

文章编号: 1000-5692(2007)04-0406-07

百合种质资源花粉形态及亲缘关系研究

吴祝华, 施季森, 席梦利, 刘光欣

(南京林业大学 国家林业局林木遗传与基因工程重点实验室, 江苏 南京 210037)

摘要: 利用扫描电镜对 12 个分布于我国的百合 *Lilium* 种(包括 2 个变种)及 6 个栽培品种进行花粉形态观察与比较研究。结果表明, 百合属花粉粒为椭圆体至长椭圆体, 萌发沟均为单萌发沟, 萌发沟长达两端。表面纹饰网纹, 网眼为不规则多边形至近圆形, 大小不一。网脊由瘤状或盘珠状颗粒较紧密排列而成, 单排基柱, 脊宽 $1.17 \sim 2.48 \mu\text{m}$, 有时有断点。网眼内有疣状、瘤状或棒状突起, 少数品种无突起。在花粉形态性状比较基础上, 初步探讨了百合属植物的系统进化关系。通过对供试 18 个种、变种及品种的 5 个花粉形态指标进行聚类分析, 结果除卷丹 *L. lancifolium* 外, 较准确地将形态分类上的百合组与卷瓣组聚为 2 个类群。图 2 表 2 参 13

关键词: 植物学; 百合; 花粉粒形态; 种质资源; 亲缘关系; 扫描电镜; 聚类分析

中图分类号: S682.2; S324 **文献标志码:** A

近年来, 我国切花百合 *Lilium* 种植面积迅速扩大, 但由于没有自主知识产权的品种, 百合切花生产严重受制于国外企业。我国是百合自然分布中心, 百合属植物全世界共有 80 余种, 我国就有 49 种及变种, 其中 36 种为特有种^[1]。野生百合资源是百合育种的重要种质, 资源的性状研究是种质创新的重要基础。了解百合的花粉生物学特性不仅是杂交育种的成功基础, 也是种质资源鉴定的重要依据之一。花粉是在花粉囊内生长和发育的, 不易受外部自然环境的影响, 具有很强的保守性, 并且世代相传。因此, 花粉的形态特点比植物体上其他器官稳定, 可以较客观地反映种间亲缘和进化关系。李景奇等^[2]对淡黄花百合 *L. sulphureum* 等 9 种百合进行花粉性状研究, 曾小英等^[3]对多个百合品种, 张丽娜等^[4]对分布于北方的 9 个种及 1 个食用变种及 3 个观赏品种的花粉性状进行研究, 均认为花粉性状是该属植物分类的重要参考依据。张西丽等^[5]对 9 个观赏品种花粉性状进行性状观察与聚类分析, 认为孢粉性状正确地揭示了其亲缘关系。文章对主要分布于南方的 12 个百合种(包括 2 个变种)及 6 个观赏品种进行花粉形态观察, 并通过花粉形态性状指标的聚类分析, 探讨百合属植物种及品种间亲缘关系, 为百合种质创新提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试百合材料为 2003—2004 年南京林业大学百合育种课题组在我国西南、西北、华中、华东的自然分布区收集的野生百合种质和上海振东园艺公司提供的 5 个观赏品种: 亚洲系的‘布鲁诺’

收稿日期: 2006-07-20; 修回日期: 2007-04-23

基金项目: 上海市科技兴农重点攻关项目(2004-04-31); 江苏省高校自然科学基金资助项目(05KJB180050)

作者简介: 吴祝华, 讲师, 博士研究生, 从事园林植物遗传育种研究。E-mail: nlwuzhu@126.com。通信作者: 施季森, 教授, 博士生导师, 从事林木遗传育种研究。E-mail: jshi@njfu.edu.cn

Brunello'; 东方系的‘天霸 Tiber’，‘索蚌 Sorbonne’，‘马可波罗 Marco polo’；麝香系的‘白狐狸 White fox’，以及沈阳添馨园艺公司提供的麝香系的‘雷山 2 号 Leishan No. 2’。野生种质来源地情况见表 1。

1.2 花粉电镜观察

在百合种质圃中于百合绽放散粉 0.5~1.0 h 后收集花粉，每种取 4 株。醋酸酐分解法处理花粉后，每个标本选取 20 粒花粉，分别测量其极轴和长赤道轴，取其平均值。

花粉外壁超微结构观察：已分解处理过的花粉经水洗和乙醇脱水，然后把体积分数为 100% 乙醇处理过的花粉滴于样品台上，喷膜，在 SEM-505 飞利浦扫描电镜下观察并拍片。

1.3 数据获取与数据分析

每个种随机选取 10 粒花粉进行花粉粒单体摄片，分别每片随机测量 5 个网孔的网脊宽及网眼大小，取其平均值。用 SAS 软件平均距离法对网脊宽、网眼大小、极轴卡长 (P)、赤道轴长 (E) 和 P/E 值等 5 组数据进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 百合属植物花粉形态特征

百合属花粉粒形态呈两侧对称，极面观为长椭圆形到椭圆形，赤道面观为舟形。萌发沟均为单萌发沟，萌发沟长达两端。表面纹饰网纹，网眼为不规则多边形至近圆形，大小不一。网脊由瘤状或盘珠状颗粒较紧密排列而成，单排基柱，脊宽 $1.17 \sim 2.48 \mu\text{m}$ ，有时有断点。网眼内有疣状、瘤状或棒状突起，有的种较多，有的种少(表 2, 图 1)。从演化水平来看，简单萌发孔是原始的，复合萌发孔是进化的^[9]。本实验观察的百合属花粉均为单萌发沟，属于简单萌发孔，属内种间差异很小，所以在植物类群中，百合属花粉从萌发孔角度来看应该属于较原始的类群。

2.2 花粉粒形状

分析 12 个百合种花粉粒形状，有椭圆体与长椭圆体 2 种类型，花粉粒极轴长/赤道轴长 (P/E) 为 $2.091 \sim 3.259$ 。其 P/E 由大到小顺序为川百合>药百合>卷丹>细叶百合>淡黄花百合>泸定百合>野百合>百合>湖北百合>南川百合>宜昌百合>岷江百合。Wodehouse 认为^[1]，越进化的花粉其调节功能越强，而调节功能随着花粉体积与表面积之比的减少而增强，体积与表面积之比与花粉的长度呈反比，即花粉越长，其体积与表面积之比就越小，调节功能越强，也就越进化。据此，本实验的几个百合种的进化关系如与其花粉粒 P/E 对应，应是川百合、药百合和细叶百合较为进化，而湖北百合、南川百合、宜昌百合和岷江百合较为原始。

栽培品种中，花粉粒 P/E 排序为‘马可波罗’>‘布鲁诺’>‘雷山 2 号’>‘白狐狸’>‘索蚌’>‘天霸’，这表明几个栽培品种的亲本在进化次序上的差异。

2.3 花粉粒大小

在所研究的 12 种百合属植物中，按椭球体体积计算，花粉粒由大至小排序为百合>卷丹>野百合>宜昌百合>淡黄花百合>岷江百合>泸定百合>细叶百合>川百合>湖北百合>南川百合>药百合。其中，卷瓣组除卷丹外均小于百合组花粉粒，染色体分析表明，卷丹为 3 倍体，具有花粉粒大的特征。关于花粉粒大小的演化顺序，目前公认比较原始的被子植物花粉粒体积都是比较大的，由大到小进化^[7]。排除 3 倍体的卷丹，据此认为，百合属中卷瓣组比百合组进化。根据花粉粒大小将本研究中除卷丹外 11 种百合分为 2 个类群，并与按花形性状划分的百合组与卷瓣组相对应。因此，认为在

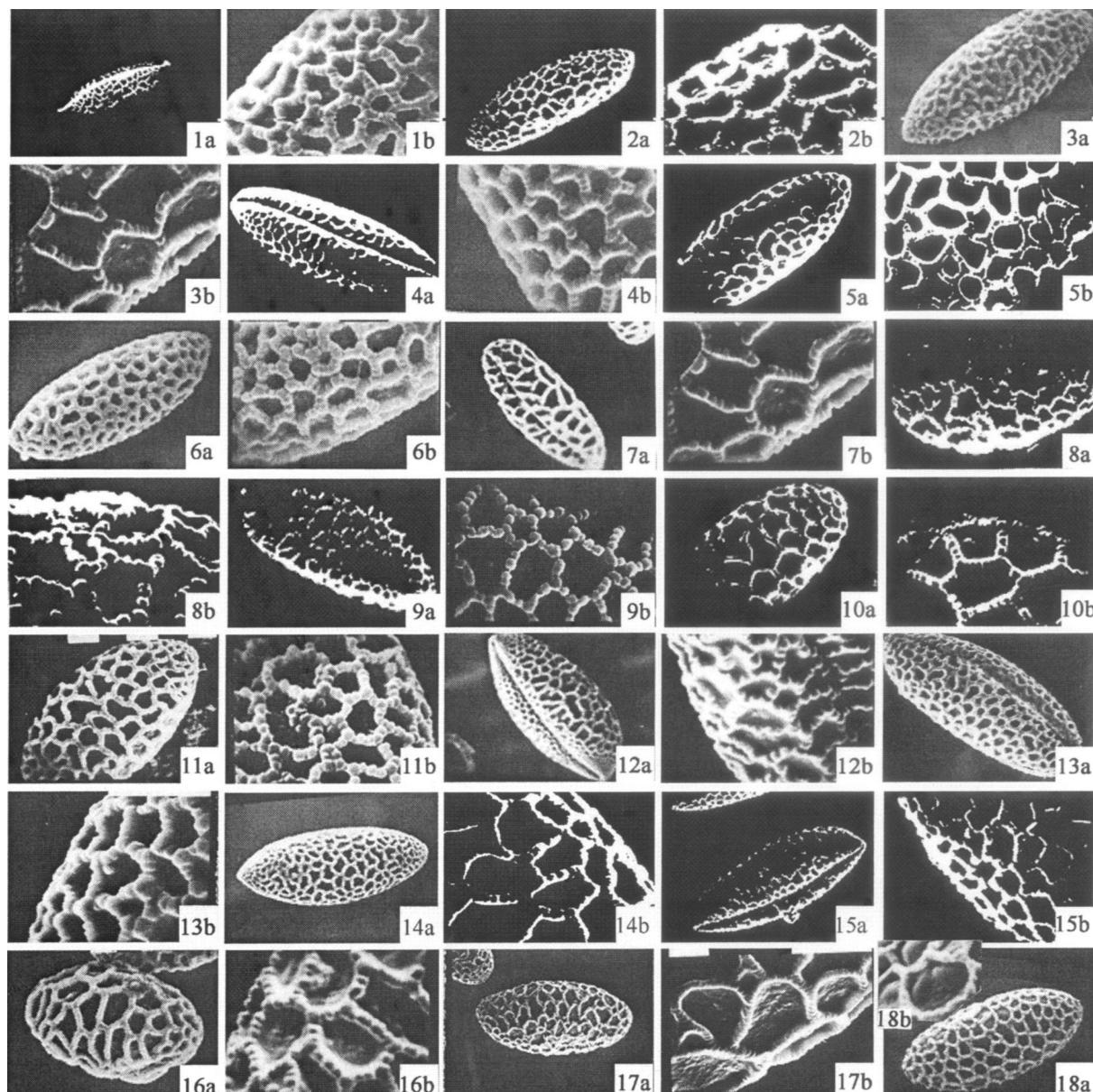
表 1 野生百合来源地

Table 1 Collected places of wild lily

	种(变种)名	种源	海拔/m
百合组	岷江百合 <i>Lilium regale</i>	四川茂县	1 800~2 000
	百合 <i>L. brownii</i> var. <i>viridulum</i>	湖北神农架，鄂西	800~1 200
	野百合 <i>L. brownii</i>	广西南丹，鄂西	1 200
	淡黄花百合 <i>L. sulphureum</i>	四川宝兴	1 600~1 800
	泸定百合 <i>L. sargentiae</i>	四川宝兴	1 600~1 800
	宜昌百合 <i>L. leucanthum</i>	重庆南川	1 300
卷瓣组	细叶百合 <i>L. pumilum</i>	陕西太白	1 500
	卷丹 <i>L. lancifolium</i>	陕西舟至	1 200
	川百合 <i>L. davidii</i>	四川康定	2 100
	南川百合 <i>L. rosthornii</i>	重庆南川	1 260
	药百合 <i>L. speciosum</i> var. <i>gloriosoides</i>	江西庐山	917
	湖北百合 <i>L. henryi</i>	贵州凯里	850

研究百合属植物的分类与进化关系时, 花粉粒大小是一个可以参考的较为准确的指标。

栽培种由大至小排序为‘白狐狸’>‘雷山2号’>‘马可波罗’>‘布鲁诺’>‘天霸’>‘索蚌’, 该顺序与按P/E排序有差异。从该指标看, 麝香系的2个品种最原始, 而东方系的2个品种‘索蚌’‘天霸’最进化。



1a-1b: 川百合 *Lilium davidii* (a: $\times 710$ b: $\times 2840$); 2a-2b: 药百合 *L. speciosum* var. *gloriosoides* (a: $\times 1100$ b: $\times 4020$);
 3a-3b: 卷丹 *L. lancifolium* (a: $\times 1200$, b: $\times 2400$); 4a, 4b: 细叶百合 *L. pumilum* (a: $\times 1150$, b: $\times 4800$);
 5a-5b: 淡黄花百合 *L. sulphureum* (a: $\times 1200$ b: $\times 2400$); 6a, 6b: 泸定百合 *L. sargentiae* (a: $\times 1200$ b: $\times 2400$);
 7a-7b: 野百合 *L. brownii* (a: $\times 600$, b: $\times 2400$); 8a, 8b: 百合 *L. brownii* var. *viridulum* (a: $\times 1420$, b: $\times 2840$);
 9a-9b: ‘布鲁诺’*Brunello* (a: $\times 745$, b: $\times 2980$); 10a-10b: ‘索蚌’*Sorbonne* (a: $\times 1200$, b: $\times 2000$);
 11a, 11b: 岷江百合 *L. regale* (a: $\times 1420$, b: $\times 2900$); 12a, 12b: ‘白狐狸’*White fox* (a: $\times 710$, b: $\times 2400$);
 13a, 13b: 宜昌百合 *L. leucanthum* (a: $\times 810$, b: $\times 4020$); 14a-14b: 南川百合 *L. rosthornii* (a: $\times 1100$ b: $\times 4020$);
 15a, 15b: 湖北百合 *L. henryi* (a: $\times 1100$ b: $\times 4020$); 16a, 16b: ‘天霸’*Tiber* (a: $\times 1200$, b: $\times 2400$);
 17a, 17b: ‘雷山2号’*Leishan No 2* (a: $\times 775$ b: $\times 4020$); 18a-18b: ‘马可波罗’*Marco polo* (a: $\times 1150$, b: $\times 2500$)

图1 花粉粒形态及外壁纹饰

Figure 1 Pollen morphology and exine sculpturing of lily

表2 百合花粉形态特征

Table 2 Main characteristics of pollen morphology of lily

种(变种, 品种)名	花粉粒 形 状	花粉粒大小(极轴长× 赤道轴长/ $\mu\text{m} \times \mu\text{m}$)	极轴长/ (P/E)	纹 饰			
				赤道轴长 网脊颗 粒形态	网脊宽/ μm	网眼大小/ μm	网眼内突起
川百合	长椭圆体	62.9~84.3 (75.3) × 18.5~25.4 (23.1)	3.259	盘珠状	1.19	2.9~5.2 (4.28)	断点呈瘤状突起
<i>Lilium davidii</i>							
药百合	长椭圆体	53.3~70.6 (59.5) × 18.8~23.5 (21.4)	2.780	瘤状	1.03	3.1~7.9 (4.68)	少有瘤状突起
<i>L. speciosum</i> var. <i>gloriosum</i>							
卷丹	长椭圆体	94.0~118.6 (113.3) × 29.5~45.8 (40.9)	2.770	盘珠状	2.42	2.7~6.1 (4.20)	时有瘤状突起
<i>L. lancifolium</i>							
细叶百合	长椭圆体	70.2~84.7 (78.2) × 28.8~44.2 (29.2)	2.678	盘珠	1.17	3.1~5.7 (4.10)	偶有棒状突起
<i>L. pumilum</i>							
淡黄花百合	长椭圆体	47.8~85.6 (82.0) × 30.4~37.2 (32.2)	2.546	盘珠状	2.30	3.8~9.1 (6.10)	有瘤状或棒状突起
<i>L. sulphureum</i>							
泸定百合	长椭圆体	68.7~78.2 (73.2) × 27.4~36.2 (30.1)	2.431	盘珠状	2.20	2.2~6.6 (4.40)	偶有疣状突起
<i>L. sargentiae</i>							
野百合	长椭圆体	87.7~102.2 (98.4) × 34.4~43.2 (40.7)	2.417	瘤状	2.20	5.0~10.1 (7.50)	偶有瘤状突起
<i>L. brownii</i>							
‘马可波罗’	长椭圆体	77.5~107.1 (89.5) × 32.5~42.8 (37.2)	2.400	瘤状	1.78	10.7~26.7 (15.68)	无
‘Marco pol’							
百合	长椭圆体	104~112 (106.0) × 40.1~49.8 (44.7)	2.371	瘤状	2.00	5.2~9.3 (7.10)	时有疣状突起
<i>L. brownii</i> var. <i>viridulum</i>							
湖北百合	长椭圆体	61.7~70.2 (64.9) × 26.4~29.4 (27.7)	2.343	盘珠	1.21	2.8~4.6 (3.20)	偶有疣状突起
<i>L. henryi</i>							
‘布鲁诺’	长椭圆体	59.1~95.2 (76.0) × 27.4~51.2 (33.1)	2.296	盘珠	1.17	3.3~8.8 (6.10)	无
‘Brunello’							
南川百合	长椭圆体	58.9~66.7 (60.1) × 25.5~28.6 (27.2)	2.209	盘珠状	1.25	2.9~4.8 (3.38)	少有疣状突起
<i>L. rosthornii</i>							
‘雷山2号’	长椭圆体	97.1~101.7 (98.8) × 42.8~48.2 (45.2)	2.185	盘珠状	1.37	5.7~9.6 (7.96)	时有疣状突起
‘Leishan No. 2’							
宜昌百合	长椭圆体	82.6~99.4 (90.5) × 41.5~50.9 (42.2)	2.144	盘珠状	1.50	5.7~15.1 (9.72)	断点呈棒状突起
<i>L. leucanthum</i>							
岷江百合	长椭圆体	71.9~76.7 (73.4) × 34.6~39.6 (35.1)	2.091	瘤状	1.81	3.4~6.1 (6.30)	偶有疣状突起
<i>L. regale</i>							
‘白狐狸’	椭圆体	83.3~110.6 (96.9) × (47.6~56.2) (50.5)					
‘White fox’							
‘索蚌’	长椭圆至 椭圆体	54.7~70.2 (58.9) × 24.4~37.2 (32.2)	1.829	盘珠	1.70	11.0~15.1 (12.00)	偶有瘤状突起
‘Sorbonne’							
‘天霸’	椭圆体	45.2~64.7 (54.3) × 25.5~42.6 (37.2)	1.459	盘珠	1.70	5.2~12.1 (7.30)	偶有棒状突起
‘Tiber’							

说明: 括号()内数值为平均数。

2.4 花粉粒外壁纹饰

从纹饰上看, 百合属花粉均为网状纹饰, 网脊光滑。花粉外壁表面纹饰应该由比较原始的具微刺状纹饰发展到具较粗的刺状纹饰, 再由刺基部逐渐膨大延伸, 彼此联结形成网状纹饰, 网脊上具小刺或乳突, 最后网脊上的刺或突起消失而发展为网脊光滑的网状纹饰和条纹网状纹饰类型^[8]。据此, 百合属植物在单萌发沟花粉植物中属于较为进化类群。

分析12个百合种, 花粉粒纹饰网眼大小变化明显。从小到大的顺序为: 湖北百合<南川百合<

细叶百合<卷丹<川百合<泸定百合<药百合<淡黄花百合<岷江百合<百合<野百合<宜昌百合(表2、图2)。这说明卷瓣组的多数种比百合组的多数种花粉网脊联结程度更高,可能是在百合组的基础上进化而成。但百合组的泸定百合的网眼大小比卷瓣组的药百合的更小些,说明百合属植物的进化关系并非与形态上的组相对应,而各个种的进化秩序有所不同。

栽培种花粉粒纹饰网眼由小到大排序为‘白狐狸’<‘布鲁诺’<‘天霸’<‘雷山2号’<‘索蚌’<‘马可波罗’,东方系的‘马可波罗’的纹饰网眼最大。这与前2个指标的排序均有差异,说明栽培品种的遗传背景较复杂,进化关系难以从单一性状指标看出。

本实验各个种的花粉外壁纹饰网眼大小均有差异,其内突起为网脊颗粒盘珠状或瘤状,并无明显的规律性,但各个种有自己独有特点,可以作为种的鉴定依据。

2.5 聚类分析

以花粉粒大小(赤道轴、极轴长), P/E ,网脊宽,纹饰网眼大小等5个形态指标进行聚类分析(图2)。从图2可知,18个百合种(变种)及品种首先被聚为2类,东方系的‘索蚌’‘天霸’聚为一类,其余聚为另一类。可见‘索蚌’‘天霸’与实验中其他百合种及(变种)品种亲缘关系较远。

另一类的种(变种)及品种又被聚为2类。其中,卷瓣组的除卷丹外的5个种(变种)与亚洲系的‘布鲁诺’聚为一类,但卷瓣组的卷丹却与余下聚为另一类。卷丹为3倍体,在其花粉粒上体现为花粉粒体量较大,说明用花粉形态性状能粗略反映百合属卷瓣组与百合组的距离,但难以准确聚类每一个种。

而进一步的聚类结果与形态学特征极为一致。如泸定百合、淡黄花百合和岷江百合聚为一类,百合、野百合和宜昌百合聚为一类,证明类群内各种亲缘关系较近。

而栽培品种与野生种的聚类关系,也反映了其亲本与品种的亲缘关系。如亚洲系的‘布鲁诺’亲本与卷瓣组亲缘关系可能较近,而据百合栽培品种分类系统看,亚洲系百合以卷瓣组川百合为亲本育成¹¹。而东方系的‘马可波罗’亲本可能与宜昌百合亲缘关系近。

综上分析表明,百合花粉形态性状聚类分析可以粗略地反映不同种及品种的亲缘关系,特别是对形态相似、亲缘关系较近的种更为准确。但是,对较为特殊的种,如倍性突变种,就难以准确聚类。这也说明即使是性状稳定的花粉形态,单从单一性状上也难以全面地反映物种的进化关系。

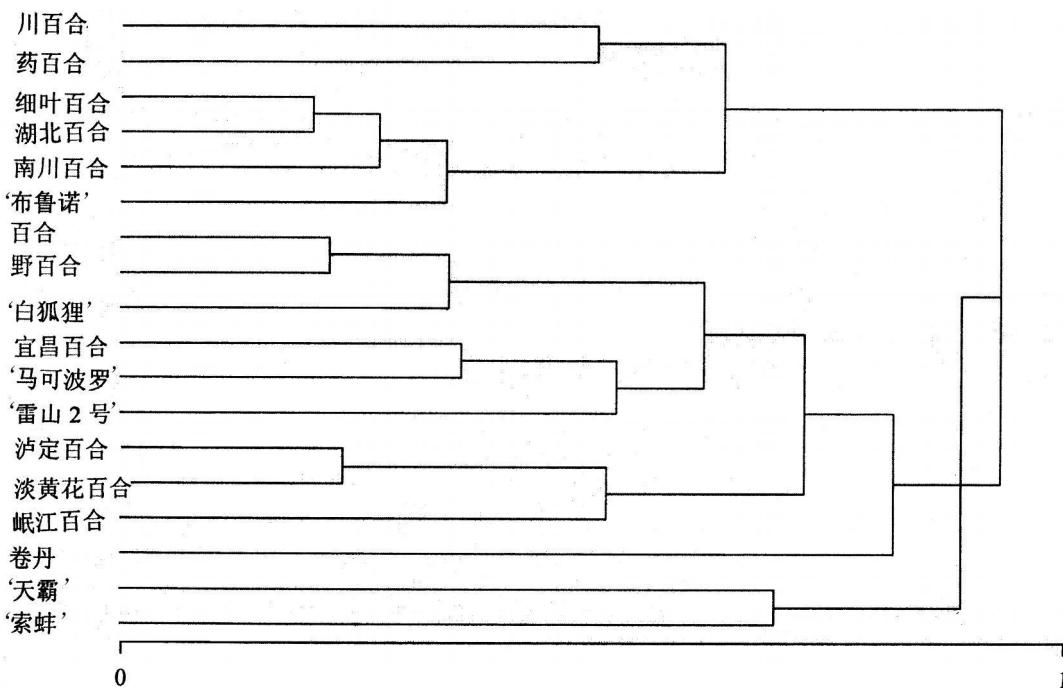


图2 百合花粉性状聚类图

Figure 2 Cluster figure by pollen characteristics

3 结论与讨论

百合属花粉粒形态为两侧对称, 极面观多为长椭圆形到椭圆形。萌发沟均为单萌发沟, 花粉沟长达两端。表面纹饰网纹, 网眼为不规则多边形至近圆形, 大小不一。网脊由瘤状或盘珠状颗粒较紧密排列而成, 单排基柱, 有时有断点。网眼内有疣状、瘤状或棒状突起, 部分种无突起。从萌发沟来看该属植物为较原始类群, 但结合表面纹饰来看, 在单萌发沟花粉植物中, 该属植物较进化。

通过对百合属卷瓣组与百合组 12 个种(包括 2 个变种)的花粉电镜观察, 认为花粉粒体积大小、花粉粒外壁纹饰网眼大小反映了百合属植物的组间差异。从这 2 个指标看, 均认为卷瓣组的大多数种比百合组的多数种进化。用花粉粒赤道轴、极轴长、 P/E 、网脊宽和纹饰网眼大小等 5 个花粉性状指标聚类分析, 可以更准确地揭示其进化关系, 尤其对近缘种。

我国虽然有 49 个百合种及变种, 但难以在一地引种保存并获得花粉, 尤其轮叶组与钟花组的材料多分布在我国东北地区, 气候冷凉, 花粉材料难以获得, 试验数据也有待进一步补充。

李景奇^[2]对 9 种百合花粉进行分类研究, 本研究在花粉粒大小、 P/E 上与之较为一致, 但在纹饰网眼内突起上差异较大。这是否可以作为百合的种源差异的重要特性还有待深入研究。张丽娜等^[3]研究了主要分布于北方的几个种的花粉性状, 其中细叶百合的性状与本实验有较小差异。曾小英等^[4]对细叶百合的花粉性状指标进行观察的结果与本实验也有较大差异。细叶百合分布广泛, 可能是种源差异所致。张西丽等^[5]对 9 个百合品种花粉性状进行聚类分析, 认为孢粉性状正确地揭示了亲缘关系。笔者在本研究中仅采用了 6 个栽培品种, 除东方系品种‘马可波罗’外, 各品种系的品种均分别聚在一起。由于本实验栽培品种较少, 也影响了实验中对品种亲缘关系的分析结果。

Wodehouse^[7]讨论花粉功能及进化关系的观点, 即花粉越长, 其体积与表面积之比就越小, 调节功能越强, 也就越进化。关于花粉大小的演化顺序, 目前公认比较原始的被子植物花粉体积都是比较大的, 由大到小进化。应用这一理论研究百合属植物的进化关系, 认为除卷丹外, 卷瓣组的多数种比百合组多数种进化。Tomitaro^[9]用 ITS 序列研究百合属 55 种的进化关系, 结果认为, 卷瓣组的湖北百合最为进化, 比百合组的泸定百合、宜昌百合和岷江百合进化, 而该 4 种又比卷瓣组的川百合、细叶百合和卷丹进化, 即多数百合种比多数卷瓣组进化。Dubouzet^[10]用 ITS 序列进行的 16 种百合属植物进化关系研究结果相比, 认为卷瓣组比百合组进化, 但仅有 2 份百合组的材料(麝香百合 *Lilium longiflorum* 与台湾百合 *L. formosanum*)。本实验与 Dubouzet 的结果较一致, 说明物种的系统进化关系较为复杂, 单用某一手段难以正确反映其关系。

花粉性状因其保守性也作为系统发育关系的重要且快捷的依据。Walker^[6]也认为, 花粉外壁纹饰可作为衡量被子植物进化程度的参考指标之一。袁涛、郭先锋、周守标等^[11—13]研究了芍药 *Paeonia lactiflora* 与石蒜 *Lycoris radiata* 花粉性状与形态性状的进化关系, 认为花粉性状需结合形态性状、分子生物学研究综合分析。本文的研究结果也表明, 花粉生物学性状能准确地揭示亲缘关系近的种的演化关系, 对于亲缘关系较远的材料, 尚需结合形态性状、核 DNA ITS 序列和叶绿体 DNA 序列等综合分析, 以利得出科学的结论。

致谢: 承蒙南京林业大学电镜室徐柏森研究员帮助进行电子照片拍摄, 在此谨致谢忱。

参考文献:

- [1] 龙雅宜, 张金政, 张兰年. 百合——球根花卉之王[M]. 北京: 金盾出版社, 1999: 1—3.
- [2] 李景奇, 秦小平, 王聚瀛, 等. 几种百合的花粉形态研究[J]. 武汉植物学研究, 1993, 11(2): 120—124.
- [3] 曾小英, 赵庆芳, 汪会荣. 百合品种的花粉形态研究[J]. 西北师范大学学报, 2004, 40(2): 66—69.
- [4] 张丽娜, 雷家军, 韩凌, 等. 百合属(*Lilium*)几种植物花粉形态的观察[J]. 西北农业学报, 2006, 15(6): 174—178.
- [5] 张西丽. 几个百合品种花粉电镜观察及其亲缘关系分析[J]. 广西农业生物科学, 2000, 19(3): 176—179.

- [6] WALKER J W. 原始被子植物花粉外壁进化的意义[M]. 中科院植物所古植物研究室孢粉组, 译. 北京: 科学出版社, 1980: 91—134.
- [7] WODEHOUSE R P. *Pollen Grains* [M]. New York: Mc Graw Hil Book Co. Inc., 1935: 323—340.
- [8] NOWICKE J W, SKVARLA J J. Pollen morphology: the potential influence in higher order systematizes[J]. *Ann Mo Bot Gard*, 1979, **66**: 633—700.
- [9] TOMOTARO N, KEIICHI O, UCHINO T, et al. A Molecular phylogeny of lily in the internal transcribed spacer region of nuclear ribosomal DNA [J]. *J Mol Evol*, 1999, **49**: 238—249.
- [10] DUBOUZET J G, SHINODA K. Phylogenetic analysis of the internal transcribed spacer region of Japanese *Lilium* Species[J]. *Theor Appl Genet*, 1999, **98**: 954—960.
- [11] 袁涛, 王莲英. 几个牡丹野生种的花粉形态及其演化分类的探讨[J]. 北京林业大学学报, 1999, **21**(1): 17—21.
- [12] 郭先锋, 王莲英, 袁涛. 4种野生芍药的花粉形态研究[J]. 林业科学, 2005, **41**(5): 184—188.
- [13] 周守标, 余本祺, 罗琦, 等. 石蒜属植物花粉形态及分类研究[J]. 园艺学报, 2005, **32**(5): 914—917.

Pollen characteristics and relationships of 12 species and 6 cultivars of *Lilium*

WU Zhu-hua, SHI Ji-sen, XI Meng-li, LIU Guang-xin

(1. The Key Laboratory of Forest Genetics and Gene Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: China is the natural distributional center of *Lilium*, however, more than half of the wild species still remains to be exploited. Researches on wild resources is an important base to breed new cultivars. Pollen morphology of 12 wild *Lilium* species (including 2 varieties, distributed in the south of China) and 6 cultivars (5 cultivars of Asiatic hybrids, 1 cultivar of *Longiflorum* hybrids) had been observed and compared by means of SEM (scanning electron microscope). The results show that the pollen grains of lily are generally ellipsoid or long ellipsoid with mono-culus and reticulate sculptures. Culus reaches to the two poles. Apertures of reticulate sculptures is erose or approximately rotundity with different width. The granules look like nubble or wart and are closely arranged to reticulate spine. The width of spine is 1.17—2.48 μm , and is breaken sometimes. There are protuberances in apertures of reticulate, seldom none. The phylogenetic relationships between 12 species and 6 cultivars were discussed based on the pollen morphology. The five pollen morphological index of 12 species and 6 cultivars were clustered. The results show that the species and cultivars had been sorted to two kinds, section *Lilium* and section *Sinomartagon* except of *L. lancifolium*. [Ch, 2 fig. 2 tab. 13 ref.]

Key words: botany; *Lilium*; pollen morphology; germplasm resource; genetic relationship; scanning electron microscope (SEM); cluster analysis