

种 子 学

叶常丰 戴心维 编著

中国农业出版社

目 录

第一章 绪论	1
一、种子植物与生物进化及社会发展	1
二、种子在农业生产上的意义	2
三、种子学的范围和任务	5
四、种子学的发展	7
五、我国的种子工作	10
第二章 种子的形态构造和分类	13
第一节 种子的一般形态构造	13
一、种子的外部性状	13
(一) 外形	14
(二) 色泽	14
(三) 大小	14
二、种子的基本构造	17
(一) 果皮和种皮	17
(二) 胚	20
第二节 主要作物种子的形态构造和解剖	25
一、水稻	25
二、玉米和高粱	27
(一) 玉米	27
(二) 高粱	28
三、小麦和大麦	29
(一) 小麦	29
(二) 大麦	31
四、荞麦	31
五、大豆	32

六、花生	33
七、油菜	34
八、棉花	35
九、黄麻	36
十、蓖麻	37
十一、其他农作物和蔬菜林木种子	38
(一) 豆类(豆科)	39
(二) 麻类	39
(三) 糖料类	39
(四) 兴奋料类	39
(五) 叶菜类	39
(六) 根菜类	39
(七) 瓜类	39
(八) 浆果类	39
(九) 核果类	39
(十) 梨果类	39
(十一) 林木类	39
第三节 种子的植物学分类	49
一、根据胚乳有无分类	49
(一) 有胚乳种子	49
(二) 无胚乳种子	50
二、根据植物形态学分类	50
(一) 包括果实和外部附属物	50
(二) 包括果实的全部	50
(三) 包括种子和果实的一部分(内果皮)	51
(四) 包括种子的全部	51
(五) 包括种子的主要部分(种皮的外层已经脱去)	52
第三章 种子的化学成分	53
第一节 种子的主要化学成分及其分布	53
一、作物种子的主要化学成分	53
二、作物种子化学成分分布	56
第二节 水分	59

一、种子的水分	59
(一) 游离水和结合水	59
(二) 种子的安全水分	59
二、种子水分的吸附和解吸过程	60
三、影响种子水分的因素	61
(一) 湿度	61
(二) 温度	61
(三) 种子化学物质的亲水性和种皮结构	62
第三节 糖类	63
一、可溶性糖	63
(一) 单糖	64
(二) 双糖	64
二、不溶性糖	64
(一) 淀粉	65
(二) 纤维素和半纤维素	68
第四节 脂类	69
一、脂肪	70
(一) 种子中脂肪的性质	70
(二) 种子中脂肪的酸败	73
(三) 禾谷类种子胚部的脂肪含量	75
二、磷脂	76
第五节 含氮物质	77
一、种子中蛋白质的种类	77
二、种子蛋白的氨基酸组成	78
三、非蛋白含氮物质	81
第六节 酶	81
一、种子中酶的一般特性	81
二、几种重要的酶	82
(一) 淀粉酶	82
(二) 蛋白酶	83
(三) 脂肪酶	83
(四) 同功酶类	84

第七节 维生素和激素	85
一、种子中维生素的种类	85
二、种子中维生素的变化	87
三、激素	88
第八节 色素	89
第九节 矿物质	90
第十节 其他化学成分	92
一、硫葡萄糖甙	92
二、棉酚	92
三、单宁	93
四、植酸及植酸盐	93
五、有毒或有害的蛋白质（凝血素、蛋白酶抑制剂等）	94
六、含氰糖甙	94
七、其他	94
第四章 种子的形成和发育	96
第一节 种子形成发育的一般过程	96
一、受精作用	97
（一）被子植物的受精过程	97
（二）受精不亲和的原因	101
二、种子的发育	102
（一）胚的发育	102
（二）胚乳的发育	102
（三）种皮的发育	104
（四）胚珠—种子发育过程中的形态变化	104
第二节 几种主要作物种子的形成和发育	104
一、小麦种子的形成和发育	104
二、水稻种子的形成和发育	107
三、棉花种子的形成和发育	109
四、蚕豆种子的形成和发育	109
五、油菜种子的形成和发育	111
第三节 种子发育的异常现象	112

一、多胚现象	112
(一) 真多胚现象	112
(二) 假多胚现象	114
二、无胚现象	115
三、无性种子和无融合生殖	115
第五章 种子的成熟	117
第一节 种子成熟的阶段和特征	117
一、种子成熟的基本概念	117
二、种子成熟的阶段和外表特征	118
(一) 禾谷类	118
(二) 豆类	119
(三) 十字花科和锦葵科	120
(四) 树木类	121
三、农作物种子的成熟季节	122
第二节 种子中同化物的来源和运转	124
一、种子中同化物的来源和灌浆	124
(一) 禾谷类	124
(二) 豆类	126
二、同化物在发育种子中的运转	127
第三节 种子成熟过程中的变化	129
一、种子成熟过程中贮藏物质的累积变化	129
(一) 糖类	129
(二) 脂肪	132
(三) 蛋白质	137
二、种子成熟过程中激素的变化	141
(一) 生长素	141
(二) 赤霉素	143
(三) 细胞分裂素	143
(四) 脱落酸 (ABA)	143
三、种子成熟过程中物理性的变化	145
(一) 种子大小的变化	145
(二) 种子重量和比重的变化	146

(三) 其它物理性的变化	147
四、种子成熟过程中发芽力的变化	147
第四节 种子成熟过程中的脱水作用及其生理效应	151
一、种子的脱水干燥和发芽力的关系	151
二、种子脱水干燥的生理效应	152
(一) 酶类钝化	152
(二) RNA水解酶类增加	153
(三) 复合体的形成	153
第五节 环境条件对种子成熟的影响	154
一、环境条件对种子成熟期的影响	154
(一) 湿度	154
(二) 温度	155
(三) 营养条件	156
二、环境条件对种子化学成分的影响	156
(一) 环境条件对粉质种子化学成分的影响	156
(二) 环境条件对油质种子化学成分的影响	157
第六章 种子的休眠	162
第一节 种子休眠的原因	162
一、种子休眠的意义	162
二、种子休眠的类型 (原因)	163
(一) 种胚尚未成熟	163
(二) 种子尚未完成后熟	164
(三) 种皮的障碍	167
(四) 存在抑制物质和 (或) 缺乏萌发促进物质	169
(五) 不适宜条件的影响	172
(六) 综合休眠	177
三、种子休眠的机理	178
(一) 代谢途径的调控	178
(二) 激素的调控	180
(三) 细胞膜的变化	180
第二节 禾谷类种子的休眠	180
一、禾谷类种子的休眠期	180

(一) 不同作物与品种间的差异	181
(二) 不同成熟度种子的差异	182
(三) 成熟期间环境条件的影响	184
(四) 贮藏条件的影响	184
二、禾谷类种子休眠的原因	185
(一) 休眠原因	185
(二) 大麦种子的水敏感性	188
第三节 棉花和油菜种子的休眠	188
一、棉花	188
二、油菜	189
第四节 硬实	191
一、硬实的生物学意义及其分布	191
二、硬实发生的原因及有关因素	192
(一) 硬实发生的原因	192
(二) 硬实发生的有关因素	194
第五节 其他种子的休眠	197
一、瓜果类	197
二、蔬菜	198
(一) 根菜类(包括块茎)	198
(二) 叶菜类	198
三、药用植物	199
第六节 种子休眠的控制途径	202
一、选种	202
二、栽培	203
三、贮藏	203
四、预措	205
(一) 药剂处理	205
(二) 机械处理	207
(三) 温度处理	208
(四) 层积处理	208
(五) 干燥处理	209
五、发芽条件	209

第七章 种子的寿命	211
第一节 种子寿命的差异性	211
一、种子寿命的意义	211
二、农、林、蔬菜、牧草种子寿命的差异性	212
第二节 种子的衰老和生活力丧失	216
一、种子衰老的表征	216
(一) 形态和发芽力变化	216
(二) 细胞膜损伤.....	217
(三) 酶活性变化.....	217
(四) 染色体畸变.....	217
二、种子生活力丧失的原因	218
(一) 有毒物质累积.....	218
(二) 营养物质损耗.....	218
(三) 胚部细胞核变性	218
(四) 激素的变化.....	219
(五) 蛋白质变性.....	219
(六) 其他	219
第三节 影响种子寿命的外因	220
一、水分	220
(一) 水分对种子寿命的影响	220
(二) 不同类型种子对水分的反应	221
二、温度	227
(一) 贮藏温度	227
(二) 干燥温度	228
三、气体	230
四、光	231
五、微生物及仓库害虫	231
六、化学物质	232
第四节 影响种子寿命的内因	232
一、种子的遗传性	232
二、种皮结构	234
三、种子的化学成分	235

四、种子的大小、饱满度和完整性	236
五、种子的生理状态	236
第五节 种子寿命的预测	239
第六节 陈种子的利用	246
一、陈种子在农业上的利用价值	246
二、陈种子的食用及工艺品质	248
第八章 种子的萌发	249
第一节 种子的萌发过程	249
一、吸胀	249
(一) 吸胀时的变化	250
(二) 种子吸水的阶段性	251
(三) 死种子的吸水特点	253
二、萌动	253
三、发芽	254
第二节 种子萌发过程中的生物化学变化	256
一、种子萌发过程中的代谢特点	256
(一) 活化和修复	257
(二) 水解作用	258
(三) 合成代谢	261
二、主要贮藏物质的转化	261
(一) 糖类	262
(二) 脂肪	265
(三) 蛋白质	267
三、呼吸作用	270
四、能量利用	273
第三节 种子萌发的条件	274
一、水分	275
二、温度	279
(一) 种子发芽要求的温度	279
(二) 温度对发芽速率、发芽率和物质效率的影响	281
(三) 变温对种子发芽的影响	284

三、氧气	285
四、其他外界条件	287
(一) 二氧化碳	287
(二) 光	287
第四节 几种农、林、蔬菜种子的萌发特性	293
一、水稻种子的萌发特性	293
二、大小麦种子的萌发特性	295
三、棉花种子的萌发特性	296
四、大豆种子的萌发特性	297
五、蔬菜种子的萌发特性	298
六、林木种子的萌发特性	301
第九章 种子处理	305
第一节 浸种	306
一、浸种及其生理效应	306
二、浸润—晾干处理	310
第二节 种子消毒及防虫	311
一、种子消毒及防虫的基本原则	311
二、种子消毒及防虫的技术措施	313
第三节 种肥	323
一、农家常用种肥处理	323
(一) 人尿和尿素浸种	323
(二) 骨粉和过磷酸钙拌种	324
(三) 硫酸铵拌种	324
二、微量元素处理	324
三、细菌肥料处理	327
(一) 根瘤菌	327
(二) 固氮菌	329
(三) 磷细菌	329
(四) 钾细菌	330
(五) 硅酸盐细菌	330
(六) 丁酸细菌	331
(七) 抗生素	333

第四节 物理方法处理	334
一、超声波处理	334
二、红外线处理	334
三、紫外线处理	335
四、电处理	335
(一) 低频电流处理	335
(二) 高频电场处理	336
五、磁化水处理	337
第五节 化学物质处理	337
一、生长调节物质处理	338
(一) 类似生长素处理	338
(二) 赤霉素处理	339
二、聚乙二醇 (PEG) 处理	340
三、有机溶剂渗入处理	341
四、三十烷醇处理	343
五、硫酸脱绒处理	344
六、盐卤处理	344
第六节 种子丸化处理	345
一、种子丸化处理的方法	345
二、水稻种子过氧化钙丸化处理	346
第七节 春化处理	347
一、小麦春化处理	347
(一) 小麦的类型	347
(二) 小麦春化的方法	348
二、水稻春化处理	349
(一) 水稻的类型	349
(二) 水稻春化的方法	350
三、大豆春化处理	350
四、棉花春化处理	350
五、马铃薯春化处理	351
附录	352
(一) 各种作物种子的千粒重和千粒体积	352

(二) 禾谷类和豆类种子贮藏条件的相对湿度与含水量的 曲线图	355
(三) 种子含水量换算尺(湿基与干基相互换算)	355
(四) 各种植物种子在不同相对湿度下的平衡水分(%, 湿重 为基数)	356
(五) 盐类的饱和溶液与平衡相对湿度	359
(六) 禾谷类种子各种氨基酸含量	361
(七) 豆类种子各种氨基酸含量	362
(八) 种子中主要维生素的功能	362
(九) 贮藏种子生活力丧失的原因图解	365
(十) 某些异常型(顽拗型)种子的种类及其适宜的贮藏条件	365
(十一) 不同温度下种子在静止空气中干燥至平衡时的天数 (约计)	366
(十二) 主要树木的开花期、种子成熟期和采种适期	366
(十三) 种子生理学发展年表	368
主要参考文献	373

第一章 绪 论

一、种子植物与生物进化及社会发展

地球上分布的植物，根据植物学家的记载，接近 50 万种之多，其中种子植物占半数以上。种子植物的最大特点，就是到了生长发育过程的一定阶段能产生一种特有的繁殖器官——种子。也就是说，地球上只有种子植物才能产生种子。种子是植物界经过亿万年的进化历程达到高度发展的产物。在大多数情况下，种子具有一个发育完整的胚（幼植物），积累了相当数量的有机营养物质，并有一层至若干层的保护组织包围着。它在生理上能保持经常不断的生命活动，在生态上能适应各种不良的环境条件，并能依靠本身的特殊形态构造利用各种自然因素，在地球表面广泛地传播、萌发、生长、繁殖、形成一个群落。由此可见，种子对植物繁衍种族和绵延后裔具有非常优越的功能，远远胜过其他繁殖器官。

种子植物在地球上的出现，可认为是植物进化史上一大飞跃，不仅使整个地球表面的植被面貌大为改观，同时也加快了动物界的进化进程。

毫无疑问，植物种子对人类社会的发展也起了巨大推动作用。人类祖先从原始的采集、猎狩，游牧时期进入定居的农耕时期，标志着人类进化史上一个大转折。人们通过长时期的艰苦劳动，探悉了植物种子的生命奥秘，逐步加以利用、选择和改良，使最主要的生活资料——食物——的来源得到一定的保障，从而赢得更多的劳力和时间从事进一步提高生活水平和文化水平，创造人类历史的古代文明，开始从受自然支配的被动地位转变为支

配自然的主动地位。人类社会由于农业生产基础日益巩固，生活资料日益富裕，工业生产和文化艺术也就相继随之发展，促进了整个人类社会的进步和繁荣。因此可以说，我们的祖先掌握了种子的基本知识，从事农业生产，是人类发挥集体智慧，走向控制自然的划时代伟绩。

人类祖先通过长期的劳动，对野生植物进行驯化和改良，培育成各种农作物，逐步形成多种多样的栽培品种，建立起农业生产的基础，开发了人类生活资料的丰富源泉。事实证明世界上建立农业比较早的民族，也就是古代文化比较发达和历史比较悠久的民族。我们伟大的祖国具有五千年以上的悠久历史和光辉灿烂的民族文化，农作物品种繁多，资源非常丰富，这和我们的祖先能以自己的勤劳智慧，从长期生产实践中探索到植物种子的自然奥秘，进行精心管理和培育以不断提高农业生产水平是分不开的。

二、种子在农业生产上的意义

农作物的种子在农业实践上是最基本的生产资料。所以农业上所谓种子是从生产观点出发，具有比较广泛的涵义，凡在农业生产上可以利用作为播种材料的都包括在内。不论植物的哪种器官或其营养体的哪一部分，只要能供繁殖后代和扩大再生产用的，都概括地称为种子。现在农业生产上所常用的播种材料有许多种，大体上可归纳为以下三大类。

(一) 真正的种子 这一大类就是植物学上所称的种子，亦简称真种子。整个子粒由母株花器中的胚珠发育而来（在大多数情况下，通过受精过程）。在农作物中比较主要的有豆类、油菜、棉花、黄麻、亚麻、蓖麻、芝麻、番茄、烟草、辣椒、苋菜等。在森林植物中的银杏和针叶树（如松柏类）均属于裸子植物，其繁殖器官也属于真种子这一类型。

(二) 类似种子的果实 这一大类在植物学上称为果实（大

多数为小型干果)。其内部含有一颗或几颗种子，而外部则由子房壁或花器的其他部分发育而来。这类果实在农业生产上通常直接作为播种材料，主要包括以下几种。

(1) 颖果 禾本科作物所产生的种子都属于这一种，子房一室，含种子一粒，在种子外部包有薄薄的果皮，和种皮密接在一起，不易分离，如小麦、玉米等。颖果有时在果皮外部还包有稃壳，如水稻和大麦等，这类带有稃壳的颖果在植物学上称为假果。

(2) 瘦果 这种干果的内部也含有一粒种子，但果皮和种皮容易分离，包括许多不同科的农作物种子，如荞麦、大麻、向日葵、苕麻等。

(3) 其他 主要有黄花苜蓿的荚果，甜菜的小坚果以及带有木质化内果皮的核果（如桃、李、枣、胡桃、椰子等）。此外伞形科植物，如胡萝卜、茴香等的离果，有些木本植物的翅果也直接用于播种。

(三) 营养器官 这一大类主要包括根茎类作物的无性繁殖器官，如甘薯和山药（薯蓣）的块根、马铃薯和菊芋的块茎，葱和蒜的鳞茎，芋艿和慈姑的球茎，甘蔗的地上茎以及苕麻的地下茎等。

在一般情况下，“种子”二字是泛指农业生产上所用的各种农作物的播种材料，并不涉及植物学上的涵义。但有时为了明确起见，也称为“农业种子”，或分别称为某种作物的种子，如“稻种”、“麦种”、“棉籽”、“菜籽”、“种薯”等。

在整个农业过程中，“种”是其中一个主要环节。农业生产上选用优良种子是提高农作物单位面积产量，不增加额外成本而能获得较高经济效益的增产措施。不论哪种农作物的优良品种，必须依靠种子作为基础，达到大量繁殖和广泛传播的目的，因此种子是农作物扩大再生产必不可少的物质条件。生产实践证明，近几年来，随着农业耕作技术水平的迅速提高，良种的增产潜力也

越来越显著。同时，良种对改变农田耕作制度和提高农产品品质方面，也具有很大作用。

自古以来，农业生产是以农作物种子为中心的人类社会活动。我国古代将农业生产概括地称为“稼穡”二字，稼就是指播种，穡就是指收获，说明古代农业的生产方式是非常简单的，只要通过播种和收获两个基本环节就完成了农业生产全部过程；而这两个环节都是和农作物的种子紧密联系着的。现今世界上的农业先进国家，不论栽培水平和机械化程度怎样高，仍然将种子的生产工作放在首要地位，对提高种子品质和推广优质种子均予以高度重视。

农业生产实践证明发展农业生产必须良种与良法相结合。农业生产上所谓良种包括两种含义，一是指农作物的优良品种，另一是指农作物的优良种子。这两者之间的关系非常密切。脱离作物品种而孤立地谈种子，在生产上就失去实践意义；脱离种子而单纯谈品种也是非常片面的，因为作物品种特性与植株生长发育必须依靠种子而代代相传；因此农业生产上所谓良种必须是优良品种的优良种子。所谓优良品种就是指该品种具备的遗传特性能符合农业生产的要求，如早熟、丰产、抗逆力强、品质好，营养丰富、耐贮藏等；而优良种子则指各种作物的种子本身具有良好的播种品质而言，也就是说，应该具备以下几个基本条件：

1. 纯净一致 种子应属于同一品种，不混有其他品种，也不含有异作物和杂草的种子，以及虫卵、虫瘿、菌瘿、泥土、砂粒等杂质。

2. 饱满完整 种子充分发育成熟，充实饱满，形状大小整齐一致，组织紧密，不含细小粒、秕粒、破损粒及胚部受伤粒等。

3. 健全无病虫 种子外部及内部没有感染病害，没有被害虫蛀蚀，也没有害虫潜伏其中。

4. 活力强 种子具有旺盛的活力，在适宜条件下发芽势强，发芽率高，能长成正常的幼苗，生长整齐一致。