

农作物生理知识丛书

玉米应用生理



14

河南科学技术出版社

农作物生理知识丛书

玉米应用生理

吴 丁 主编

韩锦峰 吴道钧编著

河南科学技术出版社

内 容 提 要

本书是根据玉米生长发育的特点,介绍了玉米生理知识和与之相适应的栽培管理措施。其主要内容为:玉米种子的萌发和幼苗生长;玉米各生长发育期的特点和与之相应措施;玉米的水分生理;玉米施肥的生理基础;玉米的光合作用;玉米的呼吸作用等。

农作物生理知识丛书

玉 米 应 用 生 理

吴 丁 主 编

韩锦峰 呈道均 编 著

责任编辑 李 明

河南科学技术出版社出版

河南第一新华印刷厂印刷

河南省新华书店发行

787×1092毫米 32开本 9.125印张 177千字

1983年11月第1版 1983年11月第1次印刷

印数: 1—63,600册

统一书号16245·84 定价0.77元

《丛书》前言

自党的十一届三中全会以来，由于党在农村各项政策的贯彻落实，特别是实行生产责任制后，极大地调动了广大农民的生产积极性，出现了千家万户学科学、用科学、实行科学种田的大好局面。为了适应这一形势发展的需要，省植物生理学会特组织有关植物生理和作物栽培工作者一起，编写了这套《农作物生理知识丛书》，旨在从作物生理的基本理论上提高农村基层干部、农民技术员、回乡知识青年和有文化的农民的农业科学技术水平，发展农业生产，使农业科学理论更好地为农业现代化服务。

《丛书》的编写是以我省主要农作物（共为十二种）为对象，着重用植物生理学的基本原理，紧扣各作物从种到收全过程的生长发育特点，阐明其增产关键措施的理论依据，以及如何适应情况的变化而具体的运用。与生产关系不甚密切的内容，一般只作简要叙述，或略而不提。各本书还根据其作物特点，介绍了一些简单的植物生理实验方法，以促进农村科学实验的开展。在理论阐述上，力求做到深入浅出；在文字上则要求达到通俗易懂，文图并茂，生动形象。

为了编写好本《丛书》，在学会的领导下由吴丁、韩锦峰、苗叔陶、郭省三、袁剑平等五同志组成编辑委员会，以加强《丛书》的组织领导和编审工作。《丛书》在组编过程中，曾得到河南省农林科学院、河南农学院、河南师范大学、新乡师范学院、中国农科院棉花研究所等单位的大力支持，特此致以谢意。

由于水平所限，书中错误和不妥之处，敬希读者多予批评指正，以便及时修订补正。

河南省植物生理学会

1982年8月

目 录

第一章 玉米种子的萌发和幼苗生长	(1)
第一节 玉米种子的萌发	(1)
第二节 玉米苗期生长	(24)
第二章 玉米的生长发育	(27)
第一节 玉米营养器官的生长	(28)
第二节 玉米繁殖器官的生长发育	(47)
第三节 玉米开花、受精过程及生理生化特点 ..	(69)
第四节 玉米子粒的生长发育	(78)
第五节 玉米子粒产量形成的生理基础	(96)
第六节 玉米双果穗、多果穗的形成生理	(104)
第七节 玉米果穗秃顶及缺粒的原因与防止	(108)
第八节 杂种优势的生理生化基础	(110)
第三章 玉米的水分生理	(120)
第一节 水在玉米生活中的作用	(120)
第二节 玉米对水分的吸收	(121)
第三节 玉米水分的散失——蒸腾作用	(130)
第四节 玉米合理灌水的生理基础	(134)
第四章 玉米施肥的生理基础	(146)
第一节 玉米必需的矿质营养元素	(146)

第二节	玉米对矿质元素的吸收	(158)
第三节	玉米合理施肥的生理基础	(162)
第五章	玉米的光合作用	(180)
第一节	光合作用的基本器官	(180)
第二节	玉米光合作用过程	(188)
第三节	影响玉米光合作用的因素	(195)
第四节	玉米产量形成的生理基础和光能利用	(205)
第六章	玉米的呼吸作用	(234)
第一节	呼吸作用的概念和生理意义	(234)
第二节	呼吸作用的途径	(235)
第三节	影响呼吸作用的环境条件	(241)
第四节	玉米各器官呼吸强度	(244)
附录	玉米栽培生理实验方法	(250)
一、	种子生活力的快速测定	(250)
二、	根系活力的测定	(252)
(一)	根系体积的测定	(252)
(二)	根系总吸附面积和活跃吸附面积的测定	(253)
三、	叶面积、叶片厚度和光合势的测定	(256)
四、	叶绿素含量的测定	(258)
五、	玉米光合强度的测定(改良半叶法)	(261)
六、	大田光照条件及光能利用率的测定	(263)
七、	蒽酮法测定可溶性糖	(267)
八、	广口瓶法测定呼吸强度	(269)
九、	玉米种子中赖氨酸含量的快速测定	(271)

十、玉米植株的营养诊断(速测)	(273)
附: 营养水平诊断参数	(280)
十一、玉米田间试验记载项目和记载标准	(281)

第一章 玉米种子的萌发 和幼苗生长

在玉米的一生中，苗期生长占全生育期的三分之一左右。苗期生长是为后期生长制造和积累干物质，为形成高额产量奠定基础。所以，苗期生长的好坏，与获得高额产量关系很大。

要想通过人为的努力为幼苗生长创造良好的条件，就需要了解种子萌发的特点、幼苗生长的过程以及它们对外界环境条件的要求，为苗期的田间管理提供理论依据。

第一节 玉米种子的萌发

种子萌发是玉米植株生长的开始。萌发的好坏，不仅影响玉米的群体，而且也影响个体发育。所以在田间生产中，要采用合理的技术措施，促进玉米种子的发芽。

一、玉米种子的形态和构造

（一）玉米种子的大小 与其它禾谷类作物种子相比，玉米的种子较大，但由于玉米类型和品种不同，千粒重最小

的约为50克，最大的可达500克左右，一般为200—350克。例如，豫农704千粒重为290克左右，郑单二号千粒重为350克左右。

同一品种在不同的栽培、气候条件下，千粒重变化幅度很大。例如郑单二号6月5日播种千粒重389克，6月10日播种371克，6月15日播种341克，6月20日播种319克，6月25日播种，只有295克。相差20天，千粒重就下降94克，这就是夏玉米力争早播增产的原因。

(二) 玉米种子(子粒)的构造 一颗玉米种子由皮层、胚和胚乳三部分组成

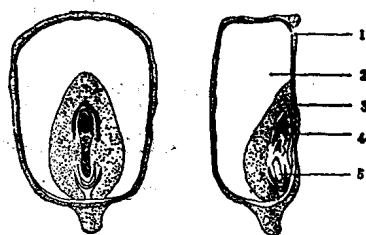


图1 玉米种子构造

1.子实皮 2.胚乳 3.盾片 4.胚芽 5.胚根

(图1)。

皮层包括由子房壁发育成的果皮和由珠被形成的种皮，果皮与种皮紧紧连在一起，不易分离，象一层角质薄膜，习惯上都

叫做种皮。皮层一般无色，具有保护种子的作用，其重量占种子重的5—6%。

胚乳包在种皮内，约占种子总重的80—85%。靠近种皮的胚乳是一层单细胞，排列规则、紧密，不含淀粉，而含糊粉粒和蛋白质，称为糊粉层。这一层约占种子重量的8—10%。糊粉层以内的胚乳有角质胚乳与粉质胚乳之分。角质淀粉紧接糊粉层，淀粉粒小，呈多边形，淀粉粒之间充满蛋白质和胶状化合物，因此，角质胚乳组织紧密，呈半透明状。粉

质胚乳结构疏松，不透明，淀粉多，蛋白质少，淀粉粒大，呈圆形。种子中角质胚乳与粉质胚乳的比例不同，营养价值也不同。角质胚乳多，营养价值高。一般说，硬粒种较马齿种的品质好，即是说前者含角质胚乳较多的缘故。角质胚乳在硬粒种内占胚乳总重的60%，马齿种占50%以下，半马齿种介于二者之间。胚乳是一个营养库，种子发芽时所需要的物质和能量主要是靠胚乳供给。

胚位于种子的一侧，紧贴胚乳，占种子总重量的10—15%。胚是待机生长的“小植株”，具有胚芽、胚轴、胚根和盾片。胚芽生于胚轴的顶端，顶端生长点有几个幼叶包围着，包在最外面的为胚芽鞘（实际上是第一叶）。子粒饱满、发育良好的种子，胚芽内可有5—6片叶子，这样的种子质量高。胚根形成种子根。胚轴连接胚根和胚芽，种子发芽后成为根的一部分。盾片实际上是子叶，生于胚轴一侧，玉米、小麦等禾本科作物都只有一片子叶，故称单子叶植物。盾片含有丰富的糖分、油分、蛋白质和许多种酶*，在种子萌发、幼苗生长时，从胚乳中吸收和输送有机养分，供幼苗生长需要。玉米胚中含油量高，占整个种子含油量的85%，所以，近年来在育种中有的在选育大胚玉米，以发展玉米油生产。

（三）玉米子粒的营养成分 玉米子粒中含淀粉最多，占

* 酶是植物体内产生的。它是由蛋白质组成的，能催化细胞内所有的生物化学反应，起有机催化剂的作用。酶能调节代谢速度和控制代谢方向。

干物重的70%左右，其次是蛋白质，占9—11%，油分含量较少，占4.1—5.2%（表1）。此外，还含有矿质元素和维生素。在黄粒玉米中含有丰富的维生素A和胡萝卜素，而白粒玉米则含量甚微或根本没有。这就是习惯上说黄粒玉米品质比白粒玉米好的原因所在。

表1 玉米子粒中营养成分的含量（占干重%）

品种类型	蛋白质	油 分	淀 粉	糖 分
中晚熟杂交种	9.3—9.9	4.1—5.0	67.8—73.6	1.4—1.6
早熟杂交种	9.3—11.4	4.2—5.1	68.5—72.7	1.4—1.7
中早熟杂交种	9.5—9.8	4.5—5.2	70.9—72.5	1.2—1.5

玉米种子中所含的蛋白质可分为五种：水溶性蛋白（清蛋白）、盐溶蛋白（球蛋白）、醇溶蛋白（胶蛋白）、碱溶蛋白（谷蛋白）和不溶性蛋白（硬蛋白）。玉米子粒中所含的氨基酸*种类及含量因玉米类型不同而有所不同。

普通玉米中含谷氨酸**、亮氨酸、脯氨酸、丙氨酸较多，而对于人类和家禽最为重要的赖氨酸、色氨酸、蛋氨酸和组氨酸的含量较少，具有奥帕克—2和弗洛里—2基因***的玉米含赖氨酸较多。目前，育种家们进行的玉米品质育种

* 氨基酸是构成蛋白质的单位。植物体内的蛋白质不管它的结构多么复杂，都是由20种氨基酸以不同顺序排列而成的。

** 谷氨酸、亮氨酸、脯氨酸、丙氨酸等都是氨基酸，它们都是组成蛋白质的基本成分。

*** 奥帕克—2和弗洛里—2基因是控制玉米中赖氨酸含量的两个基因。

主要是以提高赖氨酸含量为目标。

二、种子萌发的过程

风干的玉米种子含水量低，呼吸作用微弱，细胞内含物转化缓慢，生命活动弱。经过休眠阶段之后，在适宜温度、水分、氧气条件下，玉米种子就由相对静止状态转变为显著活动状态，开始新的生长。向上形成茎叶，向下形成根，成为一个新的植株。这个过程就叫萌发。萌发过程实际上是胚细胞一系列生理生化变化和形态转变的综合表现。象其它作物一样，玉米种子的萌发过程也可划分为吸胀、萌动和发芽三个阶段。当然，这三个阶段不是截然分开，彼此孤立存在的，而是互为基础，互为前题，紧密相联系的过程。

(一)吸胀阶段 种子内部含有大量的淀粉、蛋白质等物质，它们都是亲水胶体，因此，风干种子具有很大的吸水力（现在也常用水势表示，关于水势的概念，在第三章中加以介绍），这种吸水力有时可达1,000个大气压。当种子接触到水分时，它就很快吸水膨胀，这个过程叫做吸胀。吸水膨胀是种子发芽的第一步。玉米种子要达到完全膨胀所需要的水量，为风干种子的35—37%。水分进入种子后，种皮变软，有利于氧气进入，随之其它生理活动也变得旺盛起来，如各种酶类的活化和产生，呼吸作用增强，有机物质的转化和运输加强等等。这些为种子萌发奠定了基础，使种子正常萌发成为可能。

种子吸水膨胀过程中吸收水分的情况为：种子吸水一小

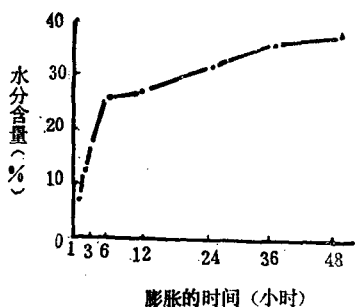


图 2 随种子膨胀，玉米子粒
中水分含量变化

时后，种子中含水量即显著增加，膨胀后3—6小时，种子吸水力特别强，种子含水量成直线急剧增加，在其后的一个短暂时间内，吸水量几乎无变化，过了这个稳定阶段，种子又开始继续吸水，因而种子含水量重新增加(图2)。

活种子吸水膨胀的头1—3小时内，吸水力量主要是单纯的胶体膨胀。其后，种子中线粒体数目逐渐增多，呼吸作用逐渐增强，所以后来的吸水，特别是在重新吸水阶段，吸水力量主要是靠线粒体的呼吸作用产生的能量。死种子仅有靠胶体膨胀吸水的阶段，它不能进行呼吸作用，因而没有重新吸水阶段。例如，有人试验，种子吸水达到完全膨胀时，有胚种子吸水165.5克，而无胚种子（类似死种子）仅吸水117.5克。吸水不同的原因在于胚的呼吸作用。由此可见，大田中水分过多或过少时，玉米种子不发芽或发芽很慢，其原因就在于水分和氧气条件恶化，线粒体遭到破坏，呼吸作用微弱或根本不能进行正常吸水。

试验证明，玉米的不同杂种，或同一杂种不同的种子，其吸水量不同，最初四小时吸水较多的种子，其生产力也高。因此，近来曾有人建议把这一点作为一个指标，应用到玉米

育种上去。

有人试验，在极端缺水的土壤条件下，可借用亲水膜加大吸水力，帮助种子吸水。例如，将玉米种子用1—2%的白明胶或洋菜溶液处理，种子可以正常发芽，而不处理者全部不能发芽。

（二）萌动阶段 随着种子的吸水，种子内部的生理代谢活动逐渐活跃起来。这时，一方面胚乳中贮藏物质由复杂变为简单，由不可溶性变为可溶性，运送到胚部；另一方面，恢复了旺盛生命活动的胚吸收运来的物质，合成新的复杂有机物质如蛋白质、核酸、纤维素作为新细胞的结构物质，形成原生质、细胞壁，使细胞分裂，细胞数目增多，细胞伸长，体积增大，整个胚逐渐增大。当胚的体积扩大到一定程度时，就突破种皮。这个过程，就叫萌动，俗称“露白”。

（三）发芽阶段 种子萌发首先突破种皮的是胚根，只是在胚根露出1—2天后，胚芽才突出种皮。在大田，通常播种后2—3天，主胚根最先突破种皮，垂直向下伸长成为玉米幼苗主根，叫初生根。一般胚根长度约与种子相等，芽长度约等于种子一半时，作为发芽的标准。多数玉米品种，在胚根长出2—3天后，紧接着在下胚轴处陆续形成2—7条幼根，叫次生根或侧胚根。

胚芽向上生长，主要靠中胚轴的伸长。胚芽最先出土的是胚芽鞘，它坚而硬，象锥形，着力点集中，顶土力强，所以玉米种子播种得略深一些也没有大的影响。胚芽鞘一旦见光即停止生长，胚芽鞘出土不久，从胚芽鞘伸出第一片真叶，这

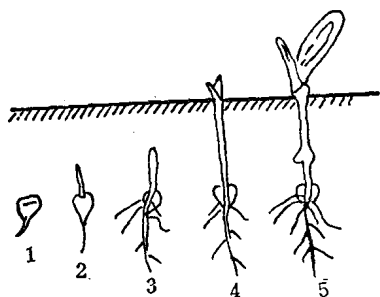


图 3 玉米种子的萌发过程

1. 播种后 2—3 日
2. 播种后 3—4 日
3. 播种后 4—5 日
4. 播种后 5—6 日
5. 播种后 6—7 日 (出苗)

时叫做出苗 (图 3)。在玉米生产中常把幼苗离地 2 厘米作为出苗的标准。第一片真叶的形状和颜色是品种的比较稳定的重要特征, 所以, 玉米生产上常根据第一片真叶的形状和颜色鉴定品种和自交系。

在发芽时, 玉米的盾片即子叶不向上伸

长; 而是留在种子里面。由于子叶一方面含有蛋白质和脂肪等营养物质; 另一方面与胚乳相连接的盾片表皮栅栏细胞, 能分泌溶解细胞壁的细胞溶解酶及分解淀粉的淀粉酶, 所以盾片专门完成吸收和消化胚乳的营养, 供幼苗生长。

三、种子萌发时的物质变化

同其它作物的种子一样, 玉米种子内的有机物质, 基本上分为两大类: 一类是结构物质, 如组成细胞的纤维素、蛋白质、核酸等; 二是贮藏物质, 如贮藏性的糖、淀粉、蛋白质、脂肪等。在种子萌发过程中, 这两类物质变化的总趋势是, 贮藏性的营养物质逐渐分解减少, 结构物质逐渐合成增加。在分别讨论各类贮藏物质变化之前, 让我们先粗略地看一看各类物质总的变化。表 2 说明玉米子粒各成分在萌发 8

天中的变化（在暗处萌发）。

由表（表 2）可以看出，在萌发 8 天内，可溶性糖显著增加，半纤维素和淀粉则明显降低。这说明淀粉和半纤维素水解并转化为糖；脂肪略有减少，但减少很慢；灰分 and 全氮量变化不大，因为它们没有排出，又直接参与了新器官的形成，因而没有增减。

表 2 玉米种子发芽时贮藏物质的变化

种子发芽阶段	干物质重量 减少（%）	贮藏物质含量（折算为干重%）					
		灰分	脂肪	糖分	淀粉	半纤维	全氮
发芽前	0	1.30	4.88	2.5	27.5	30.7	1.7
萌发后 2 天	10.8	1.42	4.71	5.2	28.2	19.9	1.5
萌发后 4 天	11.6	1.42	4.60	10.2	21.1	16.1	1.4
萌发后 6 天	11.3	1.45	4.40	8.6	20.0	11.6	1.2
萌发后 8 天	12.2	1.42	4.09	15.6	18.1	11.1	1.7

由表（表 2）还可以看出，发芽过程中总干重有减少，这是由于在贮藏物质转变为新器官的结构物质过程中，为了获得能量，进行了强烈的呼吸作用，一部分由碳、氢、氧构成的物质以二氧化碳和水的形态被排出的结果。玉米各部分在萌发过程中干重的变化（图 4）也非常明显。

由图（图 4）可以清楚地看到，胚乳干重急剧下降，其物质源源运往“轴”中（包括根、茎、幼芽），因而轴重增加，盾片的干重变化不大。

种子内贮藏的淀粉、蛋白质和脂肪等的变化是很复杂的，