



在暨南大学、湖南农业大学、河南师范大学、中国科学院华南植物园、华南农业大学、鲁东大学和广东省农业科学院等单位的大力支持下，我们编写了这本《植物学实验》教材。本书涵盖了植物学基本的实验技术与实验准备，植物细胞、组织、营养器官和生殖器官的形态与结构，植物界各大类群特征及分类等内容。除印证课堂知识外，还使学生掌握植物学的基本研究方法，培养学生植物学科研的基本能力。因此，我们要求学生一定要认真进行观察，并用图片和文字说明观察结果。

本书的第一个特点是图文并茂，用图片说明植物的内部结构和形态特征。第二个特点是在绪论中增加电脑绘图技术。以往的教材没有电脑绘图介绍，而目前电脑绘图技术已经非常成熟，利用 Adobe Illustrator (AI) 绘图软件基本可以绘制出与实物和显微照片非常类似的图片。因为手机或电脑拍摄的显微照片，没有文字标注，需要加上文字标注才更容易看懂；从网上下载图片时，一般分辨率较低，有时候也看不清楚。电脑绘图技术很好地解决了这些问题，可以自己绘制任何想要的图片。绪论中细胞图片绘制的详细介绍，可以让学生基本学会电脑绘图技巧。第三个特点是增加了被子植物常见科的检索表，可以让学生通过检索表来判断植物所属的科。第四个特点是在实验材料的选择上，将南方使用的植物材料和北方使用的植物材料分别列出。使用时，可以根据学校及季节的不同选用方便取材的材料。第五个特点是在附录中列出了植物标本的采集、制作与保存，植物学实验常用试剂的配制，石蜡切片技术，整体封固制片法，被子植物常见科检索表，AI 绘制的一些植物结构图等内容，可以供读者查阅和学习。

此外，每个实验包括目的与要求、实验原理、试剂与器具、实验材料、内容和方法、实验报告等内容，着重培养学生的基本知识和基本实验技能；同时以实验为载体促进学生动手和动脑，培养学生的自主学习、科学思维、创新意识与创新能力及对科学的自主探究精神，提高学生发现问题、分析问题、解决问题的能力。

与本书配套的还有我们主编的《植物学实验指导》（双语教材）、《植物生物学》（全彩版）及植物生物学精品课程、植物生物学网络课程。这些教材和网站为教师组织网络教学与课堂教学提供了丰富的文本、图片、视频、动画素材、试题库、名词库等，为学生自学和复习提供了思考题目及参考资料。

本书由马三梅、王永飞、孙小武、李万昌、屈红霞、王少奎、李蔚、张荣京、张卓欣、





胡建广、卜庆梅和赵建刚共同编写。具体分工如下：实验 1 和实验 2 由王永飞负责；实验 3 和实验 4 由马三梅负责；实验 5 和实验 6 由李万昌负责；实验 7 由孙小武负责；实验 8 由屈红霞负责；实验 9 由王少奎负责；实验 10 由赵建刚负责；实验 11 由卜庆梅负责；实验 12 由胡建广负责；实验 13 由李蔚负责；实验 14 由张卓欣负责；实验 15 由张荣京负责；绪论、综合性实验和附录由马三梅负责；附录中植物结构图由马三梅绘制。

本书中的实物和显微图片大多来源于暨南大学《植物生物学》实验课上拍摄的照片，此外，还有王大为拍摄或利用 AI 绘制的一些图片。

马三梅和王永飞负责全书的统稿、修改、审稿和定稿。一本好图书的出版，离不开作者和编辑的合作与沟通。在本书的编辑过程中，科学出版社的席慧编辑不断和我们沟通与交流，认真、负责、敬业地把关和修改文稿，设计书稿封皮和版式，使本书增色很多。感谢各位对这本书的真诚付出。没有大家的努力，这一本还算有特色的书籍就不能及时出版。

组织我的同事、同学及学生共同编写这样一本教材是一件非常荣幸的事情。感谢暨南大学给我提供的工作机会和施展自己才华的平台。感谢科学出版社的刘丹编辑，是她告诉我 AI 软件十分好用，我才开始学习这个软件的使用方法。感谢暨南大学网络技术与教育中心的黄雅女士，是她让我们知道 HyperSnap 软件，使我可以使用这个软件任意截屏。感谢我的家人，年迈的公公婆婆不远千里从家乡来到我的小家，克服语言、饮食、习俗、日常交往上的种种障碍，为我悉心打理家庭；我的爱人是我的同学和同事，多年来与我一起同甘共苦地打拼；感谢我的儿子，感谢他活泼健康、懂事明理，自学和自律能力强，让我省去了很多精力，并帮助我绘制和拍摄了本书的一些图片，希望他能茁壮成长和不断进步。感谢朋友们、同行们和同事们给我提供的帮助和关照。谨以此书献给所有关爱我的人。

本书的编写得到暨南大学、湖南农业大学、河南师范大学、中国科学院华南植物园、华南农业大学、鲁东大学和广东省农业科学院的指导和关心。本书的出版得到国务院侨务办公室立项和彭磷基外招生人才培养改革基金及国家西甜瓜产业技术体系的资助。科学出版社对本书的出版也付出了大量的劳动，在此一并表示感谢！

教材建设是一项长期的工作，由于编者水平有限，书中遗漏和编排不当之处在所难免，敬请有关专家、同行不吝赐教，提出宝贵意见，以便修订。

马三梅

2017 年 9 月 18 日

# 目 录



## 前言

### 绪论 ..... 1

- 一、植物学实验注意事项 ..... 1
  - (一) 实验室规则 ..... 1
  - (二) 学生实验守则 ..... 1
  - (三) 植物学实验仪器 ..... 2
- 二、植物学实验绘图基本技术 ..... 2
  - (一) 手工绘图 ..... 3
  - (二) Adobe Illustrator CS6 软件绘图 ..... 3

### 实验 1 植物细胞 ..... 13

- 一、目的与要求 ..... 13
- 二、实验原理 ..... 13
- 三、试剂与器具 ..... 13
- 四、实验材料 ..... 13
- 五、内容和方法 ..... 14
  - 1. 光学显微镜的结构 ..... 14
  - 2. 光学显微镜的术语 ..... 15
  - 3. 光学显微镜的使用 ..... 16
  - 4. 临时制片 ..... 18
  - 5. 吊竹梅叶片基部细胞的观察 ..... 18
  - 6. 水王荪叶绿体的观察 ..... 19
  - 7. 纹孔与胞间连丝的观察 ..... 20
  - 8. 马铃薯块茎淀粉粒的观察 ..... 21
  - 9. 洋葱鳞茎内表皮的观察 ..... 22
- 六、实验报告 ..... 22

### 实验 2 植物组织 (一) ..... 23

- 一、目的与要求 ..... 23
- 二、实验原理 ..... 23
- 三、试剂与器具 ..... 23
- 四、实验材料 ..... 23

### 五、内容和方法 ..... 24

- 1. 根尖分生组织 (洋葱根尖) ..... 24
- 2. 茎尖分生组织 (黑藻茎尖) ..... 24
- 3. 表皮 (水鬼蕉叶片下表皮) ..... 25
- 4. 表皮 (芹菜叶轴上表皮) ..... 26
- 5. 周皮 (接骨木茎) ..... 26
- 6. 周皮 (扶桑木栓层) ..... 27

### 六、实验报告 ..... 27

### 实验 3 植物组织 (二) ..... 28

- 一、目的与要求 ..... 28
- 二、实验原理 ..... 28
- 三、试剂与器具 ..... 28
- 四、实验材料 ..... 29
- 五、内容和方法 ..... 29
  - 1. 徒手切片 ..... 29
  - 2. 薄壁组织 ..... 29
  - 3. 厚角组织 ..... 29
  - 4. 厚壁组织 ..... 30
  - 5. 木质部 ..... 31
  - 6. 韧皮部 ..... 32
  - 7. 分泌结构 ..... 33
- 六、实验报告 ..... 33

### 综合性实验 (一) 自选材料表皮和组织 的观察 ..... 34

- 一、目的与要求 ..... 34
- 二、材料、试剂与器具 ..... 34
- 三、内容和方法 ..... 34
  - 1. 观察不同部位的表皮 ..... 34
  - 2. 观察不同类型的组织 ..... 34





四、实验报告	35	一、目的与要求	56
<b>实验 4 植物的根</b>	<b>36</b>	二、材料、试剂与器具	56
一、目的与要求	36	三、内容和方法	56
二、实验原理	36	1. 观察不同部位的表皮	56
三、试剂与器具	36	2. 观察根、根茎转换区、茎的内部结构	56
四、实验材料	37	四、实验报告	56
五、内容和方法	37	<b>实验 6 叶的形态与结构</b>	<b>57</b>
1. 根系的类型	37	一、目的与要求	57
2. 根尖的分区	37	二、实验原理	57
3. 双子叶植物根的初生结构（蓖麻和绿豆）	37	三、试剂与器具	57
4. 双子叶植物根的初生结构（棉花）	39	四、实验材料	57
5. 双子叶植物根的次生结构（蓖麻）	41	五、内容和方法	57
6. 双子叶植物根的次生结构（棉花）	42	1. 双子叶植物叶片的结构（冬青）	57
7. 单子叶植物根的初生结构（鳶尾）	43	2. 双子叶植物叶片的结构（棉花）	58
8. 侧根的发生（蓖麻）	44	3. 单子叶植物叶片的结构（水稻）	59
六、实验报告	44	4. 单子叶植物叶片的结构（玉米）	60
<b>实验 5 植物的茎</b>	<b>45</b>	5. 裸子植物叶片的结构（湿地松）	61
一、目的与要求	45	6. 裸子植物叶片的结构（马尾松）	62
二、实验原理	45	7. 旱生植物叶片的结构（澳洲鸭脚木、夹竹桃）	63
三、试剂与器具	45	六、实验报告	64
四、实验材料	45	<b>实验 7 植物的繁殖器官</b>	<b>65</b>
五、内容和方法	46	一、目的与要求	65
1. 茎的基本形态	46	二、实验原理	65
2. 草本双子叶植物茎的初生结构	46	三、试剂与器具	65
3. 木本双子叶植物茎的次生结构（枫香）	48	四、实验材料	66
4. 木本双子叶植物茎的次生结构（椴树）	50	五、内容和方法	66
5. 单子叶植物茎的结构（玉米）	52	1. 实体显微镜的结构及使用	66
6. 裸子植物茎的结构（湿地松）	53	2. 花的组成及解剖	67
7. 裸子植物茎的结构（松）	54	3. 花序类型的观察	67
六、实验报告	55	4. 百合花药的结构	68
<b>综合性实验（二）根、根茎转换区、茎的形态与内部结构</b>	<b>56</b>	5. 百合和大红花子房的横切	70
		6. 小麦、玉米籽粒的纵切	72
		7. 果实的类型	73
		六、实验报告	75
		<b>综合性实验（三）花的外部形态和内部结构的观察</b>	<b>76</b>
		一、目的与要求	76



二、材料、试剂与器具 .....	76	4. 藓纲 (青藓、立碗藓) .....	96
三、内容和方法 .....	76	5. 常见苔藓植物标本观察 .....	98
1. 观察花不同部位的表皮 .....	76	六、实验报告 .....	98
2. 观察花药的室数 .....	76	<b>综合性实验 (四) 自选苔藓植物的</b>	
3. 观察子房的室数 .....	76	<b>观察</b> .....	<b>99</b>
四、实验报告 .....	76	一、目的与要求 .....	99
<b>实验 8 藻类植物</b> .....	<b>77</b>	二、材料、试剂与器具 .....	99
一、目的与要求 .....	77	三、内容和方法 .....	99
二、实验原理 .....	77	1. 观察叶和茎的表皮 .....	99
三、试剂与器具 .....	77	2. 观察茎的内部结构 .....	99
四、实验材料 .....	77	3. 观察孢子体的外部结构 .....	99
五、内容和方法 .....	77	四、实验报告 .....	99
1. 蓝藻门 .....	77	<b>实验 11 蕨类植物</b> .....	<b>100</b>
2. 绿藻门 .....	78	一、目的与要求 .....	100
3. 裸藻门 .....	81	二、实验原理 .....	100
4. 硅藻门 .....	82	三、试剂与器具 .....	100
5. 褐藻门 .....	82	四、实验材料 .....	100
6. 轮藻门 .....	84	五、内容和方法 .....	100
六、实验报告 .....	84	1. 石松亚门 .....	100
<b>实验 9 菌类植物</b> .....	<b>85</b>	2. 真蕨亚门 (华南毛蕨) .....	102
一、目的与要求 .....	85	3. 真蕨亚门 (蕨) .....	104
二、实验原理 .....	85	4. 蕨类配子体发育过程的观察 .....	105
三、试剂与器具 .....	85	5. 其他蕨类植物的观察 .....	108
四、实验材料 .....	85	六、实验报告 .....	109
五、内容和方法 .....	85	<b>实验 12 裸子植物</b> .....	<b>110</b>
1. 黏菌 .....	85	一、目的与要求 .....	110
2. 接合菌 .....	86	二、实验原理 .....	110
3. 子囊菌 .....	87	三、试剂与器具 .....	110
4. 担子菌类 .....	88	四、实验材料 .....	111
六、实验报告 .....	90	五、内容和方法 .....	111
<b>实验 10 地衣和苔藓植物</b> .....	<b>91</b>	1. 苏铁纲 .....	111
一、目的与要求 .....	91	2. 银杏纲 .....	112
二、实验原理 .....	91	3. 松柏纲 (松科) .....	114
三、试剂与器具 .....	91	4. 松柏纲 (柏科) .....	115
四、实验材料 .....	92	5. 松柏纲 (杉科、池杉、落羽杉) .....	116
五、内容和方法 .....	92	6. 红豆杉纲 .....	118
1. 地衣 .....	92	六、实验报告 .....	119
2. 苔纲 .....	92	<b>实验 13 双子叶植物</b> .....	<b>120</b>
3. 藓纲 (葫芦藓) .....	95	一、目的与要求 .....	120





二、实验原理	120	2. 观察植物的外部形态	140
三、试剂与器具	120	四、实验报告	140
四、实验材料	120	参考文献	141
五、内容和方法	121	附录一 植物标本的采集、制作与保存	142
1. 检索表的种类	121	一、腊叶标本的采集与制作	142
2. 检索表的使用	122	1. 采集植物标本的注意事项	143
3. 叶的形态与类型	122	2. 植物腊叶标本的压制和整理	143
4. 花的类型	124	3. 植物腊叶标本的干燥	144
5. 花序的类型	126	4. 植物腊叶标本的制作	144
6. 棉豆	126	5. 植物腊叶标本的保存	145
7. 扶桑	129	二、浸制标本的制作	145
8. 龙船花	130	1. 防腐性浸制标本	145
9. 玉兰	131	2. 原色标本浸制	145
六、实验报告	132	附录二 植物学实验常用试剂的配制	147
实验 14 单子叶植物	133	一、显微镜镜头清洗剂	147
一、目的与要求	133	二、常用染色溶液	147
二、实验原理	133	1. 番红染液	147
三、试剂与器具	133	2. 固绿染液	147
四、实验材料	133	3. 碘-碘化钾染液和稀碘液	147
五、内容和方法	134	4. 苏木精染液	147
1. 朱蕉	134	5. 醋酸洋红染液	148
2. 兰花美人蕉	135	6. 铁明矾媒染液	148
3. 凤尾兰	136	7. 间苯三酚染液	148
4. 水稻	137	8. 苏丹Ⅲ（或Ⅳ）染液	148
六、实验报告	137	9. 龙胆紫染液	148
实验 15 校园植物的观察	138	10. 中性红染液	149
一、目的与要求	138	11. 曙红 Y 乙醇染液	149
二、实验原理	138	12. 改良品红染液	149
三、试剂与器具	138	三、常用固定液和离析液	149
四、实验材料	138	1. FAA 固定液	149
五、内容和方法	138	2. FPA 固定液	149
1. 校园内的双子叶植物	138	3. 卡诺固定液	149
2. 校园内的单子叶植物	139	4. 铬酸-乙酸固定液	150
六、实验报告	139	5. 鲁哥固定液	150
综合性实验（五） 自选植物的检索	140	6. 戊二醛-锍酸固定液	150
一、目的与要求	140	7. 铬酸-硝酸离析液	150
二、材料、试剂与器具	140	8. 盐酸-乙醇解离液	150
三、内容和方法	140	9. 乙酸-乙醇解离液	150
1. 观察花的结构	140		

10. 盐酸水解液 .....	150	二、石蜡切片主要步骤 .....	154
四、其他试剂 .....	151	1. 取材和固定 .....	154
1. 间苯三酚试剂 .....	151	2. 脱水 .....	155
2. $\alpha$ -萘酚试剂 .....	151	3. 透明 .....	155
3. 水合氯醛试剂 .....	151	4. 浸蜡 .....	155
4. 氯化三苯四氮唑溶液 (TTC 溶液) .....	151	5. 包埋 .....	155
5. 稀甘油 .....	151	6. 修块和切片 .....	155
6. 甘油-乙酸试剂 .....	151	7. 粘片 .....	155
7. 甘油冻胶 .....	151	8. 脱蜡与染色 .....	156
8. 甘油-乙醇软化剂 .....	151	9. 封片 .....	156
9. 根尖压片预处理液 .....	151	<b>附录四 整体封固制片法 .....</b>	<b>157</b>
10. 各级乙醇的配制 .....	152	一、常规整体封固制片 .....	157
11. 0.7%生理盐水 .....	152	二、甘油整体封固法 .....	157
12. 1%硝酸银溶液 .....	152	1. 不染色封片 .....	157
13. 碘酒 .....	152	2. 染色的封片 .....	158
14. 封固剂 .....	152	3. 甘油冻胶封固 .....	158
15. 明胶粘贴剂 .....	152	<b>附录五 其他制片方法 .....</b>	<b>159</b>
16. 标本消毒剂 .....	152	一、组织离析制片 .....	159
17. 重铬酸钾清洗液 .....	153	二、分生组织压片 .....	159
<b>附录三 石蜡切片技术 .....</b>	<b>154</b>	三、整体透明制片法 .....	160
一、石蜡切片所需的药品和仪器 .....	154	<b>附录六 被子植物常见科检索表 .....</b>	<b>161</b>
		<b>附录七 AI 绘制的植物结构图 .....</b>	<b>181</b>







## 一、植物学实验注意事项

### (一) 实验室规则

1. 不迟到，不早退。
2. 严格遵守实验仪器设备的操作规程，爱护仪器。使用大型仪器设备前必须经过基本技术培训，考核合格后方可使用。实验结束后需要关机的仪器设备，要关掉电源开关。
3. 使用药品和试剂时，要注意安全，厉行节约。公用药品必须在原来的地方取用，用后的药品废液要回收到指定的容器中。使用易燃、易爆和剧毒试剂时，必须遵照有关规定。
4. 未经许可不得将实验室内的物品带出实验室。
5. 如发生事故、器材损坏或丢失，当事人必须首先报告指导老师和实验员，由指导老师和实验室负责人审查损失状况，学校实验教学中心按照相关规定提出处理意见，一定程度的损失要按照实验室相关规定赔偿。
6. 在实验室做到不吸烟，不随地吐痰，不乱扔东西，按照规定丢弃实验废物，保持实验室的整洁。
7. 节约使用水、电、气、实验药品和实验材料等。

### (二) 学生实验守则

1. 实验前必须预习有关的实验内容，明确实验的目的与要求，了解实验的基本内容。
2. 提前 5 分钟进入实验室，把学生自备的实验用品带入实验室，坐在指定的座位上，做好实验前的准备工作。
3. 在实验中，要认真听指导老师的讲解，规范操作，仔细观察，积极思考。可将实验的要求、目的、过程和结果记录在实验记录本上，遇到解决不了的问题，可请求指导老师的帮助。不高声喧哗，不随意走动，保持实验室安静。
4. 在仔细认真观察的基础上，用铅笔绘图或电脑绘图，按时完成实验报告。
5. 实验结束时，要将实验仪器、用品等归还原处，用过的器皿洗刷干净，台面收拾整洁，仔细检查水、电、门窗等是否关闭，经指导老师批准后方可离开实验室。





### （三）植物学实验仪器

植物学实验中最常用的仪器是普通光学显微镜、解剖镜、载玻片、盖玻片、镊子、双面刀片、吸水纸、滴管等。

普通光学显微镜是研究植物细胞结构、组织特征和器官构造的不可或缺的重要工具，几乎每次实验都离不开它。

解剖镜也叫实体显微镜，它是研究植物微小结构、观察植物体表特征（如花器官、表皮毛等）的重要工具。

载玻片：通用的为 25 mm × 75 mm，厚度为 1.1~1.5 mm。

盖玻片：常用的有方形或矩形等规格。方形多为 18 mm × 18 mm 和 22 mm × 22 mm 两种，矩形的多为 24 mm × 40 mm 或 24 mm × 50 mm 等，厚度均为 0.17 mm 的标准厚度。

培养皿：可按需要备（60~120）mm × 15 mm 的各数套。

量筒：一般备有 10 ml、50 ml、100 ml、1000 ml 的 4 种即可。

漏斗：可备用上口直径为 55 mm 和 100 mm 的两种。

试管：通用 20 mm × 150 mm 大小的试管。

烧杯：备有各种规格（容积在 30~1000 ml）。

另外，还需备有解剖盘、解剖剪、树枝剪、单面刀片、双面刀片、镊子、放大镜、毛笔、酒精灯、纱布等常用器具。

其他常用的仪器设备还有以下几种。

冰箱：主要用于实验药品、试剂盒新鲜材料在低温或冷冻条件下保存。

培养箱：调节温度范围通常为 25~60℃，一般用于种子萌发、离析材料、低等植物培养及制片时的浸蜡等。

切片机：主要指旋转切片机，这种切片机是将切片机固定在刀架上，将材料预先用石蜡包埋，切片时将材料放置在夹钳上，利用手摇或电力带动转轮，使刀刃切下所需石蜡切片。这种切片机可以切制连续蜡带。制作石蜡切片，目前多用这种切片机。

## 二、植物学实验绘图基本技术

当观察植物形态构造时，常常需要绘图。绘图的方法可以采用手工绘制，也可以采用电脑绘制。不管采用什么方法，绘出的图要清楚，并正确地表示出形态构造的特点。生物绘图是形象描述生物外部形态和内部结构的一种重要的科学记录方法，通常用点线图的形式来描绘。

生物绘图有三种类型，如下所述。①细胞结构图（又称详图）：在显微镜下描绘植物切片标本某部分的细胞或组织的详细结构。②草图（又称轮廓图）：绘制植物标本全部或某一部分细胞或组织的排列位置和比例的大概轮廓结构。③形态图（又称外形图）：对植物体及器官或器官的某一部分的外形按自然状态作实物描绘，植物分类学中常用到。

生物绘图具有三个基本特征。首先，生物绘图要具有科学性，能真实地反映生物的形态结构，不能缺失应具备的结构。其次，比例要正确，绘制各种器官的长短和大小一定要按照实物的比例进行绘制，避免出现比例失调的现象。再次，层次要分明，能正确地反映

各个部位的明亮程度、颜色深浅或质地的疏密程度等。生物绘图可采用手工绘图或电脑绘图（如 Adobe Illustrator CS6 软件绘图），以下分别介绍。

### （一）手工绘图

绘图需要准备纸张、铅笔、橡皮、直尺、铅笔刀、实验报告纸等。要用黑色硬铅笔，不要用软铅笔或有色铅笔，一般以 2H、3H、HB 铅笔为宜。一般要求用铅笔进行徒手作图，不要用钢笔或圆珠笔。

手工绘图的步骤如下。

1) 细心观察 绘图前要对观察的对象（植物细胞、组织、器官或外形等）进行细致的观察，对各部分的位置、比例、特征等有完整的认识，充分利用所学的理论知识，能将正常的结构与偶然的、人为造成的假象区分开。

2) 起稿（勾画轮廓） 勾画轮廓的过程，要根据绘图纸的大小和绘图的数量，确定某个图在纸上的位置和大小，注意整体布局，避免图像过大、过小或偏斜。图的大小及在纸上分布的位置要适当，一般画在靠近中央稍偏左方，并向右方引出注明各部名称的线条，要注意留有引线和文字标注的位置。将绘图纸放在显微镜的右侧，左眼观察显微镜图像，右眼看绘图纸绘图。先用铅笔绘草图，确定观察对象的轮廓和结构。

画图时先用轻淡小点或轻线条画出轮廓，再依照轮廓一笔画出与物象相符的线条。线条要清晰，比例要准确。较长的线条要向顺手的方向运笔，或把纸转动再画。同一线条粗细相同，中间不要有断线或开叉痕迹，线条也不要涂抹。

3) 定稿（落实整形） 定稿是对草图进行修正和补充，用硬铅笔将全图绘出。要求用点线图表示生物的形态和结构，用线条表示轮廓和各部分的界限，且线条要均匀、光滑，不可时粗时细、时深时浅或时虚时实。用圆点表示观察各部位的明暗或颜色深浅，点密表示背光、凹陷或色彩重的部位；点疏表示向光、突出或色彩轻的部位。打点的方法是铅笔垂直向下打点，切忌采用艺术画的方法绘图。

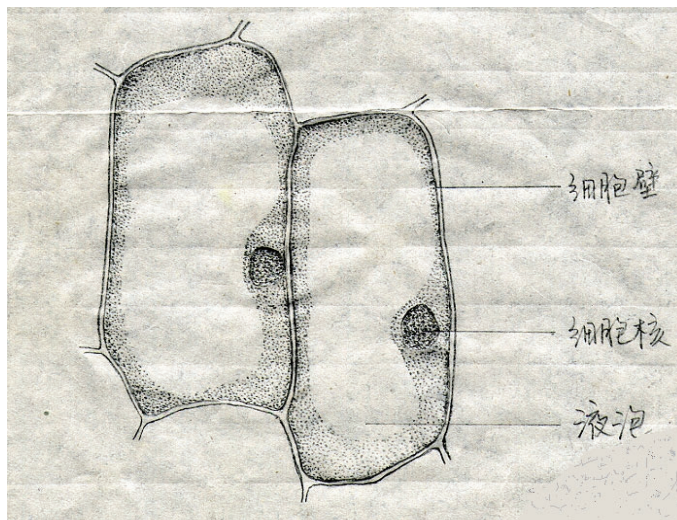
4) 标注名称 标注名称是用直线指明要标注的部位，标注相应的名称，一般直接标注，即直接写出各部分名称。引线时要注意：指示的部位要典型，具有代表性；指示线多用直线，要尽量引向图的右侧；要尽量避免指示线的迂回、交叉，以免混淆各部分结构。

5) 核实绘图内容 用橡皮把轮廓线、虚线等轻轻擦掉，用纱布或脱脂棉除去碎屑，保持画面整洁。最后在图的下方写出本图的名称。

生物绘图的图示要与观察相符，为实物图而不是求漂亮的刻意美化图（细胞大小、形态等基本与观察视野一致，圆形视野）；图应有大标题，局部还要有箭头指示内容物的名称。不需要着色。图绪论-1 是河南师范大学学生绘制的洋葱表皮细胞。

### （二）Adobe Illustrator CS6 软件绘图

电脑绘图可以采用 Freehand 软件，也可以采用 CorelDRAW X6、Adobe Illustrator CS6（简称 AI）等软件。这些软件绘制出的线条和点可以任意移动，十分容易修改。加上复制、粘贴、旋转、组合等命令，使用这三个软件可以更快速地绘出高分辨率的图片。线条的粗细和颜色可以任意选择，这使绘制出的图片是彩色的，更增添了图片的吸引力。这些软件都可以在网上搜索，下载安装到电脑上就可以使用。在这三个软件中，AI 软件是

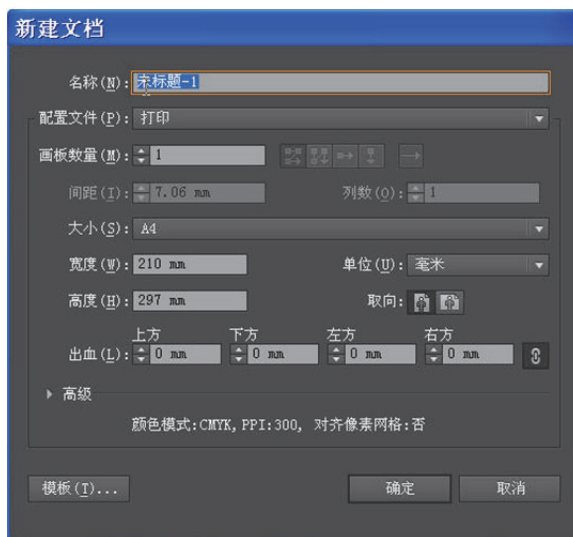


图绪论-1 洋葱表皮细胞

最好用的绘图软件。此处介绍一些 AI 软件使用最基本的技巧。

在绘制前，首先在网上查找这个软件，然后安装到自己的电脑上，然后就可以使用这个软件。

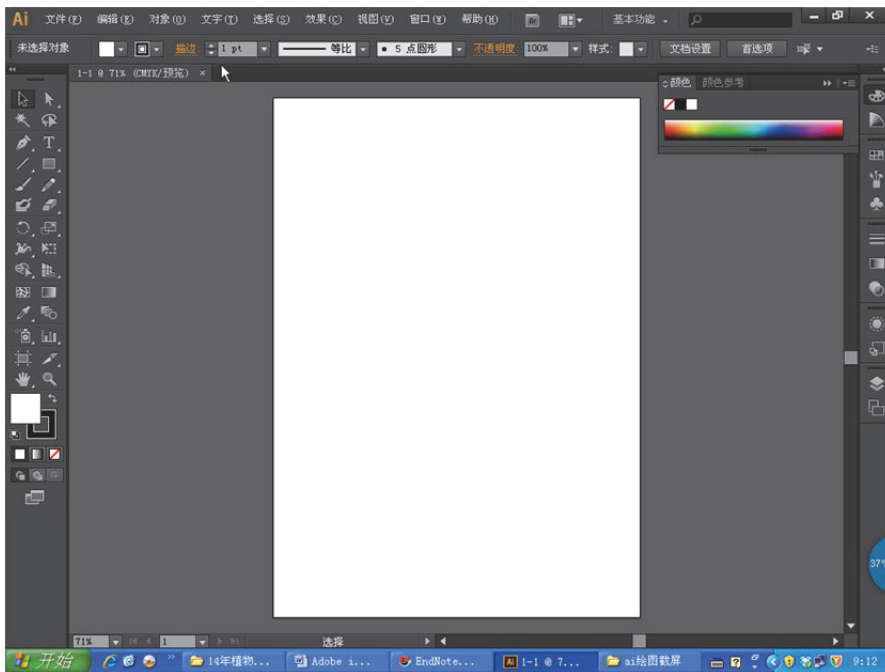
1) 新建文件 绘制开始时，首先要新建一个文件。双击打开 Adobe Illustrator CS6 软件，点击新建文件命名，弹出图绪论-2 的窗口，在这个窗口上首先命名文件。建议一般用数字 1-1、1-2 等来命名新建文件，如图绪论-3 所示。点击确定按钮，进入工作窗口（如图绪论-4 所示），在这个窗口的左下角可以选择视图大小的百分比，调整到合适的绘图大小。在图绪论-4 左侧有一个工具窗口，如图绪论-5 所示，将鼠标放到每一个工具的图标上，就可以看到对应工具的中文名称。



图绪论-2 Adobe Illustrator 新建文件窗口



图绪论-3 Adobe Illustrator 修改文件名的工作窗口



图绪论-4 Adobe Illustrator 的工作窗口

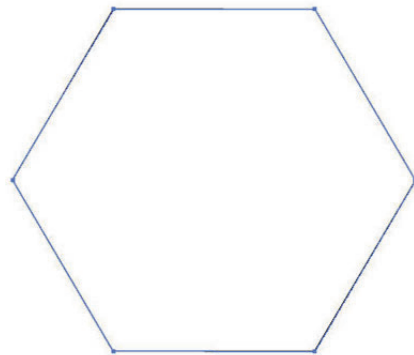




图绪论-5 Adobe Illustrator 的工具窗口



图绪论-6 矩形工具

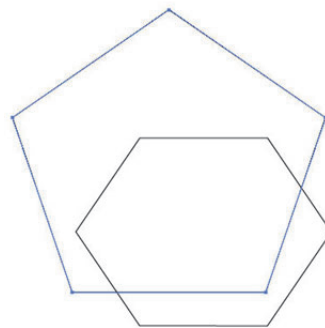


图绪论-7 多边形工具绘制的六边形

2) 多边形的绘制 点击左侧工具栏中的矩形工具，在下拉菜单中选择多边形工具，如图绪论-6 所示，点击，在屏幕上一拉，就可以绘制出一个六边形，如图绪论-7 所示。在这个多边形内或边上点击鼠标左键，就可以弹出如图绪论-8 所示的窗口。在这个窗口上，可以改变多边形的边的条数，点击确定后就可以出现一个新的多边形。如我们选择边数是 5 时，就会出现一个五边形，如图绪论-9 所示。



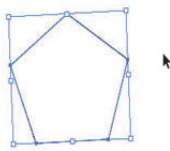
图绪论-8 多边形弹出窗口



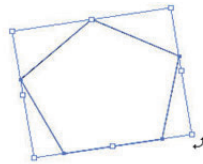
图绪论-9 增加了一个五边形的画板

3) 多边形大小的调整 点击左侧工具栏中的选择工具（黑色箭头），在多边形的边上点击，就可以选定这个多边形，此时在多边形的四周出现蓝色的选定框，这个多边形也变成蓝色（图绪论-10）。利用鼠标左键放到选定框上的小正方形上拉动，可以随意放大或者缩小这个多边形。将鼠标左键放到多边形的边上，可以随意拖动这个多边形到任意位置。将鼠标左键放到选定框顶点的四个小正方形外侧，当出现一个双向的箭头时（图绪论-11），可以移动鼠标左键来旋转这个多边形。

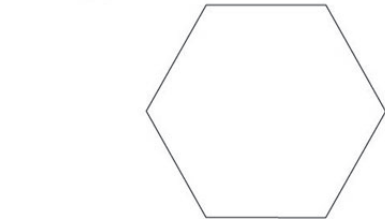
选定的图形可以按 Delete 键删除；也可以采用复制、粘贴命令，快速绘出一个一模一样的多边形，然后调整大小，绘出一个相似的多边形。采用这种方法在绘制细胞壁和细胞膜时方便快捷。图绪论-12 就是我们采用复制、粘贴命令绘出的六边形。



图绪论-10 五边形的选定框



图绪论-11 选定框外出现双向箭头



图绪论-12 采用复制、粘贴命令绘出的六边形

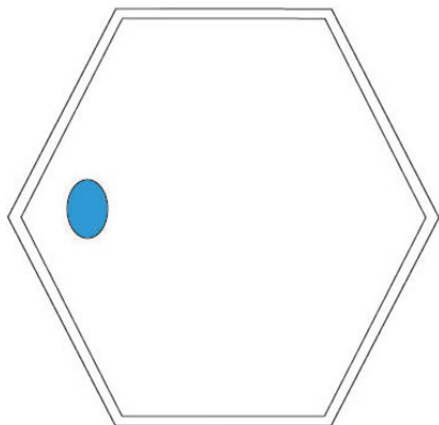


图绪论-13 椭圆工具

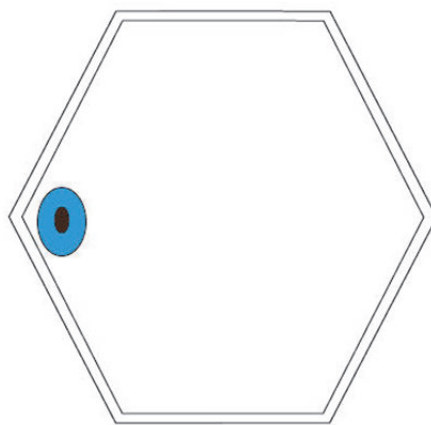
4) 椭圆的绘制 点击左侧工具栏中的矩形工具，再点击矩形工具右下角的小三角形，选择椭圆形工具，如图绪论-13 所示。然后在合适的位置上，用鼠标左键一拉就可以绘出一个椭圆来。此时椭圆是黑色。选定椭圆，在 Adobe Illustrator 上方的工具栏中，点击填充颜色选择青色，如图绪论-14 所示，椭圆内部就变成青色，如图绪论-15 所示。椭圆大小的调节与多边形大小的调节相同。



图绪论-14 椭圆颜色的修改



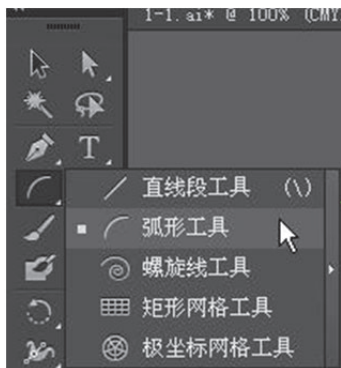
图绪论-15 椭圆工具绘制细胞核



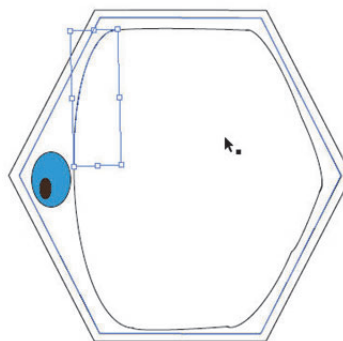
图绪论-16 椭圆工具绘制核仁

按照同样的方法，绘制一个小椭圆，然后选定这个小椭圆，用上方的工具栏中选择填充黑色，这个小椭圆就变成了黑色实心的椭圆。如图绪论-16 所示。

5) 弧线的绘制 细胞内部的大液泡一般是采用弧线绘制。点击左侧工具窗口中的直线工具，调出弧形工具（图绪论-17），然后在屏幕上一拉，就可以绘出一条弧线。选定弧线，当出现矩形的选定框时，可以按照调节多边形的大小和方向的方法，调节弧线的性状，最后绘出一个不规则性状的椭圆，如图绪论-18 所示。也可以采用钢笔工具进行绘制，调出钢笔工具后，在弧线的起点用鼠标左键点击，松开鼠标，在弧线的终点点击，按住鼠标左键移动出合适的弧线后，松开鼠标就可以完成弧线的绘制。



图绪论-17 弧形工具



图绪论-18 弧线工具绘出的大液泡

6) 点的绘制 当细胞的轮廓完成后，需要打点来表示各部分的密度。此时选择左侧的铅笔工具，点击，如图绪论-19 所示。在需要打点的位置，进行绘制。绘制完成后，点击



上方的描边，弹出窗口，如图绪论-20 所示。在这个窗口上，在虚线左侧的小方框内点击，如图绪论-21 所示。选择虚线和间隙的大小。我们选择虚线为 0.5 pt、间隙为 10 pt，如图绪论-22 所示。此时细胞质的虚线如图绪论-23 所示。



图绪论-19 铅笔工具



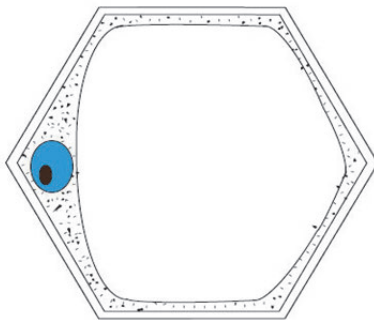
图绪论-20 描边的弹出窗口



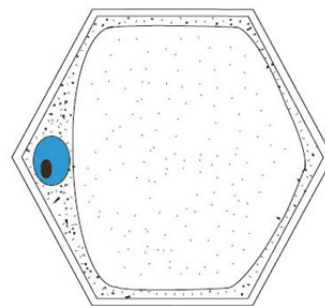
图绪论-21 改变虚线的间隔



图绪论-22 虚线属性的选择



图绪论-23 打点前的细胞



图绪论-24 打点后的细胞

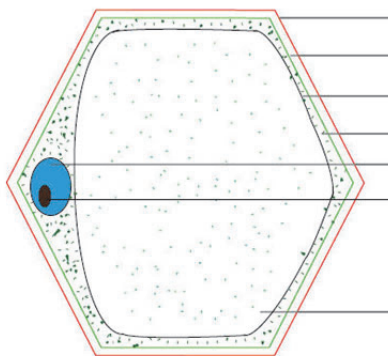


按照同样的方法，将液泡内里用铅笔工具描线，然后点击描边，在弹出窗口上，选择虚线为 0.5 pt、间隙为 20 pt，此时细胞质的点如图绪论-24 所示。还可以点击描边工具左侧的颜色，改变点的颜色。

7) 直线的绘制 当图形完成后，需要增加直线标注，此时选择左侧的直线段工具，点击，如图绪论-25 所示。用鼠标左键任意一拉，就绘出直线。选定直线，可以随意移动直线的位置。绘制好直线后，细胞结构图如图绪论-26 所示。



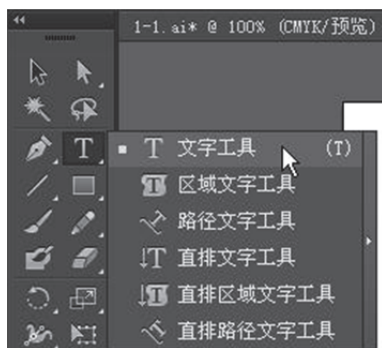
图绪论-25 Adobe Illustrator 的直线段工具



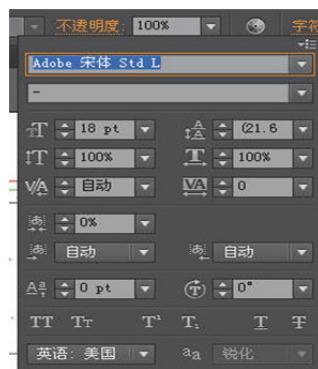
图绪论-26 绘制直线

8) 文字标注 当图形完成后，需要文字标注每部分结构的名称。此时选择左侧的文字工具（图绪论-27），点击，继续在页面上点击，然后就可以输入文字。选定文字后，点击上方的字符，可以弹出如图绪论-28 所示的窗口，在这个窗口上可以调节文字的大小。此时，文字的大小是 18 pt。只需选定文字后，就可以任意移动文字。最后，在图的下方增加图的说明即可。增加文字后的细胞图如图绪论-29 所示。

同时，AI 软件还具有复制和粘贴的功能，使绘图更加快速。当选定某一图形，选择复制和粘贴，就可以快速绘出图形，然后调节图形的大小，就可以绘出大小不同的图形来。同时，选定一个图形，双击后可以拉着任意旋转，十分方便。



图绪论-27 文字工具



图绪论-28 文字字体、大小调整窗口