

榆叶梅及其部分近缘种的染色体核型分析

董山平, 罗 乐, 钟军琚, 程堂仁, 张启翔*

(花卉种质创新与分子育种北京市重点实验室, 国家花卉工程技术研究中心, 城乡生态环境北京实验室, 园林学院, 北京林业大学, 北京 100083)

摘 要: 采用常规压片法, 对 5 份榆叶梅材料和桃、梅、李、杏 4 份近缘种材料进行了核型分析, 首次报道了 4 类榆叶梅栽培品种材料的核型。结果表明: ‘紫烟’榆叶梅染色体数目为 42 条, 其它榆叶梅材料均为八倍体 ($2n=8x=64$), 桃、梅、李、杏均为二倍体 ($2n=2x=16$); 核不对称系数为 57.68%~63.08%; 核型分类为 2B 和 2A 型。其中 ‘紫烟’榆叶梅染色体相对长度组成为: $2n=6L+9M_2+24M_1+3S$; 近缘种中桃与榆叶梅的核不对称性较接近。

关键词: 榆叶梅; 近缘种; 染色体; 核型; 多倍体

中图分类号: Q343.2⁺2 **文献标志码:** A

Analysis of Karyotypes of *Prunus triloba* and Four Related Species

DONG Shanping, LUO Le, ZHONG Junjun, CHENG Tangren, ZHANG Qixiang*

(Beijing Key Laboratory of Ornamental Plants Germplasm Innovation & Molecular Breeding, National Engineering Research Center for Floriculture, Beijing Laboratory of Urban and Rural Ecological Environment and College of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: The karyotypes were analysed via squash method in *Prunus triloba* and 4 related species which are *P. persica* L., *P. mume* Sieb., *P. cerasifera* ‘Pissardii’ and *P. armeniaca* L.. The results showed that the chromosome numbers of cultivar *P. triloba* ‘Ziyan’ was 42, while other *P. triloba* materials’ numbers were 64 ($2n=8x=64$). All related species were diploid ($2n=2x=16$). Asymmetry index ranged from 57.68% to 63.08%. The relative length component of *P. triloba* ‘Ziyan’ was $2n=6L+9M_2+24M_1+3S$. Among related species, *P. triloba* had the closet relationship with *P. persica*.

Key words: *Prunus triloba*; related species; chromosome; karyotype; polyploid

榆叶梅 (*Prunus triloba*) 是中国北方重要的早春观花灌木, 主要分布于中国东北及华北地区。《中国植物志》将榆叶梅置于桃属 (*Amygdalus*) 扁桃亚属^[1], 而在园艺栽培应用中又经常将榆叶梅与其它桃属植物统一归于李属 (*Prunus*), 这种争议与蔷薇科李亚科 (Prunoideae) 以下大小属的分类有关^[2]。植物染色体信息常作为植物分类提供重要信息。Lewis 曾利用染色体数目解决了蔷薇属 (*Rosa*) 分类

的一个模糊问题^[3], 于超利用核型方法支持了前人对疏花蔷薇变种划分的观点^[4]。

目前国内榆叶梅的研究大多集中在栽培繁育和种质资源方面^[5-6], 张强英系统地调查分析了野生榆叶梅资源, 认为榆叶梅种内存在丰富的遗传多样性^[7-8], 于君等根据陈俊愉的花卉二元分类法划分测试等级^[9], 将榆叶梅品种划分为单瓣类、复瓣类、重瓣类 3 大类。关于榆叶梅染色体研究的报道还很

收稿日期: 2014-12-03; 修改稿收到日期: 2015-01-24

基金项目: 北京市园林绿化局计划项目 (YLHH201400201); 北京市共建项目专项资助

作者简介: 董山平 (1990—), 男, 在读硕士研究生, 从事园林植物遗传育种研究。E-mail: 497857353@qq.com

* 通信作者: 张启翔, 博士, 教授, 博士研究生导师, 从事园林植物资源与育种研究。E-mail: zqxjfu@126.com

少,尚宗燕等^[10]对扁桃亚属植物的染色体数目进行了研究,报道榆叶梅染色体数目为 $2n=64$,长柄扁桃为 $2n=96$,扁桃等其它桃属植物的染色体数目均为 16;陈瑞阳等^[11]的《中国主要经济植物基因组染色体图谱》对榆叶梅、扁桃等植物染色体数目进行了报道,也支持该结论。上述研究都仅限于对染色体数目的报道,榆叶梅种内各个品种类型的核型与近缘种的对比研究还未见报道。榆叶梅这样的高倍性物种在李属中很少见,其多倍性由何而来,及品系如何演化,这些问题还有待进一步研究。

本实验选取榆叶梅单瓣品种、复瓣品种、重瓣品种、紫叶品种、野生榆叶梅及榆叶梅近缘种桃(*Prunus persica* L.)、梅(*Prunus mume* Sieb.)、李(*Prunus cerasifera* ‘Pissardii’)、杏(*Prunus armeniaca* L.)作为研究对象,对其染色体核型进行分析,旨在从细胞学层面分析榆叶梅品种演化提供较为可靠的染色体信息。

1 材料和方法

1.1 材 料

供试材料(表 1)共 9 份材料,5 份榆叶梅材料,包括单瓣型榆叶梅品种、复瓣型榆叶梅品种、重瓣型榆叶梅品种、紫叶重瓣型榆叶梅品种以及榆叶梅野生种,4 份近缘种材料,包括桃、梅、杏、紫叶李。榆叶梅栽培品种资源都保存于北京林业大学榆叶梅品种资源圃,品种凭证信息参考《榆叶梅新品 DUS 测试指南》^[5];野生榆叶梅的种子来源于辽宁省开原市野生分布林区;近缘种的茎尖材料采自北京林业大学校园。

1.2 方 法

1.2.1 取材 榆叶梅栽培品种于 12 月至次年 2 月叶芽未萌动时采枝条置于室内,水培诱导芽萌发,取

幼嫩的小叶;于 3~4 月取叶芽自然萌动形成的幼嫩小叶。榆叶梅野生种于其分布区域采种,沙藏诱导种子萌发,取根尖分生组织。桃、梅、杏、紫叶李于 3~4 月枝条自然萌动时选择良好的一年生嫩枝上取其叶芽。所取材料置于卡诺固定液(无水乙醇:冰醋酸=3:1,V/V)固定 24 h,转入 70%乙醇中保存备用。

用蒸馏水漂洗 3 遍后,将榆叶梅材料在解离液(浓盐酸:无水乙醇=1:1)中常温解离 20 min,其它近缘种材料在 0.2 mol/L 盐酸溶液中 60℃ 恒温水浴解离 10 min。蒸馏水冲洗 3 遍后用改良卡宝品红溶液染色 10 min,常规方法压片。采用 ZEISS Scope A1 显微镜镜检并统计染色体数目。

1.2.2 核型分析 用核型分析软件 Karyo 3.1、Image-Pro Plus 6.0、Photoshop CS4 及 Microsoft Office Excel 等软件进行数据和图像处理。核型分析方法参考李懋学等^[12]的标准,核型类型按照 Stebbins^[13]的分类标准,核型不对称系数按照 Arano^[14]的方法计算,染色体相对长度系数(I、R、L)参照 Guo 等^[15]的标准。

2 结果与分析

5 份榆叶梅和 4 份近缘种材料的染色体数目、核型及核型模式见图 1,染色体参数见表 2。

2.1 5 份榆叶梅材料的核型分析

2.1.1 野生榆叶梅 体细胞染色体数 $2n=64$,为八倍体。核型公式为 $2n=8x=64=1M+44m+18sm+1st$ 。染色体相对长度变化范围为 0.94%~2.56%,相对长度组成 $2n=8L+19M_2+29M_1+8S$ 。臂比值变化范围 1.00~3.28,最长染色体与最短染色体长度比为 2.71,核不对称系数为 58.43%,着丝粒指数变化范围为 23.36%~50.00%,其核型

表 1 5 份榆叶梅材料及 4 个近缘种材料的基本信息
Table 1 The information of 5 *Prunus triloba* materials and 4 related species

编号 Code	品种名/种名 Cultivar/species	类型 Type
1	野生种 Wild species	野生种 Wild species
2	莹雪 Yingxue	单瓣品种 Cultivar single flowered
3	榆叶梅 <i>P. triloba</i>	复瓣品种 Cultivar semidouble flowered
4	抱粉玉盘 Baofen yupan	重瓣品种 Cultivar double flowered
5	紫烟 Ziyen	紫叶品种 Cultivar purple-leaf
6	桃 <i>P. persica</i> L.	近缘种 Related species
7	梅 <i>P. mume</i> Sieb.	近缘种 Related species
8	杏 <i>P. armeniaca</i> L.	近缘种 Related species
9	紫叶李 <i>P. cerasifera</i> Ehrh. ‘Pissardii’	近缘种 Related species

属于 2B 型。

2.1.2 ‘莹雪’榆叶梅 体细胞染色体数 $2n=64$ ，为八倍体。核型公式为 $2n=8x=64=1M+40m+23sm$ 。染色体相对长度变化范围为 0.99%~2.77%，相对长度组成 $2n=8L+16M_2+31M_1+9S$ 。臂比值变化范围 1.00~2.67，最长染色体与最短染色体长度比为 2.81，核不对称系数为 58.73%，着丝粒指数变化范围为 27.22%~50.00%，其核型

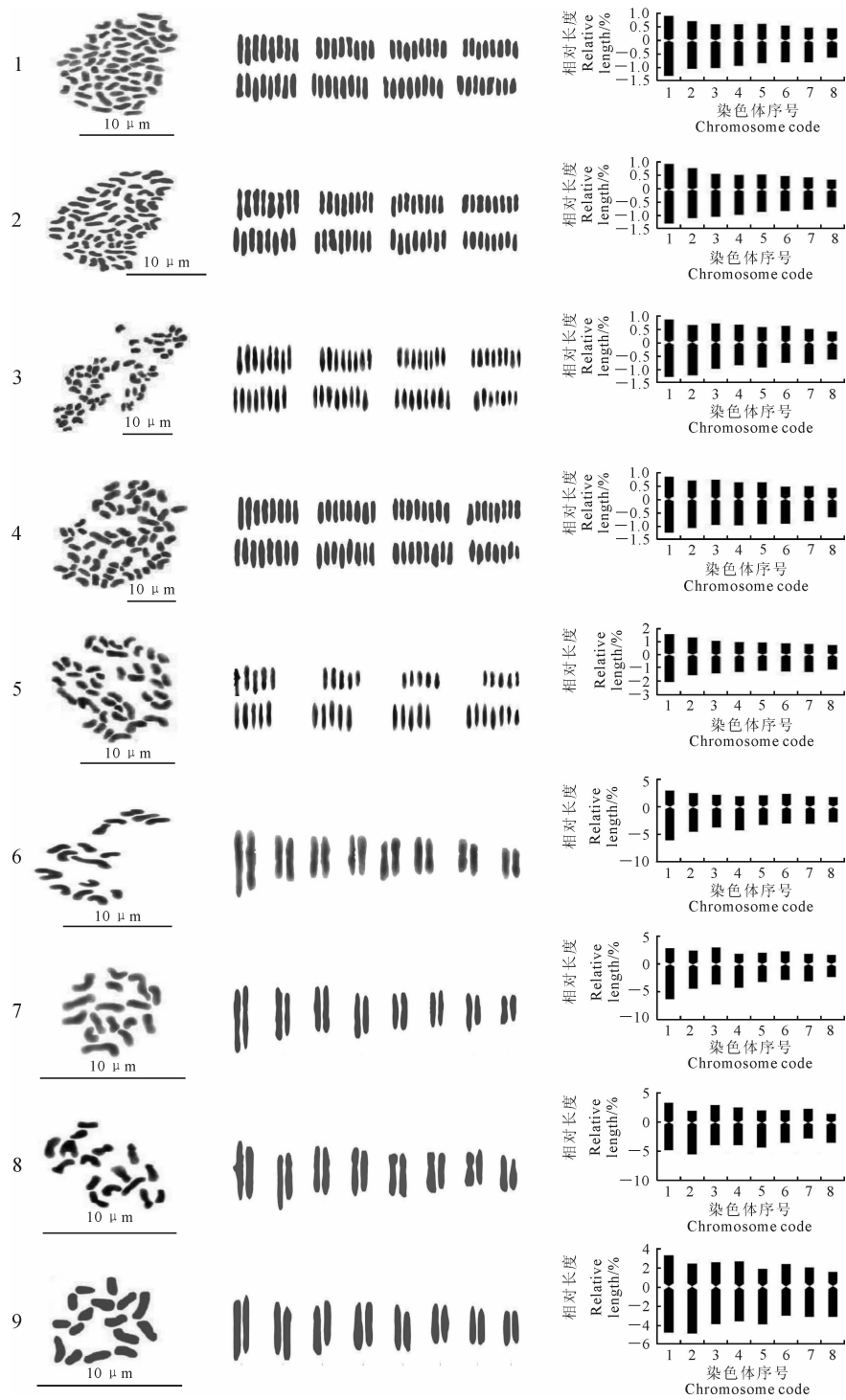


图 1 5 份榆叶梅及 4 个近缘种的染色体、核型及核型模式图
材料编号同表 1

Fig. 1 The chromosome numbers, karyotypes and idiograms of 5 *P. triloba* cultivars and 4 related species
The codes in Fig. 1 corresponded to those in Table 1

表 2 5 份榆叶梅材料及 4 个近缘种材料的染色体参数

Table 2 Chromosome parameters of 5 *P. triloba* materials and 4 related species

编号 Code	相对长度(S+L=T) Relative length/%	平均臂比 Average arm ratio	最长/最短 Lt/St	核不对称系数 Asymmetry index/%	臂比值>2 的染色体比率 Percentage of chromosome with ratio>2/%	核型分类 Karyotyoe
1	0.95~2.56	1.53	2.71	58.43	14.06	2B
2	0.99~2.77	1.57	2.81	58.73	13.75	2B
3	0.92~2.45	1.53	2.68	59.65	15.87	2B
4	0.82~2.69	1.65	3.29	61.04	19.05	2B
5	1.28~4.37	1.43	3.41	57.68	14.29	2B
6	4.12~9.08	1.56	2.59	60.55	16.13	2B
7	4.03~9.53	1.62	2.36	61.73	18.75	2B
8	4.54~8.40	1.82	2.01	63.08	27.5	2B
9	4.59~8.43	1.71	1.84	62.03	12.5	2A

注:材料编号同表 1。

Note:The codes in Table 2 corresponded to those in Table 1.

属于 2B 型。

2.1.3 ‘复瓣皱粉’榆叶梅 体细胞染色体数 $2n=64$,为八倍体。核型公式为 $2n=8x=64=43m+21sm$ 。染色体相对长度变化范围为 0.92%~2.45%,相对长度组成 $2n=8L+15M_2+33M_1+7S$ 。臂比值变化范围 1.02~2.57,最长染色体与最短染色体长度比为 2.68,核不对称系数为 59.65%,着丝粒指数变化范围为 28.04%~49.47%,其核型属于 2B 型。

2.1.4 ‘抱粉玉盘’榆叶梅 体细胞染色体数 $2n=64$,为八倍体。核型公式为 $2n=8x=64=1M+39m+24sm$ 。染色体相对长度变化范围为 0.82%~2.69%,相对长度组成 $2n=8L+22M_2+27M_1+7S$ 。臂比值变化范围 1.00~2.85,最长染色体与最短染色体长度比为 3.29,核不对称系数为 61.04%,着丝粒指数变化范围为 25.99%~50.00%,其核型属于 2B 型。

2.1.5 ‘紫烟’榆叶梅 体细胞染色体数 $2n=42$,为非整倍体。核型公式为 $2n=42=3M+30m+9sm$ 。染色体相对长度变化范围为 1.28%~4.37%,相对长度组成 $2n=6L+9M_2+24M_1+3S$ 。臂比值变化范围 1.00~2.15,最长染色体与最短染色体长度比为 3.41,核不对称系数为 57.68%,着丝粒指数变化范围为 31.70%~50.00%,其核型属于 2B 型。

2.2 4 种近缘种的核型分析

2.2.1 桃 体细胞染色体数 $2n=16$,为二倍体。核型公式为 $2n=2x=16=12m+4sm$ 。染色体相对长度变化范围为 4.12%~9.08%,相对长度组成 $2n=2L+5M_2+7M_1+2S$ 。臂比值变化范围 1.06~

2.57,最长染色体与最短染色体长度比为 2.59,核不对称系数为 60.55%,着丝粒指数变化范围为 28.01%~48.70%,其核型属于 2B 型。

2.2.2 梅 体细胞染色体数 $2n=16$,为二倍体。核型公式为 $2n=2x=16=10m+6sm$ 。染色体相对长度变化范围为 4.03%~9.53%,相对长度组成 $2n=2L+5M_2+6M_1+3S$ 。臂比值变化范围 1.05~2.52,最长染色体与最短染色体长度比为 2.36,核不对称系数为 61.73%,着丝粒指数变化范围为 28.40%~48.69%,其核型属于 2B 型。

2.2.3 杏 体细胞染色体数 $2n=16$,为二倍体。核型公式为 $2n=2x=16=11m+4sm+1st$ 。染色体相对长度变化范围为 4.54%~8.40%,相对长度组成 $2n=2L+6M_2+7M_1+1S$ 。臂比值变化范围 1.01~3.57,最长染色体与最短染色体长度比为 2.01,核不对称系数为 63.08%,着丝粒指数变化范围为 21.90%~49.77%,其核型属于 2A 型。

2.2.4 紫叶李 体细胞染色体数 $2n=16$,为二倍体。核型公式为 $2n=2x=16=11m+4sm+1st$ 。染色体相对长度变化范围为 4.59%~8.43%,相对长度组成 $2n=2L+6M_2+7M_1+1S$ 。臂比值变化范围 1.11~2.79,最长染色体与最短染色体长度比为 1.84,核不对称系数为 62.03%,着丝粒指数变化范围为 26.41%~47.33%,其核型属于 2A 型。

3 讨 论

本实验报道了 5 份具代表性的榆叶梅材料及桃、梅、杏、李 4 份近缘种材料的染色体数目与核型,其中 4 份榆叶梅材料为八倍体, $2n=8x=64$;近缘种材料桃、梅、杏、李均为二倍体, $2n=2x=16$ 与前

人的研究结果一致^[16]；‘紫烟’榆叶梅的染色体数目为 42。李属植物二倍体居多，染色体基数为 8。但多个研究曾报道^[10,17-18]蔷薇科李属及其近缘属植物的染色体核型分别具有三倍体、四倍体、六倍体、八倍体和十二倍体等多种倍性的现象。

本研究发现‘紫烟’榆叶梅染色体数为 42，长染色体数为 6。Salesses 指出，显著比其它染色体长的染色体为这类植物的代表性染色体^[17]；王然^[17]研究蔷薇科核果类果树的核型时也发现长染色体数目正好与其倍性相一致。同一属内的植物常有相同的染色体基数，李属染色体基数为 8，可知‘紫烟’榆叶梅可能为非整倍体，结合‘紫烟’榆叶梅的染色体相对长度组成中长染色体条数为 6，故推测其在形成六倍体过程中可能出现了染色体的丢失，但此结论还需要进一步试验验证。

Stebbins^[13]认为，在植物界，核型进化的基本趋势是由对称向不对称发展的，系统演化上处于比较古老或原始的植物，大多具有较对称的核型，而不对称的核型则常见于衍生的或进化较高级的植物中。本研究中，5 份榆叶梅材料的核型类型均为 2B 型，这一结果也与陈瑞阳^[11]关于榆叶梅核型的报道一致，说明榆叶梅虽在表现上表现丰富的多样性，但在核型类型上仍保持较高保守性。野生榆叶梅与单瓣品种‘莹雪’榆叶梅的核不对称系数（分别为 58.73% 与 58.43%）、染色体长度最长比最短的比值（分别为 1.57 与 1.53）都最为接近，且它们核型的不对称性较低，可以推测单瓣品种群为较原始的类型。这也与它们的外形性状相符合，野生榆叶梅常为单瓣

花，叶较小。比较‘莹雪’、‘复瓣皱粉’和‘抱粉玉盘’的核不对称系数及臂比值 >2 的染色体比率可以得知，‘莹雪’ $<$ ‘复瓣皱粉’ $<$ ‘抱粉玉盘’，可推测榆叶梅品种群的演化中可能存在由单瓣型 \rightarrow 复瓣型 \rightarrow 重瓣型的演化。此结论符合于君^[5]利用分子标记 AFLP 技术对榆叶梅各品种群聚类结果，支持其将榆叶梅花瓣数量作为榆叶梅品种分类的重要分类依据^[9]。

本研究中桃、梅、杏的核型类型均为 2B，与榆叶梅的核型类型相同，紫叶李的核型类型为 2A；另外，桃的核不对称系数以及平均臂比值与 5 份榆叶梅材料的平均值最为接近，因此结合上述两点可以推测榆叶梅与桃的亲缘关系可能较近，与紫叶李的亲缘关系较远。比较紫叶李、梅、杏的核不对称系数以及臂比值 >2 的染色体比率，可知：紫叶李 $<$ 梅 $<$ 杏，据此可推测紫叶李较原始。魏文娜等^[19]分析桃、李、梅、杏的核型和带型认为梅和杏的亲缘关系较近，桃、李间差异较大，桃可能为较进化的类群。本研究中梅和杏的核不对称性最为接近，与魏文娜等^[19]的一致，但梅、杏、紫叶李的核不对称系数均大于桃和榆叶梅，与魏文娜^[19]认为的桃为较进化类群的结论不一致，造成差异的原因可能与取材有关。

本研究对李属中的 5 种榆叶梅典型类群材料进行了初步的核型分析，报道一例可能为非整倍体的榆叶梅栽培品种，为从细胞学层面深入了解榆叶梅品种间的遗传变异与演化关系；同时结合近缘种桃、梅、杏、紫叶李与榆叶梅材料的核型分析来进一步研究李属内植物的多倍体起源信息提供了参考依据。

参考文献:

- [1] 俞德浚. 中国植物志(第 38 卷)[M]. 北京:科学出版社,1986:1-89.
- [2] 张强英. 野生榆叶梅种质资源遗传多样性研究[D]. 北京:北京林业大学,2013.
- [3] LEWIS W H. A monograph of the genus *Rosa* in North America. I. *R. acicularis*[J]. *Brittonia*, 1959, (11): 1-24.
- [4] YU CH(于超), LUO L(罗乐), WANG Y H(王蕴红). Discussion and analysis of the karyotypes of *Rosa laxa* in Xinjiang[J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.* (西北植物学报), 2011, 31(12): 2459-2463(in Chinese).
- [5] 于君. 榆叶梅新品种 DUS 测试指南及已知品种数据库的研究[D]. 北京:北京林业大学,2008.
- [6] WANG N(王娜), LUO L(罗乐), ZHANG Q X(张启翔), et al. Survey on *Prunus triloba* variety resources and construction of database management information system for known varieties[J]. *Journal of Southern Agriculture* (南方农业学报), 2013, 44(5): 865-870(in Chinese).
- [7] ZHANG Q Y(张强英), ZHANG Q X(张启翔), CHENG T R(程堂仁). Study on phenotypic diversity of *Prunus triloba* wild populations[J]. *Journal of Central South University of Forestry & Technology* (中南林业科技大学学报), 2012, 32(5): 155-160(in Chinese).
- [8] ZHANG Q Y(张强英), ZHANG Q X(张启翔), CHENG T R(程堂仁). Genetic diversity of wild populations of *Prunus triloba* revealed by AFLP[J]. *Molecular Plant Breeding* (分子植物育种), 2012, 10(4): 452-456(in Chinese).
- [9] 陈俊愉. 中国花卉品种分类学[M]. 北京:中国林业出版社,2001:127-131.

- [10] SHANG Z Y(尚宗燕),SU G X. Chromosome numbers of six species in the genus *Amygdalus* from China[J]. *Journal of Wuhan Botanical Research* (武汉植物学研究),1985,3(4):363—366(in Chinese).
- [11] 陈瑞阳. 中国主要经济植物基因组染色体图谱(第3册)[M]. 北京:科学出版社,2003.
- [12] LI M X(李懋学),CHEN R Y(陈瑞阳). A suggestion on the standardization of karyotype analysis in plants[J]. *Journal of Wuhan Botanical Research* (武汉植物学研究),1985,3(4):297—302(in Chinese).
- [13] STEBBINS G L. Chromosomal evolution in higher plants[M]. London:Edward Aronld,1971:87—93.
- [14] ARANO H. Cytological studies in subfamily Carduoideae(Corapositae) of Japan IX[J]. *Bot. Mag.*,1963,76:32.
- [15] GUO X R. Karyotype analysis of some *Formosan gymnosperms*[J]. *Taiwania*,1972,17(1):66—80.
- [16] WANG W T(王伟涛),YANG W R(杨炜茹),CHEN J X(陈晶鑫),*et al.* Analysis of karyotypes of 10 *Prunus mume* cultivars and 3 related species[J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.* (西北植物学报),2013,33(11):2 203—2 208(in Chinese).
- [17] WANG R(王 然),WANG CH R(王成荣),PAN J SH(潘季淑),*et al.* Studies of karyotype on drupe species in Rosaceae[J]. *Journal of Laiyang Agricultural College* (莱阳农学院学报),1992,9(2):123—129(in Chinese).
- [18] LIN SH H(林盛华),FANG CH Q(方成泉),PU F SH(蒲富慎),*et al.* Chromosome numbers and karyotypes of *Prunus* in China[J]. *Advances in Horticulture* (园艺学进展),1994:76—85(in Chinese).
- [19] WEI W N(魏文娜),TANG Q R(唐前瑞). Studies on taxonomic relationships of peach, plum, Japanese apricot and Apricot[J]. *Journal of Hunan Agricultural University* (湖南农业大学学报),1996,22(3):256—260(in Chinese).

(编辑:宋亚珍)

《西北植物学报》2014 年刊载论文第一作者信息统计

《西北植物学报》2014 年第 1~12 期共发表论文 365 篇(含英文论文 7 篇)。从刊载论文第一作者信息统计看,具有博士和硕士学位(含在读博士)的共 164 人,占 44.9%,具有中级以上职称 120 人,占 32.9%,其中具有副高以上职称的 57 人,占 15.6%;从论文研究单位看,主要来源于大学(280 篇,占 76.7%)和研究所(80 篇,占 21.9%,其中中国科学院系统 19 篇,占 5.2%);从年龄方面看,第一作者中 30 岁以上的占 40.8%。由此可以看出,《西北植物学报》2014 年度刊发的论文作者具有厚实的学术研究底蕴,研究单位也具有可靠的条件支持,为保证研究论文的质量和水平以及创新性奠定了良好的基础。具体统计结果如下:

1. 第一作者学位状况

博士 73 人(其中博士后 1 人),占 20.0%;在读博士 42 人,占 11.5%;硕士 49 人,占 13.4%;在读硕士 186 人,占 51.0%。

2. 第一作者职称状况

正高 10 人,占 2.7%;副高 47 人,占 12.9%;中级 63 人,占 17.3%;具有副高以上职称的通信作者共 290 人。第一作者中在读博士和硕士研究生的导师(通信作者)承担着对论文选题、实验设计、实验条件(包括经费)保障、具体实验指导等一系列工作,并对论文负有全部解释的责任,所以这部分论文的实质性作者应为研究生导师——通信作者。

3. 第一作者单位分布状况

大学 280 人,占 76.7%;研究所 80 人,占 21.9%(其中中科院研究所 19 人,占 5.2%)。

4. 第一作者年龄结构

30 岁以下的 216 人,占 59.2%;30~40 岁的有 117,占 32.1%;40 岁以上的 32 人,占 8.8%。

5. 第一作者地区分布状况

西北地区 112 篇,占 30.7%;西南地区 72 篇,占 19.7%;华北、东北地区 78 篇,占 21.4%;华东、华中、华南地区 103 篇,占 28.2%。

(南红梅 供稿)