

棒三叶：穗位叶和穗上1叶和穗下1叶这三片叶对产量的作用最大，称这三片叶为“棒三叶”。

气生根：又叫地上节根，环生在地上部伸长茎节上。玉米拔节到抽雄前，从靠近地表茎节长出，一般2~3层，多的可达5层以上。气生根较粗，入土后产生分枝，支撑防倒。

雌雄间隔：指雄穗成熟（散粉）和雌穗成熟（吐丝）之间的时间间隔

退差期：见顶叶后，各叶片相继展开，见展叶差逐渐下降，至顶叶全展开时为0

可见叶：某叶露尖1cm时称为该叶的可见叶期。

展开叶：当某叶叶环与前一叶环平齐时为该叶的展开期。

见展叶差：露尖叶位与展开叶位的差。

光叶：指胚生叶，又名奶叶，是在苗期生长的叶，叶面少茸毛，光滑。一般早、中、晚熟品种分别有5张、6张、7张。

毛叶：指苗期分化形成的叶。叶面多茸毛，不光滑。是生育中后期的主要功能叶。

大喇叭口期：全田50%植株的可见叶龄与展开叶龄的差达5-6的时期，棒三叶甩开呈喇叭口状。生产上常用大喇叭口期作为施肥-灌水的重要标志。

小喇叭口期：全田50%植株的可见叶龄与展开叶龄的差达3-4的时期，心叶形似小喇叭口。

平展型玉米：植株穗位以上叶其叶枕与叶尖间连线与上部茎秆夹角大于30°（25）的称为平展型玉米。植株上部叶片较长，植株较松散，个体粗壮、占用空间大，群体透光性差，不适宜于高密度种植。

紧凑型玉米：植株穗位以上叶其叶枕与叶尖间连线与上部茎秆夹角小于15°（25）的称为紧凑型玉米。群体透光性好，光能利用率高，适合高密度种植，具有较高的生产潜力，是目前高产玉米的主要类型。

半紧凑型：植株形态介于紧凑型和平展型之间。15-30

鲜食型玉米：指以种植收获果穗食用或加工的玉米，如甜质型玉米和糯质型玉米。

糯玉米：亦称蜡质玉米，胚乳由支链淀粉组成，子粒不透明，无光泽，淀粉呈粘性。

爆裂玉米：常压高温下，胚乳淀粉中的空气膨胀爆裂，子粒体积膨大20倍以上的玉米。

高温杀雄：因高温干旱导致花粉丧失授粉能力的现象。

拔节期（雄穗生长发育的起点）：见展叶差3~4

授粉：玉米雄花序的花粉传到雌花的柱头上

乳熟期：（干物质直线增长期）雌穗花丝变成褐色，外层苞叶颜色变浅，但仍为绿色，籽粒形态达到正常大小，果穗中下部籽粒会有较浓的白色乳汁。

蜡熟期：中部籽粒干重接近最大值，胚乳蜡质状，用指甲可以划破

完熟期（收获适期）：籽粒干重达到最大值，籽粒基部乳线消失，黑层出现，并呈现原品种固有色泽

条播（还有穴播、机播）：按一定的行距开窄条沟播种。

叶面积指数（LAI）：单位土地面积上的绿色叶面积。

最适叶面积指数：平展型品种：4~5，紧凑型品种：6~7；春玉米5.4，夏玉米6.9

单叶叶面积=L（叶片最大长度）×W（最大宽度）×0.75。

粉质胚乳：胚乳细胞内，蛋白质含量较低，与淀粉粒结合不紧密，结构疏松，不宜透光。

角质胚乳：胚乳细胞内，淀粉粒间充满蛋白质，结构紧实，易透光

种肥同播：玉米基肥[缓释肥或复合肥]一般情况下与播种同步进行。

我国玉米6个不同生态种植区——北方春播玉米区、黄淮海春夏播玉米区、西南山地丘陵玉米区、南方丘陵玉米区、西北灌溉玉米区、青藏高原玉米区。

按籽粒形态结构分类的9种类型

硬粒型、马齿型、半马齿型、糯质型、甜质型、爆裂型、粉质型、有稃型、甜粉型。

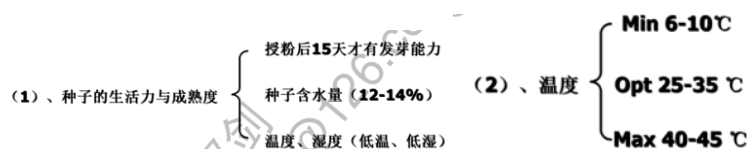
（123生产玉米/饲用玉米，45鲜食玉米，456特用玉米，789种质资源利用）

类型	早熟品种	中熟品种	晚熟品种
积温 ($\Sigma > 0$)	2000-2200	2300-2500	2600-2800
总叶数	14-17	18-21	22-25

种子萌发出苗的过程

- (1) 吸涨——胶体吸水膨大的物理作用。
- (2) 萌动——胚根开始显现出来的现象叫做种子的萌动。种子萌动的标志“露白”。
种子发芽时最先顶破种皮的是胚根，而不是胚芽。
- (3) 发芽——胚根的长度 \geq 种子的长度；胚芽鞘的长度=1/2 种子的长度
- (4) 出苗——第一片叶（胚芽鞘）出现在土壤表面之上。

影响种子发芽的因素



- (3) 水分 60-65%田间持水量
- (4) 氧气 充足

玉米根系属须根系，由胚根和节根组成。

初生根：包括1条主胚根和数条侧胚根，形成密集的初生根系。是种子发芽时从种胚处最先生出的根。吸收和供应苗期所必需的水分和养分。

地下节根：环生于地下茎节上，当玉米幼苗长出2片叶时，开始长出第1层节根，一般4~6条。以后每长出2片叶片，便形成一层节根，可形成4~6层。下层根长，上层根粗短，形成庞大的次生根系。根入土深度可达2米左右，但95%的根集中分布在0~40厘米，是玉米吸收营养最主要的根系。

地上节根

根系生长四阶段：

(大部分根系在**拔节到开花**时间段形成)

缓慢增长期：发芽-拔节期，根的生长量只有其最大干物重的5-8%。

直线增长期：拔节-抽雄、吐丝期，次生根、气生根及其侧根大量形成。

稳定增长期：14-20天，功能期

下降期：干物重开始明显下降至成熟。

根的功能

根层序	0	1-4	5-6	7层以上
分组	一	二	三	四
植物学名	胚根	地下节根 (次生根)	地下节根 (次生根)	地上节根 (气生根)
着生部位	种胚	节间未伸长，节密集 的根带上	节间未伸长，节密集 的根带上	节间伸长，节位拉 开的根带上
发生时期	发芽	苗期	穗期	穗期
特征	细长	细长，每层根数渐 增，先水平延伸后 以较陡角度下扎	较粗，根条数增加 ，斜向入土后以较 陡角度下扎	粗而渐短，几乎垂 直入土
功能	建速幼苗	中下部茎叶、穗分 化发育	固定茎秆，增加穗 粒，防倒伏	支撑茎秆，中上部 叶片生长，增加穗 粒，防止倒伏

中耕的意义

- 1、调节土壤水分，保墒防旱，散墒抗涝。
- 2、促进玉米根系呼吸作用。
- 3、中耕可以消灭杂草，减少玉米害虫的中间宿主，有利于玉米正常生长。

叶片分组及功能：

叶的作用：光合作用、蒸腾作用、养分运输

粒叶组：孕穗至开花期。供给子粒的生长发育，制造的光合产物主要用于籽粒的成熟和灌浆。

穗叶组：大喇叭口期至孕穗期。形成的速度最快，叶面积最大，寿命最长。供应雌雄分化和籽粒的形成。

茎叶组：拔节期至大喇叭口期。生长速度加快，主要生长器官是茎秆中上部的叶片。支持茎秆的生长、参与雌雄穗的分化和抽穗开花。

根叶组：出苗至拔节期。主要功能是支持根系的生长和植株对水分及养分的吸收。

6. 出叶速度

出叶速度				
叶位	1~3叶	4~8叶	9~14叶	15叶以上
春播(天)	3~5	5~6	4~5	3~4
夏播(天)	1~2	2~4	2~3	2~3

温度：31-32℃生长最快。

玉米茎秆发生于胚，由节和节间组成，三叶到五叶阶段是决定节数和节间长度。每节着生一片叶子。地上部有8~20个节，地下部有3~5个节。

穗下节间都可形成叶芽，都具有发育成果穗的潜力。

株高低于2米者为矮秆型，2~2.7米的为中秆型，2.7米以上者为高秆型

由表皮、基本组织和维管束系统构成

茎的生长

1.长粗：借助初生结构形成过程中细胞体积和初生分生组织的生长。玉米维管束没有形成层，不能形成次生结构。

2.长高

顶端生长（拔节期完成）：苗端分生组织细胞不断进行分裂、伸长和分化，使茎的节数增加，节间伸长。

居间生长：随着居间分生组织细胞的分裂生长和分化成熟，自下而上节间明显伸长。

N 节间定长= $N+1$ 节间后期缓慢伸长= $N+2$ 节间快速伸长= $N+3$ 节间将快速伸长

= $N+4$ 节间前期缓慢伸长

春玉米前期气温低，茎秆生长慢，到后期气温升高后，茎秆开始迅速生长。

夏玉米在生长初期高温条件，伸长的时间较早。

茎的功能

输导营养、支撑、贮存

对子粒贡献是：下部节间 > 中部节间 > 上部节间 > 基部节间。

最适温度 24-28℃，<10-12℃停止生长，>30℃则随温度升高生长速度降低

玉米倒伏

- 1.茎倒 从茎秆的中下部发生倒折，但仍可以输送养分。
- 2.茎折 从茎秆中下部位折断，完全失去输送养分的能力。

雄穗（雄花序）

雄花着生在顶端，**雌花**着生在中部茎节上。

雄穗（雄花序）由主轴、分枝、小穗和小花组成

为圆锥花序——主轴 + 若干分枝——成对小穗——有柄小穗位于上方，无柄小穗位于下方——2 片护颖和 2 朵小花组成——小花由内颖、外颖、鳞片和雄蕊组成。

小花原基分化为 3 个雄蕊原始体和中央 1 个雌蕊（退化）。

开花顺序是主花序穗轴中上部小花先开放，从靠近主轴分枝开始向下部分枝依次开放。

开花时间从抽雄后 5-7 天开始，盛花期在开花后 2-5 天，盛花时间为上午 8~10 时。

雌穗（雌花序）

肉穗花序，结实后叫果穗。雌穗由叶腋的叶芽发育而成，玉米茎除上部 4~6 个节外，各节均可形成腋芽，一般只有最上部 1、2 个发育正常，形成雌穗。

雌穗为变态的侧枝。雌穗柄为缩短的分枝茎。每节着生一变态叶，叶片退化，仅有叶鞘，称苞叶。部分品种的苞叶仍长有小叶片，称为剑叶。

雌花序由：穗柄、苞叶和果穗组成。

穗轴节每节着生两个无柄小穗，成对纵行排列——每个雌小穗基部有 2 片护颖，中间有 2 朵小花——退化花留内、外颖和退化雌雄蕊，结实花有内外颖和一个雌蕊及退化的雄蕊。结实小花雌蕊基部是子房，着生花柱和花丝。

柱头细长如发丝，称为花丝。受精后花丝枯萎。

雌穗的开花：雄花始花的 1~5 天开始伸长，**果穗中下部花丝**最先开始伸长，然后是**果穗基部和顶部花丝**伸长，果穗花丝受精能力 7 天左右，以**抽丝后 2~5 天**最强，**抽丝后 7~9 天**花柱生活力衰退，**11 天**丧失受精能力。

温度：穗分化的适宜温度为 20-23℃

穗分化与叶片的同伸关系

雄穗分化	雌穗分化	早中晚熟品种（16~25叶）		
		倒数叶龄值		
		早	中	晚
生长锥伸长期		10~11	11	11~12
枝梗分化期		10	10~11	10~11
小穗分化期		9	9~10	9~10
小花分化期	生长锥伸长期	8		
性器官形成期	小穗分化期	7		
	小花分化期	始期	6	
		盛期	5	
	性器官形成期	始期	4	
		盛期	3	
	顶端终止分化	始期	2	
		盛期	1	

20 叶玉米品种植株雌穗分化进程的时期及其与叶龄的关系

13 叶时，生长锥伸长期；14 叶时小穗分化期；15~16 叶时小花分化期；17~18 叶时性器官形成期；19~20 叶时是顶端终止分化。

籽粒的形成与充实

籽粒建成期：授粉至吐丝后 15 天形成籽粒的各部器官。

籽粒增重期：乳熟期、蜡熟期、成熟期

R1-6 吐丝期 水泡期 乳熟期 蜡熟期 凹陷期 完熟期

凹陷的大小（马齿型和硬粒型），籽粒胚乳质地不同，致脱水速度的快慢不同而成。

胚乳 乳状——糊状——蜡状

玉米灌浆期的适宜温度为 20-24℃

玉米生育阶段的划分及各阶段的生育特点。

玉米一生可分为三个生育阶段：苗期阶段、穗期阶段、粒期阶段（拔节长穗阶段、灌浆结实阶段）。

苗期：（播种-拔节）玉米从出苗到拔节这一阶段称为苗期

主要包括出苗期（幼苗出土约 2cm 的时期；）、3 叶期（第三片叶露出叶心 2~3 cm 时期，离乳期，次生根长出）和拔节期（第一茎节露出地面 2~3 cm，雄穗开始伸长）。

生育特点：营养生长阶段；长根、增叶、茎节分化，根系生长为中心，决定亩穗数。

营养物质的运输方向：根系

主攻目标：苗全、苗齐、苗匀、苗壮

田间管理的中心任务：一播全苗。灭茬、中耕、施肥、治虫。促进根系发育、培育壮苗，为玉米丰产打好基础。

穗期（拔节-开花 小喇叭口期、大喇叭口期）

生育特点：

营养生长与生殖生长并进期，决定穗数、穗大小、可孕小花数的关键时期，是奠定玉米结实的基础，27-30d。叶片增大，茎节迅速伸长，根系继续扩展。雌、雄穗等生殖器官强烈分化和形成，是生长发育最旺盛阶段，也是田间管理最关键时期。

营养物质的运输方向：茎叶、雌雄穗

主攻目标：促秆壮穗，穗大穗多。

田间管理中心任务：促进中上部叶片增大、促进茎秆粗壮敦实，以达到穗多、穗大的丰产目标。

粒期：（开花-成熟）

抽雄期：雄穗尖端露出顶叶 3-5cm

开花期：抽雄后 3-7 天，雄穗上部分枝开始散粉

吐丝期：花丝从苞叶中伸出长度达 2cm 左右

乳熟期、蜡熟期（不是真正的生理成熟期，此期收获影响产量）、**完熟期**

生育特点：

营养体生长基本停止，转入生殖生长。茎、叶停止生长。雌雄花先后抽出，经过开花、受精而进入籽粒产量形成阶段。来自叶片的光合产物和茎秆储存的营养物质转入到果穗、籽粒而形成产量。必须建立在前期良好的营养生长基础上。主要功能叶片是植株的中上层叶片。

营养运输方向：果穗，籽粒

主攻方向：防止茎叶早衰，保持秆青、叶绿，增强叶片的光合强度，促进灌浆，争取粒多，粒重。

玉米生育时期的划分及其与产量形成的关系。

齐苗期：播种至第一毛叶可见

壮苗期：第一毛叶出生至拔节期

壮秆期：拔节期至倒8叶出生期

长穗期：倒8叶出生期至开花期

籽粒形成期：开花期至花后15天

籽粒增重期：花后15天至成熟期

产量构成的三个因素与生育时期的关系分别为：

穗数：穗数奠定——播种至拔节期；穗数决定——拔节至花后15天。

穗粒数：粒数奠定——倒8叶至开花期；粒数决定——开花至花后15天。

千粒重：粒重奠定——开花至花后15天；粒重决定——花后15天至成熟。

干物质生产可划分为指数增长期10、直线增长期50和缓慢增长期40。

影响干物质积累的主要因素

干物质生产量 = 叶面积指数 (LAI) × 叶面积光合持续期 × 净同化率 (NAR)

LAI 高产要求：前快、中稳、后衰慢；最大 LAI 出现在吐丝期，过早群体过大；开花期 LAI 紧凑型品种 5.0-5.5，平展型品种 3.5-4.0。

NAR 高产要求：NAR 动态为 M 型，即一生有两个高峰，第一高峰出现在拔节期，第二高峰出现在开花后 10-15 天。

经济系数一般为 0.5-0.6

高产群体质量指标：

1 提高吐丝至成熟期群体的**物质积累量** 2 控制吐丝期群体适宜的 LAI

3 增加**总结实粒数** 4 提高**粒叶比** 5 改善**叶系组成**

6 提高**茎系结构**的质量 7 群体质量的**根系**性状描述

玉米品质主要指营养品质和商品品质

我国玉米产量限制因素

1. 播种方式不合理，苗多，出苗不匀。

2. 种植密度不合理，群体质量差

3. 施肥方式不合理

4. 病虫害相对严重

5. 环境因素：极端气候

玉米播种技术

1. 适期播种：

(1) 当地气候生产条件：趋利避害——江苏淮北避秋季干旱，争早播（夏玉米） 苏中沿海避8月上旬强台风

(2) 品种发育特性：生产目的——收获青玉米、青贮玉米还是子粒。

(3) 栽培制度：合理茬口——考虑是麦套春玉米、麦后夏玉米或秋玉米等。

原则：出苗早发和适期开花、成熟

春玉米：3月底~4月初播种（土温>10℃）

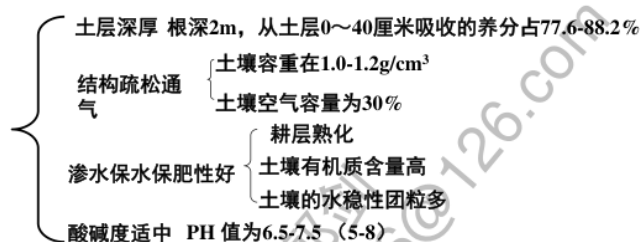
夏玉米：6月播种

秋玉米：7月中旬~8月中旬播种

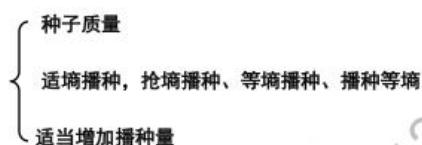
冬玉米：10月下旬~11月上旬播种（播种地点主要是海南、云南、广州等地）

2. 良种选用：(1) 与当地的栽培制度及生态、生产条件相适应 (2) 与当地的肥力水平相适应 (3) 高产、抗病虫害、抗逆

3、土壤条件：



4、一播全苗



播种量的确定

$$\text{播种量 (斤/亩)} = \frac{\text{每亩株数} \times \text{百粒重}}{\text{发芽率} \times 500 \times 100} \times 2.5$$

条播 3~4 kg/亩
点播 1.5~2 kg/亩

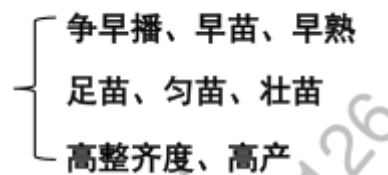
$$\text{应播粒距} = \text{理论粒距} \times \text{发芽率} \times \text{田间出苗率} (85 \sim 95\%)$$



播前晒种

播种方式：条播、穴播、机播

5、盘育乳苗



育苗移栽玉米的优点

争取积温, 提高出苗率, 促进足苗、匀苗、壮苗, 协调增加密度和提高整齐度的矛盾、个体与群体矛盾, 早熟、增产。

6. 密植技术

合理的群体结构

群体结构：单位面积上的株数、植株的分布、叶面积的大小及发展动态。

合理的群体结构：个体与群体，地上部分与地下部分，营养器官与生殖器官，前期生长与后期生长，都能健全、协调地发展，从而经济有效地利用光能、地力，促使穗多、穗大、粒多、粒重，达到高产目的。

$$\text{密度 (株/亩)} = \frac{\text{最佳LAI}}{\text{单株最大LA (m}^2\text{)}} \times 667\text{m}^2$$

如该品种开花期的最佳叶面积指数为5.5，单株叶面积为0.7 m²，
则密度=5.5/0.7×667=5240株/亩

密植原则：

- ◆1、按品种特性确定密度
株型紧凑和抗倒品种宜密，株型平展和抗倒性差的品种宜稀
- ◆2、根据土壤肥力和施肥水平确定密度
肥地宜密，瘦地宜稀
- ◆3、根据水肥条件确定密度
有灌溉条件宜密，无灌溉条件宜稀
- ◆4、根据土壤特性确定密度
沙壤土宜密，粘土宜稀

合理密植的生育标准：

- 1、空秆率 < 3% 2、不倒伏，无大小苗 3、经济系数 > 0.4

早熟的品种，属于小株型，植株生长比较紧凑，叶片是向上生长，播种密度一般大于晚熟品种

不同品种类型适宜密度	平展型中熟品种	3500-4000株/亩
	平展型早熟品种	4000-4500株/亩
	紧凑型中晚熟品种	4000-5000株/亩
	紧凑型中早熟品种	5000-6000株/亩

7. 玉米轮作与间套复种

- (1) 年度内轮作换茬模式 (2) 年度间轮作换茬模式 (3) 玉米间套复种模式

玉米免耕机播优势：

- 1、在不破坏土壤耕层结构的情况下，减少耕层土壤水分蒸发；
- 2、一次性完成多道作业工序，降低生产成本；
- 3、不用间苗；
- 4、规范种植行距利于机械收获。

氮、钾、磷、硫、钙、镁 6 种元素，需要量多。

简述高产玉米的 N 肥施用技术。

吸氮特点：苗期较少、穗期最多、粒期其次。

两个吸氮高峰：

小口-抽雄期，以大口期为中心；

抽雄-灌浆期，以吐丝期为中心。

抽雄前占 50-60%，抽雄后占 40-50%。

试述生产中玉米的磷肥施用技术。

吸磷特点：前期吸收较慢，后期吸磷量较多。

两个吸磷高峰：小口-抽雄期，以大口期为中心；抽雄-灌浆期，以吐丝期为中心。吸

试述生产中玉米的钾肥施用技术。

吸钾特点：玉米一生吸钾比氮、磷提前，故钾肥应早施。

两个吸钾高峰：小口-大口期；大口-抽丝期，以大口期为中心。

施肥量

$$\text{肥料用量} = \frac{\text{计划产量对某种养分的需要量} - \text{土壤对某种养分的供应量}}{\text{肥料中某种养分含量} \times \text{肥料利用率}(\%)}$$

前期吸钾、磷较多，后期吸收氮素较多。磷钾宜作底肥和种肥，氮肥的 2/3 宜作追肥。

玉米需水特性和高产栽培

需水特性：指玉米一生中需水总量和这些水分在各生育阶段的合理分配量。

一生耗水总量：500-600mm，1kg 籽粒耗水 700-800kg。

需水特点：苗期怕涝渍，中后期怕干旱

需水临界期：抽雄-吐丝

高产栽培：苗期防受涝受渍，不让僵苗发生，中后期防止干旱，特别是卡脖子旱（雄穗不能抽出）和结实期缺水影响灌浆。

生育后期多雨气候导致籽粒黄曲霉素含量增多

玉米的灌溉方式：漫灌、沟灌、垄灌、喷灌、滴灌

土壤水分过多时需及时排水，作用有：

- 1.为根系呼吸提供必须的气体环境。
- 2.使土壤速效养分充分供应。水多，氧少，好气微生物活动受限。
- 3.减少土壤的酸度。嫌气微生物分解产生有机酸
- 4.减少土壤有毒物质的产生。嫌气微生物分解产生 H_2S 等毒物质

玉米虫害：玉米螟、粘虫、蓟马等

玉米病害：玉米大小斑病、粗缩病、黑粉病

玉米草害：禾本科、莎草科和阔叶杂草，如马唐、牛筋草等

收获方式

1. 玉米割晒+人工摘穗+秸秆处理模式
2. 人工果穗收获 + 秸秆机械化粉碎还田模式
3. 机械摘穗 + 秸秆粉碎还田联合收获模式
4. 穗茎兼收模式
5. 玉米青贮模式
6. 籽粒直收模式

推广简易高效栽培技术

1. 选用高产、优质、多抗性品种

- 一次性播种—单粒精播
- 一次性施肥—玉米专用控释肥料
- 一次性除草—除草剂
- 一次性包衣—种衣剂防病虫害
- 一次性收获—机械收获

2. 夏玉米“一增四改”高产栽培技术

- 合理增加种植密度
- 改种耐密型品种
- 改套种为直播
- 改粗放用肥为配方施肥
- 改人工种植为机械化作业

(3) 夏玉米高产高效关键技术

良田+良种+良法（农技×农机）+良天=高产高效