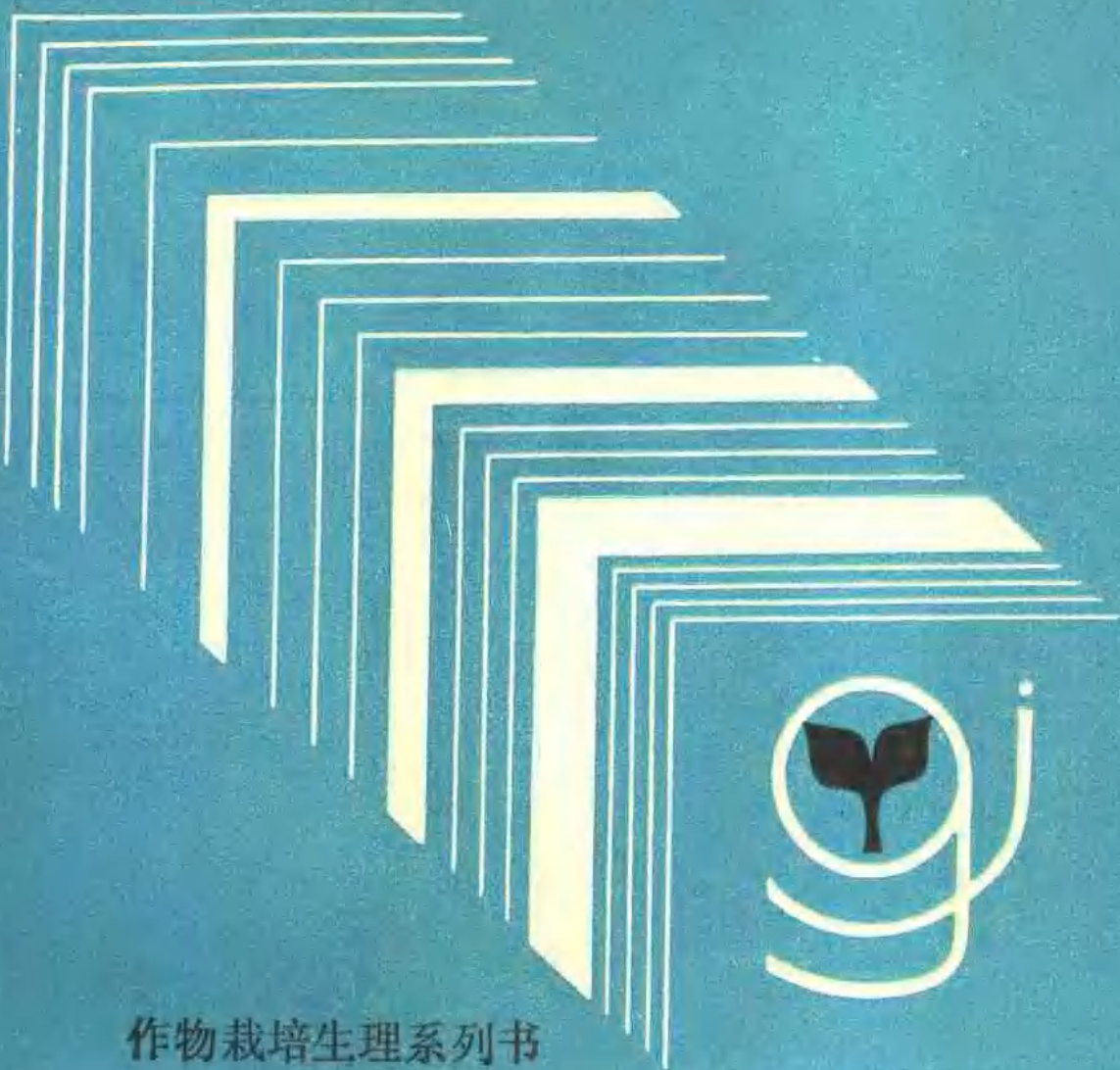


全国高等农业院校教学参考书



作物栽培生理系列书

甜菜栽培生理

曲文章 主编

农业出版社

566-301
500

全国高等农业院校教学参考书

作物栽培生理系列书

甜 菜 栽 培 生 理

曲文章 主编

农 业 出 版 社

(京)新登字060号

S566-301

5500

内 容 简 介

本书以甜菜生长发育与环境的关系为主线,重点论述了甜菜种子的萌发生理及其要求的条件,甜菜根、叶生长与养分积累规律,甜菜的光合作用机理及提高其光能利用率的途径,甜菜需要的主要营养元素及其生理作用,氮、磷、钾三要素与甜菜产量和品质的关系,甜菜需水规律与合理灌溉,甜菜质量与贮藏中的生物化学变化等基本理论。

本书可供农业院校师生和农业科技工作者参考。

全国高等农业院校教学参考书

作物栽培生理系列书

甜 菜 栽 培 生 理

曲文章 主编

* * *

责任编辑 李世君

农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路2号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092mm 16开本 7印张 157千字

1992年5月第1版 1992年5月北京第1次印刷

印数 1—2,000册 定价 2.65 元

ISBN 7-109-02141-6/S·1410

作物栽培生理系列书主编及副主编

主 编 余松烈 (山东农业大学)

副主编 钱维朴 (南京农业大学)

本书编写人员

主 编 曲文章 (东北农学院)

参 编 周仁喜 (甘肃农业大学)

审 稿 谢家驹 (内蒙古自治区农业科学院)

序

作物栽培学涉及的因素比较复杂,概括起来大体包括三大方面,即作物、环境和措施。它是研究农作物生长发育规律及其与外界环境条件的关系,以及农作物高产、稳产、优质、低成本的理论和技术措施的一门科学。

为了便利于高等农业院校本科农学专业学生比较深入地学习作物栽培学,根据1988年7月作物学科组全体成员会议通过,并经同年12月农业部全国高等农业院校教材指导委员会会议审核通过,确定编写“作物栽培生理系列参考书”,聘请余松烈(山东农业大学)为主编,钱维朴(南京农业大学)为副主编,并确定这套作物栽培生理系列参考书共十二册,包括小麦、水稻、玉米、薯类、棉花、大豆、花生、油菜、甘蔗、甜菜、麻类、烟草。聘请各该参考书的主编及副主编名单如下:

小麦栽培生理:主编余松烈(山东农业大学),副主编钱维朴(南京农业大学)。

水稻栽培生理:主编莫家让(广西农业大学),副主编黄丕生(南京农业大学)、朱庆森(江苏农学院)。

玉米栽培生理:主编胡昌浩(山东农业大学),副主编胡玉琪(河南农业大学)。

薯类栽培生理:主编李尧权(四川农业大学)。

棉花栽培生理:主编陈布圣(华中农业大学)。

大豆栽培生理:主编董钻(沈阳农业大学)。

花生栽培生理:主编张高英(山东农业大学)。

油菜栽培生理:主编刘启鑫(西南农业大学),副主编官春云(湖南农学院)。

甘蔗栽培生理:主编苏广达(华南农业大学)。

甜菜栽培生理:主编曲文章(东北农学院)。

麻类栽培生理:主编黄完基(江西农业大学)。

烟草栽培生理:主编韩锦锋(河南农业大学)。

各种作物栽培生理的主要内容应该是讨论各作物的高产、稳产、优质、低消耗的生理基础,讨论各作物有关光合性能、群体结构、个体营养以及调节生长发育、培育壮苗、促进产品器官发达等方面的问题。但是由于每种作物都有其自身的生育规律,生产上对它们需要的部分也各不相同,而且对各种作物在栽培生理上的研究深度、广度也各异,因此本系列参考书对各书的内容和编辑上的要求是充分发挥各书的特点,不强调一致性。

本系列参考书除供高等农业院校本科农学专业师生参考外,也可供广大农业科技工作者参考。

本系列参考书的每本书虽然在编写上花了较大精力,力求精益求精,但缺点和错误之处在所难免,请广大读者指正。

余松烈 钱维朴

1991年1月

前 言

作物栽培生理系列书共12册,在“七五教材建设规划”中编写小麦栽培生理、水稻栽培生理、棉花栽培生理、油菜栽培生理、甘蔗栽培生理、甜菜栽培生理、薯类作物栽培生理、玉米栽培生理和烟草栽培生理等9册,本书为其中一个分册。

甜菜是我国及世界的主要糖料作物之一。甜菜糖的产量仅次于甘蔗,占世界蔗糖总产量的40%左右。随着甜菜栽培面积不断扩大,对甜菜的研究也日益广泛。近年来,国际上开始重视甜菜生理的研究,并取得了显著成绩。植物生理学是作物栽培的重要理论基础,作物栽培中的大部分增产措施,是在植物生理学理论指导下提出来的。因此,专门论述一种作物的生理学对提高作物的栽培技术是极为重要的。

为适应农业院校作物专业教学需要,遵循“七五教材建设规划”的要求,我们在搜集国内外有关甜菜生理的文献和专著,以及近几年所取得的甜菜生理方面的一些研究成果的基础上,编写了《甜菜栽培生理》一书。本书除可作为农学专业师生参考外,对从事甜菜科学研究和甜菜栽培的科技工作者,亦有一定的参考价值。

书中引用了许多专家撰写的专著和论文中的资料和图表,除在正文中和参考文献中注明外,在此向他们深表谢忱。

本书在编写中,得到作物学科组潘家驹教授、王树安教授及作物栽培生理系列书主编余松烈教授、副主编钱维朴教授的大力支持与热情指导,并承内蒙古自治区农业科学院谢家驹研究员予以精心审稿,谨此一并致以衷心的感谢。

由于水平所限,书中难免有错误和不妥之处,敬希读者批评指正。

曲文章

1990年6月

目 录

第一章 甜菜起源与分类	1
一、甜菜的起源	1
二、甜菜的分类	1
第二章 甜菜种子生理	5
一、种子构造与化学成分	5
二、种子萌发的条件	8
三、种子的萌发过程	10
第三章 甜菜块根生物学	12
一、块根组织的发生	12
二、块根的形态解剖构造	15
三、根细胞与经济性状	18
四、根中糖分的分布	20
五、块根的化学成分	23
第四章 甜菜的生长	28
一、营养生长期生育时期的划分	28
二、根系的发育	29
三、叶的生长	32
四、叶、根生长与糖分积累	40
五、摘叶对根重和糖分的影响	43
第五章 甜菜营养生理	45
一、甜菜的营养元素	45
二、甜菜对矿质元素的吸收	46
三、甜菜主要矿质元素的代谢	48
四、矿质营养与甜菜产量的形成	52
五、甜菜的缺素症状	64
第六章 甜菜的水分生理	65
一、水分在甜菜生命活动中的作用	65
二、甜菜对水分的吸收和利用	65
三、甜菜的需水规律	66
四、甜菜所需的降雨指标与灌溉原则	73
五、甜菜对土壤深层水分的利用	75
第七章 甜菜的光合作用	76
一、甜菜光合作用的进程	76
二、光合作用与各种因素的关系	77
三、甜菜的光合作用净生产率	80

四、甜菜体内蔗糖的合成与运输	82
五、甜菜各层叶片在产量形成中的作用	83
六、提高甜菜光能有效利用的途径	85
第八章 甜菜保藏生理	91
一、生物化学变化	91
二、微生物作用	94
三、失水萎蔫	94
四、暖、冻甜菜特点与保藏要求	95
五、甜菜母根贮藏	97
主要参考文献	101

第一章 甜菜起源与分类

一、甜菜的起源

关于甜菜的起源，曾有许多学者进行过研究。B. П. 卓西莫维奇指出，甜菜大约是在公元前2000—1500年，于底格拉斯河和幼发拉底河流域的古老灌溉农业条件下，从杂草中培育出来的，并开始种植。以后，从叙利亚和巴比伦将栽培甜菜传到其他西方和东方国家。但亦有人认为，西欧是甜菜的发源地。

在古代，甜菜作为蔬菜和药用植物进行栽培，主要食其叶。亚洲发现根用甜菜较晚。有人指出，根用甜菜是在公元前5—4世纪，波斯统治时期传入西亚细亚。

B. П. 卓西莫维奇 (1968) 认为，甜菜起源于野生种，是经欧洲风土驯化的前亚细亚的根用甜菜与起源于西欧的叶用甜菜间的杂种。

德国化学家马格拉夫，于1747年在甜菜属植物中发现了与甘蔗含有同样蔗糖的事实。当时根中含糖率约为鲜重的1.56%。阿哈尔德在马格拉夫研究的基础上，进行了提高甜菜根中含糖率的育种工作，并育成了世界上第一个甜菜品种——西里西亚甜菜品种，含糖率为7%左右。

长期的甜菜育种工作，从本质上改变了它的特性。19世纪初，块根含糖率为6—7%，到1860年增加到10%，至20世纪30年代则增至18—20%，苏联育成的部分品种含糖率达到21—22%。

20世纪开始了向高糖型 (Z)、标准型 (N) 和丰产型 (E) 方向培育品种工作。相继育出了丰产、高糖型品种和单果型品种，以及具有杂种优势的高产三倍体品种。

二、甜菜的分类

甜菜 (*Beta vulgaris* L.) 属于藜科 (Chenopodiaceae) 甜菜属 (*Beta*)。甜菜属在分类学上的位置如表1—1所示。

表 1—1 甜菜属在分类学上的位置

Division	门	Chlorophyta	(绿色植物门)
Subdivision	亚门	Tracheophyta	(维管束植物 亚门)
Class	纲	Angiospermae	(被子植物纲)
Subclass	亚纲	Dicotyledonae	(双子叶植物亚纲)
Order	目	Chenopodiales	(藜目)
Family	科	Chenopodiaceae	(藜科)
Subfamily	亚科	Betoideae	(甜菜亚科)
Tribe	族	Beteae	(甜菜族)
Genus	属	<i>Beta</i>	(甜菜属)

由于分类方法的不同,甜菜属中种的数目亦不尽相同。甜菜栽培者通常采用B. H. 卓西莫维奇(1940、1968)的分类,他基于B. A. 特兰谢里(1927)分类法将*Beta*属分为三个类群,包括14个野生种和1个栽培种。

加内里甜菜(*Patellaris* Transch)类群:维比纳甜菜——*B. webbiana* Mog (1840);平伏甜菜——*B. procumbens* Chr. Sm. (1815);碗状甜菜——*B. patellaris* Mog (1849)。

山地甜菜(*Corollinae* Transch)类群:大根甜菜——*B. macrorrhiza* Stev. (1812);花边果甜菜——*B. lomalogona* F. et M. (1838);中间型甜菜——*B. intermedia* Bunge (1879);三蕊甜菜——*B. trigyna* Wald. et Kit (1802);冠状花甜菜——*B. corolliflora* Zoss. (1940);矮生甜菜——*B. nana* Boiss et H. (1846)。

普通甜菜(*Vulgares* Transch)类群:普通甜菜——*B. vulgaris* L. (1753);叉根甜菜——*B. patula* (Soland) Alef. (1789);蓼叶甜菜——*B. atriplicifolia* Roy (1883);大果甜菜——*B. macrocarpa* Guss (1827);多年生甜菜——*B. perennis* Hal. (1940);滨海甜菜——*B. maritima* L. (1762)。

所有栽培型甜菜均属于*Beta vulgaris* L. 种,即甜菜栽培种。E. Knapp (1958年)根据栽培种的用途,将其分类如下:

叶用甜菜*B. vulgaris* cicla. (Swiss chard, Spinachbeet, leaf beet)。

根用甜菜(根菜用甜菜)*B. vulgaris* cruenta (garden beet.)。

根用甜菜(根菜用甜菜)*B. vulgaris* esculenta (table beet.)。

饲用甜菜*B. vulgaris* rapa (fodder beet, mangel, mangold, field beet)。

糖用甜菜*B. vulgaris* saccharifera (Sugar beet)。

在我国栽培的甜菜中,以糖用甜菜(简称甜菜)栽培面积最大,其次是饲用甜菜,叶用甜菜栽培甚少。根菜用甜菜(通常称为火焰菜)虽在各地略有栽培,但亦未列入常食的食谱中。

不同野生种甜菜的生物学特性大不相同,然而具有一些有价值特性,有的富有强大的抗逆性,如三蕊甜菜(*Beta trigyna* Wald et Kil)的抗寒性颇强,平伏甜菜(*Beta procumbens* Chr.)抗旱兼抗线虫病,小碗状花甜菜(*Beta patellaris* Mog)抗根腐病较强,玛利列玛甜菜(*Beta maritima* L.)抗褐斑病性强,也有的野生甜菜具有单果种实性。14个野生种中有6个形成单果实:滨蓼叶甜菜($2n=18$),花边果甜菜($2n=18,36$),矮生甜菜($2n=18,72$)和加内里甜菜(*Patellares*)组的3个种,其中平伏甜菜具有果实光滑,几乎呈球状的特点。花边果甜菜(*B. lomalogona* F. et M.)具有自交可育性高的特点。大根甜菜(*B. macrorrhiza* Stev.)含有的染色体最大,能形成大种球并可发育成重达10 kg的块根。尽管种间杂交困难(染色体异质性、杂种的不育性),但上述特点已成为野生种越来越被遗传和育种家们所注意的原因。

据近25年来,甜菜在形态、细胞与遗传学特性上所出现的明显差异,可将其作如下区分。

二倍体复果型甜菜 一般体细胞中含有18个染色体,性细胞中含有9个染色体。两性花,具有发育好的花药和花粉粒,由2—3或更多个花合生形成团聚花序。受精和发育成种子后,花序转变成聚花果(种球)。复果甜菜的发芽率(按100个种球计)通常很高。但生物学发

芽率（按100个种球中含有的果实数计），复果甜菜并不高于单果甜菜。

复果性状是机械化栽培甜菜的主要障碍。现在复果品种逐渐为单果品种所取代，但复果型甜菜在育种基因库中仍占据主导地位，并正被广泛用作可育与不育基础的单果二倍体和多倍体杂种的成分。

二倍体单果型甜菜 在体、性细胞中亦分别含有18和9个染色体。也是两性花，与复果甜菜的根本区别在于，种球是由一朵花形成的单生果实，内含一粒种子。

当复果与单果甜菜杂交时，第一代通常具有复果种球，第二代分离出单果植株，这说明单果性状由隐性基因控制。因此，在育种工作中甚致偶然落上复果甜菜花粉粒，亦会使多年努力创造的高单果性（95%或更高）的品种废于一旦。

除单果性状外，对单果种甜菜来说种子的发芽率有特殊的意义。近年来国外在此方面亦取得良好结果，但单果品种的发芽率问题尚未完全解决。

四倍体复果型甜菜 与复果型二倍体甜菜不同处，在于细胞中染色体数目。其体细胞中有36个染色体，性细胞中有18个染色体。此外，四倍体甜菜的叶柄、叶、花枝、花粉粒、种子和种球比二倍体的粗、厚、大。四倍体甜菜通常发育得慢些，晚熟，较不抗旱。由于非整倍体染色体数的不平衡现象（超倍体 $2n=37$ 、 38 和 39 等，亚倍体 $2n=35$ 、 34 、 33 、 29 等），使花粉粒萌发力低，受精和种子发育速度慢，致使四倍体甜菜的种子发芽率比二倍体的低，种子发出的幼苗较少（100个复果种球为120—140个）。

四倍体单果型甜菜 其体、性细胞中亦分别含有36和18个染色体。在花枝上以单花形成单果种球。由于非整倍体性，花粉力生活力低，受精缓慢，单果四倍体甜菜的发芽率是比单果二倍体更难解决的问题。单果四倍体甜菜正以母本成分在杂种优势育种中被利用着。

细胞质雄性不育类型甜菜 上述甜菜类型（单、复果型和二、四倍体甜菜）中存在细胞质雄性不育性的植株。该性状是由于花药发育异常和不形成性细胞，或退化的花粉粒在柱头上失去萌发能力而在形态学上的表现。具有花粉不育性的植株，实质上是单性的，功能为雌性。它们易接受另一些植株——授粉者的花粉，形成杂种的种子。

细胞质雄性不育的遗传性状，是由特殊基因X与Z和同普通细胞质N有区别的细胞质S结合起来控制的。完全不育基因型以 S_{xxzz} （基因X与Z处于隐性状态）来表示，不育性保持者（保持系）以 N_{xxzz} （仅细胞质不同）表示。亦存在其它的花粉不育类型。

根据甜菜类型的多样性，目前在亚种*B. vulgaris* L. *saccharifera* Alef.中可分为以下甜菜变种：复果型二倍体（ $2n=18$ ）甜菜，花粉可育；单果型二倍体（ $2n=18$ ）甜菜，花粉可育；复果型四倍体（ $2n=36$ ）甜菜，花粉可育；单果型四倍体（ $2n=36$ ）甜菜，花粉可育；细胞质雄性不育的复果型二倍体（ $2n=18$ ）甜菜；细胞质雄性不育的单果型二倍体（ $2n=18$ ）甜菜；细胞质雄性不育的复果型四倍体（ $2n=36$ ）甜菜；细胞质雄性不育的单果型四倍体（ $2n=36$ ）甜菜。后四个变种花粉均全不育，仅在具有可育相似系下才能存在，因而是属于有条件的独立变种。

И. Я. 巴尔科夫建议，将甜菜变种性进行如下分类：

var. digamocarpa m. ——二倍体（ $2n=18$ ）、复果、花粉可育甜菜；

var. dichoricarpa m. ——二倍体（ $2n=18$ ）、单果、花粉可育甜菜；

var. tetragamocarpa m. ——四倍体（ $2n=36$ ）、复果、花粉可育甜菜；

var. tetrachoricarpa m. ——四倍体 ($2n=36$)、单果、花粉可育甜菜。

基于上述的甜菜分类情况，甜菜品种类型可分为：复果二倍体品种，单果二倍体品种，复果多倍体品种，单果多倍体品种。

按经济性状甜菜品种类型可分为：丰产型品种 (E)、高糖型品种 (Z) 和标准型品种 (N)。

丰产型品种——叶色深绿，叶数多，新叶形成快，叶片寿命较短。块根形成力强，尤其是生育前期块根生长快。块根粗大，根楔形，根部含糖率中等。丰产类型品种成熟期较晚，适于在生育期长、气候温暖、日照充足、雨量充沛的优良环境条件下和土壤肥力较高的疏松土壤上栽培。

高糖型品种——性状与丰产类型相反，适于在生育期较短的地区种植，要求肥沃、含水量充足的土壤，对农业技术敏感，最适于高肥足水、精耕细作栽培。

标准型品种——为丰产和高糖品种的中间类型，其性状特点及对自然条件与栽培技术的要求，均处于二者之间。

近年来国外在品种的经济性状方面，丰产型和丰产偏高糖型品种已居主导地位，如苏联占90%以上，其高糖型品种仅为1.5%左右。

第二章 甜菜种子生理

一、种子构造与化学成分

作为农业术语通常所称甜菜种子，就植物学概念而言，并非种子，实为果实。但属于何种类型果实，往昔未曾赋予统一的确切概念。国内文献书籍中称甜菜种子为蒴果、聚合果、聚花果，按数量性状称其为多粒种子、单粒种子、多胚种子、单胚种子、多芽种子、单芽种子、复果型种子、单果型种子。

按植物学定义，根据雌蕊的心皮数和离合情况的不同，植物果实可分为单果、聚合果（聚心皮果）和聚花果（复果）三种类型。

单果：单果是由一朵花中单生的单雌蕊、复雌蕊和花的其他部分共同发育而成的。单果又以其结构、坚硬程度和开裂方式的不同，分为肉果和干果两类。干果按其成熟后果皮开裂与否，又有裂果和闭果之分。蒴果为裂果类之一种，它由合生复雌蕊发育而成，子房一至多室，含多数种子，成熟时有不同的开裂方式；瘦果为闭果之一种，成熟时果皮不开裂。果实由1—3心皮的子房发育而成，内含一粒种子，成熟时果皮与种子分离。

聚合果：由一朵具有多数群生的单雌蕊的花所形成，每雌蕊形成一小果，集生于一个花托上，称为聚合果。

聚花果：上述的单果和聚合果，都是由一朵花发育而成的果实。有些植物的果实由整个花序发育而成，称为聚花果，亦称复果。聚花果常由花序上其他部分（如花被）一起发育，形成果实的一部分。

鉴于上述果实概念可知，甜菜种子既不是蒴果，又非聚合果。所称单粒种子，是由一朵花中单生的三心皮一室的单雌蕊形成的瘦果，其外宿存木质化的花萼；所谓多粒种子，是由具有2个以上无柄小花的团聚花序（实为单歧聚伞花序或二歧卷伞花序）发育而成的聚花果，其每朵花形成的果实为瘦果。

就数量性状而言，多粒种、单粒种均属物理概念，未体现出生物学含意；多胚种、单胚种称法，赋予了生物学概念，但以胚表征种球内所含果实数，亦嫌不尽妥切（因果实由果皮和种子组成，而种子又包括种皮、胚和胚乳三部分）。

故生产实践上所称甜菜种子，按数量性状区分，以称作单果型种子和复果型种子为妥，可简称单果种与复果种；就果实类型而言，分别属于瘦果与聚花果（复果）。

甜菜种子形态与构造上的特点，是确定其播种技术与创造适宜土壤环境的重要依据。

复果型种子是由3—5个（多者达7个）果实合生的聚花果，表现为不规则的球状，亦称种球。一粒复果种子播种后可发出几个芽（图2—1），形成几棵苗，与利于保苗同时，不仅花费间苗劳力多，而且给机械化栽培带来了困难；单果型种子为瘦果，略呈盘状，内含一个真正种子，只发一个芽，是机械化栽培的理想种子。但无论单果种子或复果种子，因其



图 2—1 甜菜的种子发芽
左，复果种 右，单果种
(Орловский, 1961)

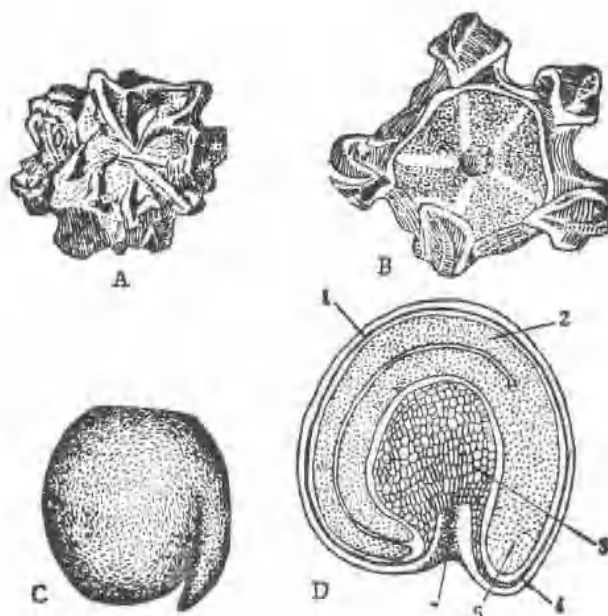


图 2—2 果实(A, B)及种子(C, D)
1. 种皮 2. 子叶 3. 外胚乳 4. 内胚乳
5. 幼根 5. 茎柄痕迹
(《甜菜生理》，1963)

外部皱缩而不规则，又有宿存木质化花萼，致使机械播种不顺畅，务需研磨处理。

单、复果种子的宿存花萼、果皮均为黄褐色或深褐色。以蜜腺为界，分果皮为果盖和果壳（来自花托）。宿存花萼和果皮均由厚壁死细胞组成，这些细胞都具有非常厚的木质化细胞壁，这就是果皮坚硬，种子萌发需吸收种球重120—160%水分的原因。

包藏于干燥而坚固的子房中的种子，形似扁豆，种皮有红褐色光泽（图2—2）。其大小为圆形部分的直径是1.53mm，厚度是1.5mm左右。其重量一般不超过5mg，相当于种球重的26—36%。如此小的种子，显然播种过深难于出苗，应创造细碎的播种床，防止土壤板结，否则影响出苗。种皮由2层珠被所形成，外面被覆角质，含单宁物质极少，容易剥离。

胚的尖凸部分是幼根（胚根），胚轴和子叶呈环状，包围着由来自珠心组织的淀粉所充满的外胚乳。内胚乳大部分退化，残存部分围罩着胚根末端部位，含有淀粉。

甜菜种球所含的化学成分有（为风干重的百分比）：水分11.31，蛋白质7.44，非蛋白含氮物2.25，脂肪5.85，非氮浸出物29.51，纤维素38.18，纯灰分5.40，硅酸0.06。

种球中每百份灰分中含有：钾23.3份，磷酸14.4份，钙8.9份。

种子干物质中有淀粉、脂肪和含氮物，在木质化果皮和果盖中有木素、纤维素和半纤维素（表2—1）。

种子含有不同种类的氮：蛋白质氮占77.9%，有机酸氮占12.7%，氨基酸酰胺氮占4.4%，氨基酸氮占4.4%，酰胺氮占1.8%。在种子的蛋白质组成中，含7.8—12.5%可溶于水的蛋白质，31.5—33.7%溶于5%的氯化钠溶液的蛋白质，还有56.0—58.4%的蛋白质不溶于这些溶剂。

表 2—1 种子和果皮的化学成分 (干物质的%)

种 球 部 分	总 氮	脂 肪	水 溶 糖	淀 粉	半 纤 维 素	纤 维 素	木 素	灰 分
种 子	3.57	21.85	2.48	33.80	1.58	—	—	4.15
果皮同果盖	1.19	1.57	极少	—	13.41	26.80	25.46	6.25

甜菜种子脂肪的比重为0.9172, 折射度1.4723, 碘值127, 皂化值196。

甜菜种子的干物质中有1.90—2.31%的纤维素, 0.46%的卵磷脂, 0.62—0.71%的有机酸。

种子贮藏物质的分布因部位而异。蛋白质绝大部分分布于胚中, 脂肪在胚和外胚乳中, 卵磷脂仅在胚中, 淀粉主要存在于外胚乳中。

果皮不同于种子, 含钙量极高, 而含磷量特低 (表2—2)。

表 2—2 种球各部位的化学成分

种 球 部 位	占干物质的%					每百份灰分中		
	总 氮	灰 分	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅
种 子	3.52	3.75	0.812	0.132	2.09	21.6	3.52	55.7
果 皮	1.21	5.9	1.26	1.29	0.30	21.4	21.8	5.11

在种子所含的纯灰分中磷占优势 (55.7%), 钾次之 (21.6%)。因此, 采种田增施磷钾肥, 对提高种子产量具有明显效果。

甜菜种球里含有氧化苯甲酸、香草素酸、香豆酸和阿魏酸, 并且还含有某种异质物质x。这些物质, 特别是香豆酸、阿魏酸和x物质, 能抑制种子萌发。果皮主要含有香草素酸和x物质, 而种子主要含有香草素酸和阿魏酸。

布萨诺夫指出, 种球果皮浸出物对种子萌发的抑制作用只表现在萌发过程的早期阶段。以后, 受化学的、生理-化学的和生物学等因素的影响, 这些浸出物作为某种生理活跃成分促进萌发过程更旺盛的进行, 使出苗更整齐。当土壤中缺少无机成分时, 果皮的渗出物可以为种苗利用。

早期阶段抑制萌发的生物学意义在于甜菜种子没有后熟现象, 因而当湿润的气候到来时, 果皮的渗出物质可抑制种株上成熟的种球萌发。

据最近的研究表明, 在包被种子的干燥硬化的花萼、花托等组织中, 含有抑制种子发芽的物质。这种物质的主要成分是水溶性的硝酸盐——硝酸钠和硝酸钾。

这种物质当种子播种到田间时, 因为很快溶解于水, 在土壤中扩散、流失, 所以不表现抑制作用。但Snyder等认为, 这种物质的含量与发芽速度之间存在-0.6的相关。他还指出, 这种物质的含量存在遗传上的变异, 并有因系统而含有促进抽蔓物质的情形。

种子贮存的淀粉、脂肪和含氮物质是提供发芽所需能量的物质基础。大种球里含有壮胚和饱满外胚乳的大种子, 可形成壮苗。因而用千粒重高的种子作播种材料为好。优良的播种材料还应具有较高的清洁率、发芽率和低的含水量。甜菜种子的国际标准如表2—3。

表 2—3 甜菜种子的国际标准

种 子 别	清选率的下限 (%)	发芽率的下限 (%)	水分的上限 (%)	单果率的下限 (%)
单果种子	97	80	15	90
糖密种子		75		70
复果种子		70		—

种球的大小因所含的种子数、倍数性、遗传基因型、母根大小、种株上的着生位置、种株生育的环境条件而有较大变化，但其直径大约在8mm以下。种球的大小如表2—4。

表 2—4 种球大小（复果种子）及各种大小所占的比例

种球的大小(mm)	2—2.5	2.5—3.0	3.0—4.0	4.0—5.0	5.0以上	计
二倍体 (%)	8	18	50	14	10	100
多倍体 (%)	1	6	43	21	29	100

一般二倍体的普通种子千粒重最低为13g，最高30g，每g的种子数为30—60粒，1kg种子可发出60000—70000个芽。

多倍体种子千粒重约在18—37g之间，人工单果种子为11—13g，遗传单果品种的二倍体为9.0g，而三倍体为9.1g。通常对二倍体复果种子的大小根据种球千粒重可分为：1.大粒种子（千粒重在20g以上）；2.中粒种子（15—20g）；3.小粒种子（15g以下）。千粒重小于15g的小粒种子，其粒径在2mm以下，种子精选中被筛除。

种球的大小不仅作为决定播种质量的重要指标，而且也是与发芽速度及其以后生育紧密相关的性状。即大种球的发芽率、幼芽干物重、进而到根重和产糖量均较高。此点可由O. K. 科洛苗茨的材料予以证实，即当一粒种子重为5.2、4.0、3.1、2.0、1.5mg时，则块根重相应为503、423、326、270、150g。

由此说明，在种子生产中淘汰轻小种子，是提高块根产质量的有效措施之一。

二、种子萌发的条件

任何作物种子的萌发均需有适当的环境，如水分、氧气、温度、光等等。其中以水分、氧气、温度为主。三者同等重要，缺一不可。

甜菜种子由其构造特点与生物学特性所决定，在对萌发条件的要求方面有其特殊性。

水分 甜菜种子为木质化的花萼与果皮所包被，所以其萌发时的最低吸水百分率（120—170%）明显高于一般作物（水稻22.6、小麦60.0、玉米39.8、大豆107%）。水分是控制种子发芽与否的最重要因子。种子在开始萌发时，必须先吸收大量水分，其他化学变化和生理作用才能逐渐开始。如水可以使果皮和种皮柔软，胚易长出来；干燥的果皮和种皮不易透过氧气，但种子吸水后氧气便易透入，增强呼吸，促进发芽；未萌动种子的原生质胶体成凝胶状态，很不活跃，只进行微弱的转化和呼吸过程。吸水后才转变为溶胶状态，代谢加强；胚和胚乳吸水后，体积膨胀，可使种皮破裂，果盖脱落，种子萌发并开始

生长时，必须将贮藏物质转变为可溶性物质，运输到生长部位，这些物质的转变和运输都需要水分。所以播种床的土壤水分对种子发芽快慢和发芽率有很大的影响。

氧气 甜菜种子发芽时，呼吸作用相当强烈，所以氧气是种子发芽时不可缺少的条件。因为：第一种子萌发在代谢上是一个非常活跃的过程。从物质代谢上看，许多贮藏物质要分解成简单的可溶性有机化合物，以供种子在萌发中形成新的细胞组织和器官建成需要；第二产生的这些有机化合物在种子内要进行重新分配，细胞组织和器官之间的物质要进行快速而频繁的转移；第三运输到形成新器官部位的这些物质，要进行再合成，以建成新的组织和器官。这些过程需大量氧气，否则萌发受阻。另外，在缺氧的条件下，甜菜种子只通过无氧呼吸来供给萌发所需要的能量，在短时间内要消耗大量有机物质，降低能量利用率，同时无氧呼吸产物——酒精可以使种子胚中毒。如果播种过深，其后地面又被雨水溅打板结，则不易发芽；又如播种在过湿土壤中的种子，因氧气不足而抑制萌发，且在这种情况下土壤中一些嫌气性微生物得到大量繁殖，加大种子感染病害的机会，易使种子感染病害，发生霉烂，而导致缺苗。

温度 种子在吸收足够水分和获得充分氧气以后，还需有相当的温度才能萌发。甜菜种子具有在低温甚至1℃下也能发芽的特性，此为早播提供了生物学依据。但温度过低，发芽迟缓，幼苗细弱，易感染立枯病。甜菜发芽的最低温度为4—5℃，最适温度为25℃，最高温度为28—30℃。甜菜种子发芽所需积温为100—120℃（表2—5）。

表 2—5 甜菜种子发芽日数与积温

地 点	年份	供试品种	播 种 期 (月、日)	发 芽 期 (月、日)	发芽日数 (天)	积 温 (℃)	
						气 温	10cm地温
根 靠 分 场	1959	本育192号	5.10	5.22	12	121	—
	1960	本育192号	5.12	5.27	15	125	—
十 胜 农 试 场	1972	卡背也鲁塔	4.25	5.5	10	124	98
	1973	卡背也鲁塔	4.24	5.7	13	103	97
	1974	手罗拉背	4.27	5.10	13	109	89
	1975	手罗拉背	5.2	5.14	12	120	85

种子发芽速度与温度的关系是，温度低发芽时间长，在适温范围内，发芽日数随温度升高而减少（表2—6）。

表 2—6 甜菜种子发芽速度与温度的关系

温度 (℃)	1—2	3—4	6—7	10—11	15—25
天	45—60	25—30	10—15	8—10	3—4

据甜菜种子萌发与温度的关系，当早春5—10cm土层温度达5—6℃时，即可播种。

甜菜种子的发芽，只有萌发的外界条件搭配适当，才能顺利进行。如土壤水分过少时，即使空气、温度适宜，亦迟迟不发芽，甚至炕籽待雨。反之，如土壤水分过多，则氧气不足，温度亦低，种子不易萌发，甚至出现霉籽现象。只有通过伏秋深翻，精细整地，创造水、气、热三相适宜的良好耕层，才有利于种子萌发。