

# 莲属植物的花粉形态研究

刁英<sup>1,2</sup>, 方娟<sup>1</sup>, 任佳云<sup>1</sup>, 张艳雪<sup>1</sup>, 周明全<sup>2</sup>, 胡中立<sup>2</sup>

(1. 重庆文理学院 生命科学与技术学院, 重庆 402160; 2. 武汉大学 生命科学学院, 湖北 武汉 430072)

**摘要:**利用扫描电镜对莲属植物的花粉形态进行观察研究。结果表明:所有测试材料的花粉形态极为相似,赤道面观均为长椭圆形,极面观均为三裂圆形,且都具有3条萌发沟。外壁纹饰基本为脑状纹,且外壁纹饰存在着深浅的变化。这些花粉的形态特征为莲的分类学和系统发育学研究提供了新的证据。

**关键词:**莲属;花粉;形态;扫描电镜

**中图分类号:**Q 944 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)06-0047-04

莲属(*Nelumbo* Adans.)是莲科(Nelumbonaceae)唯一的一个属,曾位于睡莲科(Nymphaeaceae)<sup>[1]</sup>。莲属植物仅有2个种:一种为“中国莲”( *Nelumbo nucifera* )主要分布在亚洲、大洋洲;另一种为“美国莲”( *Nelumbo lutea* ),主要分布美洲<sup>[2]</sup>。莲在我国是一种重要的水生经济植物,除花供观赏外,地下茎(莲藕)、种子和嫩叶均供食

用及入药。

传统的花粉形态研究观察的工具是光学显微镜,随着扫描电子显微镜的广泛应用,现已成为在花粉形态学研究中观察的主要手段。早在20世纪40~50年代,瑞典孢粉学家埃德曼出版专著,论述各类植物的孢粉形态和植物分类的关系<sup>[3]</sup>。研究表明花粉形态特征不但可以为植物分科上提供有价值的孢粉学依据,而且也可以在植物分目上提供有价值的资料,同时也在较低级的分类单位中(属、种)有重要意义。由于花粉是在花粉囊内生长和发育的,其花粉的形态特点不易受外部的自然环境的影响,因此花粉的形态特点比植物体上其它器官稳定。因此,针对莲属植物种内和种间以及杂交后代的花粉形态进行研究,可为莲的分类学和系统发育学研究提供新的证据。

**第一作者简介:**刁英(1978-),女,重庆人,在读博士,现主要从事资源生物学与生物技术研究工作。E-mail:diaoy78@163.com。

**责任作者:**胡中立(1961-),男,湖北仙桃人,博士,教授,现主要从事植物种质资源研究工作。E-mail:huzhongli@whu.edu.cn。

**基金项目:**国家科技支撑计划重点资助项目(2007BAD37B06);国家自然科学基金资助项目(30771375)。

**收稿日期:**2011-11-25

深、宽为10~15 cm的5~6条放射沟,向内施入N、P、K复合肥,施量依树龄而定,一般100~200 g/株。

## 2.5 灌水

特殊干旱年份及季节,应及时安排浇水,确保植株健壮成长,确保当年产量。有条件的园地,应有灌水设施,必要时能及时进行滴灌。

## 3 树形与修剪

### 3.1 树形

适宜树形为自然丛状形,株高1.5~1.8 m,冠幅1.0~2.0 m,主枝数6~8个,每主枝角度30°~70°。

### 3.2 修剪及更新

植后的6~7 a内,任其自然生长,基本不用修剪,但对于一些损伤枝、倒伏枝和过于细弱枝,应及时在适当部位进行短截及疏除。第6~7年的冬季,于早春萌芽前,剪掉骨干枝的上半部,以促发健壮枝条,用于结果,对一些病残枝、过于衰老枝可以从基部疏剪掉。当树龄超过15 a时,可一次性在地表回缩,留茬高度30~40 cm,经2 a的更

新复壮生长即可恢复树势、恢复生长及产量。

## 4 虫害防治及越冬防旱

4月至5月初、7~8月,若发生蚜虫、刺蛾、毛虫等叶片害虫,及时喷洒20%速灭杀丁2000倍液进行杀灭,5月下旬至6月为果实成熟期,不可喷药。

初植的2~3 a生苗,虽然不存在冻害问题,但若冬季干旱,可能造成抽条,应在11月初向地表灌1次封冻水。

## 5 采收及采后处理

6月上旬,当果实呈现浅蓝色时,再过5~10 d,果实相继成熟并出现固有的风味、香气,同时也变软。当全株有70%果实达到食用或加工成熟度时,应抓紧进行手工或机械采摘,否则很快脱落,造成损失。

蓝果忍冬浆果不耐贮藏,自然情况下,仅能存放5~7 d。因此,采后应及时销售或速冻,以延长贮藏期,利于长时期进行深加工,以创造较高的经济利益。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料共6个,包括“鄂杂3号”、“建莲”、“普者黑白莲”、“泰国莲”、“美国莲”和“中美杂交莲”,均取自栽培在武汉大学莲藕工程技术中心实验基地。

1.2 试验方法

取新鲜、成熟花粉,直接滴台,负离子溅射镀金膜,JSM-T300扫描电镜观察、拍照,加速电压为20 kV。各样品测量10粒,取平均值。

2 结果与分析

从扫描电镜的结果可以看出,所有测试品种的花粉赤道面观均为长椭圆形,极面观均为三裂圆形,且都具有3条萌发沟。其中,平均极轴长和赤道轴长最大的均为“建莲”花粉,最短极轴的为“美国莲”的花粉,最短赤道轴的为“泰国莲”花粉。外壁纹饰基本为脑状纹,且外壁纹饰存在着深浅的变化,其中“中美杂交莲”的外壁纹饰最复杂,而“泰国莲”和“美国莲”的最简单。花粉扫描电

镜的具体形态特征见表1和图1、2。

3 讨论与结论

3.1 从花粉形态看莲属的系统位置

莲属的分类学位置一直是争论的焦点,目前的植物学特征支持将莲属独立于睡莲科单独成立莲科,而且最近的分子系统发育分析,建议将莲属放在真双子叶(Eu-dicots)的基部等级位置,认为莲属与被子植物悬铃目属有密切关系<sup>[4]</sup>。

从孢粉学分析看来,睡莲科莼菜属(*Brasenia*)、芡属(*Euryale*)和萍蓬草属(*Nuphar*)的花粉为单槽类型(Anasulcate),花粉纹饰为细颗粒,芡属花粉纹饰为小刺,而萍蓬草属花粉纹饰则为长刺;睡莲属(*Nymphaea*)、王莲属(*Victoria*)和合瓣莲属(*Barclaya*)为环槽类型(Zonasulcate),又可分为远极环槽和赤道环槽2种,其纹饰微细颗粒,小瘤,小刺或纹饰模糊<sup>[5]</sup>。而该研究结果表明,莲属植物的花粉是三沟类型,外壁纹饰为脑纹状。

表1 莲花粉形态特征

Table 1 Pollen morphology of *Nelumbo*

名称 Sample	来源 Source	赤道面观 Equatorial view	极面观 Polar view	极轴长(P) Polar axis/ $\mu\text{m}$		赤道轴长(E) Equatorial axis/ $\mu\text{m}$		P/E	外壁纹饰 Exine s culpture	萌发沟 Aperture /条	沟内脊状突起 Ridges in aperture	图 Figure
				平均值 Mean	极差 Range	平均值 Mean	极差 Range					
“鄂杂”(N. nucifera ‘eza’)	栽培	长椭圆形	三裂圆形	76.57	4.86	45.10	2.04	1.70	脑纹状	3	较小,断续	图 1-2a
“建莲”(N. nucifera ‘jianlian’)	栽培	长椭圆形	三裂圆形	77.10	3.12	48.57	2.31	1.59	脑纹状	3	无	图 1-2b
“普者黑白莲”(N. nucifera ‘puzheheibailian’)	野生	长椭圆形	三裂圆形	73.50	1.28	45.72	2.86	1.61	脑纹状	3	明显,连续	图 1-2c
“泰国莲”(N. nucifera ‘Thailand’)	野生	长椭圆形	三裂圆形	74.50	6.00	41.57	3.00	1.79	浅脑纹状	3	较小,断续	图 1-2d
“美国莲”(N. lutea)	野生	长椭圆形	三裂圆形	66.30	1.12	44.41	4.88	1.49	浅脑纹状	3	明显,连续	图 1-2e
“中美杂交莲”(N. nucifera $\times$ N. lutea)	栽培	长椭圆形	三裂圆形	71.40	7.14	47.00	3.02	1.52	2层,细脑纹状	3	较小,断续	图 1-2f

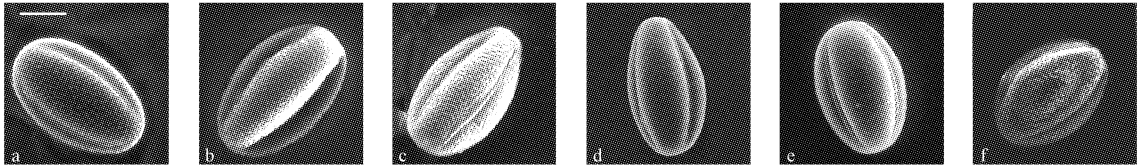


图1 莲花粉扫描电镜图

注:a=“鄂杂”,b=“建莲”,c=“普者黑白莲”,d=“泰国莲”,e=“美国莲”,f=“中美杂交莲”。Bar=25  $\mu\text{m}$ 。

Fig. 1 Pollen shape of *Nelumbo* under SEM

Note:a= *N. nucifera* ‘eza’,b= *N. nucifera* ‘jianlian’,c= *N. nucifera* ‘puzheheibailian’,d= *N. nucifera* ‘Thailand’,e= *N. lutea*,f= *N. nucifera*  $\times$  *N. lutea*. Bar=25  $\mu\text{m}$ .

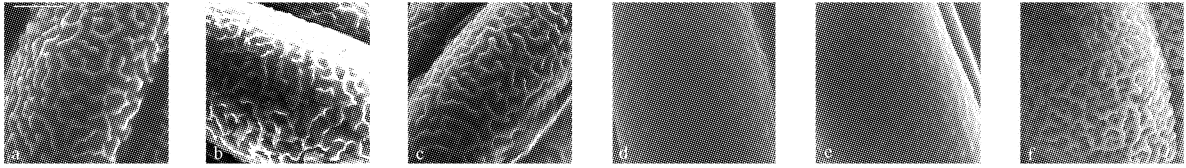


图2 莲花粉外壁纹饰扫描电镜图

注:a=“鄂杂”,b=“建莲”,c=“普者黑白莲”,d=“泰国莲”,e=“美国莲”,f=“中美杂交莲”。Bar=8.6  $\mu\text{m}$ 。

Fig. 2 The pattern of exine of *Nelumbo* under SEM

Note:a= *N. nucifera* ‘eza’,b= *N. nucifera* ‘jianlian’,c= *N. nucifera* ‘puzheheibailian’,d= *N. nucifera* ‘Thailand’,e= *N. lutea*,f= *N. nucifera*  $\times$  *N. lutea*. Bar=8.6  $\mu\text{m}$ .

仅从这些特征就可以看出,莲属与睡莲科的其它属有很大的区别,因此,支持将莲属从睡莲科独立出去。花粉的大小在这几个属间分化也很大,因属种而异,莲属花粉最大,而睡莲属某些种的花粉最小,如印度红睡莲(*N. rubra*)的花粉大小为  $20(22\sim24)\mu\text{m}\times 27(26\sim29)\mu\text{m}$ 。Meyer N R<sup>[6]</sup>根据当时的睡莲科的花粉和分类学资料,提出睡莲科的花粉有4个演化线。在此基础上张玉龙<sup>[5]</sup>对其进行了修改,保留了4条演化路线的说法,但认为由莼菜属分为3个演化线,第1支演化为芡实属的具有短刺的单槽花粉,第2支演化为睡莲属的环槽花粉,由睡莲属再演化为王莲属的环槽四合花粉,第3支演化为萍蓬草属的具长刺的单槽花粉。以上2位研究者都是基于当时睡莲科分类学基础进行的,其结果在现在看来有很大的局限性。莲属和莼菜属在现在的分类学上已经不属于睡莲科,因此将莲属和莼菜属与其它睡莲属植物放在一起讨论花粉演化路线是不恰当的。周庆源<sup>[7]</sup>根据萍蓬草属的系统学位置并参照前人的分析,认为萍蓬草属的具长刺的远极单槽花粉可能是睡莲科的原始类型。由此睡莲科内属间花粉的演化路线彼此相连,可以明确发生的先后顺序,而解决了莲属处于睡莲科里面单独形成一支,难以合理解释的问题。

目前分子系统发育分析认为莲属与被子植物悬铃木科(Plantanaceae)和山龙眼科(Proteaceae)有密切关系<sup>[4]</sup>。悬铃木科(Platanaceae)只有悬铃木属(*Platanus* L.)一个属,全世界约11种,我国没有野生种,仅引种了一球悬铃木、二球悬铃木和三球悬铃木。杨德奎等<sup>[8]</sup>研究了3种悬铃木的花粉形态,结果表明花粉粒均为长球形,具三沟,沟宽、界限不明显;表面具网状雕纹,表现出属的特征的一致性。其雕纹在不同种间有一定的差异。山龙眼科(Proteaceae)共1300多种,现有5个亚科,75个属,主产大洋洲和非洲南部,亚洲及南美洲也有分布,至今为止进行过花粉形态研究的仅有19属约100种,只占该科属种的很少部分。以国产山龙眼科的山龙眼属(*Helicia*)、假山龙眼属(*Heliciopsis*)及引种的银桦属(*Grevillea*)共13种的花粉形态的研究结果看,山龙眼属的花粉具粗糙颗粒状纹饰,外壁较薄,极面观圆三角形至钝三角形,边直或稍凸,具3孔,角孔;假山龙眼属的花粉具网状纹饰,外壁厚比山龙眼属的厚得多,极面观正三角形,边稍凸,具3孔,角孔平或稍凸,外壁皱疵状纹饰。通过比较发现,莲属的花粉形态与悬铃木属的特征更为接近,因此认为莲属与悬铃木科的系统发育关系比莲属与山龙眼科的关系更密切。

### 3.2 从花粉形态看莲属的种间关系

莲属共2个种分别为“中国莲”和“美国莲”,也有学者认为“美国莲”是“中国莲”的亚种。该研究中“美国莲”

花粉的平均极轴长在测试的样品中最短,其外壁雕纹较浅,但也发现有少量花粉脑纹状雕纹较突出,但也没有“中国莲”的花粉那样明显。Sarah等<sup>[9]</sup>研究了“美国莲”花粉和花粉囊的发育过程,其扫描电镜的结果显示,成熟的“美国莲”花粉外壁雕纹为明显的脑纹状,且排列紧密,纹路之间空隙很小。该结果的差异可能是因为“美国莲”不同的群体之间花粉纹饰可能存在一定的差异,因此纹饰的深浅可能是一个数量性状,有一定的浮动范围,而纹饰的类型则应该是质量性状。Sarah S K等<sup>[9]</sup>还发现“美国莲”的成熟花粉中有少量的单槽花粉和环槽花粉,这些花粉集中分布在某些花粉囊中。该现象在“中国莲”中也有报道。有研究者认为莲属花粉沟的不同类型,可能暗示了被子植物由单沟花粉到三沟花粉的转变过程。可以看出莲不仅在形态学上具有双子叶植物到单子叶植物的过渡类型的特征,而且在花粉的发育上也可以看出莲是一类过渡类型的植物。

### 3.3 从花粉形态看莲属的种内关系

在研究“中国莲”品种花粉形态特征中发现,花粉形状相同,外壁纹饰基本为脑纹状。但仔细辨别还是存在细微的区别。“鄂杂”、“建莲”和“普者黑白莲”均为中国产的品种,三者外型和外壁纹饰最为相似,仅在萌发沟内脊状突起上有所不同。而“泰国莲”为泰国的野生莲,花粉的P/E值最大,说明其体形最长,而其外壁纹饰较浅。而且在“泰国莲”花粉中瘪粒和粘连的现象非常严重,说明其花粉发育不好,可能与“泰国莲”不适应武汉当地的气候有关。而“中美杂交莲”的花粉也较圆润,而且外壁纹饰最为复杂,明显可以分为2层结构,外层为细的脑纹状突起,内层为网状结构,可见杂交莲在花粉形态上居于2个亲本之间,而纹饰则更为复杂,似乎存在杂种优势的现象。这还需要观察更多的杂交后代来证实。孔德政等<sup>[10]</sup>研究了10个荷花品种的花粉,其花粉为近球形,外壁纹饰除“太空莲”外均为脑纹状。该试验仔细观察了其图片,“太空莲”的皱波状纹饰其实也是脑纹状,只是排列非常紧密,几乎没有空隙。因此,“中国莲”的花粉外壁类型均为脑纹状,只是纹路的紧密程度有所不同。通过比较发现,他们首先对花粉进行了固定脱水等处理,而该试验则采集新鲜花粉直接观察,不同的操作方法可能会对花粉形态产生一定的影响。在他们的研究中花粉的极轴长度为  $37.5\sim50.9\mu\text{m}$ ,赤道轴长  $41.6\sim51.3\mu\text{m}$ ,而该试验的结果中极轴长度为  $77.1\sim73.5\mu\text{m}$ (“美国莲”和“中美杂交莲”除外),赤道轴长  $41.57\sim48.57\mu\text{m}$ ,2个研究结果中极轴长度差异明显,赤道轴长基本吻合。由此可见,莲在花粉极轴长度上的变化范围较大,而赤道轴长变化较小。该研究所涉及的中国产的莲均处在亚热带气候类型中,因此,其花粉外形表现出了较大的一致性,而泰国是热带气候类



型,与中国气候类型差异较大,因此花粉形态上出现的分化如外壁雕纹较浅等特征可能就是由于栖息地的不同而造成的不同的生态类型。“泰国莲”的实生苗当年能够在武汉种植开花,但是该试验观察到其花粉大量败育,同时,“泰国莲”不能在武汉室外越冬,因此,也可以说明“泰国莲”的生活习性与中国产的亚热带类型的莲有较大差别。

“美国莲”是莲属的一个种,在花粉外壁纹饰上与“中国莲”相比较浅,其花粉育性很好,与“中国莲”的杂交后代生长良好,地下茎也能在武汉市外越冬,而杂交后代的花粉外壁特征比“中国莲”更为复杂。同样在“美国莲”的花粉中也观察到了少量相对较明显的脑纹状突起,与 Sarah 等<sup>[8]</sup>报道的形态较为接近,该种纹路深浅的差别是否是由于栽培环境与“美国莲”自然生境的差别造成的,还需要进一步研究。

#### 参考文献

[1] Adanson M. Familles des Plantes[M]. Paris: Vincent, 1763:76.

- [2] 倪学明. 中国莲[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [3] 潘建国. 试论应用孢粉学及其新进展[J]. 微体古生物学报, 2002, 19(2): 206-214.
- [4] Angiosperm Phylogeny Group. An update of the angiosperm phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II [J]. J. Lin. Soc., Bot., 2003, 141(4): 399-436.
- [5] 张玉龙. 我国睡莲科花粉形态的研究[J]. 植物研究, 1984, 4(3): 147-161.
- [6] Meyer N R. Palynological studies in Nymphaeaceae [J]. Bot. Zh., 1964, 49(10): 1421-1429.
- [7] 周庆源. 睡莲科的花的生物学和生殖形态学研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院(植物研究所), 2005.
- [8] 杨德奎, 宋立波, 宋艳梅. 悬铃木科花粉形态的研究[J]. 山东科学, 2007, 20(5): 21-23.
- [9] Sarah S K, Jeffrey M O. Pollen and anther development in *Nelumbo* (*Nelumbaceae*) [J]. Am. J. Bot., 1999, 86(12): 1662-1676.
- [10] 孔德政, 李晨, 赵海舰, 等. 荷花花粉的形态研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(6): 175-178.

## Study on Pollen Morphology of *Nelumbo*

DIAO Ying<sup>1,2</sup>, FANG Juan<sup>1</sup>, REN Jia-yun<sup>1</sup>, ZHANG Yan-xue<sup>1</sup>, ZHOU Ming-quan<sup>2</sup>, HU Zhong-li<sup>2</sup>

(1. College of Life Science and Technology, Chongqing University of Arts and Sciences, Chongqing 402160; 2. College of Life Sciences, Wuhan University, Wuhan, Hubei 430072)

**Abstract:** Pollen morphology of *Nelumbo* was examined by using SEM (scanning electron microscope). The results showed that the pollen grains of these samples were similar in the shape of pollens, which were all prolate spheroid with three colpi. However, there were some differences among these specimens on the size of volume and sculpture. The pollens had cerebriform sculpture on their surface, which were differential in the gradation of the sculpture among *Nelumbo* accessions. These morphological characters of pollen could be the new evidence for taxonomy and phylogenetic researches in *Nelumbo*.

**Key words:** *Nelumbo*; pollen; morphology; scanning electron microscope