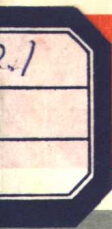


小麦个体发育

杜怡斌 李丽云 编
申瑞田 高瑞岩



农业出版社

小麦个体发育

杜怡斌 李丽云 编
申瑞田 高瑞岩

出版社

小麦个体发育

杜怡斌 李丽云 编
申瑞田 高瑞岩

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)
新华书店北京发行所发行 石家庄地区印刷厂印刷

787×1092 毫米 32 开本 3.5 印张 70 千字
1983年2月第1版 1983年2月石家庄第1次印刷
印数 1—16,800 册

统一书号 16144·2620 定价 0.40 元

前 言

小麦的个体发育从籽实萌发起，经过根茎叶的生长、分蘖到麦穗开始分化，为营养生长期；从穗分化、小花形成、抽穗开花到结实成熟，为生殖生长期。这两个时期不能截然分开。小麦的根系，不断地生长和更新，吸收水分和养料；而小麦的茎和叶，则不断地吸收阳光，制造和运送营养物质，供给个体发育过程的需要。小麦的生殖器官发生于茎的生长锥，大穗必须在壮秆的基础上才能形成；而穗的大小，小花的多少，已在营养生长期奠定了基础。由此可见，这两个时期是相互联系、相互制约的。

本书着重介绍小麦营养生长期和生殖生长期形态解剖的发育规律。主要叙述的小麦，是我国普通栽培的小麦 (*Triticum aestivum* L.)，从发生发展的观点出发，简要地描述了小麦的籽实及其萌发，根茎叶的生长、穗的分化形成、雌雄蕊的发育和结构、开花传粉和受精、胚和胚乳的发育、种子和果实的形成等部分。可供农业科技人员、农业大专院校师生、农业干部培训班学习参考。

本书在编写过程中，曾得到李杨汉、段续川、胡适宜、朱激和杨貌仙等同志的指导，在此一并表示衷心的感谢。由于水平所限，不妥之处，请批评指正。

目 录

第一章 小麦的阶段发育和器官形成的关系	2
第二章 籽实及其萌发	4
一、籽实的形态和结构	4
二、发芽和幼苗的生长过程	9
三、发芽和幼苗生长的条件	13
第三章 分蘖	15
一、分蘖的发生	15
二、影响分蘖发生的外界条件	17
三、有效分蘖和无效分蘖	19
第四章 根的生长	21
一、根的发生和生长	21
二、根的结构	22
三、影响根生长的外界条件	28
第五章 茎的生长	30
一、茎的形态	30
二、茎的结构	30
三、影响茎秆发育的因素和壮秆的形成	36
第六章 叶的生长	39
一、叶的发生和生长	39
二、叶的形态解剖	40
三、叶片功能分工	47
第七章 穗的分化形成	48

一、穗的形态	48
二、麦穗分化的过程	49
三、影响麦穗分化的因素	53
第八章 雌雄蕊的发育和结构	56
一、雄蕊的发育和结构	56
二、雌蕊的发育和结构	66
三、花粉粒和胚囊的发育与外部形态的关系	73
第九章 开花传粉和受精	75
一、开花和传粉	75
二、受精	76
三、影响开花受精的外界条件	84
第十章 种子和果实的形成	86
一、胚的发育	86
二、胚乳的发育	88
三、种皮的形成和结构	93
四、果皮的形成和结构	94
五、籽实的形成与成熟	95
参考文献	100

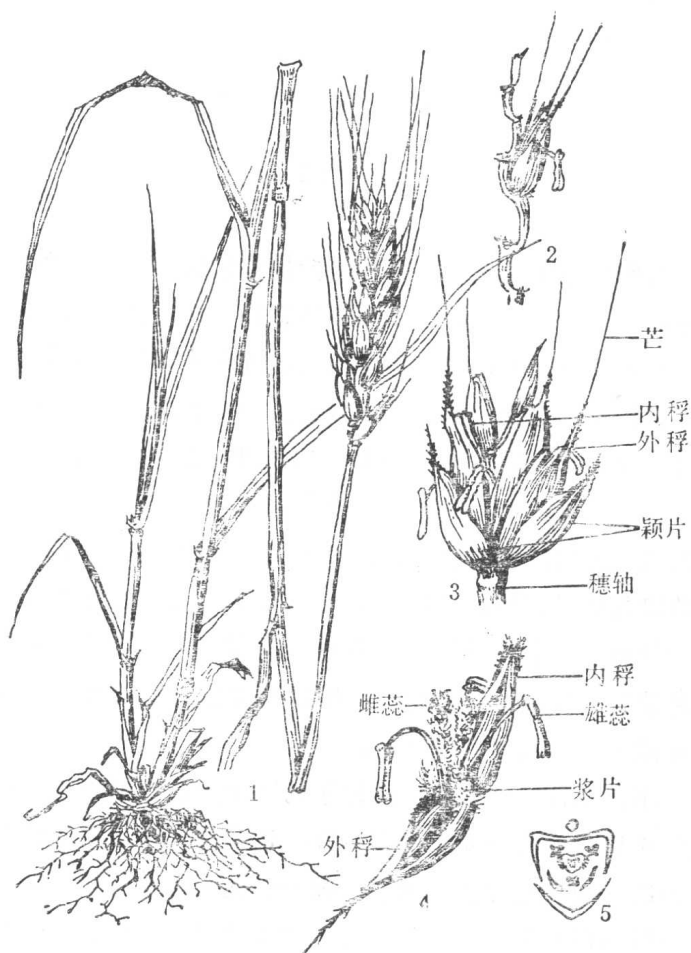


图1 小麦

1. 小麦植株全形 2. 部分穗轴，示一个小穗着生 3. 小穗
4. 小麦颖花 5. 花图式

第一章 小麦的阶段发育和 器官形成的关系

为什么冬小麦在春天播种不能抽穗结实？春小麦在秋天播种到冬天会冻死？原因是小麦从播种、出苗到成熟的过程中，需要经过几个内在的质变阶段，才能完成其生活周期，产生新种子，这就是所谓阶段发育。植株在进行每一发育阶段时，都要求一定的外界条件，如温度、光照、水分、空气和营养物质等，而且往往有一个因素在起主导作用，成为矛盾的主要方面。当外界条件，特别是主要条件满足了某一发育阶段的要求以后，已经活动的胚的生长点或绿色植株茎的生长锥就发生相应的质变，然后过渡到下一个阶段。小麦的各种器官、特征、特性就是在阶段变化过程中，在内在质变的基础上，生长发育起来的。

小麦从种子到形成新的种子的整个生活周期中，究竟通过几次质变或者说几个发育阶段，目前的科学水平还没有完全解决。现在已经研究比较透彻的有两个发育阶段，第一发育阶段叫做春化阶段，第二发育阶段叫做光照阶段。这两个发育阶段有一定的顺序性和不可逆性，小麦只有完成春化阶段的发育，才能进行光照阶段的发育，只有完成光照阶段的发育，才能抽穗、开花、结实。小麦的特点是在春化阶段要

求低温，在光照阶段要求长日照。

冬小麦和春小麦主要不同点，就在于度过春化阶段所要求的温度条件以及其经历的时间长短有所不同。许多研究确定，冬小麦通过春化阶段的温度是 $-1-10^{\circ}\text{C}$ ，时间是16—60天，而绝大多数冬小麦品种顺利完成春化阶段的温度是 $0-5^{\circ}\text{C}$ ，时间是25—50天。春小麦通过春化阶段要求较高的温度，温度变幅也较大，从 $5-20^{\circ}\text{C}$ ，时间也较短，即5—10天。

小麦通过春化阶段以后即进入光照阶段。在16—18小时的日照下，光照阶段进行的最快，抽穗明显加速；当每昼夜日照少于12小时，光照阶段进行缓慢；如果每日光照时数缩短到8—11小时或更短，光照阶段即停止进行，迟迟不能抽穗。这个阶段要求一定长度和一定天数的日照以及较高的温度条件（一般 20°C 左右）。

小麦阶段性的质变是器官形成的基础，也就是说每一器官的形成必须在一定的阶段发育基础上才能实现。实验证明：当小麦植株通过春化阶段，开始光照阶段以后，茎的生长锥开始伸长，茎的生长锥伸长是植株器官形成的转折点，在此以前，生长锥分化叶片、茎节、分蘖和不定根等营养器官原基；在此以后，生长转向穗部器官的分化，到光照阶段完成时，幼穗雌雄蕊原基已经形成。由此可知，春化阶段是决定叶片、茎节、分蘖和不定根多少的时期；而光照阶段是决定小穗和小花多少的时期。春化阶段较长的冬小麦植株的绿叶数目和分蘖数目，总是比春化阶段较短的春小麦多。延长春化阶段可以增加分蘖数，延长光照阶段有利于增加小穗数和小花数，从而形成大穗。

第二章 籽实及其萌发

一、籽实的形态和结构

小麦的籽实，在农业生产上一般称为种子，实际上是含有单粒种子的颖果，果皮和种皮紧密地连在一起，不易分开。

小麦的籽实是由籽实皮（包括种皮和果皮）、胚和胚乳三部分组成。小麦的胚位于籽实背面的基部，其长度约占麦粒的 $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ 。籽实的腹部有一条纵沟，称为腹沟，腹沟的深浅是不同品种的特征之一，也是麦粒饱满程度的指标。饱满的麦粒，腹沟较浅，反之则深。腹沟两侧叫果颊，果颊一般为圆形隆起状态（图2）。

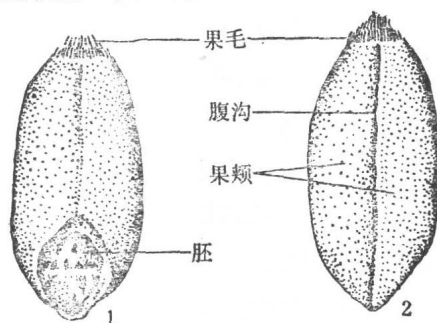


图2 小麦籽实（颖果）外形

1. 背面 2. 腹面

籽实皮即磨粉后剩下的麸皮，厚度为 40—60 微米，是由果皮及种皮共同组成的，果皮在外，种皮在内。果皮是由子房壁发育而成，种皮是由珠被所形成，二者约占麦粒重量的 5—7.5%。果皮一般分为五层，最外的一层为表皮层，第二层为表皮下层，第三层为中层即破坏了的薄壁组织，第四层为横细胞，第五层为管细胞。种皮来自两层珠被的内珠被，由两层引长的细胞组成。种皮的外层为一层角质化的细胞，表面被有较厚的角质层，细胞扁平；种皮的内层细胞具有完整或不完整的细胞壁。种皮在成熟时破坏，不易区别，有时仅有两层细胞的残迹。种皮内层细胞含有色素，这层含有色素细胞的厚薄和含有色素的多少，就决定了麦粒颜色的深浅。在白皮小麦中，这层细胞比较薄，内含色素物质少，呈淡黄色；红皮小麦则较厚，含色素较多，呈棕黄色或棕红色。种皮和果皮的厚度，因地区、栽培条件和品种而不同，潮湿地区

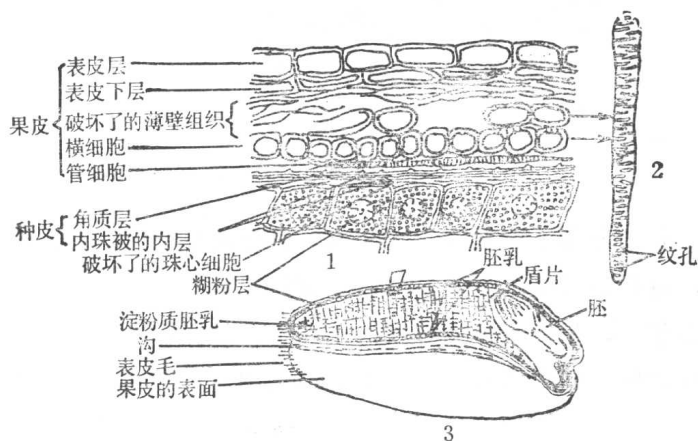


图 3 小麦的颖果及其果皮的纵切面

区较厚，如长江流域种皮和果皮就较河北、山东的要厚。种皮和果皮越厚，占麦粒的重量就越大，出粉率越低，麸皮越多。籽实皮主要成分为纤维素及大量的含氮物质，但不具有淀粉及脂肪。籽实皮主要是保护胚和胚乳，不易受外界条件变化的影响，可避免病菌的侵害（图3、4）。

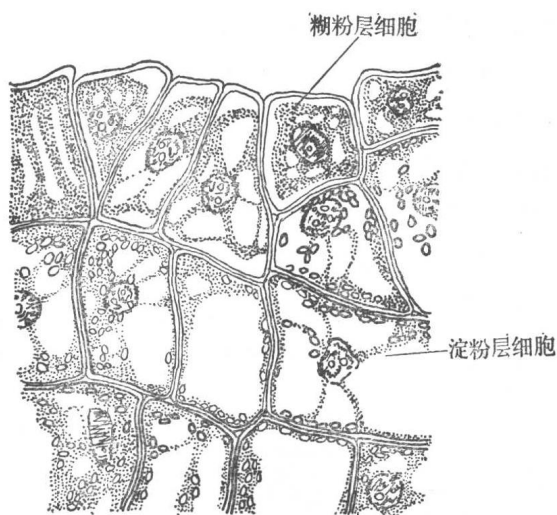


图4 小麦幼嫩颖果的胚乳剖面

胚乳占种子重量的90—93%，面粉就是由这部分制成的，可分为糊粉层和淀粉胚乳。糊粉层是胚乳的最外层，与种皮相接，是一层排列规则的大细胞，包围着全部胚乳，细胞壁较厚，细胞内部具有一个大而呈圆形或椭圆形的细胞核和许多小球形的蛋白质颗粒——糊粉粒，还含有丰富的无机盐和脂肪，营养价值很高。

糊粉层以内为淀粉胚乳，它的细胞较糊粉层的细胞大得多，而且都是薄壁细胞，其中充满了淀粉粒，直径6—40微米，层纹与脐点均不明显。在胚乳细胞中具有大小两类淀粉粒，小的淀粉粒多为不定形，大的淀粉粒为圆形，在成熟的籽实中，大的淀粉粒约占淀粉总量的90%。在淀粉胚乳的外围细胞中，也分布有一定数量的蛋白质颗粒，但越往胚乳的中心越少。从淀粉胚乳的结构来看，可分两大类。一类是角质胚乳，在硬粒小麦及部分软粒小麦中，胚乳透明，角质状，质坚硬，蛋白质含量高，因而面筋（主要是蛋白质结合物）多，品质好，宜制面包和面条。另一类是粉质胚乳，在一些软粒小麦中胚乳为白色，不透明，粉质，质较软，蛋白质含量低，面筋少，宜作糕点（图5）。胚乳主要用于呼吸供给能量以及作为建成幼苗所需的营养。

胚只占种子重量的2%。胚的上部为胚芽，包括生长点、

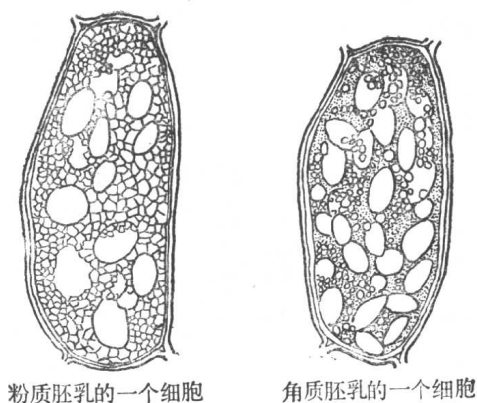


图5 完熟期小麦颖果的胚乳细胞

2—3 个未发育的叶原基及胚芽鞘，鞘腋还有一个芽，以后可能发育为胚芽鞘分蘖。在胚芽鞘近尖端部分与盾片相对的一侧有细小的裂缝，第一叶即由此裂缝穿出。在休眠的种子中，胚芽鞘仅长 1 毫米左右，但在种子发芽时，增长可达数厘米。胚的下部为胚根，外面由胚根鞘包被。胚芽和胚根之间有胚轴相连。小麦的子叶只有一片，又称内子叶，着生在向着胚乳一面的胚轴上，从正面看，子叶形似盾状，故又称盾片。在与子叶相对的一侧，还有一片退化的外子叶（或称外胚叶）。在子叶和胚乳的接触面上，有一层比较整齐的上皮细胞，在籽实发芽膨胀时，上皮细胞开始引长，比正常的大 2—3 倍，尖端膨大，伸入胚乳之中，分泌淀粉转化酶，消化胚乳中的淀粉转为可溶性的糖类，并将这些营养物质吸收转运到正在生长的胚中。

小麦的子叶已成为消化、吸收和转运养分的组织(图6)。胚中含有大量的核蛋白以及碳水化合物、脂肪和无机盐类等。小麦籽实萌发后，胚芽生长为小麦的地上部，胚根生长为小麦的初生根(图6—7)。

籽实中碳水化

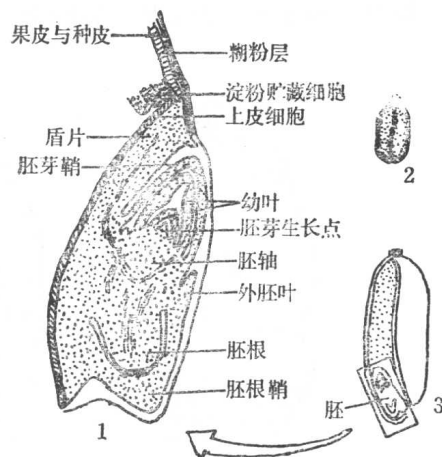


图 6 小麦胚的纵切面

1. 胚的纵切面 2. 籽粒外形 3. 籽粒纵切面

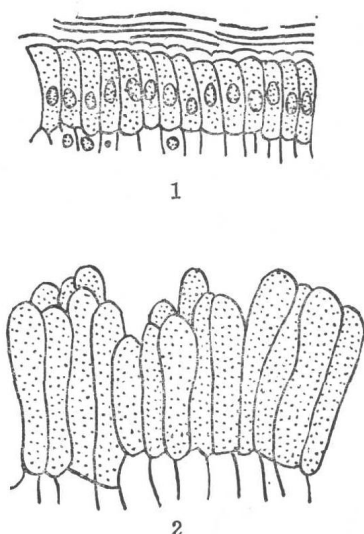


图7 盾片的柱状上皮组织
萌芽前后的变化

1. 在休眠的籽实 2. 在萌芽的籽实中

合物含量约 60—80%，主要是淀粉，蛋白质 7—24%，脂肪 1.5—2.0%，矿物质 1.5—2.0% 以及各种维生素等。蛋白质含量多少，决定种子的食用价值，因品种、土壤、气候条件和栽培条件的不同而有很大变化。

二、发芽和幼苗 的生长过程

通过休眠期完成后熟作用的小麦的籽实，在适宜的水分、温度和氧气条件下就开始萌发。

首先，籽实吸水膨胀，一般吸水可达种子干重的45%左右，具有角质胚乳的籽实和红皮麦粒吸水较慢。随着籽实吸水量的增加，籽实皮软化膨胀，原生质由凝胶状态转变为溶胶状态，淀粉分解酶、脂肪分解酶、蛋白质分解酶等酶的活力日益加强。胚乳和胚中所含有的贮藏营养物质淀粉、蛋白质、脂肪等，经过酶的作用，逐渐转变为易为胚吸收的可溶物质，如葡萄糖和果糖等，于是大量的营养物质从胚乳流入胚中，胚开始萌动起来，籽实的呼吸作用强度增加，对氧气的

需要量也就加大。

籽实发芽时，随着胚的萌动，胚根鞘先突破种皮和果皮而萌发，随后，胚芽鞘也破皮而出。当胚根鞘长约1毫米时，胚根自胚根鞘的顶孔穿出，形成初生根（也就是小麦的主根）。在初生根的上部，也就是胚轴的基部，生出第一对和第二对初生不定根。胚根和这两对初生不定根都是起源于种子，所以通称种子根。小麦的种子根为3—8条，一般为5条，种子根在小麦一生中自始至终都起作用。检验小麦发芽，通常把初生根的长度达到籽实长度的一半时，作为发芽的开始，达到籽实全长时，作为完全萌发。小麦发芽的能力与籽实保

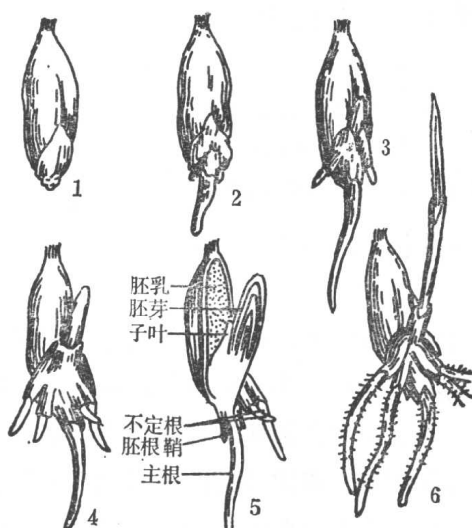


图8 小麦籽实发芽的过程

1. 未萌发的籽实
2. 开始萌发的籽实
3. 胚根穿出籽实向下伸长，并在两侧出现不定根，胚芽鞘开始伸长
4. 胚芽鞘继续伸长，不定根数目增多
5. 幼苗纵切面，表示内部结构
6. 须根形成，第一片真叶穿出胚根鞘

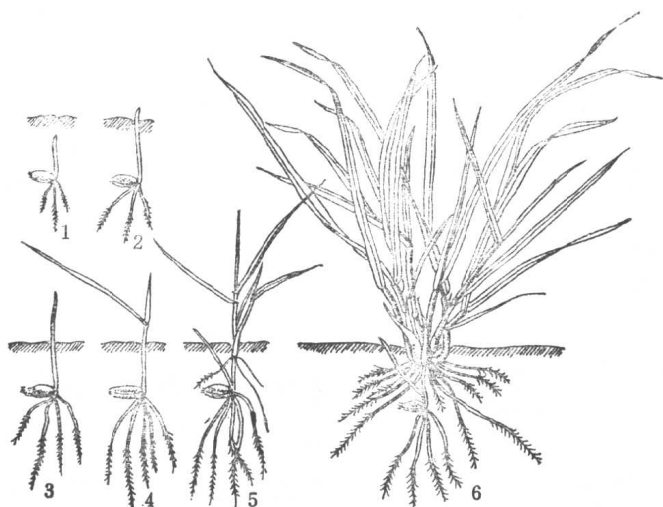


图9 小麦籽实萌发的各个阶段

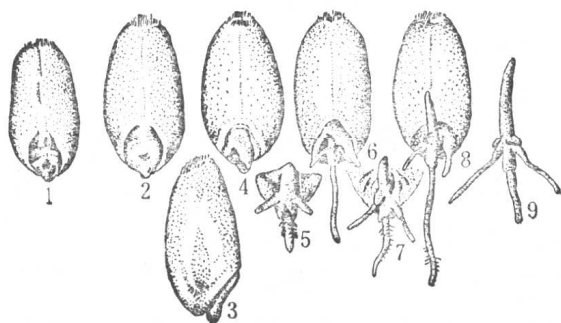


图10 小麦种子根发生过程

存时间长短以及籽实结构等有关(图8、9、10)。

小麦籽实发芽后,胚芽鞘露出地面,从芽鞘裂缝中长出第一片真叶。随着第一片叶露出地面,上胚轴开始伸长(图11),把胚芽向土壤表面推移。当第一片真叶露出地面2厘