



目 录

前言

第一章	棉花的起源及传入	1
第一节	棉花的起源地	1
第二节	我国棉属栽培种的传入	2
第三节	棉花名称的演变	5
第二章	棉花的种子	6
第一节	棉花种子的形态	6
第二节	棉花种子的结构	8
第三节	棉花种子的化学成分	11
第四节	棉花种子的质量与检验	11
第五节	棉花种子的贮藏、寿命与休眠	17
第三章	棉花播种及出苗	19
第一节	播前准备及播种	19
第二节	棉花种子的萌发与出苗	22
第三节	棉花种子萌发及出苗的影响因素	24
第四章	棉花根茎叶的形态特征与生长	28
第一节	棉花的根	28
第二节	棉花的主茎和分枝	32



第三节	棉花的叶片	38
第五章	现蕾与开花	46
第一节	棉花花芽的分化	46
第二节	现蕾至开花	48
第三节	开花受精	51
第六章	棉花蕾铃脱落与控制	58
第一节	棉花蕾铃脱落的生物学规律	58
第二节	棉花蕾铃脱落的原因	59
第三节	防止蕾铃脱落的措施和途径	62
第七章	棉铃的发育	65
第一节	棉铃的形态	65
第二节	棉铃的生长发育	66
第三节	棉铃的时空分布	70
第四节	影响棉铃发育的因素	72
第八章	吐絮与收获	75
第一节	吐絮	75
第二节	收获	76
第九章	棉纤维	78
第一节	棉纤维的类型	78
第二节	棉纤维的形态及结构	80
第三节	棉纤维主要性能指标	82
第十章	棉花主要病害及其防治	88
第一节	棉花黄萎病	88
第二节	棉花枯萎病	91
第三节	棉苗立枯病	93
第四节	棉铃疫病	95
第五节	棉花生理性早衰	97

第十一章	棉花主要虫害及其防治	100
第一节	棉蚜	100
第二节	棉铃虫	104
第三节	绿盲蝽	108
第四节	棉叶螨	111
第五节	甜菜夜蛾	113
第六节	烟粉虱	115
第七节	蓟马类	117
第十二章	棉花产品综合利用	121
第一节	棉纤维	121
第二节	棉短绒	124
第三节	棉子油	125
第四节	棉油泥	127
第五节	棉子蛋白	127
第六节	棉酚	128
第七节	棉粕	129
第八节	棉秸秆	131

第一章

棉花的起源及传入



在植物学分类上，棉花属于种子植物门、被子植物亚门、双子叶植物纲、锦葵目、锦葵科、棉属。根据棉花形态学、细胞遗传学和植物地理学等方面的研究，发现棉属共有51个种，除4个栽培种外，其余均为野生种。

第一节 棉花的起源地

人类最早在什么地方种植利用棉花，历史上已无从考证，但经过历代农学、史学、考古学等方面专家、学者的不断探索、发现、分析和论证，棉花起源区域基本明确。

一、亚洲西南部

20世纪80年代，在巴基斯坦锡比城附近发掘出据称是迄今为止最古老的棉花种子，距今已有7000多年。1928年，在印度河流域巴基斯坦境内摩亨佐·达罗（Mohenjo-Daro）的一座古墓中，发掘出公元前3000年至公元前2750年的3件棉布标本，这些棉布标本是世界上已知最早的棉织品，是人类利用棉花最早的实物证据，同时也表明，古印度纺织棉布的历史已有5000年之久。最早的文字记载见于距今3500年的印度《佛陀经典圣诗》中提到“织布机上的线”。在2800多年前的印度佛经中，棉花已经是常见之物。公元前1000年前后，印度种植棉花已有较大进展。在史前相当一段时期内，印度的精湛纺织品已享有盛誉，远销各地。

二、美洲

20世纪50年代，在发掘南美洲秘鲁北部的华卡普里泰时，发现了公元前2400年的棉织渔网和公元前1700年的灯芯，以及公元前1600年的其他棉织品。在中美洲尤卡坦半岛“玛雅文化”遗址中，发现了古代织法十分特殊的精致棉织品碎片，考古学家认为，美洲古代印第安人种植棉花的历史至少可以追溯到5000年以前，甚至更为久远的年代。



第二节 我国棉属栽培种的传入

在棉属的51个种中，有4个种被人类长期选择进化成世界各地广泛种植的栽培种，即亚洲棉、非洲棉、陆地棉和海岛棉。

一、亚洲棉及其传入

亚洲棉 (*Gossypium arboreum* L.) 属于二倍体栽培棉种，染色体为13对。亚洲棉起源于印度河下游河谷地带，又称土棉、紫棉、小棉花等。早期原始的亚洲棉为多年生木本，后来栽培的亚洲棉均为一年生。中国引进亚洲棉的历史悠久，种植地区广泛，经过长期人工选择和自然驯化，又培育出许多优良品种和多种变异类型，从而形成了著名的中棉种系。因此，中国的亚洲棉又称中棉。

公元前1000年至公元前500年，亚洲棉从印度向东传播，经过孟加拉国、缅甸、泰国、老挝、越南传入中国海南、云南、广东、广西、福建和西藏等地，在我国西部和南部地区开始种植。

亚洲棉传入我国的具体时间难以确定，据史书记载，我国最早开始植棉的区域应该是海南、云南等地。《后汉书·南蛮传》载：“武帝末年，珠崖太守会稽孙幸调广幅布献之。”珠崖即现今的海南岛。这表明在公元前2世纪时，海南岛一带居民已经开始种棉织布。另据《后汉书·西南夷传·哀牢夷》载：“哀牢人……有梧桐木华，绩以为布，幅广五尺，洁白不受垢污。”《南越志》载：“南诏诸蛮不养蚕，惟收娑罗木子中白絮，纫为丝，织为幅，名娑罗笼段。”哀牢和南诏即今日云南省南部地区，梧桐木华和娑罗木子即多年生木本亚洲棉。

亚洲棉传入我国后，经过漫长岁月，逐渐扩展北移。公元3~13世纪主要在南岭山脉以南及四川等地种植。到公元13~19世纪，逐渐扩展到长江流域，进而扩展到黄河流域乃至全国。直到20世纪初，亚洲棉在我国植棉业中仍居主导地位。随着植棉业的不断发展，由于亚洲棉纤维较短，不适于机器纺织而逐渐被陆地棉和海岛棉所取代。

二、非洲棉及其传入

非洲棉 (*Gossypium herbaceum* L.) 属于二倍体栽培棉种，染色体为13对。非洲棉又称草棉、小棉，起源于非洲南部，是非洲大陆栽培和传播较早的棉种，在史前时期即扩展到几乎非洲全部地区，后又通过部落和各国人民之间的贸易往来逐渐向外传播，经埃塞俄比亚、埃及、伊朗、伊拉克、土耳其、希腊传至东方各国。

我国新疆植棉的最早文字记载见于《梁书·西北诸戎传》载：“高昌国多草木，草实如茧，茧中丝如细纴，名曰白叠子，国人多取织以为布，布甚软白，交市用焉。”高昌即今日的新疆吐鲁番，白叠子即一年生的非洲棉。表明当时吐鲁番一带已开始植棉、织布，并以棉布作为商品进行交易。

1959年，在新疆民丰县以北的塔克拉玛干沙漠中，发掘一座东汉时期夫妻合葬墓，墓中出土了作餐布用的两块蓝白印花布、白布裤和手帕等棉织品；1976年，又在该县尼雅遗址的东汉墓中发掘出土蜡染棉布。这些是我国西北地区现存最古老的棉布实物材料。1995年，在新疆库尔勒市尉犁县营盘的一座汉晋墓地出土了棉铃、棉子等，经中国农业科学院棉花研究所专家鉴定，属于非洲棉。由此可以确定汉晋时期（公元2～3世纪）库尔勒一带已经开始种植棉花。

根据史书记载和出土文物可以基本确定非洲棉传入我国新疆地区最晚在公元2～3世纪。

非洲棉产量低，纤维短，早熟，生长期短，适应于无霜期短的新疆和甘肃河西走廊地区，因此始终没有大量东渡黄河进入中原腹地。20世纪50年代后，随着陆地棉和海岛棉的推广，不适于机器纺织的非洲棉逐渐被淘汰。

三、陆地棉及其传入

陆地棉（*Gossypium hirsutum* L.）属于四倍体栽培棉种，染色体为26对。陆地棉又称为细绒棉，原产于中美洲，约在17世纪初从墨西哥引入美国南部，以后辗转传至各主要产棉国。由于美国种植陆地棉的历史悠久，面积也大，因而又常将陆地棉称为美棉。

陆地棉在19世纪中后期由美国从海上经中国上海、天津等地传播到我国内地。1866年《天津海关年报》中英国人Thands Dick记述：“尽管中国的棉花品种来源于印度，但中国的气候条件与纬度与之差异较大，与美国更为相似，中国的棉花播种季节也和美国一致，因而十分关注1865年将美棉种子引来上海种植的结果。”这是迄今为止有据可查的中国最早引入美棉（陆地棉）的文字记录。之后，1892年，清朝洋务派湖广总督张之洞委托清政府驻美公使崔国因耗费白银两千两（折合人民币180万～200万元）从美国引进34担（约合1.7t）陆地棉种，分发给湖北天门、孝感、武昌、麻城、江夏、兴国、大冶、黄冈等州县种植，这是我国正式引种大量陆地棉的开始。

虽然陆地棉传入我国的历史较短，但由于陆地棉适应性强、产量高、纤维品质好，适宜于机器纺织，深受各地农民和纺织行业的欢迎，因而发展传播速度很快，于20世纪50年代末取代了亚洲棉和非洲棉，成为我国种植区域最广、面积最大、产量最高的栽培棉种。



四、海岛棉及其传入

海岛棉 (*Gossypium barbadense* L.) 属于四倍体栽培棉种, 染色体为26对。海岛棉原产于南美洲、中美洲和加勒比地区, 1492年哥伦布发现新大陆后便带回欧洲种植, 1786年在美国开始大面积栽培, 由于曾经大量分布于美国东南沿海及其附近岛屿, 故称为海岛棉。因其纤维细长, 又称长绒棉。海岛棉种类较多, 分为多年生和一年生两大类。多年生海岛棉又称木棉, 有离核木棉和联核木棉两类; 一年生海岛棉有埃及型和海岛型两类。

(一) 多年生海岛棉

我国云南、广东等省有多年生海岛棉种植, 但何时从何地传入我国, 尚不明确。

联核木棉。又称巴西棉, 在我国华南地区分布较广, 其产量不高, 面积不大, 栽培历史不详。在英国人瓦特1907年所著的《世界野驯棉种》中述及巴西棉之分布时, 即有中国在内, 说明20世纪初中国已有此棉种, 但何时从何地传入我国已难考证。

离核木棉。据报道, 1918年云南开远县实业局局长傅植在开远西门外吕祖殿遗址发现一株木棉, 后经鉴定为离核木棉。该种何时从何地引进云南, 已不可考。冯泽芳认为, 鉴于云南信奉伊斯兰教的人较多, 常去埃及一带朝圣, 该棉子很可能是回教徒自埃及带入。离核木棉主要分布在云南省的金沙江、南盘江、澜沧江、元江、怒江沿江及海拔较低的地方, 约25个县, 以开远、蒙自、建水为最多。由于各县的自然条件和人为选择, 性状都有些差异, 因此, 常以县得名, 如开远木棉、文山木棉、弥勒木棉、元江木棉、墨江木棉、瑞丽木棉、景谷木棉、石屏木棉、思茅木棉、车里木棉、陇川木棉等, 其中, 以文山木棉成熟较早, 纤维长度达40mm, 细度达8 000m/g, 但强力较差, 仅3.61g。

(二) 一年生海岛棉

一年生海岛棉的传入。1916年, 海南岛崖县铁炉港农发公司引种海岛棉初见成效, 这应该是我国最早试种一年生海岛棉的记录。1919年, 上海华商纱厂联合会从美国购得8个棉花品种, 分发国内主产棉区26处进行试验, 其中, 有2个品种为一年生海岛棉。1939年, 开远木棉试验场征集到美国的两个海岛棉品种——‘海流’(海岛型)和‘埃及’(埃及型)。后来我国育种学家从‘海流’中选育出长绒3号, 从‘埃及’中选育出跃进1号。

20世纪50年代, 我国从苏联引进一年生海岛棉种植于新疆, 新疆以其独特的地理和气候条件, 成为我国唯一的海岛棉生产基地。目前, 绝大部分海岛棉集中种植在阿克苏地区。海岛棉纤维细长、富有丝光、强力高, 是纺织、制造高档和特种棉纺织品的重要原料。

第三节 棉花名称的演变

我国是很早种植棉花的国家之一，但开始并没有棉花这个名称，棉花的名称也在历史发展的不同时期、不同地域发生着变化和更替。

先秦时期称“织贝”“吉贝”；两汉时期称“白叠”“帛叠”；三国、两晋时期称“古贝木”“白梧桐”等；南北朝时期称“娑罗木”“古绿藤”“古贝”“白叠”等；隋、唐、五代时期则称“古贝”“橦”“白叠”等；宋、辽、金、元时期名称更多：“古贝”“古贝木”“白叠”“木棉”“木绵”“吉贝”“娑罗木”等；明朝时期称“木绵花”“绵花”“娑罗绵”“棉”等；清朝时期则称“绵花”“吉贝花”“棉花”等。上述名称，多从古代梵语、阿拉伯语、马来语、古突厥语等音译而来。

我国古代原无“棉”字，只有“绵”或“絺”，原指蚕所产的丝棉。棉花传入我国后，种棉渐多，为人所常见，由于棉絮洁白，酷似丝棉，遂称棉花为“木绵”，即加上“木”字以表明系植物所长之棉，而区别于蚕产之丝棉。大约在南宋时期，出现了木字旁的“棉”字，专指棉花。“棉”字比“木绵”更为简单准确，很快被大家接受。此后，我国历史上便广泛用此“棉”字，直到如今。然而，历史上的“木绵”两个字并未消失，而是改为“木棉”延续保留至今。现在木棉所指的多年生木本植物，包括棉花树和木棉树。

参考文献

- 崔瑞敏,刘素恩,崔淑芳,2015.河北植棉史[M].石家庄:河北科学技术出版社:1-5.
- 过兴先,1986.我国古代植棉史的讨论[J].中国农业科学(6):84-88.
- 刘咸,陈渭坤,1987.中国植棉史考略[J].中国农史(1):35-44.
- 佟屏亚,1978.棉花的传播史[J].中国棉花(5):36-38.
- 汪若海,1983.我国美棉引种史略[J].中国农业科学(4):30-35.
- 汪若海,1991.我国植棉史拾零[J].农业考古(1):323-324,337.
- 汪若海,承泓良,宋晓轩,2017.中国棉史概述[M].北京:中国农业科学技术出版社:8-17.
- 于邵杰,1993.中国植棉史考证[J].中国农史,12(2):28-34.
- 张胜,李琴,2016.新疆海岛棉生产现状与发展建议[J].中国种业(3):6-8.
- 章楷,2009.中国植棉简史[M].北京:中国三峡出版社:5-16.

第二章 棉花的种子



种子是植物个体发育的基础，棉花的一生从种子萌发出苗开始，到种子发育成熟结束。种子既是上一代的结束，又是下一代的开始。其质量的好坏，直接关系到苗全、苗齐、苗壮，影响产量形成。

第一节 棉花种子的形态

一、棉花种子的分类

棉花的种子，通常称为棉子，表面被覆2种纤维毛：一种为长度较长主要作为纺织原料的棉纤维；另一种为纤维长度较短的短绒。陆地棉中这两种纤维布满整个棉子的表面，但也有一些品种短绒少或是没有短绒。棉子与覆着的纤维构成了子棉。

收获的子棉轧去纤维后，获得的棉子，其表面大多覆盖一层短绒，根据种皮上短绒的着生位置及短绒的疏密程度，可以将棉子分为4种：毛子、稀毛子、端毛子和光子（图2-1）。毛子与稀毛子的划分也不是绝对的，与轧花机的种类及调试参数的不同有关。端毛子和光子常见于棉花种质资源材料中，在生产上的



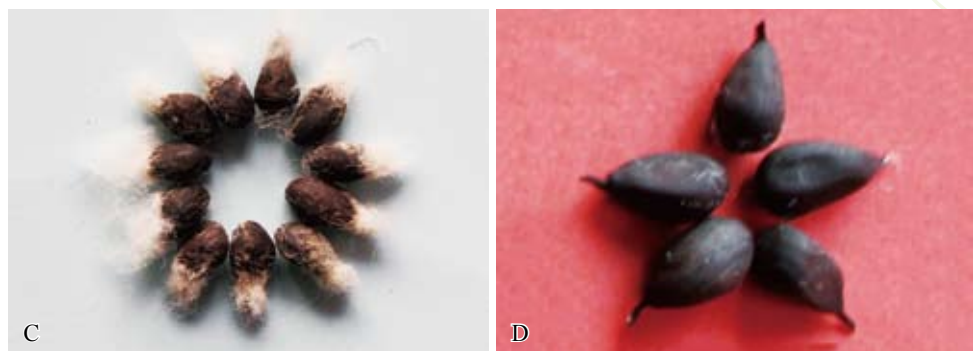


图2-1 棉子

- A. 毛子：种皮外密被一层短绒，一般为白色，生产上绝大多数品种的种子为白色毛子；
 B. 稀毛子：种皮外短绒较稀，一般为白色；C. 端毛子：种皮的两端或者一端有短绒，而中间没有短绒；
 D. 光子：种皮外无短绒

品种中较为少见。

棉子的短绒一般为白色，白色短绒也因品种不同而略有差异。彩色棉种子的短绒与纤维颜色一致，部分品种短绒颜色比纤维略深，常见的为棕色和绿色（图2-2）。



图2-2 短绒的不同颜色

除种皮没有短绒的光子品种外，大部分棉花种子播种前一般都要进行脱绒处理，使其成为光子（图2-3）。棉花种子脱绒分为机械脱绒和化学脱绒两大类。机械脱绒目前使用的是“刷轮式棉种脱绒机”；化学脱绒普遍使用的有计量式泡沫酸脱绒和过量式稀硫酸脱绒2种方式。脱绒可去除种子短绒上的病菌，利于预防苗期病害。脱绒后，有助于机械和人工进行精选，以提高种子的健子率和发芽率。脱绒后的棉子便于机械化播种。



图2-3 脱绒后的光子



二、棉花种子的大小、颜色与形状

棉花种子的大小一般用质量指标来表示，如单粒重、千粒重、子指。生产上应用较多的是子指，即100粒种子的质量(g)。不同品种的子指存在一定的差异，种子的成熟度不同，其子指也会有差异。陆地棉成熟种子的子指一般为9~12g，每千克种子为8000~12000粒(图2-4)。海岛棉的子指较大，亚洲棉的子指较小，非洲棉的子指更小。

成熟种子的种皮颜色多为棕褐色，质硬；未成熟种子(图2-5)的种皮呈红棕色、黄色乃至白色，壳软。不同品种种皮颜色有区别，同一品种成熟度不同种皮颜色也有差异。种子存放年限、脱绒方法等也影响种皮颜色。生产上常见的不同色彩的棉花种子为包衣处理后的种子。



图2-4 不同大小的棉花种子



图2-5 未成熟种子

棉子一般呈不规则梨形，也有的呈圆锥形、卵圆形(图2-6)，但在棉花种子发育过程中，常因结铃时间、结铃部位、在铃室中的位置不同，种子的形状也略有差异。



图2-6 不同形状的种子

第二节 棉花种子的结构

一、棉花种子的外部结构

棉花种子多数呈不规则梨形，钝圆的一端是合点端，如果将种子的外种皮

剥去，会发现在合点端的壳内有一帽状小盖，为合点帽。种子萌发时，合点帽缝隙张开，成为种子吸水和通气的主要渠道。种子相对狭窄的一端，是珠孔端。珠孔端有一棘状突起，称子柄，这是珠柄的遗迹。子柄旁边有一小孔，即发芽孔，是珠孔的遗迹。成熟、干燥的种子，发芽孔往往是封闭的。浸种、催芽时，种子萌发，胚根由珠孔穿出，所以珠孔又称发芽孔。种皮的表面有一道细缝，贯穿于子柄与合点之间，称为种脊，由珠柄弯曲后与外珠被愈合而成（图2-7）。



图2-7 棉子的外部结构

二、棉花种子的内部结构

在植物学上，种子是指从胚珠发育而成的繁殖器官，根据有无胚乳分为有胚乳种子和无胚乳种子。无胚乳种子是指在其发育过程中，胚乳中的营养物质多数转移到胚中，因而有较大的胚，其子叶较为发达，而胚乳消失，或者没有完全消失而有少量残留，均归为无胚乳种子。棉花种子为无胚乳种子，胚乳遗迹呈乳白色薄膜状包在胚的外面。

棉花种子自外向内由种皮和种胚构成，种皮分外种皮和内种皮。外种皮由外珠被发育而成，分为表皮层、外色素层和无色细胞层三部分，质厚而强韧。内种皮由内珠被发育而成，呈薄膜状，分为栅状细胞层和内色素层两部分。栅状细胞层木栓化，细胞排列整齐而紧密，种子成熟时，其厚度约占全部种皮的50%以上（图2-8）。

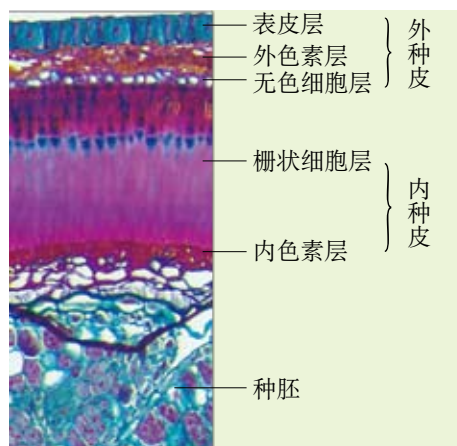


图2-8 棉子的内部结构



种皮内包裹的种胚是种子最主要的部分，是原始状态的新植株体，由胚芽、胚根、胚轴和子叶四部分组成。子叶两片着生于下胚轴上，是种胚的幼叶，呈迂回褶皱状，占整个胚的大部分，主要功能是贮藏营养物质。胚芽着生于两片子叶之间，子叶对其起保护作用。成熟种子的胚芽内一般已分化出2个真叶原基，成熟度差的多数只有1个真叶原基，真叶原基将来发育成真叶。胚轴是连接胚芽和胚根的过渡部分，子叶着生点和胚根之间的部分称为下胚轴，而子叶着生点以上的部分称为上胚轴。胚根位于种子的尖端，在胚轴下面，将来发育成主根（图2-9）。

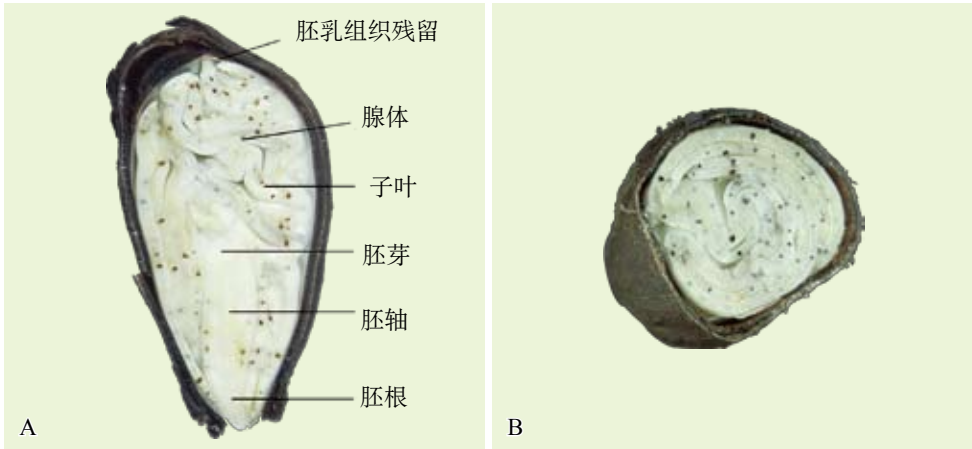


图2-9 成熟棉子（有酚棉）

A. 纵切面；B. 横切面

种仁中分布的褐色小点称为色素腺体（棉酚），色素腺体呈圆形、油滴状，外围被一层排列紧密的红色细胞所围绕。但低酚棉种质、种仁无腺体（图2-10）。

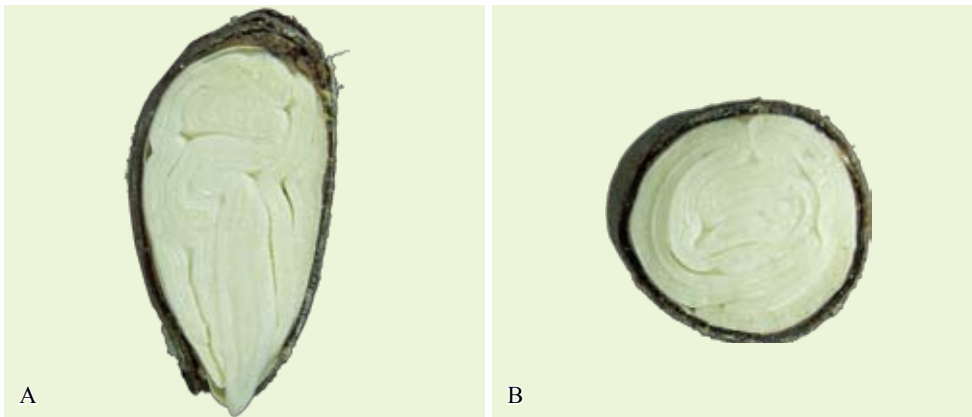


图2-10 成熟棉子（低酚棉）

A. 纵切面；B. 横切面

第三节 棉花种子的化学成分

棉花种子由棉子壳（种皮）和种仁（种胚）组成。

棉子壳含纤维素（37%~48%）、半纤维素（22%~25%）和木质素（29%~32%）。从分子结构上说，纤维素和半纤维素都是高分子多糖类，木质素是一种芳香族高分子化合物。另外，棉子壳还含有少量的水分和灰分。

种仁的成分主要是脂肪（35%~46%）、蛋白质（30%~35%）和碳水化合物（15%左右），此外，还有一定量的氨基酸、棉酚和灰分等，种仁中各化学成分的含量因棉花品种的不同而有差异。

种仁中的蛋白质含量高于水稻、小麦和玉米，蛋白质含量与种仁大小、种植的生态区域有关。

种仁脂肪中的不饱和脂肪酸含量高于菜子油，与大豆油相近。陆地棉种仁中的脂肪酸以不饱和脂肪酸（主要为油酸、亚油酸、亚麻酸）为主，占比达73%~79%，饱和脂肪酸（主要为棕榈酸、硬脂酸）为20%~25%。不同品种（系）的种仁脂肪酸组成相同，但各脂肪酸含量略有差异。

种仁内含有人体必需的8种氨基酸，以谷氨酸、精氨酸、天冬氨酸含量最多，胱氨酸的含量最低。人体不能合成的赖氨酸含量占氨基酸总量的6%，达到较高的水平。氨基酸含量因种子成熟度变化而呈现出一定的差异，一般以健子种仁内氨基酸含量最多，嫩子最少。

棉酚是一种黄色多酚羟基双萜类化合物。有腺体棉棉仁的棉酚含量多在0.8%以上，低酚棉棉仁的棉酚含量均低于0.02%。棉子种皮颜色变化与酚类物质含量有密切关系，充分成熟种子的种皮颜色呈深褐色，它的酚类物质含量较低。种仁中棉酚含量随收获时期后延而升高，较早收获的种子棉酚含量相对较低，后期收获的种子棉酚含量相对较高。

第四节 棉花种子的质量与检验

一、棉花种子的质量

棉花种子发育形成的好坏直接影响棉子质量，而棉子质量由不同特性综合而成。其特性分为四大类：一是物理质量，采用净度、其他植物种子计数、水分、重量等指标的检验结果来衡量；二是生理质量，采用发芽率、生活力和活力等指标的检测结果来衡量；三是遗传质量，采用品种真实性、品种纯度、特

放入经过恒重的铝盒，称重。打开铝盒，盒盖置于盒底，摊平样品，立即放入预先调好温度的烘箱内（图2-12），当烘箱内温度稳定在105℃时开始计时，烘8h。取出铝盒，迅速盖好盒盖，放在干燥器内，冷却至室温（需30～45min）后，用电子天平称重（图2-13）。根据烘干后减少的水分质量计算种子水分：

$$\text{种子水分 (W, \%)} = (M_2 - M_3) / (M_2 - M_1) \times 100$$

式中， M_1 ——铝盒和盖的质量（g）； M_2 ——铝盒和盖及样品的烘前质量（g）； M_3 ——铝盒和盖及样品的烘后质量（g）。



图2-12 烘箱



图2-13 电子天平

3. 健子率检测 健子率是指棉花种子样品中，除去秕子、嫩子等成熟度差或霉变的棉子，留下的健壮种子数占样品总粒数的百分率。

检测毛子的健子率一般采用硫酸脱绒法先脱去短绒，用清水冲洗干净，然后，将种子样品随机分成4份，从每份中随机取100粒，根据种皮的颜色差异进行鉴别（图2-14）。种皮呈深褐色则为健子；种皮呈浅褐色、黄白色则为不成熟子，即非健子。分别计数，计算健子率，以4份样品的平均健子率作为最终结果。



图2-14 四分法检测健子率

硫酸脱绒法对成熟度差的秕子、嫩子可以进行准确鉴定，但有些霉子则无法鉴别出来，采用切割法对种仁进行鉴定，可获得更准确的健子率结果



(图2-15)。从种子样品中随机取试样4份，每份100粒，依次摆放入切割条内的小孔中，然后，用壁纸刀划开，依次观察，根据色泽、饱满程度进行鉴别。色泽新鲜、油点明显、种仁饱满者为健子，反之为非健子。分别计数，计算健子率，以4份样品的平均健子率作为最终结果。



图2-15 切割法检测健子率

健子率的计算方法如下：

$$\text{健子率}(\%) = \frac{\text{健子数}}{\text{健子数} + \text{非健子数}} \times 100$$

4. 发芽试验 种子发芽力是指在适宜的条件下，棉花种子发芽并长成正常幼苗的能力，通常用发芽势和发芽率表示。发芽势是在适宜的发芽条件下，4d内正常发芽种子数占供试种子数的百分率。种子发芽率则是指12d内正常发芽种子数占供试种子数的百分率。

发芽试验用于检测棉花种子的发芽势和发芽率，目的是测定种子批的最大发芽潜力。在实验室内，可以人为控制温度、水分和透气状况，因此，结果比较理想、可靠。

发芽试验在光照培养箱中进行(图2-16)，发芽温度为变温20~30℃(低温16h，高温8h)或恒温25℃，试验前设置好发芽温度。通常采用消毒、过筛(0.5~0.8mm)的细沙作为发芽介质，干沙中加入水，充分拌匀，达到



图2-16 光照培养箱

手捏成团，放手即散开为宜。送验样品中，随机取400粒种子，每个发芽盒中50粒，每2盒为一个重复，共4个重复。将搅拌均匀的细沙平铺在发芽盒的底部，作为种子的发芽床。将种子均匀排在发芽床上，种子间保持一定的距离，上面盖1cm左右的沙层。之后，盖上发芽盒盖，在发芽盒上注明样品编号、重复次数、置床日期等（图2-17）。



图2-17 发芽盒

将发芽盒放入培养箱中，分别于第4、7和12天统计幼苗数，从发芽盒中拣出发育良好的正常幼苗，对可疑或损伤、畸形或不均衡的幼苗，通常放在末次计数。严重霉烂的幼苗或发霉的死种子应及时从发芽床中除去，并随时增加计数。按正常幼苗、不正常幼苗、新鲜不发芽种子、硬实和死种子分类计数统计（图2-18）。最后计算发芽势和发芽率。



图2-18 不同发育状态的幼苗

发芽势 (%) = 4d内长成正常幼苗的种子数 / 试验种子数 × 100

发芽率 (%) = 12d内长成正常幼苗的种子数 / 试验种子数 × 100

当4次重复试验的正常幼苗数的百分率均在最大容许误差范围内（表2-1），则计算4个重复的平均数作为发芽率。若超过最大容许误差，则需要重新试验。



表2-1 同一发芽试验4次重复间的最大容许差距

平均发芽率		最大容许差距
50%以上	50%以下	
99	2	5
98	3	6
97	4	7
96	5	8
95	6	9
93~94	7~8	10
91~92	9~10	11
89~90	11~12	12
87~88	13~14	13
84~86	15~17	14
81~83	18~20	15
78~80	21~23	16
73~77	24~28	17
67~72	29~34	18
56~66	35~45	19
51~55	46~50	20

数据引自：农业部全国农作物种子质量监督检验测试中心，2006.《农作物种子检验员考核学习读本》。

5. 种子活力 种子活力是种子质量的重要指标之一，与田间出苗质量密切相关。种子活力是指种子或种子批发芽和出苗期间的活性强度及种子特性的综合表现，表现良好则为高活力种子，表现差则为低活力种子。2004年出版的《国际种子检验规程》将活力定义为：“种子活力是指在广泛的环境条件下，决定可接受发芽率的种子批的活性和性能那些特性的综合表现”。种子活力是一种能表达如下有关种子批性能的综合概念：①种子发芽及幼苗生长的速率和整齐度；②种子在不利环境条件下的出苗能力；③贮藏一定年限后保持发芽力的性能。种子活力是种子的重要品质，高活力种子具有明显的生长优势和生产潜力。测定种子活力是保证田间出苗率和生产潜力的必要手段。

活力测定的方法有多种，有2种列入《国际种子检验规程》，分别为加速老化测定和电导率测定。

(1) 人工加速老化法 加速老化是根据高温(40~45℃)和高湿(100%相对湿度)导致种子快速劣变这一原理进行测定。高活力棉花种子能忍受逆境条件处理,劣变较慢;而低活力种子劣变较快,较多生长为不正常幼苗或者完全死亡。

棉种加速老化常用的方法:在玻璃瓶内加入适量水,上面放置铝丝网,将棉种试样均匀平铺在铝丝网上,密闭瓶口。在玻璃瓶底部加热,使水分蒸发保持瓶内高湿度,并使瓶内温度保持在40~45℃,瓶内相对湿度基本达到100%,使种子在这样的条件下经过72h处理后,取出,吹干或风干,按照标准发芽的方法检测发芽势和发芽率。能够长成正常幼苗的种子,其抗衰老能力强,即为高活力种子。

(2) 电导率测定法 高活力种子细胞膜完整性好,浸水后渗出的可溶性物质或电解质少,浸泡液的电导率低。电导率与田间出苗率呈显著负相关关系,通过检测种子浸出液的电导率可以间接评估棉花种子活力。

具体方法:取棉花种子150粒,设3个重复,每重复50粒,称重,放入容量200mL的三角瓶中,加入100mL蒸馏水,加塞,摇晃片刻,在经过校正电极的电导仪上测定电导率,记为初始值(A)。然后将三角瓶置于30℃温箱中保温浸泡(毛子12h,光子6h),将三角瓶从温箱中取出并充分震荡1min,待溶液静止后,测电导率值(B)。前后2次测定值的差值(B-A)即为实际电导率(单位为 $\mu\text{S}/\text{cm}$)。可用此来评估棉花种子活力,电导率高则种子活力低,反之则活力高。

第五节 棉花种子的贮藏、寿命与休眠

种子从收获到再次播种需经过或长或短的贮藏阶段。在贮藏期间,有生命力的种子,仍不断地进行着贮藏物质的分解和生命物质的合成,这种过程就是新陈代谢,其表现就是呼吸作用。在种子贮藏期间,发生各种生理和生物化学的作用,因这些作用,种子的发芽势、发芽率和贮藏的营养物质的含量等均发生很大的变化。

种子寿命是指种子群体在一定环境条件下保持生活力的期限。当一批种子的发芽率从收获到发芽率降至50%时所经历的贮藏时间,为该批种子的平均寿命。棉花种子的寿命受种子自身活力和贮藏条件(如温度、湿度、通气状况等)的影响。一般贮藏条件下,棉花种子的寿命可以维持2~3年,但在低温、干燥和密闭的条件下,棉花种子的寿命可以维持10年,甚至更长时间。

种子休眠是指种子本身未完全通过生理成熟过程或存在发芽障碍,虽然给



予适当的发芽条件,但仍不能萌发的现象。种子形态成熟后,被收获,与母株脱离,但种子内部的生理生化过程仍然继续进行,直到生理成熟。从形态成熟到生理成熟变化的过程,称为种子后熟作用。休眠指生理休眠,是广义的名词,后熟是休眠的一种状态,或是引起休眠的一种原因。未通过后熟作用的种子,不宜作为播种材料,否则发芽率低,出苗不整齐,影响成苗率。通过贮藏或日晒等方法可以破除棉花种子休眠,也可以用硫酸亚铁、氯化铁或双氧水等化学物质浸种处理。

参考文献

- 陈杏云,1984. 棉子壳的综合利用[J]. 中国棉花(1): 46-48.
- 陈布圣,1982. 棉花器官的形态建成及其生理——第九讲 种子的形态构造及发育[J]. 湖北农业科学(11): 37-40.
- 董合忠,李维江,张晓洁,2004. 棉花种子学[M]. 北京: 科学出版社: 1-100.
- 房卫平,吴中道,吴耀芳,等,1995. 我国低酚棉研究进展[J]. 中国农业科学,28(增刊): 61-69.
- 黄骏麒,1998. 中国棉作学[M]. 北京: 中国农业科技出版社: 155-164.
- 季道藩,朱军,1988. 陆地棉品种间杂种的种仁油分和氨基酸成分的遗传分析[J]. 作物学报,14(1): 1-6.
- 贾仁清,翁才浩,1982. 棉花的一生[M]. 南京: 浙江科学技术出版社: 27-29.
- 农业部全国农作物种子质量监督检验测试中心,2006. 农作物种子检验员考核学习读本[M]. 北京: 中国工商出版社: 118-258.
- 孙善康,陈建华,项时康,等,1987. 棉花种子营养品质研究[J]. 中国农业科学,20(5): 12-16.
- 田维亮,葛振红,李继兴,2013. 棉子壳中半纤维素、纤维素和木质素含量的测定[J]. 中国棉花,40(7): 24-25.
- 王淑民,1995. 小议棉短绒[J]. 中国棉花(6): 40.
- 王延琴,魏守军,周大云,等,2017. 中国棉花主栽品种棉子营养品质及播种品质研究[J]. 中国农学通报,33(7): 33-40.
- 王延琴,杨伟华,许红霞,等,2003. 棉子萌发过程中营养物质和棉酚的变化动态[J]. 中国棉花,30(4): 11-13.
- 王延琴,杨伟华,周大云,等,2003. 不同生态区及收获期对棉子营养品质的影响[J]. 中国棉花,30(2): 7-10.
- 吴也文,孙善康,项时康,等,1991. 黄枯萎病对棉花种子品质的影响[J]. 中国棉花(5): 46-47.
- 肖松华,吴巧娟,刘剑光,等,2012. 显性低酚棉新品系种仁营养品质与利用评价[J]. 棉花学报,24(2): 127-132.
- 易福华,杨梅,姚立强,1994. 棉子休眠的解除方法[J]. 中国棉花,21(1): 19.