外线金属卤化物灯作黑灯光光源，由于辐射能量大，功率高，一盏灯可以管理上千亩地。使用大功率黑光灯，田间布灯少，供电线路简单，使用管理更为方便。所以大功率的长波紫外线金属卤化物灯如稼一铝灯是一种很有发展前途的黑灯光光源。

黑光灯的种类较多，按光源类型分有高压汞灯黑光灯、荧光低压汞灯黑光灯和金属卤化物灯黑光灯三类；按供电电源分类有交流供电黑光灯和直流供电黑光灯两类。

5. 中华蜜蜂工蜂触角上的感受器

来源于杜芝兰1989年发表《昆虫学报》32卷第2期的文章“中华蜜蜂工蜂触角感受器的扫描电镜观察”。

(1) 板形感器

是工蜂触角上最多的一种感受器。从第三鞭节到第十鞭节都有它们的分布，紧密排列，覆盖在各鞭节的表面上，呈椭圆形的盘状结构。它的周围有一个较宽的边，上面有许多辐射状的沟延伸到盘中央，但不很明显，在高倍放大下能够看到。感受器的长轴与触角的长轴平行。板形感器的丰富区域内，在它们排与排之间以及每个感受器中间的空隙里还布有许多毛形感器，这两种类型为混合分布，并不单独分成两个区。关于板形感器的功能，Kaissling等(1968)报道这种感器对蜂王物质和一种称为Nasanov腺的气味敏感，具有嗅觉功能。

(2) 腔锥感器

呈小孔状的结构，孔略呈椭圆形。在孔的底部常有一个粗壮的小锥状物伸出，长度约2.4-3.9 μm ，孔的直径约为4-4.5 μm ，在柄节和梗节上都有分布，对气味、二氧化碳、温湿度敏感。

(3) 坛形感器

同样为小孔状的结构，小孔呈圆形。有的孔内有寨状物伸出，一般孔的直径为1-1.4 μm ，比腔锥感器小，每个坛形感器就象火山口一样鼓起。在柄节、梗节、第一、三、四、六、八鞭节上都能见到这种感受器，对气味、二氧化碳、温湿度敏感。

(4) 钟形感器

呈圆形，形似钮扣；周围表皮隆起，中央有一个钮扣样的节结，结构明显，节结呈圆形，直径为1.4 μm 。此外还有一种类型，中央没有钮扣样的节结，而是呈蘑菇状的结构。钟形感器的孔径约为3.5-5.6 μm ，对气味、二氧化碳、温湿度敏感。

(5) 锥形感器

形状粗大而直立，似木桩，顶端相当钝，非中空，有几种大小不同的类型。基部周围的膜一般不象毛形感器下沉的那样深，槽呈圆形，在折断的感器内没有关节与它相连，因此，感器只能倾斜而不能弯曲，一般长度约为23-27 μm ，从第三鞭节到第九鞭节都有它的分布，具有对温度和湿度敏感的功能。

(6) 毛形感器A

是工蜂触角上最普通的一种感受器。呈毛状，略显s形，它的末端稍微向上弯曲，末端不象刚毛那样尖，稍钝。槽为圆形，表面光滑逐渐而均匀地变细，它是中空的，在板形感器区内有分布，长度约为22 μm ，主要接受与外界物体接触时而形成的刺激，是一种机械力感器。

(7) 毛形感器B

细而二尖，毛状，呈弯曲形，尖端衡向触角的表面、它的分布不均匀，在触角靠近末端的鞭上丰富得多。它的槽呈圆形，且小，长度约为主19 μm ，它对机械刺激敏感。

(8) 毛形感器C和D

它们均为长毛状，两边垂直，而且较细，末端稍钝，有的尖端常粘附碎片，它们多数分布在鞭节的中央位置上，一般呈单行排列，槽小而圆，长度约为17 μm ，毛形感器C为机械感受器，毛形感器D为味觉感受器。

(9) 缘感器

它也是一种小型的毛状结构，末端尖而锐。在鞭节与鞭节之间相连处有一排缘感器，没有槽，长度不等，约为6-12 μm 。

(10) 刚毛

呈针状、刀状、圆柱状以及末端成钩状等四种类型。它们末端均很尖。刚毛数量多，分布在各节上，有的密集成簇，有的疏散而整齐的排列，末端都是朝向触角的末端。有的刚毛是倾斜的，有的是尖端稍微向上弯曲，长度约为25-45 μm ，为机械感受器。

实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

实验目的

1. 掌握昆虫主要的变态类型及特点；
2. 了解昆虫卵的类型；
3. 掌握昆虫蛹的类型；
4. 了解昆虫幼虫的类型；
5. 掌握鳞翅目蛹性别的判断方法。

实验要求

1. 通过观察棉蝗和家蚕的生活史标本，了解其一生经过的虫态和幼虫与成虫在形态及习性上的异同，掌握变态的主要类型和特点；
2. 通过观察草地贪夜蛾的卵，了解昆虫卵的类型和昆虫产卵特点；
3. 通过观察玉米螟、小麦叶蜂、蛴螬、黄粉虫的幼虫，了解昆虫幼虫的主要类型和特征，明晰幼虫分类的依据和幼虫类型与其取食危害及生活习性等之间的关系；
4. 通过观察美国白蛾、菜粉蝶、黄粉虫、家蝇的蛹，了解昆虫蛹的主要类型和特征，明晰蛹的分类依据；通过比较观察美国白蛾的蛹，掌握鳞翅目蛹性别的判断方法。

实验材料

1. 生活史标本
包括棉蝗、家蚕；
2. 卵标本
包括草地贪夜蛾、棉铃虫、黄粉虫、螳螂、斑衣蜡蝉、蜡蛾、稻螟蛉、天蛾、红铃虫、棉金刚钻、草蛉、三化螟、二化螟（或玉米螟）、蜚蠊；
3. 幼虫标本
包括玉米螟、小麦叶蜂、蛴螬、黄粉虫；
4. 蛹标本
包括美国白蛾、菜粉蝶、黄粉虫、家蝇；
5. 茧标本
家蚕、刺蛾、蓑蛾；
6. 成虫标本
蓑蛾、锹甲、犀金龟。

实验用具

双目解剖镜、镊子、培养皿、解剖针、载玻片。

理论知识复习

一、昆虫的变态



二、昆虫的虫态



实验内容与方法

一、变态类型观察

以棉蝗和家蚕为代表，观察其一生经过的虫态，判断变态类型和特点。

1. 棉蝗变态类型观察

观察棉蝗的生活史标本，其一生经过几个虫态？说明其为什么变态类型？其幼虫与成虫在形态和习性上有哪些差异？其幼虫又称为什么？主要危害在哪一个虫态？

2. 家蚕变态类型观察

观察家蚕的生活史标本，其一生经过几个虫态？说明其为什么变态类型？其幼虫与成虫在形态和习性上有哪些差异？其幼虫是否还有其它称谓？主要危害在哪一个虫态？

二、卵的类型观察

主要以草地贪夜蛾为代表，观察卵的类型和特点。

观察草地贪夜蛾、棉铃虫、黄粉虫、螳螂、斑衣蜡蝉、蟋蟀、稻螟蛉、天蛾、红铃虫、棉金刚钻、草蛉、三化螟、二化螟（或玉米螟）、蜚蠊的卵标本，注意形状、颜色、大小的区别，尤其注意卵盖的有无，是否集结成块，是否有覆盖物？

三、幼虫类型的观察

主要以玉米螟、小麦叶蜂、蛴螬、黄粉虫为代表，观察其幼虫类型。

观察玉米螟、小麦叶蜂、蛴螬、黄粉虫的幼虫标本，重点观察幼虫的形状、颜色，胸足和腹足的有无、数量、着生位置等，判断幼虫的类型，分析幼虫分类的依据和幼虫类型与其取食危害及生活习性等之间的关系。

四、昆虫蛹的类型和性别观察

（一）蛹的类型观察

以美国白蛾、菜粉蝶、黄粉虫、家蝇为代表，观察其蛹的类型。

观察美国白蛾、菜粉蝶、黄粉虫、家蝇的蛹标本，重点观察蛹壳的有无、颜色、骨化程度，附肢和翅与身体主体的接触情况、是否可以自由活动，判断其所属类型，指出分类的依据。

（二）蛹的性别观察

以美国白蛾的蛹为代表，观察鳞翅目昆虫雌、雄蛹的区别。

取美国白蛾的蛹若干，将腹部腹面向上置于解剖镜下，重点观察腹部第8~9节后缘是否向前弯曲？生殖孔和肛门所在腹节位置、形状、颜色、两者间的距离。

在一般的情况下，雌蛹腹部第8~9节后缘向前弯曲的为雌蛹，平直的为雄蛹。

雌雄肛门均位于第10节腹板中央。生殖孔在腹部第9节后缘的中央、与肛门之间的距离比较远的为雌蛹，生殖孔在第9腹节腹板的中央，与肛门之间的距离比较近的为雄蛹。

五、观察蛹茧的形状观察

观察刺蛾、家蚕、蓑蛾等昆虫茧的标本，注意观察蛹茧的形状、颜色、质地，分析茧的形成和作用。

六、性二型和性多型现象观察

以蓑蛾、犀金龟及锹甲标本为代表，观察雌雄个体间的第二性征的区别，判断哪种昆虫为雌雄二型，哪种昆虫为性多型。

作业与思考题

1. 绘制雌雄美国白蛾蛹的特征图，注明特征点。
2. 棉蝗和家蚕一生经过几个虫态？说明其为什么变态类型？其幼虫与成虫在形态和习性上有哪些差异？其幼虫又称为什么？主要危害在哪一个虫态？
3. 玉米螟、小麦叶蜂、蛴螬、黄粉虫四种昆虫的幼虫是否均有腹足？腹足的数量和着生位置如何？
4. 分析玉米螟、小麦叶蜂、蛴螬、黄粉虫的幼虫类型与其取食危害及生活习性等之间的关系。

5. 分析刺蛾、家蚕、蓑蛾蛹茧的作用。
6. 简述鳞翅目昆虫蛹性别的鉴定方法。
7. 简述昆虫蛹的分类依据和主要类型特征。
8. 简述昆虫幼虫的分类依据和主要类型特征。

小结与知识拓展

1. 昆虫的变态和人的心理变态

(1) 昆虫的变态

昆虫变态指昆虫从幼虫发育为成虫的过程中，其外部形态、内部结构、生理机能、生活习性 & 行为本能上发生一系列变化的总和。

变态是昆虫纲的特征之一，是昆虫在自然界繁盛的原因之一。

(2) 人的心理变态

指人的心理方面的不正常，有一定程度的扭曲，偏离心理学上的相对正常，通常带有贬义。

在当代，变态心理学被分成心理异常和行为异常，这显示了哲学上关于身心问题和精神障碍分类的不同方法的双重性。“变态”有 3 个类别：低能，高才和天才。异常心理学的研究主要将人类心理和行为分为两种：适应和不适应的。“不适应”代表有问题存在，也代表着个人的脆弱和不易融入环境，而造成生活中各种他人不常发生的问题。变态心理学中“不适应”的定义是脱离常规，与大部分人的行为，认知和感受背道而驰。

2. 昆虫产卵的适应性

昆虫的卵是一个巨大的细胞，跟鸡蛋一样；在颜色、大小和形状上存在多样性。昆虫的母爱表现的也非常突出，昆虫会想尽办法给卵创造好的条件，如产在物体表面的卵或卵块外常被有覆盖物、卵产在寄主食物上为它的下一代寻找食物提供方便、卵粒叠加或被丝状物高高举起等以减少卵的受害。

3. 幼虫期特性和幼虫的类型

昆虫的幼虫期具有取食量大、体积增长速度快等特点，目的是积累营养，为发育为性成熟的成虫创造条件。由于幼虫要取食，所以幼虫期是主要的为害虫态、主要的防治时期；由于幼虫要逐渐长大，而昆虫属于骨头包肉型的，所以幼虫期具有蜕皮现象，每脱一次皮便长大一龄。

不同昆虫的幼虫类型不同，取决于胚胎发育中止的阶段和外界条件。原足型幼虫：幼虫在胚胎发育早期孵化，腹部附肢未发生或腹部分节尚未完成。多足型幼虫：幼虫在胚胎发育中期孵化，胸腹部均有附肢。寡足型幼虫：幼虫在胚胎发育晚期孵化，腹部附肢消失，仅具有发达的胸足，而无腹足。无足型幼虫：体无任何附肢。

4. 蛹期特性和蛹的类型

蛹是完全变态昆虫所具有的一个虫期，属于不吃不动的静止阶段，但其内部进行着根本性改变，即复杂的组织解离和组织发生。

根据蛹壳的有无、附肢和翅与身体主体的接触情况等把蛹分为被蛹、离蛹和围蛹。

被蛹：触角、足和翅紧贴于身体上，在体壁上可以透视，但不能动。

裸蛹（离蛹）：触角、足和翅裸露在体外，不紧贴于身体上，可以活动。

围蛹：就蛹体来说是离蛹，只是蛹体被有最后两龄幼虫蜕下的表皮所形成的一个角质化的桶形外壳。

昆虫为了能够安安静静的发生蜕变，昆虫往往在庇护场所化蛹或在蛹外形成特色的保护物。

5. 成虫的取食与性腺成熟

成虫是昆虫个体发育中的最后一个虫态。

部分昆虫的成虫羽化时性腺已成熟，可直接交配产卵，这样的成虫完全不取食，但寿命很短；部分昆虫的成虫羽化时性腺尚无成熟，不能直接交配产卵，需要取食补充营养才能达到性成熟，这样的成虫寿命较长，可能会对寄主植物造成受害，也是较为重要的防治时期。

6. 昆虫变态发育最新重要研究成果

2020年4月11日，国际著名期刊PNAS《美国国家科学院院刊》在线发表了华南师范大学生命科学学院、昆虫科学与技术研究所李胜教授团队完成的研究论文“The AMPK-PP2A axis in insect fat body is activated by 20-hydroxyecdysone to antagonize insulin/IGF signaling and restrict growth rate”（昆虫蜕皮激素激活 AMPK-PP2A 以拮抗胰岛素信号和抑制个体生长）（全文链接 www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.2000963117）。

动物最终个体大小的调控机制一直以来都是发育生物学的一个既重要又困难的科学问题。在昆虫中，蜕皮激素（20-hydroxyecdysone, 20E）通过诱导昆虫蜕皮和变态来决定个体生长时间；而胰岛素/类胰岛素样肽信号通路（Insulin/Insulin-like growth factor signaling, IIS）调控昆虫生长速率；两者共同决定昆虫个体大小。前期研究显示在果蝇脂肪体细胞中阻碍 20E 信号可以诱导脂肪体细胞中 IIS 信号上升，同时抑制细胞自噬的发生，表明 20E 还可通过拮抗 IIS 而限制生长速率，但潜在分子机制尚不清楚。李胜团队经历多年的潜心研究，在果蝇和家蚕中发现：20E 通过激活脂肪体中 AMP 依赖的蛋白激酶（AMPK）和蛋白磷酸酶 2A（PP2A）来拮抗 IIS 信号和抑制个体生长。AMPK 是传递能量信号而调控细胞生长的关键因子。在家蚕的蜕皮时期和果蝇的游走时期，高滴度的 20E 激活 AMPK，继而激活 PP2A，通过去磷酸化作用抑制胰岛素受体（InR）、蛋白激酶 B（AKT）和整个 IIS。脂肪体中 AMPK-PP2A 的激活和 IIS 信号的抑制都会减少昆虫摄食，并最终限制生长速率和个体大小。本研究发现了 AMPK-PP2A 在 20E 和 IIS 信号通路中的桥梁作用，加深理解了激素和营养形成的信号网络调控昆虫变态发育的分子机制，进一步解释了昆虫“蜕皮时不摄食，摄食时不蜕皮”的重要生物学意义，对动物生长发育和个体大小的调控机制具有重要指导作用。

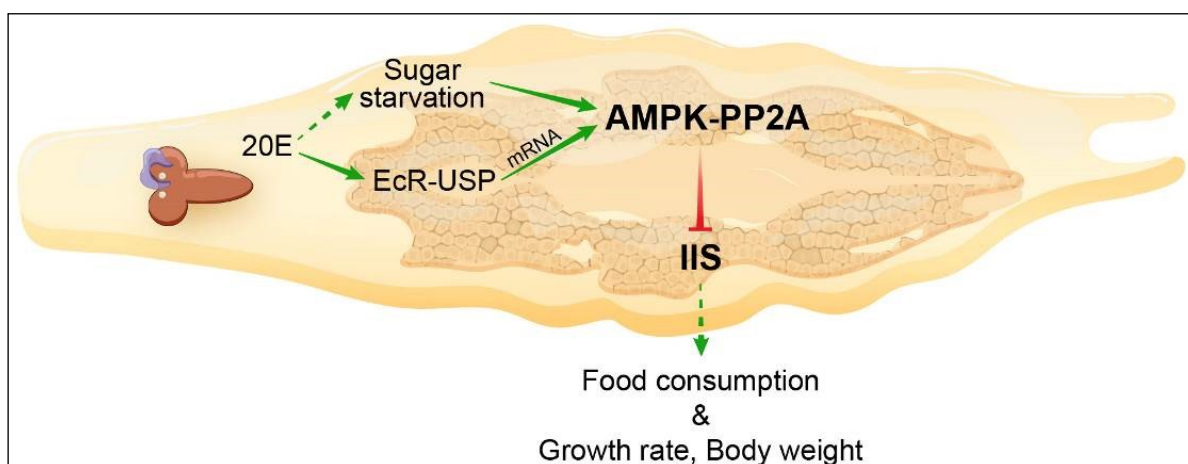


图 昆虫蜕皮激素激活 AMPK-PP2A 以拮抗胰岛素信号和抑制个体生长

实验二十二 蜻蜓目、螳螂目、蜚蠊目、直翅目昆虫分类鉴定

实验目的

1. 认识常见的蜻蜓、螳螂、蜚蠊及直翅目昆虫；
2. 掌握各目昆虫主要的分类特征；
3. 掌握直翅目主要科的分类特征；
4. 学习利用二项式检索表进行昆虫分类鉴定；
5. 尝试自己编制二项式检索表。

实验要求

1. 认真观察蜻蜓、螳螂、蜚蠊及直翅目的昆虫标本，重点是口器类型、翅的类型、触角类型、足的特化类型等，掌握以上各类昆虫最显著的识别特征；
2. 能正确区分直翅目蝗科、蟋蟀科、螽斯科、蝼蛄科、菱蝗科昆虫；
3. 能够根据检索表鉴定不同的昆虫。

实验材料

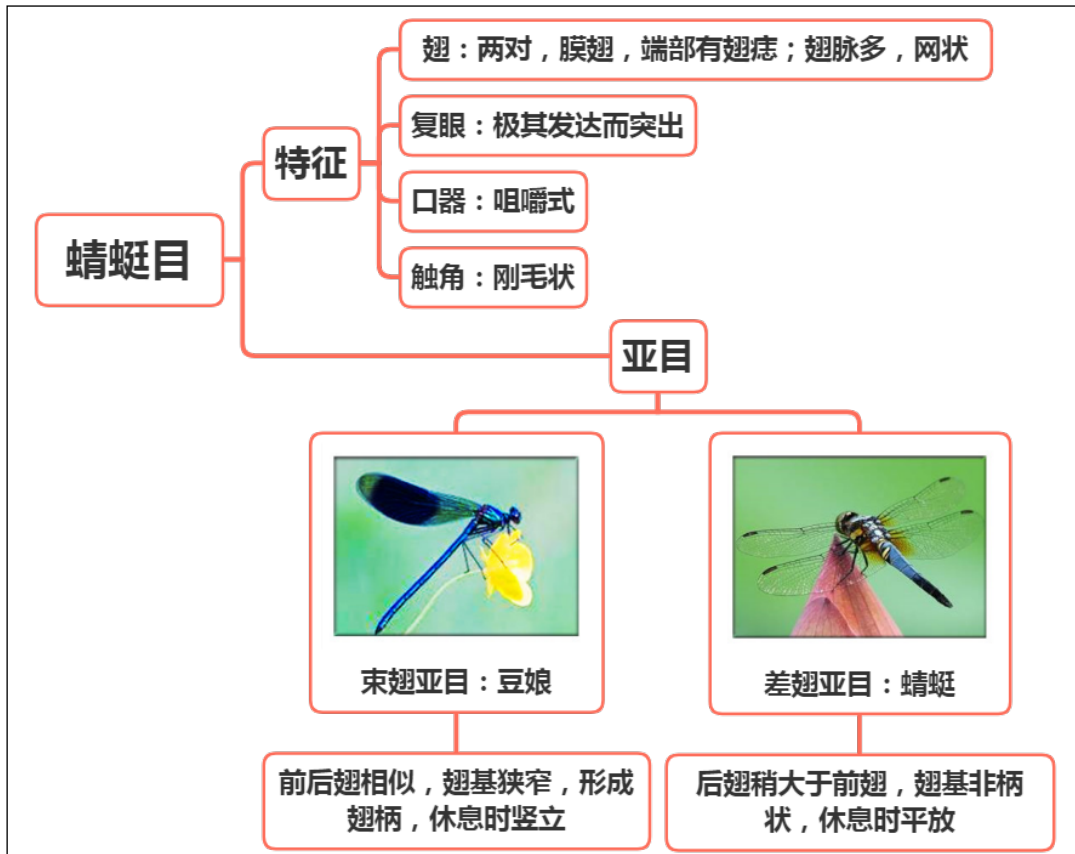
蜻蜓、豆娘、螳螂、蜚蠊、棉蝗、蟋蟀、螽斯、蝼蛄、菱蝗的针插标本及浸渍标本。

实验用具

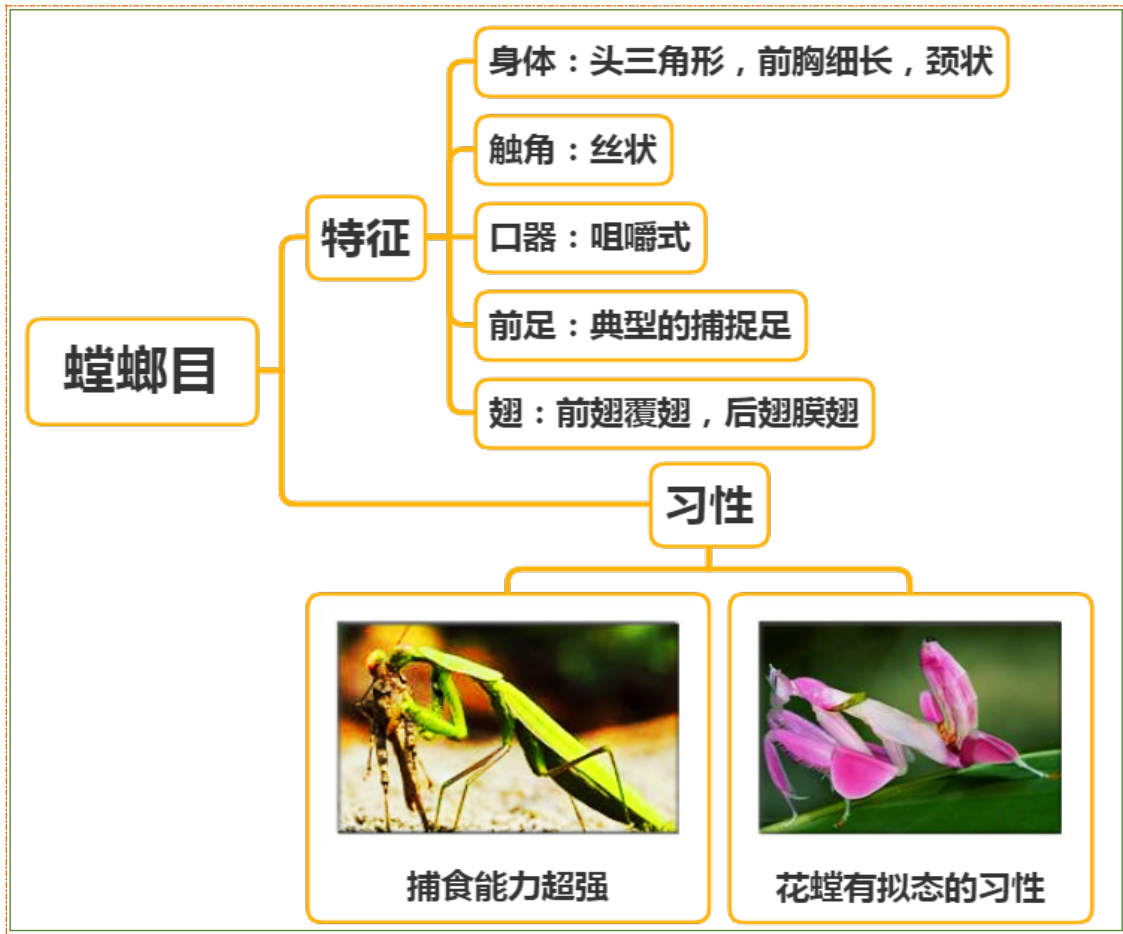
解剖镜、镊子、培养皿、蜡盘、解剖针、大头针、昆虫针等。

理论知识复习

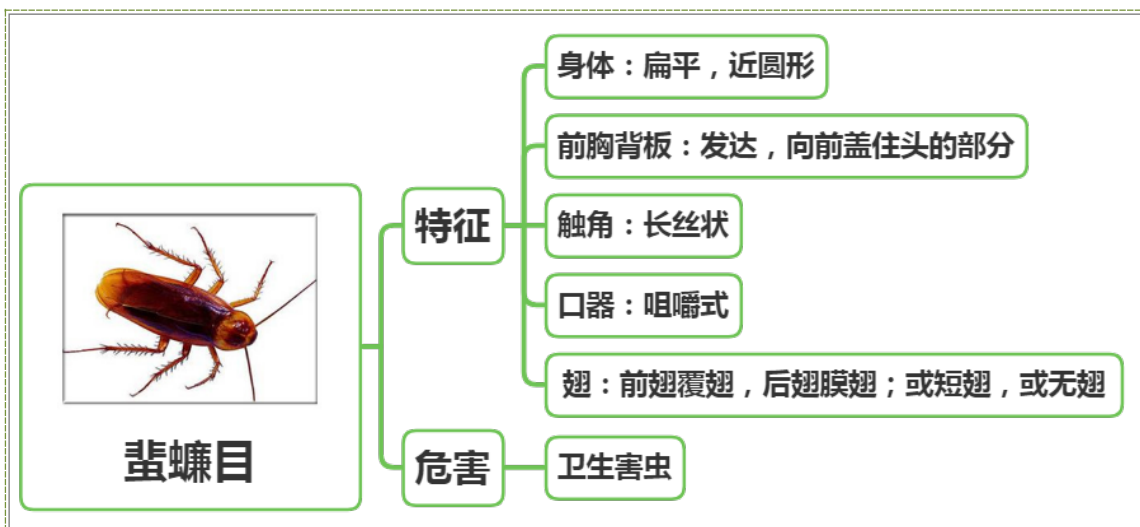
一、蜻蜓目特征与分类



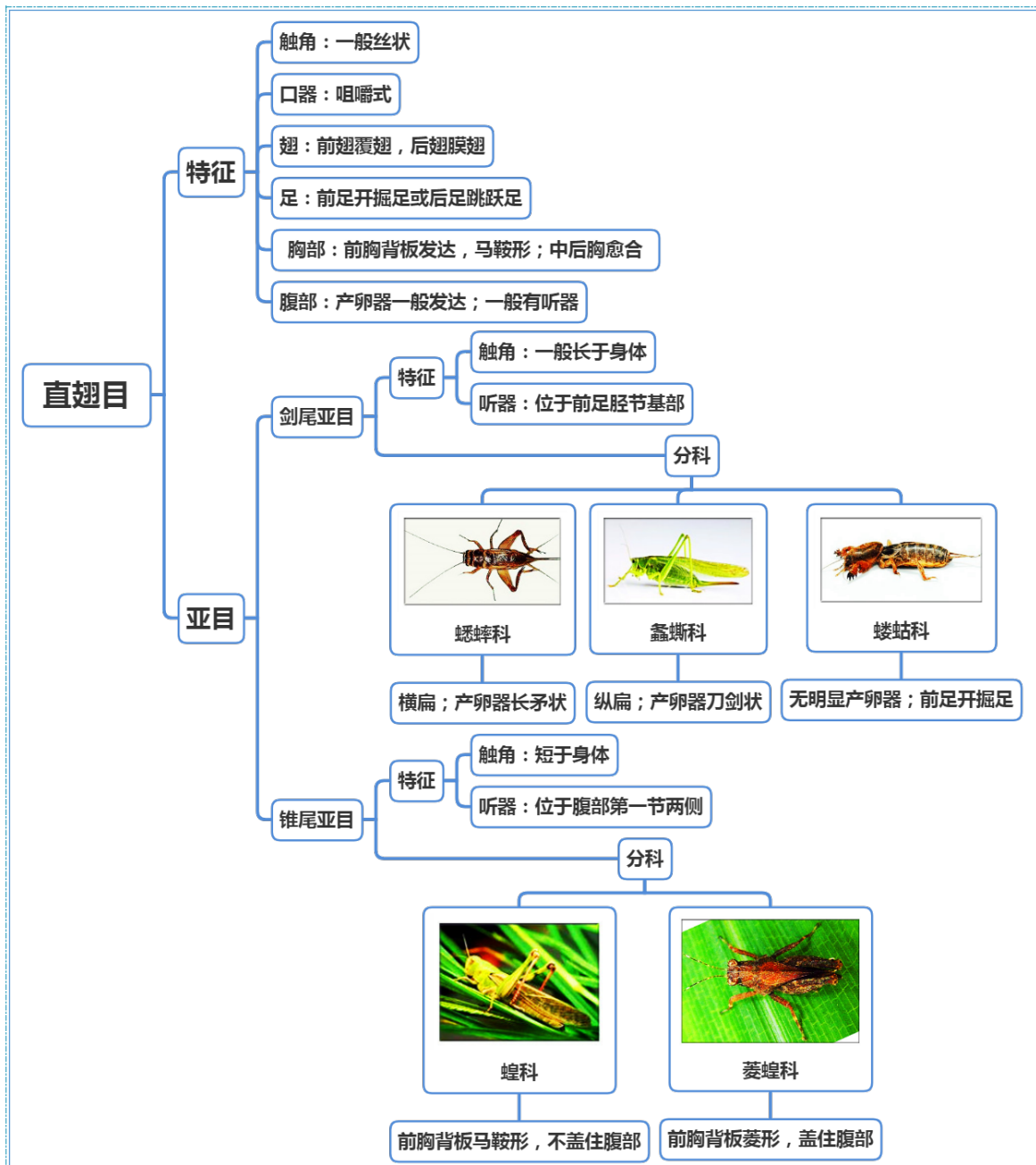
二、螳螂目分类特征



三、蜚蠊目分类特征



四、直翅目特征与分类



实验内容与方法

一、对昆虫标本进行分目鉴定

观察各目昆虫的体型、体态、触角类型、口器类型、胸足类型、翅的质地和类型、腹部产卵器类型以及尾续等其他特殊特征，并在不同目之间进行比较，从而认识和掌握不同目昆虫的主要分类特征，尤其是各目昆虫独有之特征。

1. 蜻蜓目的特征

两对膜翅，端部有翅痣；复眼大，咀嚼式口器；触角刚毛状；翅脉多，网状。

2. 螳螂目的特征

头三角形，触角丝状，口器咀嚼式；前胸细长，颈状；前足典型的捕捉足；前翅覆翅，后翅膜翅。

3. 蜚蠊目的特征

体扁平；咀嚼式口器，触角丝状；前胸背板发达，向前盖住头的部分；前翅覆翅。

4. 直翅目的特征

触角一般丝状，下口式咀嚼式口器；前胸背板发达，马鞍形；中后胸愈合，前翅覆翅，后翅膜翅，前足开掘足或后足跳跃足；产卵器一般发达；一般有听器。

仔细观察标本，鉴定所属的目。

二、对每类昆虫进行分亚目或分科

据附件检索表，对鉴定为蜻蜓目、直翅目的昆虫标本进一步进行分亚目或分科，注意总结分亚目或分科的主要特征。

1. 蜻蜓目各亚目的主要特征

(1) 差翅亚目（蜻蜓）

中到大型，体型粗壮；头部复眼大，触角刚毛状，咀嚼式口器；前胸小，中后胸粗壮，向前倾斜，称为和胸；两对膜质翅，后翅略大于前翅，翅基部宽阔，无柄，翅脉网状，端部有翅痣；休息时翅平伸。

(2) 束翅亚目（豆娘）

体型细长，身体有明显的蓝绿色金属光泽；前后翅大小相似，翅基部狭窄，形成翅柄；休息时翅竖立在背上；其他特征同蜻蜓。

观察标本，鉴定所属的亚目。

2. 直翅目分亚目特征

(1) 锥尾亚目

触角短于体长；前胸背板发达，马鞍形；听器在腹部第一节两侧；产卵器短，凿状。

(2) 剑尾亚目

触角一般长于身体（螞蛄除外）；听器在前足胫节；产卵器长，刀剑状或长矛状（螞蛄产卵器不明显，但前足开掘足可供鉴别）。

观察直翅目标本，鉴定所属的亚目。

3. 直翅目主要科的主要特征

(1) 蝗科

触角短于体长；前胸背板发达，盖住中后胸；跗节 3 节；听器在腹部第一节两侧；产卵器短，凿状。

(2) 蟋蟀科

身体横向扁平；触角长于体长；跗节 3 节；听器在前足胫节基部；产卵器细长，长矛状；尾须长。

(3) 螞蛄科

身体纵向扁平；触角长于体长；跗节 4 节；听器在前足胫节基部；产卵器宽而扁，弯刀状。

(4) 螞蛄科

触角短于体长；前足开掘足；听器在前足胫节基部，退化；后足非跳跃足；产卵器退化；尾须长。

(5) 菱蝗科

小型；触角短于体长；前胸背板菱形，向后伸达腹部末端；后足跳跃足。

作业与思考题

1. 列表比较蜻蜓目、螞蛄目、蜚蠊目、直翅目的主要特征。
2. 编制二项式检索表，把实验中所观察的昆虫标本区分开。
3. 列表比较直翅目各科的形态特征差异。

小结与知识拓展

1 蜻蜓的生殖方式

蜻蜓的繁殖是最与众不同的，而这种繁殖方式的演化仍是一个谜。与其他昆虫一样，蜻蜓

的生殖器官生长在腹部末端，第九腹节的腹面。在交配前，雄虫会将精子从生殖孔转送到位于第二及第三腹节腹面上**第二组性器官中**，并将精子储存在那里。当雄虫抓住了愿意交合的雌虫时，交尾（交配）就会开始。首先，雄虫会弯起腹部，利用腹部末端肛附器的交合突抓着雌虫的头部后侧或前胸的背板。然后，雄虫会放松其足部对雌虫的紧握，让雌虫轻松地悬挂在雄虫的腹部末端。愿意交合的雌虫会弯起腹部作出接触，并将腹部末端紧贴在雄虫的第二性器上。这种交配模式在英文中有时称为“轮”（wheel）。接着，雄虫会将雌虫在过往交尾时留在体内的所有精子除掉，然后运用阴茎状的器官将自己的精子放在雌虫体内。

许多种类的雄虫肛附器与雌虫的头部后侧，以及雄虫的第二性器官与雌虫的性器官，都是有如锁与钥匙的结构互相契合，并且是种类特有。由于这种精妙的特点，雄虫与不同品种的雌虫种类可交尾的机会就大大减低。不过，有时一些大意的雄虫亦有抓错对象的一刻。因此，肛附器的结构和特征是用来分类和分辨品种的最佳标准。某些蜻科交配可能只需很短时间，但对大多数种类来说，交配是一个非常冗长的过程，要经数分钟，甚至数小时后，雌虫才会产卵。

雌虫大多在交尾后就立即产卵。产卵时，有些雌虫会由雄虫抓着她腹部后侧“串连”在一起进行；有些则是在没有雄虫抓着的情况下产卵。许多雄虫即使没有紧抓着雌虫，但在雌虫产卵时，都会保护着它们，以防其他雄虫对该雌虫产生兴趣。有的蜻蜓会把卵放在植物内，称为“内生产卵”；有的则会把卵掉在潮湿的植物上或水面上。

2 螳螂的性食现象

螳螂是大家最为熟悉的昆虫之一。许多人都看过动画片《黑猫警长》，里面有一段剧情是说螳螂新娘在洞房花烛夜把新郎给吃掉了，引起众多动物的惊呼。现实中，螳螂真有这样的习性吗？其实，只有一少部分螳螂具有这种“弑夫”的习性，因为这一现象发生在螳螂的交配过程中，所以也称为“性食（sexual cannibalism）”。

性食，意指生物（通常为雌性）在交配前、中、或后攻击及取食交配对象的行为。综观螳螂目，交配行为在学术文献中已有记录者共有 38 种，其中有 7 种未被观察到有性食行为的发生。相对于整个目共 2400 种而言，当前仅仅 38 种的记录难以证明性食的广泛性，也很难对演化过程给出适当的解释。不过螳螂作为宠物昆虫，在饲养过程中被发现性食现象的种类高于 38 种，许多类群都曾观察过性食的发生，只是其观察结果未曾收录进学术型文章中。综观全目，应该还是以有潜力发生性食的种类占大多数，但是性食现象在螳螂目的演化过程中何时发生、是否为单起源、为何发生等问题，目前仍未有具体的答案。部分学者认为性食仅在物缺乏的时候发生，是一种雌虫用来补充营养的手段。

3 打不死的小强—蜚蠊（蟑螂）

电影《唐伯虎点秋香》中，唐伯虎给蟑螂取了个名字叫“小强”，从此以后，蟑螂就多了个外号：小强。小强真的强吗？

答案是肯定的。首先，小强的繁殖力非常强，一对德国小蠊一年可繁殖成为十万只后代。平常其卵在卵荚内需要 15 天才能孵化出来，刚刚孵化的蟑螂是乳白色（某些种类蟑螂刚孵化出来时的幼虫则是透明或半透明的）的无翅若虫。若虫脱皮 6-7 次后，达到性成熟之成虫阶段。一般德国小蠊可在 2-3 个月内完成生活周期，是属于不完全变态。其次，小强的存活力极强。昆虫学家发现 12 种蟑螂可以靠浆糊活一个星期，美国蟑螂光喝水可以活一个月，若什么都没有可以活三个星期，它们吃一餐就能存活数周。另外，蟑螂亦可以闭气达 45 分钟。再者，小强的活动能力强。蟑螂的足会分泌直径微米级（ 10^{-6} ）的油脂，靠油脂表面张力产生的毛细现象顺利爬上爬下，所以能攀爬墙面不掉落。

人类之所以憎恨小强，原因在于蟑螂能携带各种病菌。蟑螂穿梭于人类、食物和垃圾之间意味着它们可能会传播多种疾病的病原体，包括：麻风分枝杆菌、伤寒杆菌、痢疾内变形虫、鼠疫杆菌、钩虫、肠病毒、肝炎病毒、葡萄球菌、大肠杆菌、沙门氏菌以及链球菌。当它们进食的时候，经常会从嗉囊里反刍出一点食物，留下少量上一餐吃的东西，好吃下更多新鲜的食物。它们在移动和进食的时候还会排便，从体后掉下的褐色的微小排泄物和辣椒末一样大，这都使得蟑螂

能够轻易传播疾病。家居的蟑螂的身体上带有大量的过敏原，约 50%哮喘病患者对蟑螂过敏。

4 飞蝗成灾的机理

蝗灾是三大自然灾害之一，主要是飞蝗聚集、群飞而导致。在古代，蝗灾发生的频率远高于旱灾和水灾，而现今，随着现代科技文明的进步，蝗虫的危害逐渐减小，但并未随着人类社会的进步、科技的高度发达而消失。2020 年，全球多地遭遇蝗灾，再次敲响人类警钟：“东非正遭遇 70 年以来最严重的蝗灾”“南亚国家印度再遭蝗灾袭击，部分城市进入警戒状态”“蝗灾肆虐逼近我国云南，多地相继发生黄脊竹蝗灾害”……

蝗虫，看起来人畜无害，为何一旦聚集成群便会成灾？

中国科学院院士、中国科学院动物研究所研究员康乐带领团队历时 16 年追踪研究，终于解开了飞蝗成灾的奥秘，这一重大科学发现在国际顶尖学术期刊《自然》发表。

2004 年，康乐团队开始研究蝗虫型变基因表达调控和表观遗传调控的分子机理研究。16 年过去，他们终于找到一种诱惑蝗虫大规模聚集地分子——4-乙炔基苯甲醚（以下简称 4VA）。这种化学物质，无论是对群居型飞蝗还是散居型飞蝗，无论雌性飞蝗还是雄性飞蝗，无论飞蝗幼虫还是飞蝗成虫，都具有很强的吸引力，而且能够随着种群密度增加而增加。甚至，仅需 4-5 只散居飞蝗聚集，便可产生和释放这种信息素，继而促进形成巨大的蝗虫群，说明它具有很低的诱发阈值。

科研人员将含有 4VA 的诱芯布置在田间，通过室外草地双选和诱捕实验证明，4VA 在室外也对蝗虫种群具有很强的吸引力。他们将诱芯直接布局到蝗虫野外发生区天津北大港，大范围的区块实验再一次证明：4VA 不仅能吸引野外种群，还能不受自然环境中蝗虫背景密度的影响。至此，康乐团队判断，致使蝗虫成群的“真凶”之一就是 4VA。

该研究第一次从化学分析、行为验证、神经电生理记录、嗅觉受体鉴定、基因敲除和野外验证等多个层面，对飞蝗群居信息素进行了全面而充分的鉴定和验证，发现和确立了 4VA 是飞蝗群聚信息素，而过去报道已知的其他化合物都不具备群聚信息素的所有条件。该成果文章在审稿之际，3 位《自然》杂志审稿人对文章分别给予了高度评价，其中两位匿名审稿人认为：“该研究是一项令人印象深刻的、高技术的、深入的研究”“研究聚焦于一个极具吸引力的生物学问题，在这个领域取得了非常重要的进展”。一位透明审稿人是国际著名神经生物学家、美国科学院院士、美国洛克菲勒大学教授莱斯莉·沃斯霍尔，她在审稿意见中明确表示：“这项工作做出了令人兴奋的发现，找到了一个人们长期寻找的蝗虫群聚信息素分子。我给予无条件的支持，这项杰出工作应不受任何拖延地在《自然》杂志上发表。”

此次研究不仅揭示了蝗虫群居的奥秘，更重要的是使蝗虫的绿色和可持续防控成为可能。利用人工合成的信息素可以在田间长期监测蝗虫种群动态，为预测预报服务；可以设计诱集带诱集蝗虫，并在诱集带集中使用化学农药或生物制剂将其消灭，从而极大地减少化学农药的使用；还可以根据 4VA 的结构设计拮抗剂，阻止蝗虫的聚集。这是继参与人类基因组、水稻基因组计划之后，中国科学家对世界的又一个重大科学贡献。

附录

直翅目分亚目和总科检索表

- 1 触角细长，常长于体长；若短于体，则多在 30 节以上；若具听器，则位于前足胫节基部；若具发音器，则位于前翅基部.....2
- 触角较粗短，常短于体长，常少于 30 节；若具听器，则位于腹部的基部两侧；若具发音器，则由后足股节内侧与前翅或腹部摩擦发音.....8
- 2 跗节 4 节.....3
- 跗节 3 节.....7
- 3 前足胫节常缺听器，若具听器则跗节第 3 节缺侧叶；尾须细长而柔软.....4
- 前足胫节常具听器，跗节第 3 节具侧叶；尾须粗短而坚硬.....6

4	跗节扁平, 若侧扁则前足胫节具听器.....5	
	跗节侧扁, 前足胫节缺听器.....	驼蚤总科 Rhaphidophoroidea
5	头顶非侧扁, 背面缺纵沟.....	沙蚤总科 Stenopelmatoidea
	头顶强侧扁, 背面具纵沟.....	裂跗蚤总科 Schizodactyloidea
6	第 1、2 跗节分节不明显, 无跗垫; 雄性前翅发音部极大, 不限于肘脉区, 缺 Cu ₂ 脉和镜膜.....	原蚤总科 Hagloidea
	第 1、2 跗节分节明显, 具跗垫; 雄性前翅发音部仅限于肘脉区, 具 Cu ₂ 脉和镜膜.....	蚤斯总科 Tettigonioidea
7	前足特化为挖掘足, 胫节具 4 个片状趾突; 产卵瓣退化.....	蝼蛄总科 Gryllotalpoidea
	前足与中足为步行足; 后足为跳跃足; 产卵瓣发达, 呈剑状或弯刀状.....	
	.....	蟋蟀总科 Grylloidea
8	跗节 3 节.....9	
	前、中足跗节最多仅 2 节.....10	
9	缺听器; 后足跗节基节背面常具齿, 阳茎若存在则为单瓣.....	蝻总科 Eumastacoidea
	有听器常, 少数退化; 后足跗节基节背面缺齿, 阳茎分基、端瓣两部分, 由内阳茎囊壁连接.....	蝗总科 Acridoidea
10	前胸背板向后延伸超过胸部, 到达或超过腹部; 后足跗节 3 节.....	蚱总科 Tetrigoidea
	前胸背板向后延伸仅覆盖胸部; 后足跗节仅具 1-2 节, 有时退化.....	
	.....	蚤蛄总科 Tridactyloidea

螳螂目分科检索表

1	前足腿节和(或)胫节缺外列刺(怪足螳总科 Amerphoscelioidea).....	
	.....	怪足螳科 Amorphoscelidae
	前足腿节和胫节具外列刺.....2	
2	前足胫节缺端爪(缺爪螳总科 Chaeteessoidea).....	缺爪螳科 Chaeteessidae
	前足胫节具端爪.....3	
3	前足腿节缺中刺; 外列刺第一刺较长, 似距(金螳总科 Metallyticoidea).....	
	.....	金螳科 Metallyticidae
	前足腿节具中刺(螳总科 Mantoidea).....4	
4	前足腿节腹缘扩展明显宽于外侧缘.....	类螳科 Mantoididae
	前足腿节腹缘扩展窄于外侧缘.....5	
5	前足胫节外列刺刺端弯曲或倒伏并与前面的刺紧靠.....	花螳科 Hymenopodidae
	前足胫节外列刺直立.....6	
6	前足腿节内列刺明显为大齿之间分布有 2~5 枚小刺相交替的排列.....	锥头螳科 Empusidae
	前足腿节内列刺明显为 1 枚大刺与 1 枚小刺相交替的排列.....7	
7	前胸背板侧缘从前至后呈明显的叶状扩展; 叶状扩展明显超过头宽.....	
	.....	叶背螳科 Choeradodidae
	前胸背板侧缘不呈明显的叶状扩展; 若有较明显的扩展, 则扩展处不达前胸背板前缘及后缘.....8	
8	尾须扁平, 从基部到端部逐渐向两侧呈叶状扩展.....	扁尾螳科 Toxoderidae
	尾须从基部到端部不呈叶状扩展.....9	
9	后足胫节具隆起线或基半部明显膨大.....	长颈螳科 Vatidae
	后足胫节缺隆起线, 基半部非明显膨大.....10	
10	前足基节近端处具小的叶状突起; 部分种类前足胫节端爪之前具背端刺.....	
	.....	细足螳科 Thespididae

前足基节近端处缺小的叶状突起；前足胫节端爪之前缺背端刺.....螳科 Mantidae

蜚蠊目分科检索表

- 1 中足和后足股节腹面具刺；若缺刺则前足胫节较细长，多刺（蜚蠊总科）.....2
中足和后足股节腹面缺刺，但端刺存在；前足胫节较粗短，多毛（硕蠊总科）.....5
- 2 雄性下生殖板对称，具一对腹突；雌性下生殖板具瓣.....蜚蠊科 Blattidae
雄性下生殖板不对称，通常缺腹突；雌性下生殖板缺瓣.....3
- 3 体大（全长超过 15mm），前翅 Sc 脉具分支；后翅 Cu 脉的分支朝翅褶方向延伸.....
.....光蠊科 Epilampridae
体小（全长极少超过 15mm）。前翅 Sc 脉简单；后翅 Cu 脉的分支朝翅端方向延伸.....4
- 4 复眼发达；有翅种类翅脉发达；雌性下生殖板端部不开裂.....姬蠊科 Blattellidae
复眼退化；有翅种类、翅脉退化；雌性下生殖板端部开裂.....蠹蠊科 Nocticolidae
- 5 体多毛；唇部强隆起，与颜面形成明显的界限.....地鳖蠊科 Polyphagidae
体光滑；唇部非强隆起，唇基缝不明显.....硕蠊科 Blaberidae

蜻蜓目分科检索表

- 1 体纤细，头哑铃状，复眼突出在头的两侧，其距离比眼的直径为大（束翅亚目 Zygoptera）.....3
体粗壮；头半球形，复眼互相接近或接触.....2
- 2 前后翅大小脉序均相似；中室为简单的四边室（间翅亚目 Anisozygoptera）（螳螂总科
Epiophlebilodae）.....螳螂科 Epiophlebiidae
后翅的脉序与形状显然与前翅不同；中室分为上下两三角室（差翅亚目 Anisoptera）.....15
- 3 翅通常没有柄；结前横脉 5 条或 5 条以上；弓脉距翅痣较距翅基部更远（色螳总科
Agrioidea）.....4
翅都有柄，结前横脉只 2~3 条；弓脉在翅基与翅结之间（螳总科 Coenagrioidea）.....9
- 4 翅的基部有柄，后缘基部近弓脉处呈角度；结前横脉 7 条以下；Sc 脉与 R 脉间常无横脉.....
.....丽螳科 Amphipterygidae
翅基部无显著的柄，后缘基部不呈角度；C 脉、Sc 脉与 R 脉间结前横脉多数.....5
- 5 M 脉从弓脉的近中部或中下部伸出；四边室的基缘较端缘短.....6
M 脉从弓脉的极上端伸出，而与 R 脉相接触；四边室不规则，其基缘长于端缘.....
.....美螳科 Polythoridae
- 6 结前横脉有 2 条特别粗.....7
结前横脉都同样粗细.....8
- 7 唇基突起成喙状.....隼螳科 Libellainidae
基正常.....日光螳科 Heliocharitidae
- 8 M 脉从弓脉近中间伸出；四边室短，中间没有或很少横脉；翅痣长而整齐...溪螳科 Epallagidae
M 脉从弓脉下方 1/3 处伸出；四边室长，内有多数横脉；翅痣不完全，雄性常没有翅脉；全
翅横脉很多，呈密网状.....色螳科 Agridae
- 9 结后横脉两列成一直线，即由 C 脉直连至 R 脉.....10
结后横脉两列不连接.....歧螳科 Hemiphlebiidae
- 10 四边室极狭，端尖，由此伸出的第一脉（Cu₂）基部极弯曲.....综螳科 Synlestidae
Cu₁ 脉直行或微弯曲.....11
- 11 翅（除 M_{1a} 外）没有其他发家的长纵脉到达后缘.....12
翅有 1 条或 1 条以上的附加纵脉.....13
- 12 Cu₁ 脉短，不到达翅的中部；没有 Cu₂ 脉.....原螳科 Protoneuridae
Cu₁ 脉长，到达翅的中部；有 Cu₂ 脉.....螳科 Coenagriidae

13 四边室短端角钝; M_3 脉与 M_2 脉伸出处近翅结而远于弓脉.....	14
四边室短端角尖锐; M_3 脉与 M_2 脉伸出处近弓脉而远于翅结.....	丝螽科 <i>Lestidae</i>
14 翅痣形状整齐, 短或长; 翅结在翅基部 1/4~1/3 处.....	山螽科 <i>Megapodagrionidae</i>
翅痣不明显, 没有或畸形; 翅结在翅基部 1/7~1/6 处.....	畸痣螽科 <i>Pseudostigmatidae</i>
15 两对翅三角室的形状、大小与弓脉的距离相同; 结前横脉上下两列不连接 (蜓总科 <i>Aeschnoidea</i>)	16
两对翅三角室的形状、大小与弓脉的距离不同; 结前横脉上下两列多数相连接 (蜻总科 <i>Libelluloidea</i>)	20
16 翅痣极长, 占 10 个以上的翅室.....	古蜓科 <i>Petaluridae</i>
翅痣正常, 占 4~7 个翅室	17
17 M_2 脉在翅后方做波状的向上弯曲.....	蜓科 <i>Aeschnidae</i>
M_2 脉正常.....	18
18 前翅的臀脉在三角室前分叉很大, 造成下三角室; 翅痣基端连有垂直的横脉.....	箭蜓科 <i>Gomphidae</i>
前翅的臀脉直达三角室下方, 或分叉很小, 翅痣基端不连横脉.....	19
19 中室内没有横脉.....	大蜓科 <i>Cordulegasteridae</i>
中室内有横脉.....	金蜓科 <i>Chlorogomphidae</i>
20 雄性腹部后面有耳状片; 雄性后翅臀角呈角度; 前翅三角室不太狭、臀套多变化.....	锤蜓科 <i>Corduliidae</i>
雄性腹部后面没有耳状片; 雄性后翅臀角圆形; 前翅三角室极狭; 臀套呈足状.....	蜻科 <i>Libellulidae</i>

实验二十三 同翅目、半翅目昆虫分类鉴定

实验目的

1. 认识常见的同翅目及半翅目昆虫；
2. 掌握各目昆虫主要的分类特征；
3. 掌握各目主要科的分类特征；
4. 学习利用二项式检索表进行昆虫分类鉴定。

实验要求

1. 认真观察昆虫标本，重点是口器类型、翅的类型、触角类型、足的特化类型，臭腺等，掌握各类昆虫最显著的识别特征；
2. 能正确区分常见科的昆虫；
3. 能够根据检索表鉴定不同的昆虫；
4. 能够自己编制二项式检索表。

实验材料

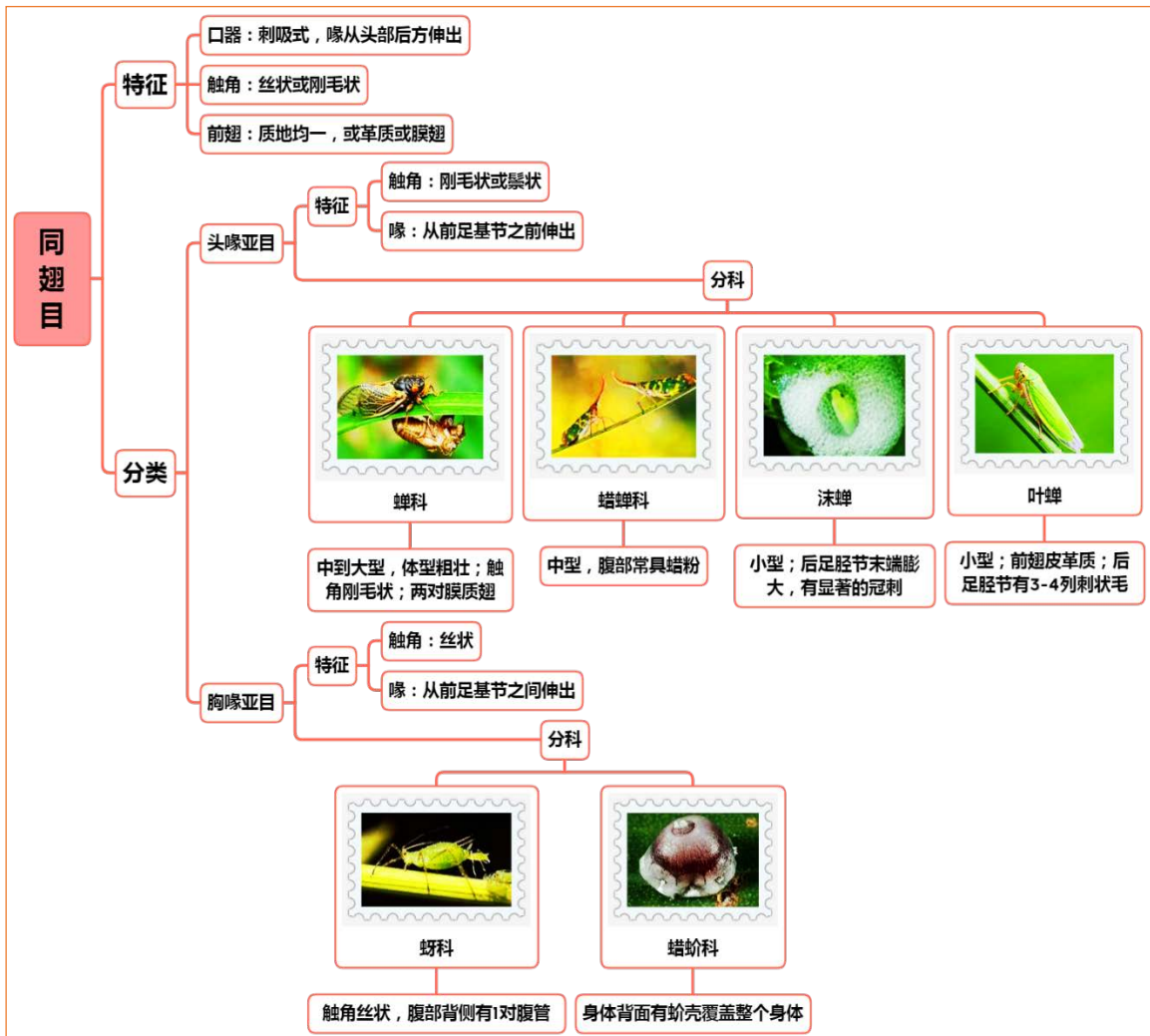
蝉、斑衣蜡蝉、沫蝉、叶蝉、蚜虫、蜡蚧、猎蝽、麻皮蝽、缘蝽、盾蝽、蝎蝽、龟蝽等针插标本及浸渍标本。

实验用具

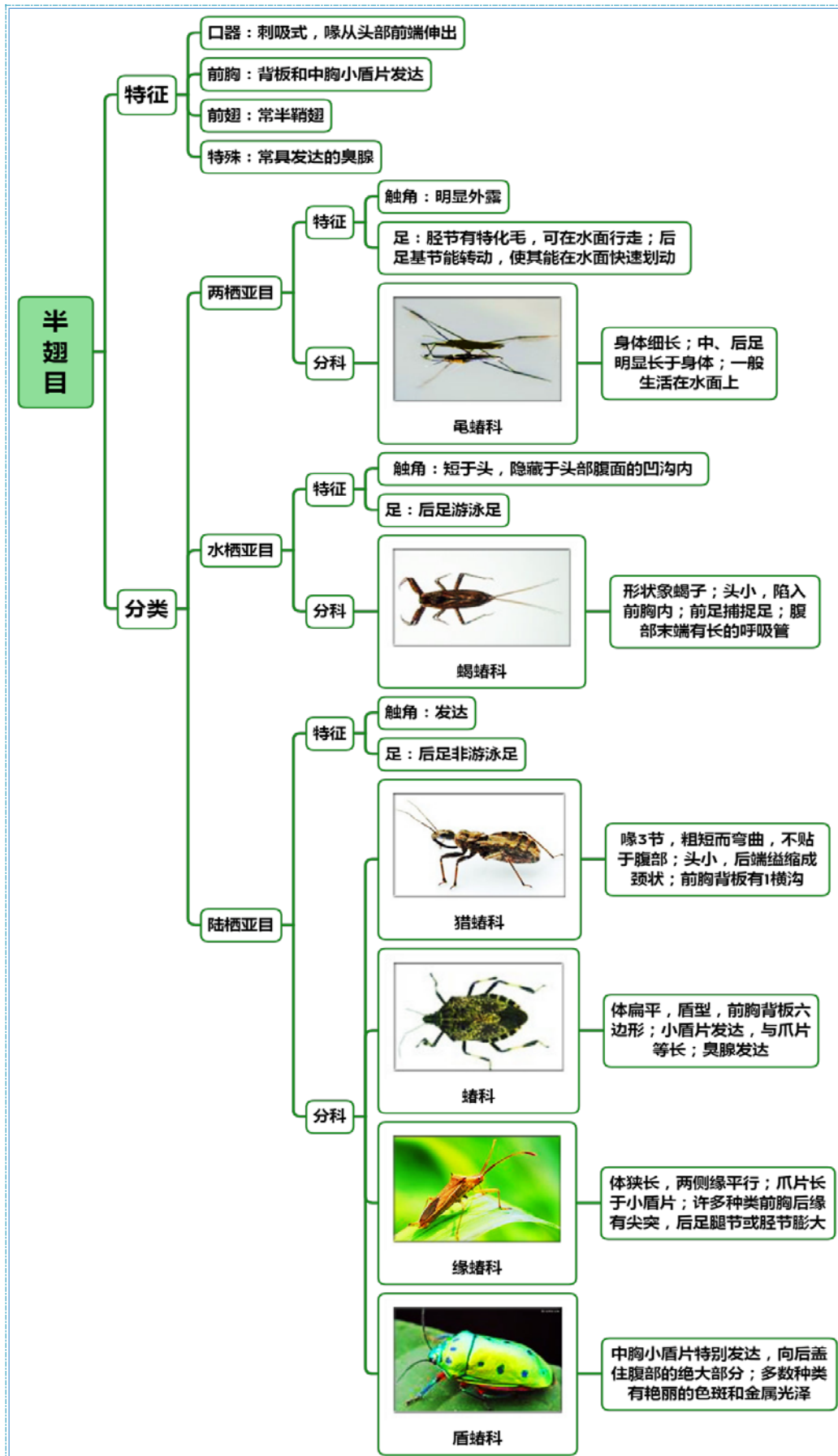
解剖镜、镊子、培养皿、蜡盘、解剖针、大头针、昆虫针等。

理论知识复习

一、同翅目的特征与分类



二、半翅目的特征与分类



实验内容与方法

一、对昆虫标本进行分目鉴定

观察同翅目和半翅目昆虫标本，根据昆虫的体型、体态、触角类型、喙从头部伸出的位置、翅的类型、臭腺的有无、腹部产卵器类型以及尾须等其他特殊特征，比较同翅目和半翅目昆虫的差异，从而认识和掌握以上两目昆虫的主要分类特征。

1. 同翅目主要特征

体小到大型；刺吸式口器，喙从头的后端伸出；触角刚毛状或丝状；前翅质地均一，膜质或皮革质。

2. 半翅目特征

体小到大型，一般横扁；刺吸式口器，喙从头的前端伸出；触角丝状；中胸小盾片发达；前翅半鞘翅；多有臭腺。

二、对同翅目和半翅目昆虫进行分亚目或分科

根据检索表，对同翅目和半翅目昆虫标本进一步分亚目、分科，注意总结亚目或科的主要特征。

1. 同翅目分亚目特征

(1) 头喙亚目：喙从头部后方伸出（前足基节之前，名称的由来），触角极短，刚毛状或鬃状；前翅有明显的爪片；跗节3节；一般较活泼，主要包括各种蝉类、飞虱类。

(2) 胸喙亚目：喙从前足基节之间或更后端位置伸出，触角较长，线状或退化；前翅一般没有明显的爪片；跗节1-2节；一般不活泼，主要包括各种木虱、蚧壳虫、粉虱、蚜虫类。

观察同翅目的标本，鉴定其所属的亚目。

2. 同翅目部分常见科的主要特征

(1) 蝉科：中到大型，体型粗壮；触角刚毛状；两对膜质翅，透明。

(2) 斑衣蜡蝉：中型；前翅膜质；身体有蜡粉。

(3) 沫蝉：小型；后足胫节末端膨大，有显著的冠刺。

(4) 叶蝉：小型；前翅皮革质；后足胫节有3-4列刺状毛。

(5) 蚜虫科：有翅型1对膜翅；触角丝状，腹部背侧有1对腹管。

(6) 蜡蚧：身体背面有蚧壳覆盖整个身体。

3. 半翅目分亚目特征

根据生活环境及形态特征，一般分为3个亚目：

(1) 两栖亚目：半水生或岸边生活；触角明显外露；胫节有特化毛，可在水面行走；后足基节可转动，使其在水面上快速划动。如龟蝽科。

(2) 水栖亚目：水生；触角短于头部，隐藏在头部腹面的凹沟内；后足游泳足。如负子蝽科。

(3) 陆栖亚目：陆生；触角发达，外露；后足非游泳足。如蝽科。

观察半翅目昆虫标本，鉴定其所属的亚目。

4. 半翅目部分常见科主要特征

(1) 龟蝽科：身体细长；中、后足细长，发达，明显长于身体；一般生活在水面上。

(2) 蝽科：形状象蝎子；头小，陷入前胸内；前足粗大，捕捉足；腹部末端有长的呼吸管。

(3) 猎蝽科：喙3节，粗短而弯曲，不贴于腹部；头小，后端缢缩成颈状；前胸背板上有1横沟。

(4) 蝽科（麻皮蝽）：蝽科，中型；体扁平，盾型，前胸背板六边形；小盾片发达，与爪片等长；臭腺发达。

(5) 缘蝽：体形狭长，两侧缘平行；爪片长于小盾片；许多种类前胸后缘有尖突，后足腿节或胫节膨大。

(6) 盾蝟：中胸小盾片特别发达，向后盖住腹部的绝大部分；多数种类有艳丽的色斑和金属光泽。

作业与思考题

1. 编制二项式检索表，把实验中所观察的昆虫标本区分开。
2. 同翅目和半翅目昆虫的特征有何异同？列表比较。
3. 列表比较同翅目不同科的特征差异、半翅目不同科的特征差异。
4. 根据实验观察到的结果，是不是所有的半翅目昆虫都有臭腺？
5. 绘叶蝉、沫蝉后足胫节特征图。

小结与知识拓展

1. 同翅目与半翅目的亲缘关系

同翅目与半翅目亲缘关系较近，有些学者将同翅目作为半翅目的一个亚目，此时的半翅目即是广义半翅目，包含两个亚目：同翅亚目（即本教材所称的同翅目）和异翅亚目（即本教材所指的半翅目，不包含同翅目，一般也称为狭义半翅目）。半翅目 Hemiptera 最早由林奈在 1735 年建立，1785 年进行修订，此目下包括广义的半翅类（蝽类、蝉类、蚜虫、蚱壳虫）以及蓟马。1810 年，Latreille 首次将广义的半翅类分为 Homoptera（同翅类）和 Heteroptera（异翅类）两个大类。异翅类和同翅类不论在基本体制、头部、口器、翅、良性外生殖器和内部器官等许多方面均体现出明显的共同性，无疑应为一个单系群。欧洲的文献中，长期以来多采用广义半翅目的用法，分别称其下的同翅类和异翅类分别为同翅亚目和异翅亚目，另一种意见则是将此两类分别称为同翅目和半翅目（=狭义半翅目），这种称谓在我国及北美的一些教科书中使用较多。本教材即是采用的后一种分类体系。

2. 蚜虫的共生

没有一种害虫能像蚜虫一样分布这样广泛，其危害植物的种类之多堪称昆虫界之最。虽然许多蚜虫都是寡食性的种类，但由于蚜虫种类繁多，几乎所有的植物上都有蚜虫发生，有一些还是重要的检疫对象，如葡萄根瘤蚜。

蚜虫的共生现象。部分种类的蚂蚁能够“畜养”蚜虫，在保护所养蚜虫的同时，采集蚜虫所分泌的蜜露作为食物，从而形成了一种独特的“共生关系”。饲养蚜虫的蚂蚁通过用触角戳蚜虫的方式来“挤奶”。因此，有时候这些被饲养的蚜虫又被称为“蚂蚁奶牛”。一些养蚜虫的蚂蚁会采集蚜虫的卵并储存在巢内以渡过寒冷的冬季。到了春天，这些蚂蚁又会将新孵化出的蚜虫搬运到植物上。还有一些种类的蚂蚁，如黄墩蚁（*Lasius flavus*）甚至能够在自己的巢穴中用植物的根作为饲料来“圈养”大量的蚜虫。当这类蚂蚁要建立一个新的巢穴时，它们的蚁后会携带一个蚜虫的卵到新的地下巢穴重新建立起圈养蚜虫群。蚂蚁们也通过赶跑蚜虫的天敌来保护自己所养的蚜虫。

除了依靠蚂蚁来保护自身外，蚜虫也有自我防护机制。大部分蚜虫在腹部背侧有 1 对腹管，通常认为腹管是分泌蜜露的器官，但实际上，蜜露是从蚜虫的肛门分泌出来的，而腹管的作用是分泌化学防御物质，用于排出可迅速硬化的防御液“腹管蜡”，成分为甘油三酸酯。一些类型的蚜虫也可以分泌其他类型的防御液。也有证据表明在一些情况下，腹管蜡能够吸引蚜虫的天敌。

3. 超级奶爸—负子蝽

负子蝽科，也称田鳖科，与蝎蝽科相同，大多数都是凶猛的掠食者，它们会捕捉水中的甲壳类、鱼类、两栖类动物等，甚至最近科学家们还发现会捕捉乌龟、蛇类。它们有时还会潜入水中的底部伏击经过的猎物，再透过口器注射麻醉液后腐蚀内部系统后吸食猎物的体液。它们的消化液被认为是昆虫界中最痛苦的攻击，能够让目标造成永久性的伤害。成虫、若虫时虽然不能完全在水中生活，但它们可以定期到水面上吸入空气储存肺部继续在水中生活。

尤其有意思的是负蝽科家族会精心照顾它们的后代，而这种对后代的保护孵育任务是由雄性完成的，这是动物界中少数几种由雄性孵育后代的类群之一。雌雄交配结束后，大多数雌虫会将卵产于雄虫的背上，并由雄虫照顾这些卵，直到它们孵化。在这段时间雄虫不能交配，它必须花费精力与时间照顾背上的卵，防止受到敌人的危害，真是负责任的“超级奶爸”。

附录

同翅目亚目和总科检索表

1. 喙着生点在前足基节以前; 触角鬃状, 柄节和梗节粗大, 鞭节细长, 刚毛状; 前翅有明显的爪片; 跗节 3 节 (蝉亚目 Cicadomorpha)2
喙着生于前足基节之间或更后; 触角线状或明显退化呈小突起; 前翅一般无明显的爪片; 跗节 2 节或 1 节.....6
2. 触角着生在复眼下方; 前翅基部一般有肩板.....蜡蝉总科 Fulgoroidea
触角着生在复眼间; 前翅基部无肩板.....3
3. 单眼 3 个; 前足腿节变粗, 下方多刺; 跗节无中垫; 雄虫腹基部有鼓膜发声器.....
.....蝉总科 Cicadoidea
单眼 2 个; 前足腿节正常; 跗节中垫发达; 无明显的鼓膜发音器.....4
4. 前胸背板特别发达, 常向后延伸, 盖住小盾片一部分或全部.....角蝉总科 Membracoidea
前胸背板正常, 不盖住小盾片.....5
5. 后足胫节下方有纵列刺毛; 基节横向.....叶蝉总科 Cicadelloidea
后足胫节有 2 侧刺, 有 2 横列端刺, 第 1、2 跗节有一横列端刺; 基节短而锥状.....
.....沫蝉总科 Cercopoidea
6. 跗节 2 节, 同样发达; 雌雄均有翅.....7
跗节 1 节, 如 2 节, 则第 1 节很小; 雌虫无翅, 或有无翅世代.....8
7. 前翅翅脉先三分支, 每支再二分支; 触角 10 节; 复眼不分群 (木虱亚目 Psyllomorpha)
.....木虱总科 Psylloidea
前翅只有 3 条脉, 合在短的主干上; 复眼的小眼分上下两群.....粉虱总科 Aleyrodoidea
8. 触角 3-6 节, 有明显的感觉器; 跗节 2 节, 第 1 节很小; 喙 4-5 节; 如有翅则 2 对; 腹部常有腹管 (蚜亚目 Aphidomorpha)9
触角节数不定, 无明显的感觉器; 跗节 1 节; 喙 1 节; 雄虫有翅 1 对, 后翅变为平衡棒; 腹部无腹管 (蚧亚目 Coccoomorpha)10
9. 孤雌蚜伪胎生 (玻片标本透过体壁可见到胚胎), 性蚜卵生; 前翅有 4 条斜脉; 无翅蚜复眼多小眼面或 3 小眼面; 触角 4-6 节, 如果只 3 节, 则尾片烧瓶状; 头部与胸部之和不大于腹部; 尾片各种形状, 腹管有或缺; 气门位于腹部第 1-7 或第 2-5 节; 产卵器缩小为被毛的隆起.....蚜总科 Aphidoidea
孤雌蚜与性蚜都卵生; 前翅只有 3 斜脉; 无翅蚜及幼蚜复眼只有 3 小眼面; 触角 3 节或退化; 头部与胸部之和大于腹部; 尾片半月形, 腹管缺。气门位于腹部第 1-6、1-5 或只在第 1 节; 有或无产卵器.....球蚜总科 Adelgoidea
10. 雌虫腹部有气门, 雄虫有复眼.....旌蚧总科 Orthezioidea
雌虫腹部无气门, 雄虫无腹眼.....11
11. 雌虫腹部末端深裂, 肛板上盖有 2 个三角形的肛板; 体通常隆起; 坚硬或被蜡.....蚧总科 Coccoidea
雌虫腹部末端无深裂, 无肛板.....12
12. 雌虫不被盾形介壳; 肛门周围无刺毛; 腹部末节不成臀板.....粉蚧总科 Pseudococcoidea
雌虫被盾形介壳; 肛门周围无刺毛, 腹部末后数节愈合成臀板.....盾蚧总科 Diaspidoidea

半翅目分亚目和分科检索表 (参考 Schuh & Slater (1995) 等编制)

- 1 头部中央横缢, 明显分为二叶, 单眼存在时, 位于后叶上。前胸腹面无具密横纹的纵沟。前足跗节多数 1 节, 少数 2 节。前足胫节压扁, 向端渐宽。前翅质地均一, 不成明显的半鞘翅, 无爪片缝。复眼有时退化或缺。陆生。(奇蝽亚目 Enicocephalomorpha)
.....奇蝽科 (=长头蝽科) Enicocephalidae

	头部中央多无横缢，不分为二叶（如有横缢时，则前胸腹面具纵沟，上有密横纹）。前足跗节多为 2 节以上（如为 1 节，则为水生）。前翅成为半鞘翅或否。复眼一般正常.....	2
2	前翅缺爪片缝；不成典型的半鞘翅，前半虽有所加厚，但与端部的膜质部分界限不明显。体至少部分被成层的拒水毛。可在水面爬动或划行（黾蝽亚目 Gerromorpha）.....	3
	前翅具爪片缝；多成典型的半鞘翅。陆生或在水中生活。部分种类体被成层的拒水毛，但不能在水面生活和活动.....	12
3	翅发达（长翅型）.....	4
	无翅或短翅型.....	8
4	小盾片明显外露.....	5
	小盾片被后伸的前胸背板叶遮盖，外表不可见.....	6
5	小颊发达，包围喙的基部。跗节 2 节，第 1 节极短...膜蝽科（膜翅蝽科）Hebridae（部分）	
	小颊较不发达，不包围喙的基部。跗节 3 节.....水蝽科 Mesoveliidae（部分）	
6	爪着生于跗节末端上。头明显伸长，眼后部分长于眼的直径。前翅有 3 个封闭的室.....	
	.....尺蝽科（部分）Hydrometridae	
	爪着生于跗节端部不到最末端处.....	7
7	头部背面中央有一明显的纵凹纹。后足腿节常粗于中足腿节。雄前足胫节常具由短刺组成的栉状构造.....	
	.....宽肩蝽科（=宽肩龟科、宽蝽科）Veliidae	
	头部背面无纵凹纹。后足腿节常细于中足腿节。雄前足胫节无上述栉状构造.....	
	.....黾蝽科 Gerridae	
8	腹部背面第 3、4 节背板之间无臭腺孔.....	9
	腹部背面第 3、4 节背板之间具臭腺孔.....	10
9	头很长，长为宽的 3 倍以上，眼远离头的后缘.....	
	.....尺蝽科 Hydrometridae（部分）	
	头长至多为宽的 3 倍，眼接近或接触头的后缘.....	41
10	前胸背板极短，中胸和后胸背面均外露.....	
	.....水蝽科 Mesoveliidae（部分）	
	前胸背板较长，至少遮盖中胸.....	11
11	跗节 2 节.....	
	.....膜蝽科（=膜翅蝽科）Hebrida（部分）	
	跗节 3 节。头的眼后部分明显伸长.....	
	.....尺蝽科 Hydrometridae（部分）	
12	触角短于头部，多少折叠隐于眼下；除蝾蝽科外，位于一凹陷或凹沟中，一般由背面看不到或只能看到最末端；大部为水生，部分科生活于岸边陆地上...蝾蝽亚目 Nepomorpha	13
	触角一般长于头部，暴露于外，不隐于眼下的沟中。陆生.....	22
13	下唇宽三角形，短，不分节（即只有一节）。前足跗节不分节（成一节状），有时与胫节愈合，匙状，具长缘毛。头部后缘遮盖前胸。前胸与翅明显地具黑色虎斑状横纹.....	
	.....划蝽科 Corixidae	
	下唇较狭长，分节。前足跗节 1 至数节，但无长缘毛。头部后缘不遮盖前胸.....	14
14	腹部末端具成对的呼吸突.....	15
	腹部末端无呼吸突.....	16
15	呼吸突长短不一，常极长成细管状，但不能伸缩。跗节 1 节。后足胫节一般，不成游泳足。后足基节可自由活动.....	
	.....蝾蝽科 Nepidae	
	呼吸突短，可伸缩，常只末端外露。跗节 2-3 节，前足跗节有时 1 节。后足胫节扁，具游泳毛。后足基节与后胸侧板接合紧密，不能活动.....	
	.....负子蝽科 Belostomatidae	
16	有单眼（如缺或不发达，则头横宽，复眼多少呈具柄状）。足为步行式。岸边陆地生活.....	17
	
	无单眼。复眼一般，不成具柄状。中、后足扁，具游泳毛。水生.....	18
17	触角较长，丝状，背面观部分可见。眼不成具柄状。足步行式。小盾片平...蝾蝽科 Ochteridae	

	触角粗短，藏于眼及前胸下方。眼多少呈具柄状。前足腿节极粗大...蟾蟀科 <i>Gelastocoridae</i>	
18	身体背面平坦或略隆起。头与前胸不愈合。前足成明显的捕捉足.....19	
	身体背面强烈隆起，成船形或屋顶状；如平坦，则头与前胸背板愈合，二者之间的缝线不完全。前足不成捕捉足.....20	
19	触角长，伸出于头的侧缘之外。喙细长，伸达中胸腹板以远。头较狭长，远伸过眼的前缘。前足跗节3节。爪2枚，发达.....盖蟀科(=锅盖蟀科) <i>Aphelocheiridae</i>	
	触角短，不伸出于头的侧缘之外。喙粗短，不伸过前胸腹板。头常横列，头的末端只略伸过眼前缘的水平位置。前足跗节2节或1节。爪2枚，小形.....	
	.....潜蟀科(=潜水蟀科 <i>Naucoridae</i>)	
20	体较狭长，体长多在40 mm以上。眼大。头顶窄。后足长大，明显长于中、后足，桨状；后足爪退化，不明显。头与前胸不愈合.....仰蟀科(=仰泳蟀科) <i>Notonectidae</i>	
	体较宽短，卵圆形，体长在40 mm以下。眼小形或中形。头顶宽。后足不成桨状。常有2爪。头与前胸紧密愈合，相互不能活动.....21	
21	头与前胸背板之间的界线直或略成简单的弧形。触角3节.....固蟀科(=固头蟀科) <i>Pleidae</i>	
	头与前胸背板之间的界线多有两个明显的凹弯。触角2节或不分节(1节).....	
	.....蚤蟀科 <i>Helotrephidae</i>	
22	腹部第37节腹板每节各侧常具2或3个毛点(<i>trichobothria</i>) (包括其上的毛点毛)。各爪下方有一长形肉质的爪垫(<i>pulvillus</i>)着生于靠近爪的基部处(蟀亚目 <i>Pentatomomorpha</i> , 扁蟀总科 <i>Aradoidea</i> 除外).....41	
	腹节腹板具毛点，或仅在中线两侧有一根类似毛点毛的刚毛。爪下有爪垫或无.....23	
23	触角第1、2两节短，长度近相等；第3、4两节极细长，被有直立长毛，毛的长度远远大于该触角节的直径。体小，体长多在25 mm以下。(鞭蟀亚目 <i>Dipsocoromorpha</i>).....24	
	触角不若上述；触角第2节常长于第1节，部分类群中第1、2两节短且长度近等(网蟀科中多见)，但第3、4节不具长过触角节直径很多的直立毛被.....27	
24	侧面观前胸前侧片窄，不特别发达，也不向前延伸。前胸后侧片大。基节白裂(<i>coxal cleft</i>)极短，几不能辨。前翅具前缘裂(<i>costal fracture</i>)(短翅型除外).....25	
	侧面观前侧片宽大发达，向前延伸达于复眼下方。基节白裂长。前翅前缘裂有或无.....26	
25	前翅前缘裂短，只切断前翅的前方边缘。后胸侧板无臭腺挥发域。雄虫腹部及外生殖器对称或不对称.....栉蟀科 <i>Ceratocombidae</i> (部分)	
	前翅前缘裂长，约达于翅宽的一半处。后胸侧板有臭腺挥发域。雄虫腹部及外生殖器均不对称.....鞭蟀科 <i>Dipsocoridae</i>	
26	前翅鞘质；外观似甲虫。头平伸。雄虫外生殖器对称。后足基节内侧下方无附着垫.....栉蟀科 <i>Ceratocombidae</i> (部分)	
	前翅一般，部分种类为革质或鞘质。雄虫腹部及外生殖器均为两侧对称。后足基节内侧下方有附着垫。前翅一般无前缘裂，或只切断前翅的前方边缘.....	
	.....毛角蟀科(=裂蟀科) <i>Schizopteridae</i>	
27	爪下有爪垫或无；如有爪垫，则爪垫的大部分附着于爪，只端部游离。跗节多数为3节，少数2节。翅遮盖侧接缘(部分猎蟀科例外).....28	
	爪下有较长的爪垫，只基部附着于爪，大部分游离。跗节2节。侧接缘外露。身体极为扁平.....	
	.....扁蟀科 <i>Aradidae</i>	
28	前翅膜片有3-5个封闭的翅室，没有任何翅脉从这些翅室的后缘伸出。(细蟀亚目 <i>Leptopodomorpha</i>).....29	
	前翅膜片多数具1-2个翅室，如翅室多于2个，则可有翅脉由翅室后缘伸出。(臭虫亚目 <i>Cimicomorpha</i>).....30	

- 29 下唇长, 逐渐尖细, 伸达后足基节基部或超过之.....跳蝻科 Saldidae
下唇短, 最多只伸达前足基节末端.....细蝻科(= 细足蝻科)Leptopodidae
- 30 下唇明显 4 节, 第 1 节至少几乎伸达头后缘。足无海绵窝.....31
下唇 3 节或 4 节, 如为 4 节, 则第 1 节不达头的后缘。一对或数对足上具海绵窝.....
.....猎蝻科 Reduviidae (部分)
- 31 前胸背板及前翅表面全部密布小网格状脊纹。前翅质地均一, 不具膜质部分。雄虫生殖节
左右不对称, 左右抱器同形.....网蝻科 Tingidae
前胸背板及前翅表面不若上述 (有时因具深刻点而外观与脊纹类似, 需注意分辨)。前翅
分区“正常”。雄虫生殖节左右不对称, 左右抱器不同形.....32
- 32 前胸腹板具纵沟, 沟表面常有密横棱 (摩擦发音器)。喙多数短而粗壮, 弯曲, 有时可较
细直。头基部常细缢成颈状, 单眼前方常有一横走凹痕。前翅膜片常有 2 个大室
.....猎蝻科 Reduviidae (部分)
前胸腹板无具密横棱的纵沟。头在复眼后方不成颈状, 单眼前方无横走凹痕。前翅膜片脉相多
样.....33
- 33 触角视若 5 节.....花姬蝻亚科 Nabidae:Prostemmatinae
触角 4 节.....34
- 34 翅正常, 短翅型个体中前翅或多或少仍可明显分辨。不吸食哺乳动物血液, 亦不营体外寄生生
活.....35
翅极退化, 前翅全缺, 或成小瓣状, 几不能辨。吸食哺乳动物血液, 或营体外寄生生
活.....40
- 35 前翅具楔片.....36
前翅无楔片.....姬蝻科 Nabidae
- 36 体长 10-15 mm。前翅外革片宽阔, 明显扩展。前翅膜片翅室端部有一些短脉发出。喙最后
第 2 节长于其他各节之和.....捷蝻科 Velocipedidae
体长常在 4mm 以下。前翅外革片不异常扩展。前翅膜片翅室端部处无短脉发出。喙最后第
2 节一般不长于其他各节之和.....37
- 37 前翅膜片有一由粗脉组成的翅室, 室后角有一“椿状短脉”(stub)。各足跗节均为 2
节.....驼蝻科 Microphysidae
前翅膜片脉弱, 常只隐约可见。如有椿状短脉, 则均靠近革片后缘。跗节数多样。.....38
- 38 臭腺沟缘向后弯曲或直接指向后方。不达于后胸侧板后缘, 亦不延伸成脊。授精方式正
常.....毛唇花蝻科 Lasiochilidae
臭腺沟缘向前弯、或直、或向后弯, 然后向前延伸成一脊。授精方式为血腔授精。.....39
- 39 雄虫生殖节两侧各有 1 个阳基侧突。雌虫腹部第 7 腹板前缘中部有 1 个内突。臭腺沟缘向
前呈折角状弯曲, 延伸成一脊伸达后胸侧板前缘.....细小花蝻科 Lyctocoridae
雄虫生殖节仅左侧有 1 个阳基侧突。雌虫腹部第 7 腹板前缘中无内突。臭腺沟向前弯、或
直、或向后弯, 向前延伸成一脊。.....花蝻科 Anthocoridae
- 40 各足跗节均为 3 节。前翅成小瓣片状。有复眼。.....臭虫科 Cimicidae
中、后足跗节为 4 节。前翅完全消失。无复眼。蝙蝠体外寄生。.....寄蝻科 Polyctenidae
- 41 触角 5 节。.....42
触角 4 节。.....49
- 42 跗节 2 节。.....43
跗节 3 节(个别土栖的土蝻科种类跗节强烈变形为 1 节).....45
- 43 前翅在革片与膜片交界处折弯, 几完全隐于极发达的小盾片下。腹部各节腹板每侧有一黑
色横走凹痕。.....龟蝻科(= 平腹蝻科)Plataspidae
前翅不折弯。腹部各节腹板侧方无黑色横走凹痕。.....44

- 44 中胸腹板常具侧扁的显著中脊,多隆起很高,龙骨状。雄虫第8腹节大,外露.....
.....同蝽科(=腹刺蝽科) Acanthosomatidae
中胸腹板无中脊。雄虫第8腹节较小,大部或全部不外露。.....蝽科 Pentatomidae(部分)
- 45 胫节具粗棘刺形成的刺列。.....土蝽科 Cydnidae(部分)
胫节刺一般,不成粗棘状。.....46
- 46 小盾片极宽大,长几达腹部末端。.....盾蝽科 Scutelleridae
小盾片多为三角形,远不达腹部末端。.....47
- 47 腹部第2节腹板(=第1个可见的腹节腹板)上的气门完全或部分暴露在外,未被后胸侧板所全部遮盖。.....荔蝽科 Tessaratomidae(部分)
腹部第1可见腹节腹板上的气门被后胸侧板完全遮盖。.....48
- 48 单眼相互靠近,常相接触。触角着生于头的侧缘上。爪片向端渐细,成三角形,左右二爪片末端相遇处极短小,不成一条明显的爪片接合缝。.....异蝽科 Urostylidae
单眼相互远离。触角着生于头的腹方。爪片四边形。爪片接合缝明显.....
.....蝽科 Pentatomidae(部分)
- 49 唇基前缘具4-5根粗刺或棘,胫节具棘状粗刺列。.....土蝽科 Cydnidae(部分)
唇基前缘不具粗刺列。胫节亦不具棘状粗刺列。.....50
- 50 跗节2节。前翅具深大刻点,致使近似网格状。.....皮蝽科(=拟网蝽科) Piesmidae
跗节3节。前翅不若上述。.....51
- 51 无单眼。.....52
有单眼。.....53
- 52 前胸背板侧缘薄边状,略向上反卷。雌虫第7腹板完整。.....红蝽科 Pyrrhocoridae
前胸背板侧缘不向上反卷。雌虫第7腹板裂为左右两半。.....大红蝽科 Largidae
- 53 前翅膜片具6条以上的纵脉,并可有一些分枝。.....54
前翅膜片最多具4-5条纵脉。.....59
- 54 后胸侧板臭腺沟缘强烈退化或全缺。.....姬缘蝽科 Rhopalidae
后胸侧板臭腺沟缘明显。.....55
- 55 小颊短小,后端不伸过触角着生处。体狭长。.....56
小颊较长,后端伸过触角着生处。体形各异,但狭长者较少。.....缘蝽科 Coreidae
- 56 体形一般较为宽短,椭圆形。第3-7腹节腹板在气门后有2个毛点。.....57
体较狭长。第3-7腹节腹板在气门后有3个毛点。.....58
- 57 前翅膜片脉序网状。.....兜蝽科 Dinidoridae
前翅膜片脉序不成明显的网状。.....荔蝽科(部分) Tessaratomidae
- 58 眼间距宽于小盾片前缘。雌虫产卵器片。.....蛛缘蝽科 Alydidae
眼间距狭于小盾片前缘。雌虫产卵器锥状。.....狭蝽科 Stenocephalidae
- 59 腹部第5-7节的侧接缘向两侧扩展成明显的叶状突起,其边缘具锯齿。.....
.....束长蝽科 Malcidae
腹部第5-7节侧接缘正常,两侧不具明显的叶状突。.....60
- 60 雌虫产卵器片状,第7腹节腹板完整,不裂成左右两半。体狭长,束腰状。头横宽.....
.....束蝽科 Colobathristidae
雌虫产卵器锥状,第7腹板或多或少在中央分割。.....61
- 61 足明显细长,股节末端明显加粗。触角膝状。后胸侧板上的臭腺沟缘明显伸长,并游离于侧板之外。体明显狭长。.....跷蝽科(=锤角蝽科) Berytidae
股节末端不加粗。触角不成膝状。后胸侧板上的臭腺沟缘不特别伸长,亦不游离于侧板之外。体形多样。.....长蝽科 Lygaeidae

实验二十四 鞘翅目、双翅目昆虫分类鉴定

实验目的

1. 认识常见的鞘翅目及双翅目昆虫；
2. 掌握各目昆虫主要的分类特征；
3. 掌握各目主要科的分类特征；
4. 学习利用二项式检索表进行昆虫分类鉴定。

实验要求

1. 认真观察昆虫标本，重点是口器类型、翅的类型、触角类型、足的特化类型等，掌握各类昆虫最显著的识别特征；
2. 能正确区分常见科的昆虫；
3. 能够根据检索表鉴定不同的昆虫；
4. 能够自己编制二项式检索表。

实验材料

步甲、虎甲、龙虱、天牛、瓢甲、鳃金龟、丽金龟、拟步甲、花金龟、象甲、锹甲、犀金龟、家蝇、食蚜蝇、食虫虻、大蚊、蚊子等针插标本及浸渍标本。

实验用具

解剖镜、镊子、培养皿、蜡盘、解剖针、大头针、昆虫针等。

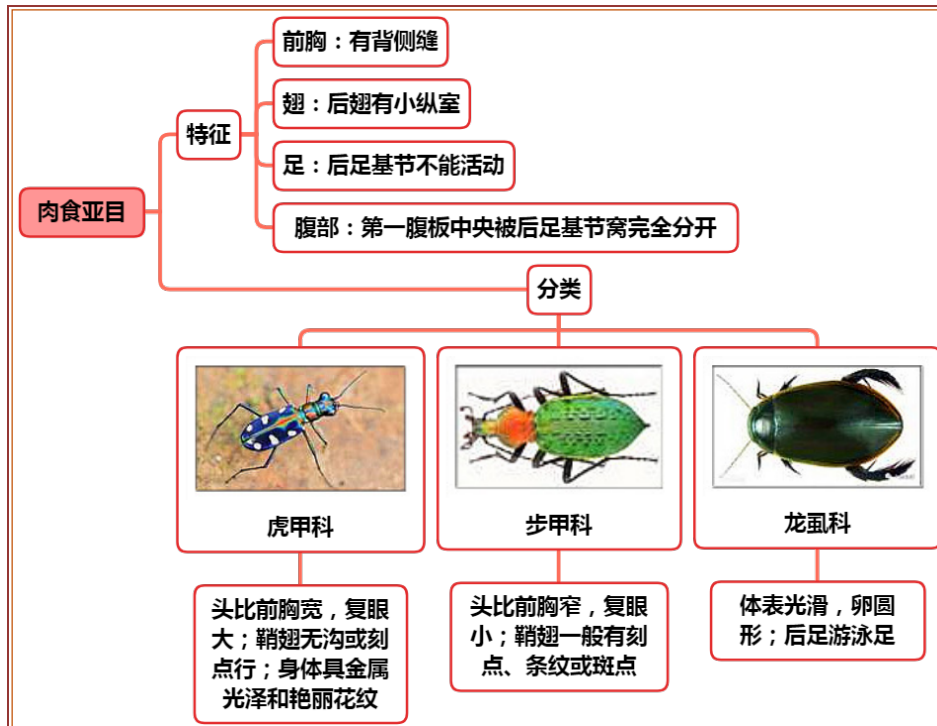
理论知识复习

一、鞘翅目的特征与分类

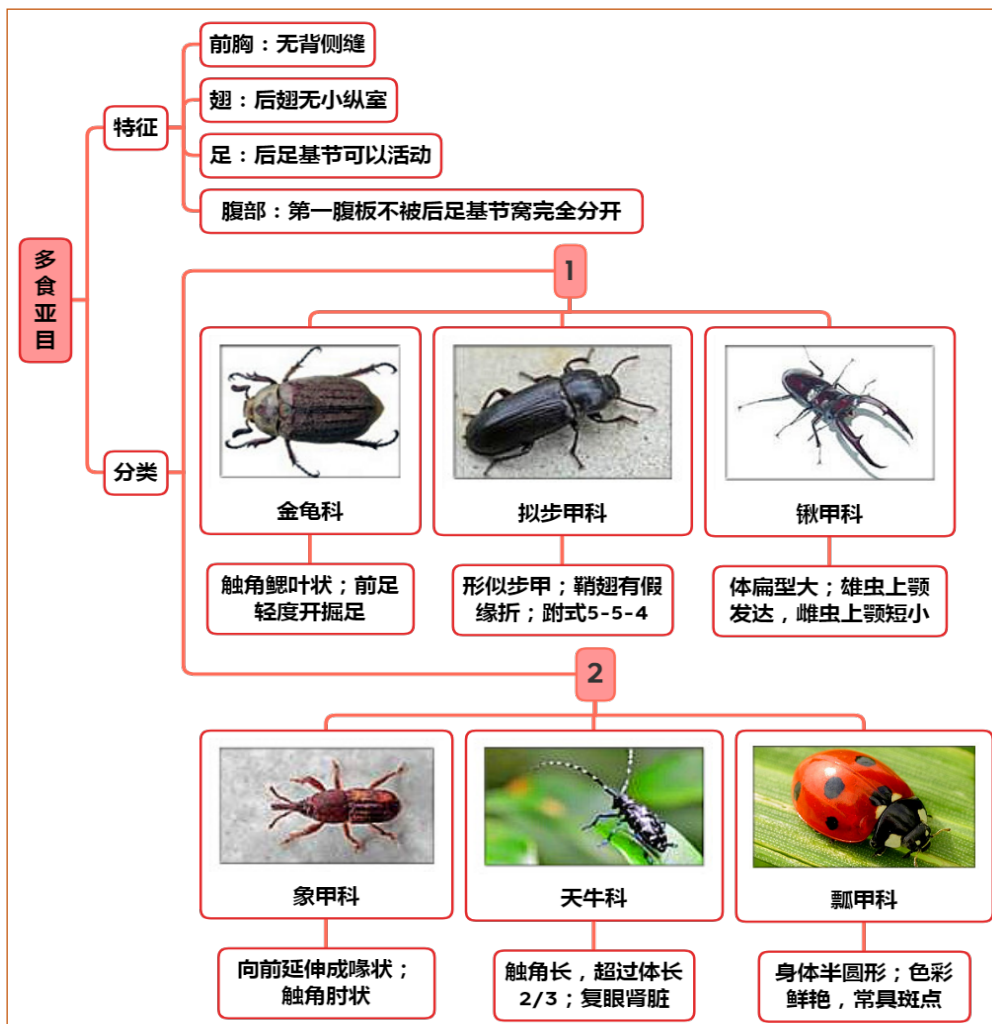
1. 目的特征与分类



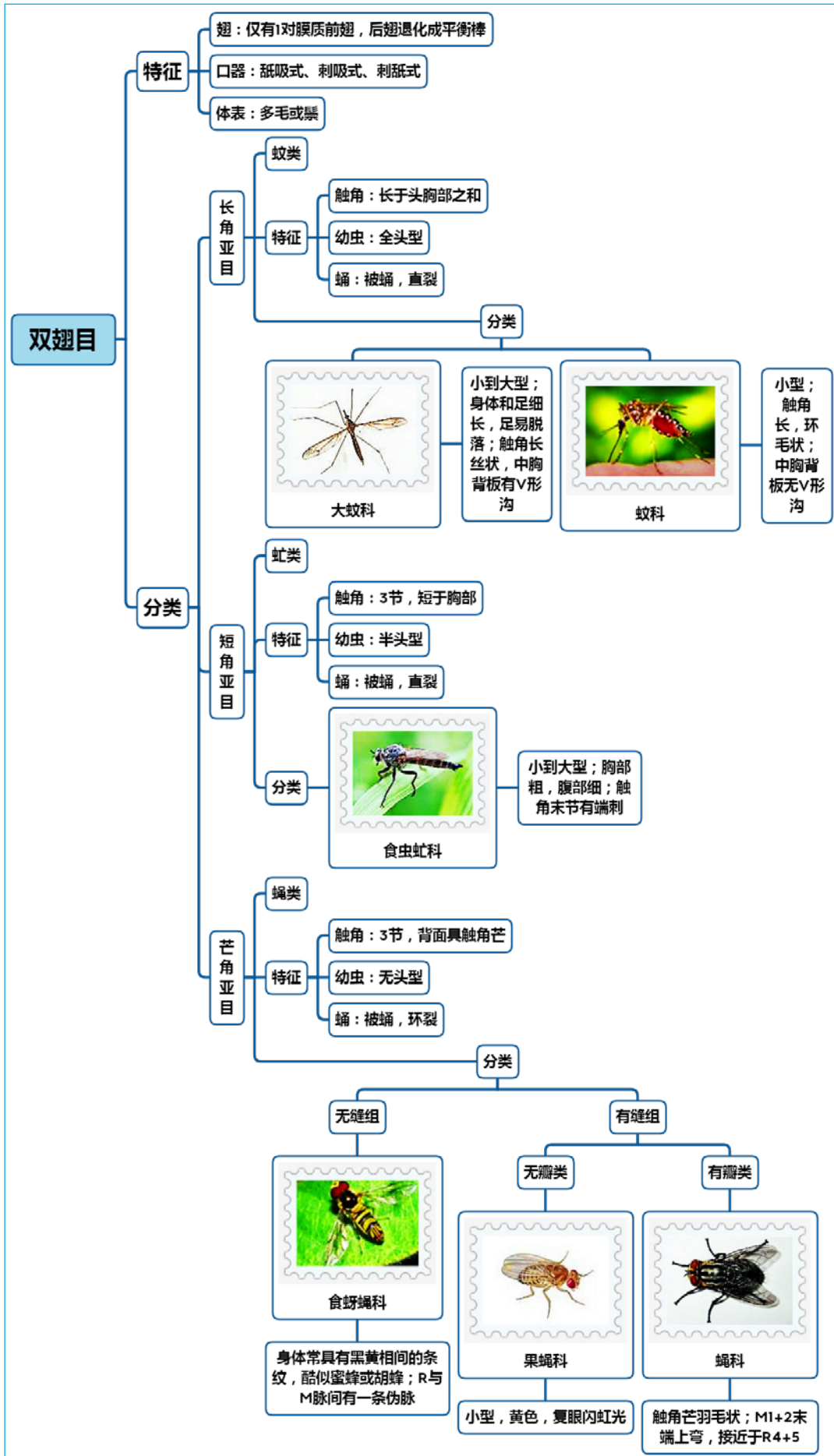
2. 肉食亚目的特征与分类



3. 多食亚目的特征与分类



二、双翅目的特征与分类



实验内容与方法

一、对所给昆虫标本进行分目鉴定

观察鞘翅目和双翅目昆虫标本，根据体壁的骨化程度、触角类型、口器类型、翅的类型和特化、胸足类型以及其他特征，对所给昆虫标本按目进行分类，并掌握鞘翅目和双翅目主要特征。

1. 鞘翅目特征

咀嚼式口器，触角多变，丝状、鳃状、锯齿状；前翅鞘翅，后翅膜翅；身体强烈骨化、坚硬；前胸背板发达，中胸仅露出小盾片；腹部大部分或全部被前翅覆盖。

2 双翅目特征

体多具细毛或鬃毛；前翅膜翅，后翅退化成平衡棒；舐吸式口器（蝇类）、刺吸式口器（蚊类）或刺舐式口器（吸血虻类）；触角多变，丝状、具芒状、牛角状。

二、对鞘翅目和双翅目昆虫进行分亚目或分科

根据检索表，对鞘翅目和双翅目昆虫标本进一步分亚目、分科，注意总结亚目或科的主要特征。

1. 鞘翅目分亚目特征

鞘翅目一般分为 4 个亚目，分别是：

（1）原鞘亚目

前胸有背侧缝；后翅有小纵室；后足基节不固定在后胸腹板上，能活动；第 1 腹板不被后足基节完全切开；幼虫无尾突。1 总科——长扁甲总科，种类非常少。

（2）菌食亚目

小型甲虫，触角棒状；前胸具背侧缝；后翅具纵室，边缘有长缨毛；跗式 3-3-3。1 总科——球甲总科，取食藻类，种类非常少。

（3）肉食亚目

前胸有背侧缝；后翅具小纵室；后足基节固定在后胸腹板上，不能活动；第 1 腹板中央完全被后足基节窝所分开；幼虫蛎型；上颚无白齿区；胸足 5 节；大部分种类具分节的尾突。包括 1 个总科——步甲总科，种类数量较多。

（4）多食亚目

前胸无背侧缝；后翅无小纵室；后足基节可动，不固定在后胸腹板上；第 1 腹板不被后足基节窝完全分开，其后缘横贯整个腹部。包含 18 个总科，种类数量极多。

观察鞘翅目标本，鉴定其所属的亚目。

2. 鞘翅目常见科（亚科）的主要特征

（1）步甲科：头比前胸窄，复眼小；鞘翅一般有刻点、条纹或斑点。

（2）虎甲科：头比前胸宽，复眼大；鞘翅无沟或刻点行；身体具金属光泽和艳丽花纹。

（3）龙虱科：体表光滑，卵圆形；后足游泳足。

（4）天牛科：触角长，超过体长 2/3；复眼肾脏形；部分种类前胸两侧有角状突起。

（5）瓢甲科：身体半圆形；色彩鲜艳，长有斑点。

（6）鳃金龟亚科：体粗壮，卵圆形或长形；触角鳃叶状；前足胫节扁平，轻度开掘足。

（7）丽金龟亚科：虫体常有金属光泽；触角鳃叶状；前足轻度开掘足。

（8）花金龟亚科：身体艳丽，有花斑或粉层；鞘翅外缘在肩后凹陷。

注意：鳃金龟、丽金龟、花金龟外形非常类似，需要认真观察比较。

（9）拟步甲科：形似步甲；鞘翅有发达的假缘折；跗式 5-5-4（步甲 5-5-5）。

（10）象甲科：头向前延伸成喙状；触角肘状。

（11）锹甲科：体扁平，体型大；雄虫上颚发达，雌虫上颚短小。

（12）犀金龟科：体大型，粗壮；雄虫头部和前胸有发达的角状突起，雌虫光滑。

3. 双翅目分亚目特征

双翅目一般分为 3 个亚目，分别是：

(1) 短角亚目

触角短，不长于胸部，3节，具分节或不分节的端芒；下颚须1或2节，不下垂；翅具中室，肘室在翅缘前收缩或封闭；幼虫半头型，上颚可上下活动；蛹多为围蛹，成虫羽化时，由蛹背面直裂。本亚目昆虫通称虻类。

(2) 长角亚目

触角长，一般长于头、胸部之和；下颚须4—5节，下垂；翅多无中室；幼虫全头型，上颚能左右活动；多为裸（离）蛹，羽化时蛹壳自背面直裂。本亚目是双翅目中较原始的类群，一般通称为蚊类。

(3) 芒角亚目

触角短，分3节，第3节背面具触角芒；下颚须1节；幼虫无头型（蛆型）；蛹为围蛹，羽化时蛹体前端呈环形裂开。本亚目昆虫一般称为蝇类。根据头部有无额囊缝又可以分为有缝组和无缝组，其中，有缝组根据翅瓣的有无又可以分为有瓣类和无瓣类。

观察双翅目昆虫标本，鉴定其所属的亚目。

4. 双翅目常见科的主要特征

- (1) 蝇科：小到中型，黑灰色；触角短，触角芒羽毛状；M1+2末端上弯，接近于R4+5。
- (2) 食蚜蝇科：身体常具有黑黄相间的条纹，酷似蜜蜂或胡蜂；R与M脉间有一条伪脉。
- (3) 果蝇科：小型；复眼有闪光。
- (4) 食虫虻科：小到大型；胸部粗，腹部细；触角末节有端刺。
- (5) 大蚊科：小到大型；身体和足细长，足易脱落；触角长，丝状，中胸背板有V形沟。
- (6) 蚊科：小型；触角长，环毛状；中胸背板无V形沟。

作业与思考题

1. 编制二项式检索表，把实验中所观察的昆虫标本区分开。
2. 列表比较双翅目各类昆虫特征的异同。
3. 为什么大蚊不吸血？
4. 列表比较鞘翅目各类昆虫触角、前足基节窝、跗式、口器、鞘翅等特征的异同。
5. 绘图比较鳃金龟、花金龟、丽金龟特征的异同。
6. 绘家蝇和果蝇的翅脉特征图。

小结与知识拓展

1. 鞘翅目的幼虫类型

鞘翅目的幼虫有六种形态，分别是：

(1) 蛴形幼虫

体壁坚硬，胸足发达、5节，第9腹节有尾突。行动活泼，捕食性，如肉食亚目、隐翅虫总科等，是重要的天敌。

(2) 金针虫形幼虫

体壁坚韧，胸足不太发达、4节，不太活泼。植食性，生活于土壤内，是叩头甲科对幼虫，是北方地区三大地下害虫之一。常见种类如沟金针虫、细胸金针虫等。

(3) 伪蠹型幼虫

体壁柔软，胸足不发达、4节，无腹足，不活泼，食叶。如叶甲、皮蠹等的幼虫。

(4) 蛴螬形幼虫

身体柔软，体肥大而弯曲，呈“C”字形，胸足退化、4节，不善爬行，气门筛板状，生活于土壤内，主要是金龟类幼虫，部分种类是腐食性，部分种类是植食性，在地下啃食幼苗、种子、幼根、幼茎等，是北方三大地下害虫之一。

(5) 象虫形幼虫

体柔软、肥胖，近圆筒形，虫体弯曲，中部隆起，足退化，生活在隐蔽环境中，常见于象虫和豆象幼虫。第一大仓储害虫玉米象的幼虫即是此类幼虫，生活在谷物颗粒之中，但不能生活在

面粉中。

(6) 无足形幼虫

体细长、扁平，头小，足退化，在茎干内蛀隧道，如天牛、吉丁虫和隐唇叩头虫等。该种虫类是前口式咀嚼式口器，适宜于在树木里面蛀食危害，会导致整株树死亡。常见的如星天牛等。

2. 鞘翅目与农业生产的关系

鞘翅目是昆虫纲中最大的一个目，占整个昆虫纲种类的 1/3 左右，其生存环境多变、食性多变，以植物为食的种类极多，害虫的种类最多，因而是农林业害虫的主要来源之一。

据统计，我国的仓库害虫总数有 230 种之多，其中鞘翅目害虫有 180 多种，占 80% 左右，远高于其他种类之和，其他国家莫不如此。鞘翅目害虫之所以在仓库中如此猖獗，与其极强的适应能力有关。如谷斑皮蠹，该虫具有很强的抗逆性能，在 49-52℃ 的高温下，杀死 95% 卵需要 228-232 分钟；幼虫有很强的耐饥性和抗寒力，在低温下 (-6.7℃) 能活 36-50 天。在不适宜条件下（如温度低于 -20℃）幼虫全部进入滞育，即令在高温（30℃）下也有部分幼虫进入滞育状态，并有很强的生活力，有的能活 2-4 年仍不化蛹。由于谷斑皮蠹具有如此顽强的特性，这是它得以广泛传播分布的主要原因。

2020 年 11 月，农业农村部发布了最新的植物检疫名录，昆虫类检疫对象有 9 种，其中鞘翅目占据 4 席：

序号	昆虫种类	学名
1	菜豆象	<i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say)
2	蜜柑大实蝇	<i>Bactrocera tsuneonis</i> (Miyake)
3	四纹豆象	<i>Callosobruchus maculatus</i> (F.)
4	苹果蠹蛾	<i>Cydia pomonella</i> (L.)
5	葡萄根瘤蚜	<i>Daktulosphaira vitifoliae</i> Fitch
6	马铃薯甲虫	<i>Leptinotarsa decemlineata</i> (Say)
7	稻水象甲	<i>Lissorhoptrus oryzophilus</i> Kuschel
8	红火蚁	<i>Solenopsis invicta</i> Buren
9	扶桑绵粉蚧	<i>Phenacoccus solenopsis</i> Tinsley

3. 双翅目人类的关系

双翅目昆虫没有鞘翅目多，但它们对人类生活的影响一点也不比鞘翅目差，甚至有过之而无不及，主要表现在以下诸方面：

(1) 对农业生产的有害性。双翅目昆虫许多种类都是以植物为食，危害农作物，如柑桔实蝇，会在柑橘类水果中蛀食危害；韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysia odoriphaga* (韭蛆) 在韭菜的根部危害；美洲斑潜蝇危害瓜类和豆类的叶片，小麦吸浆虫危害小麦等，每年都会对农业生产造成巨大的经济损失。

(2) 对人类健康的危害。相比对植物的危害，双翅目害虫对人类的危害则更为严重，许多蚊类都是人类传染病的罪魁祸首。世界卫生组织统计，全世界的流行性疾病，2/3 都是由昆虫传播的，而传播的主要媒介就是蚊类和蝇类。例如，疟疾 (Malaria) 的传播即是通过蚊子吸血来传播的。当蚊子在疟疾病人身上吸血后，疟疾病菌即进入并留存在它的口器中，当蚊子再次刺吸健康人时，病菌即随着蚊子的唾液进入人体内，使人染病，所以，要消灭疟疾必先消灭蚊子，阻断传播途径。但是，时至今日，蚊子依然无法彻底消灭，也不可能被消灭。防治疟疾的另外一条途径是发明特效药，能够及时、有效的治疗得病的病人。我国科学家屠呦呦教授在长期的研究中发现，从青蒿中提取的青蒿素可以用来防治疟疾，效果显著，这一成果在疟疾流行病区取得了很好的效果，挽救了许多人的生命，屠呦呦教授也因为这一突出贡献获得了 2015 年的诺贝尔生理和医学奖，成为我国本土自然科学领域获得诺奖的第一人。

有益性。尽管双翅目昆虫对植物、对动物都有严重的危害，但也并不是一无是处。许多蝇类喜欢取食花粉、花蜜，对植物的传粉有非常好的作用，如食蚜蝇是仅次于蜜蜂的第二大传粉昆

虫, 在野生环境下承担了 30% 的传粉任务, 甚至有的科学家正在认真考虑研究用食蚜蝇来代替蜜蜂进行传粉。另外, 食蚜蝇的幼虫也是捕食蚜虫的能手, 可以用来控制蚜虫, 一举两得。

附录

鞘翅目成虫亚目、总科检索表

- 1 后翅有 m-cu 横脉构成的小纵室.....2
后翅无小纵室(多食亚目 Polyphaga).....4
- 2 触角锤状(菌食亚目 Myxophaga).....球甲总科 Sphaerioidea
触角丝状或念珠状.....3
- 3 腹部第 1 可见腹板不完全被后足基节分割开(原鞘亚目 Archostemata).....
.....长扁甲总科 Cupedoidea
腹部第 1 可见腹板完全被后足基节分割开(肉食亚目 Adephaga).....
.....步甲总科 Caraboidea
- 4 头延伸成喙.....象甲总科 Curculionoidea
头不延伸成喙.....5
- 5 触角鳃叶状.....金龟子总科 Scarabaeoidea
触角不呈鳃状.....6
- 6 跗节 5 节, 第 4 节极小, 为隐 5 节.....叶甲总科 Chrysomeloidea
跗节 5 节或 4 节, 绝不隐 5 节.....7
- 7 下颚须几乎总是等于或长于触角.....水龟虫科 Hydrophiloidea
下颚须明显短于触角.....8
- 8 鞘翅极短, 末端横截, 腹末数节外露, 触角非膝状, 前足非开掘式, 腹部常露出 3 节以
上.....隐翅甲总科 Staphylinoidea
鞘翅盖住腹部大部分, 若短则柔软, 末端不横截, 或腹部露出 1-2 节.....9
- 9 触角端部节一般不膨大呈锤状.....10
触角端部节膨大, 锤状.....13
- 10 前胸腹板有向后延伸的突起, 嵌在中胸腹板上.....11
前胸腹板无向后延伸的突起, 腹部可见腹板不多于 6 节, 鞘翅坚硬, 触角非羽状或扇
状.....12
- 11 后胸腹板有 1 条横沟, 前胸固定不能活动, 腹板突扁平, 第 1、2 节腹板间缝不明显.....
.....吉丁甲总科 Buprestoidea
后胸腹板无横沟, 前胸能活动, 腹板突刺状, 第 1、2 节腹板间缝明显.....
.....叩头甲总科 Elateroidea
- 12 后足基节扩大或片状, 盖住腿节, 若不明显, 则触角端部 3 节特别长, 跗节最末 1 节长于
其余各节之和.....花甲总科 Dascilloidea
后足基节不呈片状扩大, 中垫大而多毛, 后足基节扁平.....郭公甲总科 Cleroidea
- 13 体扁平, 背面平板状, 两侧平行, 或跗节 5-5-4 式.....扁甲总科 Cucujoidea
体不如上述.....14
- 14 后足基节扩大如瓣状, 盖住腿节, 前足基节圆锥形, 显著突出, 后足基节呈板状并具容纳
腿节的沟, 单眼常 1 个.....皮蠹总科 Dermestoidea
后足腿节不扩大为瓣状, 跗节 5 节, 第 1 节常极短, 与第 2 节分界线不明显, 前足基节球
形或锥性突出.....长蠹总科 Bostrychoidea

双翅目成虫分科检索表

- 1 触角 6 节以上; 下颚须 4-5 节; 幼虫多为全头型(长角亚目 Nematocera).....2

	触角 5 节以下; 下颚须 1-2 节.....	25
2	翅宽, 脉明显, 缘毛短.....	3
	翅窄条状, 脉极退化, 缘有长缨毛.....	缨翅蚊科 Nymphomyiidae
3	翅脉间有网状折痕.....	4
	翅脉间无网状折痕.....	5
4	翅宽大成扇状; 触角鞭节分 4 节; 无单眼.....	拟网蚊科 Deuterophlebiidae
	翅狭长; 触角鞭节分 11-13 节; 有单眼.....	网蚊科 Blephariceridae
5	中胸背板有“V”形沟; 足细.....	6
	中胸背板无“V”形沟.....	9
6	平衡棒无附属物.....	7
	平衡棒基部有附属物; 翅面有伪脉状褶.....	褶蚊科 Ptychopteridae
7	2 条臀脉.....	8
	1 条臀脉; 臀叶发达.....	颈蚊科 Tanyderidae
8	有单眼; 中胸背板无完整的“V”形沟; 第 2 条臀脉短.....	毫蚊科 Trichoceridae
	无单眼或单眼退化; 中胸背板有完整的“V”形沟; 第 2 条臀脉长.....	大蚊科 Tipulidae
9	无单眼.....	10
	有单眼.....	18
10	翅有 10-11 条脉伸达翅缘; 前缘脉环绕翅缘.....	11
	翅最多有 7 条脉伸达翅缘; 前缘脉终于翅端附近.....	14
11	翅狭长而端圆; 翅基室长.....	12
	翅宽而端尖; 翅基室短, 近翅基部.....	蛾蠓科 Psychodidae
12	体翅无鳞片; 喙短.....	13
	体翅有鳞片; 喙长.....	蚊科 Culicidae
13	R_{2+3} 直; 触角有长而密的环毛.....	幽蚊科 Chaoboridae
	R_{2+3} 向前弓弯; 触角有短而稀疏的毛.....	细蚊科 Dixidae
14	翅有 6-7 条脉伸达翅缘; 前缘脉在 R_{4+5} 末端下无缺刻.....	15
	翅有 2-4 条脉伸达翅缘; 前缘脉在 R_{4+5} 末端下有缺刻.....	瘿蚊科 Cecidomyiidae
15	触角短, 约与头等长.....	16
	触角长, 至少为头长的 2 倍.....	17
16	有 R_{2+3}	奇蚋科 Thaumaleidae
	无 R_{2+3}	蚋科 Simuliidae
17	中脉明显 2 条; 径脉伸达翅缘不多于 2 条.....	蠓科 Ceratopogonidae
	中脉明显 1 条; 径脉有 3 条伸达翅缘.....	摇蚊科 Chironomidae
18	R_{2+3} 与 R_{4+5} 之间无横脉.....	19
	R_{2+3} 与 R_{4+5} 之间有横脉.....	粗脉蚊科 Pachyneuridae
19	径脉不多于 3 条.....	20
	径脉有 4 条; 爪垫发达.....	极蚊科 Axymyiidae
20	翅有中室.....	21
	翅无中室.....	殊蠓科 Anisopodidae
21	爪垫和中垫无或退化.....	22
	爪垫和中垫均发达.....	毛蚊科 Bibionidae
22	复眼在触角下远离, 背面分开或相接.....	23
	复眼在触角下相接, 背面则合并.....	联脉蚊科 Synneuridae
23	足胫节有端距; 翅脉大多明显.....	24
	足胫节无端距; 翅脉仅前缘脉和径脉明显, 其余微弱.....	粪蚊科 Scatopsidae

24	复眼背面相接.....	眼蕈蚊科 Sciaridae
	复眼左右远离.....	菌蚊科 Mycetophilidae
25	触角第3节分节不明显或具端刺; 幼虫半头型(短角亚 Brachycera).....	26
	触角第3节较粗大, 具触角芒; 幼虫无头型(环列亚目 Cyclorrhapha).....	44
26	爪间突垫状.....	27
	爪间突刚毛状或完全缺如.....	37
27	头部较大, 其宽度超过胸部的一半; 腋瓣较小, 小于头宽.....	28
	头部很小, 其宽度通常不超过胸部的一半; 腋瓣很大, 大于头宽.....	小头虻科 Acroceridae
28	翅脉正常, 径脉和中脉的分支向外伸较分开, 无斜脉从第1基室端部直伸向翅后缘.....	29
	翅脉特殊, 径脉和中脉的分支向前弯终止于翅顶角前, 有1支斜脉从第1基室端部直伸向翅后缘.....	网翅虻科 Nemestrinidae
29	唇基强列隆突.....	30
	唇基较平.....	32
30	后胸气门后有鳞形片; 雌性尾须1节.....	31
	后胸气门后无鳞形片; 雌性尾须2节.....	鹬虻科 Rhagionidae
31	下腋瓣很大; 触角鞭节非肾形、多节, 无触角芒; 前缘室开放.....	虻科 abanidae
	下腋瓣小; 触角鞭节肾形, 有亚端生的触角芒; 前缘室关闭.....	伪鹬虻科 Athericidae
32	前胸腹板与前胸侧板愈合; 前缘脉终止于 M_2 末端处或之前.....	33
	前胸腹板与前胸侧板分开; 前缘脉环绕整个翅缘, 若不如此则触角鞭节10节以上呈锯齿状或栉状.....	34
33	后足胫节有距; 第4后室关闭; 翅脉位置不前移; 盘室大.....	木虻科 Xylomyidae
	后足胫节无距; 第4后室开放; 翅脉位置前移; 盘室小.....	水虻科 Stratiomyidae
34	R_5 明显终止于翅顶角之后.....	35
	终止于翅顶角前.....	36
35	翅瓣发达, 缘隆突.....	臭虻科 Coenomyiidae
	翅瓣窄, 缘直.....	穴虻科 Vermileonidae
36	触角鞭节8节, 非栉状或锯齿状.....	食木虻科 Xylophagidae
	触角鞭节至少10节, 栉状或锯齿状.....	肋角虻科 Rachiceridae
37	臀室远离翅缘较远处关闭, 有时退化.....	38
	臀室开放或在翅后缘附近关闭.....	39
38	第2基室和盘室分开; 体无金绿色.....	舞虻科 Empididae
	第2基室和盘室愈合; 体一般金绿色.....	长足虻科 Dolichopodidae
39	颜中部隆突, 有口鬃; 头顶凹陷.....	40
	颜中部不隆突, 无口鬃; 头顶不凹陷.....	41
40	有3单眼.....	食虫虻科 Asilidae
	仅有1单眼.....	拟食虫虻科 Mydidae
41	M_1 不向前弯; 腹部第2背板中央无刺或齿带.....	42
	M_1 向前弯向 R_5 , 终止于翅端之前或 R_5 ; 腹部第2背板中央有刺或齿带; 鞭节1节, 末端有1微小的刺突.....	窗虻科 Scenopidae
42	复眼内缘在触角之下大致直.....	43
	复眼内缘在触角附近明显向外呈弧形拱突.....	喜虻科 Hilarimorphidae
43	第2基室端部有4个角; 身体有粗鬃.....	剑虻科 Therevidae
	第2基室端部有3个角; 身体一般无粗鬃.....	蜂虻科 Bombylidae
44	无额囊缝或新月片(无缝组 Aschiza).....	45
	有额囊缝或新月片(有缝组 Schizophora).....	49

45	翅无中室.....	46
	翅有中室.....	47
46	翅端尖, 有横脉和小的基室.....	尖翅蝇科 Lonchopgteridae
	翅端钝圆, 无横脉和基室.....	蚤蝇科 Phoridae
47	头不特别大.....	48
	头极大.....	头蝇科 Pipunculidae
48	翅 R_{4+5} 与 M_{1+2} 之间无伪脉.....	扁足蝇科 Platypezidae
	R_{4+5} 与 M_{1+2} 之间有一条两端游离的伪脉.....	食蚜蝇科 Syrphidae
49	体正常; 足基节不宽地分开.....	50
	体背腹扁平; 足基节宽地分开 (蛹蝇类 Pupipara)	120
50	翅有下腋瓣 (有瓣类 Calypratae)	51
	前翅无下腋瓣 (无瓣类 Acalypratae)	61
51	口孔小.....	52
	口孔正常.....	54
52	M_{1+2} 向翅前缘弯曲; 下腋瓣大.....	53
	M_{1+2} 直, 小腋瓣小.....	胃蝇科 Gasterophilidae
53	颜中部窄.....	狂蝇科 Oestridae
	颜中部不变窄.....	皮蝇科 Hypodermatidae
54	下侧片无鬃或有不成列的鬃; 翅侧片无毛或鬃.....	55
	下侧片有成列的鬃; 翅侧片有毛或鬃.....	58
55	下腋瓣发达.....	56
	下腋瓣很不发达, 近线形.....	粪蝇科 Scathophagidae
56	Cu_1+A_1 不伸达翅后缘; M_{1+2} 端部弯曲.....	57
	Cu_1+A_1 伸达翅后缘; M_{1+2} 端部直.....	花蝇科 Anthomyiidae
57	Cu_1+A_1 长于 A_2 , A_2 不弯曲.....	蝇科 Muscidae
	Cu_1+A_1 短, A_2 强烈向前弯曲.....	厕蝇科 Fanniidae
58	后小盾片不明显.....	59
	后小盾片发达, 呈垫状.....	寄蝇科 Tachinidae
59	外肩后鬃位置比沟前鬃高或在同一水平; 背侧片仅有 2 鬃 (极少有 3 鬃), 前胸基腹片无毛.....	60
	外肩后鬃位置比沟前鬃低; 背侧片常有 4 鬃; 前胸基腹片一般具毛.....	丽蝇科 Calliphoridae
60	触角芒基半部有羽状毛, 端半部裸或具小毛.....	麻蝇科 Sarcophagidae
	触角芒有短细毛.....	邻寄蝇科 Rhinophoridae
61	喙短.....	62
	喙很长, 膝状弯曲.....	眼蝇科 Conopidae
62	前缘脉完整; 亚前缘脉通常与 R_1 明显分终止于翅前缘.....	63
	前缘脉不完整, 有缺刻; 亚前缘脉不完整, 不终止于翅前缘.....	86
63	亚前缘脉完整, 终止于翅前缘; 有臀室.....	64
	亚前缘脉不完整, 不终止于翅前缘; 臀室小或无.....	85
64	有鬃.....	65
	无鬃.....	68
65	下颏须发达.....	66
	下颏须很小; 头球形, 腹部基部狭窄.....	鼓翅蝇科 Sepsidae
66	胸部隆突.....	67

	胸部扁平; 体和足有粗鬃.....	扁蝇科 Coelopidae
67	触角第 2 节外缘有角突; 胫节有端前鬃.....	腐木蝇科 Clusiidae
	触角第 2 节外缘无角突; 胫节无端前鬃.....	巢蝇科 Neottiophilidae
68	第 1 后室末端窄或关闭; 腹部和足细长.....	69
	第 1 后室开放, 如狭窄, 则腹部短; 足不细长.....	72
69	眼大, 颊窄.....	70
	眼中等大, 颊不窄.....	71
70	前胸小; 有单眼鬃和肩鬃.....	瘦腹蝇科 Tanypezidae
	前胸细长; 无单眼鬃和肩鬃.....	马来蝇科 Nothybidae
71	前足比中后足短, 前足基节短; 触角第 2 节无指状突.....	瘦足蝇科 Micropezidae
	前足比中后足长, 前足基节长; 触角第 2 节有指状突.....	指角蝇科 Eriidae
72	部分或全部足胫节有端背鬃.....	73
	足胫节无端背鬃.....	77
73	小盾片小, 不盖住翅和腹部.....	74
	小盾片很大, 盖住翅和腹部, 外观类似甲虫.....	甲蝇科 Celyphidae
74	胸部突起.....	75
	胸部扁平; 体和足有粗鬃.....	扁蝇科 Coelopidae
75	臀脉长, 伸达翅后缘; 后顶鬃平行或分歧; 触角第 2 节极少有背鬃.....	76
	臀脉短; 后顶鬃汇合或交叉; 触角第 2 节有背鬃.....	缟蝇科 Lauxaniidae
76	R_1 长, 在翅中央以后终止前缘脉; 上唇基明显.....	圆头蝇科 Dryomyzidae
	R_1 短, 在翅中央以前终止前缘脉; 上唇基退化.....	沼蝇科 Sciomyzidae
77	头部不侧向延伸.....	78
	头部侧向延伸呈长柄状.....	突眼蝇科 Diopsidae
78	Cu_1+A_1 不曲折成一角度, 臀室无尖的端角; R_1 无毛.....	79
	Cu_1+A_1 曲折成一角度, 臀室有尖的端角; R_1 常有毛.....	81
79	后足腿节常细, 无腹齿; 基室短.....	80
	后足腿节很粗, 有腹齿; 基室长.....	刺股蝇科 Megamerinidae
80	下颚须发达; 后顶鬃汇合.....	斑腹蝇科 Chamaemyiidae
	下颚须很小; 后顶鬃分歧.....	鼓翅蝇科 Sepsidae
81	第 1 径脉常有毛, 若无毛则第 1 后室端不窄.....	82
	第 1 径脉常无毛; 第 1 后室端窄或关闭.....	小金蝇科 Ulidiidae
82	有单眼; 产卵器扁平.....	83
	无单眼; 产卵器圆锥状.....	羌蝇科 Pyrgotidae
83	触角第 3 节端尖.....	84
	触角第 3 节端钝.....	邻斑蝇科 Pterocallidae
84	口孔很大; 无前胸侧片鬃和腹侧片鬃.....	广口蝇科 Iatystomatidae
	口孔较小; 有前胸侧片鬃和腹侧片鬃.....	斑蝇科 Otitidae
85	前缘脉终于 R_{4+5} 端; r-m 位于翅中部.....	树洞蝇科 Periscelididae
	前缘脉终于 M_{1+2} 端; r-m 位于翅基部.....	寡脉蝇科 Asteiidae
86	前缘脉仅有 1 缺刻位于亚前缘脉末端附近.....	87
	前缘脉有 2 缺刻位于肩横脉和亚前缘脉末端附近或仅有 1 缺刻在肩横脉.....	109
87	亚前缘脉完整, 终于前缘脉.....	88
	亚前缘脉不完整, 不终于前缘脉.....	98
88	有鬃.....	89
	无鬃.....	96

89	后顶鬃分歧, 平行或缺.....	90
	后顶鬃汇合或交叉.....	94
90	第 2 基室与中室分开.....	91
	第 2 基室与中室愈合.....	角蛹蝇科 Aulacigstridae
91	触角第 2 节端无角突.....	92
	触角第 2 节端有角突.....	腐木蝇科 Clusiidae
92	复眼圆形; 后头不凹; 产卵管退化.....	93
	复眼大, 半圆形; 后头凹; 产卵管长.....	尖尾蝇科 Lonchaeidae
93	前缘脉无鬃; R_1 无毛; 臀脉短, 不达翅后缘.....	酪蝇科 Piophilidae
	前缘脉有鬃; R_1 有毛; 臀脉达翅后缘.....	巢蝇科 Neottiophilidae
94	亚前缘脉末端与 R_1 愈合.....	95
	亚前缘脉与 R_1 分开, 终于翅前缘.....	日蝇科 Heleomyzidae
95	胫节有端前鬃; 前缘脉有鬃.....	锯翅蝇科 Trixoscelidae
	胫节无端前鬃; 前缘脉无鬃.....	彩眼蝇科 Chyromyide
96	Cu_1+A_1 向后弯曲; 臀脉明显.....	97
	Cu_1+A_1 直; 臀脉退化; 口孔大.....	滨蝇科 Canaceidae
97	头部半球形; 复眼纵半圆形.....	尖尾蝇科 Lonchaeidae
	头部球形; 复眼圆形.....	草蝇科 Pallopteridae
98	无臀室.....	99
	有臀室.....	100
99	单眼三角区大; 后顶鬃汇合或无.....	秆蝇科 Chloropidae
	单眼三角区小; 后顶鬃分歧.....	寡脉蝇科 Asteiidae
100	后足跗节不短粗.....	101
	后足跗节短粗.....	小粪蝇科 Sphaeroceridae
101	后顶鬃分歧或无, 如汇合, 则缝前背中鬃不发达; 侧额鬃前弯.....	102
	后顶鬃汇合; 有缝前背中鬃; 侧额鬃外侧弯.....	岸蝇科 Tethinidae
102	胫节无端前鬃.....	103
	胫节有端前鬃.....	树创蝇科 Odiinidae
103	亚前缘脉端细.....	104
	亚前缘脉端不变细.....	滨蝇科 Canacidae
104	有髭.....	105
	无髭.....	107
105	$r-m$ 与 $m-cu$ 不接近.....	106
	$r-m$ 与 $m-cu$ 相互接近, 位于翅基部.....	奇蝇科 Teratomyzidae
106	后顶鬃汇合或无; 触角芒基节长大于宽.....	小花蝇科 Anthomyzidae
	后顶鬃分歧或无; 触角芒基节长小于宽.....	潜蝇科 Agromyzidae
107	无缝前背中鬃; 无腹侧片鬃.....	108
	有缝前背中鬃; 有 1 根腹侧片鬃.....	禾蝇科 Opomyzidae
108	背侧鬃无或仅 1 根.....	茎蝇科 Psilidae
	背侧鬃 2 根.....	圆目蝇科 Strongylophthalmyidae
109	亚前缘脉端部不直角前弯.....	110
	亚前缘脉端部直角前弯; 臀室有尖的端角.....	实蝇科 Tephritidae
110	亚前缘脉完整, 终于前缘脉.....	111
	亚前缘脉不完整, 端游离或终止于 R_1	112
111	触角缩入沟内; 颜凹.....	尸蝇科 Thyreophoridae

	触角外露; 颜平.....	腐木蝇科 Clusiidae
112	有明显触角芒.....	113
	无明显触角芒, 仅在第 3 节背端角可见 1 小刺.....	隐芒蝇科 Cryptochetidae
113	后顶鬃分歧.....	114
	后顶鬃汇合或平行.....	115
114	有臀室.....	潜蝇科 Agromyzidae
	无臀室.....	水蝇科 Ephydriidae
115	有内弯的下侧额鬃.....	116
	无内弯的下侧额鬃.....	117
116	后顶鬃汇合; 喙长, 膝状.....	叶蝇科 Milichiidae
	后顶鬃平行; 喙短.....	鸟蝇科 Carnidae
117	无臀室.....	118
	有臀室.....	119
118	后足第 1 节短粗.....	小粪蝇科 Sphaeroceridae
	后足第 1 节细长.....	伪禾蝇科 Pseudopomyzidae
119	上前侧片无毛.....	果蝇科 Drosophilidae
	上前侧片后缘有毛.....	小果蝇科 Diastatidae
120	胸部与腹部明显分开, 小盾片发达; 寄生于鸟类与哺乳类.....	121
	中胸短, 似腹节, 无小盾片; 无翅; 与蜜蜂共栖.....	蜂蝇科 Braulidae
121	头大, 不能折入胸部前沟槽内.....	122
	头小, 能折入胸部前沟槽内; 无翅; 寄生于蝙蝠.....	蛛蝇科 Nycteribiidae
122	下颚须扁片状; 有翅时, 有平行纵脉和横脉; 爪简单; 寄生于蝙蝠.....	蝠蝇科 Streblidae
	下颚须细长; 有翅时, 翅脉集中在翅前缘; 爪强; 寄生于鸟类与哺乳类体外.....	虱蝇科 Hippoboscidae

实验二十五 鳞翅目、膜翅目昆虫分类鉴定

实验目的

1. 认识常见的鳞翅目及膜翅目昆虫；
2. 掌握各目昆虫主要的分类特征；
3. 掌握各目主要科的分类特征；
4. 学习利用二项式检索表进行昆虫分类鉴定。

实验要求

1. 认真观察昆虫标本，重点是口器类型、翅的类型、颜色、花纹、触角类型、足的类型等，掌握各类昆虫最显著的识别特征；
2. 能正确区分常见科的昆虫；
3. 能够根据检索表鉴定不同的昆虫；
4. 能够自己编制二项式检索表。

实验材料

夜蛾(棉铃虫)、灯蛾、螟蛾(黄杨绢野螟)、尺蛾、枯叶蛾、天蛾、蚕蛾、天蚕蛾、弄蝶、灰蝶、粉蝶、凤蝶、蛱蝶、叶蜂、树蜂、姬蜂、蜜蜂、胡蜂、泥蜂、木蜂、土蜂等针插标本及浸渍标本。

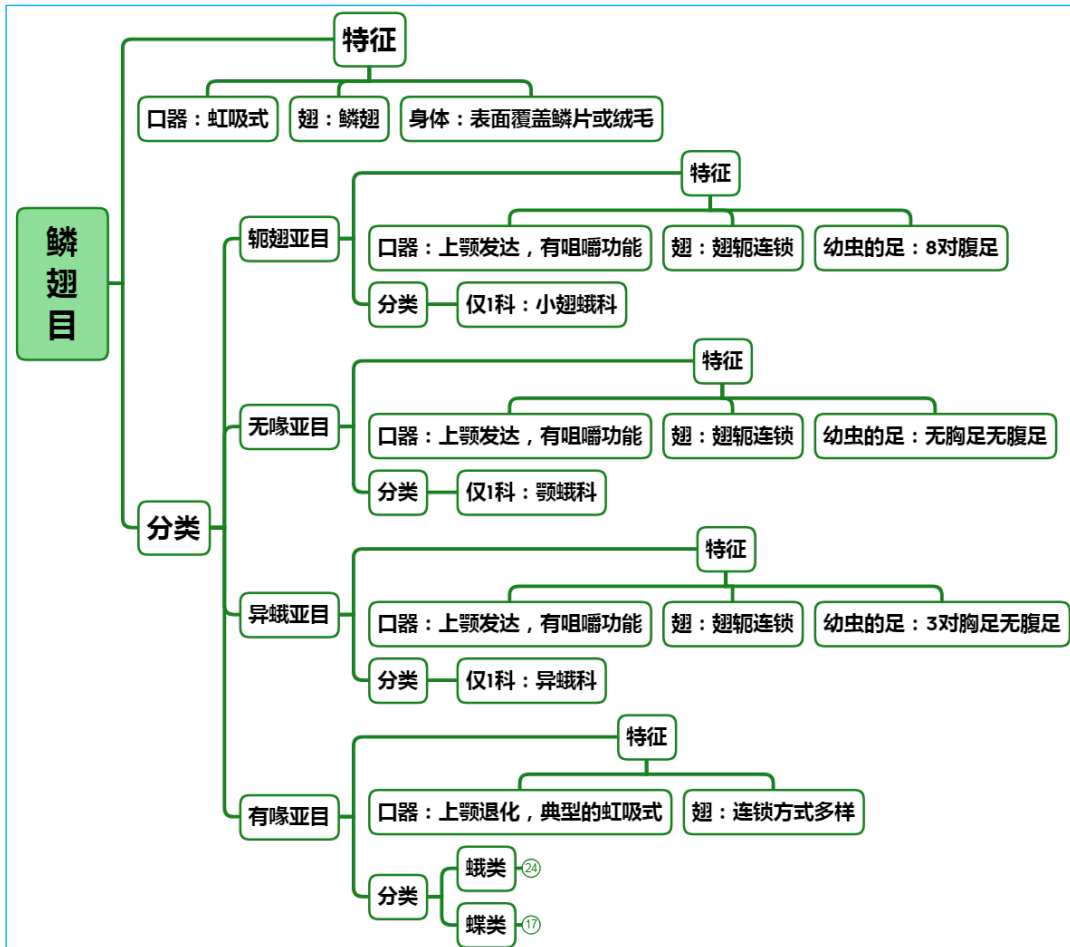
实验用具

解剖镜、镊子、培养皿、蜡盘、解剖针、大头针、昆虫针等。

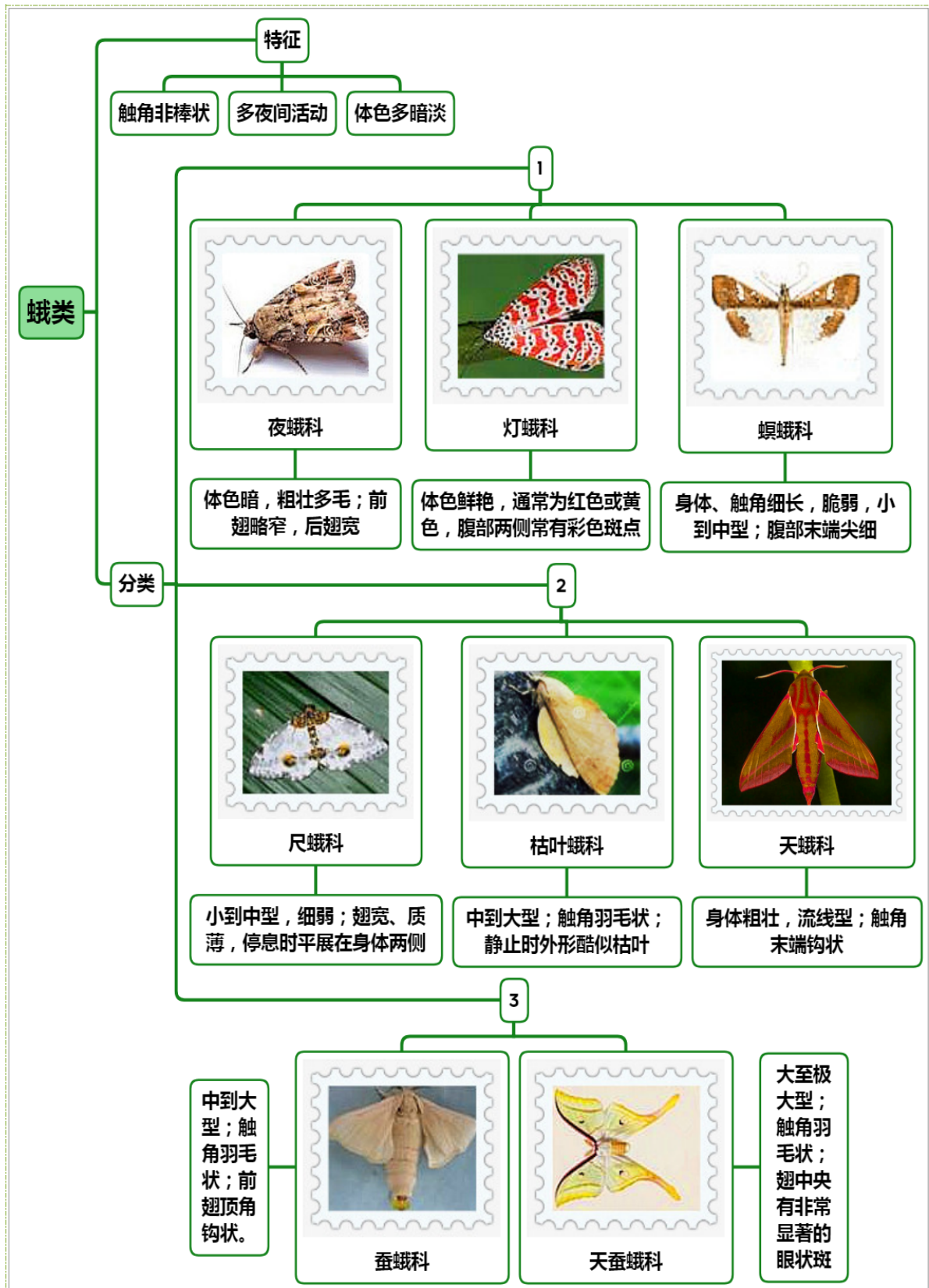
理论知识复习

一、鳞翅目的特征与分类

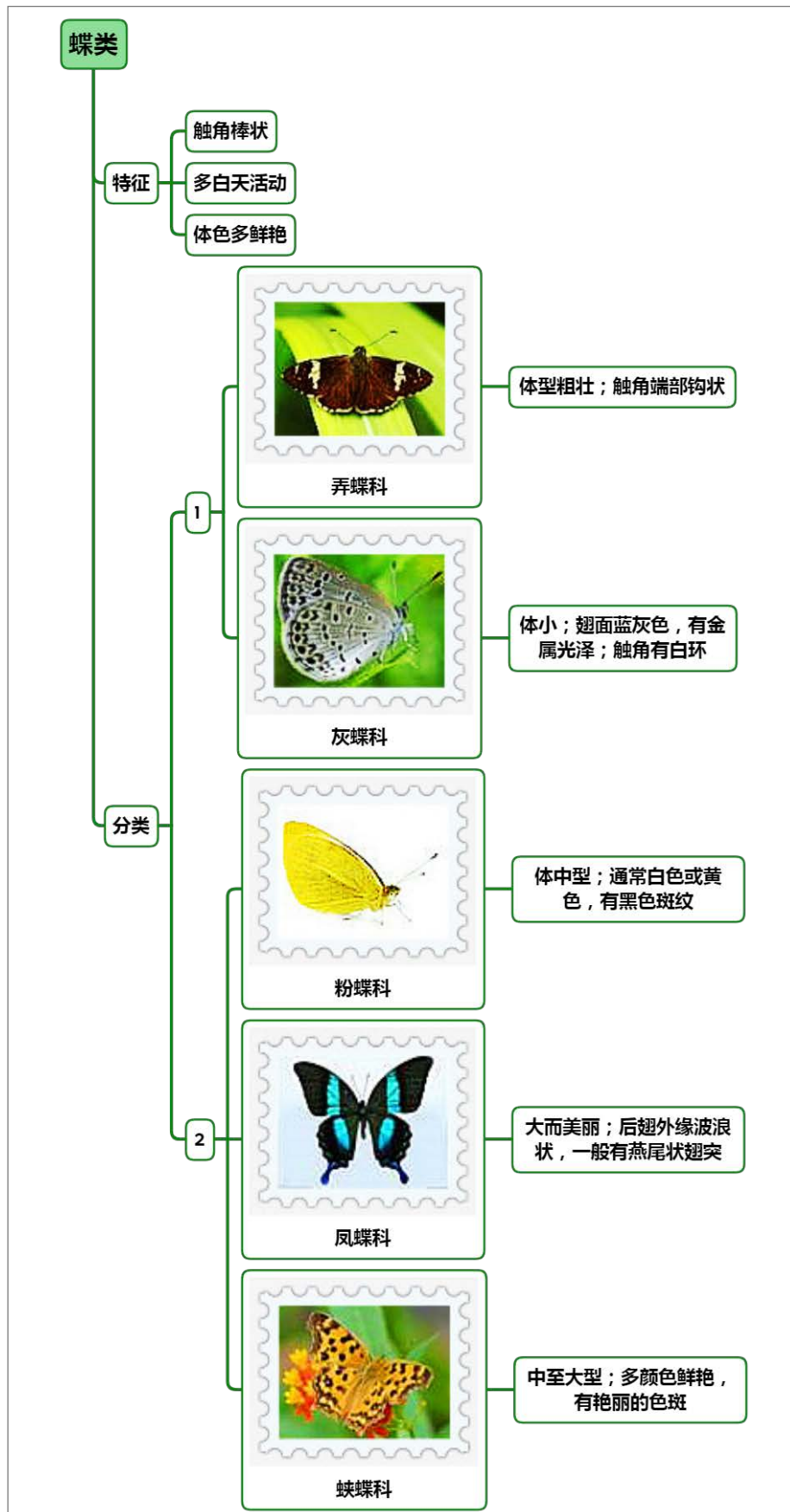
1. 鳞翅目的特征与分类



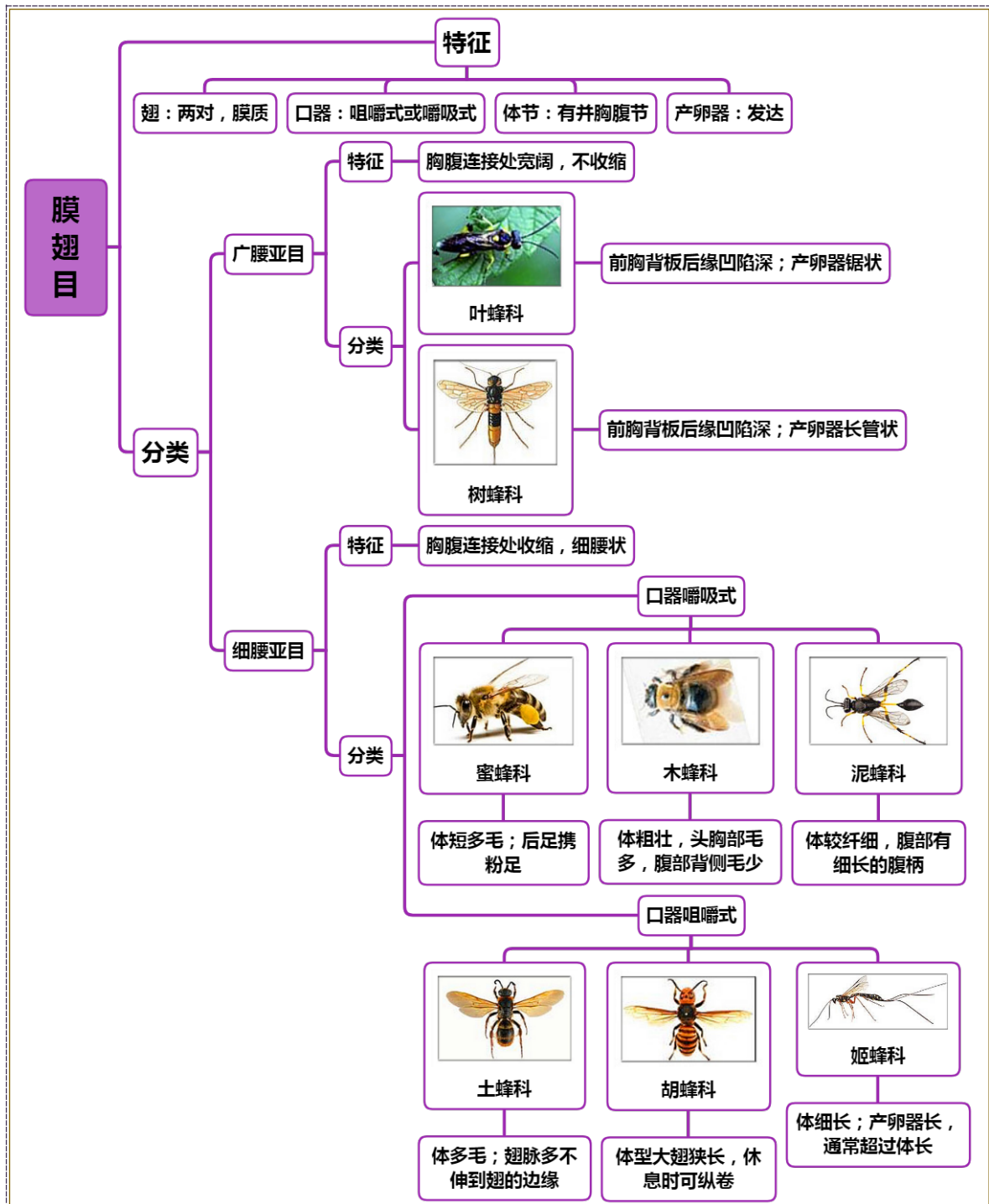
2. 蛾类特征与分类



3. 蝶类特征与分类



二、膜翅目的特征与分类



实验内容与方法

一、对所给标本进行分目鉴定

观察鳞翅目和膜翅目昆虫标本，根据身体表面的覆盖物、口器的类型、翅的类型、触角类型以及其他特征，对所给昆虫标本按目进行分类，并掌握鳞翅目和膜翅目主要特征。

1 鳞翅目特征

身体全部或大部覆盖鳞毛，易脱落；虹吸式口器；两对鳞翅，翅面经常有各种斑纹、斑点；触角多样，丝状、羽毛状、棒状等。一般分为蛾及蝶两类。

2 膜翅目特征

身体光滑，或胸腹部有浓密的短毛覆盖，不易脱落；咀嚼式口器或嚼吸式口器；两对膜质翅，

翅脉清晰；触角丝状、肘状、锤状；雌虫产卵器发达，锯状，针状、刺状。

二、对鳞翅目和膜翅目昆虫进行分亚目或分科

根据检索表，对鳞翅目和膜翅目昆虫标本进一步分亚目、分科，注意总结亚目或科的主要特征：

1 鳞翅目分亚目特征

鳞翅目可以分为4个亚目，分别是：

(1) 轭翅亚目

前后翅脉相同；多数种类在前翅后缘基部有1指状的翅轭，飞行时前后翅以翅轭连锁，所以称为轭翅亚目；有单眼和毛隆；口器咀嚼式。鳞翅目比较原始的类群，种类少，仅包括小翅蛾科。

(2) 无喙亚目

前后翅脉相同；飞行时前后翅以翅轭连锁；无单眼和毛隆；口器咀嚼式；幼虫既无腹足也无胸足；本亚目也是较原始类群，仅包括颚蛾科，共两种，分布于澳大利亚和斐济等地。

(3) 异蛾亚目

有单眼和毛隆；口器咀嚼式，类似小翅蛾；幼虫胸足3对，无腹足，单眼7个。原始类群，仅包括异蛾科，共10种，分布于南美洲。

(4) 有喙亚目

口器虹吸式；翅轭连锁、翅僵连锁、翅抱连锁；触角类型多样；包括鳞翅目绝大部分类群，全世界广泛分布。

观察鳞翅目标本，鉴定所属的亚目。

2 鳞翅目常见科的主要特征

(1) 夜蛾科：体色暗，粗壮多毛；前翅略窄，后翅宽。

(2) 灯蛾科：体色鲜艳，通常为红色或黄色，且多具条纹或斑点，腹部两侧常有彩色斑点。

(3) 螟蛾科：身体细长，脆弱，小到中型；腹部末端尖细；触角细长。

(4) 尺蛾科：小到中型，身体细弱；翅宽、质薄，停息时平展在身体两侧。

(5) 枯叶蛾科：中到大型；触角羽毛状；静止时外形酷似枯叶。

(6) 天蛾科：身体粗壮，流线型；触角末端钩状；前翅狭长，后翅小。

(7) 蚕蛾科：中到大型；触角羽毛状；前翅宽阔，顶角钩状。

(8) 天蚕蛾科：大至极大型；触角羽毛状；翅非常宽阔，翅中央有非常显著的眼状斑；部分种类前翅顶角突出呈钩状。

(9) 弄蝶科：体型粗壮；触角端部钩状。

(10) 灰蝶科：体小；翅正面一般蓝色、灰色，有金属光泽；触角有白环。

(11) 粉蝶科：体中型；通常白色或黄色，有黑色斑纹。

(12) 凤蝶科：体型大而美丽；后翅外缘波浪状，一般有燕尾状翅突。

(13) 蛱蝶科：中至大型；多数颜色鲜艳，有各种艳丽的色斑。

3. 膜翅目分亚目特征

膜翅目昆虫根据胸部与腹部的连接方式可以分为两个亚目，分别是：

(1) 广腰亚目

后胸与腹部宽阔连接，没有明显的“细腰”状缢缩；本亚目是膜翅目的低等类群，基本都是植食性昆虫。

(2) 细腰亚目

后胸与腹部连接处缢缩成“细腰”状，腹部1-2节与后胸愈合成并胸腹节；本亚目是膜翅目的高等类群，以捕食性和寄生性为主，是重要的天敌昆虫、传粉昆虫。

观察膜翅目标本，鉴定所属的亚目。

4. 膜翅目常见科的主要特征

- (1) 叶蜂科：前胸背板后缘凹陷深；产卵器锯状。
- (2) 树蜂科：大型；前胸背板后缘凹陷深；产卵器长管状。
- (3) 姬蜂科：体细长；产卵器长，通常超过体长。
- (4) 蜜蜂科：体粗短；多毛；后足携粉足；口器嚼吸式。
- (5) 胡蜂科：体型大；色泽鲜艳，黄色或红色；翅狭长，休息时可纵卷。
- (6) 泥蜂科：腹部有细长的腹柄。
- (7) 木蜂科：体粗壮，头胸部密布细毛，腹部背侧毛少，较光滑。
- (8) 土蜂科：体多毛；翅脉多不伸到翅的边缘。

作业与思考题

1. 编制二项式检索表，把实验中所观察的昆虫标本区分开。
2. 蝴蝶与蛾类如何区分？
3. 哪些蜂能哲人，为什么？
4. 列表比较鳞翅目主要科的特征。
5. 列表比较叶蜂科与胡蜂科、蜜蜂科与木蜂科的区别特征。

小结与知识拓展

1 魅力无边的蝴蝶

鳞翅目的许多昆虫，虽然其幼虫阶段外形丑陋、令人毛骨悚然，是农林植物上重要的害虫，但它们破茧羽化后，却拥有纤细的身体、优美的体形、艳丽的色彩，纵然知道它是植物的杀手，但它却用美丽的外表征服了无数人类，获得了无数的粉丝。自古以来，蝴蝶就是美的代表，是文人笔下凄美的爱情，是画家眼中不老的青春，是哲人思想中活泼的精灵。我国的诗词歌赋、丹青水墨中均有以蝴蝶为题材的优秀作品，梁祝化蝶、庄周梦蝶的典故早已妇孺皆知。由此可见，蝴蝶已经不是单纯的物质意义上的物种概念，在一定程度上也成为了文化的载体。世界许多国家都把美丽的蝴蝶作为自己国家的代表，称之为“国蝶”，如以下几种蝴蝶：



马来西亚国蝶

翠叶红颈鸟翅凤蝶 *Troponoptera brookiana*



秘鲁国蝶

光明女神蝶 *Morpho Helena*（世界最漂亮的蝴蝶）



美国国蝶

帝王金斑蝶 *Danaus plexippus*



中国国蝶

金斑喙凤蝶 *Teinopalpus aureus*

这些国蝶多数是珍惜保护动物，如我国的国蝶“金斑喙凤蝶”，野外生存数量远远少于大熊猫，是唯一的列为国家一级保护动物的蝴蝶，很多专家提议作为中国国蝶。该种雌雄异型，雄蝶身体和翅呈翠绿色，底色黑褐色；前翅有一条黑色斜带，此带以内区域色浓，以外区域色淡。外缘有两条平行的黑带；后翅外缘齿状，有翠绿色月牙形斑纹，在月牙形斑纹内侧有相应的金黄色斑纹，斑纹中间有一黑点。此蝶即因此而得名，并闻名于世。雌蝶翅无金绿色，后翅大斑色白，有两条细长弯曲的尾突。目前记录在案的有 5 个亚种：指名亚种、武夷亚种、海南亚种、广西亚种、越南亚种等，其中四种分布于中国，其他分布于越南等东南亚地区，国内主要分布在福建、广东、海南、广西。

金斑喙凤蝶因其稀有性，价格昂贵，外号“会飞的一百万”，因其美丽的色彩和观赏价值又被誉为“梦幻蝴蝶”“蝶中皇后”，需要注意的是，国家一级保护动物是严禁捕捉、交易的，一旦发现非法捕猎及交易，就会处以最严厉的刑事处罚，因而还有一个诨名叫“牢底坐穿蝶”，作为一个公民，应知法、守法，爱护我们的国蝶—金斑喙凤蝶！

2 授粉昆虫的后起之秀—熊蜂

长久以来，蜜蜂一直是自然界中首屈一指的传粉昆虫，有卓越的传粉效率，有“勤劳的小蜜蜂”之美誉。近些年来，随着设施栽培的兴盛，许多需要异花授粉的植物从室外移入室内，缺少了蜜蜂的参与，产量和质量都不及露天栽培，用激素处理后的瓜果口感欠佳，不受欢迎。那为什么不把蜜蜂引入日光温室或大棚中用来传粉呢？原因在于，蜜蜂在外界光线降低、吹风或者连绵阴雨的情况下不怎么采蜜，而是享用储存的蜂蜜，所以在光照不好的温室中传粉效果差；另外，天气好的时候采用蜜蜂授粉时，蜜蜂容易冲撞温棚膜或玻璃，容易导致死亡。所以，在设施环境内采用蜜蜂传粉困难较大。

相比而言，熊蜂更适宜于在设施栽培环境下授粉。熊蜂目前已经可以通过人工饲养实现周年繁殖，有充足的虫源可供授粉使用。更为关键的是熊蜂比蜜蜂更好的适应大棚或温室的环境，具有耐低温、耐高湿的优势，熊蜂在最低 10℃便可出巢采集，并可以在高湿环境（50%~90%）下进行授粉，这使得熊蜂授粉尤其适合我国北方冬季温室大棚的高湿、低温环境。与此同时，因为熊蜂的趋光性较差，个体之间信息交流系统不发达，使得熊蜂在温室、大棚环境中较少出现撞棚或逃逸的情况，因此授粉过程中的熊蜂损失较慢。此外，从身体构造来讲，熊蜂的身体更大，飞行时震动也相对较大，对于番茄、草莓、茄子之类的农作物，在熊蜂的声波下容易释放花粉。熊蜂的口器长达 9-17mm，远超蜜蜂的口器长度，对于一些花管较深的植物来讲，熊蜂的授粉能力更强，能更好的完成授粉任务。

目前，熊蜂已经成为温室或大棚授粉的主力军，使用技术日益成熟，使用成本越来越低。熊蜂授粉的番茄，果形圆润，单果重量更大且大小更均匀，番茄内部籽粒数量多、分布均匀、浆汁饱满，可溶性固态物及糖分显著多于激素处理番茄，营养及口感更好，果实销售价格更高。熊蜂授粉草莓相比人工授粉在果形上更加均匀饱满，畸形率显著降低，单果重量显著提高且颜色鲜亮。在果实品质上，经过熊蜂授粉的草莓在维生素 C 含量、出汁率及固酸比 3 个指标上均显著高于人工授粉。因此，熊蜂授粉的草莓有更好地口感和营养价值。适合于使用熊蜂授粉的作物还有蓝莓、茄子、黄瓜等等。

随着我国经济的发展及消费者对于食品安全要求的提高，绿色食品的概念越来越深入人心，这使得更多的种植者开始改变观念使用熊蜂授粉。我国研究者和企业对于授粉熊蜂研究及熊蜂授粉使用经验的积累，使得更多优良的本土熊蜂将被应用于温室大棚作物的授粉。我国熊蜂授粉的应用范围还在继续探索，相信在不久的将来，我国熊蜂授粉技术将会更好地与温室种植技术相结合，这将有力推进我国农业现代化发展，使我国农业水平和农产品质量达到新的高度。

附录

鳞翅目成虫分亚目、次亚目检索表

- 1 上颚发达，下颚内颚叶发达；无喙.....2

	上颚退化,下颚内颚叶退化;有喙(有喙亚目 Glossata).....	4
2	无单眼和毛隆;雌性外生殖器有表皮突.....	无喙亚目 Aglossata
	有单眼和毛隆;雌性外生殖器无表皮突.....	3
3	亚前缘脉至径脉间有横脉;触角无叶状感觉器.....	轭翅亚目 Zeugloptera
	亚前缘脉至径脉间无横脉;触角有叶状感觉器.....	异蛾亚目 Heterobathiina
4	前后翅脉序相似,常具翅轭.....	5
	前后翅脉序不同,后翅翅脉减少,Sc脉与R ₁ 脉合并,Rs脉不分支.....	8
5	前翅无翅轭;雌性第7、8腹节间腹面有一盲囊,产卵器钝,锉刀状.....	
	.....	新顶次亚目 Neopseustina
	前翅具翅轭或翅扣.....	6
6	雌性生殖孔2个,位于第九腹节,无表皮突;前翅具肩脉和翅轭,后翅无前缘刺.....	
	.....	外孔次亚目 Exoporia
	雌性生殖孔1个,有表皮突;前翅具翅扣,后翅有前缘刺.....	7
7	有单眼,下颚须5节.....	毛顶次亚目 Dacnonypha
	无单眼,下颚须4节.....	冠顶次亚目 Lophocorona
8	雌性生殖孔单个;前翅有翅扣.....	异脉次亚目 Heteroneura
	雌性生殖孔两个,分别位于第八与第九腹节腹板上;前翅无翅轭和翅扣.....	
	.....	双孔次亚目 Ditrysia

鳞翅目成虫分总科检索表

1	后翅R脉3或4分支;前翅轭叶几乎总是明显突出.....	2
	后翅R脉不分支;前翅轭叶不显著突出.....	11
2	下颚外颚叶不发达,不形成喙;上颚大;头壳关节发达.....	3
	下颚外颚叶形成喙,通常呈螺旋状卷曲,有时退化或缺失;上颚常十分退化,头壳关节不发达.....	5
3	M ₄ 脉存在;无单眼;胫距1-4-4式;体较大,似毛翅目成虫;前翅斑纹褐色,无金属光泽。分布澳大利亚,西南太平洋.....	颚蛾总科 Agathiphagoidea
	M ₄ 脉缺失;有单眼;胫距0-0-4式,体较小(翅展最大16mm,通常很小);前翅常有金属光泽.....	4
4	前翅Sc脉具叉;无翅痣;后翅轭叶不发达。世界分布.....	小翅蛾总科 Micropterigoidea
	前翅Sc脉简单;有翅痣;后翅轭叶发达。分布南美温带.....	
	.....	异蛾总科 Heterobathmioidea
5	体中等到很大、粗壮;喙和下颚须极度退化.....	蝙蝠蛾总科 Hepialoidea
	体中等到很小,翅展不超过27mm,通常很小;喙和下颚须常很发达.....	6
6	前翅R ₄ 脉达顶角后部.....	7
	前翅R ₄ 脉达顶角或顶角前部.....	9
7	前翅R ₃ 脉达顶角后部;较大且翅宽(翅展至少12mm,通常大得多).....	
	.....	蝙蝠蛾总科 Hepialoidea (部分)
	前翅R ₃ 脉达顶角前部;较小且翅窄.....	8
8	下颚须很发达,5节,在1/2和3/4处明显弯曲。分布澳大利亚.....	
	.....	冠顶蛾总科 Lophocoronoidea
	下颚须很小,最多3节,平伸。分布新西兰.....	扇鳞蛾总科 Mnesarchaeoid
9	中足胫节有成对的端距;体较大(翅展13~27mm),翅明显宽。分布东南亚和南美温带.....	蛉蛾总科 Neopseustoidea
	中足胫节有不成对的距;体小(翅展最长16mm,通常很小),翅窄.....	10

10	有单眼, M_1 与 R_s 脉不共柄.....	毛顶蛾总科 Eriocranioidea	
	缺单眼, M_1 与 R_s 脉共柄.....	棘蛾总科 Acanthopteroctetoidea	
11	第 2 腹板有成对的前突; 翅缺微刺; 雌性生殖系统在第八节有交配孔, 与产卵孔分离.....		15
	第 2 腹板无成对的前突; 翅通常或多或少有微刺; 雌性仅有单生殖孔.....		12
12	触角柄节有眼罩, 后足胫节有明显的刺.....	微蛾总科 Nepticuloidea	
	触角柄节无眼罩, 后足胫节无刺.....		13
13	喙具鳞片, 下唇须第二节有侧毛鬃, 抱器瓣有明显排成栉状的钝刺; 产卵器适于穿刺, 无感觉中脊.....	穿孔蛾总科 Incurvarioidea	
	喙具鳞片或无鳞片; 下唇须无侧毛鬃; 抱器瓣无明显的钝刺; 产卵器非刺状, 具感觉中脊.....		14
14	喙光裸, 宽翅小蛾, 翅展达 30 mm。分布南美南部、澳大利亚和南非.....	镰蛾总科 Palaephatoidea	
	喙基部具鳞片; 窄翅小蛾, 翅展不达 12 mm。分布全北区和热带.....	冠潜蛾总科 Tischerioidea	
15	喙具鳞片.....		16
	喙光裸或缺失.....		18
16	下唇须向后弯曲, 端节可能超过头顶, 通常渐尖; 无毛隆; 第 2 腹板为“谷蛾型”; 无鼓膜器.....	麦蛾总科 Gelechioidea	
	下唇须平伸, 鸟喙状或上举; 有或无毛隆; 第 2 腹板为“卷蛾型”; 鼓膜器位于腹部基部或缺失.....		17
17	下唇须上举; 前翅近外缘有 CuP 脉; 无鼓膜器.....	舞蛾总科 Choreutoidea	
	下唇须平伸, 鸟喙状或上举; CuP 脉通常缺失; 鼓膜器位于腹部基部.....	螟蛾总科 Pyraloidea	
18	触角逐渐或突然成棒状, 端部有时呈钩状.....		19
	触角丝状或逐渐变细, 常有纤毛, 或为栉齿状、羽毛状.....		21
19	后翅有翅缢; 单眼大; 无毛隆.....	透翅蛾总科 Sesiioidea (部分)	
	后翅一般无翅缢; 单眼缺; 有毛隆.....		20
20	触角基部远离; 近端部增粗; 前翅所有脉均独立出自中室.....	弄蝶总科 Hesperioidea	
	触角基部接近, 端部增粗; 前翅至少有一些脉共柄.....	凤蝶总科 Papilionoidea	
21	鼓膜器位于后胸或腹部基部腹面.....		22
	无鼓膜器.....		26
22	鼓膜器位于后胸, 共鸣腔一般在腹部基部.....	夜蛾总科 Noctuoidea	
	鼓膜器位于腹部.....		23
23	无毛隆.....		24
	有毛隆.....	尺蛾总科 Geometroidea	
24	前翅宽, 常呈钩状.....	钩蛾总科 Drepanoidea	
	前翅窄, 非钩状.....		25
25	前翅红棕色, 具银色斑纹.....	木蠹蛾总科 Cossioidea (部分)	
	前翅灰色.....	谷蛾总科 Tineoidea (部分)	
26	翅深裂为 2 个或多个翅瓣.....		27
	翅不分裂.....		28
27	后翅分成 3 个翅瓣.....	羽蛾总科 Pterophoroidea (部分)	
	后翅分成 6~7 个翅瓣.....	翼蛾总科 Alucitoidea (部分)	
28	前翅 CuP 脉缺失.....		29

	前翅 CuP 脉发达, 至少在边缘存在.....	40
29	第 7 腹节有与气门相连的袋状凹陷; 体中型, 前翅具银斑。分布西古北区亚热带.....	
	..... 欧蛾总科 Axioidea	
	第 7 腹节无袋状凹陷.....	30
30	宽翅小蛾 (翅展小于 20 mm), 无明显单眼; 头表被有顶端深凹的扇状鳞片。分布澳大利亚和亚洲.....	
	..... 丝蛾总科 Simaethistoidea	
	与上述不同.....	31
31	头表被毛形鳞片, 如果与叶状鳞片混合 (栎蛾总科 Mimallonoidea, 部分) 则翅缢小或缺失; 体粗壮、中等至大型.....	
	..... 蚕蛾类 (Bombycoideae)	
	头表被叶状鳞片; 翅缢很发达; 体小至中型.....	32
32	后翅 Cu _A 脉有栉; 前翅常有竖鳞.....	
	..... 粪蛾总科 Copromorphae (部分)	
	后翅 Cu _A 脉无栉; 前翅无竖鳞.....	33
33	腹部有背刺; 腹部第二节有 V 形骨片.....	
	..... 翼蛾总科 Alucitoidea (部分)	
	腹部无背刺; 腹部第二节无 V 形骨片.....	34
34	下唇须鸟喙状; 雄性后足基节具端突, 胫节有毛簇; 前翅 2A 脉波状.....	
	..... 驼蛾总科 Hyblaeoidea	
	下唇须非鸟喙状; 雄性后足基节无端突; 前翅 2A 脉不呈波状.....	35
35	体粗壮, 中等大小, 翅窄, 具警戒色.....	
	..... 网蛾总科 Thyridoidea (部分)	
	外表不同上述.....	36
36	翅较窄, 前翅宽比长为 1 比 4 或更小.....	37
	翅较宽, 前翅宽比长为 1 比 3 或更大.....	38
37	体小型, 翅展小于 15 mm; 翅完整; 体和足不总是很长.....	
	..... 谢蛾总科 Schreckensteinoidea	
	体多大型, 翅展常远超过 15 mm (翅完整时总是这样); 翅常裂开; 体和足总是很长.....	
	..... 羽蛾总科 Pterophoroidea (部分)	
38	腹部第一背板有大的后气门从背脊向侧面延伸; 体中型, 常有模糊的网纹.....	
	..... 网蛾总科 Thyridoidea (部分)	
	腹部第一背板没有这样的延伸物.....	39
39	所有跗分节均有强刺; 体色浅。分布马达加斯加.....	
	..... 瓦蛾总科 Whalleyanoidea	
	前足末端跗分节无强刺; 体色多变。分布马达加斯加和亚洲.....	
	..... 锚纹蛾总科 Calliduloidea	
40	第二腹板为“谷蛾型”: 前侧角不突出, 表皮内突细长; 通常为小而敏捷的种类, 前翅无竖鳞.....	41
	第二腹板为“卷蛾型”: 前侧角通常明显突出, 表皮内突基部宽, 通常短, 无延长的脊; 体粗壮, 小到大型; 前翅有时有竖鳞.....	43
41	雄性第八腹节有叶突; 前翅 R ₄ 脉常达外缘.....	
	..... 巢蛾总科 Yponomeutoidea	
	雄性第八腹节无叶突; 前翅 R ₄ 常达前缘.....	42
42	头部有粗糙鳞毛; 下唇须通常平伸, 第二节有侧鬃.....	
	..... 谷蛾总科 Tineoidea (部分)	
	头部光滑; 下唇须通常上举, 无侧鬃.....	
	..... 细蛾总科 Gracillarioidea	
43	前翅表面或沿后缘有竖鳞.....	44
	前翅无竖鳞.....	45
44	前翅沿后缘有竖鳞; 翅窄, 前后缘几乎平行.....	
	..... 邻绢蛾总科 Epermenioidea	
	前翅竖鳞不限于后缘; 翅相对较窄, 矩形.....	
	..... 粪蛾总科 Copromorphae (部分)	
45	有毛隆; 无单眼; 前翅中室无 M 脉主干.....	
	..... 伊蛾总科 Immoidea	
	有或无毛隆和单眼, 前翅中室常有 M 脉主干.....	46
46	额下部分有竖鳞; 有单眼和毛隆; 产卵瓣叶状.....	
	..... 卷蛾总科 Tortricoidea	
	额下部分无竖鳞; 很少同时有单眼和毛隆; 产卵瓣不呈叶状.....	47

47	中室内 M 脉发达, 分叉.....	48
	中室无 M 脉, 或在中室内为不完整的分叉脉.....	49
48	无毛隆; 很少有单眼.....	木蠹蛾总科 Cossioidea
	有毛隆和单眼.....	斑蛾总科 Zygaenoidea(部分)
49	领片大, 明显延伸.....	透翅蛾总科 Sesioidea(部分)
	领片小, 略延伸.....	50
50	有单眼.....	斑蛾总科 Zygaenoidea(部分)
	缺单眼.....	51
51	前翅 CuP 脉完整且明显.....	斑蛾总科 Zygaenoidea(部分)
	前翅 CuP 脉仅在边缘或在基部明显.....	52
52	前翅有翅痣.....	尾蛾总科 Urodoidea
	前翅无翅痣.....	罗蛾总科 Galacticoidea

中国广腰亚目分科检索表

1	前翅 Rs 具二分支, 触角鞭节由一个多节愈合成的长棒和多节的端丝组成; 前气门后片发达并与侧板愈合; 上颚具磨区; 中、后足胫节具端前距(长节蜂总科 Xyeloidea).....	长节蜂科 Xyelidae
	前翅 Rs 不分支, 触角鞭节不同上述; 前气门后片大型并与侧板分离, 或很小甚至缺如.....	2
2	雄性生殖器扭转 180°; 前胸背板中部狭窄, 后缘深凹弧形; 前翅中室无背柄, 如具短柄, 则触角 9 节(叶蜂总科 Tenthredinoidea).....	3
	雄性生殖器不扭转; 前胸背板中部通常宽, 不呈线状, 后缘无明显折叶; 前翅中室具柄式, 触角非 9 节.....	7
3	具中胸侧腹板沟; 胫节常具端前距; 前翅 2r 脉缺; 后胸侧板与腹部第 1 背板愈合; 腹部筒形, 无边缘脊.....	4
	无中胸侧腹板沟; 胫节无端前距; 前翅 2r 脉常有, 如缺则前后翅臀室完整.....	5
4	触角 3 节, 第 3 节棒状或音叉形; 后翅臀室发达, 封闭, 具 3A 脉.....	三节叶蜂科 Argidae
	触角多于或等于 6 节, 第 3 节细短; 前后翅臀室均不完整, 3A 脉缺.....	筒腹叶蜂科 Pergidae
5	小盾片附片发达; 触角 9 节(有时例外); 前胸腹板游离; 后胸侧板不与腹部第 1 背板愈合, 第 1 背板通常具中缝; 中胸上后侧片不呈亚水平向.....	叶蜂科 Tenthredinidae
	无小盾片附片; 触角不为 9 节.....	6
6	触角 7 节, 第 3 节细长柄状, 端部膨大, 触角窝上位; 无额唇基缝; 前胸侧板腹面与腹板愈合; 中胸上后侧片强烈倾斜并凹入; 后胸侧板大, 与第 1 腹节背板愈合; 腹部具侧缘脊, 第 1 腹节背板无中缝; 前翅具 2r 脉.....	锤角叶蜂科 Cimbicidae
	触角多于 13 节, 鞭节棒状, 各节均十分短小, 触角窝中下; 具额唇基缝; 前胸侧板腹面尖且与腹板远离, 中胸上后侧片亚水平向凸出; 后胸侧板小, 不与第 1 腹节背板愈合; 腹部筒形, 无侧缘脊, 第 1 腹节背板具中缝; 前翅无 2r 脉.....	松叶蜂科 Diprionidae
7	触角 4 节, 第 3 节长棒状, 第 4 节微小, 有时缺; 前胸背板中部狭窄, 前气门后片发达并与侧板分离; 前翅中室梨形, 翅脉远离翅缘; 幼虫蛀食蕨类植物茎杆.....	梨室蜂科 Blasticotomidae
	触角非 4 节, 长丝状; 翅脉端部接近翅缘; 前翅中室非梨形; 前胸背板中部宽, 前气门后片小并与侧板合并; 头型闭式; 幼虫不取食蕨类.....	8
8	腹部第 1、2 节之间显著缢缩, 第 1 节与后胸多少愈合, 后胸无淡膜区; 无前气门后片(茎蜂总科 Cephoidea).....	茎蜂科 Cephidae
	腹部第 1、2 节之间不缢缩, 第 1 节不与后胸愈合; 后胸具淡膜区; 具前气门后片...9	

- 9 头型 4 孔式；体型宽扁；前翅 Sc 完全游离，不与 R 脉愈合；翅脉弯曲网状；或触角鞭分节具发达叶片；上颚显著延长(广背蜂总科 *Megalodontesoidea*)10
 头型双孔式；体型不扁；前翅 Sc 与 R 脉愈合，仅末端游离；翅脉直，伸向翅端；触角简单丝状；上颚不显著延长.....11
- 10 前后翅 Sc 脉游离，不与 R 脉愈合；M 脉与中室背柄连成直线，中室背柄很短；触角长丝状；腹部第 2 背板中央分裂；后翅前缘具 2 丛翅钩.....扁蜂科 *Pamphiliidae*
 前后翅 Sc 脉愈合；M 脉与中室背柄直线状相连，中室背柄几乎与 M 脉等长；触角鞭分节具长叶片；腹部第 2 背板不分裂；后翅前缘具 1 丛翅钩.....广背蜂科 *Megalodontesidae*
- 11 触角短，10-11 节，亚端节膨大，常具端钩，着生于唇基腹侧；翅脉退化，前翅臀室具柄式，2A+3A 缺，2r 和 2m-cu 缺如；后翅臀室开放，2A 缺；产卵器长丝状环绕。幼虫寄生性(尾蜂总科 *Orussoidea*)尾蜂科 *Orussidae*
 触角长丝状，5-6 节或多于 12 节，鞭节正常，触角着生于颜面上；翅脉发达，前翅臀室完整，具 2r 脉，2M 室封闭；后翅臀室闭式，2A 完全；产卵器非长丝状环绕。.....幼虫植食性(树蜂总科 *Siricoidea*) 12
- 12 前胸侧板(颈片)延长，水平方向前伸，头部后缘远离前胸背板；前胸背板中部狭窄，两侧十分发达；中胸背板具横缝；末背板无刺突；产卵器短小；前翅基脉与中室背柄(*Rs* 游离段)成角状弯曲.....颈树蜂科 *Xiphydriidae*
 前胸侧板不十分延长，伸向前上方，头部与前胸背板接触；前胸背板中部很宽，两侧微弱延长；中胸背板无横缝；末背板具发达刺突；产卵器细长；前翅基脉与中室背柄(*Rs* 游离段)连成直线.....树蜂科 *Siricidae*

(三) 细腰亚目 Apocrita (Wasp-waisted Hymenoptera)

细腰亚目包括了膜翅目的大部分种类，一般分为 12-13 个总科。并胸腹节与腹部之间有强度缢缩，易于识别。多数幼虫为肉食性，从而成为害虫的天敌，是自然控制的主要因子。

细腰亚目分总科检索表

- 1 后足转节 2 节；前翅有翅痣，后翅有闭室；雌蜂腹部末端稍呈钩状弯曲；产卵管针状很少外露；上颚大，齿左 3 右 4 钩.....腹蜂总科 *Trigonoidea*
 上述特征不同时具备.....2
- 2 头部单眼周围有 5 个齿状额突；腹柄常大于宽；前翅有若干闭室.....冠蜂总科 *Stephanoidea*
 无上述特征的组合.....3
- 3 具触角下沟；后足胫节端部有密生刚毛的洁净刷.....巨蜂总科 *Megalyroidea*
 无触角下沟；后足胫节端部无洁净刷.....4
- 4 腹部位于并胸腹节背面，远在后足基节上方；触角 13-14 节.....旗腹蜂总科 *Evanioidea*
 无上述特征.....5
- 5 雌虫腹末节腹板纵裂，产卵管从腹部末端之前伸出，并与产卵管等长而狭的 1 对鞘；后翅往往无臀叶；转节 1 或 2 节.....6
 雌虫最后腹节的腹板不纵裂，产卵管从腹部末端伸出，常为一真刺而无 1 对突出的鞘；前翅前缘室常存在；后翅常有臀叶；转节 1 节(或为极不明显的 2 节).....8
- 6 前后翅脉发达；前翅有一翅痣，常三角形或少数细长或线形，前缘脉发达，有或无前缘室；触角多在 16 节以上.....姬蜂总科 *Ichenumonoidea*
 前后翅脉退化；前翅无翅痣；前缘脉远细于亚前缘脉；腹部腹面坚硬骨质化，无褶；触角丝状或膝状，常少于 14 节；转节 1 或 2 节.....7
- 7 前胸背板两侧向后延伸达翅基片；触角不呈膝状；缺胸腹侧片；转节常仅 1 节；翅有径室，多少完整，翅痣极少发达；体多侧扁.....瘦蜂总科 *Cynipoidea*
 前胸背板不达翅基片，触角多少呈明显的膝状；胸腹侧片常存在；转节常 2 节；翅脉很退

	化, 常有 1 个线形的痣脉, 缺径室.....	小蜂总科 Chalcidoidea
8	第 1 腹节呈鳞片状或结节状, 有时第 1、2 节均成结节状, 与第 3 节背腹两面均有深沟明显分开; 群体生活, 部分为捕食性, 无寄生性 (蚁科 Formicidae)	胡蜂总科 (部分)
	第 1 腹节不呈鳞片状, 若为结节状则第 2、3 节之间无深沟分开.....	9
9	前胸背板两侧向后延伸, 达到或几乎达到翅基片, 后角不呈叶状.....	10
	前胸背板短 (少数前方延伸成颈), 虽后角成圆瓣状, 但不达于翅基片.....	13
10	后翅无明显的脉序和关闭的翅室, 常为小型或微小蜂类.....	11
	后翅有一明显的翅脉序, 而且至少有一关闭的肘室.....	胡蜂总科 Vespoidea
11	后翅有臀叶; 前足腿节常显著膨大且末端呈棍棒状; 前胸两腹侧部不在前足基节前相接或不明显.....	青蜂总科 Chrysoidea
	后翅无臀叶; 前足腿节正常或端部膨大; 前胸左右两腹侧部细, 伸向前足基节前方而相接.....	12
12	前足胫节 1 距; 无小盾片横沟, 如有三角片, 则与小盾片主要表面不在同一水平上.....	.....
	.....	细蜂总科 Droctotrupoidea
	前足胫节 2 距; 小盾片常有一横沟, 并有三角片, 与主要表面在同一水平上.....	.....
	.....	分盾细蜂总科 Ceraphronoidea
13	中胸背板 (包括小盾片) 的毛分叉呈羽毛状; 后足第 1 节常大形, 增厚或扁平, 常有毛.....	.....
	.....	蜜蜂总科 Apidea
	中胸背板 (包括小盾片) 的毛不分叉; 后足第 1 节纤细, 不宽阔或增厚, 常无.....	.....
	.....	泥蜂总科 Sphecoidea

实验二十六 黄粉虫对大肠杆菌的免疫反应

实验目的

1. 综合运用前期实验所掌握的技术方法，观察大肠杆菌侵入黄粉虫体内后寄主的免疫反应，包括包囊的形成、血细胞类型变化，并测定血淋巴酚氧化酶的活性；
2. 分析了解体液免疫和细胞免疫的机制；
3. 掌握昆虫微量注射的方法；
4. 掌握昆虫血淋巴的提取和酚氧化酶活性测定方法。

实验要求

1. 正确掌握黄粉虫的显微注射方法；
2. 正确区分不同的血细胞类型，掌握血细胞的计数方法；
3. 计数黄粉虫体内包囊的数量，形成的部位；
4. 测定酚氧化酶活性，与对照比较，解释原因。

实验材料

黄粉虫幼虫。

实验用具

解剖镜、显微镜、镊子、培养皿、血球计数板、细胞计数器、酶标仪、10 微升尖头微量注射器、96 孔板、移液器、冰桶、parafilm 膜。

0.05mol/L pH6.8 的磷酸缓冲液、0.02mol/L 盐酸多巴胺溶液、大肠杆菌悬浮液。

理论知识复习

1. 昆虫开放循环系统 VS 脊椎动物闭合的循环系统——内源免疫 VS 获得性免疫

脊椎动物和昆虫一个很重要的不同是脊椎动物的体液被限定在血液中和淋巴管中，而昆虫则是一个开放的循环系统。所以，昆虫在受伤后必须快速的产生一种物质阻断体内体液的流失，同时又要阻止细菌向血腔中扩散，而血淋巴凝集就是其内源免疫系统中的一个完整的部分，并受到许多微生物因子的调节。

在细胞水平上，昆虫有两种重要的防御反应，一是形成结节（用来包围细菌），一是形成包囊（用来包围较大的外来物），这两种反应在凝集方面很相似。脊椎动物也要通过局部的免疫反应来清除入侵的病原物，包括形成结节来阻止病原在血管中扩散。一旦这种局部的反应失败，病原物扩散至淋巴节时，就启动另一种免疫反应系统——获得性免疫。

与脊椎动物不同，昆虫缺少获得性免疫系统，它的凝结反应的重点就集中在把入侵物固定在原地。脊椎动物也有这种凝结反应，但是，如果凝结反应不能限定在入侵的部位，就会导致全身的血液凝结（散布于血管之间的凝结），形成大量的血栓。为了避免这种有害的血液凝结，脊椎动物体内出现了血纤蛋白溶解系统和抗凝血系统。然而，昆虫则发展出了一种有效的机制来限制凝结反应（大部分是通过调节酚氧化酶的活性来调节），形成的凝结块并不急于除去，事实上，为了阻止淋巴流失面形成的凝结块对昆虫的危险很小，下表皮形成新的皮层后凝结块脱落，而不是将之溶解。

结节和包囊均是血淋巴中较大的凝结块，可以永久停留在昆虫体内而不会有危害。因而，无脊椎动物都可以进行广泛的凝结、形成结节、包囊等反应。

2. 内源免疫机制

包括细胞免疫和体液免疫两种机制，一旦病原菌入侵到昆虫血腔中后，病菌表面的特异性成分，如脂多糖、葡聚糖等即可被细胞表面的识别蛋白特异性的识别，启动免疫反应。如果入侵的病菌个体小，数量少，则通过浆血细胞的吞噬作用消灭，如果个体大，数量多，则多个细胞聚集在一起，崩解、吸附并包裹住病原体，形成包囊，与此同时，体液中的酚氧化酶活化，催化酚类物质氧化成醌，粘附在包囊缝隙中，逐渐黑化，隔绝包囊内的病原体，使其死亡。在免疫反应过程中，细胞的类型、数量、酚氧化酶的活性会发生变化。

3. 昆虫酚氧化酶

酚氧化酶(phenoloxidase, PO)(EC 1.14.18.1), 又称为酪氨酸羟化酶(tyrosinehydroxylase)或酪氨酸酶(tyrosinase), 是广泛存在于生物界中的一类含铜蛋白质, 并在生物的生命过程中起有重要作用, 它一般以无活性的酚氧化酶源(pro-phenoloxidase, PPO)形式存在。

在昆虫体内, PO 主要存在于昆虫的血清、血细胞、表皮及中肠等组织中。在正常的发育过程中, PO 主要参与表皮的硬化、黑化过程, 而昆虫一旦受伤或受到病原菌的侵染, 则参与伤口愈合和免疫防御反应。由于 PO 主要以酶源的形式存在, 所以在参与免疫反应过程中要经历一个激活的过程, 称为 PPO 级联反应。病菌入侵到昆虫体内, 其细胞表面的脂多糖、葡聚糖被血细胞识别, 细胞一方面进行吞噬、包被等反应, 同时激发蛋白水解酶的活性, 把无活性的 PPO 水解形成 PO, PO 再参与到细胞免疫反应中去, 由此可见, PO 是昆虫免疫系统中相当重要的一个组成部分, 如果没有 PO 参与, 昆虫的免疫反应, 尤其是包被、成瘤反应很难顺利完成, 对病原菌的抵抗力会明显下降。

PO 一方面与体壁的硬化、黑化有关, 另一方面又与昆虫的免疫有关, 如果采取一定的技术措施, 抑制 PO 的活性, 则在自然环境中昆虫的死亡概率会大增, 所以, PO 可以作为杀虫剂的靶标进行研究。

实验内容与方法

一、大肠杆菌侵染黄粉虫

1. 事先培养好的大肠杆菌, 用无菌水稀释到吸光值 A_{490} 为 0.5 左右的悬浮液;
2. 取 10 μ L 的微量注射器, 吸取 2 微升大肠杆菌悬浮液;
3. 黄粉虫放在冰桶表面冻至昏迷状态, 左手拿着黄粉虫, 右手拿注射器, 从腹部背侧节间插入针头, 把大肠杆菌注射到黄粉虫血腔中。注意插入时针头要平伸, 不要垂直插入, 以防插破肠道。
4. 以注射无菌水的黄粉虫为对照, 各处理均注射 10 头。注射完成后放在养虫盒中待用。

二、黄粉虫血细胞的计数和观察

1. 黄粉虫注射完成后 1h, 从对照和注射处理组中分别取 1-2 头黄粉虫, 在冰上冻至昏迷后, 用剪刀剪掉 1 只胸足, 用手轻轻挤压, 伤口处流出透明的血淋巴, 小心的滴在 parafilm 膜上, 用 10 微升移液器吸取 5 微升血淋巴, 转移到 1.5mL 离心管中, 然后加入 20 微升磷酸缓冲液, 混匀, 稀释 5 倍待用。

2. 取 1 片血球计数板, 盖好血盖片, 平放在桌面上, 用 10 微升移液器吸取 10 微升稀释后的血淋巴, 从血球计数板一侧的斜边处沿盖玻片下缘轻轻把液体推出, 通过虹吸作用把液体吸到血盖片下的空间内, 注意不要出现气泡; 另一侧同样加入淋巴液。

3. 静置 1 分钟后, 把血球计数板放到显微镜上进行观察。

4. 血球计数板的使用。血球计数板在计数区有两种规格: 25 \times 16 型和 16 \times 25 型。前者是指在计数板十字交叉区共有 25 个中格(5 \times 5, 双线区分), 每个中格各有 16 个小格(4 \times 4, 单线区分); 后者是指计数板十字交叉区共有 16 个中格(4 \times 4, 双线区分), 每个中格各有 25 个小格(5 \times 5, 单线区分)。对于 25 \times 16 型的小格板, 计数时统计左上、左下、右上、右下 4 个角上的中格和最中间的中格内(共 5 个中格, 80 小格)血细胞的数量, 按下式计数血细胞的原始数量:

血细胞数量/mL = 5 个中格所有细胞数 \times 5 \times 10000 \times 稀释倍数

对于 16 \times 25 型的计数板, 只统计左上、左下、右上、右下 4 个角上中格内(共 4 个中格, 100 个小格)血细胞数量, 按下式计算血细胞的原始数量:

血细胞数量/mL = 4 个中格所有细胞数 \times 4 \times 10000 \times 稀释倍数

5. 计数完血细胞整体数量后, 区分血细胞的类型, 并分别计数。

6. 比较大肠杆菌处理与对照处理在血细胞总体数量、不同类型血细胞数量方面是否有差异?

原因何在？

三、黄粉虫的解剖和包囊观察

1. 黄粉虫注射完成 2 h 后，从对照和注射处理组中分别取 1-2 头黄粉虫进行解剖。解剖时，用剪刀把头部和尾部剪掉，然后把虫体放到培养皿中，用剪刀沿气门线剪开体壁，露出白色的脂肪体，添加适量的清水淹没虫体，放到体式显微镜下进行观察。

2. 白色片状的结构是黄粉虫的脂肪体，在注射部位的脂肪体上仔细观察，如果发现一些分布不均匀的黑色的颗粒，就是包囊，观察包囊的数量、大小。同样解剖对照组黄粉虫，观察脂肪体上是否有黑色的颗粒。

四、黄粉虫血淋巴酚氧化酶活性测定

1. 黄粉虫注射完成 2 h 后，分别从对照和大肠杆菌处理组取 5 头黄粉虫，剪掉胸足，收集血淋巴，用磷酸缓冲液稀释 10 倍后作为酶源，冰浴保存待用。

2. 在 96 孔板中加入 10 微升稀释后的淋巴液，再加入 90 微升磷酸缓冲液，用移液器吹匀，最后加入 100 微升 0.02 mol/L 盐酸多巴胺底物，混匀后用酶标仪进行活性测定，测定的过程参考实验十三中“体壁酚氧化酶活性测定”的方法进行。

3. 比较对照组和大肠杆菌处理组血淋巴酚氧化酶的活性有无差异？如果有差异，差异的来源是什么？如果无差异，又该如何解释？从原理上来说，酚氧化酶的活性应该是上升、下降还是维持不变？

作业与思考题

1. 在黄粉虫注射时，影响操作成功与否的最大障碍是什么？
2. 列表比较处理和对照组血细胞数量、类型，并分析差异。
3. 不同时间对黄粉虫进行解剖，其包囊的数量、大小是否会发生变化，为什么？
4. 酚氧化酶的活性与免疫能力之间有何关系？从实验中你得到哪些结论？
5. 昆虫的这种免疫系统与高等动物的免疫系统，孰强孰弱？

小结与拓展知识

1. 大肠杆菌及与人体关系

大肠埃希氏菌 (*Escherichia coli*) 通常被称为大肠杆菌，是 Escherich 在 1885 年发现的，属于革兰氏阴性细菌 (G-)。大肠杆菌在科学研究中经常被作为模式生物应用于医学、生理学、分子生物学、免疫学方面的研究。

大肠杆菌是与我们日常生活关系非常密切的一类细菌，属于肠道杆菌大类中的一种。它是寄生在人体大肠和小肠里对人体无害的一种单细胞生物，结构简单，繁殖迅速，培养容易，它是生物学上重要的实验材料。在婴儿刚出生的几小时内，大肠杆菌就经过吞咽在肠道内定居了。

正常情况下，大多数大肠杆菌是非常安分守己的，他们不但不会给我们的身体健康带来任何危害，反而还能竞争性抵御致病菌的进攻，同时还能帮助合成维生素 K₂，与人体是互利共生的关系。

只有在机体免疫力降低、肠道长期缺乏刺激等特殊情况下，这些平日里的良民才会兴风作浪，移居到肠道以外的地方，例如胆囊、尿道、膀胱、阑尾等地，造成相应部位的感染或全身播散性感染。因此，大部分大肠杆菌通常被看作机会致病菌。

在相当长的一段时间内，一直被当作正常肠道菌群的组成部分，认为是非致病菌。直到 20 世纪中叶，才认识到一些特殊血清型的大肠杆菌对人和动物有病原性，尤其对婴儿和幼畜(禽)，常引起严重腹泻和败血症，它是一种普通的原核生物，根据不同的生物学特性将致病性大肠杆菌分为 6 类：肠致病性大肠杆菌 (EPEC)、肠产毒性大肠杆菌 (ETEC)、肠侵袭性大肠杆菌 (EIEC)、肠出血性大肠杆菌 (EHEC)、肠黏附性大肠杆菌 (EAEC) 和弥散粘附性大肠杆菌 (DAEC)。

2. 黄粉虫及经济价值

黄粉虫又叫面包虫，在昆虫分类学上隶属于鞘翅目，拟步行虫科，粉甲虫属(拟步行虫属)。黄粉虫因为非常容易饲养，经常用作昆虫生理、昆虫病理、昆虫免疫等方面的研究材料。你知道

吗，黄粉虫除了具有很好的科研价值外，还是一种非常好的资源昆虫。黄粉虫原产北美洲，50年代从苏联引进中国饲养，黄粉虫干品含脂肪 30%，含蛋白质高达 50%以上及动物生长所必需的 18 种氨基酸，此外还含有磷、钾、铁、钠、铝等常量元素和多种微量元素。因干燥的黄粉虫幼虫含蛋白质 40%左右、蛹含 57%、成虫含 60%，其各种营养成分居各类食品之首，大大高于鸡蛋、牛肉、羊肉等常规动物性食品，且有易于消化吸收，被誉为昆虫中的“蛋白之王”、“蛋白质饲料宝库”。

(1) 饲用价值

近几十年实践证明：用黄粉虫作饲料喂养的蝎子、蜈蚣、蛤蚧、蛇、鳖、牛蛙、热带鱼和金鱼，不仅生长快、成活率高，而且抗病力强，繁殖力也大大提高；用黄粉虫作为一般畜禽的饲料添加剂应用，可以提高产品产量和质量，能有效降低饲料成本、提高经济效益，倍受养殖户和消费者的欢迎。

(2) 食用价值

黄粉虫口感好、风味独特、易于被消费者接受，可以烘烤、煎炸、加工成具有果仁味的蛋白饮品、精制蛋白粉等多种形式的食品。

随着人们对食物的需求越来越千奇百怪，美国也出现了首家饲养昆虫的工业化农场。美国安大略湖的新千年农场中就饲养了 3000 万只蟋蟀和 2000 万只面包虫，而由这些虫子制作的食品也已经在超市中上架了。这家农场由赖安(Ryan)、贾罗德(Jarrood)以及达伦(Darren)兄弟三人共同建立，他们希望通过这种革新彻底改变人们的食物观念，并使他们农场中的昆虫成为人们餐桌上的一部分。

(3) 保健价值

医学研究证明黄粉虫的核黄素和 VE 含量都很高，VE 有保护细胞膜中的脂类免受过氧化物损害的抗氧化作用，是一种不可缺少的营养素和药品。

黄粉虫脂肪含有丰富的不饱和脂肪酸，可提纯作为医用和化妆品用脂肪，能提高皮肤的抗皱功能，对皮肤病也有一定的治疗和缓解症状的作用，用黄粉虫为原料提取 SOD 作为美容养生产品原料，其抗衰老、防皱、美白、养颜效果也优于现有市场产品。

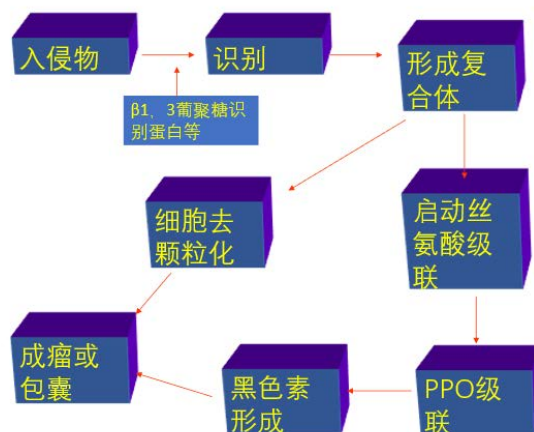
黄粉虫特有的甲壳素和抗菌肽，有降低血压、提高免疫、活化细胞、预防癌症、降血脂、降血压、调节血糖、抗衰老，调节机体环境等多种功能作用，可用于医药产品和保健产品。

(4) 药用价值

作补气养血之药用，有活血化瘀，温中理气，还可治无名肿毒。促进人体充分吸收和利用，调解造血器官的阴阳平衡，达到补肾填精益髓、健脾益气养血、凉血清热解毒、行气活血祛瘀功效。

3. 昆虫的免疫路径

昆虫在长期的进化过程中形成了独特的免疫体系，受到病原菌入侵后，其主要的免疫路径如下：



虽然昆虫有免疫防御这面“盾”，但是，病原菌或其他寄生天敌也有自己独特的进攻武器，能够“反防御”，矛利还是盾坚的较量场景，正在不断的上演。通常来说，外来入侵者对付寄主免疫的“反防御”措施有两条路径，主动反防御和被动反防御。主动反防御是病原菌主动抑制寄主的免疫，如绿僵菌毒素可以抑制沙漠蝗血细胞的免疫功能，寄生蜂分泌毒液抑制寄主的细胞免疫；被动反防御是入侵者规避寄主的免疫反应，如莱氏绿僵菌侵入寄主后以酵母状形态存在，能够绕过斜纹夜蛾等寄主的免疫探测。虽然莱氏绿僵菌能够瞒过夜蛾幼虫的免疫系统，但却无法逃过黄粉虫免疫系统的检测，也许这就是为什么绿僵菌不去侵染黄粉虫的原因之一吧。

实验二十七 DNA 条形码技术与昆虫分子分类鉴定

实验目的

1. 综合运用前期实验所掌握的技术方法，完成运用 DNA 条形码技术对昆虫进行分子鉴定的相关过程，包括昆虫基因组 DNA 的提取、条形码标准基因 (*cox 1*) 的 PCR 扩增、PCR 产物纯化及序列测定、DNA 序列比对与分析，进而确定供试昆虫的分类地位；
2. 分析了解昆虫分子鉴定 DNA 条形码技术的应用机制；
3. 掌握昆虫基因组 DNA 的提取方法、PCR 扩增技术、核酸电泳及 DNA 回收技术；
4. 掌握距离法的核酸序列比对与数据分析方法。

实验要求

1. 正确掌握昆虫基因组 DNA 提取方法；
2. 正确掌握昆虫特异基因的 PCR 扩增方法；
3. 正确掌握核酸电泳技术及特异性核酸回收纯化技术；
4. 比对供试昆虫 CO I 基因序列的比对分析，根据序列关系的遗传距离确定昆虫的分类地位。

实验材料

黄粉虫、黑腹果蝇、小菜蛾、葱须鳞蛾。

实验用具

研钵、研棒、梯度 PCR 扩增仪、核酸电泳仪、低温高速离心机、移液器、凝胶成像仪、1.5 ml 离心管、药匙、镊子、万分之一电子天平

100 mM NaCl, 10 mM Tris.Cl (pH8.0), 25 mM EDTA (pH8.0), 0.5% SDS, 0.1 mg/ml 蛋白酶 K、一次性手套、氯仿、异戊醇、无水乙醇、琼脂糖凝胶回收试剂盒、琼脂糖、dNTP、Taq 酶、ddH₂O、50X TAE 溶液、核酸染料 Gelred、异丙醇。

cox1 通用引物序列: LCO1490 (5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3')

HCO2198 (5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3')

理论知识复习

1. 分类学的发展

自林奈创立双名法近 250 年来，仅有 100 多万个昆虫物种被命名，昆虫作为世界上物种数量最多的类群，其在分类上存在大量争议，并且，目前尚有大量种类有待我们去发现、描述和命名，因此其分类任务复杂而艰巨。目前在国际范围内对昆虫的鉴定主要依据成虫的形态学特征，幼虫的特征差异小，而且有些特征在不同的发育时期不够稳定，此外，昆虫近缘种之间在形态特征之间差异较小，难以从形态学直观区分，因此根据形态学特征进行种类鉴定很难确保其准确性。分子生物学技术在昆虫领域的应用主要集中在系统演化及分类鉴定两方面。昆虫系统进化的研究，探索昆虫种、属间的相对亲缘关系，从分子水平上找出其种间的 DNA 序列的特异性差异，从而为昆虫的分子鉴定奠定基础。Tautz 于 2002 年提出 DNA 分类的概念 (DNA Taxonomy)，以 DNA 序列为基础建立物种识别体系，利用 DNA 序列的差异进行种级阶元的分类，并与林奈命名系统一一对应。Herbert 等于 2003 年提出 DNA 条形码概念 (DNA Barcoding)。用于 Barcoding 的 DNA 序列与整个基因组 DNA 相比要短得多，而且非常容易获得。线粒体 *cox1* 基因非常保守，在物种内不同个体之间只有 1~2% 的差异，而近缘种间的差异略大，非常适合作为 DNA 条形码技术的分子标记。利用线粒体 *cox1* 基因 (线粒体细胞色素氧化酶亚基 I 基因，5'端 648 bp) 作为通用序列，建立全球性的物种鉴别系统，可以更有效的开展昆虫种类鉴定及系统发育关系研究。

2. DNA 条码的优势

同传统的形态学鉴定相比，DNA 条形码技术具有以下优势：(1)不受物种发育阶段的影响：以物种 DNA 序列为检测对象，同种生物在不同生长时期的 DNA 序列信息一致；(2)操作简单：

该技术对研究人员的分类知识与经验要求不高，经过简单培训即可操作，不需要依赖分类学专家；(3)准确性高：每个物种都具有特定的 DNA 序列信息，利用现有的 DNA 条形码数据库，可鉴别出全球范围内已收录的所有物种；(4)能够发现传统形态学鉴定所不易发现的新种或隐存种。目前，DNA 条形码技术已经成为生物分类和物种鉴定强有力的工具，在生物多样性保护中得到了广泛的应用。

实验内容与方法

一、昆虫基因组 DNA 提取方法 -CTAB 法

1. 将 95% 酒精浸泡过的标本取出，用吸水纸吸去标本表面的乙醇，用 1×TE Buffer 浸泡两次，每次 20min；
2. 将供试昆虫转入预冷的研钵中，加入液氮使其迅速冻结，用研棒迅速有力地将昆虫研磨成细粉末，称取 0.1 g 冻干粉转入 1.5 mL 离心管。
3. 加 600 μL 抽提缓冲液，混匀，65℃ 温浴 30 min，每 10min 重新混匀一次；
4. 加等体积（约 600μL）氯仿/异戊醇（24:1），盖紧管盖，上下颠倒混匀 2min，12000rpm 离心 5 min；
5. 上清转移至新的离心管中。加等体积异丙醇，轻轻混匀，静置 2min。12000rpm 离心 5min，弃上清液；
6. 用 400 μL 70% 的乙醇洗涤沉淀，12000rpm 离心 5min，弃上清液。沉淀自然干燥，加入 20μL dd H₂O 溶解。

二、供试昆虫条形码标准基因 (*cox1*) 的 PCR 扩增

1. 将昆虫基因组 DNA 模板和 PCR 试剂都放置在冰上，融解后使用。
2. 按照 PCR 反应体系配制反应混合液。

试剂	浓度	加入量 (μL)
10 X Buffer (Mg ²⁺)		2
dNTP	10mM	2.5
上游引物	5uM	1
下游引物	5uM	1
DNA 模板	50 ng/μL	2
Taq 酶	2.5 U	0.5
超纯水		16
总体积		25

3. 将昆虫基因组 DNA 模板加入 PCR 板中，分别加 23μL 的混合液使体积达到 25μL。
4. 将 PCR 板放入 PCR 仪，设置 PCR 程序数据：94℃ 预变性 5 min；94℃ 变性 30s；55℃ 退火 30s；72℃ 延伸 45s；循环 30 次；72℃ 延伸 10 min；4℃ 保存。

三、供试昆虫条形码标准基因 (*cox1*) 的琼脂糖凝胶电泳及回收纯化

(一) 琼脂糖凝胶电泳：

1. 将洗净的电泳槽洗净，置于平整的台面上，并调节水平；
2. 用 1×TAE 电泳缓冲液配制的琼脂糖 (0.5 g 琼脂糖溶解于 50 mL 1×TAE 电泳缓冲液)，微波炉加热使其溶解；
3. 待琼脂糖溶液冷却至 60℃ 左右时，加入核酸染料 (5 μL)，搅拌均匀。缓缓将琼脂糖倒入胶模中，厚度约 5 至 7mm，插入梳子，静待琼脂糖凝固；
4. 将胶模放进电泳槽中，向电泳槽倒入 1×TAE 电泳缓冲液，没过胶约 5mm；
5. 小心拔掉梳子，用 20 μL 移液器吸取 PCR 反应液产物 (5 μL PCR 产物加 2μL 10×loading buffer)，缓缓加入点样孔；并在最右边的点样孔加 4 μL DNA Maker (2000 bp)；
6. 接通电源，（注意点样孔位于负极），电泳 20min；
7. 电泳完毕，关闭电源。从胶模中取出琼脂糖凝胶，置于凝胶成像仪紫外灯下观察。

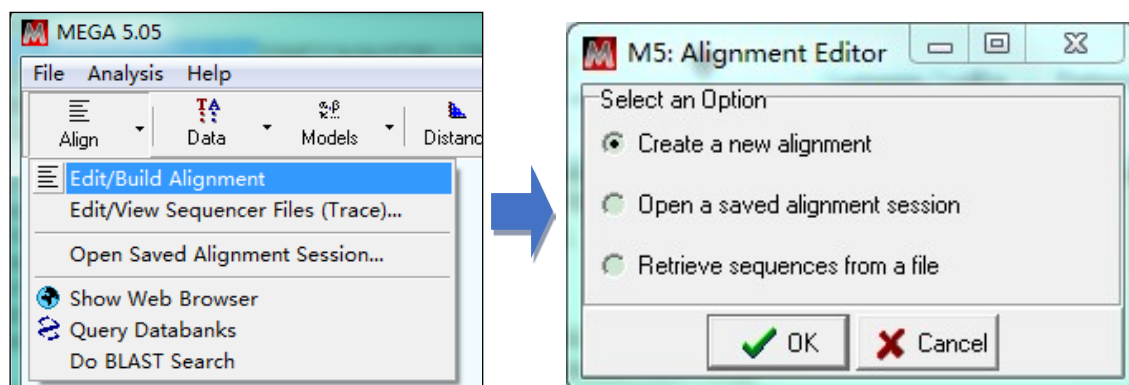
(二) PCR 产物纯化回收:

1. 在紫外灯下切下含有目的 DNA 的琼脂糖凝胶，计算凝胶重量（100mg 凝胶，计 100 μ L 体积）。
2. 加入 3 个凝胶体积的 Buffer DE-A（600 μ L），混合均匀后，于 65 $^{\circ}$ C 加热，直至凝胶完全熔化。
3. 加 0.5 个 Buffer DE-A 体积的 Buffer DE-B（300 μ L），混合均匀，当分离的 DNA 片段小于 400 bp 时，加入 1 个凝胶体积的异丙醇。
4. 吸取 3 中的混合液，转移到 DNA 制备管(置于 2 mL 离心管中)，12000rpm 离心 1 min。弃滤液。
5. 将制备管置回 2 mL 离心管中，加 500 μ L Buffer W1，12000rpm 离心 30 sec，弃滤液。
6. 将制备管置回 2 mL 离心管中，加 700 μ L Buffer W2，12000rpm 离心 30 sec，弃滤液。重复一次。
7. 将制备管置回 2 mL 离心管中，12 000rpm 离心 1 min。彻底去除残余的液体。
8. 将制备管置于 1.5 mL 离心管中，在制备膜中央，加 25~30 μ L 65 $^{\circ}$ C Eluent 或去离子水，室温静置 1 min。12000rpm 离心 1 min 洗脱 DNA。

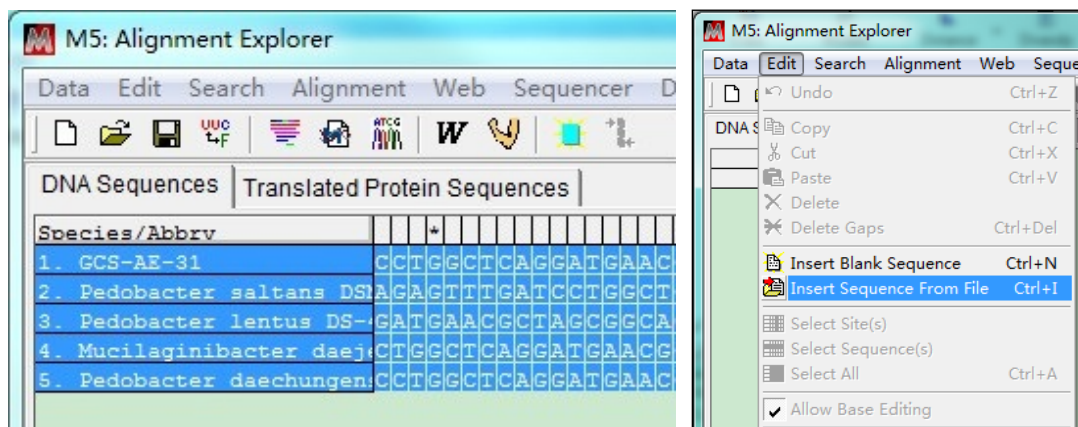
四、供试昆虫条形码标准基因 (*cox1*) 的序列分析比对

1. 准备序列文件：将回收后的条形码标准基因 (*cox1*) PCR 产物送上海生工生物科技有限公司进行测序分析，获得测序结果（DNA 碱基序列，fasta 格式序列文件）。每条序列可以单独为一个文件，也可以把所有序列放在同一文件内。

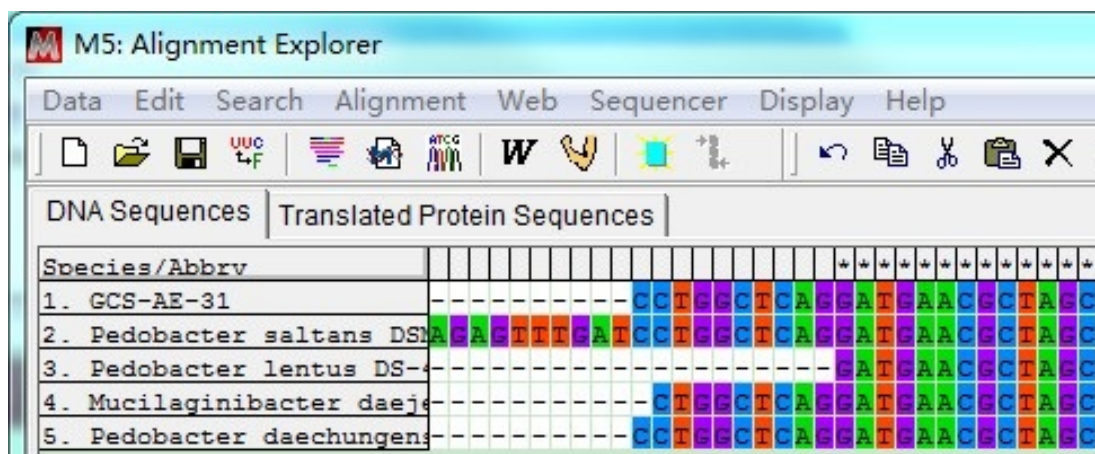
2. 多序列比对：打开 MEGA 5，点击 Align，选择 Edit/Build Alignment，选择 Create a new alignment，点击 OK。



这时需要选择序列类型，核酸（DNA）或氨基酸（Protein）。在弹出的窗口中直接 Ctrl + V 粘贴序列（如果所有序列在同一个文件中，即可全选序列，复制）。也可以：点击 Edit，选择 Insert Sequence From File，选择序列文件（可多选）。

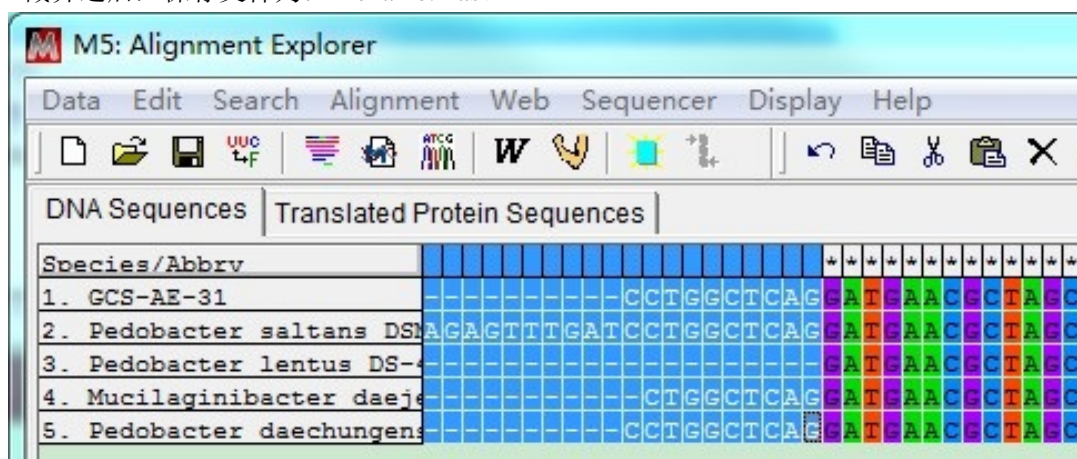


序列文件加载之后，呈蓝色背景（为选中状态）。点击按钮编辑，选择 Align DNA（如果是氨基酸序列，则会出现 Align Protein）。弹出的窗口中设置比对参数，一般都是采用默认参数即可。点击 OK，开始多序列比对。比对完成后，呈现以下状态。



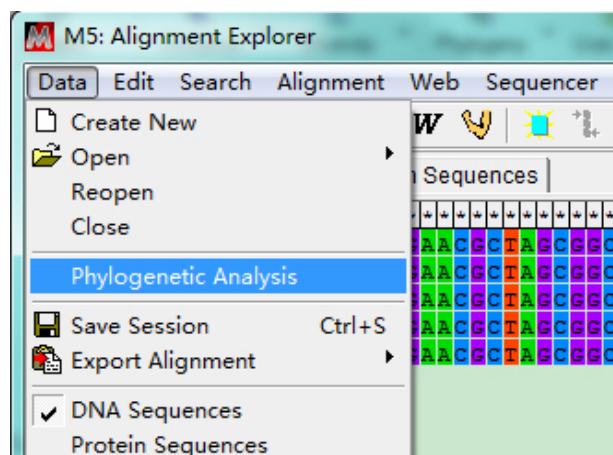
这时需要截齐两端含有---的序列：选中含有---的序列，按键 Delete 删除（注意：两端都需要截齐）。

截齐之后，保存文件为：filename.mas。

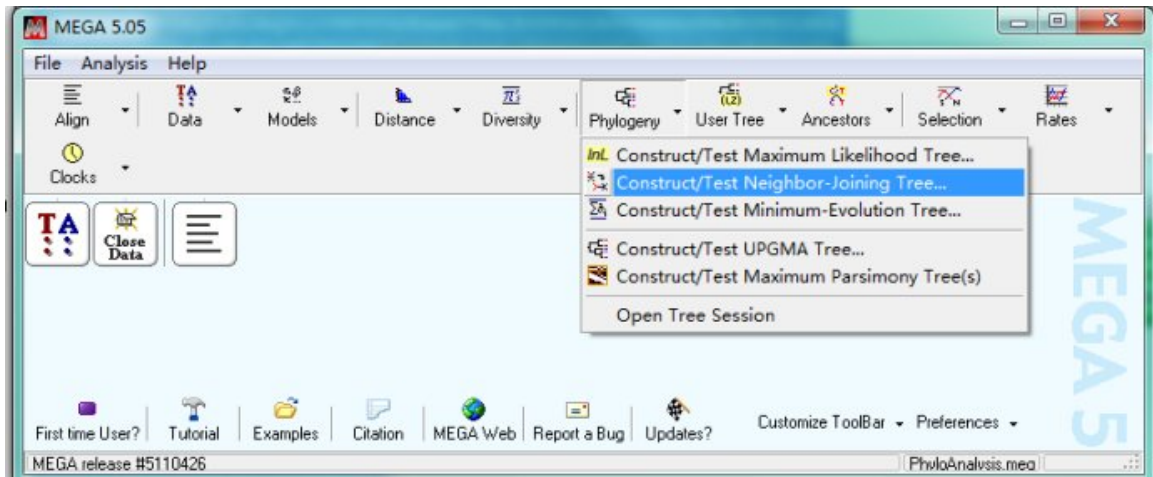


3. 构建系统进化树

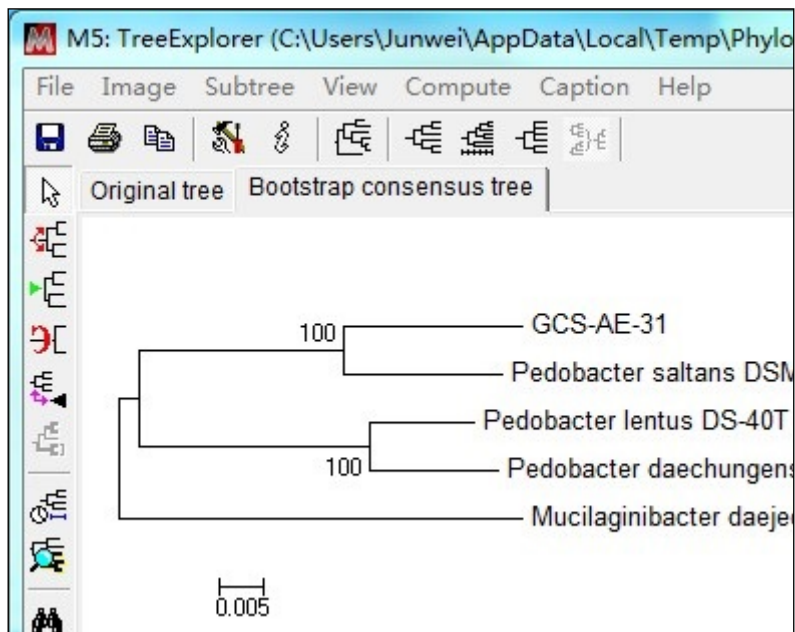
多序列比对窗口，点击 Data，选择 Phylogenetic Analysis，弹出窗口询问：所用序列是否编码蛋白质，根据实际情况选择 Yes 或 No。此时，多序列比对文件就激活了，可以返回 MEGA 5 主界面建树了。



Construct/Test Maximum Likelihood Tree... (ML) 或 Construct/Test Neighbor-Joining Tree NJ) 或 Construct/Test Minimum-Evolution Tree... (ME) 为三种不同的建树方法，NJ 方法最常用。



建树完成，效果如下所示。注意，要点击 Bootstrap consensus tree 查看树形。保存文件为 filename.mts（可以用 MEGA 5 打开）。



4、根据进化树的结果确定供试昆虫的分类地位。

作业与思考题

1. 选择昆虫 DNA 条形码基因的依据是什么？
2. 对于亲缘关系较远的昆虫种类最快捷有效的分类方法是什么。
3. 传统的形态学分类与新兴的分子生物学分类在昆虫分类过程中的关系怎样？
4. 昆虫 DNA 条形码分类鉴定技术在实际生活中会有怎样的应用前景？
5. 除线粒体 *cox1* 基因外，还有哪些特殊基因可以作为昆虫 DNA 条形码的基础基因？

小结与知识拓展

1. 理想的 DNA 条形码应符合的基本标准

(1) 具有足够的遗传变异性和一定的分化度，可以区分不同的物种，同时种内变异小，具有保守性。

(2) 必须是一段标准的 DNA 片段来尽可能的鉴别不同的分类群。

(3) 目标 DNA 区应该包含足够的系统进化信息，用以定位物种在分类系统中的位置。

(4) 具有高度保守的引物设计区，便于通用引物的设计。

(5) 目标 DNA 足够的短，便于 DNA 的提取和 PCR 的扩增。

2. DNA 序列比对与分析

序列分析即利用生物信息学软件统计分析序列差异，主要包括进化树法（tree based methods）、距离法（distance based methods）和特征法（character based methods），前两者主要包括邻接法、BLAST 搜索或使用软件分析碱基遗传距离等，后者主要包括 DNA 序列中核苷酸的组成、替换与缺失等分析。在分析种以下水平的序列差异时，由于基因距离较小，使用基于特征的分析方法更为可靠。

3. 分子生物学技术与昆虫分类

昆虫分类一个非常重要的目的就是研究昆虫的系统发育关系，即研究昆虫的亲缘关系，明确昆虫的分类地位。传统的分类都是以形态学分类为基础，系统发育关系也是以形态特征的同源度作为参考系，随着技术的不断进步，遗传学内容、生理学内容，尤其是分子生物学内容逐渐应用到昆虫的分类和系统发育研究中，并取得了丰硕的成果。

昆虫的基因组十分庞大，应用分子技术进行昆虫分类研究时应如何选择基因位点？一般情况下，我们选择核糖体 DNA（rDNA）、线粒体 DNA（mtDNA）的基因组及相关的序列。由于 rRNA 的进化速度较慢，结构保守，适合于构建昆虫系统树的基部分支。其中 5.8S rRNA 基因太短，包含的信息太少，仅适合纲水平的研究。18S rRNA 基因较大存在变化区域，多作为科水平以上的分类依据。28S rRNA 基因包含的信息则较多，可用于科、属水平以上的研究。转录间隔区 ITS 序列在昆虫中全长 1.0~1.5kb，变异较大，可用于属、种、种群水平的研究。目前主要用于近缘种或低级分类阶元的系统发育和区系研究。rDNA 基因间隔区 IGS 区（ETS、NTS）属于高度变化区，广泛用于重以下水平的研究。

昆虫分子生物学技术主要采用以 Southern 杂交为基础的 RFLP 标记，以聚合酶链式反应(PCR)为基础的 RAPD、SSR、AFLP 标记、DNA 测序，以基因组序列为基础的 SNP 标记等方法。其中限制性片段长度多态性（restriction fragment length polymorphisms, RFLP）的创立是基于限制性内切酶的发现和相应术发展，1980 年由 Bostein 等人正式提出，RFLP 广泛应用到昆虫遗传多态性的研究领域。如果把特定引物改为随机寡核苷酸引物进行扩增，从而获得基因组 DNA 的多态性，该方法则称为随机扩增片段长度多态性（random amplified polymorphic DNA, RAPD），此方法的优点是快速简便、反应灵敏，对遗传背景不清楚的材料也能可应用。此后，基于 PCR 技术和 RFLP 分子标记，又发展出了扩增片段长度多态性技术（amplified fragment length polymorphism, AFLP）。

近年来，学者们研究昆虫起源进化时，通过遗传信息的流动，利用分子生物学技术可以更具体的发现昆虫种群的起源与进化。通过保守基因构建系统发育树来追溯昆虫的祖先与种群进化与迁移方向。目前，昆虫中利用 mtDNA 基因的系统发育研究主要涉及双翅目、鳞翅目、鞘翅目、膜翅目等经济意义巨大的类群。

随着分子生物学理论与技术的发展，尤其是核糖体 RNA 和线粒体 DNA 大量目的基因序列测定的完善，昆虫系统发育的研究不断取得进展。理论的发展使得对实验数据的解释更容易，技术的发展则使得对实验材料的探究更透彻。于此同时，也给研究昆虫系统发育研究提供了新的思维方法和挑战。虽然现阶段用于研究的材料较少，仍有很多基因并未研究清楚，比如在研究物种起源、种群遗传进化基因漂流等方面仍存在疑问。然而，随着分子生物学技术的发展、计算机技术的创新和统计学模型的融合完善给研究昆虫系统发育提供了光明前景，使得未来的科学研究领域更加广阔。

实验二十八 昆虫发育起点温度与有效积温测定

实验目的

1. 结合昆虫生物学知识和生态学知识,理解环境因素,尤其是温度对昆虫发育进度的影响,掌握有效积温法则的含义;
2. 通过具体的实验过程,掌握实验测定昆虫发育起点温度和有效积温的方法和步骤;
3. 对取得的数据进行分析,掌握有效积温的计算方法。

实验要求

1. 认真,细致,责任心强。本实验需要较长的时间,要经常观察记录昆虫的发育进度,因而要有足够的耐心和责任心。
2. 团队成员要有合作意识。昆虫的饲养、观察要在相对稳定的环境中进行,实验人员之间要相互协调,相互配合,培养团队意识。
3. 遵守养虫室的规章制度和规定,进入前严格消毒,做好防护,不可把病毒带入养虫室。

实验材料

草地贪夜蛾、斜纹夜蛾、甜菜夜蛾、小菜蛾或黑水虻等易于大量饲养昆虫的卵。

实验用具

具有独立控温隔间的人工气候养虫室,或人工气候养虫箱(6个以上),镊子、养虫盒、人工饲料、温度计等。

理论知识复习

1. 温度对昆虫的影响

(1) 直接影响

昆虫是变温动物,温度的变化直接影响昆虫的代谢率高低。

对昆虫的生长、发育、生殖、遗传、生存、活动、行为和分布等起重要作用。

(2) 间接影响:通过影响昆虫食物或其它寄主,对昆虫起间接作用。

2. 环境温区的划分(根据环境温度对昆虫的影响程度)

(1) 致死高温区:45-60℃,高温引起蛋白质变性或失水过多等而导致昆虫死亡。

(2) 亚致死高温区:40-45℃,昆虫是否死亡取决于温度的高低和持续的时间。

(3) 适温区:8-40℃,昆虫的发育适宜,繁殖量较大,活动正常。

高温临界:40℃,温度再高,昆虫的发育和活动将受到影响。

最适温区:20-30℃,昆虫的发育最快,繁殖量最大,活动最旺盛。

发育起点温度:8℃,环境温度只有达到此温度,昆虫才能进行生长和发育。

(4) 亚致死低温区:-10-8℃,昆虫是否死亡取决于温度的高低和持续的时间。

(5) 致死低温区:-40--10℃,低温引起体液的结晶和原生质变性等而导致昆虫死亡。

3. 有效积温和发育起点温度

昆虫同其它生物一样,完成其不同的发育阶段(如卵、各龄幼虫、蛹、成虫产卵前期或一个世代等)需要积累一定的热能,即所需要的热能为一常数,以发育时间(N)与发育期的平均温度(T)的乘积表示所需的热能,称为积温常数(K'),单位为日度,即 $K'=NT$ 。但昆虫各发育阶段只有达到发育起点温度(C)的温度才开始发育,积温在发育起点以上的温度称为有效积温常数(K),即:

$$K=N(T-C)$$

式中: N 为完成某一生长发育阶段或整个世代所需要的时间(天数或小时); T 为该期平均温度; K 为有效积温; C 为发育起点温度。

将 $V=1/N$ 代入上式可得到: $T=C+KV$

一般通过室内实验,可得到在不同温度($T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$)条件下昆虫各发育阶段的发育时间($N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$),并计算出各自的发育速率($V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$),按照

统计学上的“最小二乘法”可求出昆虫的发育起点温度（ C ）和有效积温（ K ）为：

$$C = \frac{\sum V^2 \sum T - \sum V \sum VT}{n \sum V^2 - (\sum V)^2} \quad K = \frac{n \sum VT - \sum V \sum T}{n \sum V^2 - (\sum V)^2}$$

昆虫的发育起点温度（ C ）和有效积温（ K ）的标准误差表为 S_c 、 S_k ：

$$S_c = \sqrt{\frac{\sum (T - T')^2}{n-2} \left(\frac{1}{n} + \frac{\bar{V}^2}{\sum (V - \bar{V})^2} \right)} \quad S_k = \sqrt{\frac{\sum (T - T')^2}{(n-2) \sum (V - \bar{V})^2}}$$

式中： \bar{V} 为实验所得的平均值； T' 为发育起点温度的理论值。

实验内容与方法

一、实验条件设定

在人工气候室选择 6 个独立的温控隔间，温度分别设置为 15、18、21、24、27、30℃，并用温度计进行校准，或者 6 个养虫箱分别设置成以上温度。

二、卵的采集和处理

随时检查昆虫的产卵情况，然后把刚产的卵块放在独立的养虫盒中，标记好时间，分别放置在不同温度的环境下等待孵化；每个温度根据产卵情况放置 3-5 个卵块，即重复 3-5 次。

卵块放入不同温度的环境中后，每隔 8 小时检查 1 次，记录首次发现幼虫的时间（卵孵化的时间）。

三、幼虫的饲养和观察

卵历期观察完成后，选择数量多，孵化日期相同的一批幼虫，分别放置在 6 个不同温度的环境中进行饲养，每个温度饲养 20 头幼虫，继续观察，记录蜕皮的次数和时间，直至化蛹。

四、发育速率的计算

以斜纹夜蛾为例，将实验所获得的结果记载于表 1。并根据平均发育历期 N 计算得到的平均发育速率 V ，填入表 1 中。

表 1 不同恒温条件下斜纹夜蛾卵和各龄幼虫的平均发育历期

虫 期		温 度 (°C)					
		15	18	21	24	27	30
卵 期	平均卵期 N (天)						
	平均发育速率 V ($V = 1/N$)						
幼 虫 期	1 龄	平均发育期 N (天)					
		平均发育速率 V ($V = 1/N$)					
	2 龄	平均发育期 N (天)					
		平均发育速率 V ($V = 1/N$)					
	3 龄	平均发育期 N (天)					
		平均发育速率 V ($V = 1/N$)					
	4 龄	平均发育期 N (天)					
		平均发育速率 V ($V = 1/N$)					
	5 龄	平均发育期 N (天)					
		平均发育速率 V ($V = 1/N$)					
	6 龄	平均发育期 N (天)					
		平均发育速率 V ($V = 1/N$)					

五、发育起点温度 C 与有效积温 K 的计算。

按表 2 的统计方法进行。

表 2 实验结果的一元线性回归统计表

统计项	统计值	统计项	统计值
$\Sigma V = \sum_{i=1}^n V_i$		$SS_V = \Sigma V^2 - \frac{1}{n}(\Sigma V)^2$	
$\Sigma V^2 = \sum_{i=1}^n V_i^2$		$SS_T = \Sigma T^2 - \frac{1}{n}(\Sigma T)^2$	
$\bar{V} = \Sigma V/n$		$SP = \Sigma VT - \frac{1}{n}(\Sigma V)(\Sigma T)$	
$\Sigma T^2 = \sum_{i=1}^m T_i^2$		$r = \frac{SP}{\sqrt{SS_V \cdot SS_T}}$	
$\bar{T} = \Sigma T/m$		$K = SP/SS_V$	
$\Sigma VT = \sum_{i=1}^n V_i T_i$		$C = \bar{T} - K$	

六、 C 、 K 标准误的计算。

发育起点温度与有效积温标准误 S_c 、 S_k 的计算，可按表 3 的统计方法进行。

T	V	T'	$(T - T')^2$	$(V - \bar{V})^2$
15				
18				
21				
24				
27				
30				
Σ				

根据 S_c 和 S_k 的计算公式，计算 $S_c = ?$ $S_k = ?$

作业与思考题

1. 完成表 1、2、3 的计算。
2. 列出温度与供试昆虫卵、幼虫发育速率的线性回归式，并给出发育起点温度 (C) 和有效积温 (K) 的计算结果。
3. 预测在温度分别为 20℃、22℃、32℃ 时供试昆虫卵、幼虫的发育天数。

知识拓展

1. 有效积温法则的运用

有效积温法则在害虫的综合治理中有非常重要的作用，可以根据当地全年有效积温测算某一种昆虫的发生代数，也可以结合天气预报的数据准确预测某一种害虫的发生时间，即发生期预测，是病虫害测报工作中最常用的手段和工具。

例如，黄芊等人运用有效积温法则，采用恒温饲养法饲养草地贪夜蛾，测定了草地贪夜蛾的发育起点温度和有效积温，并运用有效积温法则预测草地贪夜蛾在广西的发生世代数，结果表明：

(1) 草地贪夜蛾在 16~28℃ 下均能完成全世代，且草地贪夜蛾不同发育阶段的历期除预蛹期外均随着温度的升高而缩短。在 16 和 19℃ 时，草地贪夜蛾各虫态的发育历期及世代历期差异显著，产卵前期在 22~28℃ 间的差异不显著。在 25~28℃，草地贪夜蛾除预蛹期、雌蛹历期和雄蛹历期差异显著外，其他虫态历期差异均不显著。

(2) 草地贪夜蛾全世代发育起点温度为 10.64℃，有效积温为 446.38 日度。卵、幼虫和雌蛹、雄蛹、产卵前期的发育起点温度分别为 8.95、12.29、11.82、11.16 和 12.86℃，预蛹期的发育起点温度最低，为 3.86℃。幼虫期所需有效积温最高，为 155.68 日度。

(3) 根据气象资料(广西壮族自治区统计局, 2018), 查阅南宁、贺州、柳州等主要城市的全年有效积温, 根据有效积温法则, 计算出草地贪夜蛾在广西各地区的发生世代数。其中, 在桂北地区以桂林为代表城市, 草地贪夜蛾的发生世代数最少, 预计一年发生 7~8 代, 在沿海地区以北海为代表城市, 草地贪夜蛾可在此地一年发生 10~11 代。

2. 有效积温法则在应用上的局限性

(1) 一年严格发生 1 代的专性滞育的昆虫、多年发生 1 代的昆虫和具有定向迁飞习性而在本地不能越冬的昆虫, 利用有效积温法则推测其一年发生代数则无意义。

(2) 昆虫栖息场所的小气候温度与百叶箱测得的大气温度有所差异, 应找出它们的相关性, 测报时予以修正。

(3) 昆虫的不同地理种群的发育始点不完全相同, 如二化螟卵、幼虫和蛹的发育始点在我国长沙测定分别为 9.9、14.8 和 10.9℃, 而在日本测定分别为 10~12℃、10~12℃ 和 10.0℃。

(4) 在定温和自然变温下, 昆虫的发育速度有所不同。如在实际应用中常发现, 在早春预测时, 理论预测期常比实际发生期推迟; 而在夏季预测时, 则理论预测期比实际发生期提早。这主要是由于早春的日最低温度和夏季的日最高温度在变温中的影响所造成的。

(5) 温度虽然是影响昆虫发育速度的主要因素, 但湿度、食料等也有一定的影响。故在应用时, 应全面分析, 注意修正。

实验二十九 昆虫过冷却点测定

实验目的

1. 掌握热电偶测定微小环境温度的方法；
2. 通过测定昆虫的过冷却点了解不同昆虫（或同一昆虫的不同虫态、虫龄）的抗寒能力；
3. 从理论上了解有些昆虫不能在寒冷地区越冬的原因。

实验要求

1. 通过实验了解昆虫越冬的内在机理。
2. 掌握过冷却点的测定方法。
3. 了解昆虫低温耐受能力。

实验材料

草地贪夜蛾、斜纹夜蛾、玉米螟、棉铃虫等昆虫的幼虫。

实验用具

温差热电偶、光点反射检流计、冰瓶、温度计、温箱、瓷盘、镊子、指形管、透明胶带、碎冰块、热水、NaCl。

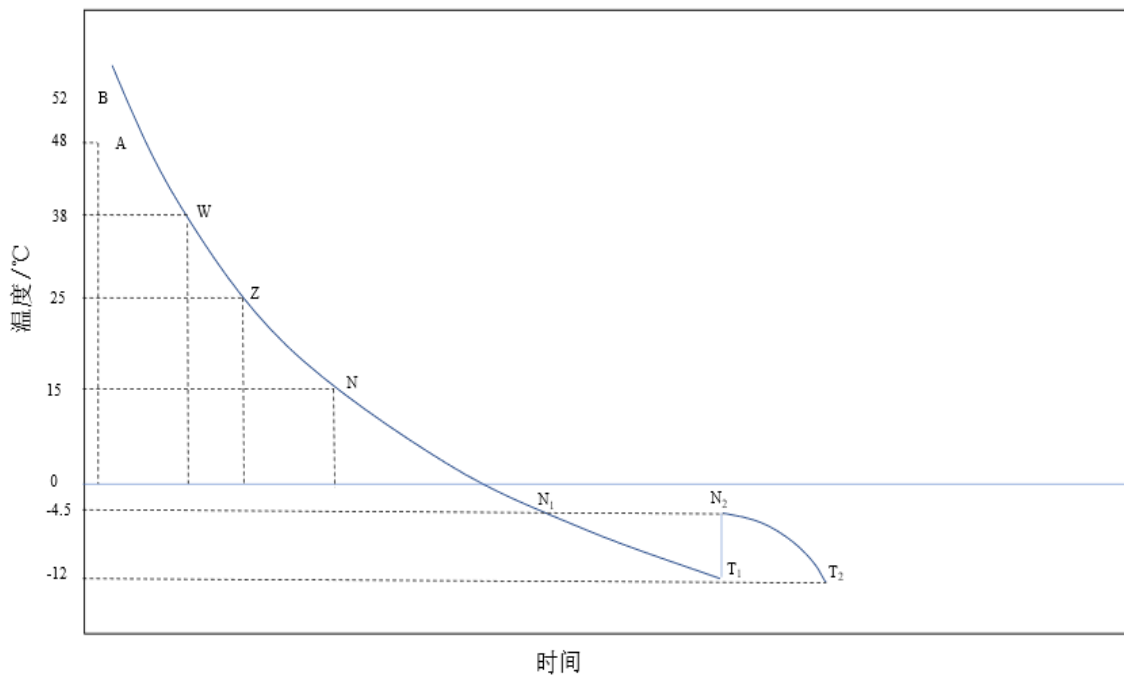
理论知识复习

1. 低温与耐寒

昆虫在低温致死温以内，经一定时间亦将死亡。但昆虫的耐寒力较耐热力较强，即昆虫忍受低温强度和持续时间的能力相对较强。这主要是昆虫的体液内含有大量糖、脂肪、蛋白质等化学物质，与原生质形成一定的有机结构，使其体液可以忍受 0°C 以下的一定低温而不结冰。

2. 昆虫过冷却现象

昆虫属于变温动物，即其体温随周围环境温度的变化而变化。当环境温度由高温状态逐渐下降时，昆虫体温也随之降低。当昆虫体温降至 0°C 时，其体液并不立即冻结；而当体温下降至零下某个临界点（过冷却点）时，温度不再下降，体液开始结冰。由于组织结冰而释放溶解热，体温有短时间的回升，而回升到某一点（冻结点）后，体温又重新下降，不再回升，直到降至环境温度为止（如下图）。



低温下昆虫体温的下降过程示意图

注： N_1 体液开始过冷却； N_2 冻结点； T_1 过冷却点； T_2 死亡点

综上所述,我们可以把昆虫过冷却现象简述为:昆虫体温处于 0°C 以下而不立即冻结的现象。昆虫过冷却现象的产生,是由于昆虫体液内含有大量的化学物质,如糖和脂肪等,而体内原生质又形成了一定的有机结构,从而使其体液能忍受 0°C 以下的低温而不冻结。

测定昆虫的过冷却点是研究低温极限对昆虫的致死作用,以及昆虫抗寒能力(抗寒性)的常用方法之一。不同昆虫以及同种昆虫的不同地理种群或不同虫态、虫龄,甚至不同个体,生理状况(如性别、营养状况、进入越冬与否)以及降温速度快慢等,都可能影响昆虫抗寒力。因此,对昆虫过冷却点测定的选材和结果都应视具体情况具体分析。

实验内容与方法

一、建立鉴定曲线 $S^+—S^-$

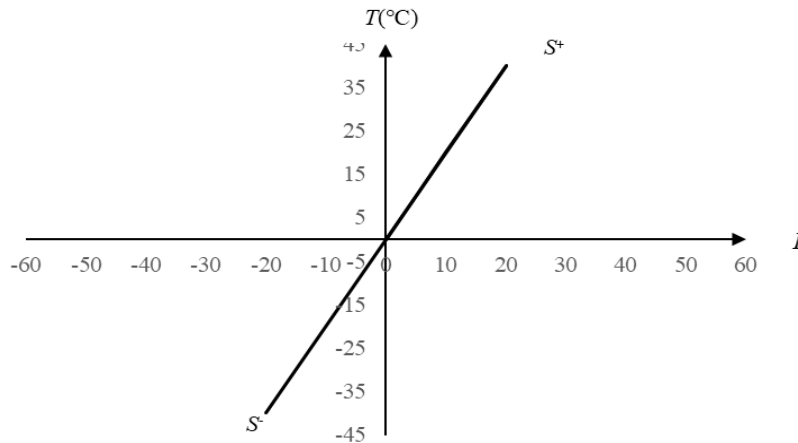
建立鉴定曲线 $S^+—S^-$ 即作出温度($^{\circ}\text{C}$)与检流计的电流强度间的换算曲线。

1 取碎冰块若干,装入第一个冰瓶内,插入标准温度计一支,使其温度稳定在 0°C 。

2 准备好热水、自来水、冰块和另一支标准温度计及第二个冰瓶。

3 将温差热电偶与检流计连接好后,首先调整零点,而后把热电偶的A端(负极)插入第一个冰瓶,B端插入第二个冰瓶。

4 在第二个冰瓶中用冰块、自来水及热水来逐级升高其温度,造成A与B之间的均匀温度梯度。一般从 0°C 开始,按 5°C 为一级,逐渐加温,即 0°C 、 5°C 、 10°C ... 40°C 。分别在检流计上读出各温度梯度相应的电流强度(I)值(以格数表示),而后以这些数值为坐标点,在直角坐标系中将各点连成光滑曲线即为“ S^+ ”。仍按上述方法,调换接线柱正负极位置即可作出“ S^- ”。



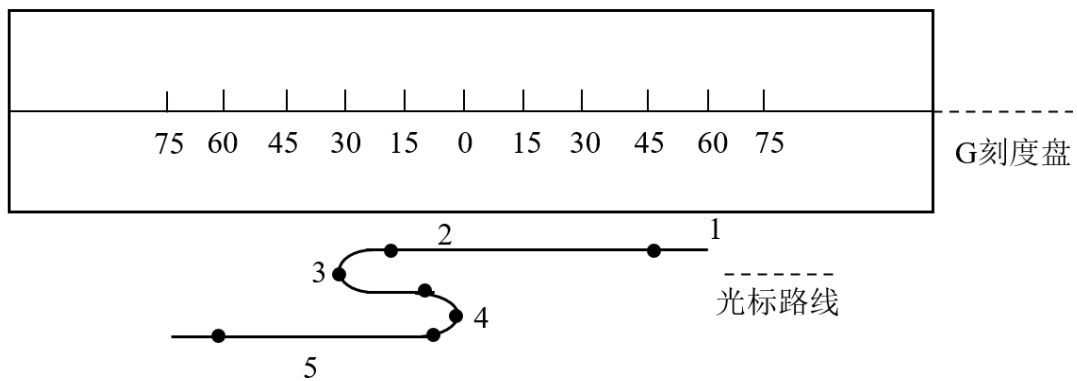
鉴定曲线示意图

二、昆虫过冷却点的测定

1. 获得低温环境。将4份碎冰块和1份NaCl充分混合,即可得到 -22°C 左右的低温。把这种冰盐混合物放入第二个冰瓶内,待用。

2. 将温差热电偶的A端仍插在第一个冰瓶中(0°C);B端为测温端。取草地贪夜蛾或其他幼虫1头,用透明胶带将幼虫和B端包在一起(使虫体与B端充分紧接),而后放入一小指形管中。打开检流计开关,当光标稳定后,其读数即为该虫体温的 I 值,通过 $S^+—S^-$ 换算,即可得到其体温值。

3. 把B端连同小指形管一起插在冰盐混合物中(第二个冰瓶中)。当检流计的光标开始向左偏转(I 值减小,虫体温度随环境温度下降而下降)时,应马上按一定时间间隔(1s左右)读一次 I 值,并记录下来。当光标向左移动到一定位置后,稍停后即迅速向右移动,此“稍停”的 I 值即为过冷却点(T_1),及时记下 I 值。这个体温“回升”表示虫体内组织开始冻结放热,因虫体小,故体温回升持续时间很短。当光标向右移动到一定刻度后,又折回向左移动,此转折点就是冻结点(N_2),及时记下其 I 值。光标继续向左移动,直至达到环境温度为止(即冰盐混合物的温度)。



过冷却过程中的光标的移动路线示意图

注：1. 幼虫体温（1 值）；2. 体液开始过冷却（ N_1 ）；3. 过冷却点（ T_1 ）；4. 冻结点（ N_2 ）；5. 起始死亡点（ T_2 ）

作业与思考题

1. 绘制标准鉴定曲线 $S^+—S^-$ 。

2. 测定草地贪夜蛾幼虫和玉米螟幼虫各 10 头，取其均值画出过冷却曲线图，按下表进行记录和整理，并根据标准曲线推测过冷却点（ T_1 ）。

幼虫过冷却过程中电流强度（ I ）和温度的动态记录

时间/s		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	.....n_i
I 值 (格)	虫 ₁											
	虫 ₂											
	⋮											
	虫 ₁₀											
换算温度 °C	虫 ₁											
	虫 ₂											
	⋮											
	虫 ₁₀											
总计												
平均												

3. 根据上述测定结果，解释草地贪夜蛾能否在山东越冬？玉米螟能否在山东越冬？原因何在？（以山东省最低气温-17°C为参考）。

4. 在过冷却过程中的不同温度点取出供试幼虫，放在合适温度下饲养，观察其存活情况，并分析其原因。

小结与知识拓展

1. “过冷却理论”的创立

俄国物理学家巴赫梅捷夫 1898 年利用热电偶法，在-20°C的环境温度下，测量大戟天蛾蛹的体温变化和体液结冰温度，并于 1907 年创立了“过冷却理论”（supercooling theory），即“复苏现象”（anabiosis）理论。他发现当体温下降到 0°C 时（ N_0 ），昆虫体液并不结冰；当体温下降至 T_1 时，其体温突然上升（此时体液开始结冰而放出凝固热），但体温只能短暂地上升至接近 0°C（ N_0 ），随即下降，体液并开始结冰，体温降至 T_2 （与 T_1 为同一温度）时，昆虫死亡。 N_2 表示体液开始结冰，称为体液结冰点； T_1 称为过冷却点（supercooling point）或临界点； T_2 称为死亡点。在 $N_1 \sim N_2$ 温度范围内，体液处于过冷却阶段；在 $N_2 \sim T_2$ 温度范围内，体液进入结冰阶段，其中在 0~ T_2 温度范围内，昆虫处于冷昏迷状态（假死状态），一般当环境恢复正常，

昆虫可复苏而恢复正常；但体温降低至 T_2 温度以下时，昆虫一般不能再复苏而死。

2. 低温对昆虫致死的原因

低温对昆虫的致死原因，因昆虫种类和低温强度、持续时间而不同。

一般有两种情况，一是在不太低的低温下（如 0°C 左右及以上），一些耐寒力弱的昆虫体内养分逐渐消耗，体质虚弱，生理失调，在较长时间内不能恢复而死亡。如蜜蜂在 $1\sim 8^{\circ}\text{C}$ 下，因低温影响其糖的代谢和消化器官的吸收而死亡；如杂拟谷盗在 7°C 以下几星期内逐渐死亡。二是在 0°C 以下很低的温度下，昆虫致死的原因主要是体液结冰的机械损伤作用和原生质变性，一些耐寒力较强的种类多属此种情况。

昆虫是变温动物，气候变化是造成种群季节消长的基本原因之一。在不良的低温环境中，昆虫耐寒力的高低是其种群存在与发展的重要前提。昆虫对低温的适应能力及其机理也因而成为昆虫生态学和生物进化研究中的一个深受重视的问题。过冷却点是与昆虫耐寒性直接相关的抗寒对策。昆虫不但受到环境的影响，在长期的进化过程中也形成了适应环境的生理生化机制，包括低分子量的抗冻物质的产生、冰核剂的作用及抗冻蛋白等。景晓红、康乐对昆虫耐寒的机理和机制进行了系统阐述（生态学报，2002，22（2）：2202-2207）。

实验三十 小菜蛾雌成虫对忌避剂的学习与适应

实验目的

1. 了解印楝素对小菜蛾的忌避作用；
2. 了解小菜蛾雌成虫对印楝素的学习和适应能力；
3. 了解昆虫的学习行为。

实验要求

1. 掌握研究昆虫忌避剂的方法和思路。
2. 掌握小菜蛾的饲养方法。
3. 了解研究昆虫学习行为的方法。

实验材料

活的小菜蛾茧蛹（尚未但即将羽化；最好能在 12-24 h 内羽化），20-30 头；1%印楝素微乳剂（市售）、甘蓝苗（3-5 片真叶）20 株（盆）。

实验用具

烧杯、玻璃棒、养虫笼（能放开 1 株甘蓝苗）、手持式喷雾器、镊子、指形管、放大镜。

理论知识复习

1. 昆虫的趋化性

昆虫触角、下唇形、下颚须及其他部位分布有化学感受器，可以感受到寄主植物散发出的化学气味，如果该种气味符合昆虫的食性要求，昆虫就表现出正趋性，如果该种气味是昆虫所厌恶的，昆虫就表现出负趋性，远离寄主植物。昆虫的这种趋化性是昆虫通过嗅觉器官对于化学物质的刺激所产生的反应，对于昆虫的觅食、求偶、避敌以及寻找适当场所产卵等方面皆有重大意义。很多植食性昆虫对寻找和取食特定植物，或植物的特定部位的特性是昆虫趋化性的具体表现。生产上人们常利用昆虫的这种趋性来防治害虫，如用糖酒醋液来诱杀小地老虎。

2. 印楝素的特性

印楝素是从印楝种子中分离提出而来的柠檬素类化合物，属四环三萜类物质。最早分离出纯品是在 1968 年，证实它对沙漠蝗有强烈拒食活性，随后被命名为印楝素，以后的研究实其对许多种农业害虫具高生物活性。印楝素在世界范围得关注，是一种广谱的植物源农药，除了能直接杀死部分昆虫外，还具有很好的忌避活性，是许多植食性昆虫的忌避剂、产卵抑制剂和拒食剂。

3. 小菜蛾

小菜蛾 *Plutella xylostella* 是全世界广泛分布的一种鳞翅目害虫，对十字花科植物危害尤其严重，喜欢在十字花科寄主植物产卵，究其原因，是十字花科植物分泌的多种挥发性化合物对小菜蛾有吸引作用，如六碳醇或六碳醛类化合物均能引起小菜蛾较强的触角电位反应，所以小菜蛾在十字花科植物产卵较多。利用这一习性，是实验室饲养小菜蛾时，可以在收集卵的塑料膜上涂抹甘蓝叶片提取液，吸引产卵。其他科的蔬菜对小菜蛾的吸引力较小，所以小菜蛾的危害较轻。

4. 小菜蛾的学习和适应能力

自然环境条件下，小菜蛾雌成虫厌恶印楝素的气味，不在或很少在含有印楝素的植物上产卵。然而，小菜蛾雌成虫在羽化过程中或羽化早期，接触到印楝素气味后，雌成虫会对印楝素表现出一定的嗜好性，与没有接触过印楝素的虫体相比，明显提高了在印楝素处理的植物上的产卵量，表现出小菜蛾对忌避剂的学习和适应能力。

实验内容与方法

一、实验设计及处理

1 小菜蛾雌雄蛹的性别鉴定

根基实验二十一的方法鉴定雌雄蛹，并按雌雄比 1: 1 分组配对，共分 10 组。

2 药液配制

1%印楝素微乳剂，在烧杯中用水稀释成 600 倍药液，待用。

3 小菜蛾茧的处理

取 5 对小菜蛾茧，浸在印楝素溶液中 10 s，取出用滤纸吸干表面的水分；另取 5 对茧，在清水中浸 10 s，取出用滤纸吸干水分。

4 甘蓝苗处理

取 10 株（盆）甘蓝幼苗，用手持式喷雾器，整株均匀喷撒印楝素溶液，正反面喷洒，晾干后待用；另取 10 株（盆）甘蓝苗，用新的喷壶喷洒清水作为对照。

二、实验方法

1 印楝素处理组小菜蛾雌成虫的产卵选择

取 5 只养虫笼，每笼分别放置 1 株（盆）用印楝素喷洒过的甘蓝苗及 1 株（盆）清水喷洒的甘蓝苗，两者相距 20-30 cm，不可靠的太近。每笼中放 1 对用印楝素处理过的雌雄蛹，等待羽化。蛹羽化后在养虫笼顶端悬挂 1 个含糖量 10-20% 的糖水棉球为成虫补充营养，每隔 24 h 检查两株甘蓝苗上的落卵量，直至成虫死亡，累计产卵量。

2 未用印楝素处理组小菜蛾雌成虫的产卵选择

同样取 5 只养虫笼，分别放置 1 株（盆）用印楝素喷洒过的甘蓝苗及 1 株（盆）清水喷洒的甘蓝苗，每笼中放 1 对用清水处理过的雌雄蛹，按前述的方法饲喂成虫糖水，观察记载不同植株上的落卵量。

观察完毕后，把实验数据填写到以下表格中，并用 t 检验分析不同组别之间的产卵量有无差异显著性（平均数比较）。

印楝素对小菜蛾产卵的忌避性及小菜蛾对印楝素的学习和适应性

笼号	清水处理小菜蛾在不同植株上的产卵量		印楝素处理小菜蛾在不同植株上的产卵量	
	清水处理甘蓝 T1	印楝素处理甘蓝 T2	清水处理甘蓝 T3	印楝素处理甘蓝 T4
1				
2				
3				
4				
5				
总计				
平均				

作业与思考题

1. 饲养小菜蛾时为什么要加糖水球，不加的话可以吗？为什么？
2. 小菜蛾雌雄蛹的鉴别如何进行？如果小菜蛾已经孵化，如何通过观察鉴别雌雄？这两种方法哪一种比较好？为什么实验中选择在蛹期鉴定性别而不是羽化后的成虫？
3. 正常的小菜蛾（清水处理）在正常甘蓝和印楝素处理的甘蓝上产卵量有无区别？为什么？说明了什么？
4. 用印楝素处理过的小菜蛾，在含印楝素的甘蓝苗上产卵有何变化？落卵量增大还是不变？为什么？
5. 用印楝素处理过的小菜蛾，在不含印楝素的甘蓝苗上产卵有何变化？
6. 采用 t 检验，分析 T1 与 T2、T3 与 T4、T1 与 T3、T2 与 T4 处理之间的差异显著性，如果差异显著说明了什么？如果差异不显著，原因何在？
7. 通过实验，是否证明了印楝素对小菜蛾有忌避作用？用印楝素处理小菜蛾后是否对印楝素产生了适应？

小结与知识拓展

1. 昆虫的学习行为

学习是指有经历导致的行为变化。昆虫通过学习而获得的行为成为学习行为（learning

behavior)，也就是昆虫后天获得的行为。学习所导致的行为反应因学习效果的遗忘而被遗弃，也可因新经历的作用而改变，这是学习现象区别于内在行为的基本点。最初人们认为，昆虫只具有本能行为，昆虫的一切行为模式，都是受本能的驱使，是进化的产物。然而，后来很多事实和实验证明，许多昆虫的行为，不仅受本能的驱使，有时还表现出较高的智能，具有学习行为，从而可对有不同生物学意义的环境做出相应的行为反应。学习行为是自然选择的结果，昆虫在自然竞争中的学习能力得到了选择，并得以不断发展、进化。学习可以减少不必要的能量消耗，增加获得利益的可能性和减少惩罚，适应多变的环境以更好的生存。在进化过程中，当环境变得更加复杂时，具有较高学习能力的虫种被保存下来的机会就多。昆虫的学习行为与人们的生活也息息相关。在《宋稗类钞》中就有我国古代民间艺人训练黄、黑两种蚂蚁交战情形的记载；西方国家现在有人训练跳蚤做翻单杠、拉车、拉旋转木马等规定的动作。

学习行为具有不可遗传性、非固有性、可改变性、适应性、渐进性等特征，影响学习行为的主要因素包括遗传背景、刺激类型、食性范围、寄主的发育状况、个体生理状态等，昆虫的学习行为有助于更有效的应对复杂多变的外部环境。

深入研究和理解植食性昆虫与植物的关系有助于进一步认清害虫为害的本质。在植食性昆虫与植物长期协同进化过程中，各种植物形成相应的防御机制来对付植食性昆虫的取食为害，而各种植食性昆虫则通过多种行为和生理机制来适应植物的防御机制，不断调整自己的寄主范围。研究表明，在寄主搜索过程中，植食性昆虫对各种刺激的反应可依其原有经历不同而有所不，即表现出所谓的学习行为，从而有助于其在复杂多变的环境中迅速有效地寻找到适宜的寄主。在作物生态系统中，害虫的学习行为可对各种防治方法的效果产生积极或消极的影响。深入地理解植食性昆虫的学习行为则有助于发展和完善害虫综合治理的策略和方法。

2. 植物挥发物对小菜蛾的忌避和引诱

每一种昆虫都有最适宜的寄主范围。小菜蛾喜食十字花科植物，与十字花科植物的次生代谢中普遍存在引诱小菜蛾取食和产卵的活性物质有非常大的关系，如结球甘蓝中的 1-己醇、1-己烯 3-醇、己醛、(E)-2-己醛、醋酸己酯、乙酸顺-3-己烯酯（绿叶气体）和（Z）-3-醋酸己烯酯；白菜中含有的烯丙基异硫氰酸酯、碳原子数在 6~24 的烯炔类、酯类、醇类和绿叶气体；小白菜中的 9, 12, 15-十八碳三烯酸和 9, 12, 15-十八碳三烯醛等。

在小菜蛾喜食的植物中含有引诱性的化合物，反之，在小菜蛾不喜欢的植物中则含有对小菜蛾有驱避作用的化合物，如爵床甲醇提取物能干扰小菜蛾产卵行为；机械损伤后的薄荷可以挥发出大量的薄荷醇，对小菜蛾具有较强的驱避活性；香茅精油、柠檬精油、陈皮精油、石菖蒲精油、甜橙精油、洋甘菊精油、橘子精油等对小菜蛾的幼虫有拒食作用，并对卵的孵化率有抑制作用，这也是植物抵抗昆虫取食的策略之一。

无论是忌避性还是引诱性挥发物，都可以应用在小菜蛾绿色防控技术体系之中。忌避性挥发物，喷洒在植物表面，可以驱避小菜蛾，降低产卵量，并且在浓度适宜的情况下，对低龄的幼虫还有一定的毒杀效果；也可以以忌避性的挥发物为模板，进行构效关系研究，研发结构新颖的农药。引诱性的挥发物，可以单独设点，引诱小菜蛾，聚而歼之。

主要参考文献

1. 彩万志, 庞雄飞, 花保祯, 宋敦伦编著, 普通昆虫学(第2版), 北京: 中国农业大学出版社, 2011.
2. 北京农业大学主编, 昆虫学通论, 北京: 中国农业出版社, 1993.
3. 汪世泽主编, 昆虫研究法, 北京: 中国农业出版社, 1998.
4. 郭鄂, 忻介六主编, 昆虫学测试技术, 北京: 科学出版社, 1988.
5. 荣秀兰主编, 普通昆虫学实验指导, 北京: 中国农业出版社, 2003.
6. 许再福主编, 普通昆虫学实验与实习指导, 北京: 科学出版社, 2010.
7. 雷朝亮、荣秀兰主编, 普通昆虫学实验指导(第二版), 北京: 中国农业出版社, 2011.
8. 仵均祥主编, 农业昆虫学实验实习指导(北方本), 北京: 中国农业出版社, 2011.
9. 刘志琦、董民主编, 普通昆虫学实验教程(第2版), 北京: 中国农业大学出版社, 2016.
10. 王思芳, 孙丽娟主编, 普通昆虫学实验与实习实训指导, 北京: 中国农业大学出版社, 2016.
11. 魏丹丹, 荣霞主编, 普通昆虫学实验实习指导, 重庆: 西南师范大学出版社, 2019.
12. 王荫长. 昆虫生理学. 北京: 中国农业出版社, 2004, 129-157.
13. 吕建华, 李月红, 刘树生. 植食性昆虫学习行为与害虫治理的关系. 昆虫知识, 2008(4): 663-667.
14. 秦玉川. 昆虫行为学导论. 北京: 科学出版社, 2009, 54-83.
15. 黄芊, 凌炎, 蒋婷, 符诚强, 钟勇, 吴碧球, 黄所生, 李成, 黄凤宽, 龙丽萍. 运用有效积温法则预测草地贪夜蛾在广西的发生世代数. 南方农业学报, 2020, 51(6): 1282-1286.
16. 胡庆玲, 宁硕瀛. 分子生物技术在昆虫系统发育研究中的应用[J]. 科技通报, 2018, 34(4): 7-14.
17. 章振, 沈志杰, 邵思费, 王宇磊, 杨慧萍, 孙媛, 邓建宇. 7种植物精油对小菜蛾幼虫取食及卵孵化行为的影响[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(6): 51-54.
18. 王占娣, 张啦, 丁百莲, 史云东, 王雅妮, 鲁广秋, 贾琳. 小白菜次生代谢物质对小菜蛾雌虫行为的调节作用[J]. 农药学学报, 2021, 23(2): 323-330.

普通昆虫学实验测试题

实验一 昆虫解剖镜和互动系统的使用

填空题

1 解剖镜主要_____、_____、_____三部分组成,底座一般配有_____、_____两种载物盘,一般观察的时候用_____载物盘,需要透射观察的时候用_____载物盘。

答案: 机械部分、光学部分、电气部分、陶瓷、玻璃、陶瓷、玻璃

所属教学要点: 实验一 解剖镜和互动系统的使用

难度(容易、一般、难): 一般

判断题

1. 解剖镜和显微镜一样,都是用来观察微小物体的仪器。

答案: 错

所属教学要点: 实验一 解剖镜和互动系统的使用

难度(容易、一般、难): 一般

2. 移动解剖镜时可以单手取放。

答案: 错

所属教学要点: 实验一 解剖镜和互动系统的使用

难度(容易、一般、难): 一般

3. 解剖镜的目镜可以用纸巾擦拭。

答案: 错

所属教学要点: 实验一 解剖镜和互动系统的使用

难度(容易、一般、难): 一般

4. 解剖镜的调焦螺旋可以反方向同时转动。

答案: 错

所属教学要点: 实验一 解剖镜和互动系统的使用

难度(容易、一般、难): 一般

5. 不用解剖镜时要把镜筒升到最高位置。

答案: 错

所属教学要点: 实验一 解剖镜和互动系统的使用

难度(容易、一般、难): 一般

6. 显微互动系统的计算机可以随意外接优盘。

答案: 错

所属教学要点: 实验一 解剖镜和互动系统的使用

难度(容易、一般、难): 一般

7. 在用显微镜观察徒手制作的玻片时,可以不用盖盖玻片。

答案: 错

所属教学要点: 实验一 解剖镜和互动系统的使用

难度(容易、一般、难): 一般

8. 用油镜观察时可以用二甲苯代替香柏油。

答案：错

所属教学要点：实验一 解剖镜和互动系统的使用

难度（容易、一般、难）：一般

9. 学生端向教师端提交文件时只能一个一个上传，不能上传文件夹。

答案：错

所属教学要点：实验一 解剖镜和互动系统的使用

难度（容易、一般、难）：一般

问答题

1. 解剖镜和显微镜最主要的区别是什么？

答案：解剖镜景深大，可以在镜下进行显微操作，放大倍率低；显微镜主要是观察微小的特征，放大倍率高，但景深小，不能进行显微操作。

所属教学要点：实验一 解剖镜和互动系统的使用

难度（容易、一般、难）：一般

2. 显微镜不用时镜筒应该调整到什么位置，为什么？

答案：应该降落到最低位置，以减轻由于重力作用带给调焦手轮的压力，防止失灵。

所属教学要点：实验一 解剖镜和互动系统的使用

难度（容易、一般、难）：一般

3. 遇到显微图像闪烁时，可能的原因是什么？该如何调整？

答案：开了底灯，强光直射摄像机，导致画面闪烁，关掉或调小底灯的亮度即可。

所属教学要点：实验一 解剖镜和互动系统的使用

难度（容易、一般、难）：一般

实验二 昆虫的体向和体躯分段

填空题

1. 昆虫体躯的环节分别集合成_____、_____和_____三个体段。

答案：头、胸、腹

所属教学要点：实验二 昆虫的体向和体躯分段

难度（容易、一般、难）：一般

2. 昆虫的头、胸和腹在功能上分别构成_____、_____和_____三个中心。

答案：感觉和取食、运动、生殖

所属教学要点：实验二 昆虫的体向和体躯分段

难度（容易、一般、难）：一般

3. 昆虫体壁的背面、腹面和侧面的骨化区分别称为_____、_____和_____。

答案：背板、腹板、侧板

所属教学要点：实验二 昆虫的体向和体躯分段

难度（容易、一般、难）：一般

4. 体壁褶皱部分在外表留下的狭槽称为_____，沟下的陷入部分称_____。

答案：沟、内脊

所属教学要点：实验二 昆虫的体向和体躯分段

难度（容易、一般、难）：一般

5. 昆虫两相邻骨片继续骨化留下的膜质分界线称_____。

答案：缝

所属教学要点：实验二 昆虫的体向和体躯分段

难度（容易、一般、难）：一般

6. 昆虫体壁内陷形成的内脊和内突等统称为_____。

答案：内骨骼

所属教学要点：实验二 昆虫的体向和体躯分段

9. 昆虫体躯的分节方式有_____和_____两种。

答案：初生分节、后生分节

所属教学要点：实验二 昆虫的体向和体躯分段

难度（容易、一般、难）：一般

问答题

1. 棉蝗的体长约为多少厘米？

答案：约为3~7厘米

所属教学要点：实验二 昆虫的体向和体躯分段

难度（容易、一般、难）：一般

2. 棉蝗体躯是否左右对称？

答案：左右对称

所属教学要点：实验二 昆虫的体向和体躯分段

难度（容易、一般、难）：一般

3. 棉蝗胸部从外观看是否分节？分几节？节与节之间是否可以活动？每一节上着生有哪些运动器官？

答案：棉蝗胸部从外观看分节，分3节，前中胸间可以，中后胸间不可以，每一节上着生有足、中后胸上着生有翅。

所属教学要点：实验二 昆虫的体向和体躯分段

难度（容易、一般、难）：一般

4. 棉蝗头胸部间通过什么方式来连接？

答案：头胸部间通过颈（膜质）连接。

所属教学要点：实验二 昆虫的体向和体躯分段

难度（容易、一般、难）：一般

5. 棉蝗腹部从外观看是否分节？分几节？腹节上是否着生有运动器官？腹部节与节之间是否可以活动和各节是如何连接的？

答案：棉蝗腹部从外观看分节，分11节，腹节上没有运动器官，腹部节与节之间可以活动，各节间膜质相连。

所属教学要点：实验二 昆虫的体向和体躯分段

难度（容易、一般、难）：一般

6. 棉蝗头部、胸部和腹部分别为什么形状。

答案：棉蝗头部近圆形，胸部近长方体形，腹部圆筒形。

所属教学要点：实验二 昆虫的体向和体躯分段

难度（容易、一般、难）：一般

7. 是否可以将头部划分为背面、侧面和腹面？为什么？

答案：不可以，因为棉蝗头部近圆形，由数个体节愈合而成，没有分节的痕迹。

所属教学要点：实验二 昆虫的体向和体躯分段

难度（容易、一般、难）：一般

8. 是否可以将胸部划分为背面、侧面和腹面？每一面的骨板分别几块？

答案：可以，背面的背板1块、侧面的侧板2块和腹面的腹板1块。

所属教学要点：实验二 昆虫的体向和体躯分段

难度（容易、一般、难）：一般

9. 是否可以将腹部划分为背面、侧面和腹面？每一面的骨板分别几块？腹部的侧板有何特点？

答案：可以，背面的背板1块、腹面的腹板1块，侧面的侧板由侧膜代替。

所属教学要点：实验二 昆虫的体向和体躯分段

难度（容易、一般、难）：一般

实验三 昆虫头壳的基本构造

填空题

1. 蜕裂线是指_____。

答案：幼虫头壳上的脱皮时裂开的线

所属教学要点：实验三 昆虫头壳的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

2. 昆虫幼虫头壳上的脱皮时裂开的线称_____。

答案：蜕裂线

所属教学要点：实验三 昆虫头壳的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

3. 昆虫头壳上常见的七条沟是____、____、____、____、____、____、____。

答案：额唇基沟、额颊沟、颅中沟、围眼沟、后头沟、次后头沟、颊下沟

所属教学要点：实验三 昆虫头壳的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

4. 昆虫头壳分区常包括____、____、____、____和____等五区。

答案：额唇基区、颅侧区、头后区、颊下区、围眼片

所属教学要点：实验三 昆虫头壳的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

5. 昆虫头式（即头的类型，按口器在头部的着生位置）可分为_____、_____、_____三大类。

答案：下口式、前口式、后口式

所属教学要点：实验三 昆虫头壳的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

判断题

1. 前口式昆虫头部的纵轴与体躯的纵轴差不多是垂直的。（ ）

答案：错

所属教学要点：实验三 昆虫头壳上的线与沟和头壳的分区

难度（容易、一般、难）：一般

2. 围绕着头孔的第一条沟是后头沟。（ ）

答案：错

所属教学要点：实验三 昆虫头壳上的线与沟和头壳的分区

难度（容易、一般、难）：一般

3. 额唇基沟是额区和唇基区的分界线。（ ）

答案：对

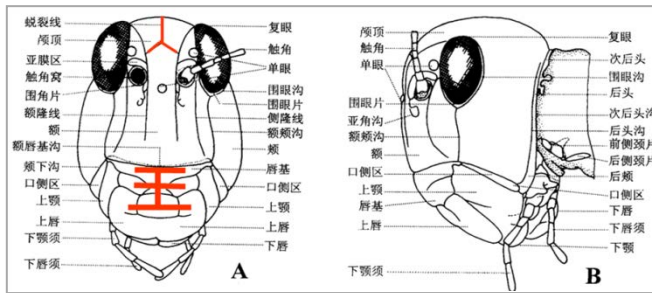
所属教学要点：实验三 昆虫头壳上的线与沟和头壳的分区

难度（容易、一般、难）：一般

问答题

1. 绘棉蝗成虫头部分区图，注明缝、沟和区的位置和名称。

答案：参考图如下



所属教学要点：实验三 昆虫头壳的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

2. 棉蝗成虫和家蚕幼虫的蜕裂线、颅中沟等有何区别？

答案：棉蝗成虫头部有蜕裂线，但不明显，没有颅中沟；家蚕幼虫蜕裂线非常明显，有颅中沟。

所属教学要点：实验三 昆虫头壳的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

3. 棉蝗头壳的各区各着生有哪些器官？

答案：触角一般着生在额区；复眼着生在头顶两侧（颊侧区？）；背单眼着生在额区，侧单眼着生在颊区；口器着生在头的腹面。

所属教学要点：实验三 昆虫头壳的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

4. 列表比较棉蝗、蝉和步行虫三种头式的不同和特点，并分析头式与昆虫食性的关系。

答案：棉蝗口器伸向身体的下方，是下口式咀嚼式口器，有利于取食植物；蝉的口器沿头和胸部腹面伸向身体的后方，是后口式口器，保护口针，一般都是刺吸式口器；步甲是咀嚼式口器，伸向头的前方，有利于捕食，蛀食性的昆虫亦是前口式。

所属教学要点：实验三 昆虫头壳的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

5. 昆虫头壳是否可以划分成不同的骨板，还是成一块整体？

答案：可以划分成不同的骨板，因其头壳表面有多条线和沟。

所属教学要点：实验三 昆虫头壳的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

6. 昆虫头壳的后头和后颊之间是否有明显的分界线？

答案：没有。

所属教学要点：实验三 昆虫头壳的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

实验四 昆虫头部的内骨骼

填空题

1. 昆虫头部的内骨骼叫_____，它在头壳外侧的痕迹称_____，内部包括三条臂称为_____、_____和_____。

答案：幕骨、幕骨陷、幕骨前臂、幕骨后臂、幕骨背臂

所属教学要点：实验四 昆虫头部的内骨骼

难度（容易、一般、难）：一般

判断题

1. 幕骨即头部骨骼系统的总称。（ ）

答案：对

所属教学要点：实验四 昆虫头部的内骨骼

难度（容易、一般、难）：一般

2. 幕骨背臂是前臂上的次生构造。（ ）

答案：对

所属教学要点：实验四 昆虫头部的内骨骼

难度（容易、一般、难）：一般

3. 幕骨桥连着两条幕骨前臂。（ ）

答案：错

所属教学要点：实验四 昆虫头部的内骨骼

难度（容易、一般、难）：一般

4. 幕骨后臂是次后头沟两端内陷形成的。（ ）

答案：对

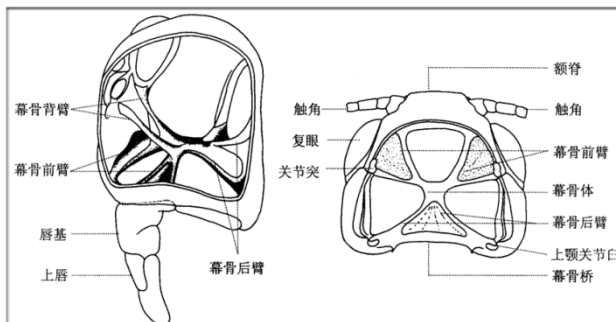
所属教学要点：实验四 昆虫头部的内骨骼

难度（容易、一般、难）：一般

问答题

1. 绘棉蝗幕骨特征图，注明各结构的名称。

答案：参考图如下



所属教学要点：实验四 昆虫头部的内骨骼

难度（容易、一般、难）：一般

2. 幕骨前臂在头壳上有无陷口？为什么？

答案：有，在额唇基沟的两端，称为前幕骨陷。

所属教学要点：实验四 昆虫头部的内骨骼

难度（容易、一般、难）：一般

3. 幕骨背臂在头壳上有无陷口？为什么？

答案：没有，背臂是前臂上的次生构造，不是体壁内陷形成的。

所属教学要点：实验四 昆虫头部的内骨骼

难度（容易、一般、难）：一般

4. 幕骨后臂在头壳上有无陷口？为什么？

答案：有，在次后头沟的两端，称为后幕骨陷。

所属教学要点：实验四 昆虫头部的内骨骼

难度（容易、一般、难）：一般

5. 什么是幕骨桥？棉蝗幕骨桥的形状和位置与模式构造有何不同？

答案：连接两条幕骨后臂之间的骨骼。棉蝗幕骨桥比较宽阔，是个片状构造。

所属教学要点：实验四 昆虫头部的内骨骼

难度（容易、一般、难）：一般

6. 为什么要对昆虫肌肉进行消煮？常用方法是什么？

答案：把肌肉溶解以后，幕骨的构成及头壳观察的更清晰；一般用 10% 氢氧化钾煮沸 20 分钟。

所属教学要点：实验四 昆虫头部的内骨骼

难度（容易、一般、难）：一般

实验五 昆虫头部的感觉器官

填空题

1. 昆虫触角的基本构造分为_____、_____、_____三节，其中形态变化最大的是_____节

答案：柄节、梗节、鞭节；鞭节

所属教学要点：实验五 昆虫头部的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

2. 常见的触角类型有_____、_____、_____、_____、_____、_____、_____、_____、_____和_____等。（任举10种）

答案：线状或丝状、念珠状、锯齿状、栉齿状、双栉状或羽状、棒状或球杆状、锤状、鳃片状、膝状或肘状、环毛状、刚毛状、具芒触角。

所属教学要点：实验五 昆虫头部的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

3. 成虫的触角着生在头部_____区。

答案：额区

所属教学要点：实验五 昆虫头部的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

判断题

1. 昆虫成虫触角的功能是司嗅觉和触觉作用。（ ）

答案：对

所属教学要点：实验五 昆虫头部的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

2. 棉蝗的单眼是侧单眼。

答案：错

所属教学要点：实验五 昆虫头部的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

3. 小麦叶蜂有6个单眼。

答案：错

所属教学要点：实验五 昆虫头部的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

4. 蜻蜓的触角是刚毛状的。（ ）

答案：对

所属教学要点：实验五 昆虫头部的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

5. 叶蜂幼虫没有触角。（ ）

答案：错

所属教学要点：实验五 昆虫头部的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

问答题

1. 蜜蜂触角着生于昆虫头部的哪个区域？触角基部围绕触角是否有沟存在？触角基部与头壳之间的连接特点如何？昆虫触角分几部分？

答案：触角着生于头部额区；一般有围眼沟；基部与头壳之间通过膜状组织相连，因而可以活动；触角分为柄节、梗节、鞭节三部分。

所属教学要点：实验五 昆虫头部的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

2. 棉蝗复眼着生在头部的哪个区域？形状如何？数量几个？表面是否有光泽？是否有六边形的网纹？并解释为什么？

答案：复眼着生在头顶两侧（颅侧区），一般圆形或卵圆形；2个；一般有光泽；复眼表面有六边形的网纹，其实就是一个一个小眼。

所属教学要点：实验五 昆虫头部的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

3. 棉蝗成虫的单眼着生在头部的哪个区域？共几个？排列成什么形状？属于哪种类型？

答案：单眼着生在额区；共有3个，排列成三角形，是背单眼。

所属教学要点：实验五 昆虫头部的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

4. 家蚕幼虫的单眼着生在头部的哪个区域？共几个？排列成什么形状？属于哪种类型？

答案：着生在颊区，共6个，排列成C形，是侧单眼。

所属教学要点：实验五 昆虫头部的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

5. 棉蝗成虫的复眼和单眼在大小上有差异吗？估计两者之间的倍数比例。

答案：复眼明显大于单眼，估计复眼是单眼的几百倍。

所属教学要点：实验五 昆虫头部的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

实验六 昆虫口器的基本构造和类型

填空题

1. 昆虫刺吸式口器的4根口针是由_____和_____演变来的,包藏口针的喙是由_____延伸成的。

答案: 上颚和下颚; 下唇

所属教学要点: 实验六 昆虫口器的基本构造和类型

难度(容易、一般、难): 一般

2. 蛾类的喙与咀嚼式口器的_____是同源的。

答案: 外颚叶

所属教学要点: 实验六 昆虫口器的基本构造和类型

难度(容易、一般、难): 一般

3. 嚼吸式口器的吸吮构造是由_____和_____形成的。

答案: 下颚、下唇

所属教学要点: 实验六 昆虫口器的基本构造和类型

难度(容易、一般、难): 一般

4. 昆虫的咀嚼式口器下颚附肢是由_____、_____、_____、_____和_____

五部分组成。

答案: 轴节、茎节、外颚叶、内颚叶、下颚须

所属教学要点: 实验六 昆虫口器的基本构造和类型

难度(容易、一般、难): 一般

5. 咀嚼式口器包括_____、_____、_____、_____和_____五部分。

答案: 上唇、上颚、下颚、下唇、舌

所属教学要点: 实验六 昆虫口器的基本构造和类型

难度(容易、一般、难): 一般

判断题

1. 虹吸式口器的喙管是由下颚须发展来的。()

答案: 错

所属教学要点: 实验六, 昆虫口器的基本构造和类型

难度(容易、一般、难): 一般

2. 虹吸式口器的喙管是由下颚的外颚叶演化而成的。()

答案: 对

所属教学要点: 实验六, 昆虫口器的基本构造和类型

难度(容易、一般、难): 一般

3. 虹吸式口器的喙管是由一对发达的外颚叶嵌合而成。()

答案: 对

所属教学要点: 实验六, 昆虫口器的基本构造和类型

难度(容易、一般、难): 一般

4. 嚼吸式口器的上颚既有咀嚼功能又有吸吮功能。()

答案: 对

所属教学要点: 实验六, 昆虫口器的基本构造和类型

难度（容易、一般、难）：一般

5. 刺吸式口器的特点就是下唇延长成喙，上、下颚特化成口针，食窦形成抽吸构造。（ ）

答案：对

所属教学要点：实验六，昆虫口器的基本构造和类型

难度（容易、一般、难）：一般

6. 刺吸式口器昆虫的喙是由下唇延长而成。（ ）

答案：对

所属教学要点：实验六，昆虫口器的基本构造和类型

难度（容易、一般、难）：一般

7. 昆虫的咀嚼式口器由上唇、上颚、下颚须、舌及下唇组成。（ ）

答案：错

所属教学要点：实验六，昆虫口器的基本构造和类型

难度（容易、一般、难）：一般

8. 昆虫口器由上额、下额、上唇、下唇和舌五大部分组成。（ ）

答案：错

所属教学要点：实验六，昆虫口器的基本构造和类型

难度（容易、一般、难）：一般

9. 棉蝗有1对上颚须。

答案：错

所属教学要点：实验六 昆虫口器的基本构造和类型

难度（容易、一般、难）：一般

10. 蜜蜂的下颚针状。

答案：错

所属教学要点：实验六 昆虫口器的基本构造和类型

难度（容易、一般、难）：一般

选择题

1. 刺吸式口器与咀嚼式口器主要区别在于前者（ ）。

- (1) 上、下颚特化面口针 (2) 下唇形成喙
(3) 舌消失 (4) 口器基部形成食窦唧筒

答案：1、2、4

所属教学要点：实验六 昆虫口器的基本构造和类型

难度（容易、一般、难）：一般

2. 刺吸式昆虫口器的喙是由（ ）。

- (1) 下唇组成 (2) 上唇组成
(3) 上唇和下唇组成 (4) 下颚的外颚叶组成

答案：1

所属教学要点：实验六 昆虫口器的基本构造和类型

难度（容易、一般、难）：一般

3. 嚼吸式口器组成部分中最发达的是（ ）。

- (1) 侧唇舌 (2) 中唇舌 (3) 上颚 (4) 喙

答案：1

所属教学要点：实验六 昆虫口器的基本构造和类型

难度（容易、一般、难）：一般

问答题

1. 举例说明哪些口器类型是属于吸收式口器？在构造上各有哪些特点，其功能是什么？

答案：刺吸式口器：上颚和下颚形成口针，下唇形成口针鞘，称喙，包裹口针，上唇退化成三角片，舌参与形成唧筒，适合于刺吸植物的汁液或动物的血液，如蝉。

舐吸式口器，特化严重，分为基喙、中喙、端喙（唇瓣），适合在食物表面滤食，如蝇。

刮吸式口器，基本都退化，头外面只有1对次生的口钩，用以刮碎食物，如蝇幼虫。

虹吸式口器，下颚的外鄂叶发达，形成卷曲的喙，是取食器官，下唇的下唇须一般也较发达，是分类特征，如蛾蝶。

捕吸式口器，左右上下颚分别嵌合在一起，形成两个中空的尖锐镰刀状构造，取食时把唾液注射到猎物体内部，消化完毕后再吸回体内，如蚜狮。

锉吸式口器，左右不对称，右上颚退化，左上颚和下颚形成口针，左上颚基部膨大，搓破植物表面，吸食流出的液体，如蓟马。

刺舐式口器，上唇尖，上颚刀片状，尖锐，与上唇一起刺破寄主的皮肤，下颚形成口针，下唇大而柔软，端部有唇瓣，吸血，如牛虻。

所属教学要点：实验六 昆虫口器的基本构造及类型

难度（容易、一般、难）：一般

2. 从头的正面、侧面、后面和腹面观察，分别能看到口器的哪些部分？

答案：前面：上唇；侧面：上唇，上颚，下颚须，下唇须；腹面：下唇，下颚须，下唇须。

所属教学要点：实验六 昆虫口器的基本构造及类型

难度（容易、一般、难）：一般

3. 棉蝗上唇的形状如何？其是单层还是双层的？其内、外壁是否有区别，有何区别？

答案：下缘凹陷的方形片状构造，双层，外壁光滑坚硬，内壁柔软多毛。

所属教学要点：实验六 昆虫口器的基本构造及类型

难度（容易、一般、难）：一般

4. 棉蝗上颚的颜色和坚硬度如何？是否具齿？左右上颚是否可以相互嵌合？相对的一面是否具齿？朝向外面的那一面是否光滑？为什么是这样的构造？

答案：上颚坚硬，外部与头壳颜色一致，内侧黑色，具齿，左右不可以嵌合，但可以相向运动，切割食物。

所属教学要点：实验六 昆虫口器的基本构造及类型

难度（容易、一般、难）：一般

5. 棉蝗上颚内侧的齿是否有区分？分析切齿叶与臼齿叶在形状和功能上有何关系？

答案：是，切齿锐利，适于切割，臼齿粗糙，适于研磨。

所属教学要点：实验六 昆虫口器的基本构造及类型

难度（容易、一般、难）：一般

6. 棉蝗上颚基部与头壳如何相连？有几个支持头壳的关节？有几束肌肉，分别称为什么肌腱？有何作用？

答案：上颚与头壳连接紧密，有两个关节，分别有两束肌肉，称为收肌腱和展肌腱，为上颚的活动提供动力。

所属教学要点：实验六 昆虫口器的基本构造及类型

难度（容易、一般、难）：一般

7. 棉蝗下颚在骨化和硬化程度上与上颚是否有不同？为什么会这样？

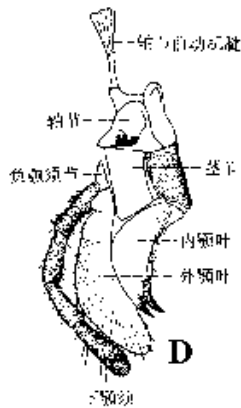
答案：不同，上颚整体骨化，下颚的外鄂叶骨化不强烈，肥大柔软，取食时避免食物从侧面溢出。

所属教学要点：实验六 昆虫口器的基本构造及类型

难度（容易、一般、难）：一般

8. 棉蝗下颚的轴节、茎节、内颚叶和外颚叶在形状、排列顺序、活动自由度、质地等有何不同？

答案：

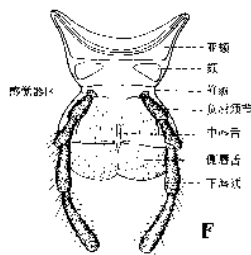


所属教学要点：实验六 昆虫口器的基本构造及类型

难度（容易、一般、难）：一般

9. 棉蝗下唇的后颏、前颏、侧唇舌、中唇舌在形状、排列顺序、活动自由度、分亚节等方面有何不同？

答案：



所属教学要点：实验六 昆虫口器的基本构造及类型

难度（容易、一般、难）：一般

10. 棉蝗下颚和下唇分别通过几个关节和几束肌肉与头壳相连？关节多少与活动范围的大小有何关系？

答案：实验中看到下颚有 1 束肌肉，1 个关节；下唇有 2 个关节，2 束肌肉。关节少活动范围大。

所属教学要点：实验六 昆虫口器的基本构造及类型

难度（容易、一般、难）：一般

11. 棉蝗下颚须和下唇须的着生位置、分节数目如何区别？

答案：下颚须 5 节，着生在茎节外侧的负颚须节上，下唇须 3 节，着生在前颏侧后方的负唇须节上。

所属教学要点：实验六 昆虫口器的基本构造及类型

难度（容易、一般、难）：一般

12. 蝉口器的唇基的位置如何，中央是否隆起？是否分亚节？下唇的形状、分节情况如何？

答案：位于头的前方，中央隆起，分为后唇基与前唇基两部分；下唇中间凹陷，鞘状，用于盛放口针，分为 3 节。

所属教学要点：实验六 昆虫口器的基本构造及类型

难度（容易、一般、难）：一般

13. 蝉口器的口针数量是多少？其颜色、形状、粗细是否一致？如何区分上颚口针和下颚口针？

答案：4 条口针，2 条上颚口针，2 条下颚口针，都是黑色，上颚口针比较粗，下颚口针比较细。

所属教学要点：实验六 昆虫口器的基本构造及类型

难度（容易、一般、难）：一般

14. 分析蝉口器的口针槽道分别是由哪部分口针嵌合而成的？作用如何？

答案：两条上颚口针内侧有槽道，用于容纳和固定下颚口针；下颚口针有两条槽道，粗的一条是食物通道，细的一条是唾液通道。

所属教学要点：实验六 昆虫口器的基本构造及类型

难度（容易、一般、难）：一般

实验七 昆虫胸部的基本构造

填空题

1. 昆虫胸背板前脊沟的内陷叫_____。

答案：悬骨

所属教学要点：实验七 昆虫胸部的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

2. 昆虫具翅胸节背板有 3 条沟，分别是_____、_____、_____，把背板分成 4 块骨片，分别是_____、_____、_____和_____。

答案：前脊沟、前盾沟、盾间沟、端背片、前盾片、盾片、小盾片

所属教学要点：实验七 昆虫胸部的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

判断题

1. 昆虫的前翅着生在前胸上。（ ）

答案：错

所属教学要点：实验七 昆虫胸部的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

2. 昆虫的每一胸节由背板、侧板和腹板组成。（ ）

答案：对

所属教学要点：实验七 昆虫胸部的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

3. 棉蝗的前胸侧板不发达，仅露出 1 小块 D 形的骨片。（ ）

答案：对

所属教学要点：实验七 昆虫胸部的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

4. 棉蝗的中后胸腹板互相分离，结合不紧密，可以活动。（ ）

答案：错

所属教学要点：实验七 昆虫胸部的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

5. 棉蝗的中胸背板小盾片是三角形。（ ）

答案：对

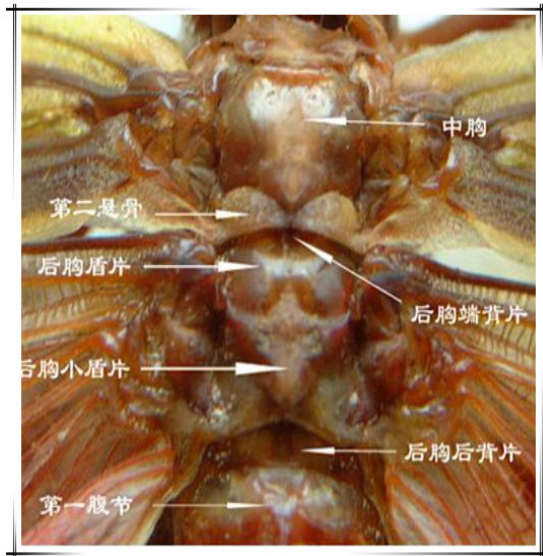
所属教学要点：实验七 昆虫胸部的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

问答题

1. 绘制你所解剖的棉蝗中、后胸背板构造图，注明各部分名称。

答案：



所属教学要点：实验七 昆虫胸部的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

2. 昆虫的胸部与头部比较在构造与功能上有何构造特点？

答案：与头部比较，胸部的背板、侧板、腹板比较明显，沟更多，内骨骼更多，还有许多与翅和足活动有关的关节。以上构造是胸部担负运动中心和支撑中心的物质基础。

所属教学要点：实验七 昆虫胸部的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

3. 棉蝗（或东亚飞蝗）的具翅胸节与前胸在构造与功能上有哪些异同之处？

答案：相同之处：都可以划分称背板、侧板和腹板，都与足的活动有关系；不同之处，前胸因为没有翅，除了背板较发达意外，侧板和腹板均比较退化，前胸背板没有内骨骼，侧板的内骨骼和腹板的内骨骼均非常简单，具翅胸节因为是身体的重心，又担负运动和飞行的功能，背板、侧板、腹板都有多条内陷的沟，形成发达的内骨骼，如背板的3对悬骨，侧板的侧内突，腹板的腹内突和腹内脊，具翅胸节还有许多关节，如被翅突、侧翅突、侧基突等。

所属教学要点：实验七 昆虫胸部的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

4. 具翅胸节的背板与腹板在构造上有何区别？

答案：背板有3条沟，前脊沟、前盾沟、盾间沟，把背板分成4块骨片，还有4个被翅突就，前脊沟内陷形成悬骨；腹板分成主腹片和间腹片两部分，主腹片有2条沟，前腹沟和腹脊沟，把腹板分成3块骨片，腹脊沟内陷成腹内突。

所属教学要点：实验七 昆虫胸部的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

5. 棉蝗有几块侧颈片？每块骨片的形状如何？分析侧颈片的排列方式与功能的关系。

答案：2块，细长的骨片，两块侧颈片在下缘互相顶接在一起，呈v形，肌肉收缩时可以支持头部前后、上下、左右活动。

所属教学要点：实验七 昆虫胸部的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

6. 棉蝗的前胸腹板上是否有明显的锥状或圆柱状突起？该突起的名称叫什么？有什么作用？

答案：是，称为前胸腹板突，增加前胸腹板对前足的支撑强度，同时也是分类的特征。

所属教学要点：实验七 昆虫胸部的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

7. 棉蝗中后胸背板以何种形式与侧板和翅基相连？有何好处？

答案：中后胸背板与侧板在翅的前方或后方愈合在一起，称为翅前桥或翅后桥，增加胸部骨骼的稳定性；背板与翅基相连接处有向外突出的骨片，与翅的关节顶接，称为前背翅突和后背翅突，为翅的折叠和飞行提供支点。

所属教学要点：实验七 昆虫胸部的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

8. 棉蝗后胸背板在构造上是否与中胸背板完全一致？若有变化，表现在哪些方面？

答案：不一致，后胸的前脊沟、前盾沟被中胸后面的背板所覆盖，外观看不到。

所属教学要点：实验七 昆虫胸部的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

9. 棉蝗中后胸侧板与翅基部和足基部如何相连？为什么以这种形成连接？有何好处？

答案：侧板通过侧翅突与翅基相连，通过侧基突与足的基节相连，这种连接方式为翅和足的运动提供活动支点，形成活动关节。

所属教学要点：实验七 昆虫胸部的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

10. 棉蝗中后胸侧板的侧沟其上下端是否膨大形成突起？分别是什么突起？这些突起与翅和足有什么关系？

答案：是，上端的突起与翅基相连，称为侧翅突，下端与足基节相连，称为侧基突。这些突起形成翅和足活动的关节，为翅和足的运动提供支撑。

所属教学要点：实验七 昆虫胸部的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

11. 棉蝗中后胸侧板与背板和腹板如何相连？侧板与背板间、侧板与腹板间的骨片有何特点？如何命名的？

答案：侧板与背板通过翅前桥和翅后桥相连接，与腹板通过基前桥和基后桥相连接。侧板与背板之间的膜质区域内有两块骨片，前面一块称为前上侧片，后面称后上侧片；侧板与腹板之间，在基节窝中有一块骨片，称为基前转片。

所属教学要点：实验七 昆虫胸部的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

12. 棉蝗中后胸腹板的骨片是否有被划分成不同的小区域；哪些骨片上有凹陷，为何凹陷？

答案：中胸腹板有前腹沟和腹脊沟，把腹板分为前腹片、基腹片和小腹片，形状像个倒“凹”字形，后胸只有腹脊沟，把后胸腹板分为基腹片和小腹片两部分，形状像个“凸”字形，与中胸紧密嵌合在一起；基腹片上有凹陷，内陷到体内形成内骨骼，称为腹内突。

所属教学要点：实验七 昆虫胸部的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

13. 棉蝗后胸腹板的形状，其上的沟和骨片的数量、位置、形状，与中胸腹板在构造上有何区别？与第1腹节有何关系？

答案：后胸腹板只有腹脊沟，把后胸腹板分为基腹片和小腹片两部分，形状像个“凸”字形，与中胸紧密嵌合在一起，相较于中胸腹板，缺少前腹沟和前腹片。后胸腹板后面与第一腹节的腹板紧密结合在一起。

所属教学要点：实验七 昆虫胸部的基本构造

难度（容易、一般、难）：一般

实验八 昆虫胸部的内骨骼

填空题

1. 昆虫胸部的内骨骼，在背板的称_____，侧板的称_____，在腹板的称_____和_____。

答案：悬骨、侧内突、腹内突和内刺突（前内脊、侧内脊、腹内脊）

所属教学要点：实验八 昆虫胸部的内骨骼

难度（容易、一般、难）：一般

判断题

1. 悬骨为昆虫头部的内骨骼。（ ）

答案： 错

所属教学要点：实验八 昆虫胸部的内骨骼

难度（容易、一般、难）：一般

2. 棉蝗第一对悬骨最发达。（ ）

答案： 错

所属教学要点：实验八 昆虫胸部的内骨骼

3. 棉蝗第二对悬骨最发达。（ ）

答案： 对

所属教学要点：实验八 昆虫胸部的内骨骼

4. 棉蝗一共有 3 对悬骨。（ ）

答案： 对

所属教学要点：实验八 昆虫胸部的内骨骼

5. 棉蝗侧内突与腹内突互相顶接。（ ）

答案： 对

所属教学要点：实验八 昆虫胸部的内骨骼

选择题

1. 在昆虫胸背板上的前脊沟两端内陷，所形成的内骨骼叫（ ）。

(1) 内突 (2) 内脊 (3) 悬骨 (4) 侧内突

答案： 3

所属教学要点：实验八 昆虫胸部的内骨骼

难度（容易、一般、难）：一般

2. 昆虫胸背板前脊沟两端内陷所形成的内骨骼叫（ ）。

(1) 内脊 (2) 内突 (3) 幕骨 (4) 悬骨

答案： 3

所属教学要点：实验八 昆虫胸部的内骨骼

难度（容易、一般、难）：一般

3. 侧沟的内陷所形成的内骨骼叫（ ）。

(1) 幕骨 (2) 悬骨 (3) 腹内骨(突) (4) 侧内突

答案： 3

所属教学要点：实验八 昆虫胸部的内骨骼

难度（容易、一般、难）：一般

问答题

1. 列表总结棉蝗胸部内骨骼的组成、构造、形成机制和作用。

答案：

	前胸	中胸	后胸
背板	无内骨骼	悬骨 1 对，由前脊沟内陷形成，着生背纵肌，但由于很小，提供的动力不足，所以前翅不具有飞行能力。	悬骨 2 对，由后胸前脊沟和第一腹节的前脊沟内陷形成，发达，后翅有飞行能力。
侧板	虽然有侧沟，但没有明显的内骨骼。	由侧沟形成发达的侧内突 1 对，臂状，与腹内突顶接，加强体壁的力度。	由侧沟形成发达的侧内突，臂状，与腹内突顶接，加强体壁的力度。
腹板	前胸腹内突 1 对。	腹脊沟内陷的腹内突 1 对，与侧内突顶接。腹内突中间有内刺突 1 个，也是来源于腹脊沟。	腹脊沟内陷的腹内突 1 对，与侧内突顶接。无内刺突。

所属教学要点：实验八 昆虫胸部的内骨骼

难度（容易、一般、难）：一般

2. 棉蝗胸部侧内突与腹内突是如何相接的？这一构造与飞行机械有何关系？

答案：侧内突臂状，端部分叉，腹内突端部亦分叉，两者顶接在一起，增加胸部强度；腹内突上着生有腹纵肌。

所属教学要点：实验八 昆虫胸部的内骨骼

难度（容易、一般、难）：一般

3. 比较棉蝗前胸、中胸、后胸内刺突的有无及各自的发达程度。

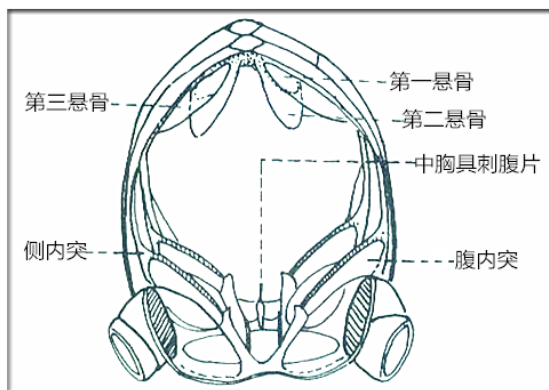
答案：前胸、后胸均无内刺突，中胸有内刺突，比较发达。

所属教学要点：实验八 昆虫胸部的内骨骼

难度（容易、一般、难）：一般

4. 绘棉蝗悬骨的构造特点图，并标注各悬骨的名称。

答案：



所属教学要点：实验八 昆虫胸部的内骨骼

难度（容易、一般、难）：一般

实验九 昆虫胸足的基本构造和类型

填空题

1. 蝗虫的后足为_____。蝼蛄的前足为_____。

答案：跳跃足、开掘足

所属教学要点：实验九 昆虫胸足的基本构造和类型

难度（容易、一般、难）：一般

2. 昆虫的胸足一般由___、___、___、___、___、___六节组成。

答案：基节、转节、腿节、胫节、跗节、前跗节

所属教学要点：实验九 昆虫胸足的基本构造和类型

难度（容易、一般、难）：一般

判断题

1. 昆虫的胸足均用于行走。（ ）

答案： 错

所属教学要点：实验九 昆虫胸足的基本构造和类型

难度（容易、一般、难）：一般

2. 棉蝗的足有中垫构造。（ ）

答案： 对

所属教学要点：实验九 昆虫胸足的基本构造和类型

难度（容易、一般、难）：一般

3. 蜻蜓的转节只有1节。（ ）

答案： 错

所属教学要点：实验九 昆虫胸足的基本构造和类型

难度（容易、一般、难）：一般

4. 蜜蜂的携粉足特化部位是后足腿节。（ ）

答案： 错

所属教学要点：实验九 昆虫胸足的基本构造和类型

难度（容易、一般、难）：一般

5. 螳螂的捕捉足特化部位在腿节和胫节。（ ）

答案： 对

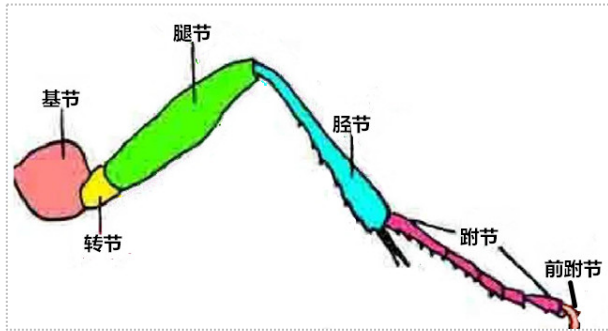
所属教学要点：实验九 昆虫胸足的基本构造和类型

难度（容易、一般、难）：一般

问答题

1. 绘制棉蝗前足的特征图，注明各节的名称；

答案：



所属教学要点：实验九 昆虫胸足的基本构造和类型

难度（容易、一般、难）：一般

2. 列表比较所观察昆虫足的类型和特征；

答案：捕捉足，螳螂前足；步行足，蝗虫前中足；游泳足，龙虱后足；跳跃足，蝗虫后足；携粉足，蜜蜂后足；攀援足，虱前足；开掘足，蝼蛄前足；抱握足，龙虱前足。特征见教材。

所属教学要点：实验九 昆虫胸足的基本构造和类型

难度（容易、一般、难）：一般

3. 昆虫的足由几节组成？列表比较每节的形状、粗细、长短和发达程度，以及附属构造和变异；

答案：基节、转节、腿节、胫节、跗节、前跗节。

所属教学要点：实验九 昆虫胸足的基本构造和类型

难度（容易、一般、难）：一般

4. 蜻蜓、步甲、家蝇等胸足转节、跗节、前跗节的构造与棉蝗的前足有何不同？

答案：蜻蜓转节 2 节；步甲跗节 5 节，无跗垫，无中垫；蝇的前跗节有爪垫。

所属教学要点：实验九 昆虫胸足的基本构造和类型

难度（容易、一般、难）：一般

实验十 昆虫翅的基本构造、类型和翅脉

填空题

1. 在原始假想脉序中, 纵脉主要有_____、_____、_____、_____、_____、_____和_____七类。

答案: 前缘脉、亚前缘脉、径脉、中脉、肘脉、臀脉、轭脉

所属教学要点: 实验十 昆虫翅的基本构造、类型和翅脉

难度(容易、一般、难): 一般

2. 菜粉蝶的翅脉, 纵脉有 6 条, 分别是_____、_____、_____、_____、_____、_____。

答案: 前缘脉、亚前缘脉、径脉、中脉、肘脉、臀脉

所属教学要点: 实验十 昆虫翅的基本构造、类型和翅脉

难度(容易、一般、难): 一般

判断题

1. R 是中脉的缩写, 位于径脉之后, 一般为 4 支。()

答案: 错

所属教学要点: 实验十 昆虫翅的基本构造、类型和翅脉

难度(容易、一般、难): 一般

2. 菜粉蝶亚前缘脉分两支。()

答案: 错

所属教学要点: 实验十 昆虫翅的基本构造、类型和翅脉

难度(容易、一般、难): 一般

选择题

1. 蝗虫的前翅为()。

(1) 膜翅 (2) 毛翅 (3) 复翅 (4) 缨翅

答案: 3

所属教学要点: 实验十 昆虫翅的基本构造、类型和翅脉

难度(容易、一般、难): 一般

2. 观察菜粉蝶翅脉用到的有机溶剂是()。

(1) 乙醇 (2) 石油醚 (3) 二甲苯 (4) 甲醛

答案: 3

所属教学要点: 实验十 昆虫翅的基本构造、类型和翅脉

难度(容易、一般、难): 一般

3. 以下哪种昆虫有翅痣()。

(1) 苍蝇 (2) 棉蝗 (3) 蜻蜓 (4) 螳螂

答案: 3

所属教学要点: 实验十 昆虫翅的基本构造、类型和翅脉

难度(容易、一般、难): 一般

4. 以下哪种昆虫翅瓣发达()。

(1) 苍蝇 (2) 棉蝗 (3) 蜻蜓 (4) 螳螂

答案: 1

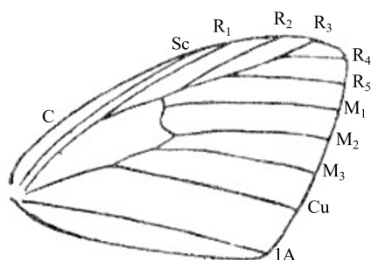
所属教学要点: 实验十 昆虫翅的基本构造、类型和翅脉

难度 (容易、一般、难): 一般

问答题

1. 绘制菜粉蝶前翅脉序图, 注明各脉的名称, 并与理想翅脉比较, 二者有何异同?

答案:



所属教学要点: 实验十 昆虫翅的基本构造、类型和翅脉

难度 (容易、一般、难): 一般

2. 列表比较所观察昆虫翅的类型和特征。

答案:

类型	特征
膜翅	翅薄, 透明, 膜质, 翅脉明显
鳞翅	翅表面覆盖鳞片
毛翅	翅表面长有微毛
鞘翅	翅强烈骨化, 坚硬, 变厚, 没有翅脉, 不能飞行, 有保护作用
半鞘翅	翅基部骨化成鞘翅, 端部依然是膜翅
覆翅	翅厚, 皮革质, 翅脉明显, 但基本不能飞行
半覆翅	翅一半是覆翅, 一般是膜翅
缨翅	翅边缘有许多缨毛
棒翅	翅退化成平衡棒

所属教学要点: 实验十 昆虫翅的基本构造、类型和翅脉

难度 (容易、一般、难): 一般

3. 为什么二甲苯可以去除翅表面的鳞片? 其他溶剂可以吗?

答案: 二甲苯是有机溶剂, 与翅表面的鳞片接触后, 可以使鳞片平贴在翅表面, 起到透明的效果, 其他的非极性有机溶剂也可以, 但极性溶剂效果较差。

所属教学要点: 实验十 昆虫翅的基本构造、类型和翅脉

难度 (容易、一般、难): 一般

4. 昆虫的翅为什么多呈现为“三角形”?

答案: 三角形的构造比较稳定。

所属教学要点: 实验十 昆虫翅的基本构造、类型和翅脉

难度 (容易、一般、难): 一般

5. 分析翅脉的作用?

答案: 加固翅面, 起到骨架的作用。

所属教学要点: 实验十 昆虫翅的基本构造、类型和翅脉

难度 (容易、一般、难): 一般

6. 分析昆虫翅的类型划分的依据？

答案：主要依据翅的质地，翅的覆盖物，翅的特化来进行分类。

所属教学要点：实验十 昆虫翅的基本构造、类型和翅脉

难度（容易、一般、难）：一般

实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

填空题

1. 一般来说,腹部环节由_____、_____和_____三部分组成。

答案:背板、腹板、侧膜

所属教学要点:实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度(容易、一般、难):一般

2 昆虫雌性产卵器由_____、_____和_____瓣组成,雄性交配器由_____和_____组成。

答案:第一产卵瓣(腹产卵瓣、腹瓣)、第二产卵瓣(内产卵瓣、内瓣)、第三产卵瓣(背产卵瓣、背瓣); 阳具、抱握器。

所属教学要点:实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度(容易、一般、难):一般

3. 尾须是由位于腹部第_____节的_____演化而来。

答案:第十一腹节的附肢

所属教学要点:实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度(容易、一般、难):一般

4. 雌虫外生殖器主要由_____、_____、_____三个部分组成。

答案:第一产卵瓣、第二产卵瓣、第三产卵瓣

所属教学要点:实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度(容易、一般、难):一般

5. 蝗虫成虫(♀)腹部有三对附肢,即_____、_____和_____。

答案:第一产卵瓣、第二产卵瓣、尾须

所属教学要点:实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度(容易、一般、难):一般

6. 蝉的产卵器由3对产卵瓣构成,其中产卵器鞘由_____形成,针状的产卵器是由_____、_____形成的。

答案:背瓣(第三产卵瓣)、第一产卵瓣、第二产卵瓣

所属教学要点:实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度(容易、一般、难):一般

判断题

1. 腹部环节的基本构造为:背板、侧板、腹板。()

答案: 错

所属教学要点:实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度(容易、一般、难):一般

2. 昆虫腹部每节由腹板、背板和侧板所组成。()

答案: 错

所属教学要点:实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度(容易、一般、难):一般

3. 昆虫的成虫腹部无行动的附肢。()

答案: 对

所属教学要点：实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度（容易、一般、难）：一般

4. 昆虫的产卵器由 3 对产卵瓣组成，分别称其为上、中、下产卵瓣。（ ）

答案： 错

所属教学要点：实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度（容易、一般、难）：一般

5. 昆虫的产卵器均用于产卵。（ ）

答案： 错

所属教学要点：实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度（容易、一般、难）：一般

6. 雌蝗的三对产卵瓣均为腹部的附肢。（ ）

答案： 错

所属教学要点：实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度（容易、一般、难）：一般

7. 雄棉蝗腹部末端的附肢是雄性外生殖和尾须。（ ）

答案： 错

所属教学要点：实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度（容易、一般、难）：一般

8. 尾须是腹部第十一节的附肢。（ ）

答案： 对

所属教学要点：实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度（容易、一般、难）：一般

9. 鳞翅目幼虫与叶蜂幼虫的腹足有相同的结构与功能。（ ）

答案： 错

所属教学要点：实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度（容易、一般、难）：一般

10. 鳞翅目幼虫与膜翅目幼虫的主要区别在于前者无趾钩，后者有趾钩。（ ）

答案： 错

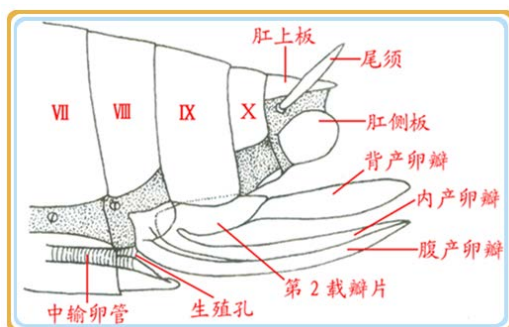
所属教学要点：所属教学要点：实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度（容易、一般、难）：一般

问答题

1. 绘棉蝗产卵器构造图，注明各部分名称；

答案：参考图如下

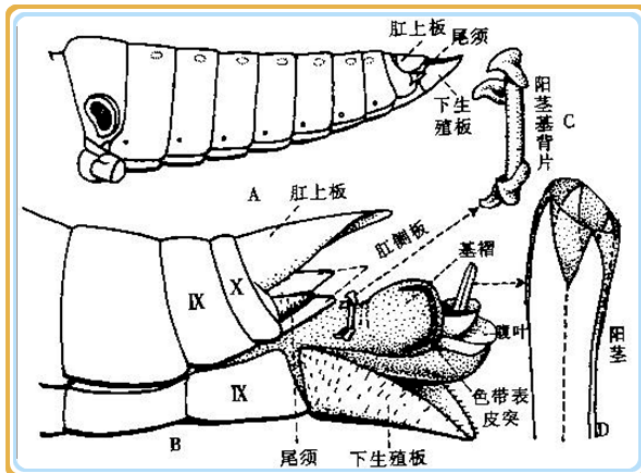


所属教学要点：实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度（容易、一般、难）：一般

2. 绘棉蝗交配器后面观图，注明各部分名称；

答案：参考图如下



所属教学要点：实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度（容易、一般、难）：一般

3. 绘玉米螟幼虫腹足趾钩特征图；

答案：参考图如下



所属教学要点：实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度（容易、一般、难）：一般

4. 分析比较所观察的几类昆虫的产卵器和交配器与模式构造的异同点；

答案：1) 棉蝗产卵期与模式构造基本相同，只是内瓣退化；交配器被下生殖板基部包裹，外面看不到，没有抱握器；

2) 蝉的产卵器与模式构造差别大，背瓣形成了产卵器鞘，用以盛放腹瓣和内瓣，腹瓣和内瓣针状，端部有锯齿；交配器明显，抱握器发达，褐色，中间是阴茎；

3) 棉铃虫没有真正的产卵器，没有产卵瓣，是伪产卵器，腹部末端几节套叠在一起。

所属教学要点：实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度（容易、一般、难）：一般

5. 分析腹足的排列方式和趾钩的排列方式与幼虫行为的关系。

答案：腹足 2 对，幼虫拱曲身体行走，称造桥虫；腹足 5 对以上，行走时是蠕动行进；鳞翅目幼虫有趾钩，用来附着在植物表面，趾钩可以排列成圆形、半圆形、带形等，可以有 1-3 列趾钩，是鳞翅目幼虫的分类特征；叶蜂幼虫有 8 对腹足，无趾钩，向内倾斜，吸附在植物表面。

所属教学要点：实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度（容易、一般、难）：一般

6. 棉蝗从背面和腹面数，腹节的数量有无区别？为什么产生该区别？

答案：背面数 11 节，腹部 9 节，腹板第一节与后胸愈合，后面几节因为长外生殖器，分节不清楚。

所属教学要点：实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度（容易、一般、难）：一般

7. 产卵器和交配器分别着生在腹部第几节？

答案：产卵器 8-9 节，交配器 9 节。

所属教学要点：实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度（容易、一般、难）：一般

8. 棉蝗的雌性和雄性，其腹部末端的形状如何？与功能有何关系？

答案：雌性末端凿状，坚硬，适于钻土产卵；雄性末端下生殖板尖锐，利于交配。

所属教学要点：实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度（容易、一般、难）：一般

9. 昆虫尾须的着生位置如何？其功能如何？

答案：在腹部最后 1 节，感觉作用。

所属教学要点：实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度（容易、一般、难）：一般

10. 与成虫胸足比较，幼虫腹足在构造上有何特点？

答案：分节较少，亚基节，基节，趾节。

所属教学要点：实验十一 昆虫腹部的基本构造及外生殖器

难度（容易、一般、难）：一般

实验十二 昆虫内部器官位置的解剖观察

填空题

1. 昆虫的体腔可分为 _____、_____和_____ 三个血窦。

答案：背血窦、围脏窦、腹血窦

所属教学要点：实验十二 昆虫内部器官的位置

难度（容易、一般、难）：一般

2. 昆虫体腔又称 _____腔，它被隔膜分为_____、_____、_____三个小腔，中枢神经系统位于_____。

答案：血腔、背血窦、围脏窦、腹血窦、腹血窦

所属教学要点：实验十二 昆虫内部器官的位置

难度（容易、一般、难）：一般

选择题

1. 昆虫的心脏位于（ ）。

(1) 围脏窦 (2) 背血窦 (3) 腹血窦 (4) 不确定

答案：(2)

所属教学要点：实验十二 昆虫内部器官的位置

难度（容易、一般、难）：一般

2. 昆虫的神经索位于（ ）。

(1) 围脏窦 (2) 背血窦 (3) 腹血窦 (4) 不确定

答案：(3)

所属教学要点：实验十二 昆虫内部器官的位置

难度（容易、一般、难）：一般

3. 昆虫的生殖系统位于（ ）。

(1) 消化道腹侧 (2) 消化道背侧 (3) 消化道侧面 (4) 不确定

答案：(2)

所属教学要点：实验十二 昆虫内部器官的位置

难度（容易、一般、难）：一般

4. 棉蝗的马氏管有多少条（ ）。

(1) 4 (2) 8 (3) 16 (4) 200 多条

答案：(4)

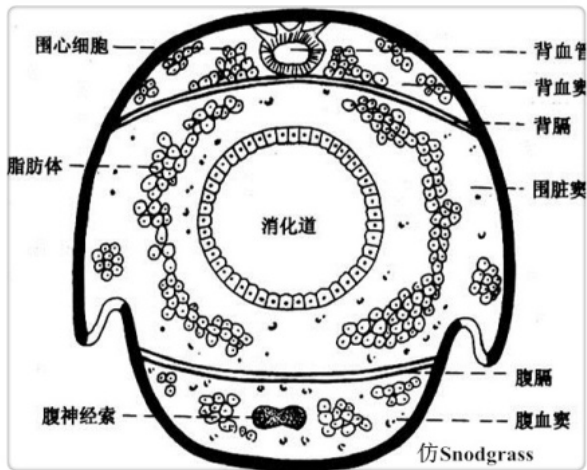
所属教学要点：实验十二 昆虫内部器官的位置

难度（容易、一般、难）：一般

问答题

1. 绘天蛾幼虫腹部的横切面图，注明隔膜、血窦和主要器官的相对位置及名称。

答案：参考图如下



所属教学要点：实验十二 昆虫内部器官的位置

难度（容易、一般、难）：一般

2. 棉蝗背血管位于哪个血窦？其颜色和形状如何？分布在哪些胸节和腹节？

答案：背血管位于背血窦，黄白色、直管形，分布在前中后胸和 1-7 腹节。

所属教学要点：实验十二 昆虫内部器官的位置

难度（容易、一般、难）：一般

3. 棉蝗马氏管的颜色、粗细、形状如何？着生在消化道的什么位置？

答案：白色、很细、线状，着生在消化道的前肠与中肠的交界处。

所属教学要点：实验十二 昆虫内部器官的位置

难度（容易、一般、难）：一般

4. 棉蝗腹神经索位于哪个血窦？其颜色、粗细、形状如何？是否有分支？

答案：腹神经索位于腹血窦，白色、较细（两条、有结节），线状，有分支

所属教学要点：实验十二 昆虫内部器官的位置

难度（容易、一般、难）：一般

5. 气管与气门有什么关系？

答案：气门是气管在体壁上的开口，或是气管内陷后的气门腔的开口。

所属教学要点：实验十二 昆虫内部器官的位置

难度（容易、一般、难）：一般

6. 家蚕幼虫体内的腺体是什么？其颜色、粗细、形状如何？

答案：家蚕幼虫体内的腺体是丝腺（下唇腺），白色的弯曲的、粗细不一的管状物。

所属教学要点：实验十二 昆虫内部器官的位置

难度（容易、一般、难）：难

实验十三 昆虫体壁构造、生理及外长物观察

填空题

1. 昆虫体壁可分为_____、_____、_____三层。

答案：表皮层、皮细胞层和底膜

所属教学要点：实验十三 昆虫体壁的构造及外长物

难度（容易、一般、难）：一般

2. 昆虫体壁的外长物可分为_____和_____两大类。

答案：非细胞性的和细胞性的两大类

所属教学要点：实验十三 昆虫体壁的构造及外长物

难度（容易、一般、难）：一般

3. 刺与距的主要区别是_____。

答案：刺固定不能动；距膜质相连能动。

所属教学要点：实验十三 昆虫体壁的构造及外长物

难度（容易、一般、难）：一般

选择题

1. 昆虫体壁的表皮层是属于（ ）。

（1）细胞层 （2）非细胞层 （3）结缔组织 （4）不确定

答案：（2）

所属教学要点：实验十三 昆虫体壁的构造、生理及外长物

难度（容易、一般、难）：一般

2. 黄粉虫在哪种溶剂中死亡最快（ ）。

（1）酒精 （2）石油醚 （3）50%酒精+50%石油醚 （4）不确定

答案：（3）

所属教学要点：实验十三 昆虫体壁的构造、生理及外长物

难度（容易、一般、难）：一般

3. 测定蛹壳几丁质含量时用到的溶剂是（ ）。

（1）酒精 （2）石油醚 （3）盐酸 （4）KOH

答案：（4）

所属教学要点：实验十三 昆虫体壁的构造、生理及外长物

难度（容易、一般、难）：一般

4. 测定多酚氧化酶活性时，应该在波长多少处检测（ ）。

（1）400nm （2）450nm （3）490nm （4）540nm

答案：（3）

所属教学要点：实验十三 昆虫体壁的构造、生理及外长物

难度（容易、一般、难）：一般

5. 影响体壁渗透性实验成败的最大障碍是（ ）。

（1）嗉囊的完整性 （2）盐酸的浓度 （3）嗉囊清洗程度 （4）不确定

答案：（1）

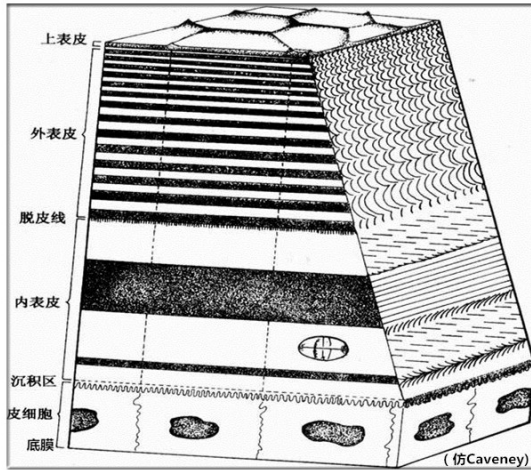
所属教学要点：实验十三 昆虫体壁的构造、生理及外长物

难度（容易、一般、难）：一般

问答题

1. 绘显微镜下观察到的体壁横切构造图，并注明各层次的名称。

答案：参考图如下



所属教学要点：实验十三 昆虫体壁的构造、生理及外长物

难度（容易、一般、难）：一般

2. 列表比较黄粉虫幼虫活虫置于石油醚、无水乙醇、两者混合液中死亡的时间，并分析先后死亡的原因是什么？

答案：石油醚 20 秒左右，无水乙醇 50 秒左右，混合液 30 秒左右，溶剂的极性越大，越难穿透疏水性的上表皮（有蜡层、护蜡层，疏水），极性越小，越容易穿透，故而石油醚快于乙醇进入昆虫体内，致死速度快，混合液在两者之间。

所属教学要点：实验十三 昆虫体壁的构造、生理及外长物

难度（容易、一般、难）：一般

3. 列表比较三次实验测定的蛹壳几丁质含量，并计算均值。

答案：60%左右（参考）。

所属教学要点：实验十三 昆虫体壁的构造、生理及外长物

难度（容易、一般、难）：难

4. 列表比较三次实验测定的黄粉虫幼虫表皮多酚氧化酶活性，并计算均值。

答案：38U。

所属教学要点：实验十三 昆虫体壁的构造、生理及外长物

难度（容易、一般、难）：难

5. 为什么 pH 试纸接近装有盐酸溶液的嗉囊后颜色会变红？说明了什么？

答案：因为盐酸呈酸性，所以 pH 试纸显色在酸性区域，呈红色；说明嗉囊壁有渗透性，内装的盐酸溶液能够通过嗉囊壁渗透到嗉囊外。

所属教学要点：实验十三 昆虫体壁的构造、生理及外长物

难度（容易、一般、难）：一般

6. 黄粉虫幼虫体壁表面、棉蝗足胫节和两者的触角上是否有外长物？分别描述各外长物的类型和特点。

答案：都有外长物。黄粉虫幼虫体壁表面由毛和刻点等，棉蝗足胫节上有刺、距和齿等，触角上有感觉器等。

所属教学要点：实验十三 昆虫体壁的构造、生理及外长物

难度（容易、一般、难）：难

7. 详细叙述昆虫表皮几丁质含量的测定方法。

答案：重量法。（1）取大小相近的虫体 15 头，5 头 1 组分成 3 份，即 3 次重复；（2）将试虫除去内脏，在滤纸上挤压，吸干水分，称重，精确小数点后 3~4 位；（3）用 10%KOH 消化，煮 1h 左右，先水洗，后醇洗，再吸干水分，然后称重；（4）计算几丁质的相对含量；（5）几丁质的相对含量计算公式如下：

$$\text{体壁几丁质相对含量 (\%)} = \frac{\text{消化后的体壁重}}{\text{消化前的体壁重}} \times 1.26 \times 100$$

所属教学要点：实验十三 昆虫体壁的构造、生理及外长物

难度（容易、一般、难）：难

8. 详细叙述昆虫表皮多酚氧化酶活性的测定方法。

答案：1.) 取大小相近的黄粉虫幼虫活虫 15 头，5 头 1 组分成 3 份，即 3 次重复。

2.) 表皮酶源的制备：（1）取处理好的试虫，切去头部，以镊子轻压腹部末端，将食物残渣及体液挤出，以蒸馏水冲洗，在滤纸上吸干水分，称重；（2）将称重后的虫体切成小片，加入 2mL 磷酸缓冲液，在研钵中匀浆；（3）将匀浆液全部移入离心管中，在 2 ℃12000g 条件下离心 10min，其上清液即为待测酶液。

3.) 酶活测定（微量法）：（1）打开酶标仪，波长选择 490 nm；选择动力学测定模式：连续测定 10 次，间隔 1 分钟，振板 20 秒。（2）在 96 孔板中加入 100 μL 提取好的酶液，再加入 100 μL 盐酸多巴胺底物，用移液枪轻轻吹打混匀，重复 3 次。用 100 μL 缓冲液代替多巴胺底物做对照。（3）把加好样的 96 孔板放在酶标仪上进行读板；测定结束后，可以查看吸光度值的变化曲线，曲线下方是系统自动计算的曲线斜率及相关的参数。

4) 酶活力计算

以每 100 μL 酶液每分钟 OD490 值变化 0.001 为 1 个酶活力单位(1 U)，即：

酶活力 ($\Delta\text{OD}_{490}/100 \mu\text{L 酶液}/\text{min}$) = 曲线斜率；为了保证实验数据的准确性，只采用决定系数 $r^2 > 0.9$ 的数值。

所属教学要点：实验十三 昆虫体壁的构造、生理及外长物

难度（容易、一般、难）：难

9. 详细叙述昆虫体壁渗透性的测定方法。

答案：以棉蝗嗉囊测试昆虫体壁的渗透性。（1）取棉蝗 1 头，剪去其头部及腹末 2-3 节，用镊子轻轻地把消化道从腹部后取出来；（2）剪掉中肠，将剩下的嗉囊放在清水中，洗去内含物；（3）把清理后的嗉囊浸入盛有稀 KOH 溶液的容器中，除去肌肉，注意切勿将嗉囊壁弄破；（4）将去掉肌肉的嗉囊取出，先用清水洗掉碱液，再用中性蒸馏水清洗数次，然后取出将其一端用毛发扎紧；（5）从另一端用注射器将 1% 的盐酸溶液从滴管的上端注入嗉囊内，再用中性蒸馏水将嗉囊的外壁清洗数次，清洗完后立即用 pH 试纸贴近嗉囊测试，观察颜色变化和记录数值；（6）静止 5min 后再次用 pH 试纸贴近嗉囊，观察颜色变化和记录数值。

所属教学要点：实验十三 昆虫体壁的构造、生理及外长物

难度（容易、一般、难）：难

实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

填空题

1. 昆虫的消化道根据其发生来源和功能, 可分为_____、_____和_____三部分。

答案: 前肠、中肠和后肠

所属教学要点: 实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度(容易、一般、难): 一般

2. 前胃内部的坚硬构造有助于_____。

答案: 磨碎食物

所属教学要点: 实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度(容易、一般、难): 一般

3. 确定前肠与中肠之间, 中肠与后肠之间的外部界限分别靠_____和_____的着生位。

答案: 胃盲囊、马氏管

所属教学要点: 实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度(容易、一般、难): 一般

4. 一般昆虫的前肠与中肠的交接处外面着生有_____。

答案: 胃盲囊

所属教学要点: 实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度(容易、一般、难): 一般

5. 昆虫的中肠与后肠交界处外面着生有_____, 内面着生有_____。

答案: 马氏管、幽门瓣

所属教学要点: 实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度(容易、一般、难): 一般

6. 麻皮蝽的消化道细长, 其中肠分成4个部分, 分别是_____, _____、_____和_____, 其中最后一段上面缠绕着红色的管子上是它的_____, 有_____条。

答案: 第一胃、第二胃、第三胃、第四胃、胃盲囊、4条

所属教学要点: 实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度(容易、一般、难): 难

判断题

1. 胃盲囊的作用是贮存暂不能消化的食物。()

答案: 错

所属教学要点: 实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度(容易、一般、难): 一般

2. 贲门瓣位于前肠和中肠交界处。()

答案: 对

所属教学要点: 实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度(容易、一般、难): 一般

3. 中肠的主要功能是消化和吸收食物。()

答案: 对

所属教学要点: 实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

4. 棉蝗的后肠分为3部分。（ ）

答案：对

所属教学要点：实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

选择题

1. 前肠和中肠交界处，外面着生有（ ）。

(1) 马氏管 (2) 胃盲囊 (3) 幽门瓣 (4) 贲门瓣

答案：(2)

所属教学要点：实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

2. 前肠和中肠交界处，内面着生有（ ）。

(1) 马氏管 (2) 胃盲囊 (3) 幽门瓣 (4) 贲门瓣

答案：(4)

所属教学要点：实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

3. 中肠和后肠交界处，外面着生有（ ）。

(1) 马氏管 (2) 胃盲囊 (3) 幽门瓣 (4) 贲门瓣

答案：(1)

所属教学要点：实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

4. 中肠和后肠交界处，内面着生有（ ）。

(1) 马氏管 (2) 胃盲囊 (3) 幽门瓣 (4) 贲门瓣

答案：(3)

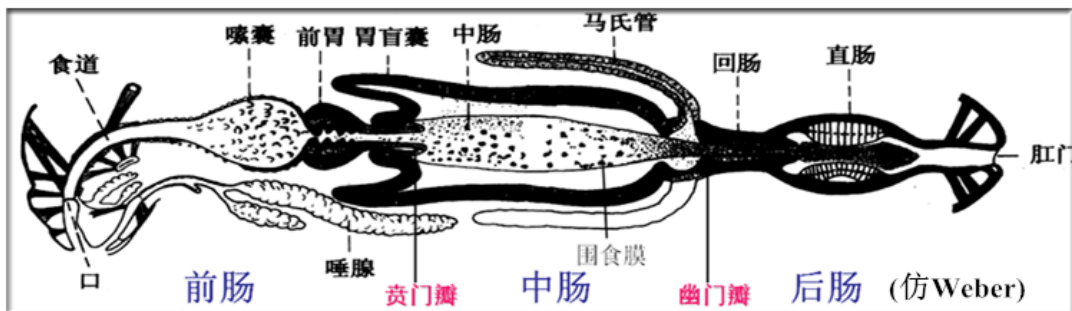
所属教学要点：实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

问答题

1. 绘棉蝗消化道外部构造（分段）图，并注明各部分名称。

答案：参考图如下

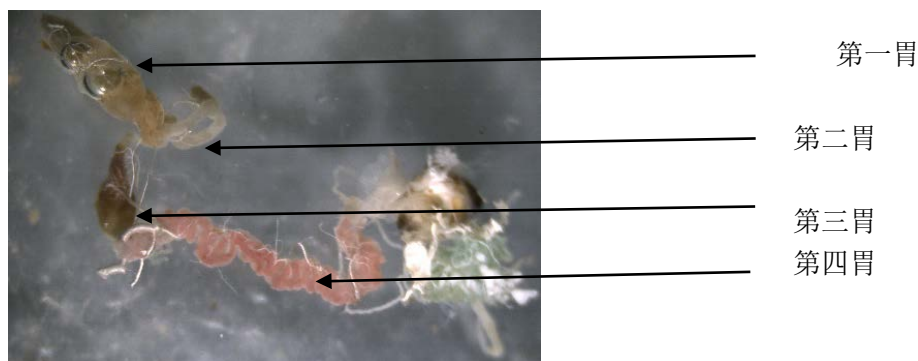


所属教学要点：实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

2. 绘麻皮蝽消化道外部构造（分段）图，并注明各部分名称。

答案:



所属教学要点: 实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度(容易、一般、难): 难

3. 棉蝗消化道的粗细是否有变化? 可以分为几段? 各段在外形上有什么差异? 各段分界的标志是什么?

答案: 棉蝗消化道的粗细有变化; 可以分为前、中、后肠三段; 前肠形状、粗细在不同节段有变化, 中肠较直、较粗、粗细近似, 后肠形状、粗细在不同节段也有变化; 前肠和中肠间的分界标志为胃盲囊、中肠和后肠间的分界标志为马氏管。

所属教学要点: 实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度(容易、一般、难): 一般

4. 棉蝗消化道从内壁是否分段? 分段的依据是什么?

答案: 棉蝗消化道从内壁看也是分段的; 分段的依据是瓣膜的存在, 前肠和中肠间为贲门瓣、中肠和后肠间为幽门瓣。

所属教学要点: 实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度(容易、一般、难): 一般

5. 幽门瓣和贲门瓣分别着生在什么位置? 其数量、形状、构造如何? 分析两者的作用。

答案: 贲门瓣位于前胃的后端, 是前肠末端的肠壁向中肠前端陷入, 形成的一圈环形内褶, 一般呈筒状或漏头形。功能是使食物定向流动、防止倒流; 防止食物与胃盲囊接触; 在某些昆虫中(双)也参与围食膜的形成。

幽门瓣位于后肠前端与中肠交界处, 肠壁内突形成的环褶, 在马氏管开口的前方; 功能是调节消化后的残渣进入后肠的速度。

所属教学要点: 实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度(容易、一般、难): 一般

6. 棉蝗胃盲囊着生在什么位置? 其数量、形状如何? 分析其作用。

答案: 胃盲囊着生在中肠肠壁的前端、向外突出, 6个、囊状或管状, 功能是增加分泌和吸收的面积。

所属教学要点: 实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度(容易、一般、难): 一般

7. 棉蝗前肠内壁上是否有特殊构造? 主要存在于什么位置? 其形状、排列方式如何? 说明这些特殊构造的作用。

答案: 棉蝗前肠内壁上特殊构造, 主要存在于前胃, 有前胃齿、前胃垫等构造, 呈齿状或板状突起, 成多列方式排列, 功能是磨碎食物和调节食物进入中肠的速度。

所属教学要点: 实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度(容易、一般、难): 一般

8. 棉蝗中肠内壁上是否有特殊的构造? 说明其内壁构造特点与中肠功能之间的关系。

答案：中肠内壁没有永久性的或完整的内膜，而是有一层很薄的围食膜。围食膜功能为包围食物、保护肠壁细胞（以免坚硬尖锐的固体颗粒擦伤肠壁细胞）；允许消化酶类和消化产物透过。

所属教学要点：实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

9. 分析直肠垫的作用。

答案：直肠垫是在直肠腔内部分肠壁细胞分化形成的卵圆形或长方形或圆锥形突起，伸入在直肠腔内，其上的膜特别薄。直肠垫的功能为回收水分和无机盐等。

所属教学要点：实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

10. 列表比较棉蝗和家蚕消化道构造上的异同。

答案：

	前肠	中肠	后肠
蝗虫	长，后端有明显膨大的嗉囊占 2/5	较短，粗，占整个消化道 1/5	长，分回肠、结肠、直肠占
家蚕	短小，没有明显的嗉囊占 1/10	非常长，粗，占整个消化道 4/5	较长，分回肠、结肠、直肠，占 1/5

所属教学要点：实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：难

11. 列表详细比较棉蝗和麻皮蝽消化道构造上的异同。

答案：

	前肠	中肠	后肠
蝗虫	粗而长	粗短	分成 3 段，粗长
麻皮蝽	短而细的管子	长而分段的管状构造，分成 4 段	两段，前端膨大的球体，后端管状直肠

所属教学要点：实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：难

12. 比较蚱蝉消化道与麻皮蝽消化道在构造上的异同，分析滤室的作用。

答案：

	前肠	中肠	后肠
蚱蝉	细管状	长管 3 段，有滤室	
麻皮蝽	细管状	长管 4 段，无滤室	两端，球状体和管状直肠

滤室：中肠的前、后两端与后肠的前端紧贴，并束缚在一起，外面包裹一层由结缔组织的构成的围膜，这一特殊的构造叫滤室

滤室的功能：快速获取营养。刺吸式口器的中肠，如同翅目昆虫中肠常划分为 3 段，分别称第一胃、第二胃和第三胃。我们把这种构造称为滤室，这种构造可以使过多的水分及其它物质直接从消化道的前端排入中肠的后端，而主要的食物则变得较浓缩，通过中肠时易于消化和吸收。

所属教学要点：实验十四 昆虫消化系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：难

实验十五 昆虫排泄系统的解剖观察

填空题

1. 昆虫的主要排泄器官是_____，它着生在体内_____处。

答案：马氏管、中后肠交界处

所属教学要点：实验十五 昆虫排泄系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

2. 马氏管的主要排泄物为_____。

答案：尿酸

所属教学要点：实验十五 昆虫排泄系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：难

3. 黄粉虫马氏管有_____条，_____颜色，在后肠处形成_____构造。

答案：6条、浅红褐色、隐肾

所属教学要点：实验十五 昆虫排泄系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：难

选择题

1. 马氏管的主要排泄物是（ ）。

(1) 尿酸 (2) 尿囊素 (3) 氨 (4) 尿囊酸

答案：(1)

所属教学要点：实验十五 昆虫排泄系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

2. 麻皮蝽马氏管有几条（ ）。

(1) 2 (2) 4 (3) 6 (4) 8

答案：(2)

所属教学要点：实验十五 昆虫排泄系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

3. 黄粉虫马氏管有几条（ ）。

(1) 2 (2) 4 (3) 6 (4) 8

答案：(3)

所属教学要点：实验十五 昆虫排泄系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

4. 以下哪种昆虫有隐肾（ ）。

(1) 麻皮蝽 (2) 黄粉虫 (3) 棉蝗 (4) 都有

答案：(2)

所属教学要点：实验十五 昆虫排泄系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

5. 黄粉虫颜料排泄实验，变色后的马氏管要放在（ ）。

(1) 清水中 (2) 蒸馏水中 (3) 生理盐水中 (4) 去离子水中

答案：(3)

所属教学要点：实验十五 昆虫排泄系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

问答题

1. 列表比较棉蝗、黄粉虫幼虫、麻皮蝽三者马氏管的详细区别。

答案:

	数量	颜色
棉蝗	多而短, 200 多条	白色
黄粉虫幼虫	长而少, 6 条	红褐色
麻皮蝽	长而少, 4 条	蓝色

所属教学要点: 实验十五 昆虫排泄系统的解剖观察

难度(容易、一般、难): 难

2. 列表比较用中性红处理的和未处理的黄粉虫马氏管颜色随时间的变化情况? 并分析原因。

答案:

时间变化	品红处理	对照处理
0 分钟	淡红褐色(本色)	淡红褐色(本色)
30 分钟	深红褐色	淡红褐色
50 分钟	紫红色	淡红褐色
原因	马氏管作为排泄器官, 对颜料具有排泄能力, 把颜料吸收到马氏管中	由于无品红, 颜色无变化

所属教学要点: 实验十五 昆虫排泄系统的解剖观察

难度(容易、一般、难): 难

3. 简述隐肾的形成和作用。

答案: 在鞘翅目和鳞翅目的很多种类中, 马氏管的顶端部分与直肠紧密联结在一起, 组成隐肾; 功能是从粪便中吸回水分, 排出基本干燥的粪粒。

所属教学要点: 实验十五 昆虫排泄系统的解剖观察

难度(容易、一般、难): 一般

4. 叙述马氏管颜料排泄的实验方法。

答案: (1) 取活虫 1 头, 用手捏住头部和尾部, 腹部向上弓曲, 然后用微量注射器将 5~10 μL 的 0.5% 酸性品红从腹足处注入虫体内, 静放 30min; (2) 分别取 1 头用酸性品红处理的和未处理的黄粉虫, 均用解剖剪自虫体两侧剪开, 分别固定于盛有生理盐水的蜡盘中 (3) 观察两者马氏管的颜色, 有何不同? (4) 隔一定的时间后再观察, 两者的颜色是否发生变化? 并分析原因。

所属教学要点: 实验十五 昆虫排泄系统的解剖观察

难度(容易、一般、难): 一般

实验十六 昆虫循环系统和血细胞的解剖观察

填空题

1. 昆虫循环系统属_____式循环，即_____。

答案：开放式、体腔就是血腔

所属教学要点：实验十六 昆虫的循环系统和血细胞

难度（容易、一般、难）：一般

2. 韭蛆心脏跳动的频率大约为_____次/分钟。

案：90

所属教学要点：实验十六 昆虫的循环系统和血细胞

难度（容易、一般、难）：一般

判断题

1. 昆虫氧气的输送是由血液担负的。（ ）

答案：错

所属教学要点：实验十六 昆虫的循环系统和血细胞

难度（容易、一般、难）：一般

2. 昆虫循环系统属开放式，因为其血液根本不在血管里流动。（ ）

答案：错

所属教学要点：实验十六 昆虫的循环系统和血细胞

难度（容易、一般、难）：一般

3. 昆虫血液循环为开放式循环。（ ）

答案：对

所属教学要点：实验十六 昆虫的循环系统和血细胞

难度（容易、一般、难）：一般

4. 背血管是昆虫的唯一循环器官。（ ）

答案：错

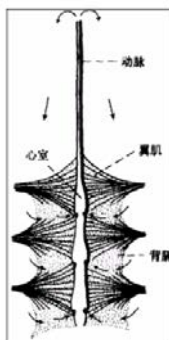
所属教学要点：实验十六 昆虫的循环系统和血细胞

难度（容易、一般、难）：一般

问答题

1. 绘家蚕幼虫背血管构造图，注明各部门名称。

答案：参考图如下

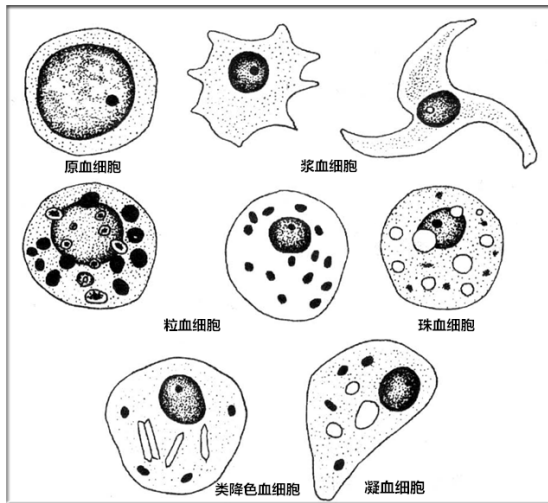


所属教学要点：实验十六 昆虫的循环系统和血细胞

难度（容易、一般、难）：一般

2. 绘你所观察到的棉铃虫幼虫血细胞特征图。

答案：参考图如下



所属教学要点：实验十六 昆虫的循环系统和血细胞

难度（容易、一般、难）：一般

3. 列表比较你所观察到的棉铃虫幼虫血细胞的特点和功能。

答案：参考列表如下

血细胞类型	结构特点	功能
原血细胞 pruhemocyte	体小核大、细胞质嗜碱性	具有分裂增殖能力，补充血细胞
浆血细胞 plasmatocyte	体型多变、细胞核小位于细胞中央、细胞质嗜碱性	具有防卫能力，吞食异物、有时具包被和成瘤作用
粒细胞 granulocyte	细胞质内含有大小一致的、圆形的嗜酸性颗粒	贮存代谢产物、部分昆虫具有吞噬防卫作用
珠血细胞 spherulocyte	圆形或卵圆形、细胞核小多偏离中央、细胞质内具膜泡	具有贮存和分泌作用
类降色细胞 oenocyte	形状多变、细胞核小并偏离细胞中央、细胞质中含有板状或棒状等物质	参与物质代谢和分泌作用
凝血细胞 coagulocyte	细胞核大而呈车轮状、常偏离细胞中央、质膜有皱纹	具有凝血和防卫作用
脂血细胞 adipohemocyte	圆形或卵圆形、有脂类或类脂液滴或颗粒物	具有贮存和吞噬作用
伪足血细胞 pseudopod cells	体大而片平、细胞质外突形成各种伪足	具有防卫作用
蠕形血细胞 demodulate cells	体型细丝状或蠕虫状	具有防卫作用

所属教学要点：实验十六 昆虫的循环系统和血细胞

难度（容易、一般、难）：一般

4. 韭蛆每分钟跳动次数约为多少？血液的流向如何？

答案：韭蛆每分钟跳动次数约 90 次，血液的流向血管中从后往前，侧面是血液流入内脏和附属器官，腹面则从前向后流回心脏。

所属教学要点：实验十六 昆虫的循环系统和血细胞

难度（容易、一般、难）：一般

5. 蚜虫辅搏器主要存在什么位置？搏动是否有节奏？分析其作用。

答案：蚜虫辅搏器主要存在触角、足内，搏动有节奏，其作用是协助心脏促进血液循环。

所属教学要点：实验十六 昆虫的循环系统和血细胞

难度（容易、一般、难）：一般

6. 试述血细胞的染色方法。

答案：（1）前处理：擦净载玻片和盖玻片；取棉铃虫幼虫 1 头，露出腹足，用 5 号昆虫针从腹足处穿刺，使其流出血液，注意观察血液的颜色，把流出的血液滴在准备好的载玻片一端；

（2）染色处理：载玻片上的血液滴好后，用盖玻片置于血滴边缘，并将其向前推移形成血液膜，让其自然风干；在干固的血膜上，滴 2~3 滴瑞氏-吉姆萨染色剂，染色 1min 左右。再用 2 倍的磷酸盐缓冲液稀释，再染色 3~5 min。待液面有黄色金属光泽，说明染色已完成。

所属教学要点：实验十六 昆虫的循环系统和血细胞

难度（容易、一般、难）：难

实验十七 昆虫呼吸系统的解剖观察

填空题

1. 昆虫的主要呼吸方式是_____。

答案：气管呼吸

所属教学要点：实验十七 昆虫的呼吸系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

2. 家蚕的气门属_____式，其结构包括_____，_____，_____和_____。

答案：内闭式气门、闭弓、闭带、开肌、闭肌

所属教学要点：实实验十七 昆虫的呼吸系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

3. 蝗虫的后胸气门属_____式，其结构包括_____，_____和_____。

答案：外闭式气门、唇形活瓣、垂叶、闭肌

所属教学要点：实实验十七 昆虫的呼吸系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

判断题

1. 微气管的作用是把氧气送到需氧部位。（ ）

答案：对

所属教学要点：实验十七 昆虫的呼吸系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

2. 棉蝗中胸上的气门其实是后胸气门。（ ）

答案：对

所属教学要点：实验十七 昆虫的呼吸系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

3. 家蚕的气门是内闭式气门。（ ）

答案：对

所属教学要点：实验十七 昆虫的呼吸系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

4. 连接家蚕侧面气门的气管是侧纵干。（ ）

答案：对

所属教学要点：实验十七 昆虫的呼吸系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

选择题

1. 棉蝗的胸气门属于（ ）。

(1) 内闭式 (2) 外闭式 (3) 原始气门 (4) 不确定

答案：(2)

所属教学要点：实验十七 昆虫的呼吸系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

2. 家蚕幼虫腹气门是属于（ ）。

(1) 外闭式 (2) 内闭式 (3) 原始气门 (4) 不确定

答案：(2)

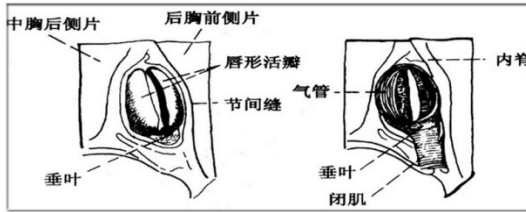
所属教学要点：实验十七 昆虫的呼吸系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

问答题

1. 绘制棉蝗成虫胸部气门构造图，并注明各部分名称，判断其气门类型。

答案：参考图如下

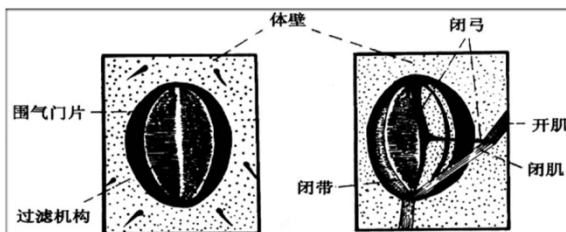


所属教学要点：实验十七 昆虫的呼吸系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

2. 绘制家蚕幼虫腹部气门构造图，并注明各部分名称，判断其气门类型。

答案：参考图如下

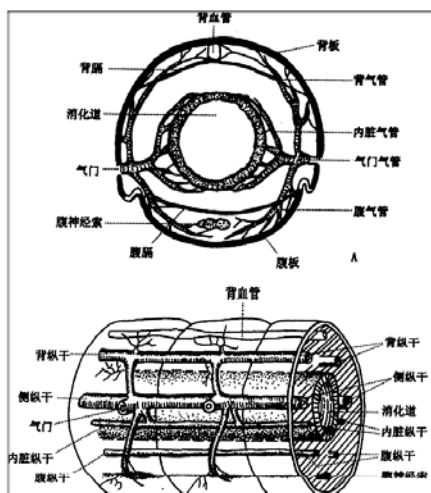


所属教学要点：实验十七 昆虫的呼吸系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

3. 绘家蚕幼虫气管从分布排列的思维导图。

答案：参考图如下



所属教学要点：实验十七 昆虫的呼吸系统解剖观察

4. 家蚕幼虫和棉蝗的气门分别着生在哪些体节上？共几对？比较两者气门着生的位置和数目有何不同？

答案:

昆虫	气门对数	位置
蝗虫	10	中、后胸, 腹 1-8 节各 1 对
家蚕幼虫	9	前胸 1 对 (中胸前移的), 腹 1-8 节各 1 对 (后胸气门封闭了)

所属教学要点: 实验十七 昆虫的呼吸系统解剖观察

难度 (容易、一般、难): 难

5. 分析外闭式气门各结构的作用?

答案: 外闭式气门的构造和作用如下:

(1) 唇形活瓣: 一对, 卵圆形, 基部相联, 包围在气门口四周, 可以相对启合, 但实质上是围气门的片的活动。

(2) 垂叶: 是位于活瓣基部的一块骨片。

(3) 闭肌: 下端连于基节窝边缘一个突起上, 上端连接于垂叶上。当闭肌收缩时, 将垂叶下拉, 两片活瓣闭合; 当闭肌松弛时, 活瓣由于垂叶本身的弹性而张开。

(4) 外闭式气门关闭的是气门口。

所属教学要点: 实验十七 昆虫的呼吸系统解剖观察

难度 (容易、一般、难): 一般

6. 内闭式气门围气门的片的位置、颜色、骨化程度, 气门口的位置、凹陷程度, 过滤机构位置、颜色、形状、排列方式如何?

答案: 围气门的片位于气门口、颜色较深、有一定的骨化程度; 气门口于气门的腔内、凹陷于气门的腔内; 过滤机构位于围气门的片、颜色较深、新月形刷状的密生细毛、两排。

所属教学要点: 实验十七 昆虫的呼吸系统解剖观察

难度 (容易、一般、难): 一般

7. 分析内闭式气门各结构的作用?

答案: 内闭式气门的开闭机构形式很多, 一般有 3 部分组成:

(1) 闭弓: 一部分气门的腔壁硬化形成的构造, 新月形、半圆形或柄状。

(2) 闭带: 闭弓相对一面的气门的腔壁特化形成的柔韧的带状构造, 可由闭弓牵动。

(3) 闭肌: 有的还有开肌, 闭弓两端的肌肉, 控制闭带的活动。当闭肌收缩时, 牵动闭带推向闭弓而将气管口遮闭, 当闭肌松弛时, 由于闭弓的弹性或开肌的收缩, 将闭带拉开, 气管口开启。

(4) 内闭式气门关闭的不是气门口, 而是气管口。

所属教学要点: 实验十七 昆虫的呼吸系统解剖观察

难度 (容易、一般、难): 一般

8. 家蚕幼虫是否存在背气管连锁和腹气管连锁? 位置和数量如何?

答案: 家蚕的前胸和第 8 腹节背面各有 1 条背气管连锁; 在腹部各节左右两相对的气管间存在腹气管连锁。

所属教学要点: 实验十七 昆虫的呼吸系统解剖观察

难度 (容易、一般、难): 难

9. 气管中螺旋丝的颜色、形状、弹性如何? 分析其作用

答案: 气管中螺旋丝的颜色为白色, 线状细管, 弹性大; 螺旋丝由外表皮和内表皮转变而成, 可以增强气管的强度和弹性, 抵抗压力, 防止被压扁, 保持筒形, 有利于气体交换。

所属教学要点: 实验十七 昆虫的呼吸系统解剖观察

难度 (容易、一般、难): 一般

实验十八 昆虫生殖系统的解剖观察

填空题

1. 昆虫雄性生殖系统主要组成部分是_____、_____、_____和_____。

答案：精巢、输精管、射精管、雄性附腺

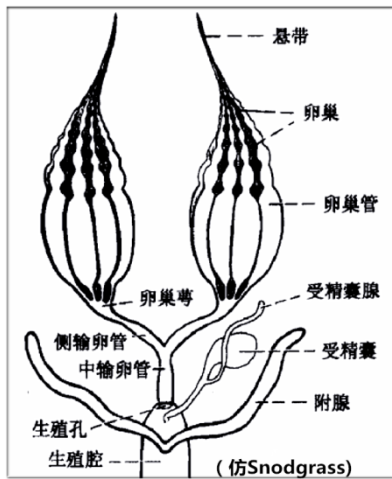
所属教学要点：实验十八 昆虫生殖系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

问答题

1. 绘棉蝗雌虫生殖系统构造图，注明各部位名称。

答案：参考图如下

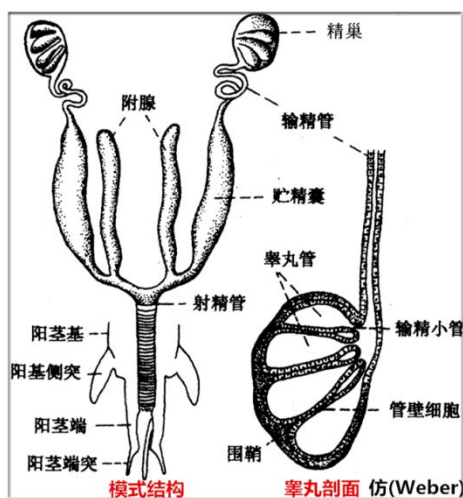


所属教学要点：实验十八 昆虫的生殖系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

2. 绘棉蝗雄生殖系统构造图，注明各部位名称。

答案：参考图如下



所属教学要点：实验十八 昆虫的生殖系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

3. 棉蝗卵巢的数量、颜色如何？根据饱满状态是否可以分析其内卵的有无和判断棉蝗是否处于怀卵期？

答案：棉蝗卵巢 1 对，颜色为粉红色。根据饱满状态可以分析其内卵的有无和判断棉蝗是否处于怀卵期，若饱满证明其内有卵，说明正处在怀卵期；若塌瘪，证明其内无卵，说明不到怀卵期或已排卵结束。

所属教学要点：实验十八 昆虫的生殖系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

4. 棉蝗 1 侧的卵巢大约由多少卵巢管所组成的？卵巢管的数量是奇数还是偶数？

答案：棉蝗 1 侧的卵巢数量较多，约二十根左右；卵巢管的数量是偶数。

所属教学要点：实验十八 昆虫的生殖系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

5. 卵巢管由哪几部分组成？分析其作用。

答案：卵巢管分为端丝、卵巢管本部和卵巢管柄三个部分：

(1) 端丝：卵巢管前端伸出的细长丝，端丝集合到一起成悬带，附着于邻近的脂肪体上、体壁内面或背膈上，用于固定卵巢位置。有些昆虫两个卵巢上的悬带常联成中悬带附于背血管的腹壁下。

(2) 卵巢管本部：卵巢管的主要部分，是卵子发生和发育的部位。根据卵细胞发育的程度，分为：

①生殖区（原卵区）：位于卵巢管本部的最前端，含有正在分裂的生殖细胞，经发育成卵母细胞。

②生长区（卵黄区）：位于卵巢管本部的基半部，生长着卵母细胞，每一卵母细胞的四周还包围着一层卵泡细胞；卵母细胞最终发育为成熟的卵。

(3) 卵巢管柄：为薄壁的管道，连接于卵巢管本部的后端与侧输卵管之间。

所属教学要点：实验十八 昆虫的生殖系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

6. 棉蝗卵巢是否有悬带？它伸达何处？固定在什么地方？

答案：棉蝗卵巢有悬带，它可伸达到胸部，固定在背膈上。

所属教学要点：实验十八 昆虫的生殖系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

7. 分析雄性附腺和雌性附腺的区别和作用。

答案：

雌性附腺：开口于生殖腔，1-2 对，分泌胶质，与产卵有关，保护或粘附卵粒。

雄性附腺：1 对，位置不同，来源就不同。包括中胚层附腺(mesodenia)和外胚层附腺(ectadenia)两种。一般位于输精管和射精管的交界处，其分泌的粘液主要用于浸浴精子、形成包围精子的特殊薄囊，即精珠。

所属教学要点：实验十八 昆虫的生殖系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

8. 雄蝗精巢与雌蝗的卵巢形状和位置是否一样？精巢有无悬带？

答案：卵巢位于体躯腹部后端的消化道背侧，由一群管状的卵巢管所组成。精巢相当于雌性的卵巢，一般一对，由精巢小管组成。两者位置相同，形状稍有不同：卵巢外观为块状，较大；精巢近扁圆球状，较小。精巢无悬带。

所属教学要点：实验十八 昆虫的生殖系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

9. 精巢管由哪几部分组成？分析其作用。

答案：精巢小管按照生殖细胞在睾丸管内的发育程度，可分 4 个区域，但分区不明显。

(1) 精原区

位于精巢小管顶部，含有大量的精原细胞。

(2) 生长区

生殖区之下，1个精原细胞经过6-8次分裂形成64-256个精母细胞。

(3) 成熟区

生长区之下，精母细胞继续进行2次成熟分裂形成4个精细胞。

(4) 转化区

睾丸管的最下端，精细胞转化成具有鞭毛的精子。

所属教学要点：实验十八 昆虫的生殖系统的解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

实验十九 昆虫神经系统的解剖观察

填空题

1. 中枢神经系统由_____和_____两部分组成。

答案：脑、腹神经索

所属教学要点：实验十九 昆虫的神经系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

2. 蝗虫的腹神经索有_____对神经节，家蚕有_____对神经节。

答案：5、7

所属教学要点：实验十九 昆虫的神经系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

3. 中神经主要控制_____。

答案：气门开闭的控制中心

所属教学要点：实验十九 昆虫的神经系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

选择题

1. 昆虫脑是属于（ ）的一部分。

- (1) 中枢神经系统 (2) 交感神经系统
(3) 周缘神经系统 (4) 不确定

答案：(1)

所属教学要点：实验十九 昆虫的神经系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

2. 昆虫的腹神经是位于（ ）。

- (1) 背血窦 (2) 围脏窦 (3) 腹血窦 (4) 不确定

答案：(3)

所属教学要点：实验十九 昆虫的神经系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

3. 棉蝗的单眼柄有几个（ ）。

- (1) 1 (2) 2 (3) 3 (4) 4

答案：(3)

所属教学要点：实验十九 昆虫的神经系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

4. 家蚕的大脑是何形状（ ）。

- (1) 1对球状构造 (2) 1个球状构造 (3) 3个球状构造 (4) 不确定

答案：(1)

所属教学要点：实验十九 昆虫的神经系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

5. 棉蝗的腹神经节有几个（ ）。

- (1) 3 (2) 4 (3) 5 (4) 6

答案：(3)

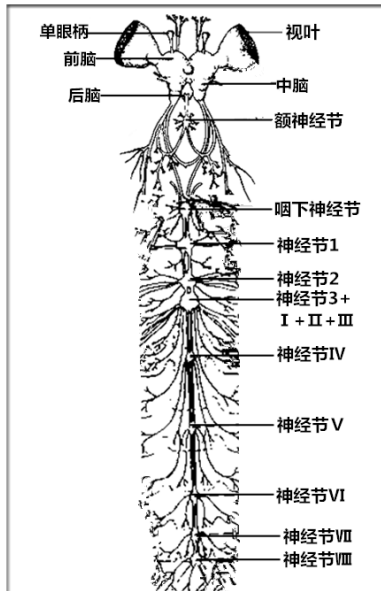
所属教学要点：实验十九 昆虫的神经系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

问答题

1. 绘制棉蝗成虫中枢神经系统的简图，并注明各部位的名称；

答案：参考图如下



所属教学要点：实验十九 昆虫的神经系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：难

2. 列表比较棉蝗成虫与家蚕幼虫中枢神经系统构造上的异同。

答案：

昆虫	中神经	腹神经索	复合神经节	胸部第3神经节
蝗虫	无	白色	第8、9、10腹节	后胸神经节+腹部第1、2、3节神经节
家蚕幼虫	有	黄白色	第7、8腹节	正常，后胸神经节

所属教学要点：实验十九 昆虫的神经系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：难

3. 比较棉蝗前脑、中脑、后脑三者的位置、大小、形状、组成等的异同，并分析其功能。

答案：

脑	位置	大小	形状	组成	功能
前脑	脑体前端	大	圆球状，两侧各突出一个视叶	左右两个前脑叶	视觉神经的中心
中脑	脑体中间	中等	圆球状	左右两个中脑叶	触角的神经中心
后脑	脑体后端	小	圆球状	左右两个后脑叶	额和上唇的神经中心

所属教学要点：实验十九 昆虫的神经系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：难

4. 分析围咽神经与消化道的位置关系。

答案：围咽神经连锁是证明中枢神经从消化道腹面移向背面的证据。

所属教学要点：实验十九 昆虫的神经系统解剖观察

难度（容易、一般、难）：一般

5. 棉蝗成虫腹神经索的排列方式和颜色如何？其上神经节数量约为多少？分析各神经节的功能。

答案：腹神经索包括咽(喉)下神经节、胸腹部的体神经节和连接前后神经节的成对神经索，颜色为白色，其上神经节共9对，功能如下：

(1) 咽下神经节：1对，是口器的神经控制中心，同时还能显著的影响虫体的活动，对胸部神经节的神经中心具有刺激作用。

(2) 胸部神经节：3对，是足与翅的活动中心。

(3) 腹部神经节：5对，是控制所在节呼吸运动的局部神经中心，而最后一个复合神经节还是控制后肠、生殖器官、尾须、产卵器等活动的神经中心。

所属教学要点：实验十九 昆虫的神经系统解剖观察

难度(容易、一般、难)：一般

6. 什么样的昆虫存在中神经？中神经发出的位置、走向、数量、分支如何？分析其功能。

答案：常见于昆虫幼虫体内，位于腹神经索的前后两个神经节的两条神经索之间，起源于前一神经节，向后延伸时常分出1对侧支，分布到两侧的气门及气管，是气门开闭的控制中心。

所属教学要点：实验十九 昆虫的神经系统解剖观察

难度(容易、一般、难)：一般

7. 梳理昆虫神经系统的解剖流程，总结你解剖昆虫神经系统的经验和注意事项。

答案：

(1) 取棉蝗1头，先剪去足和翅，并用剪刀在复眼四周剪1圈，然后将头壳剪多个裂口，(剪头壳时注意单眼的位置)再用镊子将复眼外壁和头壳轻轻地撕去；

(2) 用剪刀从棉蝗的腹部末端沿背中线剪至前胸的前缘，由剪口处把体壁分开用固定于蜡盘内；

(3) 用镊子除去生殖器官，加入清水置于解剖镜下；

(4) 在镜下小心地撕去头部的所有肌肉，(撕去肌肉时特别注意不要把单眼柄当着肌纤维拿掉了)观察脑的组成，注意前脑、中脑、后脑的区分，比较三者的位置、大小、形状、组成等；

①观察前脑视叶和单眼柄的位置、数量、形状、表面颜色等；

②观察中脑与前脑的位置关系，形状、大小等，注意其上伸向神经的数量、走向和种类；

③观察后脑与中脑的位置关系，形状、大小等，注意其上伸向神经的数量、走向和种类。

(5) 在前胸位置包围在食道上面，可见呈环状的围咽神经；在围咽神经处将食道剪断，注意千万不要剪断围咽神经，仔细观察消化道是否穿过围咽神经？消化道穿过围咽神经后，在头部与口器的相对位置和在体腔内与消化道的相对位置是否发生了变化？

(6) 移走消化道，轻轻撕去腹隔膜，观察腹神经索的排列方式、颜色、其上神经节数量、神经连锁条数等；

(7) 用剪刀将幕骨桥的中间部分剪去，在其下的腹板内面可见1白色的咽下神经节，观察其上发出的神经数量和走向。

(8) 在腹板内面顺着咽下神经节继续向下观察，在胸部可见3对神经节，比较3对神经节的位置、大小、其上发出的神经走向，尤其注意后胸神经节，因为它是由后胸本身的神经节和腹部的第1、2、3节神经节愈合而成的；腹部可见神经节5对，比较5对神经节的位置、大小、其上发出的神经走向，尤其注意第8腹节的神经节，因为它是实际上是第8、9及第10腹节3对神经节的愈合，故又叫复合神经节。

所属教学要点：实验十九 昆虫的神经系统解剖观察

难度(容易、一般、难)：难

实验二十 昆虫主要的感觉器官的解剖观察

填空题

1. 小眼由_____、_____、_____、_____和_____六部分组成。

答案：角膜、角膜细胞、晶体、视杆、色素细胞、底膜

所属教学要点：实验二十 昆虫主要的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

判断题

1. 昆虫的背单眼为一般成虫和不完全变态的若虫所具，与复眼同时存在。（ ）

答案：对

所属教学要点：实验二十 昆虫的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

2. 叶蜂幼虫单眼有 2 个。（ ）

答案：对

所属教学要点：实验二十 昆虫的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

3. 棉蝗的听器位于前足胫节。（ ）

答案：错

所属教学要点：实验二十 昆虫的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

4. 蟋蟀的听器位于腹部第一节两侧。（ ）

答案：错

所属教学要点：实验二十 昆虫的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

选择题

1. 昆虫的复眼是由（ ）组成。

(1) 单眼 (2) 小眼 (3) 背单眼 (4) 侧单眼

答案：(2)

所属教学要点：实验二十 昆虫的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

2. 蝗虫的单眼为（ ）。

(1) 背单眼 (2) 侧单眼 (3) 小眼 (4) 不确定

答案：(1)

所属教学要点：实验二十 昆虫的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

3. 完全变态昆虫幼虫的视觉器官是（ ）。

(1) 复眼 (2) 背单眼 (3) 侧单眼 (4) 无

答案：(3)

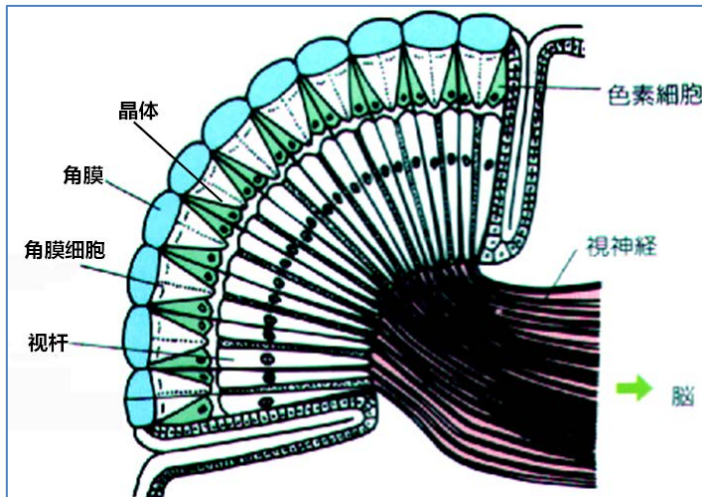
所属教学要点：实验二十 昆虫的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

问答题

1. 绘复眼纵切面构造特征图，注明各组成结构的名称。

答案：参考图如下



所属教学要点：实验二十 昆虫的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

2. 列表比较棉蝗、棉铃虫、蟋蟀三种昆虫的听器的异同，分析其听力敏感性。

答案：

昆虫	听器			
	类型	位置	形状	数量
棉蝗	鼓腹听器	腹部第1节两侧	椭圆形	1对
棉铃虫		后胸两侧	圆形	1对
蟋蟀		前足胫节	月牙形	1对

所属教学要点：实验二十 昆虫的感觉器官

难度（容易、一般、难）：难

3. 蜜蜂触角上的感受器存在的位置、数量、形状等如何？

答案：位置：鞭节为主；数量：极多；形状：板形、坛形为主。

所属教学要点：实验二十 昆虫的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

4. 棉铃虫喙管上的感受器为何种类型？存在的位置、数量、形状等如何？

答案：棉铃虫喙管上的感受器为感受器，存在于喙管表面、数量几十个、以坛状为主。

所属教学要点：实验二十 昆虫的感觉器官

难度（容易、一般、难）：一般

实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

填空题

1. 昆虫的变态类型有_____、_____、_____、_____和_____五种。

答案：增节变态、表变态、原变态、不全变态、全变态

所属教学要点：实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

难度（容易、一般、难）：一般

2. 不完全变态的昆虫一般在一生中经过_____、_____、_____三个虫态，与完全变态相比，它们没有_____这个虫态。

所属教学要点：实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

难度（容易、一般、难）：一般

答案：卵、幼虫、成虫；蛹

3. 完全变态的昆虫一般在一生中经过_____、_____、_____和_____四个阶段。

答案：卵、幼虫、蛹、成虫

所属教学要点：实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

难度（容易、一般、难）：一般

4. 蝗虫属_____变态，其幼期阶段称_____。

答案：渐变态；若虫

所属教学要点：实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

难度（容易、一般、难）：一般

5. 蝴蝶属_____变态，其幼期阶段称_____。

答案：全变态；幼虫

所属教学要点：实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

难度（容易、一般、难）：一般

6. 昆虫的蛹通常分为_____、_____和_____等类型。

答案：离蛹、被蛹、围蛹

所属教学要点：实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

难度（容易、一般、难）：一般

7. 全变态类昆虫的蛹常分为三类，即_____、_____和_____。

答案：离蛹（裸蛹）、被蛹、围蛹

所属教学要点：实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

难度（容易、一般、难）：一般

判断题

1. 性二型是指昆虫雌雄个体内在生殖系统及外生殖器上有明显不同。（ ）

答案：错

所属教学要点：实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

难度（容易、一般、难）：一般

2. 性二型系指雌雄两性在性器官上存在差异的现象。（ ）

答案：错

所属教学要点：实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

难度（容易、一般、难）：一般

3. 离蛹腹部各节能动，而被蛹腹部各节不能动。（ ）

答案：错

所属教学要点：实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

难度（容易、一般、难）：一般

4. 黄斑蜡象（俗名打屁虫），一生经过卵→若虫→成虫三个发育阶段，称这种变态叫做不完全变态。（ ）

答案：对

所属教学要点：实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

难度（容易、一般、难）：一般

5. 上颚发达的锹甲是雄性。（ ）

答案：对

所属教学要点：实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

难度（容易、一般、难）：一般

6. 雄性犀金龟有发达的角状突起。（ ）

答案：对

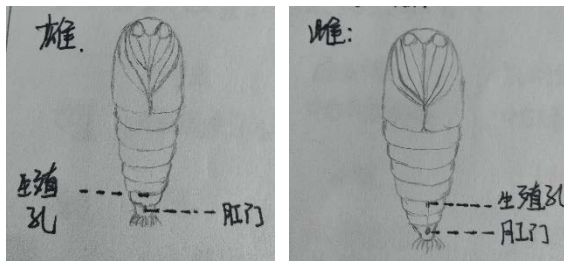
所属教学要点：实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

难度（容易、一般、难）：一般

问答题

1. 绘制雌雄小地老虎的蛹的特征图，注明特征点。

答案：



所属教学要点：实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

难度（容易、一般、难）：一般

2. 棉蝗和家蚕一生经过几个虫态？说明其为什么变态类型？其幼虫与成虫在形态和习性上有哪些差异？其幼虫又称为什么？主要危害在哪一个虫态？

答案：棉蝗一生经过3个虫态：卵、若虫和成虫，家蚕一生经过4个虫态：卵、幼虫、蛹和成虫；棉蝗变态类型为不全变态，家蚕变态类型为全变态；棉蝗的幼虫与成虫在形态和习性上没有明显差异、幼虫又称若虫，家蚕的幼虫与成虫在形态和习性上存在明显差异、幼虫就是幼虫；棉蝗的危害虫态为若虫和成虫，家蚕的危害虫态为幼虫。

所属教学要点：实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

难度（容易、一般、难）：一般

3. 玉米螟、小麦叶蜂、蛴螬、黄粉虫四种昆虫的幼虫是否均有腹足？腹足的数量和着生位置如何？

答案：玉米螟、小麦叶蜂的幼虫有腹足，蛴螬、黄粉虫的幼虫没有腹足。

玉米螟：腹足5对，腹部第3~6节和臀节各1对。

小麦叶蜂：腹足8对，腹部第2~8节和臀节各1对。

所属教学要点：实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

难度（容易、一般、难）：一般

4.分析玉米螟、小麦叶蜂、蛴螬、黄粉虫的幼虫类型与其取食危害及生活习性等之间的关系。

答案：

（1）玉米螟、小麦叶蜂的幼虫均为多足型中的蠋型幼虫，活动能力强，适合在植物上攀爬和钻蛀，植食性，危害叶片和茎秆。

（2）蛴螬：寡足型中的蛴螬型幼虫，胸足较长，活动能力较弱，适合在土壤中潜伏，植物性，危害根系和根茎。

（3）黄粉虫：寡足型叩甲型幼虫，胸足较短，好动，杂食性，适合在食料中爬行和钻蛀取食。

所属教学要点：实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

难度（容易、一般、难）：难

5.分析刺蛾、家蚕、蓑蛾茧的作用。

答案：

（1）刺蛾的蛹茧：卵圆形、坚硬，作用主要是保护幼虫在其内顺利化蛹和保证蛹期的安静、安全，提高成活率；

（2）家蚕的蛹茧：吐丝结茧是桑蚕适应环境而生存的一种本能，蛹茧既可以保护幼虫在其内顺利化蛹和保证蛹期的安静、安全，另外茧可缫丝，丝是珍贵的纺织原料，主要用于织绸，是优良的纺织原料，在军工、交电等方面也有广泛用途；

（3）蓑蛾蛹茧：蓑蛾是鳞翅目昆虫，幼虫期及蛹期在一个简单的又丝和树叶混合编织成的茧内，蛹茧作用主要是保护幼虫在其内顺利化蛹和保证蛹期的安静、安全，免受恶劣天气和其他生物的打扰和影响，使其顺利羽化为成虫。

所属教学要点：实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

难度（容易、一般、难）：难

6.简述鳞翅目昆虫蛹性别的鉴定方法。

答案：以美国白蛾的蛹为代表，叙述鳞翅目昆虫雌、雄蛹的鉴定方法：

取美国白蛾的蛹若干，将腹部腹面向上置于解剖镜下，重点观察腹部第8~9节后缘是否向前弯曲？生殖孔和肛门所在腹节位置、形状、颜色、两者间的距离。

在一般的情况下，雌蛹腹部第8~9节后缘向前弯曲的为雌蛹，平直的为雄蛹。

雌雄肛门均位于第10节腹板中央。生殖孔在腹部第9节后缘的中央、与肛门之间的距离比较远的为雌蛹，生殖孔在第9腹节腹板的中央，与肛门之间的距离比较近的为雄蛹。

所属教学要点：实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

难度（容易、一般、难）：一般

7.简述昆虫蛹的分类依据和主要类型特征。

答案：蛹是完全变态昆虫所具有的一个虫期，属于不吃不动的静止阶段，但其内部进行着根本性改变，即复杂的组织解离和组织发生。根据蛹壳的有无、附肢和翅与身体主体的接触情况等把蛹分为被蛹、离蛹和围蛹。

（1）被蛹：触角、足和翅紧贴于身体上，在体壁上可以透视，但不能动。

（2）裸蛹（离蛹）：触角、足和翅裸露在体外，不紧贴于身体上，可以活动。

（3）围蛹：就蛹体来说是离蛹，只是蛹体被有最后两龄幼虫蜕下的表皮所形成的一个角质化的桶形外壳。

所属教学要点：实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

难度（容易、一般、难）：一般

8.简述昆虫幼虫的分类依据和主要类型特征。

答案：昆虫的幼虫期具有取食量大、体积增长速度快等特点，目的是积累营养，为发育为性成熟的成虫创造条件。不同昆虫的幼虫类型不同，取决于胚胎发育中止的阶段和外界条件。

原足型幼虫：幼虫在胚胎发育早期孵化，腹部附肢未发生或腹部分节尚未完成。

多足型幼虫：幼虫在胚胎发育中期孵化，胸腹部均有附肢。

寡足型幼虫：幼虫在胚胎发育晚期孵化，腹部附肢消失，仅具有发达的胸足，而无腹足。

无足型幼虫：体无任何附肢。

所属教学要点：实验二十一 昆虫不同虫态特征观察

难度（容易、一般、难）：一般

实验二十二 蜻蜓目、螳螂目、蜚蠊目、直翅目昆虫的分类鉴定

填空题

1. 棉蝗属____目____科, 触角____状, 口器____式, 口式____式; 前翅为____翅, 后翅为____翅; 后足为____足; 属____变态, 经过____发育阶段。

答案: 直翅目、蝗科、丝状、咀嚼式、下口式、覆翅、膜翅、跳跃足、渐变态、3个

所属教学要点: 实验二十二 蜻蜓目、螳螂目、蜚蠊目、直翅目昆虫的分类鉴定

难度(容易、一般、难): 一般

2. 在直翅目昆虫中, 蝗科的听器位于____, 蟋蟀科和螽斯科的听器位于____, 只有____科前足为开掘足。

答案: 腹部第一节两侧、前足胫节基部、蝼蛄

所属教学要点: 实验二十二 蜻蜓目、螳螂目、蜚蠊目、直翅目昆虫的分类鉴定

难度(容易、一般、难): 一般

3. 蜻蜓点触角____状、螳螂的触角____状、蜚蠊的触角____状; 蜻蜓的翅是____翅, 螳螂前翅是____翅, 蜚蠊前翅是____翅。

答案: 刚毛、丝状、丝状、膜翅、覆翅、覆翅

所属教学要点: 实验二十二 蜻蜓目、螳螂目、蜚蠊目、直翅目昆虫的分类鉴定

难度(容易、一般、难): 一般

4. 直翅目常见的昆虫一般有____科、____科、____科、____科、____科。

答案: 蟋蟀、螽斯、蝼蛄、蝗、菱蝗

所属教学要点: 实验二十二 蜻蜓目、螳螂目、蜚蠊目、直翅目昆虫的分类鉴定

难度(容易、一般、难): 一般

选择题

1. 棉蝗的前足为()。

- (1) 开掘足 (2) 步行足 (3) 捕捉足 (4) 抱握足

答案: 2

所属教学要点: 实验二十二 蜻蜓目、螳螂目、蜚蠊目、直翅目昆虫的分类鉴定

难度(容易、一般、难): 一般

2. 蝗虫的后足为()。

- (1) 步行足 (2) 跳跃足 (3) 游泳足 (4) 开掘足

答案: 2

所属教学要点: 实验二十二 蜻蜓目、螳螂目、蜚蠊目、直翅目昆虫的分类鉴定

难度(容易、一般、难): 一般

3. 前翅为复翅, 后足为跳跃足, 听器位于前足胫节基部两侧, 同时雌性产卵器为茅状或针状, 属()科昆虫。

- (1) 蝗虫 (2) 蟋蟀 (3) 蝼蛄 (4) 螽斯

答案: 2

所属教学要点: 实验二十二 蜻蜓目、螳螂目、蜚蠊目、直翅目昆虫的分类鉴定

难度(容易、一般、难): 一般

4. 一种昆虫后足为跳跃足, 头式为下口式, 听器位于腹部第一节两侧, 属于()科。

(1) 螽斯 (2) 蝗虫 (3) 蟋蟀 (4) 蝼蛄

答案: 2

所属教学要点: 实验二十二 蜻蜓目、螳螂目、蜚蠊目、直翅目昆虫的分类鉴定

难度(容易、一般、难): 一般

5. 螳螂前足是()。

(1) 步行足 (2) 捕捉足 (3) 攀援足 (4) 抓握足

答案: 2

所属教学要点: 实验二十二 蜻蜓目、螳螂目、蜚蠊目、直翅目昆虫的分类鉴定

难度(容易、一般、难): 一般

6. 蜚蠊的触角是()。

(1) 刚毛状 (2) 丝状 (3) 鳃叶状 (4) 锯齿状

答案: 2

所属教学要点: 实验二十二 蜻蜓目、螳螂目、蜚蠊目、直翅目昆虫的分类鉴定

难度(容易、一般、难): 一般

7. 蜻蜓的足转节有几节()。

(1) 1 (2) 2 (3) 3 (4) 4

答案: 2

所属教学要点: 实验二十二 蜻蜓目、螳螂目、蜚蠊目、直翅目昆虫的分类鉴定

难度(容易、一般、难): 一般

编制检索表:

蜻蜓、豆娘、螳螂、蜚蠊、蝗科、蟋蟀、螽斯、蝼蛄、菱蝗。

答案: 参考:

1 后足跳跃足.....	2
后足非跳跃足.....	5
2 触角短于体长.....	3
触角长于体长.....	4
3 前胸背板伸达腹部末端.....	菱蝗
前胸背板不伸达腹末.....	蝗科
4 体横扁, 产卵器矛状.....	蟋蟀
体纵扁, 产卵器刀剑状.....	螽斯
5 触角刚毛状.....	6
触角丝状.....	7
6 翅基部缢缩成柄状.....	豆娘
翅基部宽阔, 不成柄状.....	蜻蜓
7 前足捕捉足, 前胸细长颈状.....	螳螂
前足非捕捉足, 前胸非颈状.....	8
8 前足步行足, 前胸背板向前盖住头部.....	蜚蠊
前足开掘足, 前胸背板不盖住头部.....	蝼蛄

所属教学要点: 实验二十二 蜻蜓目、螳螂目、蜚蠊目、直翅目昆虫分类鉴定

难度(容易、一般、难): 难

实验二十三 同翅目、半翅目昆虫的分类鉴定

填空题

1. 蝉的触角_____状, _____翅, 是_____口器; 沫蝉小, 触角_____状, 后足胫节末端有_____; 叶蝉_____状, 后足胫节有 3-4 列_____; 蚜虫触角_____状, 腹部背侧有 1 对_____, 根据翅的有无, 一般分为_____和_____两类。

答案: 刚毛、膜翅、刺吸、刚毛、冠刺、刚毛、刺状毛、丝状、腹管、有翅蚜、无翅蚜

所属教学要点: 实验二十三 同翅目、半翅目昆虫的分类鉴定

难度(容易、一般、难): 一般

2. 半翅目昆虫前翅是_____翅, 口器是_____, 触角一般呈_____状; 半翅目中常见的捕食性昆虫是_____科, 喙_____节, 粗短而弯曲, 不贴于腹部; 头小, 后端缢缩成_____; 前胸背板上有 1 横沟; 麻皮蝽属于_____科, 中型, 前胸背板_____形, 小盾片发达, 与爪片_____, 臭腺发达; 点蜂缘蝽属于_____科, 体形狭长, 两侧缘平行, 爪片_____小盾片; 盾蝽科的_____特别发达, 向后盖住腹部的绝大部分; 喜欢生活在水面上的蝽类是_____, 身体细长; 中、后足细长, 发达, 明显_____身体。

答案: 半鞘翅、刺吸式、丝状、猎蝽, 3、颈状、蝽、六边形、等长、缘蝽、长于、中胸小盾片、龟蝽、长于

所属教学要点: 实验二十三 同翅目、半翅目昆虫的分类鉴定

难度(容易、一般、难): 一般

选择题

1. 蝉的触角为()。

- (1) 丝状 (2) 具芒状 (3) 刚毛状 (4) 念珠状

答案: 3

所属教学要点: 实验二十三 同翅目、半翅目昆虫的分类鉴定

难度(容易、一般、难): 一般

2. 蜡蝉单眼有几个()。

- (1) 1 (2) 2 (3) 3 (4) 没有

答案: 2

所属教学要点: 实验二十三 同翅目、半翅目昆虫的分类鉴定

难度(容易、一般、难): 一般

3. 猎蝽的前足是()。

- (1) 步行足 (2) 捕捉足 (3) 开掘足 (4) 跳跃足

答案: 2

所属教学要点: 实验二十三 同翅目、半翅目昆虫的分类鉴定

难度(容易、一般、难): 一般

4. 能在水面上行走的昆虫是()。

- (1) 蝽 (2) 龟蝽 (3) 蝎蝽 (4) 盾蝽

答案: 2

所属教学要点: 实验二十三 同翅目、半翅目昆虫的分类鉴定

难度(容易、一般、难): 一般

编制检索表

蝉、蜡蝉、沫蝉、叶蝉、蚜虫、蜡蚧、猎蝽、蝽、缘蝽、盾蝽、蝎蝽、龟蝽。

答案：参考以下检索表

1 前翅半鞘翅.....	2
前翅质地均一，膜翅或覆翅.....	7
2 前足捕捉足.....	3
前足步行足.....	5
3 头陷入前胸，腹末有长短呼吸管.....	蝎蝽
头不陷入前胸，腹部无呼吸管.....	4
4 头后部缢缩成颈状，后足腿节不超出腹部末端.....	猎蝽
头不缢缩成颈状，后足腿节超出腹部末端.....	龟蝽
5 中胸小盾片非常发达，盖住腹部.....	盾蝽
中胸小盾片不盖住腹部.....	6
6 中胸小盾片与爪片等长，体粗壮，盾形.....	蝽科
爪片长于小盾片，体狭长.....	缘蝽
7 触角短，刚毛状或锥状.....	8
触角长，丝状.....	11
8 体型大，中到大型，体长一般超过 10mm.....	9
体型小，体长小于 10mm.....	10
9 单眼 3 个.....	蝉
单眼 2 个.....	蜡蝉
10 后足胫节端部膨大，有冠刺.....	沫蝉
后足胫节不膨大，无冠刺，有 3-4 列刺状毛.....	叶蝉
11 身体表面没有蜡壳.....	蚜虫
身体表面有蜡壳，盖住整个身体.....	蜡蚧

所属教学要点：实验二十三 同翅目、半翅目昆虫分类鉴定

难度（容易、一般、难）：难

实验二十四 鞘翅目、双翅目昆虫的分类鉴定

填空题

1. 鞘翅目昆虫前翅是_____，后翅是_____，口器_____；肉食亚目中常见的昆虫是_____科、_____科和_____科，其中_____科是水生昆虫。

答案：鞘翅、膜翅、咀嚼式、虎甲、步甲、龙虱、龙虱

所属教学要点：实验二十四 鞘翅目、双翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般。

2. 天牛复眼一般_____形，瓢虫体型_____形，金龟科触角_____，拟步甲科的跗式是_____，而步甲科是_____，可供两者区别。头部延长成喙状的是_____科，雌雄二型性非常明显的是_____、_____。

答案：肾、半球、鳃叶状、5-5-4、5-5-5、象甲科、锹甲、犀金龟。

所属教学要点：实验二十四 鞘翅目、双翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般。

3. 双翅目昆虫只有一对前翅，后翅退化成_____，蝇的触角是_____，触角芒着生在鞭节_____，食虫虻的触角芒着生在鞭节_____，食蚜蝇在 M 脉和 R 脉之间有一条_____。大蚊科的触角是_____，蚊科的触角是_____。

答案：平衡棒、具芒状触角、基部侧面、端部、伪脉、丝状、环毛状。

所属教学要点：实验二十四 鞘翅目、双翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般。

判断题

1. 双翅目昆虫只有一对翅，那么可以说具有一对翅的昆虫均属于双翅目。（ ）

答案：错

所属教学要点：实验二十四 鞘翅目、双翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般

2. 双翅目分为 3 个亚目。（ ）

答案：对

所属教学要点：实验二十四 鞘翅目、双翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般

3. 大蚊和蚊一样，都吸血。（ ）

答案：错

所属教学要点：实验二十四 鞘翅目、双翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般

4. 家蝇之所以能在玻璃等光滑物体表面行走，是因为有巨大的爪垫。（ ）

答案：对

所属教学要点：实验二十四 鞘翅目、双翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般

5. 苍蝇搓脚的目的是清洁爪垫。（ ）

答案：对

所属教学要点：实验二十四 鞘翅目、双翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般

6. 金龟子属于多食亚目。()

答案: 对

所属教学要点: 实验二十四 鞘翅目、双翅目昆虫的分类鉴定

难度(容易、一般、难): 一般

选择题

1. 步甲科与拟步甲科的主要区别在于()。

(1) 跗节式 (2) 体形 (3) 体色 (4) 前胸背板

答案: 1

所属教学要点: 实验二十四 鞘翅目、双翅目昆虫的分类鉴定

2. 龙虱是水生昆虫,其后足是()。

(1) 游泳足 (2) 捕捉足 (3) 跳跃足 (4) 步行足

答案: 1

所属教学要点: 实验二十四 鞘翅目、双翅目昆虫的分类鉴定

3. 金龟甲的触角是()。

(1) 丝状 (2) 锯齿状 (3) 鳃叶状 (4) 具芒状

答案: 3

所属教学要点: 实验二十四 鞘翅目、双翅目昆虫的分类鉴定

4. 象甲的口器是()。

(1) 咀嚼式 (2) 刺吸式 (3) 嚼吸式 (4) 虹吸式

答案: 1

所属教学要点: 实验二十四 鞘翅目、双翅目昆虫的分类鉴定

5. 锹甲雄虫发达的口器,突出在外的属于口器的哪一部分()。

(1) 上颚 (2) 下颚 (3) 上唇 (4) 下唇

答案: 1

所属教学要点: 实验二十四 鞘翅目、双翅目昆虫的分类鉴定

编制检索表

步甲、虎甲、龙虱、天牛、瓢甲、鳃金龟、丽金龟、花金龟、拟步甲、象甲、锹甲、犀金龟。

答案: 参考

1 前胸有背侧缝.....	2
前胸无背侧缝.....	4
2 后足游泳足.....	龙虱
后足步行足.....	3
3 头较前胸窄.....	步甲
头较前胸宽.....	虎甲
4 触角鳃状.....	5
触角非鳃状.....	9
5 上颚发达,明显外露.....	6
上颚不明显外露.....	7
6 头部及前胸背板有角状突起.....	犀金龟
身体扁平,头部及前胸无突起.....	锹甲
7 鞘翅外缘在肩后凹陷.....	花金龟

鞘翅外缘在肩后不凹陷.....	8
8 后足爪 1 对,对称.....	鳃金龟
后足爪不对称,常具强烈的金属光泽.....	丽金龟
9 触角端部膨大.....	10
触角丝状,端部不膨大.....	11
10 头延长成喙状.....	象甲
头不延长成喙状.....	瓢甲
11 触角短于体长一半.....	拟步甲
触角一般长于体长一半.....	天牛

所属教学要点：实验二十四 鞘翅目、双翅目昆虫分类鉴定
难度（容易、一般、难）：难

实验二十五 鳞翅目、膜翅目昆虫的分类鉴定

填空题

1. 鳞翅目昆虫翅是_____翅，口器是_____，一般分为_____和_____两类；常见的蝴蝶包括_____、_____、_____、_____、_____，常见的蛾包括_____、_____、_____、_____、_____、_____等，家蚕属于_____科，美国白蛾属于_____科。

答案：鳞翅、虹吸式、蝴蝶、蛾、凤蝶、弄蝶、粉蝶、灰蝶、蛱蝶（其他的如眼蝶、绢蝶亦可）、夜蛾、尺蛾、螟蛾、蚕蛾、天蛾、灯蛾（其他的亦可），蚕蛾、灯蛾。

所属教学要点：实验二十五 鳞翅目、膜翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般。

2. 叶蜂的产卵器是_____状，树蜂的产卵器是_____状，虽然与胡蜂很像，但不蛰人；蜜蜂体型粗短，多毛，后足_____，口器_____；_____腹部有细长的腹柄；_____翅脉多不伸到翅的边缘。

答案：锯状、管状（针状）、携粉足、嚼吸式、泥蜂、土蜂

所属教学要点：实验二十五 鳞翅目、膜翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般。

判断题

1. 鳞翅目昆虫中只有眼蝶科翅上具有眼状斑纹。（ ）

答案： 错

所属教学要点：实验二十五 鳞翅目、膜翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般

2. 蝶类的触角是丝状。（ ）

答案： 错

所属教学要点：实验二十五 鳞翅目、膜翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般

3. 蛾类都是在夜晚出来活动。（ ）

答案： 错

所属教学要点：实验二十五 鳞翅目、膜翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般

4. 叶蜂能够哲人。（ ）

答案： 错

所属教学要点：实验二十五 鳞翅目、膜翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般

5. 泥蜂的口器是咀嚼式口器。（ ）

答案： 错

所属教学要点：实验二十五 鳞翅目、膜翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般

6. 胡蜂的口器是咀嚼式口器。（ ）

答案： 对

所属教学要点：实验二十五 鳞翅目、膜翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般

7. 蜜蜂口器是嚼吸式。()

答案： 对

所属教学要点：实验二十五 鳞翅目、膜翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般

8. 所有的蜂类都会哲人。()

答案： 错

所属教学要点：实验二十五 鳞翅目、膜翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般

9. 白蚁属于膜翅目昆虫。()

答案： 错

所属教学要点：实验二十五 鳞翅目、膜翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般

10. 凡是具有两对膜质翅的昆虫都属于膜翅目。()

答案： 错

所属教学要点：实验二十五 鳞翅目、膜翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般

选择题

1. 蝶类的触角为 ()

(1) 丝状 (2) 棒状 (3) 羽毛状 (4) 念珠状

答案： 2

所属教学要点：实验二十五 鳞翅目、膜翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般

2. 蝶类的口器是 ()。

(1) 咀嚼式 (2) 虹吸式 (3) 嚼吸式 (4) 锉吸式

答案： 2

所属教学要点：实验二十五 鳞翅目、膜翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般

3. 蝶类触角为 ()。

(1) 丝状 (2) 锤状 (3) 环杆状 (4) 鳃状

答案： 2

所属教学要点：实验二十五 鳞翅目、膜翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般

4. 叶蜂的触角为 ()。

(1) 丝状 (2) 锤状 (3) 环杆状 (4) 鳃状

答案： 1

所属教学要点：实验二十五 鳞翅目、膜翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般

5. 蜜蜂的触角为 ()。

(1) 丝状 (2) 锤状 (3) 肘状 (4) 鳃状

答案： 2

所属教学要点：实验二十五 鳞翅目、膜翅目昆虫的分类鉴定

难度（容易、一般、难）：一般

编制检索表:

夜蛾、天蛾、蚕蛾、凤蝶、灰蝶、粉蝶、蜜蜂、叶蜂、树蜂、泥蜂、胡蜂、姬蜂。

答案: 参考

1 鳞翅.....	2
膜翅.....	7
2 触角棒状.....	3
触角丝状或羽毛状, 非棒状.....	5
3 触角有白环.....	灰蝶
触角无白环.....	4
4 后翅缘波浪状, 有燕尾突.....	凤蝶
后翅无波浪, 无尾突.....	粉蝶
5 触角端部无钩.....	6
触角端部钩状.....	天蛾
6 触角羽毛状, 前翅顶角有钩.....	蚕蛾
触角丝状, 前翅顶角无钩.....	夜蛾
7 腹部与胸部连接宽阔, 不成细腰.....	8
腹部与胸部连接处缢缩成细腰.....	9
8 产卵器锯状.....	叶蜂
产卵器管状.....	树蜂
9 口器嚼吸式.....	10
口器咀嚼式.....	11
10 腹部细长呈柄状.....	泥蜂
腹部不形成腹柄.....	蜜蜂
11 产卵器较长, 外露.....	姬蜂
产卵器针状, 平时不外露.....	胡蜂

所属教学要点: 实验二十五 鳞翅目、膜翅目昆虫分类鉴定

难度(容易、一般、难): 难