



作物栽培生理

组编 / 全国高等教育自学考试指导委员会
主编 / 任昌福

全国高等教育自学考试指定教材 农学专业 (独立本科段)

重庆大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

作物栽培生理/任昌福主编. —重庆:重庆大学出版社,2000.8

全国高等教育自学考试指定教材农学专业(本科)

ISBN 7-5624-2083-1

I. 作... II. 任... III. 作物-生理学-高等教育-自学考试-教材 IV. S311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 41133 号

全国高等教育自学考试指定教材

作物栽培生理

全国高等教育自学考试指导委员会组编

主 编 任昌福

责任编辑 彭 宁

责任校对 钱格舟

版式设计 彭 宁

*

重庆大学出版社出版

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号

邮编:400044

网址: <http://www.cqup.com.cn>

北京瑞德印刷有限公司印刷

*

开本: 880×1230 1/32 印张: 14.25 字数: 410 千字

2000 年 4 月第 1 版 2004 年 6 月第 4 次印刷

印数: 6001—8000

ISBN 7-5624-2083-1/S·71 定价: 18.00 元

本书如有质量问题,请与教材供应部门联系
版权所有 不得翻印

组 编 前 言

当您开始阅读本书时,人类已经迈入了二十一世纪。

这是一个变幻难测的世纪,这是一个催人奋进的时代。科学技术飞速发展,知识更替日新月异。希望、困惑、机遇、挑战,随时随地都有可能出现在每一个社会成员的生活之中。抓住机遇,寻求发展,迎接挑战,适应变化的制胜法宝就是学习——依靠自己学习、终生学习。

作为我国高等教育组成部分的自学考试,其职责就是在高等教育这个水平上倡导自学、鼓励自学、帮助自学、推动自学,为每一个自学者铺就成才之路,组织编写供读者学习的教材就是履行这个职责的重要环节。毫无疑问,这种教材应当适合自学,应当有利于学习者掌握、了解新知识、新信息,有利于学习者增强创新意识、培养实践能力,形成自学能力,也有利于学习者学以致用、解决实际工作中所遇到的问题。具有如此特点的书,我们虽然沿用了“教材”这个概念,但它与那种仅供教师讲、学生听,教师不讲,学生不懂,以“教”为中心的教科书相比,已经在内容安排、形式体例、行文风格等方面都大不相同了。希望读者对此有所了解,以便从一开始就树立起依靠自己学习的坚定信念,不断探索适合自己的学习方法,充分利用自己已有的知识基础和实际工作经验,最大限度地发挥自己的潜能达到学习的目标。

欢迎读者提出意见和建议。

祝每一位读者自学成功。

全国高等教育自学考试指导委员会

1999 年 10 月

目 录

第一章 作物种子萌发与出苗生理.....	1
第一节 作物种子的贮藏与后熟生理.....	1
一、收后种子的生物学特点	2
二、种子的后熟生理	4
第二节 种子的萌发与出苗.....	8
一、种子萌发、出苗过程.....	8
二、影响种子萌发出苗的内外条件.....	16
第三节 种子萌发过程中的生理生化变化	36
一、种子萌发过程中的代谢特点.....	36
二、种子萌发过程中的呼吸作用和能量作用.....	41
三、种子萌发过程的物质代谢.....	45
四、贮藏物质的动员调节.....	54
第二章 作物的生育生理与调控	55
第一节 作物的生长发育	55
一、生长和发育的概念.....	55
二、营养生长与生殖生长的关系及其调控.....	56
第二节 作物的生长生理	59
一、根的生长.....	59
二、叶的生长.....	61
三、茎的生长.....	66
四、作物的倒伏问题.....	68
五、作物的生长分析及其应用.....	69
第三节 作物的发育生理	74
一、作物生殖器官的分化发育.....	74
二、作物对温度的感应.....	80

三、作物对光的感应	86
第四节 作物生育的一般进程及器官间生长关系	91
一、“S”型生长进程	91
二、禾谷类作物营养器官的生长关系	94
三、禾谷类作物穗分化与外部形态的关系	96
四、双子叶作物器官间的生长关系	98
第五节 作物生育规律的调控	99
一、对作物营养器官的调控	100
二、对作物生殖器官的调控	100
三、植物激素和生长调节剂	101
 第三章 作物光合作用与产量形成	114
第一节 作物对光能的利用	114
一、作物与光能	114
二、作物的光合特点	123
三、光合生理与作物生产的潜力	127
第二节 作物的光合器官及其功能	138
一、叶片的光合作用	138
二、光合作用的日变化	155
三、作物单株的光合特点	156
第三节 作物群体及其生产结构	159
一、作物群体	159
二、作物群体的层次结构与光能利用	162
三、作物群体结构及物质生产的影响因素	166
第四节 作物的产量及产量形成	173
一、作物的产量	173
二、产量构成和产量成分的补偿	174
三、作物产量的源、流、库关系	175
 第四章 作物的水分生理与合理排灌	184
第一节 作物体水分系统与特性	184

一、作物体内水分的状态与分布	184
二、作物细胞的水势	189
三、水分在作物体系中的传导过程	193
第二节 作物对水分的吸收与散失	195
一、作物对水分的吸收	195
二、水分在作物体内的运输与分配	203
三、作物体内水分的散失	209
第三节 合理灌溉和排水的生理基础	221
一、作物的需水规律	221
二、适时适量灌溉的依据	230
三、灌溉定额及灌溉方法	235
四、排水	237
 第五章 作物的矿质营养生理与合理运筹	240
第一节 作物必需的矿质元素	240
一、作物必需的矿质元素及含量	240
二、作物必需矿质元素的生理作用	244
三、作物必需元素的缺乏症及其诊断	259
第二节 作物对矿质元素的吸收	264
一、作物组织中的养分状况与生长的关系	264
二、作物对矿质元素的吸收	265
三、影响根系对矿质元素吸收的因素	271
第三节 作物对矿质元素的运输和分配	277
一、矿质元素的运输	277
二、矿质元素的分配和再分配	278
第四节 作物优质高产施肥的生理基础	283
一、作物的需肥特点	283
二、不同营养成分的合理配比	293
三、提高肥效的若干措施	299
四、根外施肥	301

第六章 作物的成熟与衰老生理	303
第一节 作物成熟的基本概念	303
一、生理成熟	303
二、工艺成熟	306
第二节 产品器官的形态建成	308
一、产品器官的发育生长过程与同化产物积累及品质 的关系	308
二、影响产品器官建成的环境条件	314
第三节 产品器官营养物质积累	316
一、同化产物积累的特点	316
二、植株光合特性与物质积累的关系	318
三、主要物质的合成、积累与产品品质	322
四、激素与成熟	336
五、影响物质积累的环境条件	339
第四节 生殖器官的脱落与败育	340
一、生殖器官脱落的生理原因	341
二、籽粒败育的生理原因	343
三、环境条件对脱落与败育的影响	347
第五节 作物衰老及其机理	348
一、作物衰老的基本概念	348
二、作物衰老的表现	349
三、作物衰老的机理及生产意义	350
 第七章 作物的逆境生理及防御原则	352
第一节 作物的旱害和涝害	352
一、作物的旱害	353
二、作物的热害与抗热性	369
三、作物的涝害	371
第二节 作物的冷冻害与适应性	378
一、冷害和冻害的区别	379
二、作物的低温冷害和抗冷机理	380

三、作物低温冷害的伤害机理	385
四、作物的冻害	387
五、预防低温冷冻害的技术途径	390
第三节 作物盐害及其适应性	392
一、盐分过多对作物的危害	393
二、盐害的机理及抗盐能力的本质	394
三、不同作物的耐盐能力	395
四、提高作物抗盐性的措施	396
第四节 环境污染与作物生长	397
一、大气污染对农作物的危害	398
二、水质污染对作物的影响	405
三、土壤污染对作物生长的影响	407
四、防治环境污染的途径	409
主要参考文献	411
后记	413
作物栽培生理自学考试大纲	414
I 课程性质与设置目的	416
II 课程内容与考核目标	417
第一章 作物种子萌发与出苗生理	417
第二章 作物的生育生理与调控	419
第三章 作物光合作用与产量形成	423
第四章 作物的水分生理与合理排灌	427
第五章 作物的矿质营养生理与合理运筹	430
第六章 作物的成熟与衰老生理	433
第七章 作物的逆境生理与防御原则	437
III 有关说明与实施要求	441
附录 题型举例	444
后记	446

第一章 作物种子萌发与出苗生理

农作物的种子在农业实践上是最基本的生产资料。农业上的种子是从生产观点出发,具有比较广泛的涵义,凡在农业生产上可被利用作为播种材料的都包括在内。一般农业生产上常用的播种材料大体可归纳为三大类。第一类为真正的种子,整个籽粒由胚珠发育而来,这一类就是植物学上所说的种子,在作物中常见的主要有豆类、油菜、芝麻、棉花、黄麻、亚麻、蓖麻、烟草、番茄、苋菜、辣椒等。第二类为类似种子的果实,其内部含有一颗或几颗种子,而外部则由子房壁或花蕾的其他部分发育而来,在植物学上称为果实,在农业生产上通常直接作为播种材料,其中又分为颖果(如稻、麦、玉米等)、瘦果(如荞麦、大麻、向日葵、苕麻等)、其他(如黄花苜蓿的荚果、甜茶的小坚果、胡萝卜的离果等)。第三类为营养器官,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、蒜的鳞茎、芋和慈姑的球茎、甘蔗的地上茎以及苕麻的地下茎等。

种子的萌发(或其他繁殖器官芽的萌发)代表作物个体生长发育过程的起点,代谢上由静止向活跃生长的转变过程,是种子(或其他繁殖器官)形成后中断生长的恢复。种子萌发是一复杂的生理过程,其中涉及到胚的重新水合和活化作用,同时释放出激发酶活性的生长调节物质,这些生长物质,关系到细胞分化和生长的新 RNA(核糖核酸)和新 DNA(脱氧核糖核酸)的合成。本章重点阐述作物种子贮藏与后熟生理;作物种子的萌发与出苗生理。

第一节 作物种子的贮藏与后熟生理

作物种子收获以后,进入一个新的阶段,在贮藏前后,对其生理特点和对环境条件的要求,与收获前在植株发育、成熟时大不相同,

而这段时间的状况,对以后的萌发、成苗、作物产量及品质均具有一定的影响。

一、收后种子的生物学特点

作物种子在成熟后期及收获以后经历强烈的脱水过程,当种子达到干燥时,才认定种子已经发育完成。种子在脱水干燥过程中,产生许多重要的生理效应,同时在细胞结构上也发生了明显的变化。

(一)种皮较疏松、孔隙增多

成熟的种子种皮经脱水、干燥以后,其物理性质发生变化。大多数作物种子的种皮变得比较疏松,种皮上的孔隙增多,对气体的通透性大大增强,有利于氧气的透入及其内部抑制物质的消失或转化。

对于某些作物种子如棉花、豆类种子,种皮的强烈脱水会导致种皮“硬化”,使种皮产生不透性。豆科的某些种子,如紫云英、三叶草等,种子“脐门”能控制种子水分,当环境相对湿度低时开放“脐门”使种子内水分逸出,而在相对湿度高时紧闭“脐门”,不让水汽或水分进入种子。

作物种子种皮上发生的上述变化,与种子的休眠、发芽及种子贮藏的稳定性和寿命均有密切的关系。

(二)酶类钝化

种子中含有各种酶,干燥脱水后,其种子内部首先发生酶类的钝化。钝化的原因有如下几方面:

1. 底物减少,酶与底物隔离 所有的酶都需有底物,还需辅酶和辅基(如各种金属离子)才能发生作用。因此酶的作用决定于底物以及辅酶和辅基的可得性。普通植物细胞中含有水分 70% ~ 80%,细胞内充满水分,缺乏氧气,不易氧化,底物可运往酶所在部位而发生作用。一旦种子脱水干燥,发生孔隙,将底物与酶隔开,无法相遇,则酶不能发生作用。酶的作用还受辅基影响,辅基可使酶活化并与底物结合,水分缺乏时,辅基也无法输送至酶及底物所在部位。

2. 酸度增加 各种酶的作用均有最适的 pH。pH 的变化会降低酶的活性,当种子干燥时,干燥细胞中因水分降低,而氢离子浓度增高,pH 值下降使酶活性降低,甚至完全丧失。

3. 离子浓度增加 在正常的细胞中,有各种适宜的离子浓度。种子干燥随失水而发生细胞内离子浓度的增加,会影响信使核糖核酸(mRNA)的翻译作用。

离子浓度还与许多酶的活性有关,因为辅基包括 Mg^{++} 、 K^{+} 、 Mn^{++} 和 Na^{+} 等多种离子。这些离子的浓度适当,对于保持酶的活性可能是重要的条件。

(三)RNA 水解酶类增加

随着种子逐渐干燥,RNA 水解酶增加,则多核糖体水解成单核糖体,使 mRNA 失去活性。

(四)长寿命 mRNA 和酶原形成

1. 长寿命 mRNA 种子在脱水干燥期间,mRNA 有着不同的去向和结局。成熟后期大量 mRNA 破坏消失,但在干燥种子中仍有一部分保留在细胞内。有人根据棉籽子叶观察结果,指出 mRNA 有若干类型。一类称为残余 mRNA,它在种子发育期间产生,到了成熟后期也不会被破坏,这类 mRNA 对萌发并不重要,可能在种子吸胀时就很早降解消失。凡与贮藏蛋白质的翻译作用有关,而在干燥时不致破坏的 mRNA 都属于这一类型。另一类称为贮存 mRNA,它在发育种子中形成后,并未参与蛋白质的合成,而是贮存在种子内,在种子萌发时,就起翻译作用。这类 mRNA 也称为长寿命 mRNA,在干燥种子中,含有很多这类 mRNA。

2. 酶原 酶原是无活性状态的酶的前身,没有催化活性。酶很容易被水解酶所水解,但与蛋白质形成复合体后,就达到保护本身的作用。随着种子的脱水干燥,细胞中的酶转化成酶原的种类很多,有酸性磷酸酶、植酸酶、核糖核酸酶、 β -淀粉酶和蛋白酶等,他们在种子萌发时通过水解而恢复活性。在干燥的小麦、大豆、油菜、蚕豆、豌豆、水稻和黑麦种子中,也发现过酶原的存在。

(五)解偶联呼吸

种子含水量在正常情况下,进行偶联呼吸,呼吸过程中释放 ATP;但在干燥状态下,线粒体细胞膜不完整,氧化磷酸化解偶联,呼吸作用不产生 ATP。种子中原有的 ATP,在种子脱水干燥的情况下也会发生变化,因为 ATP 是很敏感的生化物质,它在干燥种子中很

容易变为 ADP 再变为 AMP、腺苷、腺嘌呤。ATP 的水解使种子中一切生长现象和需能合成过程均告停止。

二、种子的后熟生理

种子的后熟作用具有不同的涵义,从种子休眠的角度来说,是种子本身还未完全通过生理成熟阶段,虽然给予适当的发芽条件而仍不能发芽,它们需要在一定的条件下经历一段时间贮藏,使种子进行各种发芽的准备工作,当完成了这些变化以后,种子才能获得发芽能力。从广义方面来说,种子的后熟是指种子在收获以后发生的各种变化,这些变化与种子品质其中包括发芽率的提高有关,与食用及工艺品质有关,亦影响到贮藏条件和贮藏的稳定性,因此有必要对其现象及生理生化过程有所了解。此处所指的后熟是广义的后熟作用。

(一)种子后熟中的生理生化特点

作物种子几乎都是耐干藏的种子,它们与需要湿藏的种子的变化差异很大,当它们脱离母株以后,仍然延续成熟过程中发生的生理生化变化,但干物质的累积已经停止,只有贮藏物质的消耗而没有增加(尽管由于种子含水量低而使这种消耗降至很低的水平),种子内发生的主要是质变过程——继续进行一定程度的合成作用,使种子化学成分的比例、结构及存在状态有某些方面的改变,并使种子的生理特性及品质亦随之发生变化。主要的表现有以下几方面:

(1)低分子的可溶性物质继续合成高分子的贮藏物质。由于种子没有完成后熟作用,其生理成熟阶段尚未结束,其内部贮藏物质还需要进行生化转变过程,因此种子在后熟过程中可溶性糖、氨基酸和脂肪酸的含量降低,高分子的淀粉、蛋白质和脂肪的含量略有增高。

(2)种子含水量降低,自由水显著减少,种子硬度提高。

(3)种子酸度或酸价降低,油质种子中的脂类物质进一步转化为中性脂肪。

(4)种子内酶的活性降低,如各种贮藏物质的合成酶、脱氢酶、ATP 酶等。由于各种酶的活性降低或失活,使种子通过后熟以后,进入一个生理代谢特点显然不同的阶段,呼吸强度显著降低。

(5)种子的发芽率增高。原来不休眠的作物种子,在正常条件

下进行后熟作用,其发芽率一般很少变化。通过后熟的种子由于发芽率提高,发芽整齐一致,播种品质得到改善。大麦的发芽状况影响到啤酒酿造,只有经过后熟的大麦种子才能用于酿造工业。小麦种子通过后熟后面筋含量略为增高,且由于面筋蛋白质中硫氢基的氧化而使面筋品质明显改善,面团保持气体的能力增强,因而使面包烤制品质量提高。

由于后熟前后种子生理特性的不同,对环境条件的反应和抗性亦有一定程度的差异。对于休眠种子来说,在通过后熟以后随着发芽率提高而抗性下降,高温贮藏、高温干燥或是化学药剂熏蒸都会对种子的生活力产生显著不利的影响。

种子后熟作用进行的速率主要取决于干燥和贮藏条件——温度和湿度。适宜的条件有利于酶的催化作用,因此收获后适当加温促进种子干燥,贮藏期间保持良好的通风,能促使后熟作用加速进行。

在农业生产上往往由于某些原因需要提早收获,在这种情况下如果立即脱粒,则将对种子的产量和品质发生严重的影响。但如留在植株上一段时间,使植株内的营养物质继续向种子输送,则可大大减少这种损失和显著提高种子品质——种子干重、种子发芽率和活力,这一措施称之为留株后熟。留株后熟期间种子的生理生化变化和成熟期间的变化相同,但其强度有所减弱。

(二) 种子后熟中的“出汗”现象

新收获的种子在贮藏过程中释放出较多水分,水分子以气体状态从细胞组织中经毛细管(种子内部的间隙处联成许多大大小小的毛细管,遍布于种子的各部分)逸出,使种子堆的间隙处水汽压明显增高,当达到饱和状态时,这些水汽就凝结成很小的液滴,粘附在种子的表面,这就是种子的“出汗”现象。如果种子收获以后未经充分干燥,贮藏中通风条件又较差,则这种“出汗”现象就难以防止,结果会在很大程度上影响贮藏的稳定性。种子的出汗现象是由下列生理原因造成的:

(1) 刚收获的种子呼吸作用(尤其是胚部的呼吸作用)比较旺盛,以后随着贮藏组织细胞(胚乳细胞)的进一步死亡和酶活性的降低,呼吸作用下降。当呼吸作用较旺盛时,产生较多的二氧化碳和水

分,水分子在通风不良的条件下积聚在种子堆中而日益增高其在仓内空气中的含量。

(2)种子收获以后的后熟过程中,仍继续进行成熟期间发生的物质转化作用,低分子的可溶性物质缩水结合为高分子的不溶性贮藏物。脱出的水分提高了种子的含水量,继而以水汽状态逸出种子而积聚于仓内,终至达到饱和点。不同的贮藏物质均有这种缩水结合过程。例如很多葡萄糖分子结合成淀粉时,可放出很多水分子。同样,氨基酸亦可缩合,形成多缩氨基酸和蛋白质,同时放出水分。

种子发生“出汗”现象,促使种子表面凝结的水分在通风不良的条件下又逐渐吸入种子内部,增高了种子的含水量,其结果是加强了种子的呼吸作用,这就造成了不良的恶性循环,引起种子回潮发热,并造成微生物繁殖活动的有利条件,最终可能发生霉变腐烂,完全丧失种用或食用价值。因此对种子“出汗”的问题应予以充分重视,采取有效措施加以预防和及时进行通风、曝晒、摊放等处理予以抢救。

种子表面凝结水分这一现象可以由两种原因造成,一是“出汗”,这是种子本身的生理原因所导致,即水分是种子生理活动的产物;二是“结露”,这是环境条件直接造成的。具体地说,“结露”是由于种子堆周围大气中的温湿度与种子温度和水分存在一定的差距,由于温湿度的变化,空气的保湿量降低,促使大气中的水汽凝结于种子表面。二者原因不同,但现象和结果却十分相似,其防治措施亦相一致。

(三)种子后熟中贮藏物质的变化

1. 酶活性的变化 种子在后熟过程中,酶活性,尤其是淀粉糖化酶,过氧化氢酶及酪氨酸酶的活性减弱。据北京农业大学及中央粮食科学设计院试验证明,农大 183 号小麦在后熟期间,其呼吸强度,过氧化氢酶及脱氢酶的活性都有不同程度的下降。并且呼吸强度,过氧化氢酶与脱氢酶的活性三者都有一定的相关性,即在 8 月上旬三者都降低,8 月中旬又略有提高,收获后经 50 ~ 55 天的贮存,过氧化氢酶与脱氢酶的活性都达到高峰,之后又开始下降。高峰出现的时间正是小麦完成生理后熟的时间。

2. 主要化合物的变化 种子在后熟期中所发生的生物化学变化,主要是以原有的可溶性物质继续合成高分子化合物,不过这种转

化作用比种子在生长成熟时期较缓慢。根据许多研究表明,种子在后熟期中,多糖、脂肪和蛋白质的合成过程结束,但因酶活性的变化,脂肪含量增大,脂肪酸值变小,酒精提出物的酸度降低,通过利用非蛋白肽氮而合成蛋白质,完成蛋白质的密集,蛋白质的品质变好。但是,Dobczynska(1966)对小麦的研究指出,即使在良好的贮藏条件下,小麦种子中赖氨酸含量会降低,若贮藏条件不良,赖氨酸降低更为严重。据北京农大研究,小麦后熟期水溶性氮和醇溶性氮的含量趋向降低,而面筋含量增加(后熟前湿面筋为30.76%,后熟后为36.48%),还原糖一直在减少,淀粉的含量在呼吸强度下降阶段中增加,脂肪酸值随呼吸强度减弱或增强而下降或上升。

3. 维生素的变化 充分成熟的农作物种子中一般维生素C的含量很低,但在马铃薯块茎中含量很高,成为人类维生素C的一个重要来源。未熟块茎中维生素C的丧失在贮藏初期的数周内非常迅速,但成熟块茎则比较缓慢。Zilva(1939)将不同成熟度的马铃薯贮藏于10℃条件下,经8~10个月,维生素C从开始时的31~45mg/g降至8~9mg/g左右。贮藏温度对其丧失的速率也有影响,贮藏于5℃条件下的马铃薯比15℃或1℃的维生素C损失较少,含量降低是由于发生了不可逆的氧化:

抗坏血酸 $\longleftrightarrow$ 脱氢抗坏血酸 $\rightarrow$ 2,3-双氧古罗酸 $\rightarrow$ 进一步代谢

关于维生素B₁和维生素PP在后熟期间的变化情况,马铃薯贮藏于5℃和10℃条件下7个月,这两种维生素并未降低或变化不大。

维生素A在作物中并不存在,但在作物体和种子中含有维生素A原,食用后可在动物体内转化为维生素A。作物中的维生素A原主要是 β -胡萝卜素,在黄玉米及小麦种子中和黄色的甘薯块根中含量较高。

从胡萝卜素的结构来看,属于高度不饱和的物质,理应容易发生变化,但事实上它们在活体的细胞中是非常稳定的,因为它们与磷酸结合在一起。根据对甘薯块根及其他富于维生素A原的多种农产品进行研究,确证在贮藏最初几个月内几乎没有丧失胡萝卜素。另外的试验结果指出,贮藏温度对胡萝卜素的含量无明显影响,在2~24℃范围内,几乎对胡萝卜素的含量没有影响。

第二节 种子的萌发与出苗

一、种子萌发、出苗过程

(一) 种子萌发过程

种子萌发实质上是幼胚从休眠状态恢复到活跃状态的生命活动过程,即从吸水开始,经酶的活化、水解作用和贮藏物质的代谢,胚的萌动,合成代谢和新细胞结构形成,以及根、芽突破种皮等一系列形态和生理生化变化的连续渐进过程。根据萌发特征将这一过程分为吸胀、萌动和发芽三个阶段。

1. 吸胀 种子发芽过程的第一个变化是吸胀。种子在成熟过程中,由于含水量下降(贮藏的种子含水量一般多为 10% ~ 14%),而种子发芽时细胞分裂和生长所需的物质和能量,均需通过酶的水解。因此,种子的发芽过程,首先是吸水和蛋白质、酶以及细胞器的重新水合,然后才能在各自酶系的作用下,将种子中的蛋白质、淀粉和脂肪等贮藏物质逐渐分解和转移,为胚根和胚芽的生长提供建造新细胞的材料和维持生命活动的能量。吸胀期间所吸收的水量,一般不超过干种子重量的 2 ~ 3 倍。吸胀过程完成后,由于细胞膨胀使细胞体积增大,种子的体积也比开始水合时约增大 30% ~ 40%。

在种子吸水过程中,一些因素影响水分从土壤中进入种子,其中最重要的是种子和土壤水分的关系。水势(Ψ_w)是水分能量状况的表现。水分的净扩散导致能量梯度由高到低的变化,由于种子细胞的水势受渗透势(Ψ_s),衬质势(Ψ_m)和压力势(Ψ_p)所影响,可用下式表示:

$$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_m + \Psi_p$$

Ψ_s 和 Ψ_m 由于水势低于纯水而产生负势,而 Ψ_p 为正势。完全膨胀的细胞,水势接近于零。土壤的水势也为其 Ψ_s 、 Ψ_m 和 Ψ_p 的总和。除盐碱土的 Ψ_s 很大外,一般 Ψ_m 起主要调节作用。因此,种子和土壤之间的水势差,是土壤水分可利用程度和进入种子中速率的决定因素。吸水开始时,由于种子干种皮、细胞壁和种子中贮藏物质的亲水性很

强,其 Ψ_m 很低,湿土和种子之间的水势差很大。随着种子含水量逐渐增加和衬质的水化,种子的水势也增大,种子周围的水分因被种子所吸收而逐渐减少,由土壤进入种子的水分也随时间进程而变少。种子进一步吸水和土壤水分的有效性,取决于土壤水的导电率。

在正常条件下,种子吸水过程可以分为三个阶段。

阶段 1:迅速吸水过程。由于成熟的干种子衬质势很高,水势可以达到 $-1\ 000 \times 10^5 \text{ Pa}$,远低于种子周围湿润的基质,因此在这一吸水过程中,不论种子是否处于休眠或有无生命力,由于衬质势的力量,都可以迅速吸水。正由于有生命和无生命种子这一吸水过程并不存在差异(图 1-1),所以一般认为这一过程的吸水是纯物理过程。

由于种子外围细胞和胚根部组织吸水很快,有生命的种子在开始吸水后数分钟,代谢作用就已开始。因此,种子不同部位的吸水过程可以是不同步的。大粒种子靠近表面的整个胚或胚轴,可以在大量贮藏物质完全吸胀之前出现伸长活动。马齿型玉米种子吸水后整个子粒的含水量达到 75% 时,胚部含水量高达 261%,其他部分只有 50%。

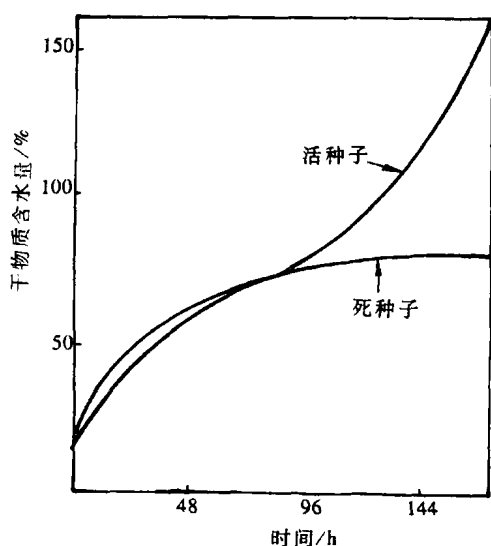


图 1-1 活种子和死种子的水分吸收
(Owens, 1952)

阶段 2:水分吸收的滞后过程。随着种子含水量增加,衬质势不再起明显作用,水分吸收迟滞,此时种子的水势主要由 Ψ_s 和 Ψ_p 组成,大多数作物种子这一吸水过程的 Ψ_m 值不超过 $(-10 \sim -15) \times 10^5 \text{ Pa}$ 。水分吸收滞后过程在于为胚根生长做准备,故也具代谢活