

绪 论

第一节 种子的含义

植物学：由胚珠发育而成的繁殖器官。(受精胚珠)(狭义)

农学：直接用作播种材料的植物器官。(农业种子)(广义)

种子类别

一、真种子：由受精的胚珠发育而成的种子。豆类，棉花，油菜等。

二、类似种子的果实：由子房发育而来，有的还附有花器的其他部分发育而成的附属物。

颖果（小麦，玉米）；瘦果（向日葵，荞麦）；分果（胡萝卜，芹菜）；坚果（板栗）；核果（桃，李，核桃）

三、营养器官：

如甘薯、山药的块根，马铃薯、菊芋的块茎，洋葱、大蒜的鳞茎，荸荠的球茎，甘蔗（地上茎），藕（根状茎）等。

四、人工种子：将植物离体培养中产生的胚状体包裹在含有养分和保护功能的物质中，而形成的在适宜条件下能够发芽出苗，长成正常植株的颗粒体。

优点：1.对自然条件下不结实的或种子很昂贵的植物进行繁殖。 2.固定杂种优势。

3.节约粮食。 4.包裹材料中加入生长调节物质、菌肥、农药等，可人为地影响控制作物生长发育和抗性。

5.保存及快速繁殖脱毒苗。

种子学是研究植物种子的特征特性和生命活动规律的基本理论及其在农业生产中应用的一门应用型科学。

种子学的主要任务：为植物生产和种子检验、种子贮藏、种子处理加工和种子繁殖生产提供理论依据和先进技术，以最大限度的提高作物生产及种子生产的产量和质量。

德国诺培——建立世界上第一个种子检验站、编写《种子学手册》——种子学的创始人

国际种子检验协会——ISTA——总部：瑞士苏黎世。

2000 年实施《中华人民共和国种子法》，2016 年实施新修订版《中华人民共和国种子法》。

第一节 种子的形态构造和分类

一、种子的外表性状：种子形状、色泽和大小

二、种子的基本构造包括 种皮、胚和胚乳三个部分。

❖ 果皮和种皮统称为种被。

1.种皮

❖ 果皮：由子房壁发育而成，可分为外果皮、中果皮和内果皮。

❖ 种皮：由一层或两层珠被发育而成，外珠被发育成外种皮，内珠被发育成内种皮。

❖ 发芽口：受精前胚珠的珠孔，也是花粉管进入胚囊的通道。

❖ 脐：种子附着在胎座上的部分称为种脐或简称脐。

❖ 脐条：又称种脊或种脉，它是维管束遗迹。

❖ 内脐：是胚珠时期合点的遗迹，棉花、豆类明显，是种子萌发时最先吸胀的部位。

❖ 种阜：靠近种脐 种皮上的瘤状突起，由外种皮细胞增殖或扩大形成。

2.胚：种子的最主要部分，由受精卵发育而成的幼小植物体，一般可分为胚芽、胚轴、胚根和子叶四部分，其中胚芽、胚轴、胚根称为胚本体。

胚的类型：（1）直立型：（菊科、葫芦科）（2）弯曲型：（大豆、蚕豆）（3）螺旋型：（番茄、辣椒）

（4）环状型：（甜菜、菠菜）（5）折叠型（棉花、红麻）（6）偏在型（禾本科）（7）多叶型：裸子植物如油松等。

3.胚乳

❖ 按来源不同分为外胚乳和内胚乳两种。

❖ 由珠心层细胞直接发育而成的，称为外胚乳（2n）。

❖ 由胚囊中受精极核发育而成的，称为内胚乳（3n）。

❖ 由雌配子体发育而成，裸子植物的胚乳(1n)

绝大多数被子植物的胚乳为内胚乳，甜菜、菠菜的胚乳为外胚乳，胡椒、姜等种子则具内外胚乳。三类胚乳属于同功不同源。

胚乳的位置

胚乳位于**胚的四周**—— 蓖麻、荞麦 胚乳位于**胚的中央**—— 甜菜、菠菜

胚乳位于**胚的侧上方**—— 禾本科 胚乳与**胚体相互镶嵌**—— 葱类、番茄

1.2 种子的植物学分类

一、根据胚乳有无分类

1、有胚乳种子

- ❖ (1) 内胚乳发达 如大多数被子植物。
- ❖ (2) 内胚乳和外胚乳同时存在 如胡椒、姜等。
- ❖ (3) 外胚乳发达 如苋科、藜科等。

2.无胚乳种子

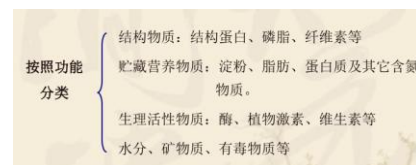
二、根据植物形态学分类

- ❖ 1. 包括**果实及其外部的附属物**：水稻
- ❖ 2. 包括**果实的全部**：小麦
- ❖ 3. 包括**种子及果实的一部分（内果皮）**：桃
- ❖ 4. 包括**种子的全部**：油菜、豆科
- ❖ 5. 包括**种子的主要部分（外种皮已脱落）**：银杏。

农作物种子按其**主要化学成分状况及用途**可以分为**三大类**

- ❖ 粉质种子（禾谷类）——发达的胚乳——大部分化学成分；
- ❖ 蛋白质种子（豆类）——发达的子叶——大量的蛋白质；
- ❖ 油质种子（油菜）——发达的子叶——大量的油脂。

一、种子的主要化学成分



二、种子的主要化学成分分布

- ❖ 胚部不含淀粉（如小麦）或仅含少量淀粉（如水稻），但却含有**高浓度的可溶性糖**，禾谷类种子的胚部还富含**维生素**，**维生素 B1** 和**维生素 E**，由于**糖分、脂肪和水分**含量较高，在贮藏中比其他部分特别容易变质。

❖ 胚乳——淀粉粒和蛋白质

❖ 麸皮——纤维素和矿物质。小麦麸皮 = 种皮 + 糊粉层 + 胚

❖ 糊粉层——蛋白质（主要以**糊粉粒**的形式存在）、**脂肪、矿物质和维生素**，其化学成分的特点与**胚部**大致相同。

玉米种子化学成分特点：① 胚占比大。 ② 胚中脂肪含量高。因而玉米是禾谷类种子中最不耐贮藏的。

种子水分有两种状态：❖ **游离水（自由水）** ❖ **结合水（束缚水）**

❖ **临界水分**：即种子的结合水达到饱和程度并将出现游离水时的水分。安全贮藏：平衡水分 < 临界水分 < 安全水分

❖ **禾谷类种子**的安全水分一般为 **12% ~ 14%** 以下，**油料作物种子**为 **8% ~ 10%** 甚至更低

❖ **南方**温度高，谷类种子的安全水分应在 **13%** 以下，**北方的安全水分**可略高于南方。

❖ 种子水分超过 **12% ~ 14%**，种子表面和内部真菌开始生长；超过 **18% ~ 20%** 时，贮藏种子将会“**发热**”；超过 **40% ~ 60%** 时，种子会发生**发芽**现象。

平衡水分：种子对水气的吸附和解吸以同等速率进行，这时的种子水分，称为该条件下的平衡水分。

- 在**相对湿度**较低时，平衡水分随湿度提高而缓慢地增长；较高时，随湿度提高而急剧增长，特别注意种子的**吸湿返潮**问题。
- **气温**愈低，平衡水分愈高。
- 各种作物种子在不同温湿度条件下的平衡水分，可用**各种盐类的饱和溶液**来测定。

[水分 < 平衡水分，密闭；水分 > 平衡水分，通风、晾晒（去自由水）]

❖ 种子化学物质的亲水性 蛋白质、糖类等分子中含有大量亲水基；脂肪分子中不含极性基，所以表现疏水性。

蛋白质和淀粉含量高的种子比油分含量高的种子容易吸湿，在相同的温湿度条件下具有较高的平衡水分。

❖ **胚部的含水量**远远超过其他部位的含水量，不便贮藏，容易变质。

2.3 种子的营养成分：糖类、脂类、蛋白质

一、糖类

1.可溶性糖：主要是蔗糖，大量分布于胚部及种子的外围部分（包括果皮、种皮、糊粉层及胚乳外层），在胚乳中的含量很低。随成熟度的增高而相应下降。不良贮藏条件亦会引起可溶性糖含量的增高。

2.不溶性糖：主要包括淀粉、纤维素、半纤维和果胶，完全不溶于水或吸水而成黏性胶溶液。

- ❖ （1）淀粉：以淀粉粒的形式贮存于胚乳细胞中。淀粉粒分单粒和复粒两种
- ❖ （2）纤维素和半纤维素：与木质素、果胶、矿物质及其他物质结合在一起，组成果皮和种皮细胞。

二、脂类

1.脂肪

- ❖ 脂肪的性质可用两种重要的指标——酸价和碘价表示。
- ❖ **酸价**是中和 1g 脂肪中全部游离脂肪酸所需的氢氧化钾毫克数。**碘价**是指与 100g 脂肪结合所需的碘的克数。
- ❖ **酸价增高**，品质恶化；**碘价愈高**，不饱和脂肪酸的含量高，易氧化。
- 2. 磷脂：**种子中磷脂的含量较营养器官为高。**卵磷脂和脑磷脂**。大豆种子的磷脂含量较高，胚芽较子叶含量更为丰富
- 3. 脂质的酸败：**由于脂肪变质产生醛、酮、酸等物质而发生苦味和不良的气味——蛤气。在一些含油量高的种子中容易发生，如向日葵、花生等。高温、高湿、强光、多氧、种皮破裂易发生酸败。包括**水解和氧化**两个过程。酸败的种子失去种用、食用或饲用价值。

三、蛋白质

1.蛋白质种类：清蛋白——溶于水或微酸溶液。 球蛋白——溶于 10%NaCl——豆类蛋白的主要成分
醇溶性蛋白——溶于 70%酒精——禾谷类特有。 谷蛋白——溶于 0.2%碱溶液——禾谷类较多

2.蛋白质组分的分布——禾谷类种子（1）清蛋白和球蛋白的含量很少，主要存在于胚部。

（2）胚乳中主要是醇溶蛋白和谷蛋白，尤其是醇溶蛋白。

种子的营养价值取决于：

- （1）蛋白质含量高（2）蛋白质中氨基酸的组成比例好。常见 20 种，其中 8 种必需氨基酸（3）可消化利用程度高

2.4 种子生理活性物质：种子中存在某些化学物质，含量虽然很低，但具有调节种子生理状态和生化变化的作用，促使种子生命活动的强度增高或降低。包括**酶、维生素和激素**。

一、酶

- ❖ 酶的成分是蛋白质；有些酶还含有非蛋白部分，是金属离子（如铜、铁、镁）或由维生素衍生的有机化合物。
- ❖ 酶具有**底物专一性和作用专一性**
- （1）氧化还原酶类（2）转移酶类（3）水解酶类（4）裂解酶类（5）异构酶类（6）合成酶类

二、维生素

种子中含有**多种水溶性维生素（维生素 B 族及维生素 C[抗坏血酸]）和脂溶性维生素（维生素 E）**种子中并不存在**维生素 A**，但却含有维生素 A 的前体**胡萝卜素**，经食用后，在酶的作用下能分解为维生素 A，称为**维生素 A 原**。

种子具有合成维生素的能力，主要贮存于**胚部和糊粉层**中。

三、激素——生长素（IAA）、赤霉素（GA）、细胞分裂素（CK）和乙烯（E）、脱落酸（ABA）等。

2.5 种子中的其它化学成分

一、种子色素：叶绿素、类胡萝卜素、花青素和黄酮素等。

- 1.叶绿素：**主要存在于**未成熟种子的稃壳、果皮及豆科种皮**中。
- 2.类胡萝卜素：**存在于**禾谷类种子的果皮和糊粉层**中，不溶于水的黄色素。
- 3.花青素：**主要存在于**豆科种皮**中。水溶性的细胞液色素。

玉米籽粒中所含的色素有两种：1.类胡萝卜素，是黄玉米籽粒的主要色素；

2.花色苷类色素，是黑玉米、紫玉米及红玉米等籽粒中含有的色素。

二、矿物质

1.定义：金属和非金属矿质元素，是将种子置高温下烧灼后的白色残留物，又称**灰分**。

分类：大约有**30多种**，分为大量元素（如磷、钾、硫、钙和镁等）和微量元素（如铁、铜、锌、锰、氯等）。

部位：种子中的灰分含量比绿色组织少，主要存在于**麸皮**中，豆类较高。

2.存在状态：**大多与有机物质结合存在**。

3.作用：许多矿质元素对**种子萌发和幼苗生长**起作用，亦可**提高抗性**。

灰分含量-**衡量小麦面粉加工精度**。

名称	强中筋小麦粉			
等级	一级	二级	三级	四级
项目				
灰分（干基），%≤	0.55	0.70	0.85	1.10

三、种子毒物和特殊化学成分

种子毒物：种子含有一些会造成人畜中毒的物质或成分。可分为**内源性毒物**和**外源性毒物**。

1. **内源性毒物**：世代遗传，对生存繁衍有某种保护作用。

大豆中的皂苷和**胰蛋白酶抑制剂**；油菜中的**芥酸**；棉籽中的**棉酚**；高粱中的**单宁**；马铃薯块茎中的**茄碱**。

降毒措施：

（1）适当加工（2）选育低毒品种3）变毒为宝

2. **外源性毒物**：**黄曲霉毒素**、**赤霉病病菌**的代谢产物含有的毒素

第三节 种子休眠及其调控

3.1 种子休眠的原因（类型）和机理

◆ **种子休眠**：是指有生活力的种子在适宜的萌发条件下不能萌发的现象。

◆ **休眠种子**：种子未完全通过生理成熟或存在发芽障碍，在适宜萌发条件下不能萌发。

◆ **静止种子**：种子已具有发芽能力，但不具备发芽所必需的基本条件，而被迫处于静止状态。

种子休眠的深浅，是以**休眠期的长短**作指标。

种子休眠期：从种子从收获到发芽率达到80%所经历的时间。

种子休眠期测定：一批种子，从收获开始每隔一定时间测一次发芽率，计算该批种子从收获至最后一次发芽试验置床时的时间。

例：一批小麦种子，6月10号收获，6月30号开始置床，7月8号计算发芽率达到80%，休眠期为多少？（6.10-6.30）

二、种子休眠的意义

生物学意义（1）优良的生物学特性，种子植物抵抗外界不良环境的一种生态适应性，有利于种族延续。

（2）是调节种子萌发的最佳时间和空间分布的有效方法。

农业生产上的意义（1）有利：防止种子在植株上发芽，保证丰产丰收。

（2）不利：休眠期长影响发芽结果；休眠期短易穗发芽影响种子品质和产量，降低种用价值；休眠期差异造成除草困难。

三、种子休眠的原因（类型）

1. **胚休眠**：胚尚未成熟或种子中存在代谢缺陷。需要在特定的条件下贮藏一定时间，使胚完成分化或长到足够大小或完成生理成熟，这一过程称为后熟。**(1)种胚未成熟 (2)种胚未完成生理后熟**

2. **种皮障碍**

(1)种皮不透水 豆科**硬实** **(2)种皮不透气** 如禾谷类、棉花等 **(3)种皮的机械约束作用**

3. **发芽抑制物质的存在**

◆存在部位——**种皮、胚、胚乳**中。 ◆分类：**脱落酸、酚类物质、香豆酸、阿魏酸和儿茶酸**等。

4. **光的影响**：红光（660nm）促进发芽；远红光（730nm）和蓝光（440和480nm附近）抑制

(1)需光性种子：白光可以解除种子休眠，如莧苣、烟草等。

(2)忌光性种子：光抑制萌发(可使种子进入二次休眠)，如西瓜。

(3)中光性种子：种子萌发不受光的影响，对光不敏感，在光下或黑暗下均能萌发（常见粮食作物）。

影响种子感光性的因素：

- (1) 光对种子休眠和萌发的影响是受光敏素控制的。
- (2) 种子对光的敏感性是变化的。——需光种子在干燥下无光敏感性；
——光促进或抑制发芽取决于光照时间和强度；感光性受温度、种皮的完整性影响

5. 不良条件的影响

二次休眠（次生休眠、诱发休眠）：原来不休眠的种子发生休眠或部分休眠种子加深休眠，即使移置正常条件，仍不能萌发。

四、种子休眠的机制

1. 内源激素调控——三因子学说

萌发促进物质赤霉素（GA）、细胞分裂素（CK）和萌发抑制物质脱落酸（ABA）之间的相互作用。



2. 呼吸途径论（磷酸戊糖途径）

3. 光敏素的调控：光敏素有 Pr 和 Pfr 两种状态，Pfr 比例的提高导致促进萌发

照射红光R和远红光(FR)后莴苣种子的萌发	
照 射	发 芽 率 (%)
黑暗	4
R	98
FR	3
R+FR	2
R+FR+R	97
R+FR+R+FR	0
R+FR+R+FR+R	95

4. 膜相变化论：低温条件下细胞膜是凝胶态；在较高温度下则变为流体状态，膜相的变化促使许多膜结合的酶活性改变

3.2 禾谷类种子的休眠

一、休眠原因及休眠的起始

水稻和皮大麦——稃壳——阻碍胚的氧气供应

小麦——外部不带稃壳，种被阻碍

二、休眠期影响因素

1. 遗传因素：大麦的休眠为最明显，皮大麦种子的休眠期长于裸大麦
2. 生理因素：从乳熟期起，成熟度愈高，休眠期愈短。
3. 环境因素：种子成熟期间的温度。小麦蜡熟期间的温度愈高，休眠期愈短。一般认为贮藏期间高湿度可能导致二次休眠。高含氧量有利于种子的休眠解除。

3.3 豆类种子的休眠

- ❖ 硬实：种皮不透水使种子不能吸胀发芽并保持原来大小状态的现象。
- ❖ 测定种子硬实率的方法是将种子浸种 24h，检查其中不能吸胀的种子数。

1. 硬实发生的原因

- (1) 种皮中某一层细胞壁含有较多疏水性物质。
- (2) 栅状细胞内的果胶质或纤维素果胶变性，种皮硬化不透水。
- (3) 特定部位或特殊的水分控制机制。

2. 硬实的影响因素：

- ❖ 植物的遗传性
- ❖ 种子本身的成熟度。种子愈老熟，愈易发生硬实。
- ❖ 环境条件。

3.4 其他作物种子的休眠

一、棉花：陆地棉种子的休眠很明显。

- ❖ 棉花种子的休眠原因主要是：①种皮透气性不良 ②棉籽中有一定数量的硬实

二、油菜：休眠深度依次为芥菜型（最深）、白菜型和甘蓝型油菜

- ❖ 一般绿熟种子的休眠远深于褐熟和完熟种子。
- ❖ 白菜型油菜种子的休眠深度和种皮颜色有关，黑籽品种较黄籽品种休眠期长。
- ❖ 成熟期间的高温促进果壳开裂并使抑制物质的含量降低，持续的降雨亦可使之流失。

3.5 种子休眠的调控

一、延长种子休眠：1.品种：选育具有一定休眠期的品种。 2.药剂调控

3.环境调控，将休眠种子放在低湿条件或高温条件下，或缺氧

二、缩短和解除种子休眠

1.种子处理 ❖ 药剂处理：赤霉素、过氧化氢、硝酸、硝酸钾、浓硫酸 ❖ 温度

❖ 机械损伤：刺种胚、切破种皮 ❖ 温水浸种：流水冲洗发芽抑制物质 ❖ 低温层积、变温层积

2.改变发芽条件 温度 光照

第四节 种子活力

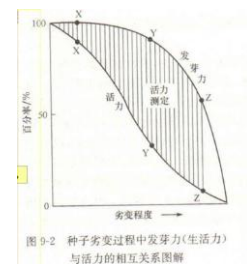
1.种子活力的概念：种子在广泛的环境条件下，具有抗逆性强，萌发出苗快速整齐，能长成健壮植株，达到高产优质的潜在能力。

❖ 与种子活力有关的特性：1) 萌发出苗的速度和整齐度； 2) 田间长势 3) 贮藏、运输后发芽能力的保持。

❖ 种子生活力是指种子发芽的潜在能力和种胚所具有的生命力。指一批种子中具有生命力种子数占种子总数的百分率。

❖ 种子发芽力是指种子在适宜条件下发芽并长成正常植株的能力，常用发芽势和发芽率表示。

种子活力与发芽力对种子劣变的敏感性差异较大：



2.种子活力测定的重要性

- 1) 是保证田间成苗率和产量潜力的必要手段。
- 2) 是种子产业中必不可少的环节
- 3) 是育种工作者对抗性选择的手段。
- 4) 是种子劣变生理研究的重要手段。

四、种子活力的影响因素

（一）遗传因素

- 1.不同作物和不同品种
- 2.杂种优势
- 3.种皮开裂性及颜色
- 4.子叶出土类型
- 5.硬实
- 6.对机械损伤的敏感性
- 7.化学成分
- 8.幼苗形态结构
- 9.低温发芽特性
- 10.作物成熟期

（二）环境因素

- 1.土壤肥力与母株营养
- 2.栽培条件
- 3.气候条件
- 4.种子成熟度
- 5.种子机械损伤程度
- 6.种子干燥措施
- 7.种子贮藏条件

种子活力测定方法（一）幼苗生长特性测定 1.标准发芽试验法测定 2.幼苗生长测定 3.幼苗评定实验

（二）逆境抗性测定 1.抗冷测定 2.低温发芽试验 3.加速老化试验 4.控制劣变测定

（三）生理生活测定 1.种子浸出液电导率测定 2.四唑法测定

种子发芽的过程 ❖ 吸水阶段 ❖ 萌发阶段 ❖ 发芽阶段 ❖ 幼苗形态建成阶段

种子发芽的条件 ❖ 水分 ❖ 温度 ❖ 氧气 ❖ 光照