

实用制粉学

商业部郑州粮食科学研究设计所
全国粮食机械情报中心站

译 者 的 话

本书是1980年商业部陆锡华、顾尧臣、方守仁三位工程师出访英国时带回的。该书为两卷本，第一卷二十四章，第二卷十七章，内容十分广泛和丰富，从小麦的种植、结构形状、接收、储藏、清理、制粉、产品处理、质量控制、散存散运、劳动安全、防火防爆、面粉营养，一直到面包的制作均有专门的章节作了详尽的阐述。

英国是一个制粉工业具有悠久历史的国家，不论是制粉工艺，或者制粉设备均属国际先进行列。英国曾出版过好几本制粉技术方面的经典著作，而“实用小麦制粉学”是在这些经典理论著作基础上结合现代制粉实践的教学参考书。

鉴于该书的篇幅很大，翻译出版均有所不便之处，我们只好忍痛删去一些专门论述英国当地情况的章节，总成为二十六章，翻译出来以飨读者。

本书系由商业部粮食科学研究设计院组织翻译，由胡守泰同志任责任编辑。参加翻译的同志计有：马丹菲、刘秀英、孙以贤、张诚彬、张志涛、张妙卿、吴锦圃、郑桂军、席得清、杨岩、胡守泰、顾尧臣、章学澄等十三位同志。参加审校的计有：张诚彬、席德清、顾尧臣三位同志。本书插图由林琳同志绘制。

由于我们水平有限，又因当时时间仓促，译本一定存在不少缺点和错误，敬希广大读者批评指正。

前 言

鉴于英国各制粉公司和国际许多制粉公司对英国全国联合工业理事会编写的“制粉函授课程”目前还在继续使用，同时使用量还在日益增加，而且存书将很快售完，所以有必要重新考虑将“实用制粉学”卷一的现行版进行重印，或者将该书进行一次全面的修订。

然而，在作出任何决定之前，一些有关的因素（诸如最近对“考试大纲”的修订）和“实用制粉学”与“考试大纲”有关的需要，都应加以仔细的考虑。象“制粉工艺学”和“制粉学”这类长期行销的参考书已经无从得到并且完全绝版，也是一个同等重要的事实。

在考虑了这些因素之后，大家认为现在正是时机将本书修改成一个能为制粉工业服务的修订版本，既可作为学生的教科书，又可作为制粉工业的参考书，以代替那些目前无法得到的书籍。摆在读者面前的这本书就是这些考虑的结果。

在进行这项工作时，我们有机会使所有的现代技术、操作方法和机器都包括进去，使本书各章节的编排方式能使读者对“制粉流程”的学习循序渐进和符合逻辑。尽管许多新的东西已经包括在本书内，但是应该知道本书将在全世界许多国家中使用，那里的面粉厂、厂内的机器和设计仍然是多种多样的。因此继续包括一些仍在使用中的较老的方法和实践的参考资料，也是必不可少的。事实上，机器和设计可能改变，但制粉的基本原理都不会改变。

在英国全国联合工业理事会的培训和教育委员会主席卡特先生（MR. J. R. C. Carter）的总指导下，许多作者参加了修订这个版本的工作。英国全国联合工业理事会衷心地感谢所有的撰稿人，以及其它为本书的准备和出版起过积极作用的人。同时还必须向许多面粉机器制造厂商表示感谢，感谢他们在提供各种图片方面所给予的最有益的合作和协助，这些图片是本书的一个有益的组成部分。

这些图片下面的署名，为了简便起见，根据具体情况均用简称，如布勒、西蒙、特勒等。大家都会知道这些简称系指布勒兄弟有限公司、托马斯·鲁宾逊父子有限公司、亨利·西蒙有限公司、E·R·&F特勒有限公司。

最后，大家都会了解，本书将要付印，公制化还处在向全英国工业推广的进程之中，距离普通接受的阶段还很遥远。不管怎样，本书主要的参考数据都已经尽可能地换算成了公制，但是还有一些其它的数据，特别是粉路图中的数据，还没有可能换算。在本书的末尾，有一张国际标准单位和公制相等单位换算表，它将对于读者有所裨益。

（胡守泰译）

制粉工业简介

在开始对制粉过程作一个简单的解释之前，对面粉厂商所用的原料，当然是小麦，简要地提一提是有必要的。

小麦是世界主要粮食作物中最重要和广泛种植的一种。它能在各种气候条件下生长，从俄国严寒的北极到酷热的印度。因此，在这样极为不同的气候和条件下生长的各种不同品种的小麦，在外表上和特性上将有很大的差异，是显而易见的。

根据籽粒外皮（麸皮）的色泽，小麦在通用的术语中可称为“红麦”或“白麦”。从特性上来说，小麦可称为硬质的或软质的、“筋力强的”或“筋力弱的”。对于面粉厂商和面包厂商来说，小麦最重要的质量指标是其筋力、色泽、风味，当然还有能生产面粉的数量。

筋力是指面粉能制作出体积大的面包的能力。一般来说，加拿大和美国种植的红麦可列属于筋力强的一类，能磨制出制作面包最好的面粉。而在象英国那样气候温和条件下生长的小麦，则可属于白色软质小麦，是制作饼干的理想原料。可以这样说，由于各种不同情况（这些情况在这个简要的介绍中不打算加以概括），英国的面粉厂商现在正在使用更多国产小麦作为他们的原料。

为了生产具备筋力、色泽和风味等一切重要质量指标的面粉，面粉厂商应该把各种不同类型的小麦，按正确的比例进行搭配。在这种搭配工作中，面粉厂商必须考虑这样一些项目如：小麦的成本、用户的要求等，这些要求可以因地区和口味而异。

我们谈过了原则，现在我们转到磨制面粉的实际过程上来。

制粉过程基本上可分为四个主要的阶段：

- 1、小麦的接收和贮藏；
- 2、制粉前的清理和准备；
- 3、研磨小麦；
- 4、成品的打包和贮藏等。

接收和贮藏

对面粉厂商来说，为了保持其面粉厂连续生产，建立至少三至四周的小麦贮备，是十分必要的。这种贮备也将根据面粉厂商的要求，明显地包括各种类型的小麦。为了使面粉厂商将其小麦混合成正确的搭配小麦，他需要将各种小麦分别贮藏，而每一类小麦将贮藏在不同的仓筒或筒仓群中。

这些筒仓群，可以贮藏数量极大的小麦，称之为立筒库。面粉厂商可从这些筒仓中取得小麦供给他的面粉厂。

制粉前小麦的清理和准备

如果你懂得小麦是来自不同的产地，并且以不同的方式运输，这样就非常明显，发运来

的小麦会混有许多杂质，如其它种籽、麦皮、麦杆、泥沙、金属碎片和各种杂质。因此在存入立筒库以前，将大部分的这些杂质从小麦中除去是必要的。

由于面粉厂商利用立筒库，小麦再一次通过强有力的清理系统，在小麦磨制之前，进一步将杂质清除掉。这一道辅助的清理系统中所使用的清理方法是多种多样的，可用不同规格的筛子来筛理小麦；因此，“清理车间”（Screenroom）由此而得名；还可以利用比重、重量、大小和形状不同的原理，在小麦最后入磨之前，将所有剩余的杂质清除掉。

小麦太硬、太干或者太湿，以致不能进行正常研磨时，必须加水或除去水份，这是这个阶段必须考虑的另一个因素。

在保证小麦已经具备适合制粉的条件之后，就可以进入制粉过程的下一阶段，这就是磨粉（milling）。

磨制小麦

我们在解释磨粉过程之前，了解一粒小麦基本上由三个主要部分组成是必要的：

- 1、麸皮——它是外皮或表皮；
- 2、胚芽——新植株的胚；
- 3、胚乳——面粉就是由胚乳制成。

因此，对一家面粉厂商来说，胚乳是麦粒最重要的部分。麸皮含有一些物质，如果面粉中含有这些物质，将会破坏面粉的色泽；麸皮和胚芽（胚）两者都含有能损坏面粉烘焙性能的物质。

皮磨系统

面粉厂商的主要目的必须是分离出尽可能纯净的胚乳，以便把它们研磨成含麸皮或胚芽尽可能少的面粉。由于小麦籽粒的形状特殊，它有一条纵贯其全长的腹沟，腹沟的深度有时达到籽粒厚度的一半，这就使得这个任务变得更加困难了。

磨粉过程的第一部分（它是一个机械过程）是剥开或破开小麦籽粒，并将胚乳从麸皮上剥刮下来。这道工序重复多次直到从麸皮上再也剥刮不下任何更多的胚乳为止。这道工序每重复一次，就获得更多的胚乳，因为我们是把小麦籽粒破开，把它的内含物剥刮下来；这道工序称之为“皮磨系统”（Break System）。

皮磨系统所用的机器通称为磨粉机，主要由成对旋转的冷硬铸铁辊筒（磨辊）组成，并用齿轮这样传动，使上辊的转速大约是下辊的两倍半左右。辊筒（磨辊）表面均拉成齿纹，这些齿纹沿磨辊的长度呈一个很小的角度。用作头道皮磨的磨辊通常为每25.4毫米（1英寸）约10牙或12牙，而后续各道皮磨磨辊的齿数逐渐加密。

当小麦从一对磨辊中间通过时，各个麦粒却被慢磨上的磨齿抓住，而快辊的磨齿则将麦粒剥开并剥刮下部分胚乳。磨辊间的轧距（辊筒间的空隙）可按所要求的精确度来调整。

在每道皮磨之后，被剥刮下来的胚乳，从撕裂开的小麦籽粒中“筛”出。这道工序称为筛理，是由称之为平筛或离心圆筛（其筛面有各种大小不同的筛孔）进行筛理来实现的。

胚芽的分离

如前所述，即使少量的胚芽对于面粉的烘焙品质都是有害的，所以在胚乳、麸皮和胚芽磨得很细之前，所有的胚芽都要提出。

各种物料的分级

由粗筛筛出的胚乳是由不同大小的颗粒所组成，粒度大小的范围包括那些难以通过粗眼

筛的颗粒到细至极易通过筛孔极细筛子的颗粒。

第一章

麸皮颗粒的提取是由那些使用筛理原理并辅以通过筛子向上吹送气流的机器来实现。如果这些机器(清粉机)工作效果好,那么胚乳和麸皮的混合物必须首先分为几个等级,每个等级由少数几种大小的颗粒组成。这又由平筛或离心园筛来筛理,将物料筛分为粗的、中等的、细的颗粒。

所以这个过程继续进一步研磨,从麸皮上分离出更多的胚乳,同时磨细胚乳颗粒,继续进一步筛理,分离出各种大小的颗粒,一直到最后面粉厂商从其原料中获得尽可能多的好面粉。

当然,在面粉最后打包和分配出售以前,还有其它一些工序,这些工序是从小麦制得面粉所要经过的。例如,必须特别注意保证面粉不致成团或结块。不同类型的面粉必须分别贮存,以便在打包前不致混淆。然后不同类型的面粉分别贮存于散存仓内,直到需要向用户发运为止。大部分的面粉是用8吨、14吨或20吨的面粉散运车发运,并用风机从散运车吹入用户厂房的筒仓内,在用户不具备接收散装面粉设备的情况下,必须将面粉从一些主要的筒仓中取出,重筛以后装入纸袋由平板卡车发运。这里必须进行各种检验,以保证面粉达到最好的质量,使面包厂商和主妇们满意。此外还有一些包括处理小麦胚芽和麸皮的辅助工序,它们都是整个磨粉过程的组成部分。这个简略的开场白仅仅是想把它作为一个对磨粉过程的最基本的指南,是想激起读者们更大的兴趣,从而产生一种要把这卷书全部读完的愿望。

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

小麦的收获与加工

(胡守泰译)

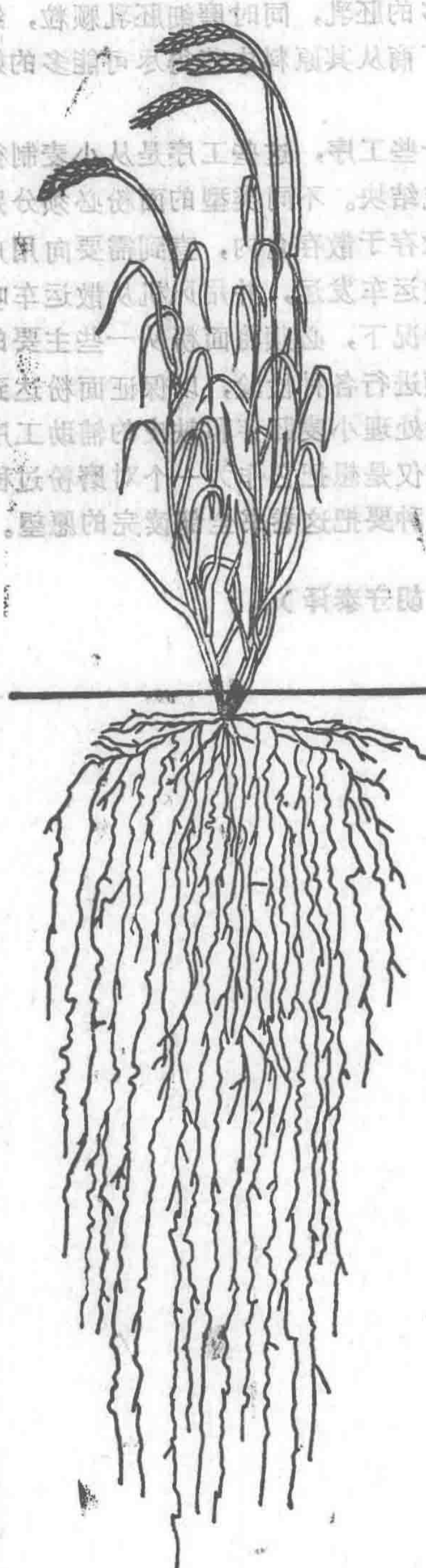


小麦的收获与加工 1-1图

第一章 小麦作物

一、概述

栽培的小麦品种之间的生长习性和物理特性区别很大，但都是一年生禾本作物。主要部分有根，秆（茎）、叶和穗（头）。（图 1-1）。



健壮成熟的植株，通常呈金黄色，并且受水分、肥力、品质、日照期以及作物遗传特性的影响，生长高度参差不齐，有的高度达 2 米（通常高度为 0.5—1.0 米）根系入土深度可达 1—2.5 米，但有 3/4 的根系通常分布在接近表土 30 厘米区域。叶片的高度、宽度和色泽均不相同，但生长健壮的植株，一般叶片都是窄长形和草绿色。叶片由叶鞘与茎根相连接，叶鞘通常将 2/3 的茎秆下段裹绕着，可是在干旱季节麦穗或麦头并非经常露出于“筒靴”，它是包绕着露出的麦头的植株部分。

近年来，研究工作集中在培育具有优良制粉和烘焙特性而又亩产高、茎秆短的品种，以防止植株遭遇风灾，导致倒伏而难以收割。

只有小麦的籽实可以供人们食用。生长在茎秆顶端麦穗内的每粒籽实，各含有一个胚，是植物的种子，如同所有作物一样，每粒籽实均开一朵花。群花生长在茎秆的相对两侧呈锯齿状的小穗上，称之为麦头的花序轴。（图 1-2）。有时小穗又称之为“花篮状柱头”，“网袋”或“挂串”。若全部花均受精则每一小穗内可结多达五粒籽实。因为小穗均生长在相对两侧的锯齿状花序轴上，所以一个麦头可结有四至十排、二至十粒以上的籽实。这些特性对于估算小麦产量是很重要的。

每粒籽实均由薄似纸张称之为外稃和内稃的苞皮所包围。外稃包围着籽实的背面，而内端生有一根长颖。每个小穗外侧有一对颖片，外稃、内稃和颖片统称为“麦壳”。

小麦采用现代设备脱粒时，籽实经敲打即与植株其它部分脱离，同时利用筛子和吹风，机械地将小麦籽实与秸秆皮壳分离。

区别各种小麦的办法很多，其中几个区别的因素有冬季或春季生成习性，成熟所需要的时间、高度、

图 1-1：小麦作物

茎、叶、穗、颖片、芒或颖，籽粒特征和产量。

4-1图
 颖
 颖壳 1
 颖脊 2
 颖尖 3
 颖尾 4
 颖基 5

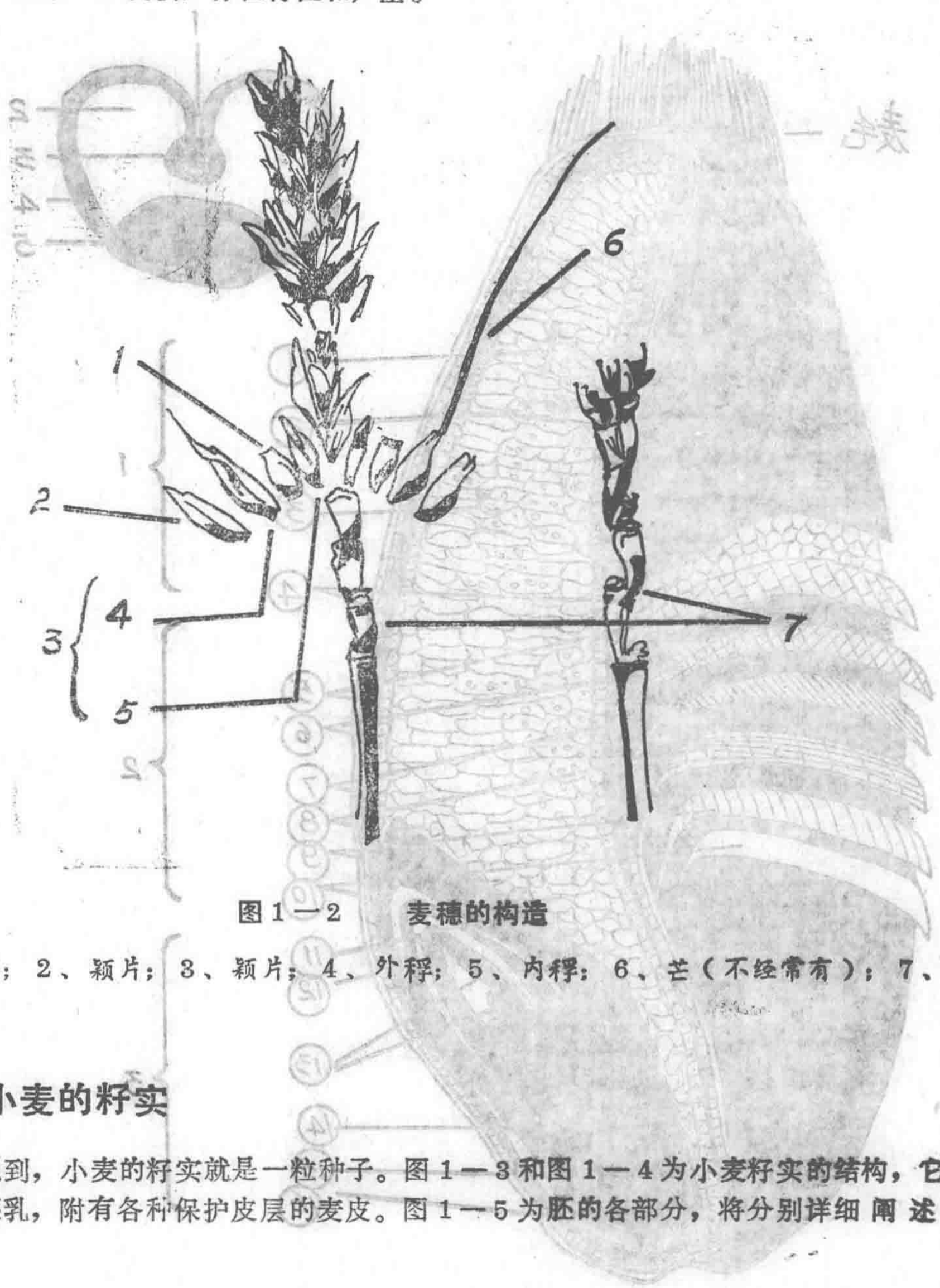


图 1—2 麦穗的构造

1、籽实；2、颖片；3、颖片；4、外稃；5、内稃；6、芒（不经常有）；7、花序轴。

二、小麦的籽实

应该认识到，小麦的籽实就是一粒种子。图 1—3 和图 1—4 为小麦籽实的结构，它清楚地显示出胚乳，附有各种保护皮层的小麦皮。图 1—5 为胚的各部分，将分别详细阐述于后。

小麦籽实 8-1图

1. 颖壳 2. 颖脊 3. 颖尖 4. 颖尾 5. 颖基
 ① 颖壳 ② 颖脊 ③ 颖尖 ④ 颖尾 ⑤ 颖基
 ⑥ 颖壳 ⑦ 颖脊 ⑧ 颖尖 ⑨ 颖尾 ⑩ 颖基
 ⑪ 颖壳 ⑫ 颖脊 ⑬ 颖尖 ⑭ 颖尾 ⑮ 颖基

麦毛

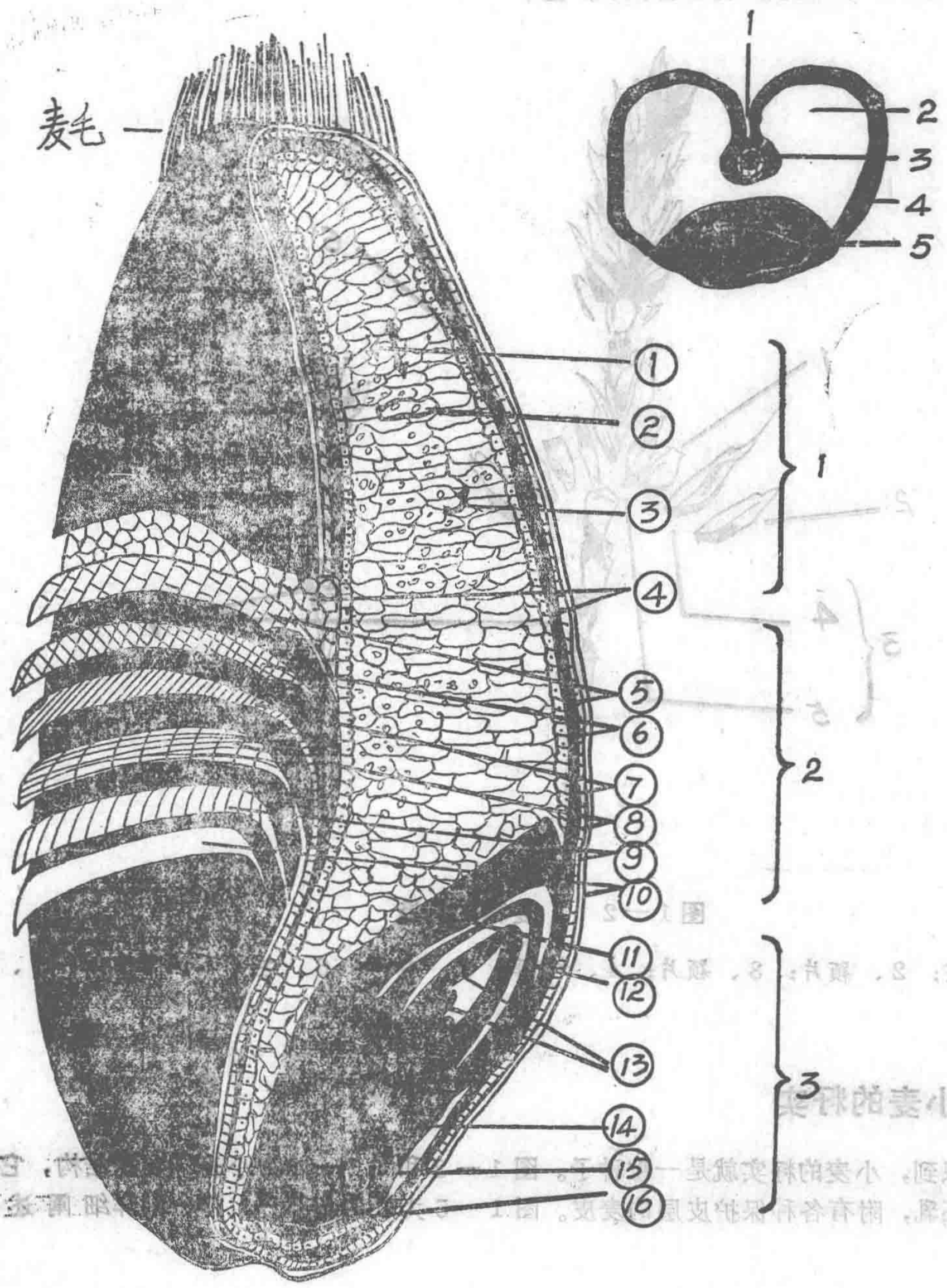


图1-4

胚

- 1、腹沟;
- 2、胚乳;
- 3、色素囊;
- 4、麦皮;
- 5、胚

图1-3 小麦籽实

1、乳胚; 2、麦皮; 3、胚。

- ①乳胚; ②蛋白质基质中充有淀粉粒的细胞; ③细胞壁; ④糊粉细胞层(胚乳的一部分但与麦皮分开); ⑤珠心组织; ⑥种皮; ⑦管状细胞; ⑧横细胞; ⑨内表皮;
- ⑩外表皮; ⑪盾片; ⑫茎鞘; ⑬残留茎; ⑭残留新生根; ⑮根鞘; ⑯根冠。

三、生长过程

小麦作物的生长过程可划分为四个不同的阶段：(1)发芽；(2)长叶；(3)开花和受精；(4)成熟。

(一) 胚和发芽

胚，当然是籽实的繁殖器官。据詹姆斯·斯科特 (James Scott) 在“制粉厂的微观”一书中所述，胚约有 1/10 英寸长 (2.54 毫米) 和 1/25 英寸宽 (1.0 毫米)；但根据检验时籽实的大小，这些测量结果自然稍有差异，见图 5。

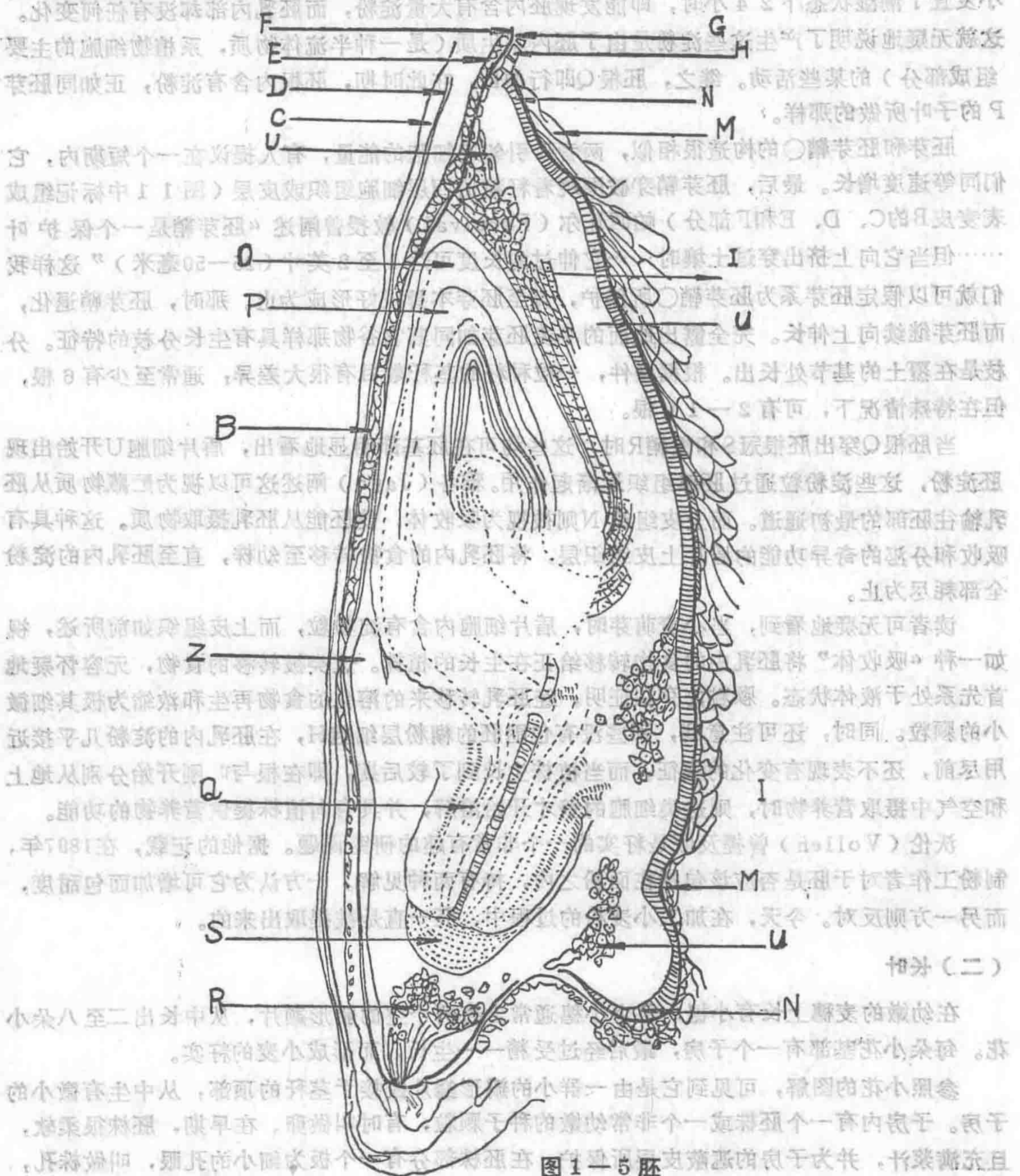


图 1-5 胚

有些小麦品种的胚好象很松弛地连接在穴位内，经干打后，常在下脚中发现麦胚。

在胚与胚乳毗连处，可见到有两排细胞。一组标记为U，形成盾片状的细长细胞和一排与之有明显区别的并标记为N指向胚乳的引长细胞，叫做上皮组织。在发芽时，这两侧细胞组织具有重要功能。

小麦发芽需具备的三个条件是：水分、温度和氧气。最佳温度为20—25℃，现在35—35℃之间也能发芽。在缺少上述三个条件中的任何一个时，都不能促使发芽。即若业已开始萌芽的，也会停止下来。

根据雅各（Jago）教授的阐述，虽然在静止阶段，小麦胚内亦不会含有淀粉。但若将小麦置于潮湿状态下24小时，即能发现胚内含有大量淀粉，而胚乳内部却没有任何变化。这就无疑地说明了产生这些淀粉是由于胚内原生质（是一种半流体物质，系植物细胞的主要组成部分）的某些活动。继之，胚根Q即行伸长，在此时期，胚根内含有淀粉，正如同胚芽P的子叶所做的那样。

胚芽和胚芽鞘O的构造很相似，两者吸引邻近细胞的能量，有人提议在一个短期内，它们同等速度增长。最后，胚芽鞘穿破围绕着籽粒的四层细胞组织或皮层（图11中标记组成表麦皮B的C、D、E和F部分）帕西瓦尔（Percival）教授曾阐述“胚芽鞘是一个保护叶……但当它向上挤出穿过土壤时……它伸过的长度可达1至2英寸（25—50毫米）”这样我们就可以假定胚芽系为胚芽鞘O所保护，直至胚芽本身很好形成为止。那时，胚芽鞘退化，而胚芽继续向上伸长。完全露出地面的小麦胚芽如同其它谷物那样具有生长分枝的特征。分枝是在覆土的基节处长出。根据条件，一粒种籽的茎秆数目有很大差异：通常至少有6根，但在特殊情况下，可有2—10根。

当胚根Q穿出胚根冠S和根鞘R时，这些均可在胚基部明显地看出，盾片细胞U开始出现胚淀粉，这些淀粉粒通过胚部组织逐渐起作用。雅各（Jago）阐述这可以视为贮藏物质从胚乳输往胚部的最初通道。而上皮组织N则被视为吸收体，使胚能从胚乳摄取物质。这种具有吸收和分泌的奇异功能的盾片上皮组织层，将胚乳内的食物转移至幼株，直至胚乳内的淀粉全部耗尽为止。

读者可无疑地看到，当小麦萌芽时，盾片细胞内含有淀粉粒，而上皮组织如前所述，视如一种“吸收体”将胚乳中的食物转移给正在生长的植株。这类被转移的食物，无容怀疑地首先系处于液体状态。颗粒的存在证明，经胚乳转移来的溶化的食物再生和浓缩为极其细微小的颗粒。同时，还可注意到，那些没有包围胚的糊粉层细胞H，在胚乳内的淀粉几乎接近用尽前，还不表现有变化的象征，而当植株生长到了较后期，即在根与叶刚开始分别从地上和空气中摄取营养物时，则这类细胞的壁才开始溶解，并具有向植株提供营养物的功能。

沃伦（Vollen）曾提及胚是籽实的一个非常有趣的研究课题。据他的记载，在1897年，制粉工作者对于胚是否应该包括在面粉之内，持有两种见解。一方认为它可增加面包甜度，而另一方则反对。今天，在加工小麦粉的过程中，胚一直是被提取出来的。

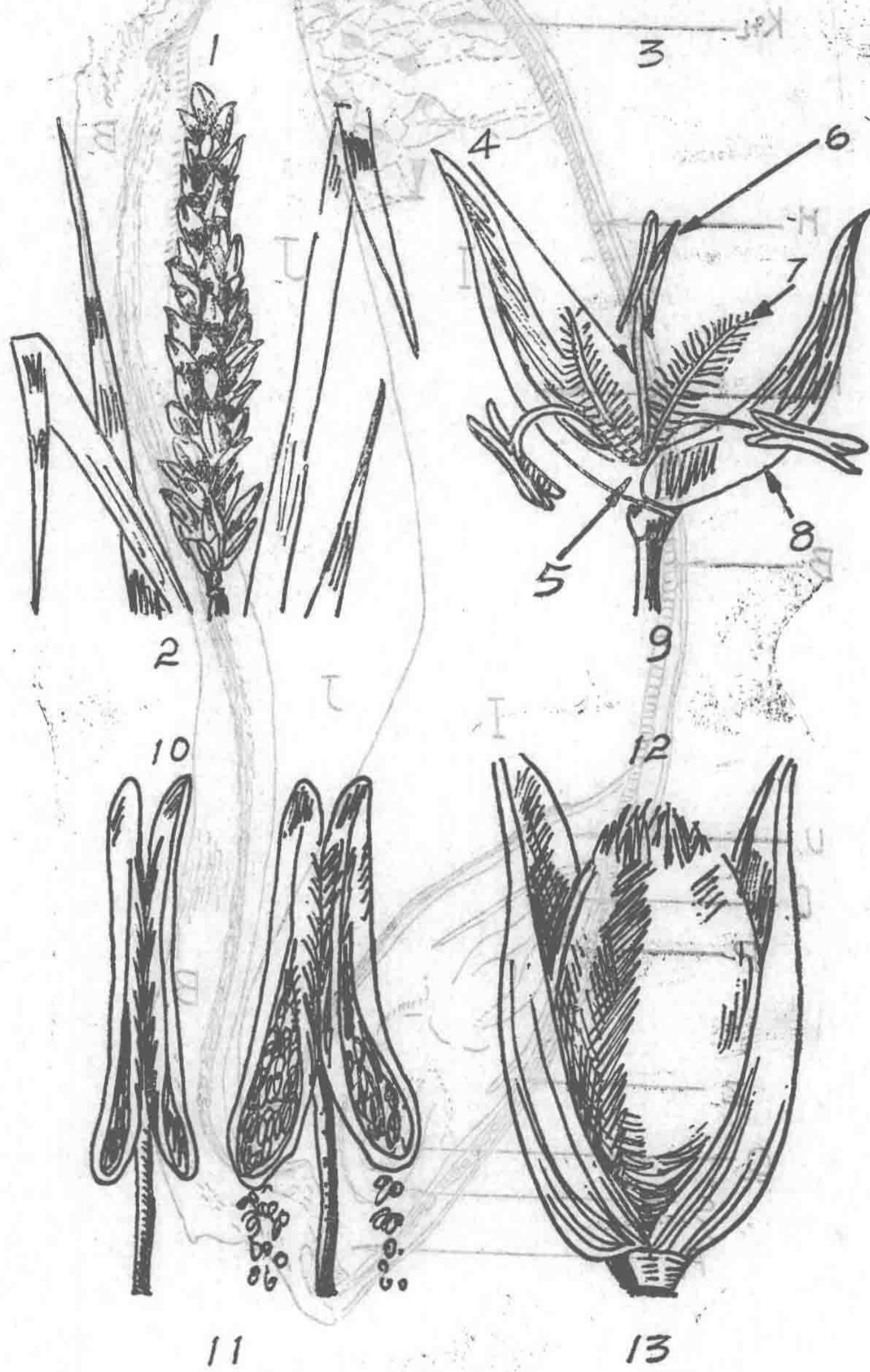
（二）长叶

在幼嫩的麦穗上长有小穗，每个小穗通常含有两个空的船形颖片，从中长出二至八朵小花。每朵小花基部有一个子房，最后经过受精——生长，而形成小麦的籽实。

参照小花的图解，可见到它是由一群小的瓣形鳞片铰接于茎秆的顶部，从中生有微小的子房。子房内有一个胚株或一个非常幼嫩的种子颗粒，有时叫做卵。在早期，胚株很柔软，且充满浆汁，并为子房的遮蔽皮层所保护。在胚株部分有一个极为细小的孔眼，叫做株孔，



图1-7 授粉后日数



(面粉) 实种麦小 0-1图

图1-8

1、图解；2、小麦的小穗形成一个麦穗；3、图解2；4、雄蕊；5、子房；6、花药；7、柱头；8、颖片；9、完整小花；10、图解3；11、花药；12、图解4；13、成熟的籽实。

完整的雌性器官含有子房和柱头，有时叫雌蕊。在雌蕊基部周围长有许多清晰透明的茸毛。按詹姆斯(James Scott)所述，最后完成为整籽实上的“须”。“须”有时认为是柱头的残余组织。从子房基部长出三个雄蕊，组成雄性器官。每个雄蕊含有一根细的白色花丝或细线，并于外端生有一个黄色花药。

观察每朵小花均是双性时，正如它所作为的那样，具有受精和繁殖的机能。

花药的构成好似一对背连背的青豆荚。内部充满许多密聚的花粉。这些花粉粒内蓄有精液，以后成了圆形，疏松和呈金黄色。

(三) 受精

在自然情况下，小麦是自花受精作物，也就是说，任何一朵花内的花粉能使同朵花内的柱头和胚珠受孕，接着花的颖片将雄蕊和柱头紧密的闭合起来，这样，就可防止昆虫的接近和保证同朵花粉散落在同朵花的柱头上。这种自花授精过程是常见的方式，无可置疑地能保持品种的纯洁。但在不同品种混栽的小麦田里，也间或发现有异花授精的现象。

小麦作物的雄蕊吐露出于颖片之外并经常可见，它们的位置引起一些研究工作者认为异花受精是惯例并非例外。经过仔细签验，发现这时候的花药是空的或几乎是空的；而当他们的花粉散落到柱头上时，则它们都没有伸露出来。所以这种认识是错误的。在授精过程中，遇上阴雨天气，长出的作物一定遇到损伤。这是因为水浸入小花和花粉粒，使这些花粉粒生长不完全或发芽不正常。

每逢植株正值开花之际，即可进行人工异花授精，以改良小麦品种。剑桥伍德(Wood)教授所著“面包的故事”一书中，对这项细微操作，曾作如下一段有趣的叙述：

“杂交当然必须做在自花受精之前。剥开包围着的皮壳，用钳子取出雄蕊，插入另一品种花内的雄蕊，并需注意要把它弄破。这样，才可能让花粉触及羽毛状柱头，接着将皮壳遮复成原状，以保护花朵避免受伤。此时花粉粒即在柱头上成长，并顺沿花柄向下穿入子房；至此，异花受精遂告结束”。

(四) 成熟

胚珠受精后，马上开始膨胀而柱头即行萎缩，它们的功能亦就此完成。瓣片或颖片即行闭合，以保护正在成长的籽实，而后成为麦壳或外皮，并同其它部分一样，随着正在成熟的籽实同时生长，只不过增长速度不是那么迅速。授精的胚珠继续膨胀，它的壁或外鞘转变为籽实的外皮。最后，生长完成，顶部聚有一束丛毛，并贴近胚柄定位。

在英国情况下，自授粉后的30—40天内，小麦籽实的大小，鲜重和干重都是不断地增长。过了这段时期，干重即停止增长，而大小和鲜重均不断下降，一直到成熟为止。图1—7，表示小麦籽实在成熟期的发展。

本章中复制的籽实的各种解剖面(图1—5、1—6、1—9、1—10、1—11、和1—12)和几乎所有切片与制作标本均系费尔克劳夫(C.B. Fairclough)亲自制作提供，都是非常精制的小麦籽实图片。

四、胚乳

胚乳亦可称之为小麦籽实的食囊，约占籽实重量的82—85%。在制粉过程中，籽实的这部被磨成面粉。它是由比较大的而内部蓄有淀粉粒和能构成面筋的蛋白质的无色薄壁细胞所构成。蛋白质含量是越向籽实中心越小。根据小麦的品种，胚乳质地有硬有软。在研磨时，硬质小麦胚乳的淀粉粒牢固地嵌在连接的蛋白质素中，细胞形状保持不变。在软质小麦