

棉花形态和解剖结构图谱

徐 是 雄 胡 适 宜 编 著



北 京 大 学 出 版 社

5562-64

2

棉花形态和解剖结构图谱

徐是雄 胡适宜 编著

棉花形态和解剖结构图谱

徐是雄 胡适宜

责任编辑：李蕙兰

北京大学出版社出版

(北京大学校内)

北京市永乐印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

787×1092毫米 32开本 8.25印张 120千字

1985年10月第一版 1985年10月第一次印刷

印数：0001—3,000册

统一书号：13209·125 定价：3.40元

前 言

棉花是一种重要的经济植物。棉花的形态解剖结构已积累相当丰富的资料，同时已出版了一些专门的著作。但国内外尚缺少用真实照片去表达和系统地描述棉花的结构形态这样的图谱。特别是近年利用扫描电镜、透射电镜和细胞化学等新技术去研究作物的形态结构，表现出有许多明显的优点和揭露一些过去不了解的事实，这样的图谱对有关研究者尤其需要。此外，从教学中我们体会到在讲授植物形态结构方面的课程中，配合真实、清晰的图片是很必要的，这对学生的学习有很大的帮助。为此，我们把有关科研和教学中对棉花形态结构所拍摄的大量光学和电子显微镜的照片加以整理和出版。在众多的照片中我们精选了一部分编写成这本图谱，这些图片绝大多数都是以前未发表过的。有些图片中所示的“新结构”，还可以供专门研究棉花方面的工作者继续深入研究。

在编写过程中，得到中国科学院遗传研究所梁正兰教授和北京大学生物系朱徽教授多方面的帮助，在此表示感谢。由于我们的教学任务繁忙，这本图谱是在时间紧迫的情况下写成的，书中不免有错漏之处，希望读者指正。

徐是雄(香港大学植物系) 胡适宜(北京大学生物系)

1984年9月于北京

目 录

前言

第一部分 棉花生物学简述

一、棉花的种	(1)
二、植物体	(2)
三、我国的棉花生产	(3)
四、种子萌发和幼苗的生长	(4)
五、根	(6)
(1) 生长方式	(6)
(2) 解剖	(6)
六、茎	(7)
(1) 生长方式	(7)
(2) 解剖	(8)
七、叶	(9)
(1) 生长方式	(9)
(2) 解剖	(9)
八、花和受精作用	(11)
(1) 花的形态	(11)
(2) 雄蕊	(11)
(3) 雌蕊	(12)
(4) 花粉萌发和双受精	(13)
九、棉铃和种子	(14)
(1) 棉铃	(14)
(2) 种子	(15)
十、参考文献	(17)

第二部分 图版

图版1—4 棉花植物体外部形态	(20—27)
图版5—6 幼苗	(28—31)
图版7—15 种子萌发	(32—49)
图版16 子叶	(50—51)
图版17—18 根	(52—55)
图版19—20 茎	(56—59)
图版21—36 叶	(60—91)
图版37—38 托叶	(92—95)
图版39 叶柄	(96—97)

图版40	叶柄离层	(98—99)
图版41—46	花	(100—111)
图版47—49	花苞片	(112—117)
图版50—57	花药和花粉	(118—133)
图版58—59	柱头	(134—137)
图版60—61	胚囊	(138—141)
图版62—63	花粉在柱头上萌发	(142—145)
图版64	受精作用	(146—147)
图版65—69	棉铃	(148—157)
图版70—72	胚和胚乳	(158—163)
图版73—74	种子	(164—167)
图版75—78	种皮和纤维	(168—175)

一、棉花的种

棉花属锦葵科棉属(*Gossypium*)植物。棉属的野生种在澳大利亚、亚洲、非洲和美洲都有发现。棉花为多年生植物,但现今许多的栽培种都是一年生的。棉花的栽培种(图版1和2,图1—8)和野生种(图版3和4,图9—18)在分类学上定为种的标准是根据它们的地理分布、形态和遗传的特征。例如Linnaeus(1753)在他所著的《植物界的种(*Species Plantarum*)》一书中,将棉花分为下列8个种:*G. arboreum*(亚洲棉或中棉)、*G. religiosum*、*G. vitifolium*、*G. barbadense*(海岛棉)、*G. herbaceum*(草棉或非洲棉)、*G. indicum*(印度棉)、*G. microthum*和*G. hirsutum*(陆地棉)。而Hutchinson, Sillow和Stephens(1947)则将棉花归入8组和分为20种。在栽培种中区分4个种,包括两个二倍体的旧世界种(亚洲棉和草棉)以及两个四倍体的新世界种(海岛棉和陆地棉)。这四个种的主要特征列于表1(同时参考图版1,图1—4和图版2,图5—8)。

表1 棉花四个普通栽培种的主要特征

种	原产地	染色体数目	纤维特征	世界产量%
亚洲棉(中棉)	亚洲	13 对 (二倍体AA)	绒毛(纤维)短,不超过0.8cm,有较多的茸毛或短绒(即短纤维)	10—20%
草棉 (非洲棉)	非洲	13 对 (二倍体AA)	绒毛短,不超过0.8cm,有较多的茸毛(即短纤维)	
陆地棉	中美洲	26 对 (四倍体AADD)	绒毛长达2.5cm(即中等长度的纤维)	60—70%
海岛棉	南美洲	26 对 (四倍体AADD)	绒毛长达5cm(即长纤维)	10%

后来, Saunders(1961)将棉花的种增加到31种,而Fryxell(1969)却主张划分为32种。最近, Phillips又提出可将棉花分为35种。

在我国棉花的栽培和利用大约开始于十六世纪。现在广泛栽培的种是陆地棉,这是1895年从美国引入的(李正理, 1979)。

二、植 物 体

棉花是一年生或多年生的灌木(或小乔木)。开花的习性从光照条件来说属日中性植物至短日植物(现代陆地棉的一些栽培种是日中性植物);对低温敏感。生长要求的平均温度超过22°C,因此,棉花应是热带或亚热带栽培植物。

棉花是生长很迅速的植物,有以下四个明显的生长期:

营养生长期	{ 第1期	从种子萌发至幼苗形成	7—14天
	{ 第2期	从幼苗至花芽形成(现蕾)	35—50天
生殖生长期	{ 第3期	从花芽形成至开花	22—26天
	{ 第4期	从开花至果实(棉铃)成熟	45—70天

棉花的整个植物体上分布有很多黑点,这是油腺或油囊(解剖学上称为溶生腔或溶生腺体)。棉花主茎上有两种分枝:(1)单轴式的营养枝(这种分枝与主茎差不多,是笔直向上生长的)和(2)合轴式的果枝。果枝上各节间略呈一定的角度,着生互生排列的叶。叶是掌状圆裂或掌状裂。许多的种在茎(图版19和20)、叶(图版21和22)和托叶(图版37和38)上有显著的毛。毛的形态有两种:(1)长的星状毛(覆盖毛)和(2)短的头状毛(腺毛)。花(图版43和59)艳丽,白色至粉红色,具5个花瓣和一产生许多雄蕊的雄蕊轴。果实属蒴果(图版65),成熟时开裂,每一室含多粒种子,种子覆盖有白色的单细胞毛(即棉纤维),是由表皮细胞外突所形成的(图版75、76、77和78)。毛的细胞壁富纤维素,当成熟干燥时,中间有一空腔。种子产生两种形式的毛,即绒毛(纤维)和茸毛(短绒)。绒毛这种表皮毛较长,扭曲成带状,易于从种子分离。茸毛较短,不易从种子分离。绒毛能纺成纱,而茸毛一般则不能用来纺纱。

近代的棉花栽培种一般是叶比较大,种子也较大,纤维(棉绒)长以及有较高的纤维与短绒的比率。棉花的种子除纤维有重要的经济价值外,种子中所含的蛋白质和油也有经济用途。植物体上(包括种子)的溶生腺体,含有毒性的类萜醛物质,即棉子酚。棉子酚在植物本身起抗御害虫的作用,但在利用种子中的蛋白质或油时,这种物质则必须除去。

三、我国的棉花生产

我国是世界上主要生产棉花的国家之一。据1982年FAO统计月报的记载,1981年世界上棉花产量15,229千公吨,其中中国产量约占22%。其它主要的产棉地区,如南美产量约占21%,非洲产量约占8%。

我国有五个主要产棉区(图1),这五个区的地位和气候条件概括于表2。

表2 我国的五个主要产棉区

地 区	中 国 南 部		中 国 北 部		
	长江流域区	华南区	黄河流域区	华北区	西北区
	(I)	(V)	(I)	(II)	(IV)
占总面积%	45%	0.3—0.4%	50%	2%	3%
无霜期(天)	220—300	300+	190—220	150—170	155—185
雨量 (mm)	750—1500	1200—2000	400—750	400—800	≈ 200
平均温度(°C)					
全 年	15°C+	≈ 20°C	11—14°C	6—10°C	6—9°C
一 月	0°C	10°C	≈ 0°C	-10°C	≈ -10°C
七 月	27°C+	28°C+	26°C	≈ 25°C	25°C
耕作制度	每年一熟	一年2—3熟	每年一熟	每年一熟	每年一熟

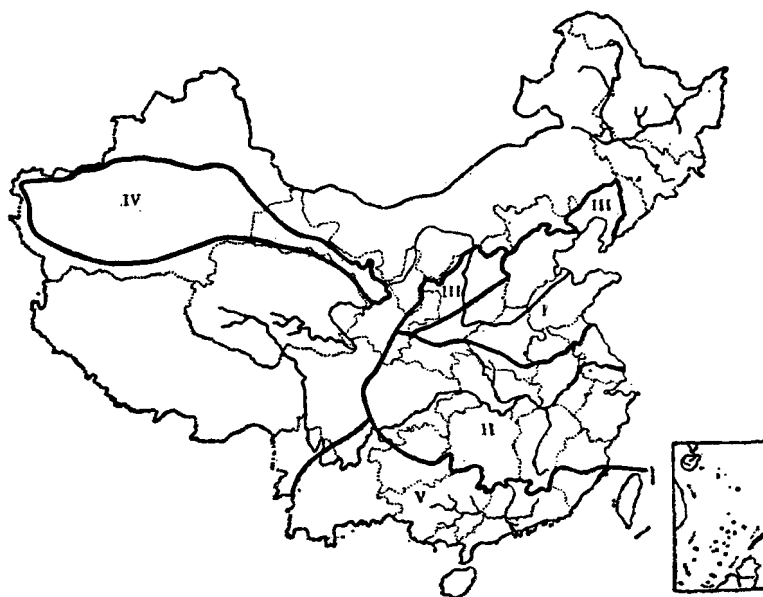


图1 中国主要的五个棉花生长区

I: 黄河流域区, II: 长江流域区, III: 华北区, IV: 西北区, V: 华南区。(引自《作物栽培学》, 1980)

四、种子萌发和幼苗的生长

棉花的种子长约8—12mm，宽5—7mm，合点的一端略圆而向珠孔端狭尖(图版5，图20)。种皮黑褐色和覆盖着毛(图版5，图19)。种子内含两片皱折子叶的胚(图版72，图328)。胚乳的大部分在胚的发育过程中已被利用，因此在成熟的种子中只留下1—4层细胞的白色膜状的胚乳包围着胚。在种子的一端是由复杂细胞层构成的合点帽(图2)，它的功能尚不很清楚。

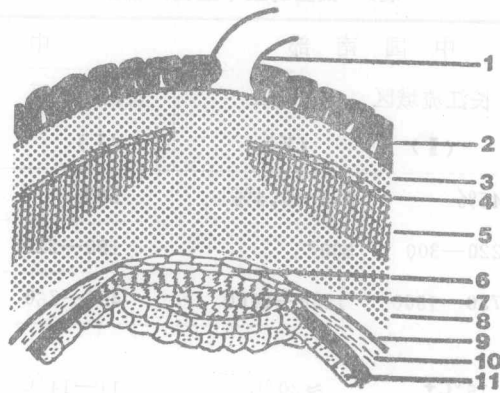


图2 棉花成熟种子的合点帽的横切面图解

1、毛(棉纤维);2、外表皮;3、外色素区;4、内表皮;5、栅栏层;6、特殊的联接细胞(细胞内积累胡萝卜素物质而且细胞壁在吡啶橙染色后有强的荧光);7、珠心的突出细胞;8、色素区;9、角质层(可用苏丹染料染色);干枯层(含有能被甲苯胺蓝O染成绿色的物质);11、胚乳细胞(含蛋白质)。

当种皮的内部吸胀，合点帽增大。有更多的水分进入种子时，胚的子叶和胚乳很快胀大，种皮裂开。种皮的破裂有利于胚根通过种子的珠孔端突出(图版5，图21)。如果土壤温度($\approx 30^{\circ}\text{C}$)、湿度含量($\approx 70\%$)和氧分条件都合适，种子在吸胀几个小时内，胚根即行突出。温度低于 20°C 时，萌发率和成苗率明显下降。

棉花的种子约含23%脂肪和16—20%的蛋白质。棉花种子中贮藏的蛋白主要存在于蛋白体中，蛋白体的直径在1—20 μm (图版7和9)。每一蛋白体为单膜包围，基质是很均一的，但在基质中包藏着一些植酸钙镁球状体(Yatsu, 1965)。脂肪也是存在于单膜包围的囊状结构中。这种结构称为球状体，直径0.3—3 μm 。成熟种子的胚的子叶细胞中，原质体是稀少的，含少量的淀粉。但种子萌发1天后，在原质体中开始迅速地积累淀粉粒。萌发2天，蛋白体开始表现溶解的迹象。萌发3天时，球状体的内含物开始消失，而淀粉粒积累更为普遍。在种子萌发初期，细胞质中的线粒体和高尔基体等细胞器是不易识别的，而第三天则变得十分显著。萌发5天时，蛋白体变为高度液泡化，有些甚至开始并合起来。萌发7天时，蛋白体完全并合，圆球体的数量大为减少。这时，原质体完全转变为叶绿体，具有发达的内膜和1—2粒淀粉粒(图版7—13)。

种子萌发7天后，子叶展开达到最后的大小，再经过3天变为心脏形。子叶的结构(图版

14—16)与真叶颇相似,只是子叶的覆盖毛比真叶的少(图版16,图58),而且叶肉组织无明显的栅栏组织和海绵组织的分化(图版16,图59)。子叶突出种子后进行20—30天高效的光合作用活动(光合作用率从19至 $49\text{mg CO}_2/\text{dm}^2/\text{h}$; Lane和Hesketh, 1977)。5—6周龄的子叶迅速变黄,约42天便开始分离和脱落。

子叶之下是一茎状的轴,即下胚轴(图版6)。下胚轴伸长时将摺叠的子叶举出土壤。通常在5—15天内下胚轴与其连接的子叶出现在地面之上。最初,下胚轴的顶部象弯钩,但后来伸直变为直立。在下胚轴的顶端和在两片子叶之间是顶端分生组织。幼苗出土后,由于顶端分生组织活动而迅速地产生真叶、芽和茎。在每一子叶的基部在邻近顶端分生组织处有一侧芽。幼苗出土后,由于顶端优势的影响,两片子叶的侧芽不再进一步发育。

五、根

(1) 生长方式

棉花植物体具一长的主根,达1.5—2米长,偶尔可长达6米。通常主根产生四行侧根,这些侧根的长度也可达到1.5米。侧根上再产生小的侧根(即第三级根),如此一级一级地分枝。棉花有极其发达的根系,在土壤中广布在约11平方米的面积。根系主要分布在地面下10—40 cm 的土层。对根生长最有利的温度是25℃左右。主根的延长生长速度通常比茎干的生长快2—3倍。侧根的生长速度较慢,只有主根的约1/2。

(2) 解 剖

棉花的主根和侧根在解剖结构上是十分相似的(图版17和18)。在根的最前端是根冠,后面是顶端分生组织。顶端分生组织之后不远是延长区。紧靠延长区处发育根毛。从距离顶端分生组织一定的部位发生侧根,这是从中柱鞘起源的(图版17,图64,65)。侧根发生时,位于木质部相对的中柱鞘细胞分裂,先是平周分裂,然后垂周分裂,这样产生了根原基。中柱鞘外的内表皮细胞也有一些细胞参加根原基的形成。当根原基生长,它穿入皮层,进一步延长时将皮层细胞压扁和推向旁边。最后突出表皮即为侧根。当侧根发育到达皮层的表面,在侧根与母根之间建立起维管束联系。

在幼根的横切面上,可看到中央的四原型维管束的圆柱体。维管束的圆柱体是被数层皮层细胞包围。有些皮层细胞具强的分生能力,能进行细胞分裂产生新的细胞。不过,大部分皮层细胞是无分裂能力的。没有分裂能力的皮层细胞的液泡中常常积累大量的物质。在液泡中的物质能被甲苯胺蓝O染成绿色,推测这是属于多酚一类的物质,可能是丹宁类物。在皮层中,有时观察到少数溶生的囊。皮层之外是一层表皮细胞。表皮细胞也能积累丹宁类物。

棉花的根能进行次生长。位于初生韧皮部和初生木质部的形成层含3—4层细胞,它进行平周和垂周分裂产生次生韧皮部细胞和次生木质部细胞。次生木质部是由导管、纤维、薄壁组织细胞和射线细胞组成。从横切面看,射线细胞将木质部柱轴分隔为扇形。次生韧皮部含有筛管和伴胞。韧皮部之外是一群初生韧皮纤维。当根加宽生长时,有些初生韧皮组织和次生韧皮组织被压扁。老根的最外层有周皮和被压坏的表皮细胞(图版18)。

六、茎

(1) 生长方式

棉花的主茎是单轴式生长。从主茎产生叶和分枝。叶在主茎上呈螺旋状排列。在幼苗期茎的生长速度慢(0.5—0.8 cm/天),但到达开花期,生长速度加快(1—2 cm/天)。在每一叶腋里有两种形式的芽:(1)真正的腋芽或称正芽和(2)额外的腋芽,即副芽或侧芽。这两个芽通常只有一个活动,另一个休眠。活动的芽产生枝。在主茎上有两种类型的枝:(1)单轴式的营养枝和(2)合轴式的果枝(图3)。

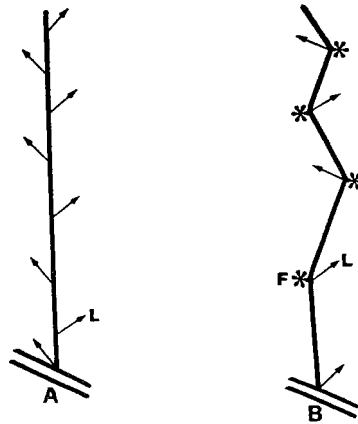


图3 单轴式分枝(A)和合轴式分枝(B)

F: 花; L: 叶。

通常在主茎靠下部的节产生单轴的枝而在上部的节产生合轴的枝。营养枝形成螺旋状排列的叶和枝但不产生花。花仅在合轴式的果枝上产生。单轴枝和合轴枝的主要区别总结在表3。

表3 棉花单轴枝和合轴枝的主要区别

单 轴 枝 (营 养 枝)	合 轴 枝 (果 枝)
1. 由真正的腋芽产生	1. 由副芽产生
2. 间接产生花(即由在单轴枝上产生的合轴枝上产生花)	2. 产生花
3. 与主茎成急尖的角度	3. 略近水平的角度
4. 位于主茎较下部的节上	4. 位于主茎靠上部的节上

(2)解 剖(图版19和20)

棉花茎的初生结构含有三类组织,即表皮、基本组织(包括皮层、髓和束间薄壁组织)和维管束。

茎的表皮含一层细胞和许多气孔。细胞的外表面壁角质化。有些表皮细胞产生单细胞的星状毛或多细胞的头状毛(即腺毛)。皮层是由薄壁组织构成。在幼茎中,皮层薄壁组织含叶绿体,但当茎逐渐成熟,大量细胞开始积累丹宁。在皮层的周缘部分含有几乎是连续的厚角组织层。在厚角组织中有一些溶生的腺体或囊分布。在幼茎中,有显著的由薄壁组织构成的髓部,但当茎达到成熟期,髓部被破坏。在皮层和髓的一些薄壁组织细胞中存在草酸钙结晶。当次生长开始,维管形成层进行细胞分裂产生大量的次生维管组织(图版19和20)。与此同时,位于表皮下的一层细胞也转变为有分生的能力,这是木栓形成层。由这层分生细胞产生周皮。在成熟的茎中周皮组成茎的最外层的一部分,细胞中常常有褐色的内含物。

次生木质部和次生韧皮部的形成,使初生组织在排列上发生很大的变化。髓部和初生木质部逐渐被压毁而变为无功能的。当木质部的柱轴继续增大时,形成层外面的组织被推向外,初生韧皮部筛管和次生韧皮部中一些较老的筛管也被压扁。除筛管外,次生韧皮部还含有一些韧皮纤维和薄壁细胞。韧皮薄壁细胞和射线细胞都能进行细胞分裂;这样,基本组织能跟上茎的圆周的扩大。

七、叶

(1) 生长方式

叶在主茎和营养枝上为3/8叶序的螺旋式排列。在果枝上,叶的排列变为互生。叶片通常是掌状圆裂的,大多数的种叶具3—5裂片,但有些野生种无裂片。叶具长的叶柄,它与叶片差不多同时达到最后的大小。在叶柄上有很发达的表皮毛。表皮下是薄壁组织的皮层,在中央的位置是环状的维管系统。叶柄的基部包着两个托叶。托叶小,约1cm长,2—3cm宽。托叶的一般形态与叶很相似,但它们缺少分化典型的栅栏组织层。

叶的发育速度在很大程度上受温度影响。从钩形的下胚轴伸直到第一片真叶展开,一般需20天。一旦第一片真叶展开,每一相继的叶的发生大概需3—7天。叶的最后大小的差别依品种和着生的部位不同而异(表4)。

表4. 棉花不同枝条上叶面积的平均值*

品 种	主 茎	单 轴 枝	合 轴 枝
岱字15号	145.2 cm ²	90.4 cm ²	76.9 cm ²
红狮1号	120.9 cm ²	84.4 cm ²	63.5 cm ²

* 华中农学院资料。

(2) 解 剖(图版21—36)

叶由表皮、叶肉和维管组织构成。叶的表皮含一层细胞(图版21、22和24),叶的两面有许多的气孔(图版21—23)。在上面的气孔的数目比下面的少得多,分别为44—47和116—176(Webber, 1938)。叶片本身由栅栏组织和海绵组织组成(图版22、25、26和27)。栅栏组织细胞的长度有很大的差异,从30—220 μ m。在海岛棉、夏威夷棉(*G. tomentosum*)和草棉中,栅栏组织常常在上表皮和下表皮之下都存在,但在陆地棉中,栅栏组织只在上表皮之下,在靠下表皮的一面是海绵组织。

棉花叶的脉序系统为网状。叶脉由木质部和韧皮部构成(图版31)。最大的叶脉(中脉)在叶片的上下表面隆起。较小的叶脉包藏在叶片中,在结构上不具任何输导的细胞。在叶脉的薄壁组织中常常存在草酸钙结晶(图版31, 图116—117; 图版32)。

在叶的表皮层上有两种形式的毛:覆盖毛和头状毛(腺毛)(图版21、22)。覆盖毛是单细胞的,常有分枝或呈星状,长0.25—2mm这种类型的毛一般在下表面比在上表面多。一些近代的栽培种可能无覆盖毛。在叶的上表面和下表面都有稠密的头状毛。在近轴面(上表面)的

头状毛每平方毫米约2.1—8.7个，而背轴面(下表面)每平方毫米为4.7—31.6个。头状毛在结构上是由1—2个基足细胞(或称柄)和一多细胞的头(10—12细胞)组成(图版28—30)。头状毛的细胞含有大量的酚类物质，包括异栲素(isoquercetin)(Cobley和Steele, 1976)。在基足细胞中酚类物质以小的“颗粒”形式积累在液泡中(图版30)，但在头状细胞中，存在于液泡中的酚类物质趋向于集结成大的团块(图版28和29)。

用电子显微镜照片还不能说明酚类物质合成的确切的位置和运输的路线。不过，从积累的形态看来，似乎可以推断，在头状细胞中的酚类物质是首先在基足细胞的小液泡中合成，而后经由胞间联丝运输至头状细胞。头状毛能分泌酚类物质至外表面，看来只局限于毛顶端少数的头状细胞有这种能力，因为下部的头状细胞细胞壁的内表面充满角质状物质(图版8, 图106; 图版29, 图110)。这种与在苘麻属(*Abutilon*)蜜腺的毛状体中所见的物质不一样(Gunning和Hughes, 1976)。

在棉花中，在中脉的背轴面(有时在3个主脉上)存在花外蜜腺(图版33—36)。在扫描电子显微镜下这种蜜腺象梨形的凹陷，在其中有许多的多细胞头状毛。头状毛细胞能分泌蜜汁。在头状细胞的液泡中还积累大量高电子致密物质(图版36)。在蜜腺之下分布着大的维管丛。在维管丛与头状毛之间有数层薄壁组织细胞。由头状毛分泌蜜汁，合成蜜汁的原料是由韧皮部供应。这些原料必需通过胞间联丝这样的共质体路线由筛管转移到乳突状细胞(Wergin等, 1975)。

植物生长渐渐地成熟，老叶的叶柄形成离层，使叶与主茎或枝条分离(图版39, 40)。当离层开始形成时，位于叶柄基部离层区的细胞分裂，产生一层分离细胞(约2—3细胞厚)。

八、花和受精作用

(1) 花的形态

棉花植株生长约8—10周后，在合轴枝上开始形成花。开花的顺序按图4所示的螺旋序列。从在第一合轴上的第一朵花至在第二合轴上的第一朵花相距3天。如果营养供应不足和生长条件不利，花将早落。花的脱落由于在花柄基部形成离层之故。

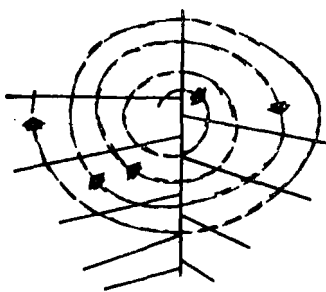


图4 棉花花发育的顺序图解

花的发育在合轴上首先形成含有三个苞片原基和中央的分生组织的花原端(图版41—43)。当苞片包裹的花芽刚能看见时，可称为现蕾。在苞片内有一波浪形杯状的花萼。苞片在5个点生长较快，产生5个联合的萼片。花萼延长逐渐覆盖过发育的花瓣和雄蕊柱。成熟的花的萼片表现为颈圈状结构，具有5个不甚显著的裂片，位于花冠的基部。在萼筒的基部有一圈长而尖的毛和棒状或乳头状的蜜腺细胞(图版46)。萼筒外面有三个三角形的外蜜腺(图版44)。每一蜜腺包裹着密集的多细胞的乳头状突起。每一苞片靠基部的外面也有花外蜜腺(图版49)。

幼芽时期，5个花瓣紧紧地裹在一起。当花开放，花瓣在顶端各自分离，但在基部仍然连合着。花瓣的表面除基部外都很光滑。花瓣的基部有许多星状毛(图版45)。在花开放的第一天，花瓣表现为乳白色或淡黄色，但到第二天转变为粉红色然后为红色。花瓣与雄蕊筒和花柱联合，开花后第三天枯萎脱落。雄蕊的花丝连合成管状的柱包围花柱。

(2) 雄蕊

每花中雄蕊的数目因种而异。亚洲棉90—92枚，海岛棉90—100枚，陆地棉100—102枚(Jochi等, 1967)。偶尔，雄蕊可转变为花瓣状。

棉花的花药为肾形，花丝着生在横向的花药中间。花药二室，通过花药的横切、短径的纵切和长径的纵切的各种切面，花药表现为不同的形态(图版51)。

花药壁分化四层细胞，从外至里是表皮、药室内壁(纤维层)、中层和绒毡层。中层存在