

# 百合细胞形态学研究进展

孙红梅, 张月, 王春夏

(沈阳农业大学园艺学院 辽宁省设施园艺重点实验室 辽宁 沈阳 110161)

**摘要:**总结了百合染色体核型以及花粉形态学等方面的研究成果,并对组织培养、鳞茎发育和鳞片扦插繁殖过程中的细胞形态学,以及百合内生菌的初步研究进行了综述。

**关键词:**百合;细胞形态学;研究进展

**中图分类号:**S 682.2<sup>+</sup> 9; Q 942.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2008)04-0070-04

百合属百合科 (Liliaceae) 百合属 (*Lilium*) 多年生草本植物,不仅是优秀的观赏花卉,其鳞茎还具有很高的食用和药用价值。有关百合栽培、育种、繁殖和生物学特性等各方面的研究一直受到众多学者的关注。早在20世纪40年代,Stewart等就对48种百合的核型进行了分析<sup>[1]</sup>。此后,国内外许多学者在百合细胞形态学方面做了大量研究。细胞形态学研究不仅可以从微观上了解百合的生长发育过程及机理,还可以实现植物生长发育的人工调控。现拟将此方面的文献作以综述,以期今后的有关研究提供理论基础。

## 1 百合染色体核型分析

核型分析 (karyotype analysis) 是指按照染色体的数目、大小、着丝粒位置、臂比、次缢痕和随体的有无等形态特征,对生物核内的染色体进行配对、分组、归类、编号、分析的过程<sup>[2]</sup>。百合属中大多数品种染色体 (4-6、7-9 和 10-12) 的形态极为相似,如不通过其他特征的差异表现则很难辨别品种<sup>[3]</sup>。1947年,Stewart发现在同一品种百合中存在着3种不同的核型结构,而在4种不同的百合品种中却存在一致的核型特征,说明核型变化是独立出现的,不会因种的差异而受到限制<sup>[1]</sup>。20世纪50年代日本学者对3种百合 (*L. callosum*、*L. auratum*、*L. maximowiczii*) 进行了细胞学研究<sup>[4-5]</sup>,观察到在 *L. callosum* 中有3种B染色体存在,另外, *L. maximowiczii* 中有一对出现频率极高的、具近端着丝点的B染色体。2003年Marasek等通过对9个品种百合染色体的长度、主缢痕和次缢痕的位置等进行了统计分析,并绘制出9种百合的核型模式图<sup>[6]</sup>。

百合属核型中,大部分种类的第1号和第2号染色

体均为m或ms,且短臂紧靠着丝点处均有一个缢痕,有的种类较大,有的种类则不明显,这是百合属核型的一个共同特征<sup>[1]</sup>。李标等<sup>[7]</sup>在紫斑百合 (*Lilium nepalense*) 居群核型变异、虞泓等<sup>[8]</sup>在川百合 (*Lilium davidii*) 种内核型多样性的研究中都证实了上述结论。

黄瑞复等<sup>[9]</sup>对宝兴百合4个居群进行核型分析,研究发现染色体数目均为24条,核型类型为3B型,没有染色体数目的变异。4个居群间存在核型多型性,主要表现为染色体杂合性的位置和数目不同,次缢痕及随体的数目位置有差异。相关研究在云南淡黄花百合 (*Lilium sulphureum*) 居群<sup>[10]</sup>、泸定百合 (*Lilium sargentiae*) 居群<sup>[11]</sup>和岷江百合 (*Lilium regale*) 居群<sup>[12]</sup>的核型分析中得出了类似结果,而在云南淡黄花居群的核型分析中首次发现了B染色体和四倍体染色体数目的变异。

B染色体最初由Longly<sup>[13]</sup>和Randolph<sup>[14]</sup>在玉米中发现并命名,它是在许多生物体内存在的超过正常染色体数目以外的染色体,在某些植物中B-染色体是属于额外的染色体<sup>[15]</sup>,在细胞学特征、遗传学行为以及由它所引起的生物学效应等方面都与正常染色体存在着明显差异<sup>[6]</sup>。目前植物界被证实有B-染色体的植物已经超过1000种<sup>[17]</sup>,Palestis<sup>[18]</sup>和Trivers<sup>[15]</sup>等分别研究认为在观赏植物中,B染色体在异型杂交系中出现的几率要高于自交系品种,它们的存在与染色体组的大小有关,而与染色体的大小没有太大的关联<sup>[15 18]</sup>。在百合属的很多种中均发现了B染色体的存在,但大多数只是报道了数目,少数种如岷江百合<sup>[19]</sup>、兰州百合 (*Lilium. davidii*)<sup>[16]</sup>做过有关形态研究。李懋学等<sup>[19]</sup>对岷江百合B染色体进行了初步观察,结果发现两个显著特征:一为等臂长;二为全部异染色质化。将具B和不具B染色体的核型进行比较,结果表明:两者没有明显的差异。这就说明了该B染色体不是正常核型中所产生的,此结果与兰州百合中B染色体<sup>[16]</sup>的研究一致。

另外,百合属中绝大多数种为 $2n=24$ 的二倍体,三倍体类型极为罕见。迄今为止,只发现卷丹 (*Lilium*

第一作者简介:孙红梅(1972-),女,博士,副教授,从事园艺植物栽培生理研究工作。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30400307);辽宁省教育厅青年基金资助项目(2004F084, 20060787)。

收稿日期:2007-10-09

lanci folium)<sup>[20]</sup>、川百合<sup>[21]</sup>和亚洲系“精粹”百合(Elite)<sup>[22]</sup>中有三倍体类型存在。百合属的核型是比较进化的类型 根据 Stebbins 关于核型不对称的分类标准<sup>[23]</sup>,百合属核型均为极不对称的类型。

## 2 百合组培过程中细胞形态学的观察

百合以无性繁殖为主,而无性系快速繁殖主要是通过组织培养技术实现。刘选明等<sup>[24]</sup>将百合鳞叶细胞分别培养在附加 1~2 mg/L 6-BA 和 2 mg/L 2, 4-D 的 MS 培养基上,分别对器官型和器官发生型形态发生进行观察。对两种不同形态发生途径中的胚性细胞电镜观察发现,与器官发生型相比较,器官型形态发生的胚性细胞具备以下特点:胞间隙小,质膜少皱褶,叶绿体较小,形态规则,片层丰富,排列有规律,淀粉粒从核到质膜之间呈梯度排列,外部较大,量少,内部较小,量多,在核边缘淀粉粒排在一侧或一圈呈鞘状;线粒体数量相对较少,内部结构嵴有的不发达,基质电子密度较浅,呈圆形和椭圆形的较多;高尔基体较发达 方向较一致;内质网较少,有的呈内质网小泡;在核与细胞质中均无内含体,细胞核相对较大,核质浓,核仁有数个电子透明区。杨柏云等<sup>[25]</sup>以龙牙百合鳞片为外植体,对体细胞胚的发生过程进行了形态学观察,结果表明:影响龙牙百合体细胞胚发生方式的因素是 2, 4-D。且当 2, 4-D 浓度适合时,体细胞胚以间接方式发生,起源于愈伤组织内部的胚性细胞团,其形态学发育过程也与合子胚相似。试验还确定了诱导胚性愈伤组织的最适培养基为 MS + 0.5 mg/L 6-BA + 2.0 mg/L 2, 4-D,在分化形成体细胞胚时则需降低或去除 2, 4-D。姚绍嫦<sup>[26]</sup>观察了铁炮百合(*Lilium longi florum*)鳞片不定芽分化过程中的细胞组织学变化,结果表明:脱分化始于切口周围的细胞;形态发生的主要方式是由愈伤组织分化出不定芽,不定芽通常起源于愈伤组织团从外到内第 2~7 层细胞的分生细胞团。

贾敬芬等<sup>[27]</sup>取兰州百合的花丝在改良的 MS 固体培养基中培养,产生愈伤组织后转移到分化培养基上,在分化过程中用秋水仙素溶液处理幼小植株,对正在旺盛生长的愈伤组织进行细胞学观察发现:愈伤组织中薄壁细胞核的形状和大小差异很大,核的体积可以相差几倍到几十倍;这在正常的植物同一组织中很少见的,同时在愈伤组织薄壁细胞之间观察到了染色质的穿壁运动。愈伤组织中细胞的染色体数目有很大变化,除正常的二倍体细胞外还会产生较少的单倍体细胞和四倍体细胞,具四倍体百合植株的外部特征与 Emsweller 在用自然生长的植株所诱发生产生的四倍体植株所观察的结果一致<sup>[28]</sup>。关于愈伤组织中单倍体细胞的形成,Mitra 认为是由于多极纺锤体的形成、染色单体不分离或落后等原因所造成的<sup>[29]</sup>。

## 3 百合花粉形态观察

应用扫描电镜和透射电镜可以观察到更高数量级的植物细胞显微结构。在百合属植物上的研究多是在花粉形态的鉴定上,因为花粉形态的性状相对稳定,是种间鉴定的重要指标。百合属的花粉绝大多数为椭圆形或纺锤形的单沟花粉粒<sup>[30-32]</sup>,花粉沟长达两端,表面纹饰为单排基柱网纹,雕纹为极明显的或极不明显的盘珠状颗粒组成。张西丽等<sup>[30]</sup>在光镜和扫描电镜下观察了麝香系、亚洲系与东方系百合花粉的微观形态,证实了上述结论,其中麝香系百合的花粉为浅黄色,花粉粒纺锤形,网脊带状,隐约可见颗粒状,网孔大小排布不均匀;亚洲系百合花粉为棕黄色或橙红色,花粉粒纺锤形,网脊瘤状排列,瘤状颗粒不整齐,网孔大小较均匀;东方系百合花粉为黄色,花粉粒椭圆形,网脊盘珠状排列,盘珠状颗粒大小整齐,网孔大小均匀。刘英<sup>[31]</sup>、曾小英<sup>[32]</sup>也做过类似研究,曾小英等<sup>[32]</sup>对东方百合、亚洲百合、麝香百合杂种系 10 个品种及兰州百合、细叶百合、新铁炮百合的花粉进行了观察,结果表明:兰州百合和细叶百合花粉粒较小,而栽培观赏品种花粉粒相对较大,观赏价值也更高,花粉大小与花的大小具有相关性。刘英等<sup>[31]</sup>除了在花粉的微观形态与上述结论基本一致外,还在前人研究的基础上,综合分析出百合属植物更完全的纹饰演化路线:拟网纹→双排基柱网纹→单、双排基柱网纹→单排基柱或网眼连接处具基粒重合网纹→单排基柱网纹,并且首次发现在 Milano、Neve、Beatrix 的同一花粉粒表面存在单、双排基柱并存或于网眼连接处具有多个基粒重合网纹现象,认为是由双排基柱向单排基柱过渡的中间类型。

## 4 百合其他方面的细胞形态学研究

刘成运等<sup>[33]</sup>对丽江百合鳞茎发育过程中贮藏物质的变化进行了详细的细胞形态学观察,发现栽培 3a 后,鳞茎中部鳞片的细胞由平均 12 层增加到 21 层,细胞体积由平均  $86.5 \times 79 \mu\text{m}$  增加到  $97.5 \times 89.7 \mu\text{m}$ 。细胞内含有两种贮藏颗粒,一种体积较大,椭圆形,另一种体积略小呈圆球形。较大者含有淀粉物质,较小者含有蛋白质、脂肪、多糖和少量核糖核酸。细胞内平均淀粉粒数由 4.2 个增加到 8 个,其体积由  $29.1 \times 19.5 \mu\text{m}$  增加到  $46.8 \times 23.4 \mu\text{m}$ 。蛋白质颗粒数由平均 12 个增加到 70 个,体积(直径)稍有减小,由  $4.68 \sim 7.8 \mu\text{m}$  减少到  $3.9 \sim 5.85 \mu\text{m}$ 。郭蕊等<sup>[34]</sup>以切花百合品种雪皇后(Snow Queen)、西伯利亚(Siberia)和哥德琳娜(Gondelina)为材料,采用石蜡切片和扫描电镜的方法对百合花芽在不同分化时期进行形态学观察。结果表明:百合鳞茎内顶端生长点的分化进程可以分为 5 个时期,即营养生长期、花原基分化期、花被分化期、雄蕊分化期、整个花序形成期。在贮藏期间,百合鳞茎内顶端生长点前期发育速度较慢,后期发育速度较快,并按由外向内

的顺序进行。

关于鳞片扦插繁殖过程中的细胞学观察国内外也有报道。Matsuo 等认为<sup>[35]</sup>, 鳞片扦插时小鳞茎的正常发育过程是首先产生分生组织后形成愈伤组织, 然后由愈伤组织分化形成小鳞茎。而宁云芬等<sup>[36]</sup>对新铁炮百合的研究得出了不同的结论, 发现小鳞茎组织形成过程中分生组织产生后直接凸起成球, 而不经愈伤组织形成阶段, 因此认为小鳞茎是起源于鳞片基部内层薄壁细胞而非愈伤组织。

刘兴梁等<sup>[37]</sup>研究了王百合(*Lilium regale* Wils.)及兰州百合质体和线粒体在生殖细胞及精细胞中的分布和细胞质中 DNA 状况, 发现在刚形成的王百合的生殖细胞中含有少量的质体和大量的线粒体, 当生殖细胞游离在营养细胞质中时, 质体在生殖细胞中完全退化消失。兰州百合在小孢子分裂时质体严格地极性分布, 造成了刚形成的生殖细胞中即无质体。虽然在不同发育时期的生殖细胞及精细胞中可以观察到线粒体, 但在雄配子体时期它们的 DNA 已降解, 因此雄性线粒体不能被传递至后代。而 Anderson 用光镜观察王百合的生殖细胞曾确定存在质体, 刘兴梁等<sup>[37]</sup>根据生殖细胞发育过程的超微结构, 明确地显示生殖细胞刚形成时只含稀少的质体, 而当它从花粉壁脱离时, 质体已完全消失。因此, 这种差异或许是观察时期不同所致。另外, 外界环境胁迫对百合显微结构的变化也有较大的影响。左志锐等<sup>[38]</sup>对两个百合品种盐胁迫下超微结构的变化进行了研究分析, 结果表明: 亚洲系品种在高盐环境下细胞器减少, 叶绿体解体; 而东方系品种在低盐处理水平表现异常, 其细胞器降解, 叶绿体空化, 片层排列松散, 且两品种的线粒体较叶绿体早表现出异常, 可能是线粒体结构损伤进而功能丧失, 最终导致叶绿体结构和功能的破坏, 叶片提前衰老。

张克中等<sup>[39]</sup>对王百合雄性不育突变体“白天使”小孢子败育的过程进行了显微观察, 结果显示: 花粉母细胞减数分裂异常; 花粉母细胞早期出现质壁分离及多核仁现象; 减数分裂末期 I, 部分花粉母细胞畸形, 核结构破坏; 减数分裂过程中 70% 花粉母细胞出现了染色体结构或数量的变异。绒毡层行为异常, 花粉母细胞形成时期至减数分裂末期 I, 绒毡层细胞液泡化, 细胞质稀少; 有的过度膨胀, 彼此挤压, 细胞粘连成团块或分隔成数块, 单核花粉粒时期, 绒毡层细胞质浓厚, 细胞间间隙小, 与中层细胞联系紧密, 没有解体。推测减数分裂及绒毡层行为的异常共同导致了小孢子的败育。

## 5 百合内生菌的研究

植物的内生菌(endophyte)是指那些在其生活史的一定阶段或全部阶段生活于健康植物各种组织和器官内部或细胞间隙的真菌或细菌<sup>[40]</sup>。一百多年前 De Bary

首先发现了在健康的植物组织内部有微生物存在, 但是由于没有外在感染症状, 其存在和作用一直被人们所忽视。近年来, 已从油菜<sup>[41-42]</sup>、花生<sup>[43]</sup>、芹菜<sup>[42]</sup>、棉花的胚根、棉铃和水稻叶子及其它植物储藏器官内<sup>[44]</sup>分离到大量内生细菌。尽管内生菌在植物体中的生物量似乎微不足道, 但现有研究认为内生菌可通过自身的代谢产物或存在本身借助于信号传导作用对植物体施加影响。研究表明: 感染内生菌的宿主植物往往具有固氮作用、可促植物生长、抗逆境、抗动物摄食、抗病原真菌和细菌等优点, 比未感染内生菌的植株具有更强的生存竞争能力<sup>[45]</sup>。

百合的内生菌是由张政铨等于 1986 年首次发现的<sup>[46]</sup>。内生菌生活在百合正常的鳞茎细胞、叶片细胞和胚细胞中, 这些细菌随着寄主细胞的分裂而分布于各子细胞中, 还能通过无性和有性繁殖世代相传。上述结果当时引起了许多学者的兴趣, 认为这些细菌将有可能作为植物遗传基因的转移载体应用于植物遗传工程的研究。刘成运等<sup>[47]</sup>在对丽江百合(*Lilium Lijingenese*)的研究中发现: 在百合鳞茎、根、地上茎、叶和花蕾组织细胞中均有内生菌分布, 但在各组织器官之间细胞的内生菌数量差异很大, 尤其以鳞茎组织的内生菌含量最多。百合鳞茎最外一层鳞片的外表皮中, 细胞内有许多呈树丛状分布的类似侵染线的管状结构, 它们与细胞壁发生联系, 推测这些内生菌可能是外源的, 因为在生长锥顶端分生细胞中, 许多根、地上茎、花柱、花丝的薄壁细胞中常常是无菌的, 如果是内源性细菌, 每个组织、每个细胞中均应有细菌的存在, 不会因组织部位不同, 甚至营养条件的变更而有如此大的差异。

## 6 结语

有关百合的细胞形态学研究, 近些年来对染色体核型特征分析日趋完善, 对很多品种百合的核型都做出了详尽的分析。百合内生菌作为尚待开发的微生物新资源有待于进一步研究。而有关百合生长发育过程中的显微结构观察, 除对组培苗和花粉粒已有些报道外, 对于生长发育过程中的特征性时期和重要生育阶段, 鳞茎内显微结构的变化及其与植株生长发育的关系尚未见相关报道, 而这方面的研究是实现人工调控植物生长发育的基础, 有待于详尽研究。

## 参考文献

- [1] Stewart R N. The morphology of somatic chromosomes in *Lilium* [J]. *Amer J Bot*, 1947, 34: 9-26.
- [2] 杨业华. 普通遗传学 [M]. 高等教育出版社, 2002: 31-34.
- [3] Lim K B, Wenckes J. Karyotype analysis of *Lilium longiflorum* and *Lilium rubellum* by chromosome banding and fluorescence in situ hybridisation [J]. *Genome*, 2001, 44(5): 911-918.
- [4] Kayano H. Cytogenetic studies in *Lilium callosum* [J]. *Fukuoka*, 1956, 2(2): 136-139.
- [5] Ogihara R. On the supernumerary chromosomes found in the natural

populations of *Lilium auratum* Lindl and *L. maximowiczii* regl[ J ]. La Kromosomo, 1960, 44: 1500-1505.

[ 6 ] Marasek A, Orlikowska T. Karyology of nine lily genotypes[ J ]. Acta Bio cracoviensia, 2003, 45(2): 159-168.

[ 7 ] 李标, 虞洪, 唐坤. 紫斑百合居群核型变异式样[ J ]. 重庆邮电学院学报, 2004, 16(1): 98-102.

[ 8 ] 虞洪, 黄瑞复, 魏蓉城. 川百合种内核型多样性研究[ J ]. 云南植物研究, 1996(增刊VIII): 1-14.

[ 9 ] 黄瑞复, 李劲峰. 宜兴百合四个居群的核型及其分化研究[ J ]. 云南植物研究, 1996(增刊): 15-22.

[ 10 ] 张绍斌, 许介盾, 虞泓. 云南淡黄花百合 10 个居群核型研究[ J ]. 云南植物研究, 2004, 26(4): 413-420.

[ 11 ] 毛钧, 张明宇, 虞洪. 泸定百合普洱居群遗传与变异研究[ J ]. 云南大学学报(自然科学版), 2003, 25(增刊): 91-96.

[ 12 ] 王红霞, 杨保胜. 岷江百合居群核型变异研究[ J ]. 河南职业技术学院学报, 2003, 3(3): 40-43.

[ 13 ] Longley A E. Supernumerary chromosome in *Zea mays*[ J ]. J Agr Res, 1927, 35: 769-784.

[ 14 ] Randolph L F. Chromosome numbers in *Zea mays* L[ J ]. Cornell Univ Agr Exp St Mem, 1928, 117: 1-44.

[ 15 ] Trivers R, Burt A, Palestis B G. B chromosome and genome size in flowering plants[ J ]. Genome, 2004, 47: 1-7.

[ 16 ] 陈丽梅, 李雪, 杜捷, 等. 兰州百合 B 染色体的初步研究[ J ]. 西北植物学报, 2003, 23(11): 2007-2010.

[ 17 ] Jones R N, Ress H. B Chromosome. London Ltd[ J ]. Academic Press, 1982: 1-18.

[ 18 ] Palestis B G, Trivers R, Burt A, Jones R N. The distribution of B chromosome across species[ J ]. Cytogenetic and genome research, 2004, 106: 151-158.

[ 19 ] 李懋学, 龙雅宜, 龚维忠. 岷江百合 B 染色体的初步观察[ J ]. 植物学报, 1984, 26(2): 151-155.

[ 20 ] 仲裕泉, 李浩兵, 王克娟. 南京紫金山百合的核型和 C-带带型分析[ J ]. 江苏农业学报, 1993, 9(3): 8-12.

[ 21 ] 谢晓阳, 武全安. 三倍体川百合的核型与酯酶同工酶鉴定[ J ]. 云南植物研究, 1993, 15(1): 57-60.

[ 22 ] Cammaren M, Conicelia C, Enrico A. Microsporogenesis behaviour of a triploid lily[ C ] // Proceedings of the XLIX Italian society of agriculture genetics annual congress potenza, Italy, 2005, 9.

[ 23 ] 陈瑞阳, 李懋学. 关于植物核型分析的标准化问题[ J ]. 武汉植物研究, 1985, 3(4): 297-302.

[ 24 ] 刘明选, 何立珍, 周朴华. 百合鳞叶细胞形态发生中胚性细胞的电镜观察[ J ]. 湖南农业大学学报, 1997, 23(1): 30-35.

[ 25 ] 杨柏云, 杨慧琴, 蔡奇英, 等. 龙牙百合体细胞胚的诱导及植株再生[ J ]. 2005, 29(6): 536-539.

[ 26 ] 姚绍绵, 艾素云, 杨美纯. 铁炮百合组培中不定芽形成的细胞学观察

[ J ]. 亚热带植物科学, 2005, 34(2): 5-7.

[ 27 ] 贾敬芬, 谷祝平, 郑国昌. 百合花丝组织培养及其细胞学观察[ J ]. 植物学报, 1981, 23(1): 17-23.

[ 28 ] Emsweller S L. Colchicine-induced polyploidy in *Lilium longiflorum*[ J ]. Amer J Bot, 1949, 36: 135-144.

[ 29 ] Mitra J, Marion O, Mapes Steward F C. Growth and organized development of cultured cells IV: behavior of the nucleus[ J ]. Amer J Bot, 1960, 47(5): 357-368.

[ 30 ] 张西丽, 周厚高, 周焱, 等. 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): 175-179.

[ 31 ] 刘英, 赵连杰, 于海. 5 种荷兰百合品种花粉形态的电镜观察[ J ]. 沈阳农业大学学报, 2004, 31(2): 221-223.

[ 32 ] 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.

[ 33 ] 刘成运, 彭隆金. 丽江百合鳞茎细胞内贮藏物质的细胞形态学观察[ J ]. 云南植物研究, 1987, 9(3): 315-318.

[ 34 ] 郭蕊, 赵祥云, 王文和, 等. 百合花芽分化的形态学观察[ J ]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(1): 31-34.

[ 35 ] Matsuo E, Ohkura T, Arisumi K, Sakata T. Scale bulblet malformations seen in *Lilium longiflorum* during scale propagation[ J ]. HortSci, 1986, 21(1): 150.

[ 36 ] 宁云芬, 周厚高, 黄玉源, 等. 新铁炮百合鳞片扦插繁殖的小鳞茎形态发生[ J ]. 园艺学报, 2003, 30(2): 229-231.

[ 37 ] 刘兴梁, 胡适宜, 张金忠, 等. 王百合及兰州百合细胞质遗传的细胞学研究[ J ]. 植物学报, 1998, 40(2): 109-114.

[ 38 ] 左志锐, 高俊平, 穆鼎, 等. 盐胁迫下百合两个品种的叶绿体和线粒体超微结构比较[ J ]. 园艺学报, 2006, 33(2): 429-432.

[ 39 ] 张克中, 赵祥云, 梁励, 等. 王百合雄性不育突变体小孢子败育的细胞学研究[ J ]. 北京林业大学学报, 2003, 25(3): 124-128.

[ 40 ] 文才艺, 吴元华, 田秀玲. 植物内生菌研究进展及存在问题[ J ]. 生态学杂志, 2004, 23(2): 86-91.

[ 41 ] 陈立军, 孙广宇, 张荣, 等. 油菜内生菌的分离鉴定[ J ]. 石河子大学学报(自然科学版), 2004, 22(增刊): 66-68.

[ 42 ] 李萌, 张海涛, 虞星炬. 蔬菜内生菌的分离及其生防功能初探[ J ]. 江苏农业科学, 2003(5): 60-64.

[ 43 ] 宋子红, 丁立孝, 马伯军, 等. 花生内生菌的种群及动态分析[ J ]. 植物保护学报, 1999, 26(4): 309-314.

[ 44 ] McNory J A, Kloepper J W. Survey of indigenous bacterial endophytes from cotton and sweet corn[ J ]. Plant and Soil, 1995, 173: 337-342.

[ 45 ] 邹文欣, 谭仁祥. 植物内生菌研究新进展[ J ]. 植物学报, 2001, 43(9): 881-892.

[ 46 ] 张政铨, 聂开印. 百合细胞内生菌的发现[ J ]. 武汉植物学研究, 1986, 4(2): 107-112.

[ 47 ] 刘远成, 李广彦, 彭隆金. 百合组织中细胞内生菌的分布与传播[ J ]. 武汉植物学研究, 1989, 7(2): 101-108.

Advances on the Cytomorphological of *Lilium*

SUN Hong-mei, ZHANG Yue, WANG Chun-xia

(College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Key Laboratory of Protected Cultivation, Shenyang, Liaoning 110161, China)

**Abstract:** The karyotype analysis and the pollen morphology in *Lilium* were summarized in this paper. Especially, the cytomorphological observation during the process of tissue-culture, bulb development and scale-cutting were reviewed. In addition, the preliminary researches on the endophyte in *Lilium* were discussed too.

**Key words:** *Lilium*; Cytomorphological; Review