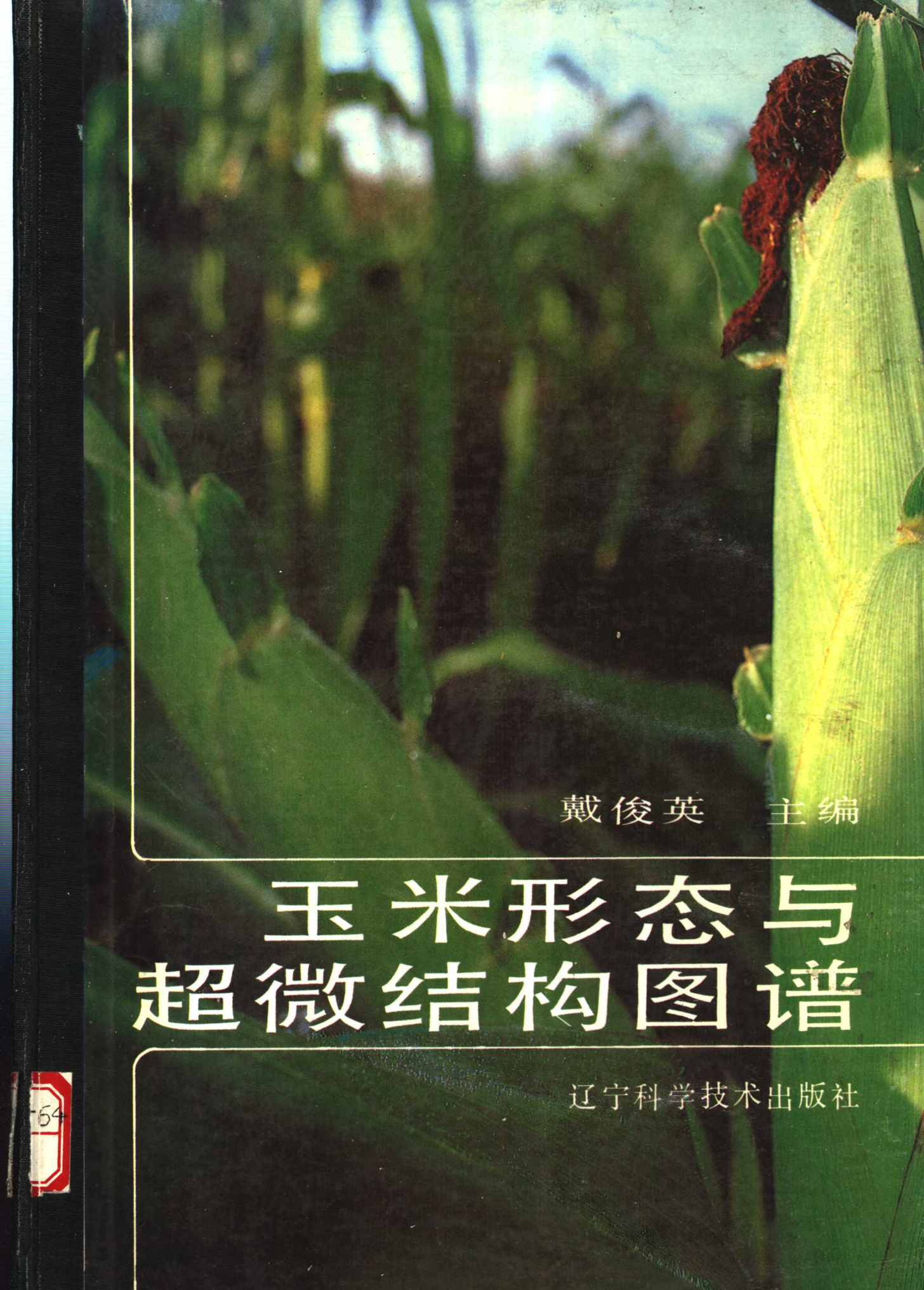




戴俊英 主编

玉米形态与 超微结构图谱

辽宁科学技术出版社

玉米形态与超微结构图谱

戴俊英 主编

辽宁科学技术出版社

玉米形态与超微结构图谱

Yumi Xingtai yu Chaowei Jiegou Tupu

戴俊英 主编

辽宁科学技术出版社出版 (沈阳市南京街6段1里2号)

辽宁省新华书店发行 辽宁美术印刷厂印刷

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 7 1/2 字数: 110,000 插页: 4

1990年12月第1版 1990年12月第1次印刷

责任编辑: 李贵玉 版式设计: 于 浪

封面设计: 曹太文 责任校对: 王春茹

印数: 1—1170

ISBN 7-5381-0984-6/Q·8 定价: 14.00元

主 编 戴俊英

副主编 林钧安 李文耀

编 委 黄国坤 张 弛

戴竟时 吴 平

高佩民

审 阅 顾慰连

前 言

玉米是高产作物，在我国的栽培面积仅次于稻、麦而居第三位。由于它的丰产性能和广泛的适应性，又是饲料之王和重要的工业原料，因此它在粮食作物生产中占有举足轻重的地位。

近年来，不少地方将玉米生长发育过程中植株外部形态与栽培技术相结合，绘制成因苗种植的图谱，在生产上起了很好的指导作用。但将外部形态和内部结构，特别是按生长发育过程，超微结构观察结合起来，深入了解二者相互关系，总结成系统的参考资料和图谱，尚属罕见。

沈阳农业大学作物生理研究室和植物教研室、电子显微镜研究室的同志们合作编写了《玉米形态与超显微结构图谱》，在高产栽培的条件下按玉米生长发育过程进行形态结构与扫描、透射电子显微镜观察，图文并茂，便于读者了解一般形态结构与超显微结构之间的关系和内在联系，为更有效地制订丰产栽培技术措施提供依据。本书可以作为高等农业院校师生、农业研究院（所）、植物学、作物科学研究人员的参考资料，也可以作为高等农业院校农学系、综合大学生物系研究生、高年级本科生的参考书。

本《图谱》承蒙沈阳农业大学顾慰连教授审阅全书并予以修改，哈尔滨师范大学申家恒教授予以热情指导，并提供双受精照片，沈阳农业大学牧医系刘荣秀副教授提供不少宝贵意见，李珏、刘丽同志参加了部分实验工作，在此一并致以衷心感谢。

由于经验不足，水平有限，本书难免存在着缺点和不当之处，恳请广大读者予以指正。

编 者

1990年3月8日

目 录

I. 内文	1		
一、玉米在我国农业生产中的地位	2	生理功能	19
二、玉米的起源和历史	2	(一)雄、雌穗的构造	19
三、玉米的类型	3	(二)雌雄穗发育中芽的消长动态与成穗规律	25
四、玉米籽粒的结构及萌发过程	4	(三)穗分化时期与叶龄指数	26
(一)籽粒的结构	4	九、玉米雄蕊与花粉的发育及其结构	27
(二)籽粒的萌发过程	5	(一)花药的形态结构与发育	27
五、玉米根的形态结构及生理功能	6	(二)花药壁	28
(一)根的类型	6	(三)花粉母细胞的减数分裂	29
(二)根的形态与结构	7	(四)花粉的发育及其形态结构	31
(三)根的生理功能	9	十、玉米雌蕊与胚囊的发育及其结构	33
(四)品种和环境条件对玉米根系生长的影响	10	(一)雌蕊和胚珠的发育及其结构	33
六、玉米茎的形态结构及生理功能	12	(二)胚囊的发育	34
(一)茎的形态特征	12	十一、玉米开花、传粉与受精	36
(二)茎的生长	13	(一)开花与传粉	36
(三)茎的结构	13	(二)受精作用	37
七、玉米叶的形态结构及生理功能	15	十二、玉米籽粒的形成过程	38
(一)叶的发生与生长	15	(一)胚的发育	38
(二)叶的形态与结构	16	(二)胚乳的发育	38
(三)叶片生长动态和不同叶位叶片的功能	18	(三)籽粒皮的形成	39
八、玉米生殖器官的形态结构及		参考文献	39
		II. 照片及说明	43

I . 内 文

一、玉米在我国农业生产中的地位

玉米在我国的栽培历史还不到500年，但由于它高产、稳产、营养丰富而受到农民的重视。我国玉米的分布极为广泛，已遍及全国，东自沿海诸省，西至青海、新疆；南至海南岛，北至黑龙江省的黑河都有栽培，成为我国三大粮食作物之一。主要产区为辽宁、吉林、黑龙江、山西、河北、山东、河南、陕西、甘肃、四川、云南、贵州12个省，其他省、自治区栽培不多。70年代，我国玉米常年播种面积占粮食作物面积的12—16%，总产量占粮食作物的18—20%，因此玉米在农业生产和粮食组成中占有重要地位。

玉米籽粒富含营养成分，蛋白质、脂肪与维生素含量都比较丰富。长期以来，是我国人民的主要食粮，特别是东北、华北各省和西南山区人民多以玉米为主食。同时，目前国内外，对玉米的综合利用都已发展到一个新的水平。玉米除供人类食用外，还是饲料之王。籽粒是上等的精饲料，每100公斤玉米籽粒约可折合135个饲料单位，而燕麦只有100个，黑麦为118个，大麦则为126个。玉米的茎叶、穗轴、苞叶是营养相当丰富的干饲料，新鲜苞叶可制成优良的青贮饲料。玉米还可制成数百种有价值的工业品，即使雄穗和花丝也可供医药上应用。

二、玉米的起源和历史

玉米原产中美洲的墨西哥、危地马拉和南美洲的秘鲁高原及亚马逊河流域的西部地区。美洲最早的印第安人用他们的大脑和双手，驯化、培育和栽培出当今遍及全球的玉米，因而玉米则被称为“印第安古代文明之花”。

根据近年的考古资料，在墨西哥城附近大湖底所发现的玉米花粉化石和博物馆展出的石磨说明，印第安人在公元前3500年左右已种植食用玉米。秘鲁国立农业大学曾经宣布，通过大量科学考察证明，秘鲁已有4000多年的玉

米种植史。“秘鲁”一词即印第安克丘亚语中“大玉米穗”的意思。自从1492年哥伦布发现美洲新大陆之后，1496年将玉米带到西班牙，大约在15世纪下半叶，玉米的栽培遍及世界各大洲。

我国最早记载玉米栽培的是1551年（明嘉靖30年）河南《襄城县志》，1555年（明嘉靖34年）河南《巩县志》，1563年《大理府志》卷二，1574年《云南通志》等，这些地方志的物产中称玉米为玉麦、御麦或番麦，当时尚无形态描绘。1573年浙江杭州人田艺衡所著《留青日札》和1578年李时珍所著《本草纲目》，都有关于玉米栽培较为详细的记载。

三、玉米的类型

根据籽粒形状和结构分类，玉米属中只有一个栽培种（学名为 *Zea mays* L.），按照籽粒形状、胚乳性质与有无稃壳，可将玉米分为以下9个类型或亚种。我国栽培最多的是马齿型和半马齿型，其次是硬粒型、糯型、甜质型、爆裂型等只有零星栽培。

（一）马齿型（*Zea mays* L. *indentata* stunt）植株高大，果穗呈圆柱形，籽粒长大扁平，粉质淀粉分布于籽粒的顶部及中部，两侧为角质淀粉，成熟时粉质的顶部比角质的两侧干燥得快，因而凹陷成马齿。籽粒有黄白等色，不透明，品质较差。马齿型品种产量较高，但需肥较多，成熟较迟。我国栽培最多。

（二）半马齿型（*Zea mays* L. *Semindentata* kulesh）又名中间型，这是硬粒型与马齿型的杂交类型。植株、果穗的大小形态和籽粒胚乳的性质都介于硬粒型与马齿型之间，籽粒黄、白色。最明显的特征是籽粒顶部凹陷，深度比马齿型浅。

（三）硬粒型（*Zea mays* L. *indurata* sturt）果穗多呈圆锥形，籽粒圆形，坚硬饱满，透明而有光泽。籽粒顶部及四周的胚乳皆为角质淀粉，仅中部有少量粉质淀粉，籽粒有黄、白、红、紫等色，品质优良。适应性强，产量稳定，需肥不多，较早熟。

（四）粉质型（*Zea mays* L. *amylacea* sturt）又名软粒型，果穗及籽

粒形状与硬粒相似，惟胚乳几乎全为粉质淀粉，籽粒无光泽。我国栽培极少。

(五) 甜质型 (*Zea mays* L. *Saccharata* sturt) 又名甜玉米，植株矮小，分蘖力强，果穗小。籽粒几乎全为角质胚乳，胚较大，成熟时表面皱缩，半透明，含糖量较高。近年我国栽培较多（制罐头）。

(六) 糯质型又名蜡型 (*Zea mays* L. *Ceratina* kulesh)，果穗较小，籽粒中的胚乳大部分为支链淀粉所组成，表面无光泽，呈蜡状，不透明，水解后形成糊精。原产我国，目前各省、自治区栽培面积不大，只有零星种植。

(七) 爆裂型又名麦玉米 (*Zea mays* L. *everta* sturt)，叶挺拔，每株结穗较多，但果穗与籽粒都较小。籽粒几乎全为角质胚乳所组成，硬而透明，遇高温时有较大的爆裂性。依籽粒的形状又可分为两类，一类为米粒形，籽粒较尖；一类为珍珠形，籽粒较圆。我国各地有零星栽培。为爆苞米花之原料。

(八) 甜粉型 (*Zea mays* L. *amyleo-saccharata* sturt) 籽粒上部为甜质型角质胚乳，下部为粉质胚乳，世界上罕见，我国无栽培。

(九) 有稃型 (*Zea mays* L. *tunicata* sturt) 籽粒为较长的稃壳所包住，稃壳顶端有时有芒状物，籽粒坚硬，脱粒极难，为原始类型，很少栽培，可作饲料。

生物化学方面的研究一再指出，玉米亚种间的根本区别不仅表现为形态学、生物学的特征，而且也表现在生物化学上的差别。

四、玉米籽粒的结构 及萌发过程

(一) 籽粒的结构

1. 外部形态

玉米的种子实质上是果实，植物学上称为颖果，通常称之为“种子”或籽粒。成熟的种子由种皮、胚乳和胚构成。

玉米种子的形状、大小和色泽因类型和品种之不同而不同。如硬粒型玉米种子呈圆形，透明而有光泽。色泽则有黄、白、紫、红、花斑等色，栽培上常见的多为黄色和白色。种子大小因品种和栽培水平而异，一般千粒重约200—350克，最小的只有50多克，最大的可达400克以上。

2. 内部结构

种皮在播种前保护着种子，限制和防止真菌和细菌的侵入。对于大多数马齿型玉米，胚乳的重量大约相当于整个种子的4/5，其中大约90%是淀粉（一般淀粉占整个种子的72%），7—10%左右是蛋白质以及很少一部分脂肪、矿物质和其他一些化学成分。在玉米种子淀粉中，大约有25%为直链淀粉，75%为支链淀粉。蛋白质交织成角状的网，淀粉粒镶嵌在中间。胚乳的结构和蛋白质的含量及分布随玉米的类型而有很大的不同，玉米的胚占种子重量的10—15%左右。胚将来发育成为玉米植株，由胚芽、胚轴、胚根及盾片构成。胚芽中有5—6片胚叶，是叶的原始体；胚根是根的雏形；盾片（植物学上称之为子叶）含有大量的脂肪，普通玉米盾片中含脂肪为35—40%，并含有许多对早期发芽和生长十分重要的物质。

种子下端有一个“尖冠”，与种皮接连，它使种子能够附着于穗轴上，并保护胚。脱粒时，尖冠常留在种子上，若去掉尖冠则出现黑色覆盖物（黑色层），黑色层的形成，一般认为标志着籽粒已经成熟。

在玉米籽粒胚和胚乳的蛋白质中，其氨基酸种类多达19种，以谷氨酸、精氨酸的含量较高。而赖氨酸、色氨酸和蛋氨酸（人、畜营养中不可代替的氨基酸）含量不足，可通过定向选择和食用时掺入黄豆粉即可解决。

玉米种子的胚中含有大量的脂肪，一般含36—47%的油脂。玉米油是一种高质量的油，因其中亚油酸的比率高，而亚麻酸的比率较低。

黄玉米含有维生素A，而白色玉米籽粒实际不含有维生素A。所有类型的玉米籽粒都含有维生素E，其含量约为10毫克/公斤（主要在胚中）。

（二）籽粒的萌发过程

玉米播种后，种子在适宜的土壤温度、水分、氧气条件下，吸水膨胀，

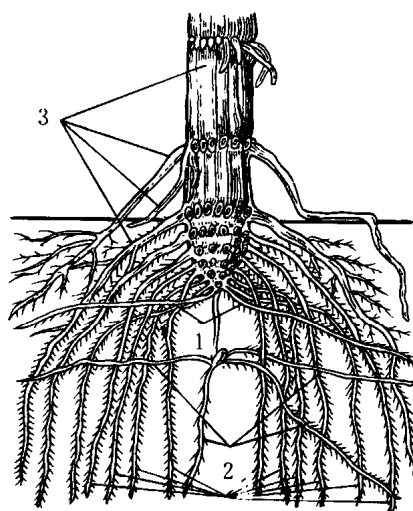
然后便迅速萌动发芽。玉米种子萌发一般先长出胚根，后长胚芽。胚芽由笔尖状的胚芽鞘包着胚叶和胚茎伸出地面，然后长出叶子。当第一片真叶高出地面 2 厘米时，即称为出苗。

五、玉米根的形态结构及生理功能

（一）根 的 类 型

玉米的根系为须根系，根据其外部形态、发生的先后和部位，以及功能的不同，玉米根系可分胚根（初生根）和节根（次生根），生长在地上部茎节上的节根称之为气生根或支持根（图 1）。

胚根 又称种子根、初生根，包括主根和初生不定根，是玉米籽粒萌发时最初发生的根。当籽粒萌发时，籽粒经吸水膨胀，胚根首先突破胚根鞘而伸出，并迅速伸长，形成主根。1—3 天后，随着胚芽鞘的伸长，在子叶节以下的胚轴上陆续生出 3—7 条不定根，最先发出 3 条初生不定根，其中两条位于胚芽鞘下面，是由胚轴两侧发生，与籽粒呈平行方向向上生长，一条位于子叶节部位的胚轴腹面，与籽粒呈垂直方向直立生长（照片 2—3、4、5）。以后在胚轴同一部位继续产生 3—4 条初生不定根，是胚根一起共同组成了胚根系。胚根（种子根）在苗期吸收水分和养分方面起着重要作用。



1. 胚根(初生根) 2. 节根(次生根)
3. 气生根(支持根)

图 1 玉米根的种类

节根 又称次生根、永久根，是由次生不定根组成，次生根构成玉米根系主要部分。次生根一层一层地轮生于地下茎节上，一般 4—6 层，多者可达 8—9 层。随玉米类型、品种、水肥等栽培条件而有差异。1—4 层次生根发生于苗期，5—6 层次生根发生于拔节至孕穗期。次生根最初呈水平分布，向四周伸长，然后再垂直向下发展形成庞大的须根系，深者可达 2 米以上。玉米吸收养分和水分，主要依靠这部分根。沈阳农业大学在玉米生育期

间分别用 ^{32}P 标记，测定各类型根在各时期相对吸收能力，试验结果表明，当玉米全展三叶时，次生根吸收能力就已接近了全株的50%，到气生根发生之前，次生根的相对吸收能力达到80—90%，而在气生根发生以后便逐渐降低，但在生育后期仍可保持40%左右。

气生根 又称支持根，是生长于地上茎节上的不定根（节根），从玉米孕穗至抽雄前，于靠近地面1—3茎节上轮生气生根，玉米气生根相当粗，有支撑植株，防止倒伏的作用。气生根入土产生分枝，同样能起吸收养分、水分的作用。同时它本身还有合成氨基酸的功能。据测定，在玉米气生根中，氨基酸的含量为茎叶中的10—15倍，同时种类也较多。

（二）根的形态与结构

1. 根尖的形态特征

根尖是着生根毛的部位以下根的最尖端部分，一般只有几厘米长，是根系最活跃、最重要的部分。它担负着根的生长、水分和营养物质的吸收、组织分化等功能。纵观，玉米根尖由下向上分为根冠、分生区、伸长区和根毛区（成熟区）4个部分（照片5）。

根冠位于根的最尖端，在光镜下可清楚地看到根冠呈帽状，保护着根尖分生区的幼嫩细胞。在扫描电镜下可看到根冠细胞是由一些长圆形的薄壁细胞堆积而成，细胞表面常常均匀地密布瘤状突起的小颗粒（照片5—1、2）。

从根尖纵切面看，根冠先端是由多层细胞组成，其外层的细胞排列较疏松。在根的生长过程中，其外表的细胞常因被土壤磨擦而脱落，但根冠内部分生组织不断分裂补充新的细胞，使根冠保持一定的厚度。根冠的上缘渐薄，紧密地包围在根尖分生区的外面。

分生区的细胞大部被根冠所包围，分生区以上的伸长区，细胞逐渐伸长，但在外表上和分生区没有明显的界线，分生区的上部，细胞伸长明显，是根尖伸长的主要区域。

根尖上部密生根毛，称根毛区。在扫描电镜下，根毛区的表皮细胞引长，根毛是表皮细胞外壁向外突出而形成。根毛为圆管状，先端钝圆，径约12—15微米（照片5—3、4、5）。根毛的数量很多，在湿润的环境中，

每平方毫米根表皮上约有420条根毛，大量的根毛，保证了根对土壤水分和养分的吸收。根毛也向土壤分泌有机酸，使土壤中难溶性的盐类得以溶解，增加根的吸收效率。因此在玉米栽培中，创造良好的土壤环境，增加根系的数量，保证根毛的良好发育，对植株的健壮生长有重要的作用。

2. 根冠与根尖分生区细胞的超微结构

透射电镜观察，根冠细胞为圆形或长圆形，细胞壁薄呈波状，有较大的细胞间隙。细胞内有较多的前质体、线粒体和内质网，也见有高尔基体。前质体多围绕于核的周围。根冠中有较多的液泡，分布于细胞质的外围（照片6—1、2、3、4）。

前质体（**Proplastid**）是未分化的质体，其形状多为大小不等的椭圆形、卵圆形或短杆状，大小近似线粒体。在电镜下，电子致密均匀，而较线粒体色深。前质体普遍存在分裂现象，其分裂方式类似细胞的无丝分裂（照片8—1、2）。在前质体中还普遍存在淀粉的积累，淀粉的积累是从前质体的一端或两端的中央部分出现，并逐渐增大，最后充满整个前质体，而前质体则形成了淀粉的贮藏器（照片8—3、4）。这可以表明由前质体形成质体的过程中，在不见光的条件下，可积累淀粉形成造粉体，在见光的条件下，则形成叶绿体。

根冠细胞中有较大的液泡，是由小液泡汇合而成的，在小液泡增大的过程中，有逐步吞蚀细胞质的现象。电镜观察表明，在增大的液泡中，残留着细胞质的残片，当两液泡由于增大而彼此接触后，液泡膜则融合而后消失，形成了一个大的液泡（照片8—5、6）。

根尖分生区的细胞，具有强烈的分生能力。分裂最旺盛的区域是在生长点稍后的部位，在根尖的纵切面上，可以看到有丝分裂过程中各个分裂期的分裂相。透射电镜观察，分生区细胞的纵切面观，呈扁平的长方形，细胞成纵行排列，无细胞间隙。细胞壁薄、核大。处于间期的细胞内充满小液泡和线粒体，并有丰富的高尔基体、内质网和圆球体（照片6—5、6、照片7）。可以看出根尖分生区的细胞，具有非常高的代谢活动能力。但未见有前质体。

3. 根的内部结构

从根毛区的横切面，可清楚地看到根的内部结构分为表皮、皮层和中柱3部分（照片5—5）。表皮为一层细胞，横切面略呈扁平形，细胞排列紧密，无细胞间隙，外壁向外突出形成根毛。

皮层是由薄壁的基本组织组成，约有10层左右的细胞，近表皮和中柱的细胞较小，而中间部分的皮层细胞较大。在幼根的横切面上，细胞多为角形，间隙较少；在老根的横切面上，细胞近圆形，间隙较多而大。皮层最内一层为排列整齐的内皮层，其突出特点是内皮层的侧壁、上下壁和内切向壁增厚，并木栓化，而靠近原生质木质部的内皮层，细胞壁并不增厚，称通道细胞，它是内层到中柱物质运输的通道。

中柱位于根的最中心，由中柱鞘、初生木质部、初生韧皮部和髓部组成。中柱鞘紧贴内皮层以内，由一层细胞组成。在幼根中为薄壁细胞，可由此产生侧根，在老根中木质化加厚。初生木质部是由原生木质部和后生木质部组成，束状排列。玉米原生木质部约有12束，每束原生木质部是由几个小型的螺纹导管组成，其内侧有一个大型的后生木质部导管，或2—3个原生质部束与一个后生木质部导管相连，后生木质部导管由孔纹导管或网纹导管组成（照片9—1、2、3、4）。初生韧皮部由少数筛管和伴胞组成与原生木质部相间排列。玉米根没有次生结构，因此，初生木质部和初生韧皮部在整个生育期都担负着输导的功能。

4. 侧根的产生

侧根的产生，扩大了根系的吸收面积。侧根起源于根毛区内中柱鞘的一定部位，玉米和其他禾本科植物一样，侧根发生于正对着原生韧皮部的中柱鞘部位（照片9—5、6）。

（三）根的生理功能

玉米根系具有吸收养分和水分，支持植株和合成有机物质的作用。根系吸收水分和矿物营养是通过根毛来进行的，在根毛区下的伸长区也能进行。根毛着生在根尖部分。据测定玉米根尖15—20毫米处是玉米根系吸收水分和养分的主要部分。

玉米根系还具有合成有机物质的功能，被根系吸收的无机盐，一部分通过导管输送到植株各部分供生育需要，另一部分就在根部合成复杂的有机物质。这一过程是光合作用产生的糖转移到根部后，与从土壤中吸收的 P_2O_5 和 CO_2 在根系呼吸过程中形成各种有机酸。有机酸与进入根部的 NH_4^+ 、 NO_3^- 结合形成氨基酸。这些氨基酸一部分随水分运到植株各部分。根据对玉米伤流液的分析，证明玉米根部能把吸收的 NO_3^- 和 NH_4^+ 的50—70%转变为有机氮化合物，它们大多数以氨基酸和酰胺的形式存在。这些氨基酸一部分输送到地上部分合成蛋白质，一部分在根部直接合成蛋白质。此外，玉米根系还具有合成激素及固定 CO_2 的能力。激素可以加速叶片内蛋白质的合成，并能防止叶绿素的过度分解，使叶片维持较长的寿命。

不少研究论证，植株体内存在着物质循环，地上部每天要供给相当于根干重5—12%的糖。克洛斯（Clowes）报道，一株玉米，每天要增加4000个根冠细胞和10000个根细胞。从而可以看出，为使根的生长旺盛，吸收养分保持活跃，则来自地上部分的光合产物的供给必须充分。玉米根系生长与地上部生长相适应，地上部生长良好，根系生长也相应地比较发达，吸收养分和水分能力也强，进而保证了地上部良好生长发育所需要的水分和养分，产量也会因之提高，因此生产上必须采取一切栽培措施使玉米地上部和地下部平衡协调地生长，为玉米丰产奠定基础。

（四）品种和环境条件对玉米根系生长的影响

1. 不同品种类型根系生长的区别

不同品种之间，根系的根层数、根条数、根干重差异很大，晚熟种比早熟种的根系发达。同一品种由于栽培条件和籽粒大小不同，根量也有差异。试验结果表明，在同样条件下晚熟杂交种“丹玉6号”的不定根数每株可达103条，根干重可达125克，而早熟种“英粒子”每株只有76条不定根，每株根干重只有80克。

2. 土壤水分状况对根系生长及功能的影响

1987年沈阳农业大学对盆栽玉米丹玉13号等5个单交种通过停止浇水和减少浇水量分别于苗期、拔节期、孕穗期、开花期和灌浆期造成干旱条件，控制土壤含水量在10%左右，植株上部叶片于晴天中午时呈现轻度萎蔫状态，至傍晚时又能恢复正常，其叶片相对含水量比对照低10—15%。在上述干旱状态下处理持续一周，然后取样对根系、根量、体积和吸收表面积（次甲基蓝染色法）的测量结果表明，苗期中度水分亏缺，有促进初生根和1—4轮次生根和下扎的作用，单株根系体积增加10—40厘米³/株，活跃吸收表面积比率增加3—7%，说明玉米在苗期和气温低因蒸腾失水少，水分亏缺进程缓慢的苗期阶段可以通过相对地增加根量这一自动调节功能，减轻干旱对其地上部生长的抑制程度，并可促进干旱复水后的补偿生长〔16〕。拔节以后水分缺乏，根量明显减少，吸收活力下降，尤其在雌穗小花分化至抽雄期，由于根系不断向水平和纵深扩展，根量和吸收能力急剧增加。同时，外界气温不断升高，生长中心逐渐转至地上部，植株对水分及养分的需要量较多。因此，该期水分供应不足，根系生长受阻，根系活跃吸收表面积减少。

3. 施肥对根系生长的影响

根是最先受肥料影响的器官，土壤肥力及施肥对根系生长影响很大，轮作、翻压绿肥或多施农家肥，配合施用氮、磷、钾化肥时，次生根生长良好。撒施基肥，可以促进根系朝各个方向均衡地发展，带状施肥可使根在带内或带附近强烈地生长，种肥可促进根系的良好生长，尤其磷肥作种肥，据吉林省农业科学研究院对玉米施用磷肥试验，磷肥和氮、钾肥配合作为种肥施用的根系发达，比只施氮、钾肥的根系干物重增加50%。

4. 栽培密度对根系生长的影响

栽培密度过大或间苗太晚都会影响玉米根系生长。试验结果表明：“丹玉6号”密度从每亩3000株增加到4000株，每株次生根轮数从6.8减少至5.6，相差一轮，每株根数减少13条，这是由于密度加大，单株营养面积变小，地上部和地下部生长同时受影响所致。

5. 土壤空气对根系生长的影响

通气良好的土壤能促进玉米根系的生长，玉米生长在土层深厚、疏松，通气性良好、养分充足的土壤中，利于根系的深扎与分布。反之，玉米根的