

种子生理生化

(七四级林学专业试用)

广东农林学院林学系

七四级林学专业教学小组编

1974年10月

目 录

第一章 种子内的主要有机化学物质	1
一、种子内有机物质对培育壮苗的重要意义	1
二、种子内的主要有机化学物质	2
(一) 碳水化合物(糖类)	3
1、碳水化合物的基本概念和意义	3
2、单 粉	4
①、单粉的概念	4
②、单粉的性质	6
(1)、单粉的还原性	6
(2)、单粉的氧化性	7
(3)、单粉的磷酸化作用	7
3、双 粉	8
①、蔗 粉	8
②、麦芽粉	9
4、多 粉	9
①、淀 粉	10
(1)、淀粉的结构	10
(2)、淀粉的理化性质	11
(3)、淀粉的代谢	11
②、纤维素	12
(二) 脂类化合物	14
1、脂类的存在及其重要意义	14
2、脂肪的组成	
3、脂肪酸的性质	
①、水解作用	15
②、加成反应、碘值	16
③、酸败作用、酸值	17
4、植物的蜡	18
(三) 蛋白质和氨基酸	18

1、蛋白质的基本概念	18
2、氨基酸的结构和分类	18
3、氨基酸的一般性质	19
①、两性化合物	21
②、脱氨基作用	21
③、与亚硝酸作用	21
4、蛋白质的结构 性质和分类	21
①、蛋白质的结构	22
②、蛋白质的性质	23
(1)、蛋白质的变性作用	23
(2)、蛋白质的水解作用	23
③、蛋白质的分类	24
(1)、简单蛋白质	24
(2)、复合蛋白质	24

第二章 植物传粉受精和种子成熟时生理生化变化 25

一、传粉受精过程及其生理生化特性	25
(一) 传粉受精过程	25
(二) 传粉受精过程的生理生化变化	26
(三) 种子成熟时的生理生化特性	27
二、种子成熟过程中有机物质的合成和累积	28
(一) 淀粉种子成熟时干物质的累积及其生化变化	28
(二) 油料种子成熟时, 油脂的合成和累积	29
(三) 果实成熟时的生物化学变化	30
1、可溶性糖增加, 果实变甜	30
2、有机酸转化、酸味减少	30
3、形成酯类、果实芳香	31
4、原果胶的分解, 果实组织的软化	31
5、脂肪和蛋白质的累积	32
(四) 影响林木种子产量的诸因子	34
1、母树的营养条件	34

2、光照条件	34
3、气候条件	34
第三章 种子贮藏和萌发的生理学基础	35
一、种子生活细胞中的催化系统	35
(一) 酶的概念	36
1、酶的化学本质	36
2、酶的定位分布	36
3、酶的化学组成	36
4、酶的提取	37
(二) 酶的特性	38
1、高效率	38
2、特异性	38
3、可逆性	38
4、适应性	39
(三) 酶的分类	39
1、水解酶	39
2、同分异构酶	39
3、裂解酶	40
4、合成酶	40
5、氧化还原酶	41
6、转移酶	41
(四) 酶的适应性	42
二、林木种实的呼吸作用	43
(一) 呼吸作用的概念及其生理意义	43
1、呼吸作用的概念	43
2、呼吸作用的生理意义	43
(二) 呼吸作用的指标及其测量方法	45
1、呼吸作用的指标	45
①、呼吸作用强度	45

②、呼吸系数	45
2、呼吸作用的测量方法	46
①、测压法	47
②、化学滴定法	47
(三) 呼吸作用的生化历程	48
1、葡萄糖的酵解	50
2、三羧酸循环	52
3、呼吸代谢途径多样性的生理意义	53
(四) 呼吸作用中能量的储备和利用	
(五) 内在因素和外界条件对呼吸作用的影响	57
1、呼吸强度和树木本身的关系	
2、外界条件对呼吸作用的影响	60
①、温度	60
②、氧气	60
③、湿度	60
(六) 呼吸作用和农林业生产	61
1、呼吸作用和粮食贮藏	61
2、呼吸作用和水果贮藏	62
3、呼吸作用和植物的抗病能力	62

第四章 种子萌发生理

一、种子的休眠和萌发生理	63
(一) 种子的休眠和贮藏	63
1、种子休眠的现象及其调节	63
①、休眠的现象	63
②、休眠的分类	63
(1)、熟休眠的原因(生理后熟、抑制物)	63
(2)、强迫休眠的原因	64
③、种子催芽	65
2、种子的寿命和贮藏	65

①、种子的寿命	65
②、种子发芽力的鉴别	66
③、种子贮藏和外界条件的关系	66
(1)、种子含水量	66
(2)、通气条件	68
(3)、温度条件	69
(=) 种子的萌发生理	70
二、种子萌发时有机物质的转化	72
(一) 种子萌发时的生理生化变化	72
(二) 种子萌发时和植物体内有机物质的代谢	74
1、淀粉的代谢	74
①、淀粉的种类	74
②、淀粉的降解	75
③、淀粉的合成	78
2、脂肪的代谢	81
①、脂肪的合成	81
②、脂肪的降解	83
3、蛋白质的代谢	85
①、蛋白质的合成	85
②、蛋白质的降解	86
4、碳水化合物、脂肪、蛋白质代谢的相互关系	87

第一章 · 种子内的主要有机化学物质

一、种子内的有机物质对培育壮苗的重要意义。

大凡种子都无例外地贮存有很浓缩的储存性的有机质，这些有机物质主要是淀粉、脂肪、和蛋白质等。种子颗粒饱满，内含有机物质比较丰富，是种子品质优良的一个重要指标，人们在选种时，择其丰满者而留之，就能为培育壮苗准备好物质条件，俗话说，“好种出好苗，好苗产量高”，就是广大劳动人民在长期的耕耘实践中，总结出来的宝贵经验，我们不能期待从低劣的种子中，获得美好的收成（表一、表二）

表一、 棉果实重量对在一个生长季节末期幼苗大小的影响

种类及棉果实大小		重量(克)	成活率(%)	平均高度(寸)	平均重量(克)
赤 桃					
小	型	2.5—3.5	60.7	5.10	4.88
中	型	5.0—6.0	64.6	6.78	8.74
大	型	7.0—8.0	77.8	7.47	11.91
白 桃					
小	型	0.5—1.5	16.0	3.42	2.18
中	型	2.0—3.5	57.0	4.45	5.74
大	型	4.5—6.0	96.9	4.94	6.65

表二、 马尾松种子的大小与种子发芽率及苗木生长的关系

级别	千粒重(克)	室内发芽率 ^{IF} (%)	苗圃发芽率	一年生苗木高度 _(cm)
大	20.12	96.3	78	24.0
中	14.20	84.1	64.5	21.5
小	9.35	80.6	51	16.9

种子内储存的有机物质，也就是俗话说的养分，是种子萌发时，恢复生命活动所必需的物质基础。萌发时，分生细胞或分生组织，都必须作许多“功”，例如突破种皮，伸出胚根，穿透覆盖种子的土壤等等。作“功”必有能量供给，这些能量的来源就是储存在种子内的有机物质，在分解时提供的。此外，种子在萌发时，细胞的分裂和生长，需要合成新的原生质和细胞壁，也需要大量的有机物质，这些有机物质，正在分裂着的细胞本身不能自给自足，必须另有供应，种子内储存的有机物质正好是这一供应的来源。因此，种子内储存的有机物质愈加丰富，就愈能满足新个体初期生长所必需的能量和物质来源，培育壮苗以至种族生命的发展，便愈有保障。所以在林业生产过程中，我们必须充分注意选择丰满的种子，为培育壮苗，以至林木的迅速生产准备条件。

二、种_子内的主要有机化学物质。

种子是由各种有机和无机物质组成的，其中大部分是有机化合物，约佔植物体干重的90%以上（表三）这一群天然的有机化合物，不但数量大，而且种类多分布广，对于人民的物质生活具有十分重要的意义特别是淀粉、脂肪、蛋白质等，称为

表三 坚果的化学成分（以干重百分计）

植物名称	淀粉等 %	脂肪 %	蛋白质 %
银杏	79.7	2.8	13.0
胡桃	46.5	65.0	17.0
杏子	12.2	55.8	32.8
漆树	18.0	46.7	12.8
红松	3.7	78.9	14.8
椰子	15.8	64.5	7.6

三大天然化合物，是人类赖以生存的物质资源。

顺便说一说，所谓有机化合物和无机化合物，只是一个相对的说法，实际上它们并没有绝对的严格的划分界限。有机化合物这个名词，是在19世纪以前带下来的，当时人们把自然界的物质分做两大类群，一类是从有生命的动植物里来的，是所谓“生命力”作用的产物，叫做有机物质；另一类是从无生命的矿物里来的，叫做无机物质。到了十九世纪二十年代以后，一系列的实验事实证明了从生物体来的物质，也可以在实验室里用矿物质做原料，用人工的方法制造出来。但是由于有机化合物这个名词，沿用已经很久，因此，在现代的化学上，仍旧习惯地把自然界的化合物，区分为有机化合物和无机化合物^{的是}这两个部分。有机化合物指除二氧化碳(CO_2)，一氧化碳(CO)、碳酸盐等一部分碳的化合物以外的，许许多多，各种各样的含碳的化合物，相对地讲，其余部分的化合物，就叫无机化合物。

刚才我们说，种子或植物体里的有机物质，是一群数量大，种类多，分布广的天然化合物，它们的分子量^多大，化学结构复杂，我们不能兼收并^作地^作周到的介绍，只能择其主要者，作一些归纳整理，扼要说明。

(一) 碳水化合物 (糖类)

1. 碳水化合物的基本概念和意义

碳水化合物是植物体内一类主要的有机化合物，其含量常佔植物体干重50%以上。例如种子中的淀粉，木材里的纤维素。甘蔗里的蔗糖，水果和蜂蜜里的葡萄糖、果糖，牛乳里的乳糖等等都屬於碳水化合物。这类化合物都含有碳氢、氧三种元素，而且除少数外，就其大多数来说，它们的氢原子和氧原子的比例都是2:1，和水的比例相同，例如葡萄糖的分子式是 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 即 $\text{C}_6(\text{H}_2\text{O})_6$ ；蔗糖的分子式是 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ 即 $\text{C}_{12}(\text{H}_2\text{O})_{11}$ ；淀粉的分子式是 $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ 即 $[\text{C}_6(\text{H}_2\text{O})_5]_n$ 等等，所以人们习惯上把这类化合物叫做碳水化合物。

葡萄糖、蔗糖、淀粉等碳水化合物是绿色植物利用空气中的 CO_2 和水以及太阳光能，在绿色的叶子里合成的主要产物。而其它的有机化合物(如脂肪、蛋白质等)都是从碳水化合物进一步转变而来的。因此碳水化合物在生物体内的形成和相互转化的过程，就必然成为植物物质代谢的中心枢纽。地球上每年靠绿色植物同化的碳水化合物，大约有4500亿吨，是人类赖以生存的基本物质资源，因此，研究碳水化合物的存在、性质、化学结构以及在植物体内变化的基本规律，对于我们探讨改进农林栽培措施，增加产量，进一步落实毛主席“备战、备荒、为人民”的伟大指示，都具有十分重大的意义。

根据水解情况的不同，可以把碳水化合物，区分为下列三个类型：

- ①、单糖——单糖是指不能再被水解的碳水化合物，如葡萄糖、果糖等。
- ②、双糖——双糖是由两个单糖分子缩合而成的糖，所以水解后可以产生两个分子的单糖。例如蔗糖就是由一分子葡萄糖和一分子果糖缩合而成的双糖；麦芽糖是由两个分子葡萄糖聚合而成的缩合体。
- ③、多糖——多糖是由多个单糖分子脱水缩合而成的高分子化合物，所以水解后可以产生多个单糖分子，例如淀粉、纤维素等都是葡萄糖的高分子缩合体。

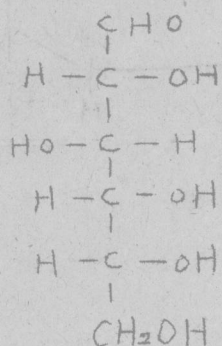
2. 单 糖

①、单糖的概念，

刚才我们说了，单糖是不能再被水解的碳水化合物，它是一类分布应用多的糖类，根据单糖分子里碳原子的多少，可以把单糖分为三碳糖(丙糖)、四碳糖(丁糖)、五碳糖(戊糖)、六碳糖(己糖)等。但以六碳糖(己糖)为最重要。此外在单糖分子里有些含有一个醛基的($-\text{CHO}$)又称醛糖；

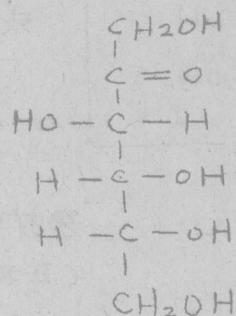
有些含有酮基的 ($\text{C}=\text{O}$) 又称酮粉。

最重要的己醛粉是葡萄糖粉，最重要的己酮粉是果粉，它们的直链结构式分别表示如下：



葡萄糖的直链式结构

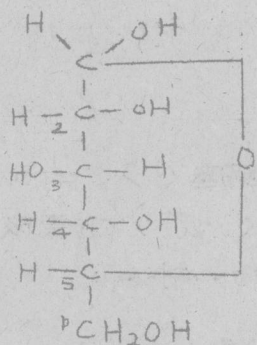
分子式 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$



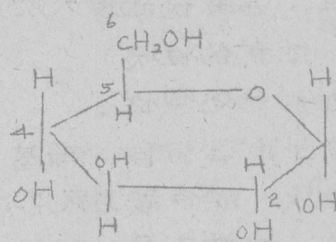
果粉的直链式结构

分子式 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

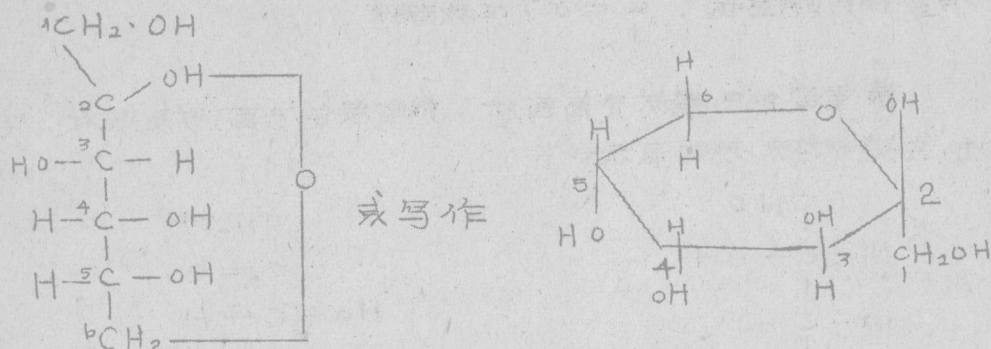
但是这种直链式的结构，只是部分地反映了单粉分子的结构，大量的实验材料证明，自然界里单粉分子主要的还是以环状结构的形式存在：



或写作



葡萄糖的环式结构



果糖的环式结构

(在天然状况下)

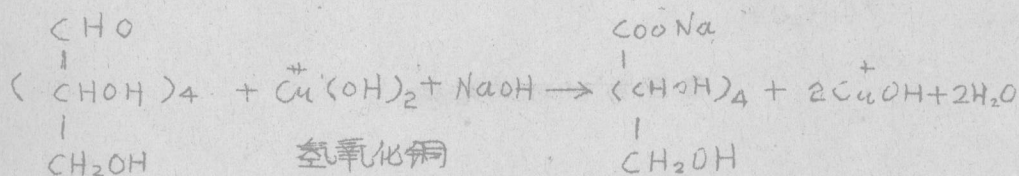
葡萄糖广泛存在于蔬菜，水果，蜂蜜以及动物的血液里，人的血液里也含有0.08—0.11%的葡萄糖成分。另外在植物的根、茎、叶里也有葡萄糖的配糖体存在。葡萄糖是主要的营养物质，机体易的能源，也是种子和植物进行呼吸作用时的基本物质，所以我们说它是一类分布广应用多的单糖。

果糖在自然界中，分布也很广，水果、蜂蜜、花的蜜腺里都有果糖存在，尤其在苹果、葡萄中含量更加丰富，西瓜则以果糖为主，果糖的甜度大于蔗糖。

②、单糖的性质

(1)、单糖的还原性：

由于单糖含有自由醛基($-CHO$)或酮基($>C=O$)而有还原性质，能使斐林氏溶液中的二价铜(Cu^{++})还原成一价铜(Cu^+)，单糖本身则被氧化成酸类化合物。例如：



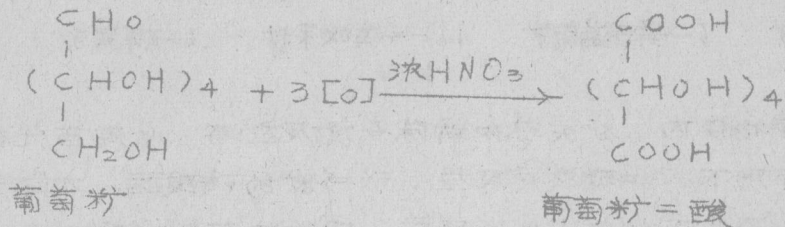
葡萄糖

葡萄糖酸钠

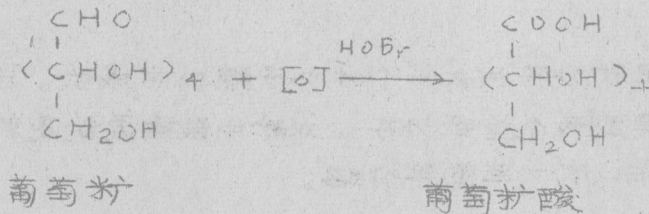
凡是能够还原斐林试剂的糖，习惯上称为还原性糖，所有的单糖都是还原糖。

(2)、单糖的氧化

单糖分子内的醛基($-CHO$)或 CH_2OH 基可以单独被氧化，亦可同时将 $-CHO$ 基和 CH_2OH 基氧化成糖酸，究竟单独氧化或者同时氧化，要看所用的氧化剂而定。如果所用的氧化剂力量很强，例如用浓硝酸(HNO_3)去氧化单糖，则分子两端的 CHO 基和 CH_2OH 基都同时被氧化而得糖酸：

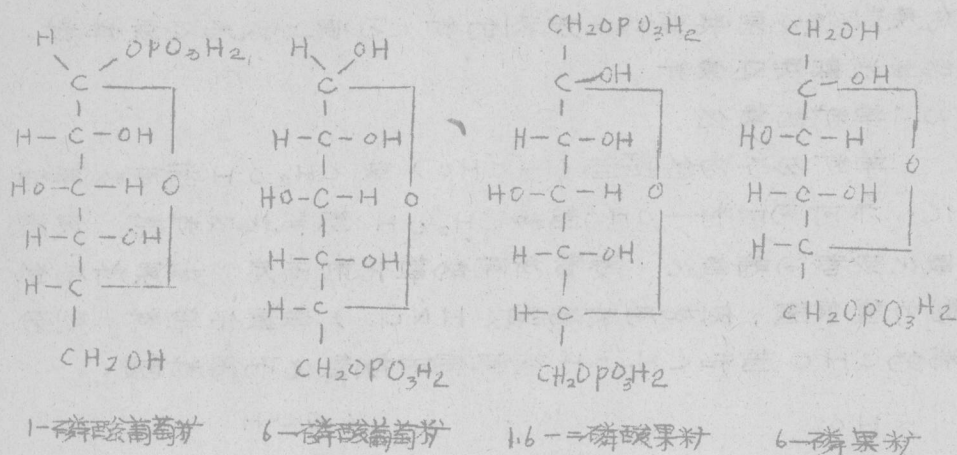


如果所用的氧化剂力量较弱，例如溴水($HOBBr$)则只有 $-CHO$ 被氧化成糖酸：



(3)、单糖的磷酸化作用

单糖分子中的羟基和磷酸作用可以生成酯，糖的磷酸酯在植物体内起着重要的作用，如1-磷酸葡萄糖，6-磷酸葡萄糖，6-磷酸果糖，1,6-二磷酸果糖等，都是糖类在植物体内新陈代谢的中间产物。



在植物体内，糖类参加新陈代谢反应时，必须首先在磷酸化酶的作用下，和磷酸起反应，形成糖的磷酸酯，才能参加生物体内一系列复杂的生理生化反应，因为只有糖的磷酸酯比较活跃，而糖本身是不够活跃的，不易在植物体内进行生理生化反应，在以后的章节中，我们将会具体地讨论到这些反应。

3. 双糖

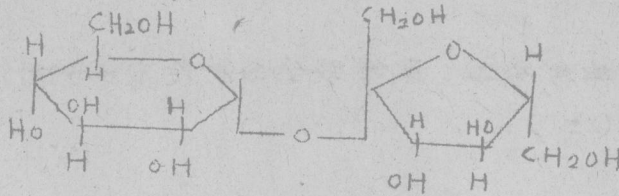
双糖是由两个单糖分子失去一个水分子缩合而成的，因此双糖水解以后可以得到两个单糖分子。双糖中最重要的是蔗糖和麦芽糖，兹分别作以下一些简单介绍。

①. 蔗糖

蔗糖是一种最重要的双糖，广泛地存在于植物体内，其中以甘蔗含量最多（16—26%），甜菜的含量为16—20%，居于第二位。

蔗糖在植物体内^水碳水化合物的新陈代谢中，起着极其重要的作用。许多实验材料表明：蔗糖是最容易被植物吸收和利用的一种糖类，也是植物体内运输的主要形式，当植物在绿色的叶子里进行光合作用时，所合成的糖类，必须首先转化为蔗糖，然后才能从叶子输到其它部位去。

蔗糖是由一分子葡萄糖和一分子果糖脱水缩合而成的双糖其化学结构式表示如下：



蔗 糖

蔗糖和酸共热或者在酶的催化下，可以发生水解作用，形成一分子葡萄糖和一分子果糖，这一过程称为蔗糖的转化。



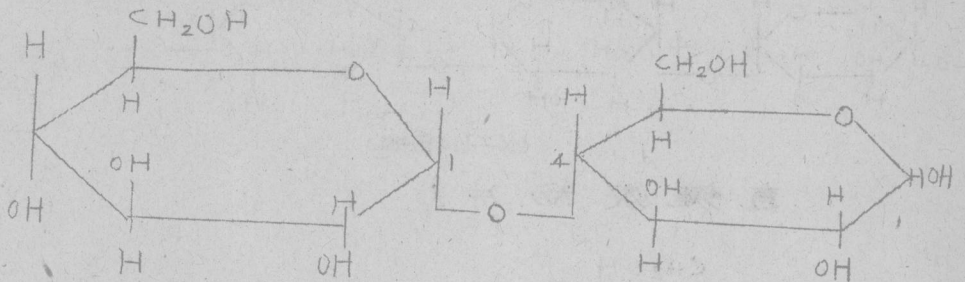
蔗 糖

葡萄糖 果糖

②、麦芽糖

当种子萌发时，由于淀粉酶的活性急剧地增加，使种子的淀粉迅速地水解为麦芽糖，特别是在发芽的小麦浸出液中，麦芽糖的含量，尤其丰富，而未发芽的种子中，是没有麦芽糖的。

麦芽糖是由两个D-葡萄糖分子缩合而成的其化学结构如下：



麦 芽 糖

4、多 糖

多糖是由多个单糖分子失水缩合而成的高分子化合物，所以水

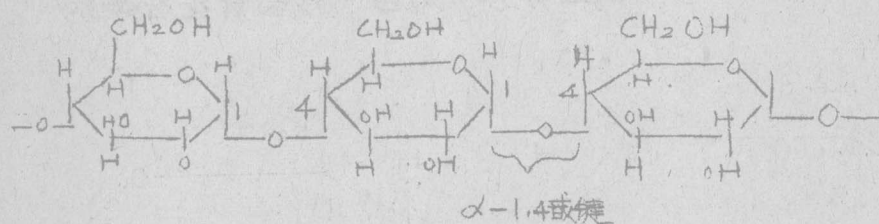
解后可以产生多个单糖分子。最重要的多糖是淀粉和纤维素，其通式是 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 。

① 淀粉

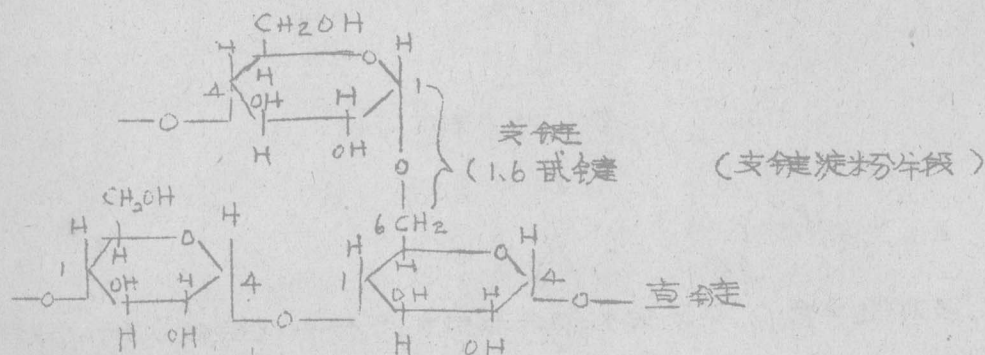
淀粉是淀粉种子和植物中最重要的貯藏多糖，是禾谷类豆类种子、木本粮食种子马铃薯、甘薯块根，块茎的主要化学成分，是人民粮食和牲畜饲料的重要来源。大米中淀粉的含量约佔大米重量的75—80%，小麦佔57—75%。

(1)、淀粉的结构

淀粉经热水处理时可以分为两个部分，一部分^分在热水中溶解的叫做直链淀粉，约佔总含量的10—20%。它是由200—300个葡萄糖分子相互连接而成的长链，分子量约为32,000—50,000。另一种是不溶于热水的叫支链淀粉，约佔总含量的80—90%。分子结构比较复杂，葡萄糖相互连接成分支状，分子量约为50,000—1,000,000。这两种淀粉水解的最终产物都是葡萄糖，但由于结构上的差异和分子大小不同，所以性质上也有所差别。如直链淀粉与碘反应产生深兰色，支链淀粉则产生紫红色等等。



直链淀粉片段

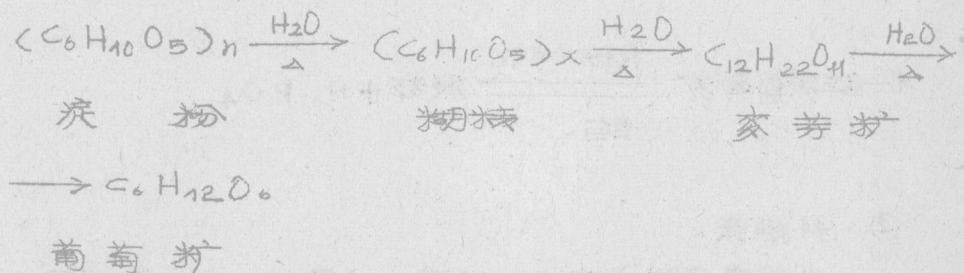


(2) 淀粉的理化性质

淀粉是白色、无臭、无味的物质，不溶于一般有机溶剂之中。在种子和植物体中，呈颗粒状态存在。颗粒的形状和大小，根据来源不同而有差异。小麦、马铃薯的淀粉，其颗粒形状比较一致称单淀粉。稻米的淀粉，其颗粒是由数个小颗粒结合在一起，称为复淀粉。

刚才我们讲到，淀粉在冷水中，只是吸水膨胀而不溶解。但加热以后则淀粉粒不断吸水膨胀，达到一定温度以后便立即突然膨胀，其体积可以增大若干倍，颗粒破裂而形成糊状的胶态溶液。谓之“淀粉糊”。淀粉粒发生这个变化的温度叫做“糊化温度”，不同植物之种类，其糊化温度是不同的。

淀粉在稀酸或者一系列酶的作用下，可以生成一系列的产物如糊精、葡萄糖等。



(3) 淀粉的代谢

种子内贮存的淀粉，当种子萌芽时，在淀粉酶的作用下，便逐步水解为糖，供给幼苗生长的需要，因此籽粒愈加丰满，贮存的营养物质愈多，幼苗壮健就愈有保障。

同时，红薯的块根在寒冷的冬天，逐渐变甜，这是我们大家都很熟悉的事例，小麦在越冬时，在分蘖节的地方，也有很浓糖分的积累，所有这些都说明了，在低温的条件下，淀粉也能逐步水解为葡萄糖或转变为蔗糖。而且还由于可溶性糖分的增加，使植物提高抗寒能力，从而得以安全度过严寒的冬天。

值得引起我们注意的，是淀粉在酸或者酶的作用下逐渐水解为单糖这条途径以外，尚有另外一条途径，即磷酸化途径。