

主编 于绍夫

LUOYE GUOSHU
HUA FEN XING TAI
JIE POUXUE YU
CHENG FEN HUAXUE

落叶果树 花粉形态解剖学 与成分化学



山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

落叶果树
花粉形态解剖学
与成分化学

PDG



主编 于绍夫

LUOYE GUOSHU
HUA FEN XING TAI
JIE POUXUE YU
CHENG FEN HUAXUE

落叶果树 花粉形态解剖学 与成分化学

● 山东科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

落叶果树花粉形态解剖学与成分化学/于绍夫主编.
济南:山东科学技术出版社,2007
ISBN 978-7-5331-4450-0

I. 落... II. 于... III. 落叶果树—花粉—形态—
研究 IV. ①S66②Q944.42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 151984 号

落叶果树花粉形态解剖学与成分化学

主 编 于绍夫
编 著 刘志河 姜中武 石丽花

出版者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路 16 号

邮编:250002 电话:(0531)82098088

网址:www.lkj.com.cn

电子邮件:sdkj@sdpress.com.cn

发行者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路 16 号

邮编:250002 电话:(0531)82098071

印刷者:山东新华印刷厂

地址:济南市胜利大街 56 号

邮编:250001 电话:(0531)82079112

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:9.5

插页:22

版次:2007 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978-7-5331-4450-0

定价:30.00 元

前 言

QIAN YAN

花粉,是种子植物的雄性生殖细胞,在完成授粉、受精、结实、繁衍后代和形成经济产量等方面,均起着重要作用。蜜源植物花粉,更以其丰富的内含物和多方面的营养保健作用,受到人们的广泛重视。花粉作为一类特殊的生物资源,已经在营养保健食品、药品、饲料、饵料配制等方面得到了开发利用。

落叶果树是温带的重要经济植物,在我国有大面积经济栽培。目前,我国苹果、梨的栽培面积和产量均居世界首位,蕴藏有巨大的天然花粉资源,开发利用价值很大。著者对我国落叶果树10个树种、82个品种的花粉,在形态解剖学、成分化学及其营养价值等方面,进行了系统的研究。为了进一步开发这一巨大的天然生物资源,著者汇总落叶果树花粉的研究成果,参阅有关文献,编著成《落叶果树花粉形态解剖学与成分化学》一书。

全书共分两篇14章,对落叶果树花粉的形态解剖学特征、主要化学成分,以及营养价值和生物学意义等,进行了比较全面、深入的评价和阐述。为便于读者对落叶果树花粉微观世界的深入了解,书中附有扫描电镜照片和透射电镜照片169幅。

研究和系统介绍落叶果树花粉形态解剖学和成分化学,在我国尚属首次。限于著者水平,书中错讹、不妥之处在所难免,诚望知者不吝赐教。

于绍夫

2006年8月

目 录

MU LU

第一篇 落叶果树花粉形态解剖学

第一章 落叶果树花粉形态解剖学概述	3
第一节 落叶果树花粉形态解剖学的研究内容	3
第二节 落叶果树花粉形态解剖学研究的意义	3
第二章 花粉的形成和生产量	5
第一节 花粉的分化和发育	5
第二节 落叶果树的花粉生产量	11
第三章 花粉形态解剖学特征及其分类命名	23
第一节 花粉的形态学特征及其研究方法	23
第二节 花粉的解剖学特征及其研究方法	27
第三节 花粉的分类和命名	29
第四章 落叶果树主要属和种的花粉形态学特征	31
第一节 苹果属花粉的形态学特征	31
第二节 梨属花粉的形态学特征	32
第三节 桃属花粉的形态学特征	34
第四节 葡萄属花粉的形态学特征	36
第五节 山楂属花粉的形态学特征	38
第五章 仁果类果树品种花粉的形态解剖学特征	41
第一节 苹果品种花粉的形态解剖学特征	41
第二节 梨品种花粉的形态解剖学特征	44
第三节 山楂品种花粉的形态解剖学特征	47
第六章 核果类果树品种花粉的形态解剖学特征	50
第一节 桃品种花粉的形态解剖学特征	50

第二节	杏品种花粉的形态解剖学特征	52
第三节	李品种花粉的形态解剖学特征	53
第四节	樱桃品种花粉的形态解剖学特征	55
第五节	枣品种花粉的形态解剖学特征	59
第七章	浆果类果树品种花粉的形态解剖学特征	61
第一节	葡萄品种花粉的形态解剖学特征	61
第二节	石榴品种花粉的形态解剖学特征	63
第八章	落叶果树花粉形态解剖学鉴别评述	65
第一节	树种间的形态学差异及其鉴别要点	65
第二节	品种间的形态学解剖学差异及其鉴别要点	66
第三节	花粉样品处理方法对形态学特征的影响	67
第二篇 落叶果树花粉成分化学		
第九章	落叶果树花粉成分化学概述	71
第一节	研究落叶果树花粉成分化学的意义	71
第二节	落叶果树成分化学的特点	71
第十章	落叶果树花粉中的蛋白质及氨基酸	75
第一节	不同树种花粉中的蛋白质及氨基酸含量	75
第二节	不同品种花粉中的蛋白质及氨基酸含量	77
第三节	落叶果树花粉中氨基酸的营养学评价	88
第十一章	落叶果树花粉中的糖及脂肪	90
第一节	不同树种花粉中的糖及脂肪含量	90
第二节	不同品种花粉中的糖及脂肪含量	91
第三节	落叶果树花粉中的糖及脂肪生物学意义评述	98
第十二章	落叶果树花粉中的维生素及激素	99
第一节	不同树种花粉中的维生素及其含量	99
第二节	不同品种花粉中的维生素及其含量	101
第三节	落叶果树花粉中维生素的营养学意义评述	113
第四节	落叶果树花粉中的植物激素及其生物学意义	114
第十三章	落叶果树花粉中的矿质元素	123
第一节	不同树种花粉中的矿质元素及其含量	123

第二节 不同品种花粉中的矿质元素及其含量	124
第三节 落叶果树花粉中矿质元素的营养学评述	132
第十四章 落叶果树花粉与蜜源植物花粉成分化学的比较	134
第一节 蛋白质及氨基酸含量的比较	134
第二节 糖及脂肪含量的比较	135
第三节 维生素含量的比较	136
第四节 矿质元素含量的比较	137
参考文献	138
附 录	139
英汉对照索引	143

**第一篇 落叶果树花粉
形态解剖学**

蘇州府志卷一
地理志

第一章 落叶果树花粉形态解剖学概述

第一节 落叶果树花粉形态解剖学的研究内容

花粉(Pollen),是包括落叶果树在内的种子植物的雄性生殖细胞。扫描电镜(Scanning electron microscope, SEM)和透射电镜(Transmission electron microscope, TEM)技术的发展,使花粉形态解剖学的研究提高到一个新的水平。落叶果树作为一类重要经济栽培植物,对花粉形态解剖学的研究也已获得了很大进展。

花粉形态解剖学,是研究花粉形态和解剖结构的科学。形态学研究的主要内容,包括花粉的形态、大小、极性(Polarity)、对称性、外壁雕纹(Sexine patterns),以及萌发孔(Apertures)的数量、分布和形状等借以建立相应的花粉分类系统,制订“花粉指纹档案”(Fingerpring)。

目前,解剖学研究着重于花粉外壁(Exine)的解剖结构,包括覆盖层(Tectum)的有无及其类型,外壁外层(Sexine)、中柱状层(Bacules)的发育状况等。近年来,又开始注意到内质网(Endoplasmic reticulum)、线粒体(Mitochondria)、高尔基体(Dictyosomes)等细胞器(Organelles),以及淀粉(Starch)、油滴(Oils)等后含物(Ergastic substances),以表达具有个性(尤其是栽培品种)的解剖学模式。

第二节 落叶果树花粉形态解剖学研究的意义

花粉形态解剖学是孢粉学(Palynology)的分支学科之一,是其他分支学科的基础。我国有着丰富的落叶果树资源,北方更有大面积栽培。研究和制定落叶果树花粉形态解剖学图谱,不仅能够充实和补充植物花粉谱的内容,而且对于探索落叶果树种、变种和品种(群)的亲缘关系及其系统演化规律等,都具有重要意义。

近年来,人们不仅根据花粉种类和数量信息,用于判断落叶果树的授粉、受精状况,预测蜂蜜的产量及品质。作为“氨基酸浓缩体”的生物资源花粉,也已经在营养医学、制剂保健、美容化妆以及禽虾饵料等方面,得到了高度重视和广泛应用。合理利用花粉资源的前提,是正确地



鉴别花粉种类。花粉形态解剖学的研究结果,则是正确鉴别花粉种类的必备工具。

此外,落叶果树花粉形态学知识,还是孢粉生理学、孢粉化学、地层孢粉学、石油孢粉学、海洋孢粉学、考古孢粉学、医学孢粉学研究中,重要且不可或缺的基础。道理是显而易见的,没有解决“是什么”这个首要问题,伴随其后的“为什么”和“怎么办”等问题,也就无从谈起。

第二章 花粉的形成和生产力

花粉是被子植物的雄性细胞(雄配子体)。了解花粉的发育、形成过程,对于正确鉴别花粉种类具有重要意义。了解各种落叶果树的花粉生产力,也是合理利用花粉资源的重要依据。

第一节 花粉的分化和发育

一、花药和花粉母细胞的形成

花药(Anther),位于花丝的顶端,是产生花粉粒的器官。由花药产生的花粉粒及其发育形成过程(图1)。

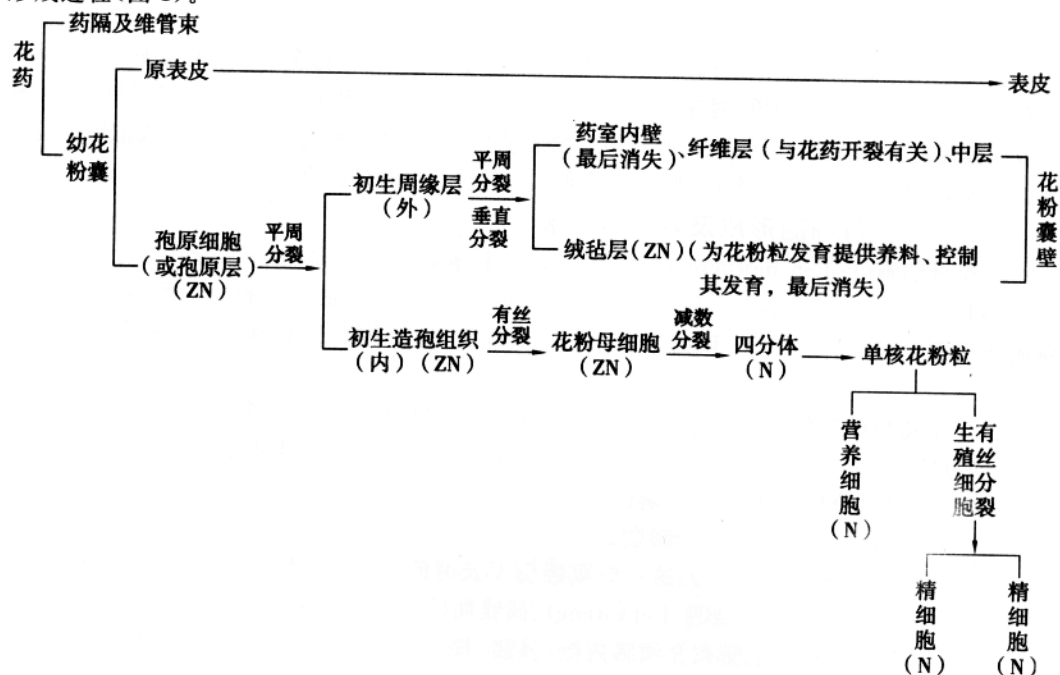


图1 花药结构及花粉粒发育形成过程(李扬汉,1978)



(一) 花药的结构及功能

花药一般具有 4 个花粉囊(Pollen sac),花粉粒(Pollen grain)即产生于此。在花药中部,具有由很多薄壁细胞构成的药隔(Connective),起连接花粉囊和供应营养物质的作用。

花粉囊由初生周缘层细胞行平周分裂和垂直分裂而来,花粉囊壁由表皮、药室内壁(Endothecium)、中层(Middle layer)、绒毡层(Tapetum)组成。药室内壁为加厚的纤维层(Fibrous layer),在相邻花粉囊交接处的外侧,常有 1 条由薄壁细胞构成的狭条状裂口(Stomium)。花粉粒成熟后,即由此裂口处散出(图 2)。

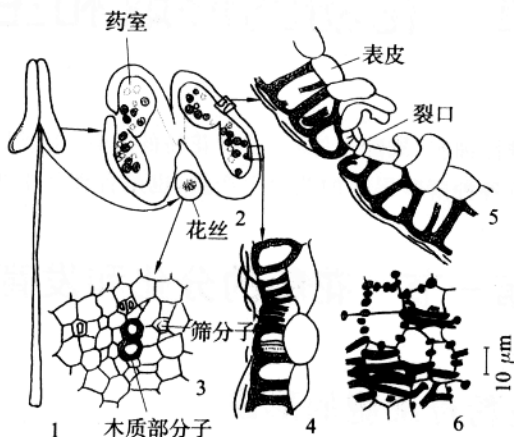


图 2 李属的雄蕊及其各部分(李扬汉等)

1. 雄蕊 2. 花药和花丝横切面 3. 花丝内维管束 4, 5. 药壁部分横切面 6. 纤维层表面观

绒毡层位于花粉囊壁的最内层,细胞质浓、细胞器丰富,含有较多的 DNA、蛋白质,以及油脂和类胡萝卜素等营养物质,对花粉粒的发育起着重要的营养和调节作用。绒毡层能分泌和合成胼胝质酶,分解花粉母细胞和四分体的胼胝质壁,从而使单粒花粉粒分离。绒毡层也能合成蛋白质,运转至花粉粒外壁上,即为识别蛋白,对授粉、受精的亲合力起重要作用。

(二) 花粉母细胞形成及其减数分裂

花粉母细胞(Pollen mothercell, PMC),由花粉囊内的初生造孢细胞(Primary sporogenous cell)经几次分裂后形成。花粉母细胞排列紧密,减数分裂前母细胞和细胞核体积增大,细胞质变稠,大量合成 RNA 和蛋白质,核蛋白体密集,质体和线粒体增多,液泡变小而不明显。

由 1 个花粉母细胞分裂成 4 个子细胞,因为染色体仅分裂 1 次,每个子细胞的染色体数目(N),仅为母细胞染色体数目(2N)的一半,所以这一分裂过程叫做减数分裂(Meiosis)。减数分裂的过程,可以分作 2 次、8 个时期。

1. 第一次分裂 共分作 4 个时期。

(1) 前期 I (Prophase I):这一时期经历很长时间,从染色体浓缩、出现螺旋丝的前细线期(Preleptotene),经过细线期(Leptotene)、偶线期(Zygotene)、粗线期(Pachytene)、双线期(Diplotene),到染色体分散排列在核膜内侧,核膜、核仁消失,纺锤丝开始出现的终变期(Diakinesis)结束。



(2) 中期 I (Metaphase I): 在这一时期中, 二价染色体(Bivalent)排列在细胞中部的赤道板上, 纺锤体形成。

(3) 后期 I (Anaphase I): 在这一时期中, 二价染色体受纺锤丝的牵引, 分别移向各自的极区。每极区染色体数目, 为原母细胞的一半。

(4) 末期 I (Telophase I): 在这一时期中, 2 组染色体分别到达极区(图 3)。



图 3 花粉母细胞减数分裂过程(李扬汉等)

2. 第二次分裂 落叶果树花粉的母细胞, 结束了减数分裂的第一次分裂之后, 即进入第二次分裂过程。第二次分裂也分成 4 个时期, 主要特征是姐妹染色单体的分离和产生 4 个单倍体的子细胞。

(1) 前期 II (Prophase II): 这一时期中, 两个极区之间开始形成纺锤体, 核膜再度消失。

(2) 中期 II (Metaphase II): 在这一时期中, 染色体以着丝粒排列在赤道板上; 每条染色

体中的两条染色单体,彼此向相反方向连接在赤道板的两端。

(3) 后期Ⅱ (Anaphase Ⅱ):在这一时期中,着丝粒分裂,染色单体彼此分离,受纺锤丝牵引,移向相反的极区。每个极区各有一套完整的单倍染色体组。

(4) 末期Ⅱ (Telophase Ⅱ):在这一时期中,核膜、核仁出现,染色体螺旋解体,同时形成4个子细胞。子细胞也叫做四分体 (Tetrad)。4个子细胞分离后,形成4个花粉粒。

于绍夫等(1981)对6个苹果花粉母细胞减数分裂过程的观察指出,这一过程具有3个特点:一是,花粉母细胞开始减数分裂的早晚,与品种开花物候期的早晚相一致;二是,同品种不同花粉母细胞间的减数分裂过程,具有不等步性;三是,花粉母细胞减数分裂的时间,开始于苹果盛花期前1个月左右(表1)。科贝尔(Kobel)观察3个苹果三倍体品种花粉母细胞的减数分裂过程,揭示了这一过程中染色体的异常行为(图4)。王强生等(1979)的研究表明,苹果的三倍体品种伏花皮,在其花粉母细胞减数分裂过程中,常出现染色体配位异常,致使有些花粉粒不能正常发育。虽然花粉粒较大,但总花粉量少、败育花粉率高,稔性花粉率为11%~36%(表2、表3)。

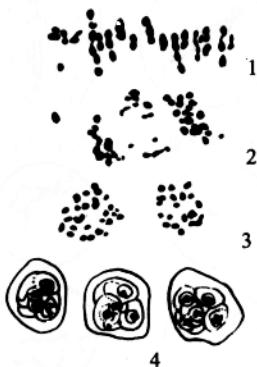


图4 苹果三倍体品种花粉母细胞减数分裂期
染色体的异常行为(Kobel,1 500×)

1. 中期Ⅰ 2. 后期Ⅰ 3. 中期Ⅱ 4. 四分体期

表 1
6 个苹果品种花粉母细胞的减数分裂过程
(于绍夫等,1981)

日期 (日/月)	元帅	金冠	青香蕉	烟青	国光	富士
3/4	—	花粉母细胞	终变期	花粉母细胞	—	—
7/4	四分体	终变期,二分体、四分体	四分体,中期Ⅰ	中期Ⅰ,后期Ⅰ	—	花粉母细胞, 四分体,花粉粒
8/4	四分体	中期Ⅰ,后期Ⅰ,四分体	四分体	终变期	花粉母细胞	四分体
9/4	四分体	四分体	四分体	四分体	中期Ⅰ,中期Ⅱ	花粉母细胞, 四分体,花粉粒
10/4	四分体	四分体	四分体	花粉母细胞,细线期,四分体	四分体	四分体,花粉粒
11/4	四分体	四分体	花粉粒	花粉粒	中期Ⅱ	四分体
14/4	花粉粒	四分体,花粉粒	花粉粒	花粉粒	花粉母细胞,二分体、四分体	四分体,花粉粒
15/4	花粉粒	四分体,花粉粒	花粉粒	花粉粒	四分体,花粉粒	花粉粒
16/4	花粉粒	四分体,花粉粒	花粉粒	花粉粒	四分体,花粉粒	花粉粒



(续表)

日期 (日/月)	元帅	金冠	青香蕉	烟青	国光	富士
17/4	花粉粒	四分体,花粉粒	花粉粒	花粉粒	花粉粒	花粉粒
18/4	花粉粒	四分体,花粉粒	花粉粒	花粉粒	花粉粒	花粉粒
20/4	花粉粒	花粉粒	花粉粒	花粉粒	花粉粒	花粉粒
21/4	花粉粒	花粉粒	花粉粒	花粉粒	花粉粒	花粉粒
22/4	花粉粒	花粉粒	花粉粒	花粉粒	花粉粒	花粉粒
23/4	花粉粒	花粉粒	花粉粒	花粉粒	花粉粒	花粉粒
24/4	—	—	花粉粒	花粉粒	花粉粒	花粉粒
25/4	—	—	—	—	花粉粒	花粉粒
26/4	—	—	—	—	四分体	—

表 2 苹果三倍体品种伏花皮四分体的异常行为

(王强生,1979)

类型	花粉母细胞	
	数目	比例(%)
一分体	3	0.41
二分体	9	1.22
三分体	2	0.27
四分体	593	80.25
五分体	104	14.09
六分体	21	2.85
七分体	5	0.68
八分体	1	0.13

表 3 苹果三倍体品种的稔性花粉率

(青森果试,1956)

品种	稔性花粉率(%)
陆奥	23
福锦	36
伏花皮	12
绯之衣	17
大珊瑚	23
paragon	11

戚其家等(1982)观察在梨花花粉母细胞的减数分裂过程指出,在梨的花药以造孢组织越冬,3月中旬形成花粉母细胞并开始减数分裂;4月中旬花序分离期,形成花粉粒(图5、表4)。



图5 荏梨花粉母细胞减数分裂过程(戚其家等,1987)

1. 花粉母细胞(17/3) 2. 减数分裂(21/3) 3. 四分体(23/3)
4. 单核花粉粒(30/3) 5. 双核花粉粒(2/4)

表4 荏梨花粉的形成与植株形态的关系
(戚其家等,1982)

时间(日、旬/月)	花粉形成过程	植株状态
中/3	花粉母细胞	花芽膨大,露绿
中末/3	减数分裂	芽鳞微张
21~26/3	四分体	芽鳞开张
27~30/3	单核花粉	花芽开绽,花蕾微露
31/3~3/4	双核花粉	芽鳞渐落,花蕾半露
4~10/4	花粉粒成熟	花序分离
11~15/4	—	露冠期至初花期
16~18/4	花粉散出	盛花期

(三) 花粉的发育和形成

花粉母细胞减数分裂后,随着胼质壁的溶解,单核花粉粒从四分体中游离出来,释放到花粉囊中,开始了生殖核和营养核的发育过程,以及花粉壁的形成过程。

1. 生殖核和营养核的发育 由四分体游离出来的单核花粉粒,细胞壁薄,细胞质浓厚,具有位于细胞中央的核。由于不断从绒毡层及其降解物中获得营养和水分,单核花粉粒体积增大,小液泡合并成大液泡。同时,细胞核和细胞质移向花粉粒的一侧。细胞核在近壁处分裂,形成2个子细胞核。其中,贴近花粉粒壁的一个为生殖核,贴近中央大液泡的一个为营养核。由于细胞质的极化现象,使液泡、线粒体、质体及圆形体等细胞器多趋向营养核,故由营养核形成的营养细胞(Vegatative cell)大,由生殖核形成的生殖细胞(Generative cell)小。生殖细胞常浸泡在营养细胞之中。

2. 花粉壁的发育 花粉壁的发育,开始于四分体形成后不久。起初,在单核花粉粒的胼质壁和质膜之间,产生纤维素的初生外壁(Primexine)沉积。与此同时,质膜上形成许多穿过初生外壁的圆柱状突起,在花粉粒表面呈辐射状排列。随后圆柱状突起的顶端和基部,按一定的方式向侧旁扩展、连接,共同组成花粉粒外壁(Exine)的外层(Esxine),初步形成一定的雕纹。接着又在外壁内侧形成外壁内层(Nexine),与外层共同组成外壁。由于微粒体(Orbicle)的活动和孢粉素(Sporo-pollenin)的堆积,外壁逐渐增厚,雕纹更为明显。在初生外壁形成过程中,质膜内侧贴近内质网处并不产生外壁,此处即发育为萌发孔或萌发沟(Germinal furrow)。

花粉粒的内壁(Intine),由纤维素、果胶质、半纤维素、蛋白质等组成。内壁的发育,常开始于萌发孔区,然后遍及花粉粒外壁的内侧。

落叶果树的花粉粒,只含有生殖细胞和营养细胞,为二核花粉粒(或二细胞花粉粒)。在花粉粒发育到二细胞阶段时,即已成熟。在成熟花粉粒中,由于遗传因素的控制,表现出形态、大