

作物栽培学

第一册

稻作

华中农学院
湖南农学院 合編

湖南人民出版社

前 言

本书由华中农学院作物栽培学教研組和湖南农学院粮油作物栽培教研組、工业原料作物栽培教研組的教师集体編写，分五冊出版。第一冊内容为禾谷类作物概述和稻作，第二冊为麦类作物，第三冊为杂粮作物，第四冊为棉作，第五冊为麻类、油料、甘蔗、烟草等作物。全书共包括二十余种主要作物，叙述了每种作物在国民經济中的重要意义、生产概況、植物学特征、分类和品种、生物学特性和栽培技术。除反映国内外农业科学技术新成就外，着重分析总结湖南、湖北两省最近的农业增产經驗。

本书适于作高等农业院校教材或参考书之用，也可供农业生产和科学工作者参考。

本书承湖南、湖北两省农业厅和农科所有关同志帮助审阅，特此致謝。

由于編写仓促，收集資料不够，錯誤和缺点在所难免，謹希讀者提出宝贵意見，以便再版时訂正。

編 者

一九六三年七月

目 录

第一章 禾谷类作物概述	(1)
第一节 禾谷类作物在国民经济中的重要意义	(1)
第二节 禾谷类作物的形态特征	(2)
第三节 禾谷类作物的分类	(7)
第四节 禾谷类作物的生长和发育	(8)
第五节 禾谷类作物的栽培特点	(13)
第二章 稻作	(16)
第一节 概述	(16)
一、稻在国民经济中的重要意义	(16)
二、世界及我国稻的生产概况	(17)
三、我国稻作类型及稻作区域的划分	(19)
第二节 水稻器官形态及其构造	(24)
一、根	(24)
二、茎	(27)
三、叶	(28)
四、花序和花	(30)
五、谷粒和米粒	(32)
第三节 稻的起源和分类	(33)
一、栽培稻种的起源	(33)
二、我国水稻栽培的起源	(34)
三、我国栽培稻种的分类方法	(35)
第四节 水稻的品种	(39)
一、全国各地主要优良品种	(39)

二、不同栽培制度对水稻品种的要求·····	(43)
三、湘、鄂地区主要推广良种的性状·····	(45)
第 五 节 稻的生长和发育 ·····	(50)
一、稻的生育期·····	(50)
二、种子的萌发·····	(58)
三、稻根的生长·····	(62)
四、叶的生长·····	(63)
五、分蘖·····	(66)
六、拔节·····	(71)
七、稻穗的发育·····	(72)
八、抽穗开花·····	(78)
九、结实成熟·····	(80)
第 六 节 整地与施肥 ·····	(83)
一、水稻对土壤环境的要求·····	(83)
二、稻田土壤特性及养分供应特点·····	(85)
三、稻田整地的要求与方法·····	(89)
四、水稻施肥的生理基础及基肥的施用技术·····	(92)
第 七 节 灌溉与排水 ·····	(105)
一、水分对水稻的作用·····	(106)
二、稻田需水量·····	(108)
三、各类稻田的灌排方式·····	(111)
四、抗旱与防涝·····	(113)
第 八 节 育秧 ·····	(117)
一、种子萌发及幼苗生长对环境条件的要求·····	(117)
二、育秧技术·····	(119)
第 九 节 移栽与合理密植 ·····	(136)
一、秧苗的鉴定和移栽适期·····	(136)
二、插秧技术·····	(138)

三、合理密植·····	(139)
第十节 返青、分蘖期的田间管理·····	(148)
一、返青、分蘖期对环境条件的要求·····	(148)
二、返青、分蘖期的田间管理·····	(152)
三、水稻返青迟早和翻秋的原因及其防止方法·····	(159)
第十一节 拔节、孕穗期的田间管理·····	(162)
一、拔节、孕穗期对环境条件的要求·····	(163)
二、拔节、孕穗期的田间管理·····	(166)
三、水稻倒伏的原因及其防止·····	(171)
第十二节 抽穗、结实期的田间管理·····	(178)
一、开花结实条件与空秕粒形成的关系·····	(179)
二、抽穗、结实期的田间管理·····	(184)
第十三节 田间选种(留种)与收割·····	(186)
一、产量预测·····	(186)
二、田间选种·····	(187)
三、收获时期和方法·····	(187)
第十四节 水稻直播栽培法·····	(188)
一、水稻直播的意义·····	(188)
二、直播方法的特点·····	(189)
第十五节 陆稻栽培法·····	(192)
一、概述·····	(192)
二、陆稻的生物学特性·····	(193)
三、陆稻的品种·····	(194)
四、陆稻的栽培技术·····	(194)
第十六节 稻的特殊栽培·····	(196)
一、间作稻·····	(196)
二、再生稻·····	(198)
三、深水稻·····	(202)

第一章 禾谷类作物概述

第一节 禾谷类作物在国民经济中的重要意义

禾谷类作物包括禾本科中的稻、小麦、大麦、黑麦、燕麦、玉米、高粱、粟和黍、稷以及藜科的蕎麦等，为人类最主要的粮食作物。根据1958年的统计，全世界粮食作物播种面积为103余亿亩，粮食总产量约20,500亿斤，其中禾谷类作物约占粮食作物面积的87%，总产量的85%以上。

在我国粮食作物中，禾谷类作物所占比重也最大。据1958年统计，粮食作物播种面积占全国播种总面积的78%，而其中的禾谷类作物占粮食作物面积的80%以上，产量占粮食作物的70%以上。因此，努力增加禾谷类作物的生产，是增产粮食的重要关键。

禾谷类作物中，小麦、燕麦、黑麦和大麦的播种面积及总产量，苏联均居世界首位。我国禾谷类作物，在世界上也占有极其重要的地位，稻的栽培面积占全世界的27%，与印度差不多，而总产量占31%。它与高粱和粟的产量都居世界首位，玉米和小麦的产量居世界第二位。

禾谷类作物不仅是主要的粮食作物，而且可以作为饲料和工业原料。子粒中含有对人类最重要的营养物质——蛋白质、脂肪和碳水化合物；其蛋白质与碳水化合物的比例近于1:5—1:6，最适合于人体营养的需要。谷粒除作为粮食外，被广泛的用作食品工业、酿造工业、淀粉加工业等的原料。谷粒和其加工后的碎屑，是家畜家禽的主要精饲料。谷草，特别是我国南方的稻草和北方的谷(粟)草，是家畜的良好粗饲料和褥草，也广泛的用作燃料及造纸、建筑和纺织等的原料。

由于禾谷类作物的用途多种多样，在人民生活和经济建设各方面具

有极其重要的意义,所以我国和世界各国栽培最为普遍,在作物生产中所占比重最大。

第二节 禾谷类作物的形态特征

禾谷类作物属禾本科(*Gramineae*), 它们具有许多共同的形态特征(图1—1)。

根系 是纤维状的须根系,无主根和侧根的区别,由初生根(胚根、种子根或临时根)和次生根(永久根或不定根)所组成(图1—2)。初生根是种子萌发时直接从胚生出的。次生根是由接近地表的地下部茎节上长出的。当播种深时,常在土中出生根茎(地中茎),至接近地表处才长出次生根。

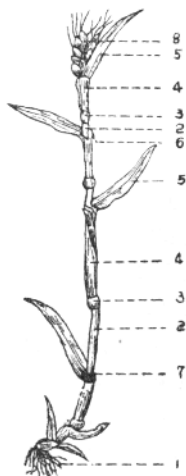


图1—1 抽穗始期的小麦植株(简图)

1. 根; 2. 节间; 3. 节; 4. 叶鞘; 5. 叶片;
6. 叶耳; 7. 叶舌; 8. 刚抽出的穗。

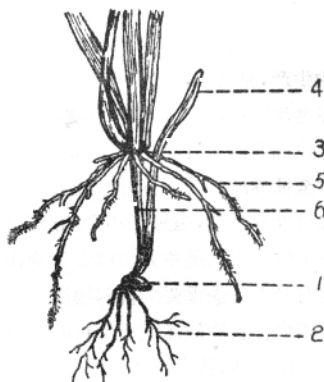


图1—2 小麦的初生根和次生根

1. 种子; 2. 初生根; 3. 分蘖节;
4. 幼芽鞘; 5. 次生根; 6. 根茎。

根莖是种子根到次生根的节間伸长而成。初生根一般較纖細，色锈黃；次生根較粗壯，色白嫩，常附有泥土。初生根的数目，随作物种类而不同，通常小麦为3—5条，大麦5—8条，黑麦4条，燕麦3条，而稻、玉米、高粱和粟、黍等均为一条(图1—3)。高秆作物如玉米、高粱等在地上莖基部的节

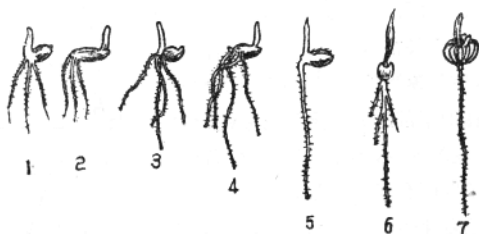


图1—3 禾谷类作物的初生根

1.小麦；2.燕麦；3.黑麦；4.大麦；5.水稻；6.黍；7.玉米；

上，又能形成車輪状强大的支持根(气生根)，有防倒伏的作用(图1—4)。

禾谷类作物的根系主要分布在耕作层内，少数深入土壤深层；并在一定限度内，有随着耕作层的逐渐加深而增加縱深分布的趋势，故深耕可以促进根系的发育。另外，根系发育的好坏受土壤水分、通气状况、营养状况等影响很大，磷肥对促进根系的发育有良好的作用。在栽培上应注意創造根系发育的良好条件，使根系很好扩展，加强植株对养分和水分的吸收能力，提高作物的生产力。

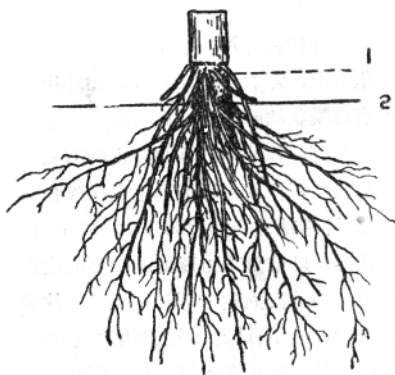


图1—4 玉米的根系

1.支持根； 2.地面。

莖 近圓筒形，分为許多节和节間。稻、麦等的莖秆一般較矮小纤细，通常地上部有明显的5—6个节，节間一般中空；而玉米、高粱莖秆高大，可多达17—18个节或更多，节間中心为髓部薄壁組織所充滿。节間的长短因部位而不同，靠近莖基部的节間較短，上部的节間較长。在每一节間的基部具有节間分生組織(节間生长带)，在一定的期間内进行节間生长，使莖逐漸伸长。莖的地上部常无分枝，通常在地下部的莖节上形成分枝，即所謂分蘖。分蘖的多少，因作物的种类、品种、自然和栽培条件而有很大的差异。

叶 子粒发芽最初出現的一叶，称芽鞘(胚芽鞘)。芽鞘沒有叶片，多为无色、淡綠色或其他的顏色，其功用是保护幼芽出土。芽鞘出土后停止生长，第一片真叶便穿破芽鞘頂端而生出(图1—5)。

真叶由叶鞘和叶片两个主要部分组成，着生于莖节上，左右互生。在叶鞘和叶片相连接处有薄膜状的叶舌，其两旁各有一个爪状物抱住莖秆，叫叶耳。叶耳和叶舌的有无、大小和形状，可作为識別不同禾谷类作物幼苗的依据。叶鞘基部的膨大部分称为叶节。在莖秆倒伏时，叶节靠下方蔭处的一面向上生长，能迫使植株直立起来(图1—6)。叶片多是狭长帶形，具平行脉。最上部即穗下的一个叶片，比其他叶片寬而短，称为劍叶或止叶。

花序和花 通常称穗，有穗状花序(如小麦、大麦和黑麦)和圓錐花序(如稻、燕麦、

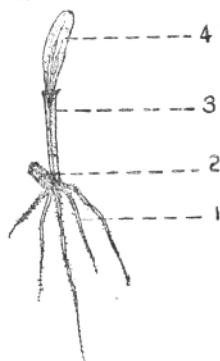


图1—5 发芽的小麦
1.初生根；2.种子；
3.芽鞘；4.第一真叶。

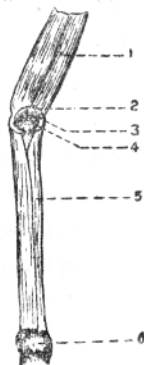


图1—6 禾谷类作物叶
的示意图
1.叶片；2.叶舌；3.叶环；
4.叶耳；5.叶鞘；6.叶节。

高粱、粟和黍)两种。玉米生长在莖頂端的雄花花序为圓錐花序，生长在叶腋中的雌花花序为肉穗花序。穗状花序为由穗軸和着生在穗軸上的小穗所組成；圓錐花序則具有主軸和分枝(穗支梗)，小穗着生于分枝上。每一小穗具有两片护穎和一个或数个小花。每一小花有內、外穎各一片，穎內有雄蕊三个或六个(稻)，雌蕊一个，柱头羽状分叉。在子房的基部有薄的透明的鱗片两片，开花时膨胀，促使內、外穎张开(图1—7)。

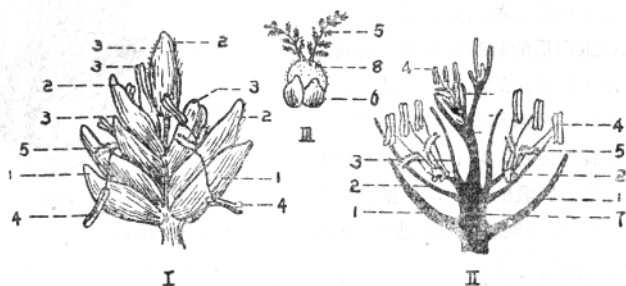


图1—7 小麦的小穗

I、小穗；II、小穗图；III、小花；

1.护穎；2.外穎；3.內穎；4.花药；5.柱头；6.鱗片；7.花柄；8.子房。

果实 为穎果，通常称为种子。有裸粒的(脫粒时內、外穎脫落如小麦、裸大麦、黑麦和玉米)和带壳的(脫粒时內、外穎粘附种子上，如燕麦、大麦、粟和稻等)两种。果实由果皮、种皮、胚乳和胚所組成。子粒的外部是果皮，由二层子房壁形成。种皮在果皮內，有一层或二层，为珠被发育而成，一般与果皮連合。胚位于子粒的下部。胚的大小随作物种类而异，小麦、大麦和黑麦的胚較小，約占果实重量的1.5—3%，燕麦約3—4%，玉米的胚最大，約为果实重量的10—14%。胚是一个植株的雛形，它的构造包括有盾片(子叶盘、吸收盘或內子叶)、胚芽鞘、胚芽(胚莖和胚叶)、外胚叶、胚根、胚根鞘和根冠等部分(图1—8)。胚富含糖和脂肪。胚和胚乳之間以盾片隔开。盾片是一吸收組織，当子粒发芽时，能把胚乳中溶解的物

质吸收传递给幼芽。禾谷类作物果实的主要成分是淀粉、蛋白质、脂肪和维生素。淀粉和蛋白质主要存在于胚乳中。胚乳由糊粉层和淀粉体所组成。糊粉层位于种皮的内方，在它的细胞中不含淀粉，而含有丰富的蛋白质。淀粉体位于糊粉层的内方，是由含有淀粉粒和蛋白质的细胞所构成。各种禾谷类作物淀粉粒的大小、形状和构造各有不同，根据其性状可鉴别不同禾谷类作物的淀粉，以判断其纯杂程度（图1—9）。胚乳的特性，根据含蛋白质的多少，可分硬质（角质）或软质（粉

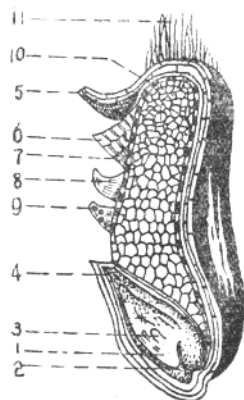


图1—8 小麦籽粒断面图

1.胚；2.胚根；3.芽；4.盾片；
5.6.7果皮；8.种皮；9.糊粉
层；10.胚乳；11.毛刷。

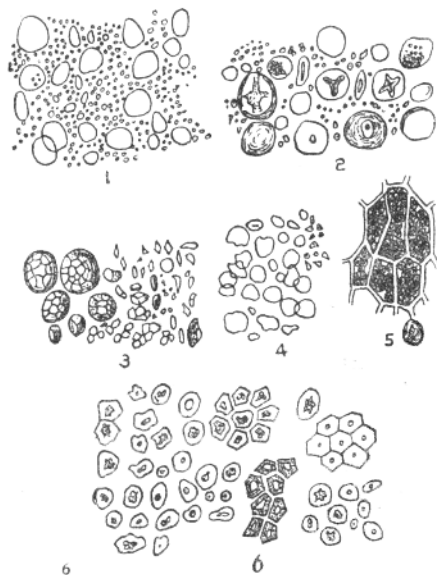


图1—9 禾谷类作物淀粉粒的形状

1.小麦；
2.黑麦；
3.燕麦；
4.大麦；
5.稻；
6.玉米。

質) 胚乳。硬質胚乳, 子實透明呈玻璃狀, 橫斷面淡黃色; 軟質胚乳, 子實不透明, 橫斷面呈白粉狀。子實內蛋白質含量的多少, 和作物的種類及品種有關, 但受外界環境條件及栽培技術影響很大。子實中脂肪的含量, 以胚和糊粉層中較多, 胚乳中不到1%。胚中脂肪含量多少, 又因作物種類而不同: 小麥14.2%, 黑麥12.4%, 裸大麥22.4%, 裸燕麥25.7, 玉米32.9%。由於胚中脂肪的含量高, 面粉及碎米在貯藏期間容易變質, 尤以玉米更甚。維生素主要含在胚和糊粉層中, 包括甲種維生素、乙種維生素群、丙種維生素和戊種維生素。子實中的纖維素以細胞壁和果皮部分含量為多; 穎殼和果皮中含灰分最多。根據蘇聯資料, 禾谷類作物種子的化學成分如下(表1—1):

表1—1 禾谷類作物種子的化學成分(%)

作物	粗蛋白質	無氮浸出物	纖維素	粗脂肪	灰分	水分
小麥	16.8	63.8	2.0	2.0	1.8	13.6
黑麥	12.2	69.1	2.0	1.6	1.6	13.5
大麥	12.0	64.6	5.5	2.1	2.8	13.3
燕麥	11.4	55.7	11.4	4.5	3.5	14.0
玉米	10.6	69.2	2.0	4.3	1.4	12.5
黍	11.3	59.0	8.9	3.8	3.6	13.0
稻(帶殼)	7.9	62.4	9.9	2.2	5.7	11.9

第三節 禾谷類作物的分類

禾谷類作物屬於禾本科 (*Gramineae*) 的各個不同的屬。有小麥屬 (*Triticum*)、大麥屬 (*Hordeum*)、黑麥屬 (*Secale*)、燕麥屬 (*Avena*)、稻屬 (*Oryza*)、玉米屬 (*Zea*)、高粱屬 (*Sorghum*)、粟屬 (*Setaria*)、黍屬 (*Panicum*)。在一個屬的範圍內根據形態特徵分為若干種, 在各個種內又可分為若干變種。生產上用的品種是根據形態學的、生物學的和經濟上的特性來區別的, 分別屬於不同的種的變種中。

禾谷类作物根据形态学和生物学的特征特性,通常可分为两大类。属于第一类的有小麦、大麦、黑麦和燕麦;属于第二类的有稻、玉米、高粱、粟和黍稷。区别两类作物的主要形态特征和生物学特性如表1—2,至于每一种禾谷类作物的经济性状和生物学特性,将在以后讲各个作物时分别详细说明。

表1—2 第一类和第二类禾谷类作物的主要特征特性

第 一 类	第 二 类
1. 子粒腹部有縱沟	1. 子粒腹部无縱沟
2. 子粒发芽时生出数条胚根	2. 子粒发芽时只长出一条胚根
3. 小穗下部的小花发育能结实, 上部的小花不结实或退化	3. 小穗上部的小花发育能结实, 下部小花都退化
4. 茎通常中空	4. 茎通常被髓所充实(稻除外)
5. 有冬性型和春性型	5. 仅有春性型
6. 对温度的要求较低	6. 对温度的要求较高
7. 对水分的要求较高	7. 对水分的要求较低(水稻除外)
8. 长日照作物	8. 短日照作物
9. 从出苗到分蘖初期生长较快	9. 从出苗到分蘖初期生长较慢

第四节 禾谷类作物的生长和发育

禾谷类作物的发育阶段, 目前研究得较清楚的有春化和光照两个阶段, 其他的阶段尚在探索中。禾谷类作物按其通过春化阶段及光照阶段对温度和日照时间长短的要求, 可分为两类: 一类为通过春化阶段时要求较低的温度, 通过光照阶段时要求较长的日照时间, 如小麦、大麦、黑麦和燕麦。另一类在通过春化阶段时要求较高的温度, 通过光照阶段时需要较短的日照时间, 如稻、玉米、高粱、粟和黍。但同一种作物的不同类型或品种, 要求的发育条件不一样。如水稻为短日照作物, 但早熟品种对日照长短的反应不敏感。一般春性类型的禾谷类作物通过春化阶段所要求的温度比冬性类型为高, 春化阶段时间也较短。了解禾谷类作物阶段发育的特

性，对于根据具体外界环境条件制定合理的栽培技术，如选用品种、确定播种期和施肥法等，有很重要的意义。

禾谷类作物种子从播种到成熟都需要经过发芽、出苗、分蘖、拔节、抽穗、开花和成熟等生育时期。各生育期延续的时间，是以前一生育期的始期到下一生育期的始期来计算的，例如从出苗始期到分蘖始期的一段时间为出苗期。另外，作物从出苗到成熟的总天数称为全生育期。生育期及各生育时期的长短，随作物的种类、品种、外界环境条件和栽培条件等而异。

发芽和出苗 种子发芽时，需要适宜的水分、温度和氧气。禾谷类作物发芽时所需要的水分和温度，随作物种类而不同(表1—3)。在适当的温度和空气条件下，种子吸水膨胀，胚即开始萌动，呼吸作用加强，需要消耗大量的营养物质。这时由于各种酶的作用，将胚乳中的营养物质转变为溶解状态，经盾片吸收运输到胚的各部，胚即用以进行生长和发育。胚萌动后，胚根首先突破外皮伸出，随后胚芽出现，即为发芽。一般以胚根的长度已达到或超过该种子的长度时，作为发芽的标准。

在一定的范围内，种子吸水膨胀和发芽的速度，与温度的高低成正相关。温度过低，由于种子发芽缓慢，容易遭受病虫害；温度过高，病菌发生旺盛，种子大量感染病害腐烂，都会造成缺苗。足够的氧气，可以促进胚

表1—3 禾谷类作物种子发芽所需要的水分和温度

作物	水分 (为种子重量的%)	温度 (°C)		
		最低	最适	最高
小麦	56	1—2	20—25	30—32
大麦	48	1—2	20	28—30
黑麦	56	1—2	20—25	30
燕麦	60—65	1—2	20—25	30
玉米	44	8—10	32—35	40—44
高粱	44—45	8—10	32—35	40
黍	25	8—10	32—35	40
粟	25	7—8	25	30
水稻	35	10—13	30—36	40

乳中养分的轉化作用,有利于发芽。因此,在栽培上应保证表土疏松,含有适宜的水分和空气,并结合具体环境条件,确定适宜的播种时期和复土深度,以加速种子发芽,顺利出苗,达到苗全、苗齐、苗匀、苗壮的要求。

种子发芽后,当幼芽(胚芽鞘)伸出地表并露出第一片绿叶时,称为出苗。第一片绿色叶子出现以后,即开始光合作用,这时发芽阶段结束,而进入植株根叶迅速生长时期。出苗的速度,决定于种子发芽时的外界条件和种子的品质。

分蘖 分蘖是禾谷类作物的一种特殊分枝现象,同一般作物的分枝不同。即从植株近地表的地下茎节上生出的分枝称为分蘖(图1—10)。当植株主茎基部叶鞘露出一个侧枝的叶尖,即出现分蘖。发生分蘖的节叫做分蘖节。分蘖节也是形成次生根的部位之一。一般在幼苗第三片叶出现以后不久开始分蘖,到拔节时,分蘖渐趋停止。凡从主茎生出的分蘖,称为第一次分蘖;从第一次分蘖上生出的分蘖,称为第二次分蘖,余类推。分蘖能抽穗结实的为有效分蘖,不能抽穗结实的为无效分蘖。有效分蘖的多少,

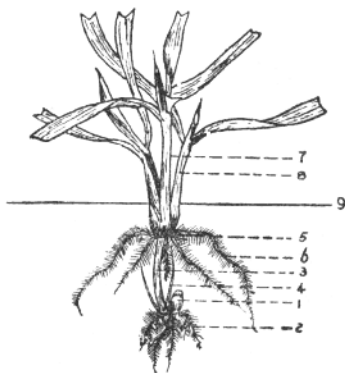


图1—10 小麦的分蘖

1.种子; 2.初生根; 3.根茎; 4.由胚节发生的侧芽; 5.分蘖节; 6.次生根; 7.主茎; 8.分蘖; 9.土壤表面。

对构成产量有重要关系,通常第一次分蘖的有效率高,第二次分蘖以后愈晚生的分蘖有效率愈低。因此,在栽培上应综合运用各项技术措施,增加有效分蘖,求得更多的有效穗数。分蘖数的多少,随作物的种类、品种和栽培条件而不同,温度、光照、土壤湿度、土壤性质等,也有很大影响。在拔节前即使地上部茎叶遭受破坏,只要分蘖节未损伤,环境条件适宜,并

加强田间管理，仍能再长出新的茎叶。

分蘖节入土的深浅很重要，尤以冬播禾谷类作物，在气候较干旱寒冷的地区，适当增加分蘖节的入土深度，对促进分蘖和次生根的发生，加强抗寒性能，使得更好地越冬，作用很大。影响分蘖节深度的因素有光照强度、温度、土壤类型、品种和种子，复土深度等。通常在栽培上特别注意适当加深种子的复土深度，使分蘖节入土较深。

拔节 禾谷类作物在分蘖时期，就已经形成节和节间，只是节间很短，未露出地面。拔节即是节间伸长，当茎伸长达3—4厘米时，称为拔节期。茎的伸长从基部第一节间开始，然后由下向上第二、第三等节间依次伸长，幼穗原始体亦加速分化(图1—11)。节间的长度是从下向上依次加长，以最上的节间为最长。拔节期，正是外部茎叶迅速生长和穗原始体强烈分化的时候，植株的新陈代谢作用非常旺盛，这是作物生长期需要大量水分和营养物质的临界期。

抽穗 禾谷类作物的穗随着茎的生长而继续伸长，最后从顶叶的叶鞘中伸出，称为抽穗。自穗开始分化起，到抽穗前的一个时期为“孕穗期”，一般是将穗在顶叶叶鞘中呈膨大状态，顶叶的叶环露出下一叶叶鞘的时候，叫做孕穗。根据抽穗的迟早，可以大致预测作物的成熟期；从抽穗的整齐度，可以预见成熟的整齐度。在生产实践中即根据这些特性来推定预测产量和收获的时期，及早作好收获的准备。抽穗期需要温暖而晴朗的气候及充足的土壤养分和水分，这样有利于高额产量的形成；否则小穗发育不全，穗中子粒减少，产量降低。同时，这时期植株生长达最高峰，也需要较多的养分和水分。

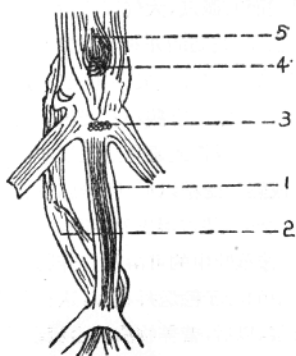


图1—11 禾谷类作物茎和穗的形成图解

1.根茎；2.干枯的芽鞘；3.分
蘖节；4.茎节；5.穗的原始体。

开花 大多数禾谷类作物抽穗后不久就开花，只有大麦有时在抽穗以前开花，而黑麦则在抽穗后10—12天才开花。开花时内、外颖因鳞片膨大压力增加而张开，同时花丝迅速生长，使花药露于颖外。每一穗开花的顺序，随作物的种类而不同。小麦和大麦从穗的中部先开，然后向上向下同时进行，黑麦从穗的上部开始；具有圆锥花序的稻、燕麦、粟、黍和高粱从穗的上部开始开花。从全株来说，主茎的穗先开，分蘖穗依发生先后顺序开放。最先开放的花所形成的种子，发育最好，宜于作播种材料。根据授粉的情况，可把禾谷类作物分为自花授粉和异花授粉两类。小麦、大麦、燕麦、稻、粟和黍主要是自花授粉，黑麦、玉米和高粱主要是异花授粉，但自花授粉作物有时也可能进行异花授粉。开花授粉受气候条件的影响很大。在温暖而有微风，大气湿度适宜时，开花授粉进行良好；低温会妨碍内、外颖的张开，花药的开裂，花粉的飞散和花粉管的伸长。阴雨天气下，内、外颖不能完全张开造成闭花授粉。异花授粉作物在阴雨或极端干旱而高温的天气下，常因有些小花授粉不好而产生缺粒，利用人工辅助授粉和及时灌水，可以减轻或避免缺粒现象。

成熟 受精以后，胚珠即发育为种子，而整个子房成为颖果。受精后到子粒外形基本形成的期间，称为子粒形成期。以后随着胚和胚乳的发育，植株茎叶中的可溶性营养物质（主要为多糖类和氨基酸），大量向正在发育中的种子输送并积存，这种养分向子实运转和积存的过程，称为种子的灌浆。以后，营养物质便由流动的和可溶解的状态变成不溶解状态（主要为淀粉、蛋白质和脂肪），子房逐渐硬化而达于成熟。成熟通常分为三个时期，即乳熟期、蜡熟（黄熟）期和完熟期。

乳熟期：通常也称灌浆期。植株大部分仍是绿色，仅下部的叶子开始变黄而逐渐枯死。乳熟初期子粒还进行着有机物质的积累，子粒呈绿色，其中充满着乳白色的浆液，含有50%左右的水分。

蜡熟期：植株大部分已变黄，除上部几个茎节还保持绿色及上部个别叶片还带部分黄绿色外，其余叶片都枯死。到蜡熟末期植株的同化作用已停止，子粒变黄，内含物呈蜡状，子粒中有机物质的累积也逐渐停止，