

玉米育种与种子生产

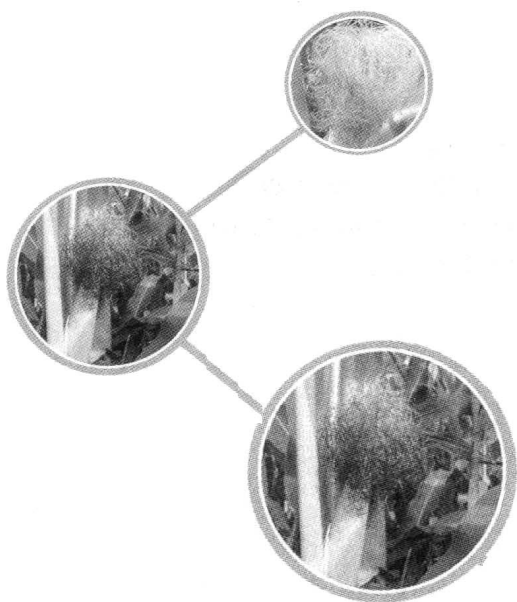
李自学 主编



中国农业科学技术出版社

玉米育种与种子生产

李自学 主编



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

玉米育种与种子生产 / 李自学主编. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2010. 10

ISBN 978 - 7 - 5116 - 0254 - 1

I. ①玉… II. ①李… III. ①玉米 - 作物育种
IV. ①S513.03

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 144578 号

责任编辑 李 芸

责任校对 贾晓红

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82109709 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)
(010) 82109703 (读者服务部)

传 真 (010) 82109709

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 新华书店北京发行所

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 880 mm × 1 230 mm 1/32

印 张 17

字 数 450 千字

版 次 2010 年 10 月第 1 版 2010 年 10 月第 1 次印刷

定 价 40.00 元

— 版权所有 · 翻印必究 —

主 编：李自学

参编人员：汪利明 李文阁 张建光
 伊 强 朱炳宇 柳景友
 刘孟军 高国学 陈占礼
 徐 树

前 言

玉米起源于美洲，16 世纪引入中国，距今已有 400 多年的历史。多年来玉米对国计民生起着重要作用。有人对玉米有过这样的评价：“一个国家，一个民族，在粮食不够吃的时候，十分重视抓高产的玉米；当粮食刚刚够吃的时候，往往又扬弃玉米；当生活进一步富裕起来的时候，才真正体会到发展玉米生产和确立玉米在饲料中的主导地位对改善人民生活有多么重要的意义！”

中国玉米生产仅次于美国，播种面积居世界第二位，总产量也居第二位，总产量相当于美国的 45%。从玉米的消费来看，据有关专家报道，2001 年至 2005 年，我国玉米消费年增长 2.7%， “十一五” 期间，玉米消费增长幅度将进一步加快。自 2000 年至 2006 年，玉米在饲料、工业方面消费增长 1 倍多。近年来玉米大量转向乙醇汽油等化工生产，国际玉米贸易量、库存量不断减少，导致市场玉米价格上涨。因此，玉米播种面积也逐年加大，2007 年比 2000 年播种面积增加 506 万公顷。到 2008 年，玉米种植面积达到 2 986.4 万公顷，占粮食种植面积的 27.4%，产量占粮食总产量的 31.4%，在种植面积上已经超过水稻和小麦，位居第一位。耕地面积是有限的，为满足市场需求，要从提高单位面积产量上做文章。

提高玉米单位面积产量，首先要从新品种选育上做文章。因为有了优良品种，即不增加劳力、肥料也可获得较好的收成。有人计算品种的增产潜力占总产量的 30% ~ 40%。我以一个普通育种者的身份，谈谈从 20 世纪 80 年代开始至今搞玉米育种的经

过。我通过不断地学习、探索、实践、改进、提高，形成一套育种方法。现将我学到的知识、做过的方法介绍给同仁，仅供大家参考。

此书包括“玉米形态与发育”、“玉米遗传变异”、“玉米自交系选育”、“玉米杂种优势利用”、“玉米亲本繁殖”、“玉米杂交种子生产、加工及贮藏”、“选种玉米优良品种”等七部分内容。写此书的主要目的：为育种者提供一些线索；为杂交种生产者提供一些技术；为广大种玉米的农民提供优良品种。

我写该书时参考并运用了1979年玉米遗传育种学编辑组写的《玉米遗传育种学》；佟屏亚等人编写的《现代玉米生产》；周武歧等人编写的《玉米杂交种子生产与营销》；全国农业技术推广服务中心主编的《中国玉米品种科技论坛》；张清海主编的《育种大观》；1995—2009年《玉米科学》刊物中的文章，还有《种子世界》、《中国种业》期刊上的有关文章，在这里表示致谢。

为便于读者使用，本书中仍沿用市制单位“亩”，1亩=666.7平方米。由于本人水平所限，书中疏漏差错较多，请读者批评指正。

编者

2010年5月

目 录

前 言	(1)
第一章 玉米形态与发育	(1)
第一节 形态特征	(1)
一 根的形态结构和功能	(1)
二 茎的形态结构和功能	(3)
三 叶的形态结构和功能	(4)
四 花序	(6)
五 种子	(10)
第二节 雌雄穗分化	(14)
一 雄穗分化	(15)
二 雌穗分化	(17)
三 雌雄穗分化时期的对应关系	(20)
四 穗分化与茎节的对应关系	(20)
五 穗分化与叶片、叶龄的对应关系	(21)
第三节 玉米与生态环境	(22)
一 温度	(22)
二 光照	(24)
三 水分	(26)
四 养分	(29)
五 土壤	(33)

第二章 玉米遗传变异	(35)
第一节 细胞分裂与遗传	(35)
一 细胞的结构	(36)
二 细胞分裂	(39)
三 玉米的生活周期	(43)
四 遗传的物质基础	(44)
第二节 质量性状的遗传	(51)
一 显性和性状分离	(51)
二 自由组合(独立分配)规律	(57)
三 基因的连锁和交换	(60)
四 基因和性状表现的关系	(64)
五 遗传变异	(68)
第三节 数量性状的遗传	(72)
一 数量性状的遗传方式	(73)
二 数量性状的遗传效应分析	(78)
三 遗传力及估算方法	(82)
四 配合力及其效应的估算	(90)
第三章 玉米自交系选育	(94)
第一节 自交系选育目标	(94)
一 过去自交系的选育目标	(94)
二 现在的自交系选育目标	(95)
第二节 玉米种质资源	(102)
一 地方玉米种质资源	(103)
二 外来玉米种质资源	(109)
第三节 创新种质基础	(129)

一 从品种群体中选育自交系	(129)
二 从自交系间杂交选育自交系	(131)
三 用回交方法选育自交系	(135)
四 创新遗传基础从丰富的改良体中选育自交系 ...	(137)
五 利用群体改良方法选育自交系	(138)
六 利用轮回选择方法选育自交系	(141)
七 定向选育高配合力玉米自交系	(146)
八 利用组团方法选育新的玉米自交系	(148)
九 基因突变	(149)
十 远缘杂交	(150)
十一 化学诱变	(152)
十二 辐射诱变	(157)
十三 航天诱变	(160)
十四 单倍体育种	(162)
十五 分子育种	(168)
第四节 自交系的选育过程	(180)
一 玉米自交的依据	(180)
二 常规系谱法	(187)
三 改良系谱法	(191)
四 选育材料及小区设计	(193)
五 自交和杂交技术	(199)
六 选系材料的收获和贮藏	(203)
七 选系材料田间调查	(205)
八 淘汰是推动选育新自交系的动力	(215)
第五节 自交系配合力的选择	(218)
一 配合力的概念和种类	(218)

二 配合力的遗传	(219)
三 父、母本两区种植测配评定	(225)
第四章 玉米杂交种优势利用	(230)
第一节 杂种优势的概念和表现	(230)
一 籽粒产量及产量因素的优势表现	(231)
二 生长势和雌雄幼穗分化的表现	(232)
三 杂种一代表现出早熟性	(232)
四 杂种一代有较强的抗逆性和适应能力	(232)
第二节 杂种优势形成的遗传原因	(233)
一 显性假说	(233)
二 超显性假说	(237)
第三节 杂种优势生理生化基础	(240)
一 光合性能与杂种优势	(240)
二 遗传物质与杂种优势	(253)
三 生理活性物质与杂种优势	(256)
四 线粒体活性与杂种优势	(265)
五 酶系统与杂种优势	(266)
第四节 杂交优势模式	(271)
一 玉米种质类群划分的常用方法及评价	(272)
二 世界玉米的遗传多样性及杂种优势模式	(274)
三 国内玉米种质类群划分及杂种优势模式	(278)
第五节 玉米杂种优势的应用	(335)
一 我国农作物品种管理	(336)
二 玉米试验技术规程	(342)
三 预备试验	(346)

四 区域试验	(349)
五 生产试验	(351)
六 品种审定	(352)
 第五章 玉米亲本繁殖	(361)
第一节 玉米亲本种子的生产	(361)
一 繁种面积的制定	(362)
二 繁种技术员的选用	(362)
三 繁种地块及隔离区的选择	(363)
四 繁种田的保纯工作	(365)
第二节 亲本自交系的混杂原因与保纯的理论解释 ..	(368)
一 自交系混杂退化的原因与后果	(368)
二 自交系防杂保纯的理论解释	(373)
第三节 亲本自交系的繁育程序与方法	(376)
一 我国良种繁育技术的发展历程	(376)
二 亲本自交系的繁育程序	(378)
三 亲本自交系的提纯防杂方法	(379)
 第六章 玉米杂交种子生产、加工及贮藏	(391)
第一节 玉米杂交种子的保质技术	(391)
一 制种基地的落实	(391)
二 严格去杂	(395)
三 及时彻底去雄	(398)
四 割除父本工作	(402)
五 加快脱水	(404)
六 收、脱保质	(407)

七 种子的人工干燥	(411)
八 清选加工	(419)
九 计量包装	(422)
十 种子加工成套设备的组成与操作	(429)
十一 种子贮藏	(432)
第二节 玉米杂交种子保产措施	(456)
一 玉米制种田整地	(456)
二 玉米制种田施肥	(458)
三 玉米地膜制种	(469)
四 制种田的行比与密度	(474)
五 玉米制种与气象因素的关系	(477)
六 玉米制种田的花期预测与调节	(480)
七 制种田的田间管理	(489)
八 病虫害防治	(499)
第七章 选种优良玉米杂交品种	(509)
第一节 繁华的玉米种子市场	(510)
一 玉米育种家及所育成的玉米品种	(511)
二 玉米种子的营销形式	(523)
三 种子市场十大变化	(524)
第二节 选购优良玉米品种应注意事项	(526)
一 种子标签	(526)
二 引种规律	(527)
三 引种试验	(529)
四 农民购种十注意	(531)

第一章 玉米形态与发育

玉米，是一年生禾本科作物，在植株形态方面具有与其他禾本科植物不同的特点，它植株高大、根系发达、叶片宽大、雌雄同株异花、花序类型不同、异花授粉、穗轴粗大、籽粒肥大又有多种多样的类型和色泽等等。这些独有的形态特点决定了其相应的育种方法。

玉米育种工作者，要想做好玉米育种工作，首先应系统地了解与育种工作密切相关的形态特征，这对选育自交系、鉴定性状、改良株型、掌握开花习性、配制杂交种有着重要的意义，掌握了玉米一生生命活动中的规律，能有效地改造现有品种，创造新品种。

第一节 形态特征

一 根的形态结构和功能

玉米的根是须根系，由初生根（又名胚根、种子根、临时根）、次生根（永久根、节根、水根、第二次根）和支撑根（支柱根、支持根、气生根）组成。

种子发芽后，最先生出一条主胚根或叫初生根，在胚节处可生出3~5条侧胚根，有时可达8~9条，由于它们是在胚的两侧生出，所以叫侧胚根。这类根通常不分枝，而垂直向下生长。它们在植株形成次生根之前，起着供应幼苗的水分和养分的作用。

从种子到地表茎节（芽鞘节）之间称为根茎（地中茎、中

胚轴)，这一组织的伸长对于幼苗出土十分重要，其长度因播种深度而异。

次生根是根系的主要部分，在3~4叶期，于密集的地下茎节上轮生，最初次生根在一个茎节上大体出现4条，以后逐渐增多，垂直向下生长，在土壤结构良好的肥沃土壤中可深扎2米以上。根系水平分布范围，一般直径可达1米左右。70%以上的根系集中于土表下0~30厘米之间。次生根通常为50~90条，有的能达100多条。这么多的次生根一层一层地轮生于地下茎节上，一般为4~9层，随品种、类型与水肥等栽培条件而有较大的差异。玉米主要依靠这部分根系吸收土壤中的水分和无机盐类。

支撑根（气生根）：一般在拔节至抽穗期，在地面上靠近地表的1~3茎节上轮生出来。若水肥充足，直到第6~8节上也可能发生支撑根。玉米的这部分根相当粗大，根尖长分泌黏液，但不一定能全部入土，入土后能分生侧根，具有稳固植株作用，可增强抗倒能力，吸收水分和养分，与次生根作用相同。它本身还有合成氨基酸的功能。据测定，在玉米支撑根中，氨基酸的含量为茎叶中的10~15倍，种类也比较多。这些氨基酸一部分被运送到地上部各个器官合成蛋白质，一部分在根内直接合成蛋白质。

根系的分布、长度和干重受外界条件（土壤水分、温度、肥沃程度）的影响很大。据观察，每株根重出入很大。在极肥沃疏松的土壤中，同一品种，稀植时拔节期的干重，相当于一般土壤密植条件下成熟期的干重。一株玉米的全部根系连接起来，总长度可达1~2千米；着生在根尖部位的根毛，每平方厘米就有42500条。在各种禾谷类春播作物中，玉米根系所占的土壤容积是最大的。玉米根系与土壤接触的表面积，比根系的体积要大20~25倍，比叶片的表面积要大300~500倍。玉米植株从土壤

中吸收养分和水分，主要依靠根系尖端长满根毛的部分。从根毛的尖端向下，依次可以分为伸长区、分生区和根冠。根毛是幼根尖端的表皮细胞向外突起，并不断增生和依次伸长而产生的。根毛纤细而柔嫩，细胞壁上含有很多果胶质，能分泌酸类，溶解土壤中的有机物质，并把养分和水分吸收到根系胞中。根毛就好像一个“微型泵”，在土壤中不停地吸收周围的水分和养分，通过导管输送到植物的各个器官，供给植物生长发育的需要。根毛的寿命很短，随着新根的产生，老根毛不断脱落，新根毛不断出现。原有老根的坚硬皮层和不透水的部分，就只是起着支持和固定的作用了。

二 茎的形态结构和功能

在禾谷类作物中，玉米的茎秆最为粗壮，直径为2~4.5厘米，高度因类型品种及栽培条件不同而有很大差异，高者可达4米以上，矮者甚至只有40厘米左右。通常的栽培品种株高在2~3米。

玉米茎可分为三部分，即表皮、基本组织和维管束。茎的最外一层是表皮，表皮内有几层排列紧密和硅质化的厚壁细胞。在厚壁细胞的内侧为薄壁细胞，其中布满了不少维管束，外圈管小而数多，里圈数少而管较大。凡是抗倒伏类型的玉米植株，在茎的横切面上都可看到比较发达的维管束。

玉米茎上有一段段的环状突起叫节，节与节之间的茎伸长叫拔节，拔节主要是靠玉米节间基部的分生组织细胞的分化和伸长。伸长的顺序是由下向上逐渐进行，最上面的一个节间最后伸长。玉米的茎由胚轴分化发育而成，早在幼苗阶段即以形成，拔节后依靠茎节的居间分生组织伸长而增长。节间由基部至顶端顺序加长，而茎节的粗度则顺序减少。玉米幼苗期茎节只有2厘米左右，没有伸长；茎在地下部则有比较密集的4~6个节，个别

情况可多至9个节；拔节后，茎基部节间开始伸长，每昼夜平均伸长2~6厘米；在雌穗小花分化阶段，节间伸长迅速加快，每昼夜可达6~13厘米。通常栽培品种地上部有8~20个节，在最后一节顶端长出雄穗。在玉米茎秆迅速伸长之前，应适当控制水肥条件，促使根系下扎，地上部粗壮敦实，为防止倒伏和秆粗穗大奠定基础。

玉米茎节每节着生一片叶子。每个茎节中有腋芽的叶腋处都有一浅沟，沟中着生一枚腋芽，内含雌穗原始体。近表土的地下茎可生分蘖，分蘖多少与品种、类型、土壤肥力及种植密度有密切关系。甜质型和硬粒型（爆裂玉米）玉米比马齿型玉米分蘖多，在土壤肥沃，水、肥充足的条件下，分蘖多；若种植密度大则分蘖少。第一个分蘖多为雄性花或两性花。除了一些植株矮小的、多秆多穗和甜质型玉米外，分蘖大多数不能抽穗和结实，成为无效分蘖，应及早拔除以免消耗营养。

玉米茎秆的表皮是由一层外壁增厚硅质化不透水的细胞组成。表皮下还有很多角质化的厚壁细胞组织的机械组织。机械组织内侧为薄壁细胞组织的髓质，其中散布着许多平行排列的维管束。维管束是由韧皮部和木质部组成。木质部的导管，它是木质化的空管，从根部通过茎秆直达叶片和果穗，把根系吸收的养分和水分源源不断地输送到叶、花、籽粒中去，又把叶片光合作用制造的产物输送到其他部位。茎秆还起着支撑作用，支撑着叶片，使之在空间分布均匀，便于接收阳光和同化二氧化碳。茎秆也是贮藏养分的器官，如青贮玉米所含干物质、糖分、粗蛋白、淀粉、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、木质素等养分，就贮藏在玉米秸秆中。

三 叶的形态结构和功能

玉米的叶互生，每一茎节上着生一片。中晚熟品种通常生长

18~22片叶子（一般成熟时保持在15~17片），晚熟的有25片以上叶子。中熟品种生长12~18片叶子，早熟品种一般着生8~12片叶子。

玉米的叶子，由叶鞘、叶舌、叶片组成，在叶舌的着生部位，叶的背面叶与叶鞘连接的环状结构叫叶环。它是区别展开叶与未完全展开叶的重要标志。有的品种还有叶舌，有的则没有叶舌。叶鞘紧紧地包着茎节，植株下部的叶鞘比节间长，而上部的叶鞘比茎节短。叶鞘组织肥厚，质地坚硬，有保护茎节和贮藏养分的作用。叶片着生在叶鞘顶部的叶环上，叶片中央有一主脉，主脉两侧有许多侧脉，相互平行或近于平行，也叫平行脉。叶片与叶鞘紧密连接处着生薄膜状的叶舌，紧贴茎秆，长0.8~1.0厘米，有阻止雨水、病菌、昆虫进入叶鞘的作用。叶片向上斜挺，像漏斗一样包住茎秆。叶片边缘有波状的皱褶，表面有棱线，有毛或光滑。玉米大多数叶片的正面有茸毛，只有基部第1~5片叶光滑无毛。

叶片包括表皮、叶肉、叶脉三部分。叶片由上下表皮、薄壁组织、机械组织和维管束所组成。由于叶缘的薄壁组织生长比维管束快，因此叶缘呈波浪形。上表皮有一层特殊的大型细胞，称为运动细胞。这些细胞壁薄，液泡很大，当气候干旱、水分不足时，运动细胞失水，体积变小，使叶片向上卷缩成筒状，可以减少水分蒸发。

玉米的叶维管束鞘中有叶绿素，这叫叶绿维管束鞘，是典型的C₄植物。在强光条件下，其光合能力比小麦等作物高，而且光合作用的适温幅度也高。作为“非光呼吸作物”的玉米，在光能利用上，在一般情况下，不但可以利用直射光，对散射光也能充分利用。叶片细胞中的叶绿素，在阳光下进行光合作用制造有机物质，供给玉米生长发育。

叶片的上下表皮布满气孔，在1平方厘米的两面具有