

经济植物形态学丛书

# 大白菜形态学

陈 机 等 著

8621  
47

科 学 出 版 社





经济植物形态学丛书

# 大白菜形态学

陈 机 等 著

## 内 容 简 介

本书根据中国特产的结球大白菜的形态解剖实际观察,结合了国内、外有关方面的研究资料,对大白菜的种子,幼苗、根、茎、叶(特别是叶球),花及果实等,做了系统的总结。各章附有根据实际材料绘制的插图及照片。对于一些有关理论,提出了新的看法、并做了相应的讨论。

本书可做为农业科技人员、农业院校和有关大专院校教学及科学研究参考。

经济植物形态学丛书

## 大 白 菜 形 态 学

陈 机 等 著

责任编辑 翟汝康

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院开封印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1984年10月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1984年10月第一次印刷 印张: 7 3/4 插页: 5

印数: 0001—3,800 字数: 172,000

统一书号: 13031·2694

本社书号: 3704·13—8

定价 1.65元

# 前 言

为了给农业科技人员，农业院校和有关大专院校教学及科学研究提供大白菜的形态解剖学的参考材料，根据我们近些年的研究工作以及综合我国科学工作者有关大白菜的研究资料而编写了此书。

本书内容以描述大白菜外部形态和内部构造为主，此外还讨论了大白菜的栽培和育种问题。并对大白菜的苗端结构和在个体发育中的发展，以及它们和农业栽培管理的相互关系进行了讨论，力图使植物形态解剖学的基础理论研究与生产实际密切结合，前者更好地为后者服务，并在后者中去验证前者。最后就大白菜的起源、演化和命名进行了探讨。

本书所用描叙材料多选自结球大白菜的集中产地山东、河北诸省的典型品种。有关形态解剖研究和栽培管理的资料，大部采自我国植物学和农学工作者的研究成果。同时也综合了国内外学者有关十字花科芸苔属 (*Brassica*) 的其它种的研究资料。

本书内线图及照片绝大部分为我们自绘或自制，少数采自国内科学工作者提供的资料。

本书的特邀顾问是与我们协作二十年之久的山东农学院园艺系教授李家文先生（已故）。

参与本书实验工作和写作的有山东大学生物系植物教研室陈机、郑瑛、管亦农、陈永喆、丁卫建等同志。书中照片系薛凤英同志摄制。

在本书编写过程中，承沈阳农学院谭其猛教授，浙江农业大学李曙轩教授，北京大学胡适宜教授提供了珍贵的资料，并给予热情的帮助。特此向他们表示衷心感谢。

在本书定稿和编辑过程中承北京大学李正理教授和科学出版社翟汝康同志热心关注并提出许多宝贵意见，特此向他们表示衷心感谢。

多年来承山东农业科学院蔬菜研究所供应大量的实验材料，何启伟等同志曾提出许多宝贵建议；山东省电子显微镜协作组对本书大力支持。在此一并致谢。

由于我们业务水平的限制，研究工作的深度及广度不够，收集国内有关资料不完全，难免存在有不少缺点和错误，请读者不吝指正，以便有助于进一步推动我国对于大白菜的研究。

# 目 录

## 前言

|                    |        |
|--------------------|--------|
| 1. 引论              | ( 1 )  |
| 2. 种子和幼苗           | ( 3 )  |
| 2.1 种子             | ( 3 )  |
| 2.1.1 大白菜种子外部形态    | ( 3 )  |
| 2.1.2 种皮的形态和构造     | ( 3 )  |
| 2.1.3 胚的构造         | ( 5 )  |
| 2.1.4 子叶的形态与解剖     | ( 5 )  |
| 2.1.5 胚根的形态与解剖     | ( 6 )  |
| 2.1.6 胚芽的形态与解剖     | ( 6 )  |
| 2.2 种子的萌发和幼苗的形成    | ( 7 )  |
| 2.3 幼苗的解剖——根茎构造的过渡 | ( 7 )  |
| 2.3.1 幼苗的表皮层       | ( 7 )  |
| 2.3.2 根茎构造的过渡      | ( 8 )  |
| 3. 大白菜的根和根系        | ( 13 ) |
| 3.1 根的分化及初生构造      | ( 13 ) |
| 3.1.1 根冠           | ( 13 ) |
| 3.1.2 生长点          | ( 14 ) |
| 3.1.3 伸长区          | ( 14 ) |
| 3.1.4 根被皮和根毛       | ( 15 ) |
| 3.1.5 皮层           | ( 15 ) |
| 3.1.6 中柱           | ( 16 ) |
| 3.2 根的次生长及三生构造     | ( 19 ) |
| 3.2.1 维管形成层的产生及其活动 | ( 19 ) |
| 3.2.2 木栓形成层的产生及其活动 | ( 20 ) |
| 3.2.3 三生构造         | ( 21 ) |
| 3.3 侧根             | ( 22 ) |
| 3.4 根系             | ( 23 ) |
| 3.4.1 大白菜根系的特点     | ( 23 ) |
| 3.4.2 大白菜根系的发育规律   | ( 23 ) |
| 4. 大白菜的个体发育形态学     | ( 25 ) |
| 4.1 大白菜的生长发育规律     | ( 25 ) |
| 4.1.1 营养生长阶段       | ( 25 ) |
| 4.1.2 生殖生长阶段       | ( 27 ) |

|                                          |        |
|------------------------------------------|--------|
| 4.2 大白菜生长发育对环境条件的要求 .....                | ( 28 ) |
| 4.2.1 温度 .....                           | ( 28 ) |
| 4.2.2 光照 .....                           | ( 31 ) |
| 4.2.3 水分 .....                           | ( 32 ) |
| 4.2.4 肥料 .....                           | ( 33 ) |
| 5. 大白菜的苗端结构 .....                        | ( 37 ) |
| 5.1 大白菜结球问题的提出 .....                     | ( 37 ) |
| 5.2 实验与观察 .....                          | ( 39 ) |
| 5.2.1 秋播大白菜的苗端及其变化 .....                 | ( 39 ) |
| 5.2.2 春播小株采种实验 .....                     | ( 42 ) |
| 5.3 关于苗端结构和结球特性理论上的探讨 .....              | ( 43 ) |
| 5.3.1 个体发育过程中顶端结构的变化以及不同结构与顶端活动的关系 ..... | ( 43 ) |
| 5.3.2 营养苗端和生殖顶端的关系 .....                 | ( 44 ) |
| 5.3.3 白菜结球与花芽分化的关系 .....                 | ( 45 ) |
| 5.4 小结 .....                             | ( 46 ) |
| 6. 叶球——结球大白菜 .....                       | ( 47 ) |
| 6.1 大白菜叶球的外部形态 .....                     | ( 47 ) |
| 6.1.1 大白菜的特征和叶球的概念 .....                 | ( 47 ) |
| 6.1.2 大白菜叶球中的茎 .....                     | ( 47 ) |
| 6.1.3 球叶 .....                           | ( 47 ) |
| 6.2 变种、杂种及生态型的形态特征 .....                 | ( 49 ) |
| 6.3 叶球的形态 .....                          | ( 50 ) |
| 6.3.1 依包心形成的形态特点 .....                   | ( 50 ) |
| 6.3.2 依叶球形状和球形指数 .....                   | ( 51 ) |
| 6.3.3 依叶球内叶的抱合方式或幼叶卷叠式 .....             | ( 51 ) |
| 6.3.4 按球叶的叶片数和单叶平均重量 .....               | ( 52 ) |
| 6.3.5 按叶球的发育方式 .....                     | ( 52 ) |
| 6.4 大白菜结球性的探讨 .....                      | ( 52 ) |
| 6.4.1 叶球的发育习性 .....                      | ( 52 ) |
| 6.4.2 大白菜结球性的假说 .....                    | ( 53 ) |
| 7. 茎和叶的构造 .....                          | ( 57 ) |
| 7.1 茎 .....                              | ( 57 ) |
| 7.1.1 茎的生长与分化 .....                      | ( 57 ) |
| 7.1.2 营养茎和花茎的构造 .....                    | ( 59 ) |
| 7.2 叶 .....                              | ( 60 ) |
| 7.2.1 子叶 .....                           | ( 61 ) |
| 7.2.2 初生叶 .....                          | ( 63 ) |
| 7.2.3 莲座叶 .....                          | ( 63 ) |
| 7.2.4 球叶 .....                           | ( 68 ) |

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| 7.2.5 顶生叶             | ( 69 ) |
| 7.3 小结                | ( 71 ) |
| 8. 大白菜的生殖生长阶段形态学      | ( 73 ) |
| 8.1 大白菜的生殖            | ( 73 ) |
| 8.1.1 大白菜生活史的特点       | ( 73 ) |
| 8.1.2 大白菜的生殖生长阶段      | ( 73 ) |
| 8.1.3 营养生长与生殖生长的关系    | ( 74 ) |
| 8.2 花及花序列             | ( 75 ) |
| 8.2.1 花的概念            | ( 75 ) |
| 8.2.2 花序列的概念          | ( 76 ) |
| 8.2.3 大白菜的花序顶端的特点     | ( 76 ) |
| 8.2.4 生殖顶端的演变         | ( 77 ) |
| 8.2.5 大白菜花的形态         | ( 79 ) |
| 8.3 花器官的解剖            | ( 81 ) |
| 8.3.1 花梗的解剖           | ( 81 ) |
| 8.3.2 花萼的解剖           | ( 81 ) |
| 8.3.3 花瓣的解剖           | ( 82 ) |
| 8.4 雄蕊群及雄蕊            | ( 82 ) |
| 8.4.1 雄蕊群             | ( 82 ) |
| 8.4.2 雄蕊              | ( 82 ) |
| 8.5 雌蕊                | ( 83 ) |
| 8.5.1 雌蕊的概念           | ( 83 ) |
| 8.5.2 大白菜的心皮          | ( 84 ) |
| 8.5.3 雌蕊的形态解剖         | ( 85 ) |
| 9. 生殖过程               | ( 86 ) |
| 9.1 小孢子及雄性配子体         | ( 86 ) |
| 9.1.1 小孢子囊            | ( 86 ) |
| 9.1.2 小孢子             | ( 88 ) |
| 9.1.3 雄配子体            | ( 88 ) |
| 9.2 大孢子及雌性配子体         | ( 90 ) |
| 9.2.1 大孢子囊            | ( 90 ) |
| 9.2.2 大孢子的发育和雌性配子体的形成 | ( 91 ) |
| 9.3 大白菜的开花习性          | ( 92 ) |
| 9.4 合子的形成及其发育         | ( 94 ) |
| 9.4.1 开花与传粉           | ( 94 ) |
| 9.4.2 受粉与柱头的生理特性      | ( 95 ) |
| 9.4.3 花粉管的发育          | ( 96 ) |
| 9.4.4 花粉管进入胚囊         | ( 96 ) |
| 9.4.5 胚与胚乳的发育         | ( 97 ) |

|                            |                |
|----------------------------|----------------|
| 9.5 子房发育成果实 .....          | ( 100 )        |
| <b>10. 大白菜的起源与分类 .....</b> | <b>( 102 )</b> |
| 10.1 大白菜的起源问题 .....        | ( 102 )        |
| 10.1.1 杂交起源说 .....         | ( 102 )        |
| 10.1.2 分化起源说 .....         | ( 103 )        |
| 10.2 大白菜的分类 .....          | ( 105 )        |
| 10.2.1 大白菜的植物学分类 .....     | ( 105 )        |
| 10.2.2 大白菜的园艺学分类 .....     | ( 106 )        |
| 参考文献 .....                 | ( 108 )        |
| 索引 .....                   | ( 111 )        |
| 图版及其说明                     |                |



# 1. 引 论

大白菜是我国特产的重要蔬菜。它属于有花植物门, 双子叶植物纲, 白花菜目, 十字花科, 长角果类芸苔族, 芸苔属(*Brassica*), 拉丁学名为 *Brassica campestris* ssp. *pekinensis* (Lour.) Olsson (曾用名: *Brassica pekinensis* Rupr.)。

大白菜为一年生或二年生具莲座状叶丛的草本植物。叶互生。具复总状花群(复总状花序)。花两性, 整齐。花萼由2基数的两轮互生萼片组成。花瓣4枚, 黄色, 对角着生。雄蕊6枚, 外方一对, 花丝短, 居于横线上; 内方两对, 花丝较长(四强雄蕊), 居于中线之上; 内外两轮互生。合生心皮2枚, 侧面对轴, 子房具侧膜胎座, 由假隔膜分成2室; 胚珠多数, 弯生, 柱头合生。果实为长角果, 成熟种子内无胚乳; 子叶2枚, 沿中脉摺叠〔《○》〕, 具子叶纵摺胚。萌发时子叶出土。〔4〕

花公式:  $K_{2+2}; C_4; A_{2+4}; \underline{G}(2)$ 。

花图式: 见图 1.1

大白菜之所以成为一种重要的蔬菜, 有以下原因: 它是单位面积产量最高的蔬菜之一, 也是单位面积日产量最高的蔬菜之一, 一般亩产量约1万多斤, 最高可达3万多斤, 它的每亩每日产量达到100—200斤以上。它品质柔嫩, 风味鲜美, 久食不厌; 生食、熟食、腌渍, 制干都适宜。贮藏方便而又耐久贮, 是解决冬春淡季蔬菜供应的主要种类, 尤其北方几省约有半年时间主要依靠大白菜来供应食用需要, 估计它的栽培面积约占秋菜总栽培面积的百分之五十以上, 它的消费量约占全年蔬菜消费总量的百分之二十五左右, 在各种蔬菜消费量中居首位。大白菜生长期短, 能提高土地利用率, 它的栽培管理比较简单, 生产成本低。

山东省是我国大白菜的主要产区之一, 栽培历史悠久, 品种资源丰富, 各地普遍种植, 面积很大, 除本省自给外, 还能支援各兄弟省、市及香港等地。

据 M. M. Жуковский (1971)〔9〕: 中国芸苔属(*Brassica* L.) 的栽培种可能有自己特有共同种以上的祖先, 与具有染色体组aa的欧洲 *Brassica campestris sensulato* 是同源的, 是中国-日本起源和类型形成基因中心所特有的。大白菜 [*Brassica campestris* ssp. *pekinensis* (Lour.) Olsson] 是中国发源的最古老蔬菜之一。

大白菜的种类和品种十分丰富, 在育种学历史上, 我国劳动人民做出了极为光辉巨大的贡献和成就, 它的经济价值远超过西方起源的同类蔬菜甘蓝 (*Brassica oleracea* L.)。我们祖先选育的大白菜品种类型也非常丰富: 有的单株重达30斤左右, 有的植株高达1米左右, 有的成熟期短到50天左右, 有些具有特异的香味, 还有各种各样的叶

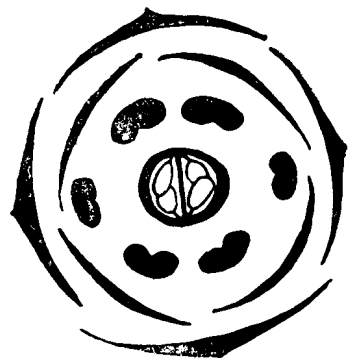


图 1.1 大白菜花图式

球类型。大白菜自中国传入朝鲜、日本和东南亚以后，不久就成为他们的一种重要蔬菜。

全国解放以来，各地普遍开展了引种和品种鉴定工作，仅辽宁、河北、山东三省调查研究整理的品种就有600—700个。大白菜的品种区域化工作取得了很大的成绩，一方面使原有各大白菜生产地区获得了适合于当地栽培的优良品种，同时优良品种得到了广泛的推广；另一方面使大白菜的栽培区域也得到了很大的扩展，现在几乎全国，除新疆以外，连西藏<sup>[30]</sup>都已在推广栽培。这说明我国农业工作者在大白菜品种选育和良种繁育工作中做出了很大的成绩。

国内外的科学工作者对大白菜的品种资源、遗传和育种、生理、栽培、植物保护等方面进行了广泛深入的研究，他们的工作给我们很大的启示，为了对中国大白菜的科学研究做出自己的一点贡献，我们把20年来关于大白菜形态解剖方面的工作做了简要的总结，而成为经济植物形态学丛书之一——《大白菜形态学》。

## 2. 种子和幼苗

种子是亲本植物的配子体和孢子体同时参与所形成的一个来源复杂的复合物，是种子植物联系配子体世代与孢子体世代之间的桥梁。

成熟的种子外面包被着种皮，它是由上一代孢子体世代的大孢子囊——胚珠的珠被发育而成的，功能是起保护作用。

种皮里包含着胚，它是由上一代配子体世代的最终产物——精子和卵，经过受精过程而产生出来的新一代孢子体的始发点——受精卵发育而成的。

被子植物的特征之一，就是它们的有性生殖过程中有“双受精现象”，结果除去形成胚的受精卵之外，还有“受精极核”，由后者发育而成为供应胚的发育以养料的储藏组织结构——胚乳。大白菜种子中的胚乳在种子成熟之前，就已经被胚吸收净尽，因此成熟的种子中不再有胚乳存在，称作无胚乳种子。

白菜种子在萌发形成幼苗时，胚根伸长和子叶展开，胚芽和胚根的生长点由休眠状态转为活跃的生长状态。

### 2.1 种子

#### 2.1.1 大白菜种子外部形态

大白菜的种子，呈圆珠形，红褐色至褐色，直径约1.3—1.5毫米，千粒重2.5—3.0克。

种子从珠柄上脱落后，遗留下来的痕迹，叫做种脐。原来的珠孔地方有一个很小的开口，叫做种孔（图版6-I）。

#### 2.1.2 种皮的形态和构造

不同品种的大白菜种子，用肉眼或在放大镜下看起来，很难找出它们之间的区别。因此白菜种子品种的鉴别，一度使园艺学家们大伤脑筋。而种子品种鉴别以及种皮在选种育种时所起的作用，都是非常重要、不可缺少的，这是要认真加以研究、探讨的问题。

实际上白菜的各个品种之间，在种皮的外部形态特征和内部构造上是有着明显的品种间差别的。而且形态特征是构造在外部的表现，二者是完全统一的，并没有什么矛盾之处。可以利用扫描电子显微镜来观察种皮外部形态，也可以利用光学显微镜来研究种皮结构。这两种方法各有其优缺点，前者操作简单，迅速直观，但受仪器条件的限制。后者费时费工，但要求条件、设备不高。最好还是这两种方法并用，从内外结构上全面地进行观察，使结果具有更科学的依据。

在扫描电子显微镜下，观察到由于种皮的不均匀凸起，从而显出了复杂的花纹。这些花纹的形状是随品种而异的，但在同一品种内是相对稳定的。因此可用作分类的依据。花纹的特征可以从以下几方面表现出来：（1）小格，种皮表面凸起形成的最基本、

最简单的花纹，呈多边形。如：四边形（天津青麻叶，图版 6 - II），六边形（冠县包头，图版 6 - III）。随白菜品种不同，小格边缘凸起的高度，或小格凹下的深度也有所不同（图版 6 - II，6 - III，6 - V）；（2）大格，种皮更高的凸起花纹。每一个大格中包括许多小格。大格的有无、大小、形状随品种而异（图版 6 - IV）；（3）种孔和种脐的形状。

白菜的胚珠具有两重珠被——外珠被，内珠被。在种子的形成过程中，这两重珠被经历了巨大的变化，变成了种皮。<sup>[62]</sup>

在白菜的未完全成熟的种皮中最多可观察到以下几层：

外珠被外表皮形成表皮层。

外珠被中层细胞被挤压成一薄层——表皮下层。

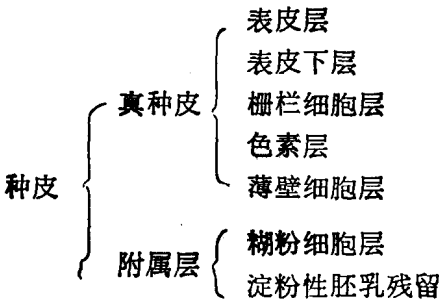
外珠被内表皮形成栅栏细胞层。它们的细胞壁强烈加厚，加厚是在径向壁和内弦切向壁这几个方向进行，使得每个栅栏细胞在种子的纵切面或横切面中看起来呈开口向外的马蹄铁形状。它们组成了种皮中最坚固的一层。细胞壁加厚的程度（即细胞壁的厚度），径向壁是否全部加厚（也就是径向壁加厚的高度），这些都是利用种皮来鉴定白菜种子的品种的重要特征。正是这一层细胞形成了扫描电子显微镜下观察到的种皮花纹。由于种子成熟后，栅栏细胞层外面的细胞内的物质干燥，连同栅栏细胞弦切向壁一起强烈下陷，栅栏细胞的径向壁由于强烈加厚，保持原状不动，因此反而显得凸出了。在种皮表面观察到的每一个小格花纹图案，实际上就是由一个栅栏细胞径向壁组成的细胞腔的图形。如“天津青麻叶”的种皮花纹，从扫描电子显微镜照片上可以测量出它的小格是一个边长约为17微米×8微米的长方形，而从切片上可量出栅栏细胞的最大宽度与最小宽度的值也是如此（图版 6 - II 和图版 3 - I）。栅栏细胞径向壁加厚得越高，则小格越深；反之，小格则越浅。由图版 6 - V 中就可看出“青杂中丰”种皮的栅栏细胞径向壁加厚高度很低，从而表现出很浅的小格，如果某些栅栏细胞径向壁加厚的高度有规律地大于它周围的细胞，则形成了种皮上的大格花纹。如“冠县包头”（图版 6 - IV）。

内珠被在种子形成过程中也受到强烈挤压，因其中沉积了大量色素，又 称 作 色 素 层<sup>[3]</sup>。有时最内 1、2 层细胞保留得比较完整，称为薄壁细胞层。

种皮内方往往还可见到胚乳最外层的糊粉细胞层与被吸收了的淀粉性胚乳遗迹。二者合称之为附属层。

成熟的“天津青麻叶”、“安阳包头”的种皮中仅观察到：表皮层与表皮下层的残留物，它们在种子萌发时吸水膨胀，粘液化，因此又称之为粘液层；细胞壁加厚的栅栏细胞层；无细胞结构、颜色深的色素层；薄壁细胞层及分不清细胞结构的附属层（图2.1）。

白菜种皮最多可分为：



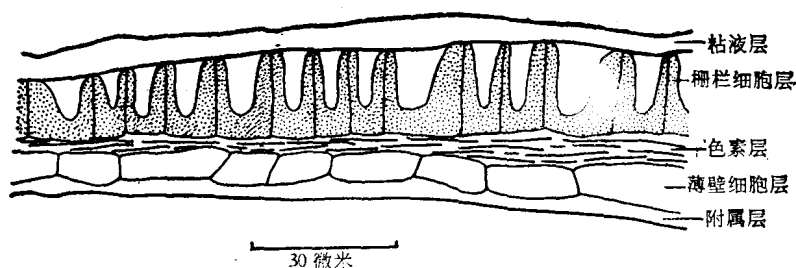


图2.1 “天津青麻叶”种皮解剖构造

### 2.1.3 胚的构造

胚是种子里最主要的部分，是植物幼小的孢子体世代最年幼的植株。它受到了种皮的良好保护。在萌发前处于休眠状态。成熟的胚由四部分构成：子叶、胚芽、子叶下轴或胚轴和胚根。由于种皮的约束，萌发前白菜种子的胚属于子叶纵摺胚。胚中的核心部位——胚芽严密地被包裹在子叶之中，受到种皮和子叶的双重保护（图2.2, 2.3）。

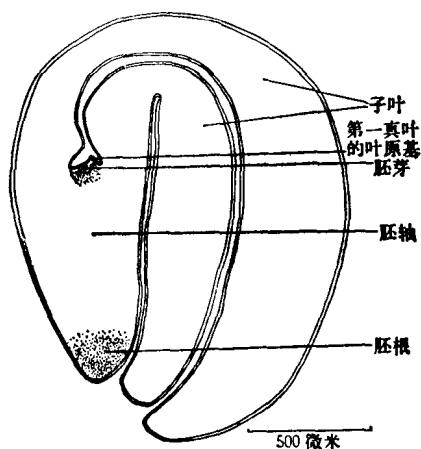


图2.2 大白菜种子纵切面

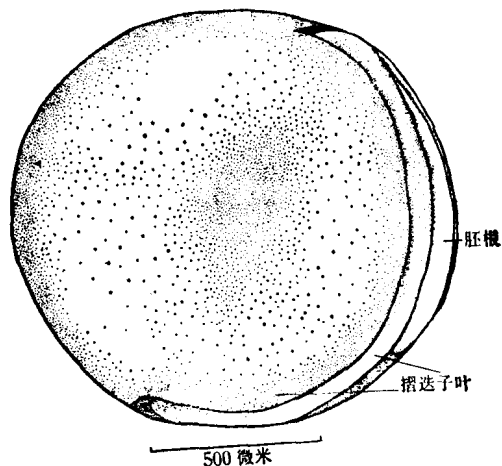


图2.3 大白菜的胚的外部形态

### 2.1.4 子叶的形态与解剖

成熟种子根据其中胚乳的有无，可以分为有胚乳种子与无胚乳种子。有胚乳种子萌发时，胚所需的养料由胚乳供应，而无胚乳种子则由其储藏组织（子叶或胚轴）提供萌发时所需的养料。白菜种子属于无胚乳种子。子叶为其养料储藏处所。当种子萌发时，子叶出土，展开后，能行光合作用，制造养料。因此，可根据白菜子叶的功能，将其分成为“储藏时期子叶”和“光合作用时期子叶”。在种子未萌发时，子叶处于储藏时期子叶阶段，行储藏养料的功能。它的构造是与它的功能相适应的。子叶相对于胚的其他部位来说，它是肥厚的，体积也大，叶片状，在种子内纵摺叠。子叶靠近胚芽部分特别厚，储藏物含量多，叶片不分上下面，内部细胞形状相似。子叶尖端部分，叶片比较

薄，细胞有明显的分化，叶片上面细胞呈长柱形，垂直于叶面，排列紧密；叶片下面细胞呈长圆形。它们内部都含有储藏物质。这个阶段的子叶表皮细胞中也有储藏物质。维管束中已经分化出了螺旋导管。

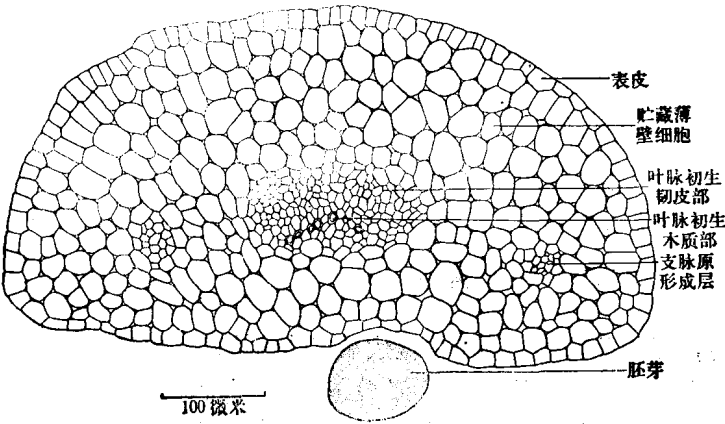


图2.4 大白菜子叶横切面

于根与茎初生构造的中间过渡型，比真叶的内始式木质部的进化水平要低（图2.4）。

种子萌发后，子叶进入光合作用时期子叶的阶段。它的构造同一般叶子基本相似。叶片上面为栅栏组织，下面为海绵组织，但初期细胞间隙不发达。白菜子叶中的木质部的分化方式是中始式的，几个导管排成一横列与韧皮部相对排列。这说明白菜子叶维管束的构造是处

### 2.1.5 胚根的形态与解剖

白菜的胚根呈直的、不卷曲的圆柱形。从种子外部可以看到胚根和胚轴的大致轮廓（图版 6 - I）。胚根的前端包有胚根冠。胚根冠包围保护着生长点。生长点细胞最小，细胞质稠密，与胚根冠细胞有很明显差别。胚根中央是中柱部分，细胞细长，很易与其他细胞区分开来，筛管首先开始分化（图2.2）。

### 2.1.6 胚芽的形态与解剖

种子萌发后胚芽形成植物的苗（茎和叶）。一般植物种子之中，胚芽里还没有茎和叶形成的任何迹象，只是两片子叶着生点上方的一块半球状的分生组织而已。但是在白菜的种子中，胚芽的分化活动却开始得比较早，第一片真叶的叶原基在种子中就已经形成了（图2.5）。胚芽顶端的细胞与周围的细胞比起来小得多，细胞质稠密，几乎看不出有细胞间隙，也就是说它和胚根生长点一样，都具有分生组织的共同特征。它和胚根生长点不同之处是外边没有胚根冠保护。胚芽顶端的外层是一层界限分明的细胞（原

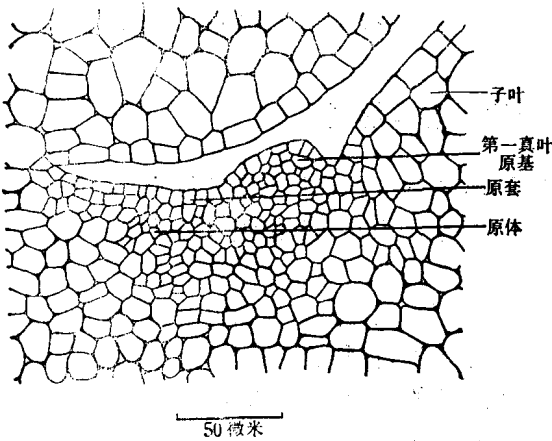


图2.5 白菜（安阳包头）胚芽的纵切面



套)，原套里面是一团分生组织细胞(原体)。(图2.5)。在种子中胚芽顶端的结构是简单的，在种子处于休眠状态时，它也没有表现出明显的分生活动。它的结构虽然简单，但在植物整个一生中所起的作用却很大。

## 2.2 种子的萌发和幼苗的形成

大白菜的种子在春季成熟后，经过一个休眠时期，秋季播种在大田里，经2—3天后，幼芽出土，展开一对子叶。之后出现一对初生叶，7—8天初生叶完全展开，并达到和子叶相等的大小。这时，子叶和初生叶交叉排列成十字形，这种生长相农民称之为“拉十字”，从此时起白菜发芽期结束，开始进入幼苗期。

种子的萌发，开始为吸涨作用，即种子吸水膨胀。吸涨作用可以使胚中的酶转化为活动状态。在有空气和适合的温度条件下，酶能使储藏的营养物质转化为溶解状态，作为胚发育时的营养。胚细胞开始强烈地分裂、生长和分化。组成胚的各部分继续形成和伸长，胚也就转化成为幼苗。幼苗与胚不同点，在于除利用子叶里储藏的营养物质之外，还进行独立的自养生活——进行吸收作用，光合作用和制造有机物质。

从形态上看，种子的萌发包括：胚根首先生长，开始形成主根；然后下胚轴伸展，接着子叶伸出种皮，开展并长大，形成叶绿素，呈现绿色；最后胚芽萌动，初生叶即第一、二片真叶增长，开展，开始产生地上的主轴部分。这种萌发过程是有生物学意义的。因为根较早发育，可以把幼苗固定在土壤中，从而吸收适量的水分和无机盐，供给幼苗生长的需要。子叶下轴(下胚轴)的伸长可以使子叶伸出土壤之外，去接收阳光，进行光合作用，制造养料，供胚芽苗端生长，使地上部分有可能形成幼年植物。

种子的胚经过生长成为幼苗的过程中，长成光合作用时期子叶、初生叶、胚轴和主根。这些器官本来是胚中都已经具备了，处于不活动的休眠状态。萌发期的主要关键，是运用合理的播种技术，创造适当的温度、水分、空气等外界条件，使种子开始萌动，并主要利用种子中贮藏的养分长大起来而成为幼苗。幼苗的生长量很小，不到植株最终重量的0.1%。因此，发芽期由土壤中吸收养分很少，主要是吸收水分。这一时期根系尚未发达，吸水能力很弱，如土壤中水分不足会影响发芽；反之，如果土壤中水分过多，又会使土壤中空气不足而不利发芽。因此应切实注意发芽期的“水的管理”。

幼苗和胚的形态上的不同，表现在胚根形成了主根，将来形成根系。下胚轴和主根之间的过渡区，叫作根颈。两片子叶的着生点叫作子叶节。子叶和初生叶之间，为上胚轴。然而大白菜的上胚轴极短，四片叶(子叶及初生叶)几乎生在同一平面上，节间不明显，因此，幼苗上的茎十分不发达，仅仅在中央纵切面上可以看到不久将形成髓的肋状分生组织区而已。

## 2.3 幼苗的解剖——根茎构造的过渡

### 2.3.1 幼苗的表皮层

将大白菜的种子在液体培养基或水中培养，使之萌发，为了获得上下笔直的标本，

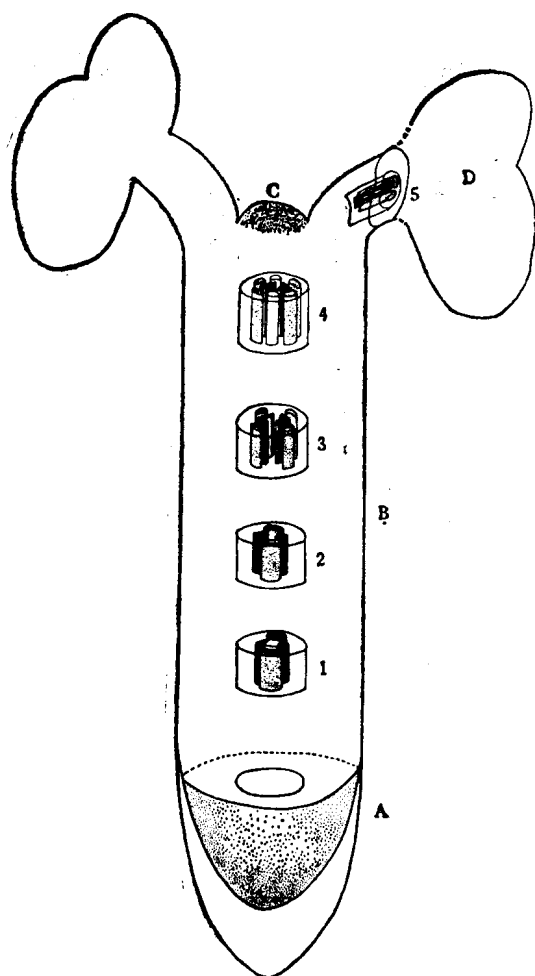


图2.6 白菜幼苗与根茎构造转化过程图解  
A. 胚根；B. 下胚轴；C. 胚芽；D. 子叶。  
1.2. 见图2.7, 2.8；4. 见图2.9, 2.10；  
5. 见图2.11, 2.4.

最好将种子放在一块孔眼较大的纱布上萌发。胚根首先伸出种皮之外，之后下胚轴伸长，胚根生长为主根。下胚轴与主根的分界线较难确定，但从它们以后的组织分化来观察却又不难。根的最外层细胞，分化成为根被皮，它的特点是不具明显的角质层，永远没有气孔器分化，某些细胞能局部向外突出形成根毛，所以也叫生毛细胞。反之下胚轴的表层细胞，永远不产生根毛，有时有气孔器分化，因此，下胚轴的表层细胞应叫作表皮。根被皮与表皮的生理机能不同，原则上讲：根被皮属于吸收组织，而表皮属于保护组织，所以不宜把二者混为一谈<sup>[21, 22]</sup>。

### 2.3.2 根茎构造的过渡

大白菜有两片展开子叶的幼苗，包括一个具根冠的胚根，一段开始伸长了的下胚轴，一对子叶以及刚刚开始萌动的胚芽等四部分组成（图2.6）。通过整个胚根上下不同的水平上制成的横切片，显示出分化程度不同的根端的结构，这种分化过程将在下一章里叙述。这里只着重指出根毛区的构造（图2.7、2.8）。它的初生构造已分化完成，显示出是一个典型的根的初生构造。它具有如下的六个特征：一层具根毛的根被皮，几层薄壁细胞组成了初生皮层，它的最内一层分化成为内皮层；中柱最外层薄壁细胞和内皮层细胞相间排列，换句话说，内外两层细胞不排列在同一条放射线上，这层薄壁细胞叫作中柱鞘；初生木质部是二原型，外始式的，和两个初生韧皮部相间排列，成为一个典型的二原型外始式放射中柱。

茎中初生木质部是内始式的，并和初生韧皮部一里一外相对排列。根中初生木质部的分化方向是外始式的，与茎的内始式相差180°，根的初生木质部与初生韧皮部的排列是相间的，后者与茎中的相差90°。这样根与茎的初生构造中就必然存在着一个过渡转变的问题。

在涉及根茎初生构造转变问题之前，有必要就几个问题讨论一下。

一是筛管与筛管分子（筛胞）、导管与导管分子的关系。导管（或筛管）属于输导组织，它是由一些导管分子（或筛胞）所组成的运输植物体内物质的通道。一个导管分子（或筛胞）仅是一个特化了的细胞，它有一定大小、长度。它们有先有后，有内有外

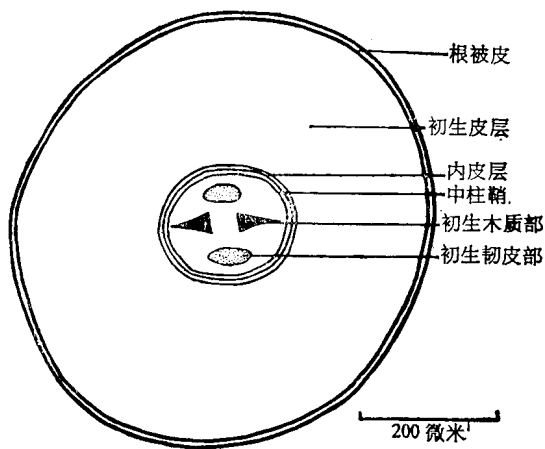


图2.7 白菜胚根横切面

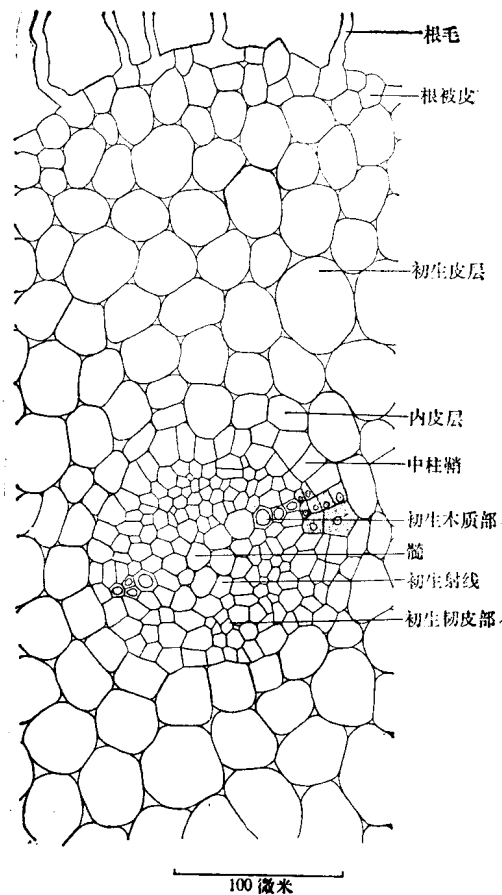


图2.8 白菜萌发时胚根的横切面

地分化出来，再彼此连接而成为导管（或筛管）。比如，可以从切片上看到，导管是由叶着生在茎上的部位开始向叶中、茎内这两个方向分化的，在它们分化的过程中，在茎的皮层中往往可以见到几段孤立的导管，尚未与茎的维管系统相连接。另外，在茎的伸长过程中，初生木质部中临时起输导作用的是原生导管，它的细胞壁加厚程度较低，随着茎的伸长，它们被张拉，最后被拉断，挤扁，以至消失；它们的作用则由后分化出来的后生导管所取代。在这个复杂的分化过程中，导管分子不断地形成、消失、再形成，维持着输导作用。由此看来我们不应把导管（或筛管）仅简单地想象成为一条或几条笔直的，象自来水管一样完全连续、完全贯通的通道，而应把它们理解作是一种输送物质的系统，把它们看作是由组成它们的导管分子（或筛胞）以各种方式连接起来的。连接的方式可以是对接的，即以细胞的端面相接形成贯通的管道；也可以是搭接的，即以细胞的侧面相接，通过细胞壁上的通路转输物质；有时导管分子（或筛胞）也可能是不相接的，而通过周围的薄壁细胞将物质转输出去。

导管与筛管的分化按其分化方向可以分为纵向分化与横向分化。在纵向分化中，韧皮部先分化的细胞是远端的，即由植株中部（子叶下轴）向根尖或苗端两个方向上分化；木质部是由节向叶中和茎内分化。在横向分化中，一般可由细胞的直径来判断分化