

现代生物学基础

实验指导

主编 林宏辉 赵 云 王茂林 陈 放



四川大学出版社



现代生物学基础实验指导

主 编 林宏辉 赵 云 王茂林 陈 放

作 者(以汉语拼音为序):

白 洁	陈 放	邓小晨	胡远辉
李 虹	林宏辉	刘成君	刘克武
刘绍龙	王海燕	王茂林	吴 俊
赵欣平	赵 云	周方东	

四川 大学 出版社

责任编辑:李晓琴
责任校对:朱兰双 李桂兰
封面设计:罗 光
责任印制:李 平

图书在版编目(CIP)数据

现代生物学基础实验指导 / 林宏辉等主编. —成都:
四川大学出版社, 2003.8
ISBN 7-5614-2642-9

I. 现... II. 林... III. 生物学-实验 IV. Q-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 062992 号

书名 现代生物学基础实验指导

主 编 林宏辉 赵 云 王茂林 陈 放
出 版 四川大学出版社
地 址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)
印 刷 郫县犀浦印刷厂
发 行 四川大学出版社
开 本 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张 20
字 数 485 千字
版 次 2003 年 8 月第 1 版
印 次 2003 年 8 月第 1 次印刷
印 数 0 001~3 500 册
定 价 28.00 元

版权所有◆侵权必究

◆读者邮购本书,请与本社发行科
联系。电 话:85408408/85401670/
85408023 邮政编码:610065
◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回印刷厂调换。
◆网址:www.scupress.com.cn

目 录

第一篇 植物学实验

实验 1 植物细胞的基本形态与结构	1
实验 2 植物组织	4
实验 3 种子和幼苗	7
实验 4 植物的营养器官——根的形态结构及其发育	9
实验 5 植物的营养器官——茎的形态结构及其发育	12
实验 6 植物的营养器官——叶的形态结构及其发育	17
实验 7 植物的繁殖器官——花	20
实验 8 植物的繁殖器官——种子、果实	24
实验 9 蓝藻门植物的观察	27
实验 10 藻类植物的观察	28
实验 11 真菌门和地衣植物的观察	31
实验 12 苔藓植物的观察	34
实验 13 蕨类植物的观察	36
实验 14 裸子植物的观察	37
实验 15 双子叶植物的观察	40
实验 16 单子叶植物的观察	43
实验 17 植物组织制片技术	44
实验 18 植物细胞渗透势及植物组织水势测定	48
I 植物细胞渗透势的测定	48
II 植物组织水势的测定	50
实验 19 叶绿体色素的提取及理化性质的鉴定	51
实验 20 分光光度法测定叶绿素和类胡萝卜素的含量	53
实验 21 过氧化物酶和多酚氧化酶活性的测定	54
实验 22 低温对植物的伤害作用	56
实验 23 种子发芽率的快速测定	57
实验 24 气孔运动的观察及钾离子对气孔开度的影响	59
I 显微镜下观察气孔运动	59
II 钾离子对气孔开度的影响	59

实验 25 小麦叶片在衰老过程中过氧化脂质含量的变化	60
实验 26 植物发育过程中可溶性蛋白和过氧化物酶同工酶的凝胶电泳分析	61
实验 27 植物细胞的脱分化及植株再生	64
实验 28 马铃薯茎尖培养	67
实验 29 植物细胞悬浮培养实验	68
实验 30 烟草花药培养实验	70
实验 31 油菜茎段原生质体的分离和培养	71

第二篇 动物学实验

实验 32 动物的细胞和组织	73
实验 33 原生动物的形态结构和生命活动	79
实验 34 多细胞动物早期胚胎发育	83
实验 35 海绵动物和腔肠动物的形态结构和生命活动	85
实验 36 三角涡虫 (<i>Dugesia japonica</i>) 的采集、饲养、形态结构与生命活动观察及再生试验	88
实验 37 蛔虫 (<i>Ascaris</i> sp.) 的外部形态和内部解剖	91
实验 38 河蚌 (<i>Anodonta</i> sp.) 的外形观察、内部解剖及软体动物分类	93
实验 39 环毛蚓的外形观察、内部解剖及环节动物分类	96
实验 40 蝗虫解剖及节肢动物分类	99
实验 41 文昌鱼 (<i>Branchiostoma belcheri</i>) 的外形和内部构造	103
实验 42 鲤鱼的外形观察及内部解剖	105
实验 43 牛蛙 (或蟾蜍) 的外形观察及内部解剖	108
实验 44 家鸽的外部形态、骨骼系统及内部解剖	111
实验 45 家兔的外部形态骨骼系统及内部解剖	114
实验 46 动物迷宫实验	120

第三篇 微生物学实验

实验 47 无菌操作技术	122
实验 48 细菌染色法和细菌形态观察	124
实验 49 细菌的特殊结构观察 (芽胞、鞭毛、荚膜)	126
实验 50 放线菌的形态观察	129
实验 51 酵母菌的形态观察	131
[附] 酵母假菌丝和子囊及子囊孢子的观察	132

实验 52 丝状真菌的形态观察	133
实验 53 微生物直接计数法和显微测微法	135
实验 54 培养基的配制	137
[附]微生物培养基的种类	139
实验 55 消毒与灭菌	139
实验 56 微生物的分离纯化和测定	141
[附]土壤样品的采集	143
实验 57 细菌的生理生化反应	143
实验 58 MIC 的测定	146
实验 59 生长谱法测定微生物的营养需要	147
实验 60 厌氧分离培养法	149
实验 61 菌种保藏法	151

第四篇 遗传学及细胞生物学实验

实验 62 植物根尖细胞压片法	154
实验 63 减数分裂标本的制备与观察	156
实验 64 果蝇的观察及试验设计	158
实验 65 果蝇基因连锁关系的确定与基因定位	162
实验 66 粗糙链孢霉的四分子分析	166
实验 67 唾腺染色体标本制作	171
实验 68 骨髓细胞染色体标本的制备	173
实验 69 人淋巴细胞染色体制备	174
实验 70 染色体分带技术	176
实验 71 人淋巴细胞姊妹染色单体区分染色	178
实验 72 联会复合体的染色与观察	180
实验 73 诱变物质的微核测试	181
实验 74 人群中 P、T、C 味盲基因频率的测定	183
实验 75 叶绿体的制备及其对染料的还原作用	185
实验 76 细胞骨架的显示与观察	
I 组织化学法	187
II 间接免疫荧光染色显示 HeLa 细胞内角蛋白中丝	188
实验 77 碱性磷酸酶的显示	189
实验 78 小白鼠腹腔巨噬细胞吞噬活动的观察	191
实验 79 动物细胞培养及冻存与复苏	193
实验 80 动物细胞活力测定	197

I 染色排除法	197
II 吡啶橙法	198
实验 81 细胞融合	198
实验 82 染色体提前凝集 (PCC)	200
实验 83 细胞凋亡	202

第五篇 生物化学及分子生物学实验

实验 84 还原糖的定量测定	205
实验 85 比色法定糖	208
实验 86 粗脂肪的定量测定——索氏提取法	209
实验 87 脂肪皂化值的测定	211
实验 88 脂肪碘值的测定	213
实验 89 总氮量的测定——微量凯氏定氮—茚三酮法	215
实验 90 Folin—酚法测定血清蛋白质含量	218
实验 91 醋酸纤维薄膜电泳法分离血清蛋白质	220
实验 92 氨基酸的纸上层析法	223
实验 93 薄层层析法分离氨基酸	225
实验 94 蛋白质的两性性质及等电点的测定	228
I 蛋白质的两性反应	228
II 酪蛋白的等电点测定	229
实验 95 核酸的定量测定——定磷法	230
实验 96 离子交换法分离 RNA 碱降解组分	232
实验 97 聚酰胺薄膜层析法分离核苷	234
实验 98 温度、pH 对酶活性的影响	235
I 温度对脲酶活性的影响	235
II pH 对酶活性的影响	237
实验 99 琥珀酸脱氢酶活性的测定	239
实验 100 维生素 C 的定量测定	240
实验 101 脂肪酸的 β -氧化	242
实验 102 氨基酸移换反应——谷丙转氨酶活性测定	244
实验 103 肝素钠的定量测定	246
实验 104 质粒 DNA 的提取、酶切和电泳	248
I 质粒 DNA 的提取	248
II 质粒 DNA 的限制内切核酸酶酶切	251
III 琼脂糖凝胶电泳检测 DNA	253

实验 105 细菌基因组 DNA 的小量制备 257

实验 106 哺乳动物基因组 DNA 的提取 258

实验 107 植物基因组 DNA 的提取 260

实验 108 细菌基因组 DNA 的部分酶切和从普通琼脂糖凝胶上回收 DNA 片段 261

实验 109 DNA 重组 262

 I DNA 的连接 262

 II 大肠杆菌感受态细胞的制备与重组 DNA 分子的转化及重组子的鉴定 265

实验 110 PCR 基因扩增 268

附 录

附录一 玻璃仪器的洗涤和各种洗液的配制 272

附录二 器具和溶液的灭菌方法 274

附录三 无菌操作前的准备工作 276

附录四 常用缓冲液的配制方法 277

附录五 聚丙烯酰胺凝胶电泳区带染色法 284

附录六 常用试剂及其主要性质和配制 286

附录七 常用生物染料主要性质和配制 293

附录八 植物原生质体分离常用的酶制剂 297

附录九 常用培养基 298

附录十 常见限制性内切酶酶切位点及缓冲液 302

附录十一 721 分光光度计的使用与维护 303

附录十二 752C 紫外/可见分光光度计的安装、使用及维护 305

附录十三 UV751GD 紫外/可见分光光度计的操作与维护 307

参考文献

第一篇 植物学实验

实验 1 植物细胞的基本形态与结构

一、实验原理

细胞是生物形态结构和生命活动的基本单位。植物细胞具有与动物细胞不同的特有的结构：细胞壁、质体和液泡。根据细胞的结构和生命活动的方式，可以把构成生物有机体的细胞分为两类，即原核细胞和真核细胞。原核细胞内没有典型的细胞核，也没有分化出以膜为基础的具有特定结构和功能的细胞器；而真核细胞的 DNA 主要集中在由核膜包被的细胞核中，并分化出多种以膜为基础的细胞器。高等植物和绝大多数低等植物均由真核细胞构成。

植物细胞直径一般为 $20\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ ，苧麻(*Boehmeria nivea*)的纤维细胞长可达 $550\mu\text{m}$ ，肉眼可见。在光学显微镜下可观察到细胞壁、细胞质、细胞核、质体和液泡。运用特殊的染色方法或使用相差显微镜可以观察到线粒体。利用电镜除可观察到上述结构外，还可以观察到质膜、内质网、高尔基体、核糖体等超微结构。在新陈代谢旺盛的细胞中可观察到细胞原生质运动。

二、实验目的

1. 熟练使用光学显微镜观察植物细胞，掌握植物细胞的基本结构。
2. 学会制作植物表皮、果肉等临时装片。明确多细胞植物体中原生质的整体性。
3. 认识植物细胞的细胞质运动现象。

三、实验用品

1. 材料：洋葱鳞茎、螺旋藻、红辣椒果实、柿核胚乳永久切片、黑藻、马铃薯。
2. 试剂： $\text{I}_2\text{-KI}$ 溶液、Janus 绿水溶液、70%浓硫酸。
3. 仪器设备：显微镜、镊子、解剖针、解剖刀、载玻片、盖玻片。

四、方法和步骤

1. 植物细胞的基本组成和结构

(1) 取一洋葱(*Allium cepa*)鳞茎，剥除洋葱外部较老的鳞叶，用解剖刀纵切为两半(如果鳞茎过大也可纵切为四)。取一片肉质鳞片叶，在鳞叶内面(凹面)用刀片划出一“井”

字，用镊子从切口处轻轻夹住表皮，并朝一个方向撕下中间方形部分。然后将撕下的表皮迅速放在载玻片上的水滴中，用解剖针将材料展平，盖上盖玻片进行观察。

(2) 观察：先在低倍镜下观察，看到洋葱表皮细胞排列成一网格状，其中每一网格就是一个细胞。选择最清晰的部分移到视野中央，转用高倍镜观察细胞的细胞壁、细胞质、液泡、细胞核、质体。

①细胞壁：在细胞的最外层，完整的细胞为一长而扁的盒子。一般至少有六个面，但由于细胞壁是透明无色的，上、下两层壁看不出来，只能看到一长方形轮廓。如果把细胞壁染上颜色，则上、下两层壁可以显出。现在所看到的细胞壁，都是两相邻细胞所共有的，也就是由三层所组成，即两层初生壁和中间的中层（胞间层）。在高倍镜下可以看到细胞壁的厚度并不均匀，有时还可以看到壁上的初生纹孔场。

②液泡：细胞壁以内为原生质体。在已成熟的表皮细胞中，可以看到细胞中体积最大的是液泡，它将细胞质、细胞核等挤到外围与细胞壁紧紧地贴在一起。液泡中的细胞液为溶解各种物质的水溶液，在光学显微镜下看不出什么结构。

③细胞核：在不染色的生活细胞中，细胞核为折光性强的卵圆形和圆形球体。在低倍镜下就能看到。由于细胞核沉没在细胞质中，因而在成熟细胞中，它总是位于细胞的边缘。但有时也会发现有的细胞核位于细胞的中央。在细胞核中还可以看到一两个或更多个圆球形颗粒，为核仁。

④细胞质：为紧贴细胞壁的一层较为粘稠物质，在其中除含有细胞核外，还可看到许多细小的颗粒，其中有的为线粒体。由于分辨能力所限，在光学显微镜下只能看到这些结构的轮廓，如果用电子显微镜观察，可以看到其内部结构和更多类的细胞器。

⑤质体：存在于细胞质中，成颗粒状，可分为三种类型：(a) 白色体：撕取洋葱鳞茎最内部的表皮横切成薄片，做成临时玻片标本，观察在细胞质内较大的颗粒，多在核的周围呈发亮的微小颗粒。(b) 叶绿体：取鲜叶置于具水的载玻片上复以盖玻片，置于显微镜下观察，可见其细胞质内有椭圆形的绿色颗粒，即叶绿粒（叶绿体）。它在细胞中可以随光的方向而运动。(c) 有色体：取红辣椒的果肉，横切成薄片，通过观察看到细胞中有许多的黄色颗粒，形状多样，即为染色体。

(3) 染色观察：①为了更好地观察细胞结构，在用新鲜材料观察后，可用 I_2-KI 溶液染色，使细胞的结构，特别是细胞核和细胞质更加清晰，以便观察。染色的方法有两种：一是把盖玻片取下，用吸水纸把材料周围的水分吸去，然后滴一滴染料，经 2~3min 后，加上盖玻片即可观察；另一种方法是不移动盖玻片，在盖玻片边缘的一侧滴上一滴染料，然后用吸水纸自另一端将盖玻片下的水分吸去，把染料引入盖玻片与载玻片之间，对新鲜材料进行染色。后者较为简便，但染色速度较慢。待表皮材料呈淡黄色时，观察细胞核及核仁。②用镊子轻轻地掀起盖玻片，在材料上滴加一滴浓硫酸，盖上盖玻片，吸干盖玻片周围的液体后，再在显微镜下观察。此时由于纤维素的细胞壁被染成蓝色而使整个细胞呈蓝色，只有中层（此时已由于硫酸的作用而膨胀）呈淡黄色。线粒体较小，需经一定的染色方可在光学显微镜下观察。在培养皿中加入 Janus 绿水溶液（0.001%），将被观察的材料放入，染色约 15min 后，制成临时装片，在高倍镜下观察线粒体是否是蓝绿色。

2. 单纹孔

在观察质壁分离时，可以在洋葱表皮细胞的细胞壁上发现“缺口”，此缺口即是单纹孔

(并非真正的缺口, 而是由于两个相邻的细胞单纹孔中间所隔开的初生壁和胞间层太薄, 不易看清楚缘故)。

取辣椒果肉作横切片。依前法观察, 则可见较清楚的单纹孔。相邻细胞的初生壁和胞间层也较清楚, 多呈念珠状, 即初生纹孔场。

3. 柿胚乳永久制片

取柿 (*Diospyros kaki*) 胚乳横切面永久制片在低倍镜下观察, 可以看到柿胚乳细胞壁较厚, 约占细胞直径的一半; 在细胞壁上可见到横贯细胞壁的平行细丝即胞间连丝。

4. 植物细胞的原生质运动

原生质流动是普遍存在于生活的植物细胞中的一种生命活动现象, 它对细胞的新陈代谢和物质运输具有促进作用。

取黑藻 (*Hydrilla verticillata*) (或轮藻、鸭趾草) 叶片放在载玻片中央的水滴中, 盖上盖玻片, 在显微镜下可观察到叶绿体不停地移动, 它们常常是沿着细胞的一侧向同一个方向移动, 这就是原生质流动的现象。

5. 植物细胞的内含物

在细胞代谢活动中, 常有一些代谢产物或废物以不同形式贮存在液泡、细胞质或细胞器中, 统称为后含物。在后含物中主要是贮运物质, 其中以淀粉、糖、脂类和蛋白质为主。

取马铃薯 (*Solanum tuberosum*) 块茎切开, 用解剖刀在切开的块茎表面轻轻刮一下, 将附着在刀口附近的混浊汁液放在载玻片上, 加一滴水放上盖玻片即可观察到不同大小的颗粒团。用 I_2-KI 溶液染色, 再进行观察, 浅蓝色的淀粉粒及其同心圆结构清晰可见。

取菜豆 (*Phaseolus vulgaris*) 种子肥厚子叶徒手切片, 选较薄的切片放在载玻片上, 用 I_2-KI 溶液染色, 盖上盖玻片后在显微镜下观察。其中被染成金黄色的颗粒即糊粉粒, 这是蛋白质贮存的一种形式。

取花生 (*Arachis hypogaea*) 种子, 做徒手切片, 选取较厚的切片放在载玻片上, 用苏丹III染色, 然后盖上盖玻片, 在显微镜下观察。细胞内的脂肪被染成红色。

取紫露草 (*Tradescantia virginiana*) 茎做徒手切片, 选较薄的切片放在载玻片上, 加水及盖玻片, 在低倍镜下可观察到在较大的细胞中以及在切片附近的水中有针形的结晶, 即针晶。

五、注意事项

1. 撕取洋葱表皮时不要把表皮撕得过大, 要将表皮放在有水的载玻片上, 用刀片切成小块, 用解剖针将其铺平, 以便于观察。
2. 撕表皮时动作迅速, 勿将表皮在空气中暴露过久, 以免使细胞失水而受到损伤。
3. 撕开的一面最好朝上放在载玻片上, 以利于染色和进行组织化学实验的观察。
4. 用浓硫酸染色观察表皮时, 注意浓硫酸腐蚀性很强, 滴下时要非常快。若溅到皮肤上, 要立即用水冲洗。
5. 观察马铃薯淀粉粒时, 染料浓度不宜过高, 否则染色太深, 不易观察。

六、思考题

1. 为什么在成熟的表皮细胞中, 有的细胞核位于细胞的中央?

2. 一个完整的洋葱表皮细胞有几个方向的壁？在你的装片中能看清几个？为什么？
3. 洋葱表皮细胞是否具有细胞核？在你的装片中是否每个细胞都有细胞核？为什么？
4. 比较胞间连丝和纹孔在植物细胞中的作用。
5. 黑藻叶片细胞中叶绿体的形态和数量是否有差异？为什么？黑藻叶片细胞中的叶绿体为什么会移动？原生质运动对植物细胞的生活有什么意义？
6. 如何区分淀粉粒和糊粉粒？
7. 在观察针晶时，为什么有的针晶的长度大于它所存在的细胞的直径？

实验 2 植物组织

一、实验原理

细胞生长和分化的结果导致了植物体中多种类型细胞的产生。具有相同结构和功能的细胞有机地结合在一起就形成了组织。种子植物的组织结构按照其发育特点，可分为分生组织和成熟组织（永久组织）两大类。

分生组织细胞终生具有分裂能力，一方面增加新细胞到植物体中，另一方面使自己永存下去。分生组织位于植物生长的部位，如根与茎的顶端生长和加粗生长都与分生组织的活动有直接关系。依其性质来源的不同，可分为原分生组织、初生分生组织和次生分生组织。

成熟组织是由分生组织分裂的一些细胞在后来的生长发育过程中陆续分化而形成的具有特定功能的细胞所组成。按成熟组织的功能又可以分成同化组织、保护组织、输导组织、机械组织和分泌组织。不同种植物、植物体不同的器官和在植物发育的不同阶段，组织结构有所不同。

二、实验目的

掌握组成植物体的常见组织类型、结构特点及功能。

三、实验用品

1. 材料：洋葱根尖纵切永久制片、马铃薯块茎横切永久制片、木兰茎横切永久制片、柔毛冷杉树皮、夹竹桃叶横切片、南瓜茎横切及纵切永久制片、松茎的横切及纵切永久制片、天竺葵叶、柑橘果实、芹菜叶柄、蕹菜根、莴苣茎和秋海棠的叶。
2. 试剂： I_2 -KI 染液、苏丹III、1%亚甲基蓝或 1%番红。
3. 仪器设备：显微镜、剪刀、镊子、解剖针、刀片、载玻片、吸管、培养皿。

四、方法和步骤

1. 分生组织

(1) 取洋葱根尖纵切永久制片，先在低倍镜下观察，再用高倍镜观察。植物根尖顶端有一帽状的根冠，其内圆锥状的部分染色深，细胞小，细胞核相对较大，细胞质浓厚，没

有明显的液泡，无分化，为等直径的多面体形状，即原分生组织。原分生组织上方细胞已开始分化，细胞呈长方体形状，为初生分生组织。其表面是原表皮，表皮以内染色较淡的是基本分生组织，中央染色较深的部位为原形成层。注意观察：初生分生组织的细胞形态特点，有无正在分裂的细胞；如果观察到了正在分裂的细胞，注意观察其分裂的方向；初生分生组织的细胞之间有无细胞间隙。

(2) 次生分生组织：作马铃薯块茎周边横切的临时玻片，观察其木栓形成层细胞。再取木兰茎横切片观察形成层细胞。木栓形成层与形成层均为次生分生组织，它们与根、茎的加粗和重新形成保护组织有关。

2. 成熟组织

(1) 薄壁组织

①同化组织：取夹竹桃 (*Nerium indicum*) 叶横切片，观察叶肉细胞的特点。

②贮藏组织：将马铃薯块茎横切成薄片，制成临时玻片标本观察，可见其细胞内有大量淀粉粒。

③通气组织：取蕲菜根，作横切片观察。

④贮水组织：取秋海棠叶，作横切片观察。

⑤吸收组织：取洋葱根尖纵切面，观察其根毛。

(2) 保护组织

①初生保护组织——表皮。取天竺葵 (*Pelargonium hortorum*) 叶表皮制成临时切片，观察其表皮细胞、气孔器的形态和结构。可用 I_2 -KI 溶液染色，观察细胞核的位置和叶绿体的分布。注意细胞间的排列、细胞间有无间隙。

②次生保护组织——周皮。(a) 取柔毛冷杉 (*Abies faxoniana*) 树皮或木兰 (*Magnolia denudata*) 茎的横切片进行观察，其表面数层染成红色的长方形细胞，即是木栓层；其内有 1~2 层扁平细胞，为木栓形成层；再内为较大而排列疏松含有叶绿体的薄壁细胞即栓内层。木栓层、木栓形成层和栓内层共同组成周皮，它是当茎加粗生长后，代替表皮的次生保护组织。(b) 马铃薯的块茎在生长过程中，表皮早已破坏，最外面的部分是周皮。周皮不断地产生，也不断地被破坏，当外面的周皮脱落后，在脱落处又产生出新的周皮，起保护作用。

取马铃薯块茎，用解剖刀从中切开，然后沿周皮截取长宽各 0.5mm~1mm 的小块，使截取的小块有一个面具有周皮。用刀片制周皮的徒手横切片，切好的切片用毛笔轻轻地放到盛有水的培养皿中。用镊子取较薄的切片放在载玻片上的水滴中，加盖玻片，在显微镜下观察，辨认出周皮的三层组织及其细胞特征。观察后，用镊子撕取马铃薯块茎表面的周皮，大小约为盖玻片的 1/5，放在载玻片上，加一滴苏丹 III 染液，盖上盖玻片，进行观察。这些细胞是木栓细胞，见不到细胞质和细胞核，只有较厚的细胞壁，木质化的细胞壁被苏丹 III 染成红色。

(3) 输导组织

①导管：取南瓜 (*Cucurbita maschata*) 茎纵切片进行观察，先找到木质部的位置，可见细胞直径较大，壁上具有被染成红色花纹的长管，它是由许多管状细胞连接而成的，其细胞壁厚且木质化，端壁消失，原生质解体。在导管侧壁上，由于增厚不均匀形成环纹、螺旋纹等类型。

②管胞：取松树茎浸离木材装片观察，只能找到管胞，而找不到导管和木纤维。管胞

不同于导管，是一个两头较尖的细胞。细胞直径小，在两管胞间横壁不形成穿孔，而是靠细胞壁上的纹孔相连通，输导水分的能力比导管要小得多。注意观察松茎管胞上的具缘纹孔。

③筛管和伴胞：取南瓜茎纵切片观察，南瓜茎的维管束为双韧维管束。其韧皮部位于木质部的两侧（即红色导管的两侧），可寻找到深绿色、长形、很大的管状细胞。管状细胞无核，细胞质稀薄。在管中有横壁，壁上有许多孔，如筛状。此横壁称为筛板，其孔称为筛孔，这一长管称为筛管。在筛管旁有小长形薄壁细胞，细胞质浓，具细胞核，称之为伴胞。

（4）机械组织

①厚角组织：取南瓜茎的横切片观察，可见在表皮下方厚角组织特别明显，这类细胞是生活的细胞，细胞壁在细胞的角隅处加厚。将芹菜（*Apium graveolens*）叶柄作徒手切片，直接制片或用1%亚甲基蓝或1%番红水溶液染色5min，制成临时装片。置于显微镜下，观察叶柄的棱角处，在表皮和维管束之间有一团厚角组织，细胞壁较厚，并有光泽，可被染成红色。

②厚壁组织：注意观察其细胞结构与厚角组织有何不同？厚壁组织又可分为纤维和石细胞。（a）纤维：取成都麻的韧皮纤维制片观察，可见两头尖的细长形细胞，细胞壁厚度增大，细胞腔极小，即是纤维。（b）石细胞：取少许梨（*Pyrus* sp.）果肉组织放在载玻片上，用镊子轻轻压碎，制成临时玻片标本进行观察，可见细胞近于等直径。注意其细胞壁的厚度、细胞腔的大小及纹孔沟。

（5）分泌组织

①腺毛：撕取天竺葵叶下表皮上的腺毛制成临时玻片观察，腺毛下部常具一柄，顶端构成头状体，注意观察其形状和细胞的构造。

②分泌腔：取柑橘外果皮，观察其上透明的小囊。挤压果皮，小囊中有什么物质溢出？将柑橘的果皮制成切片观察，可见溶生的分泌腔，注意腔周围的细胞结构。再取松茎横切片观察，可见其树脂道，树脂道的上皮细胞分泌树脂至空腔（即为裂生分泌腔）中，注意观察与其溶生腔有何不同？

③乳汁管：取莴苣茎的切片观察。

五、注意事项

要了解组织，必须涉及器官，因此在做实验前先了解一般茎的结构。如南瓜茎是五棱柱状体；横切面近似五边形，中间是星状的髓腔；表皮与髓腔之间的组织中一般有10个维管束，5个较大的和5个较小的，这些维管束主要是输导组织。

六、思考题

1. 薄壁组织中有些细胞具有分裂能力，有些则属于成熟细胞，如何区分它们？
2. 马铃薯块茎上面有没有皮孔？它与周皮的其它部分有什么不同？
3. 表皮细胞为适应其保护功能在结构上有什么特征？
4. 比较厚角组织与厚壁组织在形态、结构和功能上的异同。
5. 在横切片上，如何区分木质部和韧皮部？比较导管、管胞、筛管和伴胞的异同点。

6. 在种子植物中, 较原始的种类与较高等的种类在木质部组成及结构方面存在哪些差异? 这些差异与功能之间有什么关系?

实验 3 种子和幼苗

一、实验原理

种子是种子植物特有的器官。种子植物的胚珠经传粉、受精后发育形成种子。成熟的种子包括种皮、胚乳和胚三部分。胚是最重要的结构, 由胚芽、胚根、胚轴和子叶组成, 是新一代植物的幼体。根据种子中胚乳的有无, 将种子分为有胚乳种子和无胚乳种子。

二、实验目的

掌握种子的类型及基本结构。

三、实验用品

1. 材料: 蚕豆种子、小麦或玉米籽粒、蓖麻种子、小麦麦粒纵切永久制片。
2. 试剂: I_2 -KI 溶液。
3. 仪器设备: 显微镜、双筒解剖镜、放大镜、载玻片、盖玻片、双面刀片、滤纸、烧杯和滴管。

四、方法和步骤

1. 种子的构造和类型

(1) 蚕豆 (*Vicia faba*) (双子叶植物) 种子的形态结构

蚕豆种子的形状为肾形, 在其凹陷的一侧, 有一黑色斑痕, 为种脐; 其相对突起的一侧为种脊。取用水浸泡过的蚕豆种子 (用冷水浸泡 24h 或用温水浸泡 12h), 用手指压种脐附近, 可看到有水和气泡由一小孔中溢出, 此孔就是珠孔, 蚕豆萌发时, 胚根由珠孔穿出。用刀片自种脊处把种皮割开, 剥去种皮, 剩下的部分是胚。同时还要注意有没有胚乳。

对剥出的胚, 观察下列四个部分:

①子叶: 俗称为豆瓣的部分, 两片。注意它的厚度与形状并比较它与正常的叶有哪些不同。

②胚芽: 位于两片子叶之间, 胚轴的上端。把两片子叶去掉, 用放大镜或双筒解剖镜观察, 并借助解剖针解剖, 看清它是由生长锥和几片幼叶组成。

③胚根: 与胚芽相对的一端, 有一个光滑的突起, 就是胚根。

④胚轴: 胚根和胚芽相连接的部分, 也是子叶着生部位及其上、下方。

(2) 小麦 (*Triticum aestivum*) (单子叶植物) 麦粒的结构

取已浸泡好的麦粒 (浸泡方法同蚕豆种子), 观察其外形, 然后用刀片沿其纵沟切为两半。用放大镜或双筒解剖镜观察果皮与种皮、胚和胚乳三部分。用 I_2 -KI 溶液染色后再进行观察。

取小麦麦粒纵切面的永久制片做进一步观察。这些制片是用席夫试剂(PAS)－铁矾苏木精－橘红 G 复染的切片。这种染色方法可将不同组织，特别是一些贮藏物质染成不同颜色。

观察时，可自外向内观察，首先看到的是由死去的厚壁细胞和薄壁细胞（大多已挤压变形）组成的果皮和种皮，在它们之间分不出界限。紧接果皮和种皮的是一层排列整齐，细胞较大，细胞核明显，细胞质较浓厚并充满颗粒的糊粉层。在这层细胞中含有脂类和贮藏蛋白质。蛋白质在切片上被染为橙黄色。胚乳占整个切片的大部分，其中许多被染为紫红色的大小不等的颗粒是淀粉粒。在这些颗粒的中央还可看到黑色的脐点。其间也有些较小的被染成橙黄色的蛋白质颗粒，但比糊粉层细胞中的蛋白质颗粒少。

在种子纵切片的一侧是被染为橙黄色的胚。大的盾片为胚乳细胞相接触而成。在盾片相对的一侧有一小的突起，为外胚叶。由于外胚叶很小，如果切片没有切正，则看不到。在胚轴的上端，可看到胚芽的结构，在切片上识别出胚芽鞘、真叶和生长锥。有的切片上还能看到腋芽。在胚轴的下端，可看到胚根鞘，在其内有根冠和生长锥。

2. 幼苗的结构及其形成的过程

观察比较小麦[或玉米(*Zea mays*)]、菜豆和蓖麻(*Ricinus communis*)的种子萌发和幼苗形成的过程。

实验前将小麦、蚕豆和蓖麻种子各 10 粒用水浸泡，使其吸足水分，然后播种在蛭石中。种植的容器要深一些，最好能达到 10cm。播种后，放于 20℃ ~ 25℃ 温室中，定期观察。根据萌发和幼苗生长情况，定期取样（间隔天数依植株生长快慢而定），并记录每种植物的生长情况。

观察记录时应注意下列几个问题：

(1) 主根、侧根形成的过程，有无不定根发生？如果有不定根，它们是从哪些部位长出的？根系的类型。

(2) 胚轴的情况，能否分出上胚轴和下胚轴？胚轴是否伸长？如果伸长，是哪部分伸长？

(3) 能否看到子叶？子叶的数目和形状。是否出土？出土后发生什么变化？

(4) 胚芽怎样从土壤（或蛭石）中伸出的？哪些植物有胚芽鞘？真叶怎样发育的？顶芽和腋芽的开展情况。

五、注意事项

1. 因小麦种子的种皮与其外面的果皮生长在一起不易分开，所以称为麦粒，实际上是果实。

2. 种在蛭石中比种在土壤中好，不但取样时不损伤根系，而且蛭石疏松、通气、保湿，有利于种子萌发和幼苗生长。

六、思考题

1. 种子的形成对植物有什么生物学意义？

2. 总结观察结果，说明小麦、蚕豆和蓖麻三种植物幼苗形成过程中有哪些异同？能归纳出几种类型？

实验4 植物的营养器官——根的形态结构及其发育

一、实验原理

根具有固着支持、吸收、输导、合成及贮藏的功能，不同植物由于生长状况不同而形成不同的根系。根的最先端是根尖，由根冠、分生区、伸长区和根毛区组成。从分生区到根毛区，根由原分生组织细胞分裂、分化形成初生分生组织，进一步发育形成初生结构。根的初生结构包括表皮、皮层和维管柱。表皮具根毛，有吸收功能；皮层的最内层为内皮层，细胞有凯氏带加厚，使根对物质的吸收具有选择性；维管柱的最外层是中柱鞘，中柱鞘细胞与形成层、木栓形成层和侧根的发生有关。维管柱的中心是辐射状排列的初生木质部，在木质部辐射角之间是初生韧皮部。初生韧皮部和初生木质部相间排列，两者之间保留有未分化的原形成层。由于形成层和木栓形成层的活动，形成根的次生结构。根的次生结构包括周皮、次生韧皮部、形成层、次生木质部和初生木质部。在次生结构中具有维管射线和宽大的次生维管射线。

二、实验目的

1. 通过对根尖的形态结构观察，掌握根的基本形态结构及其发育的特点。
2. 掌握侧根发育的特点与基本规律。
3. 掌握不同类群植物根系和根的结构特点，了解常见的变态根。

三、实验用品

1. 材料：蚕豆（油菜）、小麦（玉米、水稻）幼苗标本、洋葱（玉米）根尖纵切永久制片，毛茛（蚕豆）根成熟区横切永久制片、洋葱根横切永久制片、萝卜幼根横切永久制片、菟丝子寄生根纵切永久制片、萝卜、胡萝卜、白薯等。
2. 仪器设备：放大镜、显微镜、载玻片、盖玻片、刀片、滤纸等。

四、方法和步骤

1. 根系

观察蚕豆[油菜 (*Brassica campestris*)]和小麦[玉米 (*Zea mays*)、水稻 (*Oryza sativa*)]的幼苗标本，比较根系的区别并辨认主根、侧根和不定根。

2. 根尖的外形与结构

选择经吸胀萌发5~7天的 wheat 或蚕豆的幼苗，取其直而生长良好的幼根置于载玻片上，进行观察。幼根上有一区域密布白色绒毛，为根毛区（成熟区）。根尖的最先端微黄而略带透明的部分是根冠，呈帽状罩在分生区外面。紧接其后的是分生区，在分生区与根毛区之间是伸长区。

取玉米或洋葱根尖纵切永久制片，置于显微镜下，由根的最先端逐渐向上观察根尖的各区，注意各区细胞的特点。