

植物生理学



广东农林学院
植物生理教研室

序 言

《植物生理学》是研究植物的生命活动，揭示植物与环境条件统一过程的新陈代谢规律的科学。

具体地说，就是研究植物的一生是怎样实现萌发、生长、发育；怎样实现吸收水分、吸收肥料；怎样实现光合作用、呼吸作用；怎样实现结出丰硕的果实以及具有各种各样的风味。其中包括体内外物质的交换，体内物质变化运输等等。而这些不同的功能，甚至是有矛盾的，都是有机的联系在一起，不是孤立地进行的。

没有矛盾就没有生命，每一棵植物都作为矛盾着的对立统一体而存在、发展。

《植物生理学》的发展史，就是唯物主义不断战胜唯心主义的历史，也是在人类的生产建设中发生和发展起来的。

有关《植物生理学》内容的文字记载，最早的算我们中国，远在公元前1,400—1,100年，在卜辞（甲骨文）中就有“水及雨？三月”等记载，说明殷代的劳动人民已知道雨水及时才有好的禾苗。可是由于我们的祖国过去处于漫长的封建和殖民地主阶级的反动统治之下，我国的劳动人民虽在多方面，诸如：医药、指南针、造纸等等首先发明创造出来，然而历代的反动统治者如帝国主义强把我国光辉的民族文化科学一个又一个扼杀了。反动统治者不仅在政治上、经济上进行残酷的压迫剥削，而且为了维护其反动统治，在哲学上宣扬天罚鬼神，秦汉以来，更排斥百家，独尊儒术，也甚至民族文化遗产科学得不到健康的发展。可见，孔孟之道在政治上反动反科学，在科学上也是反动的唯心哲学，必须彻底批透，把革命大批判进行到底！

自解放以来，特别是无产阶级文化大革命以来，在共产党和毛主席的英明领导下，植物生理科学和其它科学一样，是突飞猛进，党的建设社会主义总路线，“农业学大寨”的群众运动，有力地推动着植物生理科学的发展，广大知识分子刻苦钻研毛主席指引的走与工农相结合的道路，深入田间为农民服务，精神面貌起着显著的变化，使植物生理科学更好地为生产服务，例如在解决落花落果、激素与除草剂应用、作物群体生理、改良低产田等方面都作出了有益的贡献。

各有关学校的《植物生理学》教材，也正在不断改革，大破旧教材的唯心主义思想体系和洋奴哲学，努力做到正确处理政治与业务、理论与实践、批判与继承的关系。

根据我院各专业的教学计划不同，学习《植物生理学》的学时，有的较多，有的较少，这本教材是为课时较少的专业而编写的，着重讲述生理学的基本知识。教材内容共分七章，第1——2章首先介绍同学们易于感觉到的种子萌发、生长和发育的生理学。第3——6章，是介绍水分、矿质、光合、呼吸四个方面的生理功能，加深对植物生命现象本质的认识，以及这些方面在农业生产上的应用，而第七章是介绍激素和除草剂的应用原理。

《植物生理学》是一门实验科学，因此，田间和室内的科学实验，对于我们认识生命的本质以及为生产实践服务是必要的。所以实验教学是整个课程的重要组成部分。

《植物生理学》与植物学、化学、物理学、栽培学、土壤肥科学、病理学都有密切的关系。革命导师恩格斯曾经指出：“生理学是生物的物理学，特别是生物的化学，但生理学却不再专门是化学了：一方面化学作用的范围有了限制，另一方面化学在这里又升高到更高级的阶段。”这里告诉我们，生理学特别与物理学、化学有密切关系，而更重要的是教导我们，生命现象是物质运动的特殊形式，因此只有用辩证唯物主义的观点去研究、分析生命现象，才能获得正确的结论。

由于我们的思想、业务水平所限，教材存在的错误和不足之处，希广大工农兵学员和各方面的同志给予批评指正。

广东农林学院农学系
植物生理教研组
1974年7月

目 录

第一章 种子的萌发生理	1
第一节 种子萌发的条件	1
一、影响种子萌发的外界条件	1
二、影响种子萌发的内部因素	3
三、种子发芽力的检查	6
第二节 种子萌发时的生理变化	6
一、种子的吸水	6
二、种子萌发过程中有机物的转化	7
三、酶的活动	11
第三节 种子处理	11
一、化学物质处理	11
二、物理处理	13
第二章 植物的生长发育	17
第一节 植物的营养生长	17
一、植物的生长过程	17
二、环境条件对植物生长的影响	19
三、植物各部分器官生长的相互关系	21
四、植物的运动	23
五、低温对植物生长的危害	25
第二节 植物的开花结实	27
一、温度对植物成花的诱导作用	27
二、日照对植物成花的诱导作用	29
三、植物阶段发育学说及其评价	34
第三节 植物受精及种子、果实成熟的生理	38
一、植物的性别分化	38
二、植物的受精生理	38
三、种子成熟的生理	40
四、果实成熟的生理	44
五、环境条件对成熟过程的影响	45

第三章 植物的水分生理	47
第一节 水的生理作用	47
第二节 植物吸收水分	48
一、植物细胞吸收水分	48
二、植物根系吸收水分	51
三、环境条件对根系吸水的影响	53
第三节 植物的蒸腾作用	54
一、蒸腾作用方式	55
二、气孔运动	56
三、影响蒸腾作用的环境条件	57
第四节 植物体内的水分运输	59
一、水分运输的途径	59
二、水分向上运输的动力	60
三、水分运输的速度	61
第五节 水分代谢和农业生产	61
一、干旱对植物的危害	61
二、水分过多对植物的危害	63
三、水分与农业生产	63
第四章 植物的矿质营养	65
第一节 植物生长必需的矿质元素	65
一、植物体内的矿质元素	65
二、植物必需矿质元素的研究方法	66
第二节 植物必需元素的生理功能与元素缺乏症	68
第三节 植物对矿质元素的吸收	78
一、根对矿质元素的吸收与运输	78
二、地上部器官对矿质元素的吸收	82
第四节 环境条件对植物吸收矿质元素的影响	84
第五节 作物的病害与病理性	89
第五章 植物的光合作用	93
第一节 光合作用的意义	93
第二节 光合作用强度的测定方法	93

第 三 节	叶绿体和叶绿体色素	{ 一、叶绿体结构 二、叶绿体色素	96
第 四 节	光合作用过程		100
	一、水的光解及光能转变成化学能		
	二、二氧化碳的固定和还原		
第 五 节	光呼吸作用		106
	一、光呼吸植物与非光呼吸植物		106
	二、光呼吸作用过程		108
第 六 节	作物在田间条件下的光合作用与产量关系		109
第 七 节	光合产物的运输		113
	一、光合产物运输的部位、方向及速率		113
	二、有机物运输的机理		114
	三、外界条件对有机物运输的影响		115
	四、光合产物的分配与积累		117
第 六 章	植物的呼吸作用		119
第 一 节	呼吸作用的本质		119
第 二 节	呼吸作用的指标		121
第 三 节	呼吸作用的过程		123
	一、高等植物的呼吸代谢途径		123
	二、生物氧化		129
	三、光合作用和呼吸作用的辩证关系		132
第 四 节	外界因子对呼吸作用的影响		
第 五 节	呼吸作用与农业生产		
	一、呼吸作用与农产品贮藏		
	二、呼吸作用与免疫性		
	三、呼吸作用与作物栽培、育种		
第 七 章	植物激素和除草剂		139
第 一 节	植物激素		139
	一、植物激素的种类		139
	二、人工合成生长激素物质		146
	三、植物激素在农业生产上的应用		148
第 二 节	除草剂		151

一、除草剂应用概况	151
二、除草剂的分类及其应用原理	151
三、各种除草剂的性质	152

第一章 种子的萌发生理

第一节 种子萌发的条件

农业生产抓好播种这一环，对于做到“不误农时”不失时机地掌握生产环节，采取合理的技术措施，对为高产打下扎实的基础，意义特别重大。

一、影响种子萌发的外界条件

种子完成了生理休眠期以后，一遇到适宜的外界条件即可萌发。种子萌发所需要的外界条件就是适宜的水分、氧气和湿度。因为这些条件都是种子胚再度进行旺盛的细胞分裂和生长所必需的。有些植物种子的萌发也受光条件的影响，如某些竹草种子和莴苣种子。

1. 水分：风干的种子含水量很少，约占干重10—12%左右。它们的代谢过程极其微弱，处于休眠的状态。当种子吸水之后，其体积开始膨胀，种皮变松变软，透气容易，胚细胞中的原生质（蛋白质组成物）由凝胶变成生理上活跃的溶胶，并开始加强其生理生化过程。于是胚就甦醒起来进行生长活动。

种子萌发时，所需的吸水量，因不同种类而有很大的差异。豆科作物种子含蛋白质较多，因蛋白质的亲水性大，吸水量较多，约为种子重量的100%左右。但豌豆和木谷类种子，所贮藏物主要是亲水性较小的淀粉，故吸水量较少，约为种子重量的50—60%左右（但水稻则低到20%）。

种子吸水的速度与温度及土壤中的无机盐溶液很有关系。土壤的湿度大，温度高，种子吸水快。但如土壤含水量少，低湿，种子则吸水慢。若果土壤溶液浓度过高时，则妨碍水分进入细胞，种子吸收不到充足的水，使它仅处在萌动状态，但不能正常萌发，如时间过久，种子就会忍受不了而死亡。

2. 氧气：种子萌发时，氧气条件很重要，因萌发时呼吸作用旺盛，需要多量的氧，一般氧气浓度在3—10%的范围内，种子不能萌发。但不同种类种子萌发时需氧程度不同，豆类种子如大豆、花生、菜豆等，需氧较多；而水稻种子在水层

下只吸收溶解在水中的少量氧气就可以萌发。所以，种子播在土壤中，如因播种过深，或土壤积水，或板结，或粘重，都会造成土壤透气不良，氧气缺乏，种子便不能正常萌发，甚至会引引起烂种。但水稻种子在缺乏氧条件下，胚芽鞘可以迅速长出，而胚根和真叶则不能生长或长得很慢。如果在秧田情况下，由于根不能入土，容易出现漂浮秧，烂秧现象就可能发生。

3. 温度：作物种子只能在一定的温度范围内才能正常萌发。种子萌发所需的温度高低，与植物品种的原产地有着密切的关系。一般原产于北方的植物品种种子萌发所需的温度较低，原产于南方的植物品种，种子萌发所需的温度较高。大多数植物种子萌发的最适温度约在20—25℃之间，在15—30℃范围内均可发芽。当温度超过最适温时，萌发就逐渐缓慢起来。到超出最适温度的一定限度时，只有一小部份的种子能勉强发芽，这时的温度则称为萌发的最高温。低于最适温度时，种子的萌发也逐渐缓慢起来，到低于最适温度的一定限度时，也只有一小部份的种子能够发芽。这时的温度称为萌发的最低温度。根据实测的结果，植物种类不同，发芽的温度有很大的差异。了解种子萌发的最适温度对于确定播种时期很有意义。

表1—1：几种植物种子萌发要求的温度(℃)

种子名称	最低	最适	最高
水稻	8—12	25—35	38—42
小麦	0—4.8	25—31	31—37
向日葵	5—10	31—37	37—44
玉米	5—10	37—44	44—50
棉花	12—15	25—30	40
甘蔗		25—31	31—37
豌豆	0—5	25—31	31—37
南瓜甜瓜	10—15	37—44	44—50
大豆	10—12	30	40
黄瓜	15—18	31—37	38—40
花生	12—15	25—37	41—46
柑桔		23—31	
双树		20—36	

4. 光：有的植物种子，萌发时受到光条件的促进，叫需光种子，如上述的莴苣、烟草等；有的则受光的抑制，叫嫌光性的种子，如南瓜、苋菜等，而大多数的农作物种子，萌发时不受光的抑制。

二、影响种子发芽的内部因素

毛主席教导说：“事物发展的根本原因，不在事物的外部而在事物的内部，在于事物内部的矛盾性”。外界条件对种子的发芽固然是重要影响因素，但内在因素也不该忽视，必须用唯物辩证的观点去分析生物体的活动规律。那些内部因素影响种子的发芽呢？现分述如下：

1. 种子成熟度

种子发芽与否与种子的成熟度关系很密切。一般种子越成熟，发芽率越高；未成熟的种子，不但发芽率低，而且幼苗发育也较差。水稻、玉米、小麦、黄麻都有这种现象（表1—2），但另一种作物如豆科作物和十字花科作物却没有这种现象。

表1—2

品 种	开花后时间 (周)											
	发芽势 %				发芽率 %				种子水分 %			
	3	4	5	6	3	4	5	6	3	4	5	6
有芒沙粳粳	—	0	3	17	—	5	20	99	—	26.8	21.6	17.6
桂花球粳粳	0	0	2	53	0	6	15	53	32.9	24.9	21.5	21.9

注：在25℃中发芽10天，前4天为发芽势。

2. 种子的寿命

种子的寿命，就是种子生活力能够持续的年限，也就是种子保持发芽力的年限。它和作物种类、贮藏条件有关。

不同作物种子的寿命长短不一。花生种子贮藏一年，发芽率就大大降低；水稻、小麦、玉米、大豆、菜豆的种子寿命，只有两年；西瓜、南瓜、黄瓜等瓜类种子寿命在3—6年；蚕豆、绿豆、紫云英等种子寿命较长，能达5—11年。不过作为扩大再生产用的种子总是以新鲜为佳。

一般植物种子的寿命，相差悬殊。柳树种子成熟后12小时内有发芽能力，杨树种子的寿命一般不超过几个星期。在辽宁省普兰店的泥炭土层中，多次发现古代莲子（二百年以上），仍具有发芽能力。这些寿命长的种子，往往都具有硬实种皮。

不易透水和透气。

种子寿命长短和贮藏条件有关。种子在干燥状态下保存，寿命较长；在湿润状态下则易失去生活力。外界温度低，则种子寿命长，反之则短。贮藏条件不良会影响种子寿命的原因，主要是与呼吸有关。在高温多湿条件下，呼吸强烈，消耗种子贮藏的养分，并且呼吸放出较多热量，产生高温，伤害种胚，所以丧失发芽力，如果加上病菌繁殖，害虫孳生，对种子发芽更不利。

3. 种子的休眠

绝大部分种子成熟后，如果得到适宜的外界条件，便可以发芽，但是，有些种子成熟后处于适当的萌发条件下，也不能发芽，这种现象就叫休眠。

种子休眠的生理原因和打破休眠的方法分述如下：

(1) 种皮限制

豆科种子（紫云英、苜蓿、大豆）和锦葵科、菜科、茄科中有一些植物种子的种皮坚硬，不透水或透水性弱，称为硬实。硬实种子的生活力能保持很久，从种子使用价值来说，硬实是有害无益，但对植物本身来说，却是保存种胚的有效方法。

椴树种子的种皮限制气体交换，使外界的氧气不能进入胚乳，种子呼吸放出的二氧化碳又出不来。累积在种子内，使种子不能生长活动。

苋菜等种子的种皮坚硬，虽然透水，透气，胚也开始膨大，但胚不能突破种皮，也难以发芽。

以上三类种子，如能打破种皮的限制，即可打破休眠。现在一般用物理、化学的方法来破坏（去掉或腐蚀）种皮，使种皮透水、透气、破裂，即可萌发。用木棒或踏擦使种皮磨损（如紫云英），有用温水浸种（柠檬桉用70℃水浸种24小时）有用氨水（1:50）处理松树种子，有的甚至用浓硫酸浸种等办法都可以打破休眠。

(2) 胚未完全发育

有些植物（如银杏、人参、榛子、香榧）的种子外部虽已完全成熟，并已脱离母体，但胚生长未结束或胚组织分化未完成，须从胚乳中吸取养料，继续生长分化。所以，这些种子脱离母体后继续生长一段时间，才能萌发。这种现象在一般农作物中少有。

(3) 种子未完全成熟

一些果树种子（如苹果、桃、杏、梨）和棉花、水稻、大

小麦的胚虽已长大，发育完全，但由于某些生理原因，在适宜的环境下，发芽率仍很低。经过一段时间的后熟作用才能发芽。后熟过程中，淀粉、蛋白质、脂肪等有机物的合成作用加强，呼吸减弱，酸度降低，经过后熟过程后，种皮透性强，呼吸增强，有机物才开始水解，才开始发芽。

促进种子后熟作用主要有两种方法：第一，层种催芽。果树、林木栽培上应用此法比较普遍。种子收获后迅速用湿砂层层堆积在阴凉（5℃）地方1—3个月，以促进发芽。第二，日晒处理。日晒处理有加温和干燥两个作用，应用较广。北方棉花、小麦成熟时，雨水较多，有后熟现象，晒种确实能提高发芽率。水稻种子一般没有后熟期，粮食种子大多数都有后熟期。用新收获的完全成熟的种子播种时，一般可用日晒处理以促进后熟作用。

(4) 抑制物质的存在

有些植物的果实或种子内存在抑制种子萌发的物质。这种物质可能存在于果肉内（梨、苹果）、果汁（番茄、葡萄、桔柚、甜瓜、番木瓜）、果皮（向日葵、甜菜）、种皮（甘蓝）、胚乳（蓖麻）或胚（蕨类）内，也可能各部分都有。这些抑制物质的化学成分因植物而异，如氰酸（存在于山楂种子，氰在甜菜果皮中）、芥子油（在芥菜果皮内），此外还有有机酸、植物碱等等。

这些抑制物质是可以消除的，方法有多种：第一，贮藏一段时间，这些物质经过生理生化变化，浓度下降；第二，果实腐烂，取出种子，存在果皮、果汁的抑制物质就不会影响种子萌发；第三，借流水冲洗，可洗去抑制物。

关于芽的休眠问题在生产实践中也十分重视。某些树木在冬季是会转入休眠的，马铃薯收获后也有休眠，这些都是芽休眠。芽休眠的原因，据报导，芽的细胞的原生质脱离细胞壁，原生质表面还被一层脂类化合物所遮盖，这就把原生质与外界隔离开来。如将这层脂类化合物破坏，就能打破休眠。

马铃薯这几年在我省栽培面积逐步增加，为了解决马铃薯留种问题，需要打破马铃薯的休眠和延长马铃薯的休眠。

马铃薯休眠期一般是40—60天。为了缩短长达八九个月的贮藏期，我省各地多种一选春薯以留种用，春薯种薯来源是秋收新收获的块茎，休眠期未过，所以要打破休眠。

打破马铃薯块茎休眠的方法有几种：①晒种收获后凉干2—3天，使块茎水分减少和受伤部分愈合，然后在阳光下晒，各

晒二周左右。②用4%硫酸溶液浸种1小时，或0.5%硫酸溶液浸种8—12小时，③赤霉素溶液浸种，浓度0.5—1.5%浸10分钟，催芽效果也很显著。

三、种子发芽力的检查

大多数种子的发芽力可以用普通的发芽试验方法去直接测定。但是对休眠期长的或经过特殊处理后才能发芽的种子，以及生理上尚未成熟的种子，可用快速、间接的方法去测定其发芽力，为播种、调运、交换种子等等工作解决困难，避免不必要的损失。一般测定的方法有三类：

第一类是利用组织还原力。活的种子由于有呼吸作用，能使物质还原，并显出特定的颜色反应。凡是经处理过种子起特定颜色反应的种子都具有生活力。常用的药品有氯化三苯基四氮唑（0.5—1%溶液）、亚砷酸钠（2%溶液）。活的种子遇到这些药品，其胚即呈红色。

第二类是利用原生质的着色能力，活的种子的原生质不易着色，死的原生质易着色。我们利用染料去染种子，依据胚着色与否来判断有无发芽能力。用1%洋红染料或酸性苯胺蓝溶液测定许多生理上后熟的种子，结果很好。凡是有生活力的胚，完全不会着色或在胚根和子叶上有小的、淡的斑点；如果种子或胚全部或局部染上色，就是没有生活力的种子。

第三类是利用细胞中的荧光物质。蛋白质、核酸和核苷酸等重要有机物都具有荧光性质，种子丧失生活力和酶、酶蛋白的破坏密切相关。可以利用紫外线荧光灯照射纵切的种子，具有生活力的种子能发出兰色、兰紫色、紫色或兰绿色的明亮荧光，而丧失生命力的种子则为黄色、褐色或暗淡无色，并带有种种斑点（褐斑、黑斑或棕色斑点）。此法快速而比较可靠。

第二節 种子萌发时的生理变化

种子通过了休眠期以后，一遇到适当的条件即能发芽。在发芽过程中发生着一系列的生理变化。

一、种子的吸水：

首先，种子通过吸水，使胚细胞原生质由凝胶变成溶胶状态，然后才能进行其中复杂的生物化学反应。种子吸水，开始是依靠吸胀作用进行的。吸胀作用是凝胶吸水膨胀的过程。由

于吸胀作用使种子体积扩大，从而产生向外扩张的一种压力，叫吸胀压。所产生的这种压力是很大的，可达到1000个大气压。种子随着吸水量的增加，吸胀力将会逐渐缩小，以后种子胚细胞就产生了泡，这时吸水的方式便转为以渗透作用为主。因种子吸水后，酶开始活动，它们把不溶于水的贮藏物质转变成可溶性的物质，并运输到生长需要的部分，作为建成新细胞的原料。所以，种子萌发不仅有分解同时也有合成作用，分解和合成紧密相联，统一于生长过程之内。所以，萌动是一个生理生化过程，这也就是植物形态变化的实质所在。

二、种子萌发过程中有机物的转化

1. 碳水化合物转化

种子中贮藏的碳水化合物主要是淀粉。

淀粉是由籽淀粉和胶淀粉两种成分所组成。籽淀粉分子是直链结构，(如图1—3)不分支，分子量较小；胶淀粉分子有支链，(如图1—3)结构较复杂，分子量较大，粘性高。

各种植物淀粉中所含的两种淀粉比例不同，如玉米淀粉含籽淀粉较多，稻米淀粉含胶淀粉较多，尤其是糯稻，其淀粉中几乎全是胶淀粉。

植物体内的淀粉是以淀粉粒状态存在，淀粉粒是层叠起来的结构，各种植物淀粉粒的形状大小都不一样。不同器官的储藏淀粉也会有不同，如水稻叶鞘内淀粉为小复粒，种子中的淀粉为大复粒。

种子萌发时，淀粉水解成可溶性糖类。这个现象，可以在显微镜下观察到(图1—1)说明淀粉粒被消化的过程。也可用斐林氏液检验出其分解结果的葡萄糖。(斐林氏液同葡萄糖起反应时呈砖红色)。

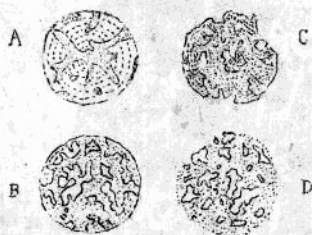


图1—1 淀粉粒被消化的过程

植物体内的淀粉分布不同，淀粉粒结构不一样，分解的催化过程也是不同的。临时贮藏的淀粉主要是由淀粉磷酸化酶的作用，这种酶能断裂淀粉的1,4-糖苷键，产生1-磷酸-葡萄糖。反应如下：



贮藏组织中（如种子）的淀粉分解靠淀粉酶的作用，淀粉酶的作用也是打破1,4-糖苷键，主要的有 α -淀粉酶和 β -淀粉酶两种。 α -淀粉酶的作用是在分子内部，结果生成较长的葡萄糖基链—糊精； β -淀粉酶作用于链条末端，则生成只含两个葡萄糖基的麦芽糖。我国劳动人民很早就开始用发芽数天的大麦种子来提取淀粉酶，使作用于米饭淀粉制作麦芽糖。（图1—2）淀粉磷酸化酶， α -淀粉酶及 β -淀粉酶的作用：

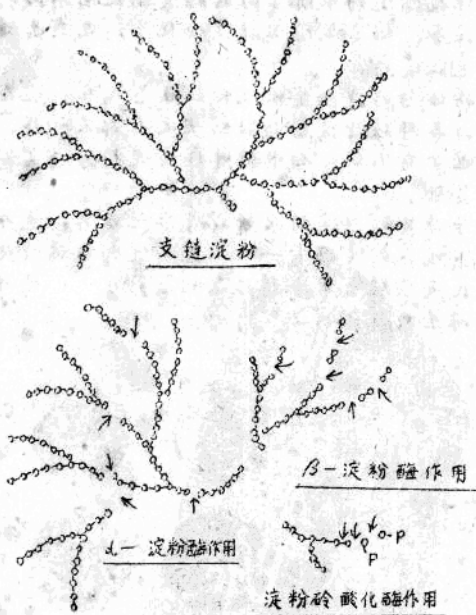


图 1 — 2

上述二种酶，淀粉磷酸化酶和淀粉酶的作用只限于破裂1,4-糖苷键，对1,6键不起作用，所以无法彻底分解淀粉分子，1,6键要由所谓“1,6酶”的催化，但此种酶的作用未明确。

由于淀粉是大分子的多糖，能迅速合成和分解，又易于贮藏和积累，所以植物体内淀粉的转化及含量变化往往可以反映出植物某个时期光合作用的情况和碳水化合物代谢的水平。

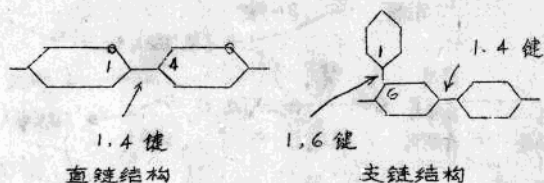


图 1—3

淀粉种子（如水稻）萌发时，胚乳内的淀粉水解为简单的糖类运到盾片除了供胚生长用，还多余一部分又以临时淀粉的形式暂时贮藏于盾片内，以后还是分解为简单物质供胚生长用或呼吸用。种子萌发时，也有蔗糖的转变，蔗糖的水解是靠转化酶（蔗糖酶）的作用，但转化酶不能合成蔗糖。

蔗糖 $\xrightarrow{\text{转化酶}}$ 葡萄糖 + 果糖。

2. 脂肪的转化：

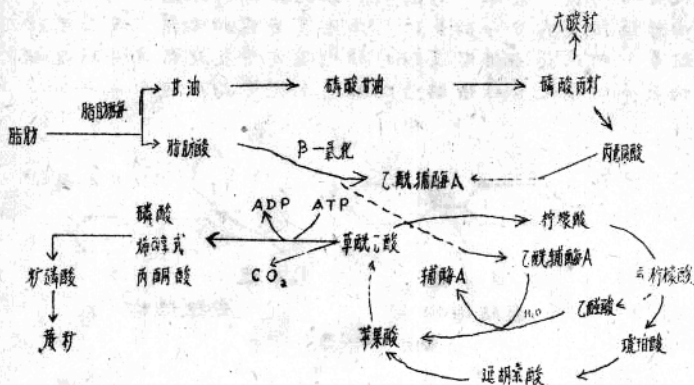
种子萌发时，脂肪在脂肪酶催化下水解为甘油和脂肪酸。

甘油在酶的催化下，变成磷酸甘油，再变成磷酸丙糖，参加糖酵解反应或转变为葡萄糖、淀粉等。

脂肪酸经过β-氧化生成乙酰辅酶A，后者又通过乙醛酸循环转化为柠檬酸，苹果酸而进入三羧酸循环。在形成草酰乙酸后可逆糖酵解的进程而形成蔗糖。（图1—4）

实验证明：油料种子萌发时，随着脂肪含量减少，蔗糖首先增加，然后葡萄糖也渐次增多，并且还可形成淀粉，有利于呼吸和生长。

图 1—4. 种子萌发时脂肪水解变为糖的过程。



3. 蛋白质的转化

种子萌发时，贮藏蛋白质从贮藏部经运到利用部位，都必须经过蛋白质分解过程。因为贮藏蛋白质或结构蛋白质分子量很大，多不溶于水，即使溶于水也呈胶体状态，很难透过细胞，不能运输。另外，每一种蛋白质是由一定种类数目和排列次序的氨基酸所组成，要形成另一种蛋白质必先分解为氨基酸，重新组合成新的蛋白质。

蛋白质分解：

蛋白质水解是通过蛋白酶及肽酶的作用，将蛋白质的肽链断裂成较短的肽链直至最终产生氨基酸。其具体过程尚未清楚。但是，在自然界的植物和栽培作物的种子发芽现象中可见，胚乳或子叶的蛋白质在发芽时大量水解，分解产物转移到胚以后，再合成蛋白质，这个过程相当迅速。

上述贮藏物质的转变情况，不限于种子萌发，其他贮藏器官的贮藏物质的转变也是一样的。

种子萌发时，种子贮藏的碳水化合物，脂肪和蛋白质等在各种水解酶作用下，分解为各种简单的有机物。例如，淀粉半纤维素，纤维素和蔗糖等分解成葡萄糖和果糖等单糖。脂肪则分解为脂肪酸和甘油。蛋白质则分解为氨基酸，酰胺等等。这些较简单的有机物运输到生长部位，经合成作用形成新的物质，供应形成细胞之用，所以有机物在种子萌发过程中就经历水解。