

国家重大出版工程项目

棉纤维发育与 棉胚珠培养纤维

中国农业大学农学系
山东棉花研究中心 编著

徐楚年 董合忠 主编

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

棉纤维发育与棉胚珠培养纤维/徐楚年,董合忠主编.—北京:中国农业大学出版社,
2006.9

ISBN 7-81117-040-X

I. 棉… II. ①徐…②董… III. ①棉纤维—生长发育②棉花—胚珠—培养
IV. S562.01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 065109 号

书 名 棉纤维发育与棉胚珠培养纤维

作 者 徐楚年 董合忠 主编

策划编辑 高 欣 宋俊果

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

电 话 发行部 010-62731190,2620

编辑部 010-62732617,2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2006 年 11 月第 1 版 2006 年 11 月第 1 次印刷

规 格 787×1092 16 开本 13.5 印张 325 千字 插页 31

印 数 1~1050

定 价 49.00 元

责任编辑 韩元凤

责任校对 韩元凤

邮政编码 100094

读者服务部 010-62732336

出 版 部 010-62733440

E-mail:cbsszs @ cau.edu.cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

主 编 徐楚年 董合忠

副主编 杨佑明 贾君镇

编写人员

引 言 杨佑明 徐楚年

第 一 章 徐楚年 马欣荣 贾君镇 董合忠 杨子荣 杨佑明

第 二 章 董合忠 徐楚年 王远临

第 三 章 徐楚年 王远临 董合忠 寿 元 柏长青

第 四 章 徐楚年 王远临 董合忠 杨宝祝 杨子荣 郭玉海

第 五 章 董合忠

第 六 章 柏长青

第 七 章 李海燕

第 八 章 孙振元

第 九 章 黄淑莉 郑湘如

第 十 章 王宏芝

第十一章 杨佑明

第十二章 李华恩

审 稿 郑湘如 董合忠 杨佑明

内容简介

本书是以总结课题组科研成果为主,结合国内外相关研究结果撰写而成的。全书分为上、下两篇,上篇(1~5章)为植株上着生的棉纤维(简称“植株纤维”,下同)发育,包括棉纤维细胞分化突起,棉纤维细胞伸长,棉纤维次生壁增厚,诸因素与棉纤维发育的关系,彩色棉纤维发育与色素形成。下篇(6~12章)为离体培养条件下的棉纤维(简称“培养纤维”,下同)发育,包括培养纤维与植株纤维的形态、发育比较,温度对棉胚珠培养纤维发育的效应,激素对培养纤维发育的效应,棉纤维培养体系的筛选及激素、培养胚珠发育状况对棉纤维发育的作用,棉胚珠继代培养研究,棉胚珠继代培养纤维体系及其生理基础,棉纤维单细胞培养的研究。为更全面地介绍主要研究成果,除文字叙述、图表概括外,还选用了若干光镜、扫描电镜和透射电镜照片。本书可作为大专院校研究生、大学生和科研院所研究人员的参考资料。

目 录

引言	1
----	---

上篇 植株上着生的棉纤维发育

第一章 棉纤维细胞分化突起	5
一、分化突起期的棉纤维原始细胞显微和超微形态结构	5
(一)棉纤维原始细胞形态学	5
(二)棉纤维原始细胞超微结构	7
二、棉纤维原始细胞分化突起的时间	11
三、棉纤维原始细胞在胚珠表面分化突起的次序和分布	12
四、棉纤维原始细胞分化突起的阶段性	13
五、种子表面棉纤维细胞的数目和棉纤维原始细胞分化形成的强度	13
六、棉纤维细胞分化机理讨论	15
第二章 棉纤维细胞伸长	18
一、伸长初期的棉纤维细胞形态结构及伸长动态	18
(一)棉纤维细胞形态结构	18
(二)棉纤维细胞发育动态	19
二、不同棉种的纤维伸长	19
(一)不同棉种纤维伸长的动态变化	19
(二)棉纤维伸长方程和伸长速率方程	20
三、不同开花期棉铃中棉纤维伸长活动的特点	22

(一)不同开花期对棉纤维最终长度的影响·····	22
(二)不同开花期对棉纤维伸长期的影响·····	22
(三)不同开花期对棉纤维伸长速率的影响·····	22
第三章 棉纤维次生壁增厚 ·····	25
一、不同棉种棉纤维次生壁增厚过程·····	25
二、单个胚珠上的棉纤维干重变化·····	25
(一)3个供试品种单个胚珠棉纤维干重变化·····	25
(二)每毫米长度棉纤维干重的变化·····	26
(三)成熟棉纤维品质测定·····	27
三、不同开花期棉纤维单位长度干重变化·····	27
(一)每粒种子表面的棉纤维数·····	27
(二)不同开花期棉纤维单位长度干重变化·····	28
四、棉纤维发育后期(开花后25天)纤维素的形成过程·····	31
(一)还原性糖含量的动态变化·····	32
(二)纤维素含量的动态变化·····	33
(三) Mg^{2+} , K^{+} -ATP酶活性的动态变化·····	33
五、棉纤维发育过程中还原性糖、纤维素、蛋白质含量及过氧化物酶活性的变化·····	35
(一)棉纤维长度、干重的变化·····	35
(二)棉纤维发育过程中还原性糖含量变化·····	36
(三)棉纤维发育过程中纤维素含量变化和变化率·····	36
(四)蛋白质含量的动态变化·····	37
(五)过氧化物酶活性的动态变化·····	38
第四章 诸因素与棉纤维发育的关系 ·····	40
一、不同基因型的棉纤维发育特点·····	40
(一)不同栽培种的棉纤维发育特点·····	40
(二)不同品种的棉纤维发育特点·····	43
二、温度与棉纤维发育的关系·····	44
(一)温度对棉纤维原始细胞分化、突起的作用·····	44
(二)温度对棉纤维伸长的作用·····	44
(三)温度对棉纤维次生壁增厚的作用·····	45
(四)有效开花结铃期和最佳结铃期的温度指标和预测·····	48
三、土壤水分与棉纤维发育的关系·····	48
四、有机养料与棉纤维发育的关系·····	49
五、生长调节物质与棉纤维发育的关系·····	50
第五章 彩色棉纤维发育与色素形成 ·····	52
一、彩色棉纤维细胞的结构特点·····	52

二、彩色棉纤维发育的特点	53
(一)棉纤维伸长与次生壁加厚	53
(二)彩色棉纤维色素的形成	55
三、彩色棉纤维色素的成分和结构	55
(一)棉纤维颜色和色素的测定	55
(二)彩色棉纤维色素的性质	56

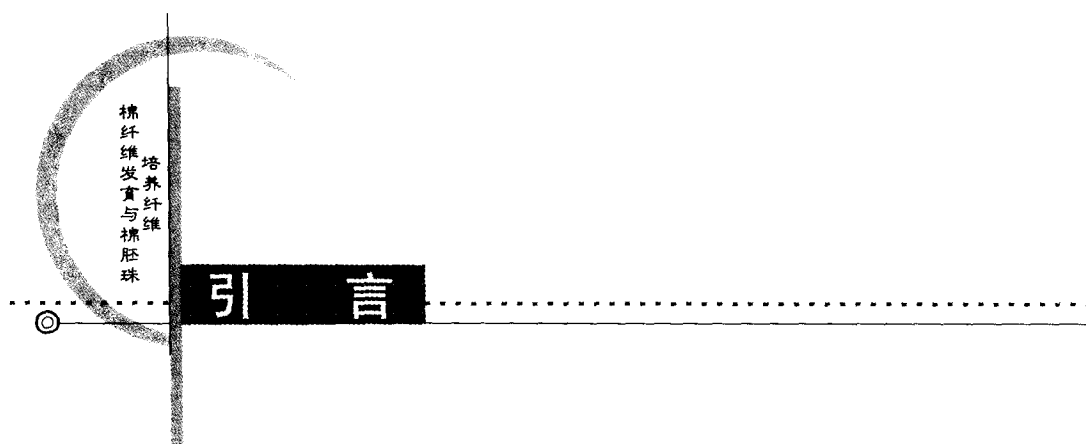
下篇 离体培养条件下的棉纤维发育

第六章 培养纤维与植株纤维的形态、发育比较	59
一、形态特征变化	59
(一)胚珠衍生细胞	60
(二)绒状长细胞	60
(三)棉纤维细胞	60
二、胚珠培养条件下棉纤维细胞的分化突起	60
三、棉纤维的生长发育动态	61
(一)两类纤维长度变化和生长速率	61
(二)纤维干重变化和纤维干重变化率	63
(三)培养纤维的伸长受抑制的原因探讨	64
四、两种棉纤维细胞中还原糖和纤维素含量动态变化	65
(一)还原糖含量变化	65
(二)纤维素含量变化	66
五、培养纤维和植株纤维蛋白质含量及过氧化物酶活性的分析比较	69
(一)蛋白质含量的动态变化	69
(二)过氧化物酶活性的动态变化	71
六、棉胚珠向培养基中分泌的蛋白质和过氧化物酶的动态变化	73
(一)胚珠分泌蛋白质的变化	73
(二)胚珠分泌过氧化物酶的活性动态变化	73
第七章 温度对棉胚珠培养纤维发育的效应	76
一、温度对棉纤维细胞分化突起的效应	76
(一)花蕾外部形态观察	76
(二)温度对棉纤维细胞分化突起时间和数目的影响	77
(三)温度影响的可逆性试验	79
二、温度对培养纤维的效应	79
(一)棉纤维伸长的动态变化	79
(二)棉纤维干重的动态变化	81
(三)胚珠培养基中还原性糖的变化	82
(四)棉纤维和胚珠培养基中无机离子含量的变化	83

三、温度对棉纤维次生壁增厚的效应	84
(一)棉纤维长度变化	84
(二)棉纤维干物重变化	85
(三)纤维素含量变化	86
(四)胚珠培养基中糖的变化	87
(五)胚珠培养基中无机离子含量的测定	90
四、讨论	91
(一)实验方法讨论	91
(二)低温对棉纤维次生壁纤维素合成影响机制的讨论	91
(三)关于纤维素合成的最低临界温度	92
第八章 激素对培养纤维发育的效应	93
一、IAA 和 GA_3 对离体培养胚珠及纤维的作用	93
(一)IAA 和 GA_3 对离体受精胚珠及其纤维发育的作用	93
(二)IAA 和 GA_3 对离体未受精胚珠生长和纤维发育的作用	94
(三)IAA 和 GA_3 对徐州 142 光子突变体胚珠不同部位的作用	95
二、珠柄细胞培养纤维	95
三、棉纤维发育早期酯酶和过氧化物酶的组织化学研究	95
四、讨论	96
(一)IAA 和 GA_3 与纤维发育和胚珠生长的关系	96
(二)珠柄细胞培养纤维	97
(三)酯酶和过氧化物酶在纤维发育中的作用	98
第九章 棉纤维培养体系的筛选及激素、培养胚珠发育状况对棉纤维发育的作用	99
一、棉纤维伸长培养体系的筛选	99
(一)胚珠发育状态的筛选	99
(二)培养基激素配比的筛选	100
二、培养纤维和胚珠的发育动态及 IAA、 GA_3 在其发育过程中的效应	101
(一)培养纤维发育	102
(二)胚珠发育	110
(三)培养胚珠上愈伤组织的产生和生长	112
三、培养纤维与植株纤维发育动态和若干生理生化指标的比较	114
(一)棉纤维长度	114
(二)棉纤维伸长期蛋白质含量	115
(三)棉纤维伸长期过氧化物酶及吲哚乙酸氧化酶的含量	116
(四)棉纤维鲜重	118
(五)棉纤维干重	118
(六)培养胚珠的鲜重和干重	119
(七)胚珠和棉纤维中可溶性糖和纤维素含量	120

四、讨论	121
(一)根据发育形态筛选培养胚珠的必要性	121
(二)培养条件下棉纤维细胞发育所需物质吸收与运输体系的重建	122
(三)培养胚珠发育、愈伤组织产生对培养纤维发育的作用	123
(四)激素对培养纤维发育的效应	123
(五)棉纤维细胞伸长与加厚的关系	124
(六)培养纤维与植株纤维品质的比较及限制培养纤维发育因素的探讨	125
(七)展望	126
第十章 棉胚珠继代培养研究	127
一、继代培养	128
(一)棉胚珠继代培养褐变的发生及影响因素	128
(二)褐变发生时珠被解剖结构的变化	130
(三)继代培养中褐变的有效防止	130
二、继代培养纤维的发育	132
(一)糖源和激素在继代培养中对棉纤维次生壁合成的作用	132
(二)继代培养纤维和非继代培养纤维及植株纤维发育的比较	133
三、离体纤维培养中珠被形态结构的变化	138
(一)培养胚珠浸水面物质吸收体系的建立	138
(二)培养胚珠气生面的生长、发育	139
四、讨论	139
(一)关于胚珠继代培养中的褐变问题	139
(二)继代培养的必要性及发展前景	140
(三)环境对离体胚珠形态、结构变化的作用	141
第十一章 棉胚珠继代培养纤维体系及其生理基础	143
一、棉胚珠继代培养体系的建立	143
(一)供试材料与种植	144
(二)研究方法	145
(三)结果与分析	147
(四)讨论	156
(五)棉纤维细胞次生壁增厚程度的评价指标	157
(六)棉胚珠继代培养纤维体系的特点和发展前景	158
二、棉纤维次生壁增厚过程中蔗糖合酶(SuSy)的作用	159
(一)棉纤维中可溶性糖含量的变化	160
(二)棉纤维中胼胝质含量的变化	161
(三)棉纤维中纤维素含量的变化	161
(四)棉纤维中胞质型 SuSy 活性的变化	162
(五)棉纤维中质膜结合型 SuSy 活性的变化	163

(六)棉纤维中总 SuSy 活性的变化	164
(七)讨论	165
三、植物生长物质与棉纤维次生壁增厚	166
(一)棉纤维发育过程中内源激素含量的变化	167
(二)植物生长物质对棉纤维次生壁增厚的影响	169
(三)讨论	172
四、本章总结	172
第十二章 棉纤维单细胞培养的研究	174
一、棉愈伤组织的诱导与生长	175
(一)下胚轴愈伤组织的诱导与生长	175
(二)胚珠愈伤组织的诱导与生长	179
(三)下胚轴愈伤组织和胚珠愈伤组织生长的持续性	183
二、棉单细胞培养	183
(一)棉纤维单细胞培养	183
(二)棉单细胞伸长的模式	184
(三)棉单细胞伸长的动态	185
(四)单细胞培养中的细胞壁	187
(五)吲哚乙酸氧化酶、过氧化物酶与细胞伸长的关系	187
(六)细胞伸长与细胞壁超微结构的关系	188
三、讨论	188
(一)有关愈伤组织培养和生长的几个问题	188
(二)关于剥层培养	190
(三)激素与棉单细胞培养过程中细胞伸长的关系	190
(四)细胞伸长与酶及细胞壁超微结构的关系	191
(五)棉纤维工厂化生产的展望	191
参考文献	193
后记	204



棉纤维是纺织工业中重要的原料,棉制品以其良好的吸湿性、透气性、保暖性、穿着舒适柔软、不刺激皮肤和不带静电等优良的服用性能受到消费者青睐。棉纤维也是国际市场上的重要农产品,随着世界纺织工业技术迅速发展,气流纺纱等高速、高效棉纺设备的问世,使棉纺工业对棉纤维品质要求由单纯注重长度、色泽、净度等品质,转到注重强度、细度和成熟度等内在品质,其中又以纤维强度作为首要的品质指标。我国的原棉及其纺织品在棉纤维的成熟度和强度等方面存在某些不足,因而面临着国际市场的严重竞争和挑战。尽快提高棉纤维品质,尤其是提高强度,正是我国加入 WTO 后棉产业发展的当务之急。

棉花遗传育种工作者认为:棉纤维强度是受多基因控制的数量性状,与皮棉产量之间存在较强的负遗传相关,这些遗传特点阻碍着棉纤维强度和产量的同步改良。为此,本课题组拟以研究棉纤维发育为出发点,探索棉纤维产量与品质形成的规律,以及如何通过新的技术途径,达到产量和品质同步提高的目的,以期为棉花育种和栽培措施提供技术基础。

我们分析了棉纤维产量的构成因素,如图 1 所示:皮棉产量(即棉纤维产量)的构成因素包括单位面积铃数、单铃重和衣分(棉纤维重量占子棉重量的百分比),其中,单铃重(含种子重和纤维重)由每铃种子数目及每粒种子所着生的棉纤维的重量(常用衣指表示,衣指即百粒种子的棉纤维重量)所构成。每粒种子着生棉纤维的重量是由每粒种子着生的棉纤维数目、纤维长度和单位纤维长度的重量这三项构成,其中,纤维数目是产量性状;纤维长度既是产量性状,更是一项重要的品质性状;单位纤维长度的重量与细胞壁厚度等因素有关,因此,除影响产量外,又是决定纤维强度(品质性状)的重要因素。可见棉产量构成因素中既含有产量因素,也包括着品质因素。



纤维发育阶段	特点	形成的纤维产量和品质性状
纤维原始细胞 分化突起期 (起始期)	胚珠表皮细胞 分化形成纤维 原始细胞并继 续分化突起	分化早晚 发生部位 分化强度 分化期长短
纤维伸长期 (伸长期)	纤维细胞 初生壁延 伸,细胞伸长	伸长期长短 伸长速率
纤维细胞 次生壁增厚期 (次生壁增厚期)	纤维素沉积 于纤维细胞 内壁,从而形 成明显增厚的 次生壁	微管组织纤维素形 成超分子结构的机制 纤维素沉积期长短 纤维素沉积的速率
纤维细胞 脱水成熟期 (成熟期)	纤维细胞 脱水并形 成扭曲	脱水及扭曲的形成
		同子差(短绒率) 每粒种子着 生纤维的数目 纤维长度 纤维强度 单位纤维长 度的重量 纤维成熟度
		单根纤维 的重量 每粒种子 着生纤维 的重量

图 2 棉纤维分化发育过程与产量、品质形成的关系

上 篇

植株上着生的棉纤维发育

棉纤维细胞分化突起

棉纤维细胞是由胚珠外珠被的一部分单个表皮细胞分化发育而成。棉纤维细胞的分化突起是棉纤维发育的第一个阶段,也是最基础的阶段。由于只有一部分外珠被表皮细胞分化形成纤维细胞,另一部分将发育为成熟的表皮细胞或气孔器,所以如何诱导表皮细胞分化形成纤维细胞,将决定每粒种子上着生纤维的数目。对纤维细胞起始期的研究不仅有重要的经济价值,也关系到植物细胞分化诱导这个发育生物学的重要理论问题。从现有资料可知,当棉胚珠表皮细胞分化形成纤维细胞时,这些细胞在形态、解剖结构、细胞器的变化、酶系的种类及活性变化等方面,均表现出从形态和功能以及生理生化过程的改变。所以分化突起期在棉纤维发育进程上有独特的作用和重要性,在棉纤维发育中该阶段实为不可缺少的研究内容。遗憾的是,我国历来把棉花纤维发育仅分为纤维伸长、次生壁增厚和成熟三个阶段,而未注意分化突起期(又称为起始期)这一重要阶段,加以该期细胞较小,在研究手段上颇有困难,从而造成一个研究的空白点。本章主要依据我们对这一发育阶段的研究进行论述。

一、分化突起期的棉纤维原始细胞显微和超微形态结构

(一)棉纤维原始细胞形态学

1. 胚珠表皮细胞中纤维细胞的显微镜观察

以陆地棉(*Gossypium hirsutum*)北农1号(BN-1)、海岛棉(*G. barbadense*)8763依、中棉(*G. arboreum*)完县紫秆和草棉(*G. herbaceum*)金塔等品种为材料,开花前后切取胚珠,按常规石蜡制片法作成胚珠纵切片,显微镜下观察纤维细胞形态变化。现以北农1号为例描述如下(徐楚年等,1988a,1988b)。

开花前 1 天(—1 天)的胚珠(图版 I-1 A₁~A₃)表面光滑,没有突起的细胞,表皮细胞间仅有气孔分布,且以合点区最多。到开花前 8 h(图版 I-1 B),在珠柄顶部(脊突)有些细胞稍微扩大,向外略突起,其核和核仁也比其他的表皮细胞大些。开花当天的胚珠表面可见有少量细胞开始突起(图版 I-1 C₁,C₂),这些突起的细胞便是纤维原始细胞,其细胞核比未突起的表皮细胞的核要大,核仁也明显增大,原位于中部的胞核移向顶部。开花后 1 天(+1 天)(图版 I-1 D),纤维原始细胞增大,向外突起更为明显,在突起的先端可见液泡,核和核仁继续增大,胞核也继续上移,位置大致在细胞的中部。开花后 2 天(+2 天)(图版 I-1 E),纤维原始细胞明显伸长,核仁继续增大,位于核中央,呈“牛眼状”,细胞内液泡所占比例逐渐增大。开花后 3 天(+3 天)(图版 I-1 F),纤维伸长更快。由于此时纤维细胞略变狭长,一般位于细胞中部的核与周围细胞壁贴近,核仁仍在增大。液泡扩大至占据纤维细胞腔内绝大部分体积。

2. 纤维原始细胞的扫描电镜观察

4 个棉种的胚珠经用扫描电镜观察结果如下:开花前 1 天(—1 天)4 个材料(图版 I-2 A₁~A₄)的胚珠表面均呈光滑状态,未见纤维原始细胞的突起。开花当天(0 天)早晨取样观察,胚珠表皮细胞中已有少量纤维原始细胞分化突起,胚珠较开花前有所增大(图版 I-2 B₁~B₄,注意其放大倍数为×60,低于 A₁~A₄的×70)。比较 4 个棉种的胚珠的大小,海岛棉 8763 依和陆地棉北农 1 号大于中棉完县紫秆,金塔草棉最小。开花后 1 天(+1 天)(图版 I-2 C₁~C₄),全部棉种的胚珠表面均有纤维原始细胞突起,如图版 I-2 C₁ 所示,已达到纤维细胞分化突起期。此时陆地棉胚珠大于中棉和草棉的胚珠,与开花当天比较,胚珠还在增大。再观察陆地棉北农 1 号胚珠的不同部位(图版 I-2 C₅~C₈),可见胚珠中部(图版 I-2 C₇)的纤维细胞已有伸长趋势,其长度已超过宽度,可以认为纤维细胞已开始进入伸长期。但胚珠合点区和珠孔区的纤维细胞的生长状况相对比较落后。开花后 2 天(+2 天)(图版 I-2 D₁~D₄),4 个棉种的纤维细胞均已进入伸长期。图版 I-2 D₅~D₈ 示中棉完县紫秆胚珠不同部位的纤维比较,中部的纤维最细最长,合点区的较粗,珠孔区的较短较稀。开花后 4 天(+4 天)(图版 I-2 E₁~E₄)可见纤维明显伸长,已包被胚珠。海岛棉 8763 依的纤维最长最细,明显超过其他 3 个棉种的纤维。

图版 I-2 F₁~F₄ 示不同棉种的花粉粒大小,海岛棉最大,陆地棉次之,中棉第三位,草棉最小。图版 I-2 F₅ 示海岛棉 8673 依的花药及花粉,图版 I-2 G₁,G₂ 示陆地棉北农 1 号的+1 天的气孔和珠孔端的形态(贾君镇,1988)。

上述观察表明 4 个棉品种在纤维发育早期的细胞形态结构变化基本相同,只在突起时间早晚以及核仁大小、纤维伸长快慢上有所差异。

在纤维原始细胞分化、突起的形态学变化中,除细胞体积增大、向外突起外,核和核仁的增大是最明显的。可以认为,由于纤维原始细胞的形成和随后的纤维快速伸长,都需有大量的蛋白质和核酸等物质参与细胞生长和合成细胞壁物质的活动,而核和核仁的增大与这些物质的合成有明显的关系。已有报道指出:核仁体积和纤维细胞的长度呈高度相关,核仁的发育影响着纤维的伸长及最终长度,据此可以认为,核和核仁的变化是纤维原始细胞分化、形成的重要形态学指标。

关于分化突起期和伸长期的形态学指标如图版 I-1 B 所示,当胚珠单个表皮细胞开始向外突起超过胚珠表面,可定为纤维原始细胞分化形成。随后,纤维原始细胞继续突起,当突起的长度超过该细胞的宽度,可定为该纤维细胞进入分化突起期的形态学指标。当整个

胚珠表面有 50% 的纤维细胞达到分化突起期,可定为该胚珠的纤维细胞进入分化突起期。当胚珠表面的纤维细胞继续向上突起并快速伸长,表明该细胞进入纤维伸长期。

(二)棉纤维原始细胞超微结构

用以上 4 个品种为材料,取胚珠合点区部位作常规超薄制片,用透射电镜对胚珠表皮细胞进行超微结构观察(图版 I-3 A~F)(马欣荣,1992)。

1. 开花前 2 天(-2 天)

表皮细胞呈长方柱形,细胞核处于细胞中部,核仁 1 个,有的 2 或 3 个。靠近核膜处有异染色质。粗面内质网(RER)在质膜及核膜附近分布较多,但从整个细胞来看并不丰富,光面内质网(SER)不易观察到。高尔基体(G)比较少,分泌小泡不多。细胞质中核糖体(Rib)分布广泛、均匀,能观察到有些聚集排列成为多聚核糖体。线粒体(Mit)数目不多,其内嵴不发达,基质不浓,中央电子透明区(“拟核”)所占比例较大。液泡数个。细胞壁厚薄不均,细胞之间胞间连丝(PD)一般分布在壁较薄处,胞壁加厚的地方没有观察到胞间连丝,胞吐现象较少见,壁旁体(Parafumural body)亦不多。有前质体,但不丰富。没有观察到如 Ramsey 和 Berlin 所描述的亮、暗两种细胞的分化(详见本章“六、棉纤维细胞分化机理讨论”),没有细胞突起(图版 I-3 A₁~A₈)。

(1)北农 1 号:细胞分裂较多,有的液泡中有团块状的电子致密物质,液泡数目不多,其中一个液泡较大。有前质体(图版 I-3 A₁, A₂)。

(2)8763 依:有的细胞进行分裂,液泡中有一些内含物,但电子致密物质很少,且不呈团块状,胞质中脂滴极少,但能观察到。有前质体(图版 I-3 A₃, A₄)。

(3)完县紫秆:观察到含淀粉粒的质体,有的内含细胞质样物质(图版 I-3 A₆)。液泡数个,其中一个较大,一些细胞液泡中含电子致密物质(图版 I-3 A₅)。

(4)金塔:液泡数目少,其中一个液泡较大,液泡中沿膜有一些粒状的电子致密物质,一些前质体中能观察到淀粉粒,有些内含胞质样物质(图版 I-3 A₇)。可见线粒体(图版 I-3 A₈)。

2. 开花前 1 天(-1 天)

表皮细胞内各种细胞器变化不明显,与-2 天相似,大多数细胞未见结构上的明显变化(图版 I-3 B₁~B₁₀)。观察到个别细胞体积大,胞质浓密,核中有一端呈帽状的大核仁,胞质中核糖体明显比其他细胞多(图版 I-3 B₇~B₉)。没有细胞突起。

(1)北农 1 号:未观察到细胞液泡中团块状的电子致密物质,液泡内膜上有一些小颗粒状物质(图版 I-3 B₁, B₂)。

(2)8763 依:与-2 天相似,液泡很小,有电子致密物质聚集(图版 I-3 B₃, B₄)。

(3)完县紫秆和金塔:有的液泡中有团块状的电子致密物质(图版 I-3 B₅, B₇)。

3. 开花当天(0 天)

表皮中有部分纤维原始细胞突起,其端部圆钝,细胞核增大。核仁增大,并且较开花前 1 天松散,一般只有 1 个大核仁。核中有异染色质。粗面内质网增多,在近核膜及质膜处分布较多。观察到光滑内质网。内质网腔膨大,并有分泌泡产生。高尔基体大量增加,产生大量分泌泡,向细胞膜、壁运输,外排,形成大量壁旁体(图版 I-3 C₃)。细胞内线粒体增多,分裂旺盛,内嵴发达,基质浓密,中央电子透明区明显缩小甚至消失。细胞质中可观察到大量多聚核糖体(图版 I-3 C₁, C₂)。胞内小液泡数目较多,多聚集在核周围并靠上部,可观察到