

甘蔗栽培育种的生理基础

GANZHEZAIPEI YUZHONG DE SHENGLIJICHU

福建科学技术出版社

甘蔗栽培育种的生理基础

莫家让 周承圣

福建科学技术出版社

一九八四年·福州

甘蔗栽培育种的生理基础

莫家让、周承圣

*

福建科学技术出版社出版

(福州得贵巷27号)

福建省新华书店发行

三明市印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/32 11.75印张 258千字

1984年12月第1版

1984年12月第1次印刷

印数: 1—6,280

书号: 16211·86 定价: 1.88元

前 言

甘蔗是我国重要经济作物。它不但是制糖工业的最主要原料，而且糖和制糖后的副产品，还可为国防工业、纺织工业、化学工业、食品工业等提供大量原料。因此，提高甘蔗的单位面积产量，发展甘蔗生产，对增加农民收入、加速四化建设、改善人民生活，都具有重大的意义。

改良甘蔗品种、改进栽培技术，是夺取甘蔗高产优质的的重要途径。而掌握甘蔗的生理活动规律，则是提高甘蔗栽培及育种水平的关键。为此，我们在多年从事甘蔗教学、科研和生产实践的基础上，又广泛搜集了国内外有关甘蔗生产及生理的资料，编写了这本册子，以供从事甘蔗教学、科研、生产的科技人员和农业院校师生参考。

本书在编写的过程中，深得广西农学院党委、福建农学院党委的关怀和支持，以及以上两院同事们热情帮助；轻工部甘蔗糖业科学研究所、华南农学院、广东农科院经济作物研究所、广西农科院甘蔗研究所、福建农科院蔗麻研究所以及云南、四川、江西、湖南、贵州、浙江等省的有关单位，也提供了许多宝贵资料。谨此表示感谢。书中如有不当和错误之处，诚恳地希望广大读者和同行们批评与指正。

莫家让 周承圣

1983年12月

目 录

第一章 甘蔗的化学组成及其作用	(1)
第一节 甘蔗的化学组成.....	(1)
第二节 甘蔗主要化学成分的作用.....	(3)
第二章 甘蔗种子萌发与种苗萌芽	(12)
第一节 种子的萌发.....	(12)
第二节 种苗的萌芽.....	(18)
第三节 提高种苗萌芽力的途径.....	(27)
第四节 宿根蔗的萌芽.....	(32)
第五节 蔗苗移栽的生理变化.....	(40)
第三章 甘蔗的光合及光能利用	(47)
第一节 蔗叶和叶绿体.....	(47)
第二节 甘蔗的光合特点.....	(50)
第三节 影响甘蔗光合作用的内因.....	(61)
第四节 影响甘蔗光合作用的外界条件.....	(66)
第五节 甘蔗群体对光能的利用.....	(81)
第四章 甘蔗的呼吸	(93)
第一节 甘蔗的呼吸作用及其代谢途径.....	(93)
第二节 影响呼吸作用的内因.....	(98)
第三节 环境条件对呼吸作用的影响.....	(100)
第五章 甘蔗的水分代谢	(103)
第一节 甘蔗的含水量和水的生理作用.....	(103)
第二节 甘蔗对水分的吸收.....	(107)

第三节	甘蔗的蒸腾作用	(116)
第四节	蔗株内水分的运输与分配	(123)
第五节	甘蔗的合理排灌	(124)
第六章	甘蔗的矿质营养	(135)
第一节	甘蔗必需的矿质元素及其吸收过程	(135)
第二节	甘蔗的氮素营养	(139)
第三节	甘蔗的磷素营养	(145)
第四节	甘蔗的钾素营养	(149)
第五节	硫、钙、镁、硅的生理作用	(153)
第六节	微量元素的生理作用	(157)
第七节	甘蔗的需肥规律	(167)
第七章	激素及其在甘蔗栽培和育种上的应用	(172)
第一节	甘蔗体内的激素及其生理作用	(172)
第二节	激素和生长调节剂的应用	(180)
第八章	甘蔗营养器官的生长	(195)
第一节	根的生长	(195)
第二节	分蘖的发生	(206)
第三节	叶和茎的生长	(220)
第九章	甘蔗的糖分积累与工艺成熟	(244)
第一节	甘蔗体内的蔗糖代谢	(244)
第二节	甘蔗体内的蔗糖的运输	(248)
第三节	甘蔗节间蔗糖的积累	(256)
第四节	甘蔗的工艺成熟	(267)
第五节	原料茎变质及其预防	(271)
第十章	甘蔗的成花与杂交育种	(278)
第一节	甘蔗花器的构造及其分化形成过程	(278)
第二节	影响甘蔗幼穗分化的因素	(282)

第三节	甘蔗的成花机理	(293)
第四节	甘蔗的抽穗开花及授粉结实	(299)
第五节	甘蔗的生殖生理在育种上的应用	(309)
第十一章	甘蔗的逆境生理	(317)
第一节	甘蔗的低温危害	(317)
第二节	甘蔗的旱害	(329)
第三节	甘蔗的倒伏	(334)
第四节	其它不良环境对甘蔗生产的影响	(343)
第十二章	甘蔗的组织培养	(349)
第一节	甘蔗的组织培养方法	(349)
第二节	甘蔗组织培养在栽培和育种上的应用	(357)
第三节	甘蔗原生质体的释离	(359)
主要参考文献		(366)

第一章 甘蔗的化学组成及其作用

第一节 甘蔗的化学组成

一、蔗株各部位的化学组成

甘蔗植株各部位的化学组成是极其复杂的。新鲜的组织，除含有大量水分之外，还含有种类甚多的有机化合物和矿物质（灰分）。据报道，根、茎、叶和籽实中的有机物，以纤维和糖分所占的比重较大（表1—1）。原料茎的成分，因品种、成熟程度、产地、气候及土肥等的不同而存在差异。据广东江门甘蔗化工厂的分析，原料茎的成分除了含大量水分外，纤维和糖分的含量也较高（表1—2）。

表1—1 蔗株各部位主要化学成分（占鲜重%）

成 分 \ 部 位	茎	根	叶	籽实
纤 维	15.04	20.87	18.85	73.27
糖 分	18.40	6.89	2.20	—
脂 肪 及 蜡	0.88	0.54	0.69	2.01
氮素化合物（包括蛋白质、核酸等物质）	0.58	1.59	1.90	8.47
灰 分	0.64	1.87	2.28	5.22

表1—2 原料茎的化学成分(%)

成 分	占 鲜 重	成 分	占 鲜 重
水 分	72.03	糖 分	13.06
灰 分	0.51	非蔗糖可溶性碳 水化合物	2.64
纤 维	0.95	杂质及其它	0.81

二、蔗汁的化学成分

从原料茎榨取的汁液，其含水量一般占鲜重的78%以上。汁液中的有机物，以糖分含量最高，一般达17%以上；果胶质、脂肪、灰分等含量极少，均在1%以下(表1—3)

表1—3 蔗汁成分分析(%)

(原广东制糖工业公司甘蔗试验场)

成 分	台 糖 134	爪 哇7878	爪 哇3016
水 分	79.800	79.100	78.800
糖 分	17.850	19.324	19.569
蔗 糖	17.480	19.110	19.360
葡 萄 糖	0.0614	0.0896	0.0921
果 糖	—	—	—
灰 分	—	0.3465	0.5789
氧 化 硅	0.1201	0.0649	0.1669
氧 化 钾	0.0276	0.0301	0.0366
氧 化 钙	0.0372	0.0457	0.0323

成 分	台 糖 134	爪 哇7878	爪 哇3016
氧 化 镁	0.0488	0.0444	0.0448
铁 铝 总 量	0.0151	0.0071	0.0129
五氧化二磷	0.0275	0.0328	0.0134
蛋 白 质 氮	0.0269	0.0230	0.0241
脂肪及蜡质	0.0918	0.0654	0.1019
果 胶 质	0.3034	0.2968	0.2609
乌 头 酸	0.0981	0.1758	0.1271
可滴定酸度	0.0412	0.0385	0.0245

第二节 甘蔗主要化学成分的作用

蔗株中的有机物和无机物，都具有特殊的作用。在生理上，以蛋白质、核酸、蔗糖、葡萄糖、果糖、纤维素、淀粉、脂肪、蔗糖和矿物质的作用较为重要。现分别简述如下：

一、蛋白质

蛋白质系生物高分子，其分子量为6000—1,000,000万。蔗株的蛋白质含量，一般不超过干重的2.5%。从植株各部分的分析资料看，品种cp65/357叶片和叶鞘的蛋白质含量占整株蛋白质含量的17.4%，原料茎的蛋白质含量占整株蛋白质含量的66.1%（表1—4）。据分析，组成蛋白质的氨基酸有天冬氨酸、谷氨酸、丙氨酸、缬氨酸、 α -氨基丁酸、苏氨酸、异亮氨酸、甘氨酸、亮氨酸、赖氨酸、丝氨酸、精氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸、组氨酸、脯氨酸等16种。这些氨基

酸不是孤立存在的，而是由肽键连在一起，形成多肽再构成蛋白质。在结构上，蛋白质可分为简单蛋白质和结合蛋白质，前者水解时只产生氨基酸；后者水解时除了产生氨基酸外，还产生其它化合物，如核酸、脂类、碳水化合物、磷酸或叶绿素等物质。

表1—4 甘蔗(CP65/357)各部分蛋白质含量相对值

蔗 株 部 位	占 植 株 蛋 白 质 总 量 %
叶	17.4
茎 鞘	1.6
原 料 茎	66.1
蔗 头	9.3
根	1.3
死 叶	4.3

蛋白质的生理作用有三个方面：第一，参加生活物质的组成。例如，细胞核中的组蛋白与DNA组成染色体，在调节控制遗传信息的表达上起着重要的作用；叶绿体中的蛋白质与叶绿素结合在一起，在光合作用中起重要作用；蛋白质分子与核蛋白体核糖核酸（rRNA）结合形成核蛋白体，是蔗株内蛋白质合成的据点。所有参加活质构成成分的蛋白质（称结构蛋白），都是构成生命的最重要的物质基础。第二，催化物质代谢的作用。生活的细胞进行多种代谢的各种反应，几乎都需要酶的催化，而酶本身就是蛋白质，可见，各种生理功能的实现，均离不开蛋白质的推动。第三，储藏作用。植株内有些蛋白质作为储藏物质而存在，既不参加活

质的组成，也没有催化的本领。它必须经过一定的转变以后，才能在生理上起作用。一般营养器官中的储藏蛋白较少，种子中的储藏蛋白较多。种子萌发和幼苗的初期生长，主要靠储藏蛋白水解后供给氮素营养。

由此看来，蛋白质的存在，在生理生化上有着重要意义。但对原料茎来说，若蔗汁的蛋白质含量过高，则会降低品质。因而，在栽培管理上，尤其是工艺成熟过程中，适当控制蔗株对氮素的吸收和利用，至为重要。

二、核酸

核酸也是高分子化合物，由多核苷酸组成，是构成生命的主要物质。

核酸一般分为两类：核糖核酸（RNA）和脱氧核糖核酸（DNA）。蔗株内的RNA有三种：一是信使RNA（m-RNA），其分子量为数万至一百万。它是细胞中含量最少，最不稳定的。其含量低于细胞中RNA总量的5~10%。二是转移RNA（tRNA），其分子量最小，为2万至4万。它的含量占细胞中RNA总量的10~15%。三是核蛋白体核糖核酸（rRNA），其分子量为数十万至百万以上。它存在于核蛋白体中。在组成上，RNA分子含有磷酸，核糖和四种有机碱（鸟嘌呤、胞嘧啶、腺嘌呤、尿嘧啶）。DNA分子含有磷酸、脱氧核糖和四种有机碱（腺嘌呤、胸腺嘧啶、鸟嘌呤、胞嘧啶（包括5-甲基胞嘧啶））。

蔗株内核酸的最主要功能，是遗传信息的储藏、传递和表达。我们知道，遗传基因就是DNA分子的片段，它以千差万别的碱基排列顺序储藏着遗传信息。换句话说，就是遗传信息存在于DNA分子内的碱基顺序中。而DNA的碱基顺序，能够指定RNA的碱基顺序，这种在DNA指导下的

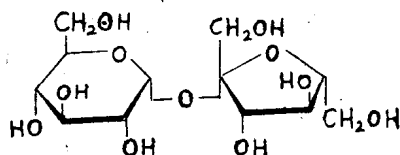
RNA的合成过程称为转录，即将DNA的碱基顺序有规律地转录成RNA的碱基顺序，这过程由RNA聚合酶（也称转录酶）催化进行。当合成了大小不等的RNA分子之后，它们就以其中的mRNA作为模板合成各种蛋白质（包括酶）——称为翻译过程，从而保证了各种生物具有自己的遗传信息的传递和表达。可见，核酸在遗传中是非常重要的。

核酸降解可生成许多核苷酸。核苷酸在生理上的作用是多方面的：第一，作为自由能的载体。许多核苷酸在活细胞内是一种高能化合物，在保证活体内能量的暂时储藏和传递方面，具有特殊的作用，其中以三磷酸腺苷（ATP）最为重要。第二，作为传递电子的载体。甘蔗活细胞靠氧化某些物质分子（如葡萄糖）而取得能量，葡萄糖的彻底氧化主要是电子的传递，最后的电子受体是 O_2 。不过，电子并不能从葡萄糖分子或其分解产物直接传给 O_2 ，要先把电子传给特殊的载体—NAD（烟酰胺腺嘌呤二核苷酸）、NADP（烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸）和FAD（黄素腺嘌呤二核苷酸）等，它们能接受电子及氢原子，并起电子载体作用，而这些物质都是腺苷酸（一种核苷酸）衍生的。第三，传递乙酸。辅酶A是由二磷酸腺苷（一种核苷酸）、泛酸及 β -巯基乙胺组成。辅酶A与乙酸的作用，在于它们可生成乙酰辅酶A，并通过乙酰辅酶A传递乙酸，这种反应在脂肪的生物合成中占有重要的地位。第四，传递葡萄糖。UDPG（尿苷二磷酸葡萄糖）是核苷酸的一种化合物，它是植物合成双糖和多糖的前体，是葡萄糖的活化形式。甘蔗体内蔗糖的合成，必须有UDPG参与作用。

三、蔗糖

蔗糖是高等植物体内普遍存在的碳水化合物之一。它由

一个葡萄糖分子的第1个碳原子的醛基与一个果糖分子的第
二个碳原子的酮基结合而成，其结构如下：



甘蔗和甜菜是
含蔗糖最多的植
物。据分析，甘蔗
(品种 CP65/357)
原料茎不同节段的
汁液中，蔗糖含量

很高，每毫升达130~190毫克，为叶鞘的10倍、叶片的20
倍，比同一部位含的果糖或葡萄糖要多十几倍至几十倍(表
1~5)。现已查明，蔗株富含蔗糖在生理生化上的作用表现

表1—5 蔗株各部位汁液中糖和淀粉的含量

植 株 部 位		汁液中的含量(毫克/毫升)			
		蔗 糖	果 糖	葡萄糖	淀 粉
叶 片		7.72	3.75	6.76	0.32
叶 鞘		14.20	3.33	5.92	0.05
茎 鞘		14.82	12.94	17.52	0.08
原 料 茎	最上部60厘米的茎段	130.46	6.88	9.84	0.07
	下一级60厘米的茎段	154.88	5.38	6.08	0.06
	又下一级60厘米茎段	181.85	3.63	4.04	0.04
	再下一级60厘米茎段	185.10	3.06	2.80	0.03
蔗 芽		152.50	3.01	5.94	0.07
蔗 根		8.76	1.25	2.50	0

在：蔗糖存在于细胞液中，可提高渗透浓度，降低细胞水势，利于细胞获得水分；活细胞内的己糖比较活跃，容易作呼吸基质或被其它代谢途径所利用，较难以保存，当己糖分子参加到蔗糖结构中时，则不易降解和转化，因而，有利于光合作用制造的糖分较多地被积累于蔗株内。特别是蔗株生长后期，大量光合产物就是以蔗糖形式贮藏于蔗茎内薄壁细胞，在以种茎繁殖时，蔗糖降解为幼苗生长提供能源和碳架。还有，甘蔗体内的碳水化合物经常进行运输，蔗糖是被运输的碳水化合物的主要形式。所以，蔗糖存在于蔗体内对于有机营养的交流，起着重要作用。此外，据报道，蔗株内的蔗糖还可能是某些三糖合成所必需的“引子”，例如，甘蔗未成熟组织中含有棉子糖（由一分子蔗糖与一分子半乳糖残基构成），在转化酶催化下，可水解生成果糖和密二糖；在半乳糖苷酶催化下，可水解生成蔗糖和半乳糖。这表明蔗糖在组织内的碳水化合物代谢中，具有重要的作用。

四、淀粉

淀粉分子是由数千至百万个以上葡萄糖单体借 $\alpha-1:4$ 糖苷键联结起来的大分子，分子量达百万以上。甘蔗绿叶的淀粉含量是茎基部淀粉含量的十倍。从榨取不同部位汁液的分析表明，叶片汁液中淀粉的含量要比原料茎高出数倍（表1—5），这是因为叶片进行光合作用时制造的糖，可转变成淀粉暂时贮藏起来，但在夜间叶内的淀粉又转变成糖，运输到其它部位，使叶内淀粉的含量又明显下降。可见，蔗株内的淀粉，只是碳水化合物暂时贮存的形式。

不同植物，其淀粉粒的大小各不相同。甘蔗淀粉粒的直径为3—5微米，比水稻、玉米等作物的淀粉粒小些。为了提高蔗汁纯度，应注意选育蔗汁中含淀粉较少的品种。

五、纤维素

原料茎的纤维素含量约占鲜重的十分之一。纤维素是由许多葡萄糖单体借 β -1,4糖苷键联结而成的直链大分子，其分子量为30万至50万，即每个纤维素分子含2000~3000个葡萄糖单体。蔗株中的纤维素分子存在于细胞壁结构中，呈平行排列。许多个纤维素分子聚合成束状，称微胶粒，它们相互交织，其间隙为水分，果胶等物质所填充。初生壁中的纤维素含量较少，约占全部结构物质的20%；次生壁中的纤维素含量约占43%。换句话说，老细胞的纤维素含量比幼嫩细胞多些。就整个植株来说，纤维素含量随着株龄的增大而增加。在良好的光照条件下，碳素代谢旺盛的蔗株，其纤维素的含量往往较高。纤维素在生理上的作用，主要在于促使组织坚实，对蔗株起支持作用。原料蔗压榨后的蔗渣，其纤维素的含量可达55%以上，可作造纸、制板和织物的原料。蔗渣经过一定的工艺处理之后，其纤维素分子可生成较为简单结构的碳水化合物和其它物质，加以利用。

六、脂肪和蜡

脂肪，由脂肪酸和甘油构成。它是光合作用制造的碳水化合物转变成的。蔗株中的脂肪，主要起贮藏作用，在代谢过程中脂肪的转变，可提供能量和碳素。蔗蜡是由脂肪酸与含有24~36个碳原子的一元醇结合而成。它一旦形成后，就不能再被利用。蜡在代谢中的作用，目前尚未了解。它覆于蔗茎表面，对减少蔗株水分损失，有很大的作用。据报道，去掉蔗茎蜡质的与未去蜡质的相比，前者蒸腾失水量几乎比后者多一倍。此外，蔗蜡可能对减少某些病、虫为害也有一定作用。

七、矿物质

在蔗株的化学组成中，矿物质的含量不及鲜重的3%。由各部位汁液的分析表明，叶片含矿物质最多，比原料茎汁液多2~3倍。蔗株中的矿物质，包括生命活动所必需的各种矿质元素，它们对新陈代谢的重要作用表现在：直接参加蔗株生活物质或重要有机化合物的组成。众所周知，蛋白质和核酸是构成生命最重要的物质基础，蛋白质约占活质干重的60%，核酸占2—3%，而蛋白质与核酸的合成，除了需要氮素外，还需要磷、硫等元素。蔗株中许多重要有机物，如叶绿素、磷脂、三磷酸腺苷及某些氨基酸、维生素等，在不同的生理过程中，若没有磷、硫、镁等矿质元素参加，这些化合物便无法合成。

酶是新陈代谢中不可缺少的催化剂。若没有硫、铁、铜、锌等元素参加，蔗株也就不可能形成完整的酶体系，同时，蔗株内许多酶需要一些矿质元素作为活化剂或补助因素，活性才能提高。例如，一价阳离子钾是数十种酶或酶系的活化剂或补助因素，而这些酶所催化的反应包括糖酵解、糖类合成、氧化磷酸化作用、氧的吸收、脱氢作用以及氨基酸、蛋白质的合成等。二价阳离子镁是葡萄糖激酶、烯醇化酶、6-磷酸葡萄糖脱氢酶等多种酶的活化剂。可见，蔗株内的某些矿质元素的作用，是通过调节酶活性而影响代谢强度和方向的。存在于活细胞的矿质元素，对原生质胶体的保水能力和细胞液的渗透势均有影响。例如，一价阳离子能促进胶粒的水合作用，二价阳离子能降低水合作用。所以，原生质中各种阳离子的多少，会直接影响其保水能力。细胞液的渗透势，主要受可溶性有机化合物（糖、有机酸等）含量的支配，但是细胞液中矿质含量的多少，对渗透势也有一定影响。一般来说，细胞液中矿质离子较多，可降低渗透势，有