

ZUOWU
ZHONGZI
SHENGLIXUE
SHIYAN

普通高等教育“十二五”规划教材



国家级实验教学示范中心植物学科系列实验教材

作物种子生理学实验

张淑珍 徐鹏飞 吴俊江 编



化学工业出版社

ZUOWU
ZHONGZI
SHENGLIXUE
SHIYAN

普通高等教育“十二五”规划教材



国家级实验教学示范中心植物学科系列实验教材

作物种子生理学实验

张淑珍 徐鹏飞 吴俊江 编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书内容涉及种子结构、种子生理生化过程及其与周围环境的关系, 包含有作物种子的分类、种子的形态构造、种子蛋白质组分含量的测定、种子中粗脂肪的提取及测定、种子物理性测定、种子净度测定、种子发芽实验、种子生活力测定、种子盐溶蛋白聚丙烯酰胺凝胶电泳鉴定、种子萌发时淀粉酶的形成、种子萌发时脂肪酸含量的变化、种子中维生素 E 含量测定、种子中异黄酮含量测定、种子中赖氨酸含量的测定、赤霉酸对种子 α -淀粉酶的诱导形成、类似生长素对种子萌发的影响、种子对过氧化物酶活性测定、光对种子发芽的影响等共计 32 个实验, 以及相关的 10 个附录。

本书可作为农学、种子科学与工程、植物学、园艺学等各专业本科教材, 同时也可供种子科技工作者特别是从事种子生理研究和种子检验工作者参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

作物种子生理学实验/张淑珍, 徐鹏飞, 吴俊江编. —北京:
化学工业出版社, 2012.4
普通高等教育“十二五”规划教材
国家级实验教学示范中心植物学科系列实验教材
ISBN 978-7-122-13706-7

I. 作… II. ①张…②徐…③吴… III. 作物-种子-植物生理学-实验-高等学校-教材 IV. S330.2-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 035305 号

责任编辑: 赵玉清 于立宣
责任校对: 宋 玮

文字编辑: 向 东
装帧设计: 史利平

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 北京云浩印刷有限责任公司
710mm×1000mm 1/16 印张 7½ 字数 147 千字 2012 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010 64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 18.00 元

版权所有 违者必究

国家级实验教学示范中心植物学科系列实验教材 编写委员会

主 任：张宪省 （山东农业大学）
吴伯志 （云南农业大学）

副主任：李 滨 （山东农业大学）
崔大方 （华南农业大学）
赵玉清 （化学工业出版社）

委 员：（按姓氏笔画排列）
杨学举 （河北农业大学）
陈建斌 （云南农业大学）
张金文 （甘肃农业大学）
李 滨 （山东农业大学）
李保同 （江西农业大学）
吴伯志 （云南农业大学）
肖建富 （浙江大学）
张宪省 （山东农业大学）
邹德堂 （东北农业大学）
周 琴 （南京农业大学）
项文化 （中南林业科技大学）
赵玉清 （化学工业出版社）
彭方仁 （南京林业大学）
崔大方 （华南农业大学）
蔺万煌 （湖南农业大学）
燕 玲 （内蒙古农业大学）

前言

Preface

作物种子生理学是研究作物种子生命活动的规律，探索并阐明种子生活过程中各个生理阶段的变化模式和机理，并使之在农林园艺生产中应用的一门学科。

《作物种子生理学实验》内容涉及种子结构、种子生理生化过程及其与周围环境的关系，是种子学、种子生物学、植物生理学、植物学的交叉领域。本书包含32个实验，10个附录。本书可作为农学、种子科学与工程、植物学、园艺学等各专业本科教材，同时供种子科技工作者特别是从事种子生理研究和种子检验工作者参考。

本实验教学坚持以现代教育理念为指导，以培养高素质、复合型、创新型和研究型的高级专业专门人才为宗旨，从基础理论和应用技术两方面介绍种子生理学方面的科学知识，它的任务是为学生进一步学习种子学科的有关专业课程，以及从事农业科研、种子质量检测、种子贸易、农业技术推广以及教学、生产、开发等方面的工作建立牢固的基础。

通过实验教学，使学生增强感性认识，锻炼动手能力和创新思维意识的培养，同时熟悉和掌握作物种子生理中最基本的科学实验手段，掌握田间和实验室有关仪器操作方法，培养学生实际操作的基本技能，为今后生产实践和科研活动奠定良好基础。

本教材在编写过程中得到了化学工业出版社、东北农业大学农学院和教务处及编写人员的大力支持，使我们能够顺利完成编写和出版工作。

本书的出版，得到了教育部新世纪人才培养计划（NCET-09-164）、国家自然科学基金（30971811，31071439，31171577，31101167）、高等学校博士点基金（20112325120005）、黑龙江省教育厅项目（12511041）、黑龙江省自然科学基金（C200814）的资助，特此感谢。

由于编者经验不足、时间有限，书中难免有不妥之处，敬请有关专家、同行、广大读者批评指正。

编者

2012年1月

目录

Contents

实验一	作物种子的分类	1
实验二	种子的形态构造	4
实验三	有胚乳的种子形态构造观察	9
实验四	无胚乳的种子形态构造观察	13
实验五	种子蛋白质组分含量的测定	16
实验六	种子中粗脂肪的提取及测定	19
实验七	种子物理性测定	21
实验八	种子净度测定	24
实验九	种子发芽实验	29
实验十	种子水分测定	34
实验十一	种子生活力的测定	37
实验十二	种子活力的测定	39
实验十三	种子重量测定	46
实验十四	种子盐溶蛋白聚丙烯酰胺凝胶电泳鉴定	48
实验十五	种子萌发时淀粉酶的形成	52
实验十六	种子萌发时脂肪酸含量的变化	54
实验十七	种子萌发时淀粉酶活性的测定	56
实验十八	种子中脂肪酸含量测定	59
实验十九	种子中维生素 E 含量测定	62
实验二十	种子中异黄酮含量测定	65
实验二十一	种子中赖氨酸含量的测定	68
实验二十二	赤霉素对种子 α -淀粉酶的诱导形成	71
实验二十三	类似生长素对种子萌发的影响	73
实验二十四	种子过氧化物酶活性测定	75
实验二十五	光对种子发芽的影响	77
实验二十六	种子脱氢酶活性测定	79
实验二十七	种子中苯丙氨酸解氨酶活性的测定	81
实验二十八	种子萌发时氨基酸含量的变化	83
实验二十九	种子体内脱落酸、赤霉素的分离和测定	86

实验三十 种子中主要不饱和脂肪酸的分离 89

实验三十一 种子中淀粉含量的测定 91

实验三十二 种子蛋白质亚基分析 98

附录 102

 附录 1 常用酸碱溶液的浓度 102

 附录 2 常用酸碱指示剂 102

 附录 3 常用缓冲溶液的配制方法 103

 附录 4 常用植物激素的一些化学特征 108

 附录 5 国际标准单位 110

 附录 6 国际单位制的辅助单位 110

 附录 7 国际单位制中具有专门名称的导出单位 110

 附录 8 国家选定的非国际单位制单位 110

 附录 9 常用国际制词冠 111

参考文献 112

实验一

作物种子的分类

一、实验目的与要求

1. 掌握作物种子的分类方法。
2. 了解种子的形态分类。

二、实验原理

作物种子可以根据胚乳的有无和植物形态学进行分类。

（一）根据胚乳有无分类

1. 有胚乳种子

这类种子由种皮、胚和胚乳组成。双子叶植物中的蓖麻、烟草、西红柿等植物的种子和单子叶植物中的小麦、水稻、玉米、高粱和洋葱等植物的种子，都属于这个类型。

- （1）内胚乳发达 如禾本科、大戟科、蓼科、茄科、伞形科等。
- （2）内胚乳和外胚乳同时存在 这类植物很少，如胡椒、姜等。
- （3）外胚乳发达 如甜菜、苋菜、菠菜。
- （4）胚乳、子叶均发达 如蓖麻、黄麻。

2. 无胚乳种子

这类种子由种皮和胚两部分组成，缺乏胚乳。双子叶植物如大豆、落花生、蚕豆、棉、油菜、瓜类的种子和单子叶植物的慈姑、泽泻等的种子，都属于这一类型。

（二）根据植物形态学分类

农业种子（播种材料）从植物形态学来看，往往包括种子以外的许多构成部

分, 现根据这些特点, 分为以下五个类型。

1. 包括果实及外部的附属物

禾本科 (Gramineae): 颖果, 外部包有稃 (即内外稃或称内外颖, 有的还包括护颖), 植物学上把这类物质归为果实外部的附属物。属于这一类型的禾本科植物如稻、皮大麦、燕麦、薏苡、粟、苏丹草等。

藜科 (Chenopodiaceae): 坚果, 外部附着花被及苞叶等附属物, 如甜菜、菠菜。

蓼科 (Polygonaceae): 瘦果, 花萼不脱落, 成翅状或肉质, 附着在果实基部, 称为宿萼, 如荞麦、食用大黄。

2. 包括果实的全部

禾本科 (Gramineae): 颖果, 如普通小麦、黑麦、玉米、高粱、裸小麦。

棕榈科 (Palmaceae): 核果, 如椰子。

蔷薇科 (Rosaceae): 瘦果, 如草莓。

豆科 (Papilionaceae): 荚果, 如黄花苜蓿 (金花菜)。

大麻科 (Cannabaceae): 瘦果, 如大麻。

荨麻科 (Urticaceae): 瘦果, 如苎麻。

山毛榉科 (Fagaceae): 坚果, 如栗、栎、栎、榲。

伞形科 (Umbelliferae): 分果, 如胡萝卜、芹菜、茴香、防风、当归、羌萎等。

菊科 (Compositae): 瘦果, 如向日葵、菊芋、除虫菊、苍耳、蒲公英、橡胶草等。

睡莲科 (Nymphaeaceae): 莲。

3. 包括种子及果实的一部分 (内果皮)

蔷薇科 (Rosaceae): 桃、李、梅、杏、樱桃、梨、苹果、枇杷。

桑科 (Moraceae): 桑、楮。

杨梅科 (Myricaceae): 杨梅。

胡桃科 (Juglandaceae): 胡桃、山核桃。

鼠李科 (Rhamnaceae): 枣。

五加科 (Araliaceae): 人参、五加、西洋参。

4. 包括种子的全部

石蒜科 (Amaryllidaceae): 葱、葱头 (洋葱)、韭菜、韭葱。

樟科 (Lauraceae): 樟。

山茶科 (Theaceae): 茶、油菜。

椴树科 (Tiliaceae): 黄麻。

锦葵科 (Malvaceae): 棉、洋麻、苘麻。

葫芦科 (Cucurbitaceae): 南瓜、冬瓜、西瓜、甜瓜、黄瓜、葫芦、丝瓜、

番瓜。

树科 (Caricaceae): 番木瓜。

十字花科 (Brassicaceae): 油菜、甘蓝、萝卜、芜菁、芥菜、白菜、大头菜、荠菜。

苋科 (Amaranthaceae): 苋菜。

蔷薇科 (Rosaceae): 苹果、梨、蔷薇。

豆科 (Papilionaceae): 大豆、菜豆、绿豆、小豆、花生、刀豆、扁豆、豇豆、蚕豆、豌豆、豆薯、猪屎豆、紫云英、田菁、三叶草、紫苜蓿、苕子、紫穗槐、胡枝子、羽扇豆。

亚麻科 (Linaceae): 亚麻。

芸香科 (Rutaceae): 柑、橘、柚、金橘、柠檬、佛手柑。

无患子科 (Sapindaceae): 龙眼、荔枝、无患子。

漆树科 (Anacardiaceae): 漆树。

大戟科 (Euphorbiaceae): 蓖麻、橡皮树、油桐、乌桕、巴豆、木薯。

葡萄科 (Vitaceae): 葡萄。

柿树科 (Ebenaceae): 柿。

旋花科 (Convolvulaceae): 甘薯、蕹菜。

茄科 (Solanaceae): 茄子、烟草、番茄、辣椒。

胡麻科 (Pedaliaceae): 芝麻。

茜草科 (Rubiaceae): 咖啡、梔子、奎宁。

松科 (Pinaceae): 马尾松、杉、落叶松、赤松、黑松。

5. 包括种子的主要部分 (种皮的外层已脱去)

公孙树科 (Ginkgoaceae): 银杏。

凤尾松科: 苏铁。

三、注意事项

作物种子种类繁多, 识别时注意区分。

实验二

种子的形态构造

一、实验原理

种子的形态指种子的颜色、体积大小、形状；种子的结构：植物的种子由种皮、胚和胚乳 3 个部分组成。种皮是种子的“铠甲”，起着保护种子的作用。胚是种子最重要的部分，可以发育成植物的根、茎和叶。胚乳是种子集中养料的地方，不同植物的胚乳中所含养分各不相同。种子的形态构造举例见图 2-1。

二、材料、仪器与试剂

（一）种子的形态

1. 外形

常见的种子的外形：球形（豌豆）、椭圆形（大豆）、肾脏形（菜豆）、牙齿形（玉米）、纺锤形（大麦）、扁椭圆形（蓖麻）、卵形或圆锥形（棉花）、扁卵形（瓜类）、扁圆形（兵豆）、楔形或不规则形（黄麻）等。

其他比较稀少的外形：三棱形（荞麦）、螺旋形（黄花苜蓿的荚果）、近似方形（豆薯）、盾形（葱）、钱币形（榆树）、头颅形（椰子）。此外还有细小如鱼卵（苋菜），带坚刺如菱角（菠菜），具薄翅如蝴蝶（墨西哥猴梳藤），细小如尘埃（兰花）以及其他种种奇异形状。

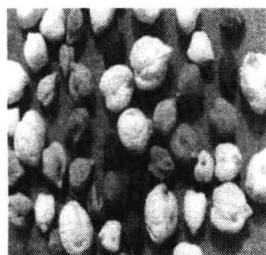
2. 色泽

种子因含有各种不同的色素，往往呈现不同的颜色及斑纹。可根据不同色泽鉴别作物的种和品种。

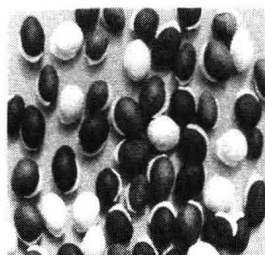
3. 大小

常用子粒的平均长、宽、厚或千粒重来表示。生产上，用千粒重作为衡量种子品质的主要指标之一。

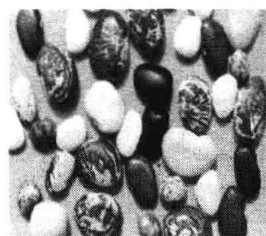
不同植物种子大小相差悬殊。蚕豆的千粒重可达 2500g 以上，烟草种子的千粒重仅 0.06~0.08g，同一种作物品种间种子大小的变异幅度也相当大，如小粒玉米的千粒重约 50g，而大粒品种可达 1000g 以上。但主要农作物的种子千粒重大多数在 20~50g。



鹰嘴豆



扁豆



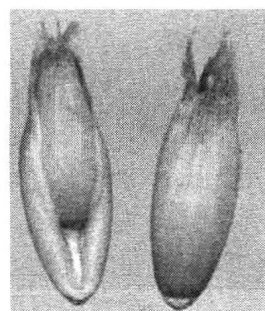
小豆



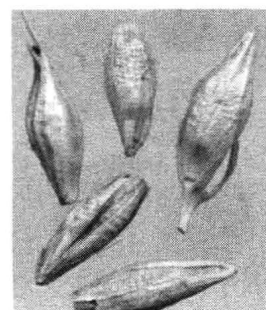
利马豆



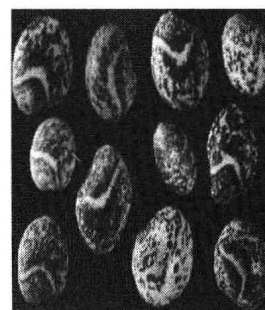
芹菜



燕麦

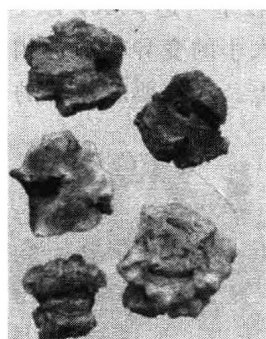


大麦

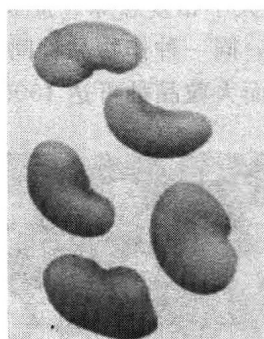


饭豆

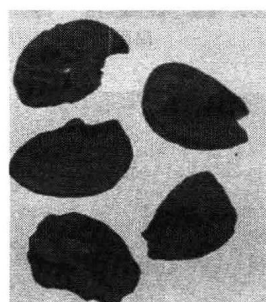
图 2-1



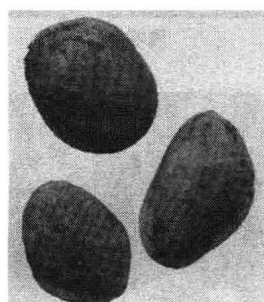
甜菜



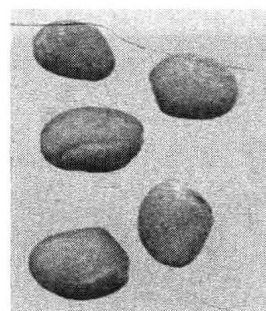
苕蓓



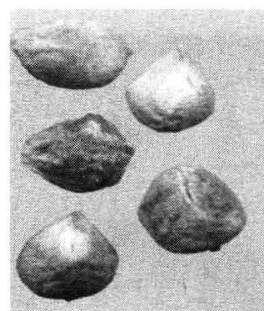
洋葱



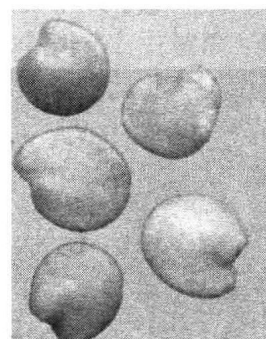
菠萝



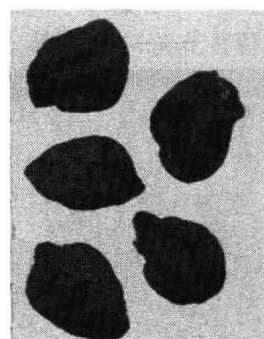
萝卜



菠菜



茄子



韭菜

图 2-1 种子形态构造

(二) 种子的基本构造

1. 种被

起保护作用,成熟后细胞死亡,内含物消失,只留下细胞壁。由果皮和种皮组成。

(1) 果皮 由子房壁发育而成,一般分三层:外果皮,中果皮及内果皮。但在农作物中,水稻、小麦、玉米等果皮分化均不明显。

(2) 种皮 由一层或二层珠被发育而成,外珠被发育成外种皮,内珠被发育成内种皮。外种皮质厚而强韧,内种皮多成薄膜状。禾谷类作物种皮到成熟时,只残留痕迹,而豆类作物种子的种皮一般都很发达。在种皮的细胞中,不含原生质,因此细胞是没有生命的。

种皮的构造介绍如下。

(1) 发芽口 珠孔发育而来。授粉后,花粉管伸长,经此孔进入胚囊。当胚珠受精后,发育成为种子,就称为种孔或发芽口。它的位置正好位于种皮下面的胚根尖端。当种子发芽时,水分首先从这个小孔进入种子内部,胚根细胞很快吸水膨胀,就从这个小孔伸出。

(2) 脐 种子成熟后从珠柄上脱落时的疤痕。其颜色和种皮不同,形状大小亦因植物种类而差异。脐的性状是鉴定和区别品种的重要依据。有些种子实际上是植物学上的干果,如禾谷类的子实,菊科和蓼科的瘦果,只能看到果脐。禾谷类子实的果脐很小,且不明显,需用扩大镜进行观察。

(3) 脐褥或脐冠 有些植物的种子,从珠柄脱落时,珠柄的残片附着在脐上,这种附着物称为脐褥或脐冠,如蚕豆、扁豆等。

(4) 脐条 又称种脊或种脉,它是倒生或半倒生胚珠从珠柄通到合点的维管束遗迹。维管束从珠柄到合点时,不直接进入种子内部而先在种皮上通过一段距离,然后至珠心层供给养分。不同类型植物的种子,其脐条长短不同;豆类和棉花等种皮上可观察到明显的脐条。由直生胚珠发育而来的种子是没有脐条的。

(5) 内脐 脐条的终点部位(亦即维管束的末端),是胚珠时期合点遗迹。通常稍呈突起状,在豆类和棉花的种子上可看得比较清楚。

2. 胚

胚是种子最主要的部分,由受精卵发育而成的幼小植物体。一般可分为胚芽、胚轴、胚根和子叶四部分。

(1) 胚芽 长成地上部分,它是叶、茎的原始体,位于胚轴的上端,它的顶部就是茎的生长点。在种子萌发前,胚芽的分化程度是不同的,有的在生长点基部已形成一片或数片初生叶,有的仅仅是一团分生细胞。禾本科植物的胚芽是由3~5片胚叶所组成,着生在最外部的一片,呈圆筒状,称为芽鞘。

(2) 胚轴 又称胚茎,是连接胚芽和胚根的过渡部分。双子叶植物子叶着生点和胚根之间部分,称为下胚轴,而子叶着生点以上部分的,称为上胚轴。在种子发芽前大都不十分明显,所以通常胚轴和胚根的界限从外部看不清楚,只有根据详细的解剖学观察才能确定。有些种子萌发时,随着幼根和幼芽的生长,其下胚轴也迅

速地伸长，因而把子叶和幼芽顶出土面，如大豆、棉花等，有的在发芽时，胚芽显著生长，下胚轴仍很短时，则子叶残留在土中，如蚕豆、豌豆等。

(3) 胚根 长成地下部分，又称幼根，在胚轴下面，为植物未发育的初生根，有一条或多条。在胚根中已经可以区分出根的初生组织与根冠部分；在根尖有分生细胞。当种子萌发时，这些分生细胞进行迅速生长和分化而产生根部的次生组织。禾本科植物的胚根外包有一层薄壁组织，称为根鞘。当种子萌发时，胚根突破根鞘而伸入土中。

(4) 子叶 即种胚的幼叶，具一片（单子叶植物称内子叶，子叶盘或盾片）、两片（双子叶植物）或多片（裸子植物）。子叶和真叶是不同的，子叶常较真叶为厚，叶脉一般不明显，也有较明显的，如蓖麻。两片子叶通常大小相等、互相对称，但经仔细观察，有时也会发现两片子叶大小不同的类型，如棉花、油菜等。

双子叶植物种子的胚芽着生于两片子叶之间，子叶起保护作用；出土的绿色子叶又是幼苗最初的同化器官；贮藏营养物质，供发芽用。禾本科植物种子的子叶（即盾片）具有特殊的生理功能，在发芽时能分泌酶使胚乳中的养料迅速分解，成为简单的可溶性物质，并吸收以供胚利用，起了传递养料的桥梁作用。

3. 胚乳

贮藏营养，对幼苗健壮程度有着重要的影响：

外胚乳——由珠心层细胞直接发育而成；

内胚乳——由受精极核细胞发育而成。

有的胚乳在种子发育过程中被胚吸收而消耗殆尽，仅留下一层薄膜，因而成为无胚乳种子。在无胚乳种子中，营养物质主要贮藏在子叶内，如豆科、葫芦科、蔷薇科及菊科植物种子。

一般认为胚乳细胞是死的，但外层的糊粉层细胞是活的，发现有细胞核，含有线粒体，还有酶产生。

在裸子植物中，如银杏、松、柏之类，种子内部亦有相当发达的贮藏组织，含有丰富养料。从表面看，这种组织具有营养生理功能，亦应列为胚乳的一种；但从植物发生学的角度看，这一部分完全由母体组织直接发育而来，不经过受精过程，所以和被子植物有胚乳在本质上是截然不同的。

三、注意事项

1. 通常每颗种子只有一个胚，但有时可发现同一颗种子里包含着两个或两个以上的胚。

2. 多胚容易和复粒相混淆。复粒是在同一花内，由两个或两个以上的子房发育而成。

3. 有时也能看到水稻、小麦、玉米、蓖麻及某些伞形科植物的种子，外形正常，而内部却缺少胚。

实验三

有胚乳的种子形态构造观察

一、实验目的与要求

1. 掌握种子的基本形态和结构。
2. 了解种子的类型。

二、材料、仪器与试剂

1. 材料

吸涨后的水稻 (*Vicia faba* L.) 种子, 蓖麻 (*Ricinus communis* L.) 种子, 吸涨后的小麦 (*Triticum aestivum* L.) 颖果与颖果纵切片, 玉米 (*Zea mays* L.) 颖果纵切片与幼苗。

2. 仪器与用品

显微镜、载玻片、盖玻片、刀片、镊子、解剖针、培养皿、滴管、恒温箱。

3. 试剂

碘液、碘-碘化钾溶液、苏丹Ⅳ溶液。

三、实验内容与步骤

1. 观察蓖麻种子的外部形态

用手捏一捏蓖麻种子的外壳, 它很坚硬、光泽而有花纹, 这是种皮。种皮的阔面中央有一条纵线叫做种脊。种脊底部有浅色的突起, 叫做种阜。它是种子在果实上着生的部位。

2. 观察蓖麻种子的内部结构 (图 3-1)

① 剥开种皮, 可以见到它分两层, 外面一层是坚硬的外种皮, 里面一层白色的薄膜是内种皮。

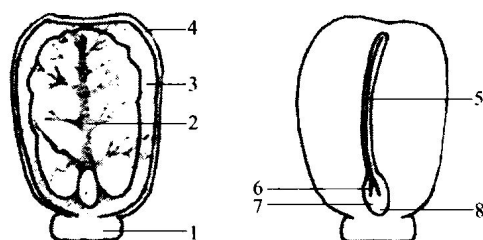


图 3-1 蓖麻种子的结构

1—种阜；2—子叶；3—胚乳；4—种皮；

5—种脊；6—胚芽；7—胚轴；8—胚根

② 种皮里面占有大部分空间的是胚乳。蓖麻种子是有胚乳的种子。

③ 沿种脊纵切种子，可见胚乳中央有一条裂缝。在裂缝两旁，贴近胚乳的是两片子叶，很薄，嫩黄色。在靠近种阜的一端可以找到胚芽、胚轴和胚根。蓖麻属双子叶植物。

3. 小麦颖果结构（图 3-2）

取一粒浸泡过的小麦颖果进行观察。颖果外形呈椭圆形，腹面具纵向的小沟，

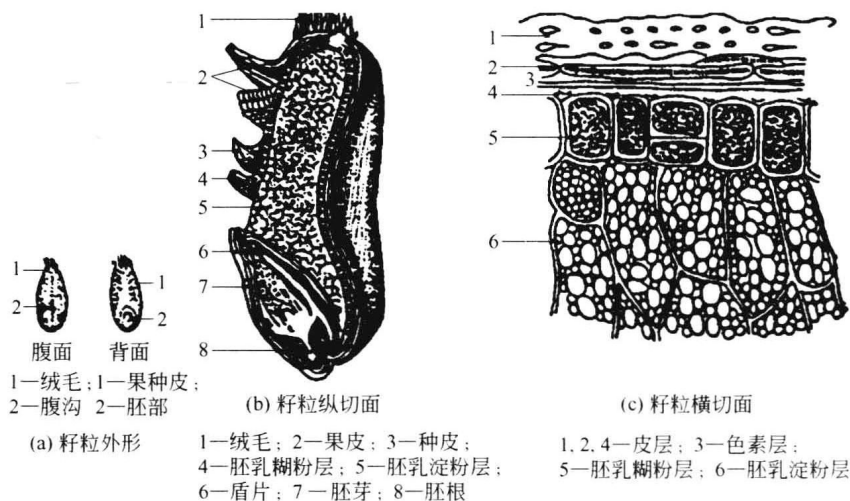


图 3-2 小麦颖果结构

叫腹沟；颖果顶端有一丛单细胞的表皮毛，叫果毛；颖果基部的一侧为椭圆形的胚，而其它大部分为胚乳。用刀片通过胚的正中做纵切，取其一半，用解剖镜观察小麦的纵剖面（图 3-3）。颖果外方为果皮，种皮紧贴着果皮不易分开，和果皮共同组成种子的保护层。种皮内的大部分是结构较为疏松的胚乳，仅背侧基部的一角与胚乳相对的一方是胚。使用浓度较大的碘液染色，胚乳先被染成蓝色再转深呈黑色，同时，胚则被染成橘黄色。