

中国原产 4 种野生百合的核型分析

王中轩^{1,2}, 魏 迟¹, 廉玉芹¹, 杜运鹏¹, 贾桂霞^{1,*}

(¹北京林业大学园林学院, 国家花卉工程技术研究中心, 北京 100083; ²北京市花木有限公司, 北京 100044)

摘 要: 采用常规压片法, 对绿花百合 (*Lilium fargesii*)、卓巴百合 (*L. wardii*)、新疆百合 (*L. martagon* var. *pilosiusculum*)、台湾百合 (*L. formosanum*) 等 4 种野生百合进行了染色体数观察和核型分析。结果表明, 绿花百合核型为 3A, 其余 3 种材料核型均为 3B。核型公式分别为: 绿花百合 $2n = 24 = 4m + 8st$ (4SAT) + 12t; 新疆百合 $2n = 24 = 4m$ (4SAT) + 10st (2SAT) + 10t; 台湾百合 $2n = 24 = 4m$ (2SAT) + 4st + 16t (8SAT); 卓巴百合 $2n = 24 = 2m$ (2SAT) + 2sm + 8st + 12t (2SAT)。核型不对称系数分别为 80.54%、81.50%、81.78% 和 83.89%。

关键词: 百合属; 核型; 核型不对称系数

中图分类号: S 682.2

文献标志码: A

文章编号: 0513-353X (2013) 11-2207-06

Karyotype Analysis of Four *Lilium* Species from China

WANG Zhong-xuan^{1,2}, WEI Chi¹, LIAN Yu-qin¹, DU Yun-peng¹, and JIA Gui-xia^{1,*}

(¹College of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, China National Floriculture Engineering Research Centre, Beijing 100083, China; ²Beijing Florascape Co., Ltd., Beijing 100044, China)

Abstract: The chromosome number and karyotype of four *Lilium* species with *L. fargesii*, *L. martagon* var. *pilosiusculum*, *L. formosanum* and *L. wardii* included were analyzed. The results indicated that the karyotype of *L. fargesii* was 3A, the others were 3B. The karyotype formulae were as the following: $2n = 24 = 4m + 8st$ (4SAT) + 12t for *L. fargesii*, $2n = 24 = 4m$ (4SAT) + 10st (2SAT) + 10t for *L. martagon* var. *pilosiusculum*, $2n = 24 = 4m$ (2SAT) + 4st + 16t (8SAT) for *L. formosanum* and, $2n = 24 = 2m$ (2SAT) + 2sm + 8st + 12t (2SAT) for *L. wardii*, and their asymmetry indexes (As. K%) were 80.54%, 81.50%, 81.78% and 83.89% respectively.

Key words: *Lilium*; karyotype; asymmetry index

中国有百合属 (*Lilium*) 植物 55 种, 约占全世界百合属植物的 50%, 其中大多为中国所特有 (陈心启 等, 2002), 这些宝贵的野生资源是百合新品种选育及遗传改良的重要材料。

目前, 原产中国的部分野生百合的核型已有相关报道, 包括卷丹 (*L. lancifolium*)、细叶百合 (*L. pumilum*)、毛百合 (*L. dauricum*)、垂花百合 (*L. cernuum*)、东北百合 (*L. distichum*)、朝鲜百合 (*L. amabile*)、有斑百合 (*L. concolor* var. *pulchellum*) (图力古尔和刘立波, 1996; 荣立苹 等, 2009)、滇百合 (*L. bakerianum*)、宜昌百合 (*L. leucanthum*)、尖被百合 (*L. lophophorum*)、大理百合 (*L. taliense*)

收稿日期: 2013-05-17; 修回日期: 2013-09-16

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31071819); 林业公益性行业科研专项 (201204609); 北京地区花卉生产优势品种育种研发项目 (YLHH201300103)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: gxjia@bjfu.edu.cn)

宝兴百合 (*L. duchartrei*) (卿秋静, 2011)、紫斑百合 (*L. nepalense*) (李标 等, 2004)、泸定百合 (*L. sargentiae*)、岷江百合 (*L. regale*)、淡黄花百合 (*L. sulphureum*)、湖北百合 (*L. henryi*)、野百合 (*L. brownie*)、川百合 (*L. davidii*)、兰州百合 (*L. davidii* var. *unicolor*)、青岛百合 (*L. tsingtauense*) 和南川百合 (*L. rosthornii*) (戴小红 等, 2006; 刘华敏, 2010)。但相对于中国丰富的百合资源, 有一些种类的核型还未见报道, 如绿花百合、卓巴百合、新疆百合、台湾百合等。作者对所收集的这 4 种野生百合进行了核型分析, 旨在了解其遗传学特征, 为该属植物的系统分类、品种选育以及栽培利用提供细胞学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

所用绿花百合采自陕西凤县, 卓巴百合采自西藏通麦, 新疆百合采自新疆阿勒泰, 台湾百合购买于中国台湾。材料均栽植于北京林业大学国家花卉工程技术研究中心温室内, 取其根尖进行染色体分析。

1.2 方法

染色体制片采用常规压片法。于 2012 年 4 月上午 9:00—11:00 取生长旺盛的茎生根根尖, 用 $200 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 放线菌酮溶液在室温黑暗条件下预处理 7 ~ 8 h, 卡诺氏固定液 (无水乙醇:冰醋酸 = 3:1) 固定过夜, 4 °C 保存备用。制片时, 根尖用蒸馏水洗净, 用质量浓度为 $1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的纤维素酶与果胶酶混合液 37 °C 下解离 1 h, 蒸馏水漂洗, 改良卡宝品红染色, 压片, 镜检。

选取 30 个左右的细胞进行染色体数的计算, 选择形态清晰、分散良好的染色体图像, 用连机显微摄像系统 (Leica DM LS2) 进行拍照, 分别选用 5 个分散良好的中期分裂相进行分析测量, 得到核型数据。核型分析按李懋学和陈瑞阳 (1985) 的分类标准进行, 核型类型根据 Stebbins (1971) 的分类标准划分, 核型不对称性系数按 Arano (1965) 的方法计算。染色体的相对长度、臂长及类型参照 Levan 等 (1964) 的命名系统命名。

2 结果与分析

4 种百合的染色体数目均为 $2n = 2x = 24$, 但在卓巴百合中发现有 4 倍体存在, 染色体参数见表 1, 中期染色体形态、核型图、核型模式图见图 1 和图 2。

2.1 绿花百合核型分析

绿花百合体细胞染色体数 $2n = 2x = 24$, 为二倍体。核型公式为 $2n = 24 = 4m + 8st (4SAT) + 12t$ 。相对长度范围为 6.13% ~ 11.73%, 平均臂比 7.96, 最长与最短染色体长度比为 1.91, 臂比值大于 2 的染色体占 83.33%, 核型不对称系数为 80.54%, 属于 3A 型 (表 1)。第 6 对染色体长臂具次缢痕, 第 7 对染色体短臂近着丝点区域具次缢痕 (图 1, A; 图 2, A)。

2.2 新疆百合核型分析

新疆百合体细胞染色体数为 $2n = 2x = 24$, 为二倍体。核型公式为 $2n = 24 = 4m (4SAT) + 10st (2SAT) + 10t$ 。相对长度范围为 5.69% ~ 11.84%, 平均臂比 7.10, 最长与最短染色体长度比为 2.08, 臂比值大于 2 的染色体占 83.33%, 核型不对称系数为 80.14%, 属于 3B 型 (表 1)。第 1、2

对染色体具有居间随体，第 7 对染色体的长臂具次缢痕（图 1，B；图 2，B）。

2.3 台湾百合核型分析

台湾百合体细胞染色体数 $2n = 2x = 24$ ，为二倍体。核型公式为 $2n = 24 = 4m(2SAT) + 4st + 16t(8SAT)$ 。相对长度范围为 6.04% ~ 12.53%，平均臂比 8.44，最长与最短染色体长度比为 2.07，臂比值大于 2 的染色体占 83.33%，核型不对称系数为 81.50%，属于 3B 型（表 1）。第 1 对染色体具有居间随体，第 3、5、10 对染色体短臂近着丝点区域具次缢痕，第 5 对染色体长臂具次缢痕（图 1，C；图 2，C）。

2.4 卓巴百合核型分析

卓巴百合体细胞染色体数 $2n = 2x = 24$ ，为二倍体。核型公式为 $2n = 24 = 2m(2SAT) + 2sm + 8st + 12t(2SAT)$ 。相对长度范围为 6.17% ~ 12.52%，平均臂比 7.58，最长与最短染色体长度比为 2.03，臂比值大于 2 的染色体占 91.66%，核型不对称系数为 83.89%，属于 3B 型（表 1）。第 1 对染色体具有居间随体，第 8 对染色体长臂具次缢痕（图 1，D；图 2，D）。在分析的 3 个植株中，发现 1 株为四倍体（图 1，D-4n）。

表 1 4 种野生百合的染色体参数
Table 1 Chromosome parameters of the 4 *Lilium* species

种名 Species	染色体序号 No.of chromosome	相对长度/% Relative length	臂比 Arm ratio	类型 Type	种名 Species	染色体序号 No. of chromosome	相对长度/% Relative length	臂比 Arm ratio	类型 Type
绿花百合 <i>L. fargesii</i>	1	6.76 + 4.97 = 11.73	1.36	m	卓巴百合 <i>L. wardii</i>	1	6.60 + 5.92 = 12.52	1.11	m*
	2	6.92 + 4.70 = 11.62	1.47	m		2	7.38 + 3.95 = 11.33	2.36	sm
	3	8.26 + 0.68 = 8.94	12.08	t		3	8.07 + 0.85 = 8.92	12.02	t
	4	7.62 + 0.92 = 8.54	8.28	t		4	7.67 + 0.88 = 8.55	7.90	t
	5	7.51 + 1.01 = 8.52	7.45	t		5	7.46 + 0.84 = 8.30	7.57	t
	6	6.53 + 1.46 = 7.99	4.46	st*		6	7.58 + 0.62 = 8.20	16.89	t
	7	6.37 + 1.56 = 7.93	4.10	st*		7	7.49 + 0.70 = 8.19	3.71	st
	8	6.29 + 1.57 = 7.86	3.40	st		8	6.85 + 1.18 = 8.03	18.60	t*
	9	6.07 + 1.35 = 7.42	4.48	st		9	6.31 + 1.26 = 7.57	6.20	st
	10	6.77 + 0.49 = 7.26	13.84	t		10	5.74 + 0.96 = 6.70	5.49	st
	11	5.59 + 0.43 = 7.02	15.38	t		11	6.08 + 0.58 = 6.66	6.77	st
	12	5.63 + 0.50 = 6.13	11.20	t		12	5.63 + 0.54 = 6.17	12.78	t
新疆百合 <i>L. martagon</i>	1	6.95 + 4.89 = 11.84	1.42	m*	台湾百合 <i>L. formosanum</i>	1	6.92 + 5.61 = 12.53	1.23	m*
	2	6.12 + 4.06 = 10.18	1.51	m*		2	7.39 + 4.52 = 11.91	1.64	m
var.	3	8.78 + 0.79 = 9.57	11.11	t		3	8.24 + 1.12 = 9.36	12.16	t*
<i>pilosiusculum</i>	4	7.80 + 1.48 = 9.28	5.27	st		4	8.24 + 0.68 = 8.92	7.33	t
	5	6.96 + 1.28 = 8.24	5.44	st		5	6.58 + 1.73 = 8.31	12.13	t*
	6	7.41 + 0.78 = 8.19	9.44	t		6	7.66 + 0.63 = 8.29	15.71	t
	7	6.75 + 1.25 = 8.00	5.40	st*		7	7.76 + 0.49 = 8.25	7.36	t
	8	6.04 + 1.61 = 7.65	3.76	st		8	6.74 + 1.04 = 7.78	14.52	t
	9	6.23 + 1.27 = 7.50	4.91	st		9	6.92 + 0.48 = 7.40	3.80	st
	10	5.99 + 0.64 = 6.63	9.31	t		10	5.51 + 1.69 = 7.20	14.24	t*
	11	5.77 + 0.44 = 6.21	13.31	t		11	6.36 + 0.45 = 6.81	3.25	st
	12	5.32 + 0.37 = 5.69	14.30	t		12	5.36 + 0.68 = 6.04	7.85	t

注：* 随体，随体的长度计入染色体长度。
Note: * Satellite, the length of satellite is included in the length of the chromosomes.



图 1 4 种百合属植物的中期染色体形态及核型
Fig. 1 The photomicrographs at metaphase stage and karyograms of the 4 *Lilium* species

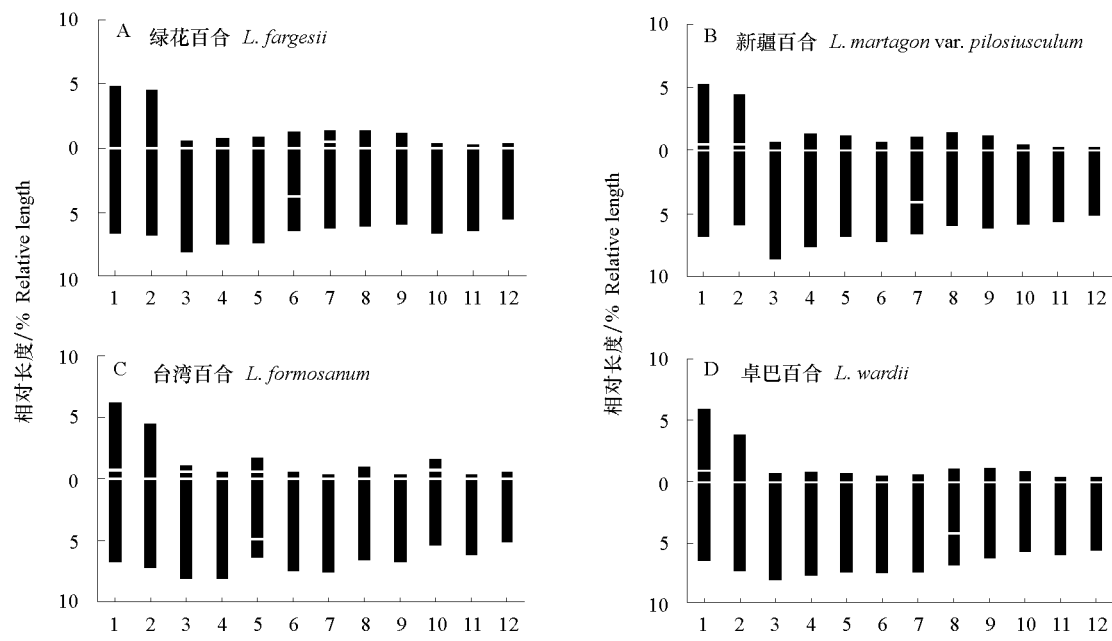


图 2 百合属 4 种植物的核型模式图
Fig. 2 Idiograms of the 4 *Lilium* species

3 讨论

百合属植物染色体多为大型染色体, 染色体基数 $x = 12$, 二倍体居多, 仅在卷丹(图力古尔和刘立波, 1996; 杨利平和刘雪梅, 1997; 岳玲 等, 2006; 荣立苹 等, 2009)和川百合(谢晓阳和武全安, 1993)少数种中发现 3 倍体。核型一般为稳定的 3B 型(洪德元, 1990), 以往报道中, 兰州百合(刘冬云 等, 2009), 细叶百合(岳玲 等, 2006)、有斑百合(图力古尔和刘立波, 1996)、川百合、南川百合、尖被百合、宜昌百合等(卿秋静, 2011)均有 3A 类型, 本研究中除绿花百合属 3A 类型外, 其他 3 种均为 3B, 符合百合属植物核型的一般规律。4 种百合的核型不对称系数分别为新疆百合 80.14%, 绿花百合 80.54%, 台湾百合 81.50%, 卓巴百合 83.89%。根据 Levitzky-Stebbins 对有花植物核型进化中的观点, 认为对称为原始类型, 不对称则进化程度较高(洪德元, 1990), 因此, 4 种百合的核型进化程度由高到低依次为卓巴百合、台湾百合、绿花百合和新疆百合。

百合属核型较稳定, 一般由 2 对具中部或近中部着丝点的长染色体和 10 对具近端部或端部着丝粒的短染色体组成, 且在第 1、2 对染色体的短臂上常可见到居间随体(李懋学和陈瑞阳, 1985)。本研究中的 4 种百合属植物染色体数及核型均为首次报道, 符合上述特征, 除在绿花百合前两对染色体上没有居间随体外, 其他种都有。同时在对包括本研究中的 4 个种在内的近 20 种野生百合的染色体观察中发现, 大多数种如湖北百合、兰州百合、南川百合、有斑百合、玫红百合(*L. amoenum*)、野百合(*L. brownii*)等的 10 对近端或端着丝粒染色体中均有一对染色体的长臂上存在一次缢痕, 且多集中在第 6~10 号染色体上, 说明该特征也是百合属植物核型的一典型特征。在其它的文献中也有相关的报道, 如邵建章等(1994)对安徽产野百合的研究, 图力古尔和刘立波(1996)对毛百合、有斑百合、兰州百合和朝鲜百合的研究, 李卫民等(1991)对川百合、卷丹、百合(*L. brownii* var. *viridulum*)、麝香百合、细叶百合的研究, 戴小红等(2006)对兰州百合的研究, 都提出相同的特征。因此, 该次缢痕及前两对染色体中居间随体的有无和位置可以为百合属植物分类提供参考。

从染色体组成类型、随体数及位置上看, 台湾百合与其他 3 种百合的差异较大, 从形态分类上将其归为百合组(汪发瓚和唐进, 1980), 说明台湾百合与其他 3 种百合亲缘关系较远。而新疆百合在分类中属于轮叶组(汪发瓚和唐进, 1980), 但根据核型分析结果, 其核型组成与绿花百合相似, 只是随体数及位置有些差异; 同时在花朵形态及叶片形态等方面, 也与绿花百合有一定相似性, 而与轮叶组的另外两个种——东北百合、青岛百合相比, 在形态及核型组成上差异均较大(荣立苹等, 2009; 刘华敏, 2010), 因此, 说明新疆百合与卷瓣组的一些种亲缘关系较近。

新铁炮百合杂种系(*Lilium* \times *formolongi*)是从台湾百合与麝香百合(*L. longiflorum*)杂交后代中选育的一类铁炮百合, 其遗传背景较为简单。但本研究中的台湾百合与孙晓梅等(2010)研究的新铁炮百合的 3 个品种相比差异明显, 王树红等(2007)及张书玲等(2010)对百合品种的核型研究结果与野生百合的核型差异均较大, 说明人工选育对百合的核型组成影响很大。此外, 在研究观察中发现卓巴百合存在自然变异形成的四倍体, 这在其它百合中尚未观察到, 具体原因还需进一步研究, 但四倍体正常减数分裂可以形成 $2n$ 配子, 可以作为百合多倍体育种的优良材料。

References

- Arano H. 1965. The karyotypes and the speciations insub family Carduoideae of Japan. Jap Journ Bot, 19 (3): 31 - 67.
- Chen Xin-qi, Xu Jie-mei, Liang Song-yun. 2002. Flora of China. Vol. 14. Liliaceae. Beijing: Science Press: 78 - 115. (in Chinese)
- 陈心启, 许介眉, 梁松筠. 2002. 中国植物志. 第 14 卷. 百合科. 北京: 科学出版社: 78 - 115.
- Dai Xiao-hong, Zhang Yan-long, Niu Li-xin. 2006. Karyotypes of four species in *Lilium*. Acta Bot Boreal-Occident Sin, 26 (1): 50 - 55. (in Chinese)
- 戴小红, 张延龙, 牛立新. 2006. 百合属 4 种植物的核型研究. 西北植物学报, 26 (1): 50 - 55.

- Hong De-yuan. 1990. Plant cytotaxonomy. Beijing: Science Press: 91 - 96. (in Chinese)
- 洪德元. 1990. 植物细胞分类学. 北京: 科学出版社: 91 - 96.
- Levan A, Fredga K, Sandberg A A. 1964. Nomenclature for centrometic position on chromosomes. *Hereditas*, 52: 201 - 220.
- Li Biao, Yu Hong, Tang Kun. 2004. Study on karyotypes variation in population of *Lilium nepalense*. *Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications: Natural Science*, 16 (1): 98 - 102. (in Chinese)
- 李 标, 虞 泓, 唐 坤. 2004. 紫斑百合居群核型变异式样. 重庆邮电学院学报: 自然科学版, 16 (1): 98 - 102.
- Li Mao-xue, Chen Rui-yang. 1985. Suggestion on the standardization of karyotype analysis in plants. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 3 (4): 297 - 302. (in Chinese)
- 李懋学, 陈瑞阳. 1985. 关于植物核型分析的标准化问题. 武汉植物学研究, 3 (4): 297 - 302.
- Li Wei-min, Meng Xian-yu, Gao Ying, Wang Li-qun. 1991. Karyotype analysis of Chinese traditional medicine *Lilium*. *China Journal of Chinese Material Medical*, 16 (5): 268 - 270. (in Chinese)
- 李卫民, 孟宪纾, 高 英, 王立群. 1991. 中药百合的核型分析. 中国中药杂志, 16 (5): 268 - 270.
- Liu Hua-min. 2010. Karyotype and ISSR analysis of some wild *Lilium* [M. D. Dissertation]. Chongqing: Southwest University. (in Chinese)
- 刘华敏. 2010. 部分野生百合 (*Lilium*.) 的核型和 ISSR 分析[硕士论文]. 重庆: 西南大学.
- Liu Dong-yun, Zhang Xiao-man, Yang Nan, Zhang Li-juan, Shao Shuai. 2009. Study on karyotypes of *Lilium davidii* var. *unicolor* and *Lilium concolor* var. *buschianum* Baker. *Journal of Northwest A & F University: Natural Science*, 37 (11): 102 - 106. (in Chinese)
- 刘冬云, 张晓曼, 杨 楠, 张利娟, 邵 帅. 2009. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 37 (11): 102 - 106.
- Qing Qiu-jing. 2011. Karyotypes and genetic variations in 9 species of *Lilium* [M. D. Dissertation]. Ya'an: Sichuan Agricultural University. (in Chinese)
- 卿秋静. 2011. 九种百合属植物核型及遗传变异研究[硕士论文]. 雅安: 四川农业大学.
- Rong Li-ping, Lei Jia-jun, Zheng Yang, Gao Yu-fu. 2009. Study on karyotypes of *Lilium* species native to Northeast China. *Journal of Jilin Agricultural University*, 31 (12): 711 - 716. (in Chinese)
- 荣立苹, 雷家军, 郑 洋, 高玉福. 2009. 东北地区野生百合的核型研究. 吉林农业大学学报, 31 (12): 711 - 716.
- Shao Jian-zhang, Zhang Ding-cheng, Yang Lian-zhen, Li Shu-mei. 1994. Study on cytotaxonomy of *Lilium* from Anhui. *Journal of Anhui Normal University: Natural Science*, 17 (2): 39 - 43. (in Chinese)
- 邵建章, 张定成, 杨连珍, 李树美. 1994. 安徽百合属细胞学研究. 安徽师范大学学报: 自然科学版, 17 (2): 39 - 43.
- Stebbins G L. 1971. Chromosome evolution in higher plants. London: Academic Press: 87.
- Sun Xiao-mei, Jia Lian, Yang Hong-guang, Zhang Li-jie, Cui Wen-shan. 2010. Three cultivars karyotype analysis of *Lilium* \times *formolongi*. *Acta Horticulturae Sinica*, 37 (6): 1003 - 1008. (in Chinese)
- 孙晓梅, 贾 莲, 杨宏光, 张丽杰, 崔文山. 2010. 新铁炮百合 3 个品种的核型分析. 园艺学报, 37 (6): 1003 - 1008.
- Tolgor, Liu Li-bo. 1996. Studies of karyotypes of 5 species in *Lilium* from Jilin. *Wuhan Bot Res*, 14 (1): 6 - 12. (in Chinese)
- 图力古尔, 刘立波. 1996. 吉林省产 5 种百合的核型研究. 武汉植物学研究, 14 (1): 6 - 12.
- Wang Fa-zan, Tang Jin. 1980. Flora of China. Vol. 14. Liliaceae. Beijing: Science Press: 116 - 157. (in Chinese)
- 汪发瓚, 唐 进. 1980. 中国植物志第 14 卷. 百合科. 北京: 科学出版社: 116 - 157.
- Wang Shu-hong, Li Qiao-xia, Zhao Qing-fang, Liang Wan-fu. 2007. The karyotypes analysis of four ornamental lily. *Journal of Northwest Normal University: Natural Science*, 43 (4): 93 - 97. (in Chinese)
- 王树红, 李巧峡, 赵庆芳, 梁万福. 2007. 四种观赏百合的核型分析. 西北师范大学学报: 自然科学版, 43 (4): 93 - 97.
- Xie Xiao-yang, Wu Quan-an. 1993. The determination of karyotype and thioesterase on triploid *Lilium davidii*. *Acta Botanica Yunnanica*, 15 (1): 57 - 60. (in Chinese)
- 谢晓阳, 武全安. 1993. 三倍体川百合的核型与酯酶同工酶鉴定. 云南植物研究, 15 (1): 57 - 60.
- Yang Li-ping, Liu Xue-mei. 1997. Study on cytology in *Lilium lancifolium*. *Plant Research*, 17 (1): 85 - 87. (in Chinese)
- 杨利平, 刘雪梅. 1997. 卷丹的细胞学研究. 植物研究, 17 (1): 85 - 87.
- Yue Ling, Lei Jia-jun, Wang Xin. 2006. Study on karyotypes of four species of lily in Liaoning Province. *Liaoning Agricultural Science*, (4): 5 - 8. (in Chinese)
- 岳 玲, 雷家军, 王 欣. 2006. 辽宁的 4 种野生百合 (*Lilium* spp.) 的核型研究. 辽宁农业科学, (4): 5 - 8.
- Zhang Shu-ling, Ren Yan-rui, Liu Dong-yun, Li Jing. 2010. Karyotypic comparison between wild lilies and cultivated lilies. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 33 (4): 38 - 42. (in Chinese)
- 张书玲, 任艳蕊, 刘冬云, 李 晶. 2010. 野生百合与栽培百合的核型比较. 河北农业大学学报, 33 (4): 38 - 42.