

董一忱 编著

甜菜农业生物学

农业出版社



甜 菜 农 业 生 物 学

董一忱 编著

农 业 出 版 社

甜菜农业生物学

董一忱 编著

农业出版社出版(北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 8.5印张 174千字

1984年5月第1版 1984年5月北京第1次印刷

印数 1—1,900册

统一书号 161.432797 定价 1.35元

前 言

甜菜农业生物学作为一门课程讲授，始于1958年笔者在黑龙江省甜菜专科学校任教的时候。二十多年来，笔者应邀先后奔赴十个省区为44个长短期甜菜学习班学员讲课。该书是在黑龙江省制糖工业公司1976年印发的拙著《甜菜农业生物学》基础上充实、修订而成。它包含了笔者四十年教坛生涯中积累的资料和个人的科研成果。本书的出版若能起到承前启后的作用，并对教学和科研工作有所助益，则笔者欣慰莫过于此。

限于笔者的水平，书中不足之处势所难免，恳望专家和读者批评指正。

董一忱

1981年5月

目 录

甜菜的起源、演化及其植物学分类

一、甜菜的起源和演化	1
二、甜菜的植物学分类	5

甜菜的生长阶段

一、甜菜的营养生长阶段	13
二、甜菜的生殖生长阶段	16
三、我国各地甜菜的生长期	18

甜菜的种子和芽

一、甜菜种子的分类	22
二、甜菜种球和种子的形态与构造	24
三、甜菜种球和种子的化学成分	26
四、甜菜种子的特性	27
五、甜菜种子的生活力	29
六、甜菜种子萌发生理	32
(一) 种子萌发时有机物质的转化	32
(二) 种子萌发与环境条件的关系	33
七、甜菜种子发芽	34

甜菜的营养生长

一、甜菜叶的生长、形态和构造	37
----------------------	----

(一) 叶的生长过程和分批叶片对于块根产质量的影响	37
(二) 叶的形态	42
(三) 甜菜叶柄与叶片的构造和作用	44
(四) 气孔与叶绿体和叶绿素	46
二、甜菜根的生长、形态、构造与功能	49
(一) 根系生长过程	49
(二) 根组织形成过程	51
(三) 根头和根中的维管系统	56
(四) 维管束的形成和功能	57
(五) 块根的形态	58
(六) 块根和根中营养物质	61

甜菜母根的耐贮性和贮藏中生活

一、甜菜母根的耐贮性	75
(一) 母根的性质与耐贮性	75
(二) 农业技术与母根的耐贮性	77
二、甜菜母根贮藏中生活	80
三、甜菜母根贮藏的环境因素	81
(一) 母根贮藏与微生物	81
(二) 母根贮藏与温、湿度	84
(三) 影响母根贮藏的环境因素中主导因素的作用	87

甜菜生殖生长

一、甜菜种株的根叶生长	90
(一) 种株的根系生长	90
(二) 种株的叶系生长	91
二、甜菜花枝的形成、构造与形态	92
三、甜菜花的形成与形态	97
四、甜菜开花习性	98
(一) 开花期和一个花丛中花开过程	98
(二) 全株开花顺序	99

(三) 同一品种不同枝型和不同类型品种的开花习性	101
(四) 开花与温、湿度的关系	103
五、甜菜授粉、受精和种子形成	104
(一) 花粉粒与胚珠和胚囊的发育	104
(二) 授粉习性	108
(三) 受精和种子形成	110
(四) 结实习性	113
(五) 影响甜菜种子发芽的因素	114
六、甜菜的自交和杂交	115
(一) 不亲和性	115
(二) 自交和自交系	117
(三) 杂交和杂种优势	118
七、甜菜雄性不育	122
(一) 不育雄性的性状和分类	122
(二) 不育性的成因、保持和价值	125

甜 菜 发 育 特 性

一、发育过程	129
二、温度效应	131
(一) 甜菜高青顶和温度的关系	131
(二) 温度对甜菜发育的影响	133
三、光周期效应	137
四、激素及其他因素对于甜菜生育的影响	140

甜 菜 与 环 境 条 件

一、甜菜与气温	145
(一) 种子发芽和温度	145
(二) 生育和温度	146
(三) 耐热性	149
(四) 冻伤死和耐寒性	151
二、甜菜与光照	154

三、甜菜与水分	157
(一) 发芽和水分	157
(二) 水分在甜菜生命活动中的作用	158
(三) 水分代谢	160
(四) 甜菜的萎蔫、抗旱性和耐涝性	171
四、甜菜与矿质元素和土壤	173
(一) 甜菜与矿质元素	173
(二) 甜菜与土壤	180
五、甜菜种株生长与肥水	188
(一) 种株需肥特点	188
(二) 种株需水特点	190
六、我国的环境条件与甜菜	191
(一) 我国甜菜基地的环境条件与甜菜	191
(二) 我国夏、秋播和冬种甜菜区的环境条件与甜菜	200

甜菜的生理功能

一、甜菜的光合作用	208
(一) 光和光合作用	208
(二) 甜菜的碳水化合物合成	210
二、甜菜体内有机酸和脂肪的形成及其性状	219
三、甜菜的氮素同化	222
(一) 氨基酸的形成及其性状	222
(二) 蛋白质的形成及其性状	224
(三) 生物碱的形成及其性状	226
(四) 甜菜的主要氮素化合物	227
(五) 有害氮的形成	229
四、甜菜的磷酸及其他元素的同化	230
五、甜菜呼吸与有机物质转化	233
(一) 呼吸作用与有机物质转化	233
(二) 有氧呼吸和无氧呼吸	236
(三) 内外在条件对呼吸作用的影响	237

六、甜菜体内有机物质的运输	238
(一) 一般同化物质的运输	238
(二) 甜菜体内蔗糖的动态	240
(三) 内外在条件与有机物质运输	241
七、贮藏中甜菜母根的生化变化	242

多 倍 体 甜 菜

(一) 多倍体甜菜的意义和由来	247
(二) 多倍体甜菜创成的理论	249
(三) 多倍体甜菜的形态特征	252
(四) 多倍体甜菜的生物学特性	257
(五) 多倍体甜菜的栽培特点	260

甜菜的起源、演化及其植物学分类

一、甜菜的起源和演化

栽培种甜菜起源于野生植物，在学术界是没有争论的。比较普遍的说法，甜菜属野生种海滨甜菜 (*Beta maritima* L.)，是食用、饲料、叶用和观赏甜菜的祖先。海滨甜菜是二年生植物，具有色白、数多的岔根，根中含糖和营养物质。菜根越冬通过春化阶段，春季从新生的繁茂叶丛中，生出匍匐的花枝，夏季开花结籽。

关于甜菜属野生种的起源有如下报导：

①西亚的里海沿岸、外高加索、黑海沿岸、小亚细亚、印度和波斯。

②地中海沿岸的北非、伊比利亚半岛、南法、意大利、巴尔干半岛以及地中海岛屿。

③北欧的挪威、芬兰、英国……。

各个报导均欠进一步明确。目前，作为甜菜祖先的野生甜菜是多源起的，还是一个源起，传播四方，而这个源起究竟在哪里，等等，争论是有的。

栽培种甜菜的系统发育，可解说在图1里。

巴赫杰夫认为，大约距今3,500—4,000年，野生甜菜已

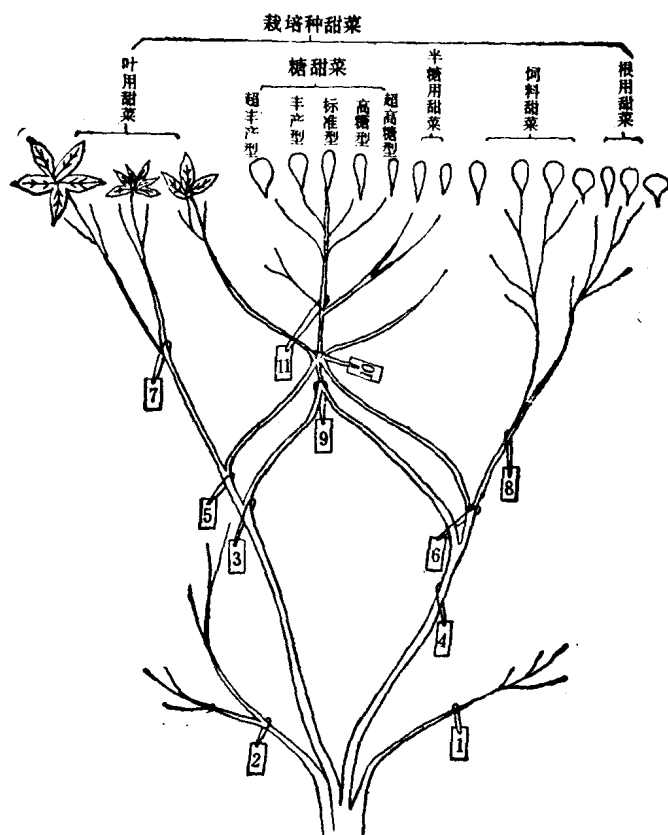


图1 甜菜系统发育图式

1、2.野生甜菜 3.大叶甜菜 4.大根甜菜 5.根
叶两用甜菜 6.原始甜菜 7.糖用甜菜

被古代人采集，作为药材或蔬菜，不久就移植在菜园或果园里。公元五世纪时，希腊名医埃杰姆斯报导甜菜可以治疗多种疾病：煮熟的甜菜汁可治疗火烧烫伤；甜菜根和扁豆同煮能健胃消食；但居民多以之凉拌生菜或烹炒。

由于人类本能或有意识地根据需要选育的结果，野生甜菜的性状起了显著的变异。远在公元前1,000年刊行的《植物志》就记载当时的叶用甜菜的叶丛繁茂，叶柄发达，叶片肥厚、鲜嫩，近似今天的厚皮菜。公元前八世纪刊行的《植物名录》中记载巴比伦皇家花园把甜菜作为观赏植物，这种甜菜可能发展成为今天的观赏甜菜。饲料甜菜成为大田作物比厚皮菜晚得多，公元前4—5世纪西亚一些地区才有零星种植。

追本溯源，叶用甜菜和观赏甜菜来源于大叶甜菜，而食用甜菜和饲料甜菜来源于大根甜菜（图1）。大叶甜菜和大根甜菜的主要区别为前者比后者块根轻小，菜叶重大，维管束环少、环的紧密度系数*小，木质部较发达。

甜菜栽培种中的糖甜菜变种，一般认为是大叶甜菜和大根甜菜杂交得来的，而大叶甜菜和大根甜菜都是野生甜菜进化来的。糖甜菜变种的演变过程可图解如图1（从下往上看）。

由图1可知，大叶甜菜和大根甜菜，都是古代劳动人民从野生甜菜选育出来的。

在两类型甜菜演变过程中，它们经过多次反复地自然杂交，便形成了根叶型甜菜。不久自根叶型甜菜里分离出来含糖较高的原始甜菜。维慕兰用食用甜菜（含糖6%）或饲料甜菜（含糖5%）与叶用甜菜（含糖10%）杂交，其后代有红、黄、白各色，含糖11—13%，即具有糖甜菜特性的植株。这足以证明甜菜是由杂交起源的。因此，过去有人认为糖甜菜直接起源于野生甜菜或饲料甜菜是缺乏根据的。糖甜菜在根

$$\bullet \text{ 维管束环的紧密度系数} = \frac{\text{维管束环数 (个)}}{\text{块根两根沟联结的半径 (厘米)}}$$

色，根的解剖构造，含糖率和叶数等方面，继承了大叶甜菜的特性，而在根形，根重和根长等方面继承了大根甜菜的特性。

1747年德国化学家马格拉夫 (Margraf) 首先发现甜菜根部含有蔗糖，含糖率达6%。这一发现是制糖工业发展的一次飞跃，为甜菜制糖工业揭开了序幕。大约五十年后(1796年)，阿卡尔德 (Achard) 在普王弗里德里希·威廉二世的资助下，于西里西亚市建立世界上第一座甜菜制糖厂 (作坊)，甜菜作为制糖原料正式登上作物栽培的舞台。

世界第一座糖厂生产用的甜菜 (原料)，长约26厘米、粗4—6厘米、重量不过半斤，含糖率约5—6%。阿卡尔德因感到作为制糖原料的甜菜轻小、含糖少、灰分多，用这样的原料发展制糖工业是有困难的。因此在制糖的同时，进行提高甜菜产量和含糖的育种工作。根据根叶的形态 (圆锥形白皮块根和淡绿色叶片) 选出西里西亚白甜菜。它是所有著名甜菜品种的祖先。到了1858年选出新品种“大帝国”含糖率9—13.5%。阿卡尔德之后有德国的郭比 (Koppy)、法国的维慕兰 (Vilmorin) 以及各国甜菜育种的后来人，根据先进的育种理论，如单株选择、后代鉴定，创造出来逐步先进的选种手段，如改盐水比重法选根为用折光仪测量糖汁锤度，不久用偏极光仪测量糖汁的蔗糖率，选出含糖率达到12.3—17.5%的甜菜品种。到了本世纪初，甜菜块根含糖率达到17—18%，个别品种含糖率20%，甚至更高。必须指出，由于最近利用杂种优势理论和采用先进的技术手段，培育出来雄性不育、单胚、多倍体三合一的高糖甜菜品种，改变了以往只追求甜菜含糖，轻视块根产量的育种，致使产量提高不

快的情况。甜菜演进过程仅仅 200 年，说明人工选择，定向培育品种威力的强大。

我国的甜菜据《太平环宇记》载，大约公元前五世纪由阿拉伯人从波斯传入叶用甜菜。最早记载甜菜用途的著作作为六世纪南北朝时代，梁人陶弘景所撰《名医别录》。书中记述“菥菜味甘苦，大寒。时行热病初得，便捣汁饮，皆得除……”。这里的菥作甜音，菥菜又名菥菜，即叶用甜菜或厚皮菜。可见当时叶用甜菜已被人们用作药物，治疗疾病。七世纪唐《新修本草》记载：菥菜南人蒸食之，大香美”。可见当时视甜菜为佳美的蔬菜。但到了明代王世懋在《学圃杂疏》(1587)中，却说着菥俗名甜菜者，菜斯为下矣。清代(十九世纪末)吴其濬著《植物名实图考》更进而说：“菥菜味甜，而不正，品质劣”。唐清两代的学者评论甜菜含味相反。其原因有人认为菥菜经千余年栽培，滋味改进不大，也可能随着味美的蔬菜品种层出不穷，人们的口味越来越高，比较之下，菥菜相形见绌的缘故。

我国试种糖甜菜始于1906(光绪32年)，沈阳农事试验场，自德国引入种子，延聘日人石田研为技师试种。1909年阿城糖厂建成，甜菜才正式作为制糖工业原料生产。

二、甜菜的植物学分类

甜菜学名 *Beta vulgaris* L. var. *Rapacea* C. Cock, 在植物分类学上的地位如下：

种子植物门 *Phylum Spermatophyta*

双子叶植物纲 Classis Dicotyledoneae

藜目 Order Chenopodiaceae

藜科 Fam, Chenopodiaceae

甜菜属 Gen, Beta

甜菜栽培种 sp. vulgaris

糖甜菜变种 var. Rapacea

藜科甜菜属又分亚属，包含野生种和栽培种。栽培种属于普通甜菜亚属，其中又包含若干个变种。各个种甜菜都具有短茎（根头）和肥大的肉质直根，根中有几环甚至十几环的维管束，维管束环旁的薄壁细胞都含有或多或少的糖质；花为缺少花瓣的不完全花，小形、绿色、萼片5数，雄蕊5枚，雌蕊由2—3个心皮组成。子房中、下位，果实坚硬（坚果），胚弯曲（图2）。克纳普（Knapp）根据用途，把栽培种甜菜分为五个变种（图2从上往下）：

①食用甜菜（火焰菜——Beta vulgaris L. var. cruenta Alef）——火红的根肉作蔬菜用。块根球形（图2，1），叶片较小长椭圆形。

②观赏甜菜（彩叶甜菜——Beta vulgaris L. var. melallica）——绮丽的红色彩叶，供观赏用。块根瘦小、圆筒形（图2，2），根皮有红、黄色。

③叶用甜菜（厚皮菜——Beta vulgaris L. var. cicla）——叶部发达、肥厚，叶柄宽大，叶丛再生力强，供食用。块根瘦小（图2，3），含糖不多。

④饲料甜菜（Beta vulgaris L. Crassa Joh.）——肥大的块根作饲料用。饲料甜菜的根皮颜色是各式各样的。饲料

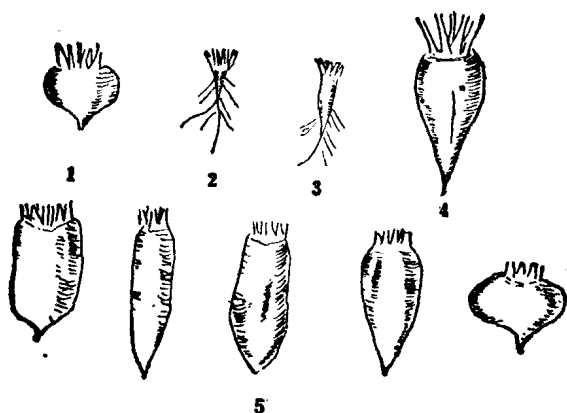


图2 栽培种甜菜各个变种的块根

1. 食用甜菜 2. 观赏甜菜 3. 叶用甜菜
4. 糖用甜菜 5. 饲料甜菜各类型

甜菜可按根形分为几个品种类型(图2, 5)。各类型在产量和质量方面都有显著的差异。根汁浓度低, 含糖少。叶片薄, 色淡。

⑤糖甜菜 (*Beta vulgaris* L. var. *saccharifera* Alef.)——含糖多的肥大块根, 制糖用(图2, 4)。糖甜菜(甜菜)品种分属于丰产、标准或高糖的某一类型。

在一般情况下, 丰产型品种——叶色浅绿, 叶数多, 新叶形成快, 叶片寿命比较短。块根形成力很强, 特别是在生育的前期和中期块根生长更快。块根短粗肥大, 根楔形, 根部含糖中等。原料根和茎叶的产量都很高。丰产类型品种成熟期较晚, 适于生育期长、气候温暖、日照充足、降雨充沛的好环境条件和肥力中等的疏松土壤。

高糖型品种——性状与丰产类型的相反, 所以适于生长

期短的地区，适合栽培在肥沃并且含水充足的土壤里，对农业技术很敏感，最适粪大、水勤、精耕细作。

标准型品种——丰产和多糖品种的中间类型，即性状特点及其对自然条件与栽培技术的要求，都处在丰产品种和高糖品种的中间。

根据最近选种的成就，可自高糖品种里分离出含糖特别多的超高糖型品种；也可自丰产品种里，分离出超丰产型品种。甜菜的经济价值首先决定于单位面积产糖量。块根的最高产量或最高含糖量，不一定与单位面积的最高产糖量一致。总的说来，丰产品种单位面积产糖量比其他两品种高。

最近有几位学者对甜菜属野生种进行分类，但都不够全面。如把 В. П. Зосимович 和 Coons 的分类综合起来，当可达到完善地步（表1）。

表1 甜菜属野生种分类

亚 属	种 名	出现年份	染色体数 ($2n = 18$)	地理生态分布及植物学特征
普通甜菜 (<i>B. vulgaris</i> L.) 包括5个种，有沿海的，也有陆地的。有一年生的，也有多年生的。具有最多的多态性。	海滨甜菜 (<i>B. maritima</i> L.)	1827	18	分布在北冰洋、北欧海岸，一年或多年生。已结实的老母根越冬能再结实。叶呈三角形或心脏形，叶柄长。种子成熟容易散落。
	大聚合果甜菜 (<i>B. macrocarpa</i> Guss)			分布在地中海西、南岸及其岛屿。一年或二年生，叶丛紧凑。根红色或橙红色。枝高20厘米，从播种到种子成熟只需2个月。
	叉根甜菜 (<i>B. patula</i> Ait.)	1789	18, 27, 36*	分布在Madeira岛、西北非和西班牙南部，一年或多年生。出苗30天可抽薹，叶小、披针形，茎矮，花有红、黄、白色，种球大。