

疏花蔷薇与现代月季品种及其 杂交后代的染色体核型分析

王金耀¹, 于超¹, 罗乐¹, 王蕴红¹, 隋云吉², 郭润华², 潘会堂¹, 张启翔^{1*}

(1 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, 北京林业大学 园林学院, 北京 100083; 2 新疆应用职业技术学院, 新疆奎屯 833200)

摘要:以疏花蔷薇(*Rosa laxa*, $2n=2x=14$)和现代月季品种‘Kardinal’、‘Solidor’、‘Yuzen’($2n=4x=28$)为亲本进行杂交, 杂交组合疏花蔷薇×‘Kardinal’、疏花蔷薇×‘Solidor’、‘Yuzen’×疏花蔷薇分别获得 5 株、5 株和 6 株杂交后代。采用常规压片法, 对亲本及杂交后代的染色体数目和核型进行了分析。结果显示: 杂交后代中除疏花蔷薇×‘Kardinal’组合有 1 株为二倍体外, 其余 15 株均为三倍体; 疏花蔷薇的核型为 $12m+2sm$, 属 1A 型; 现代月季品种‘Kardinal’、‘Solidor’、‘Yuzen’的核型分别为 $28m, 28m, 24m(2SAT)+4sm$, 核型类型分别为 1A、1B、2B 型; 疏花蔷薇×‘Kardinal’组合的 F_1 代包括 1A、1B 和 2A 等 3 种核型; 疏花蔷薇×‘Solidor’组合的 F_1 代包括 1A 和 1B 等 2 种核型; ‘Yuzen’×疏花蔷薇组合的 F_1 代包括 1A、1B 和 2B 等 3 种核型。根据染色体数目和形态分析结果确定, 获得的三倍体后代为真杂种, 但对于二倍体后代的杂种真实性不能做出判断。

关键词:月季; 疏花蔷薇; 杂交; 倍性; 核型分析

中图分类号: Q343.2⁺2 **文献标志码:** A

Karyotype Analysis of *Rosa laxa*, Modern Rose and Their Interspecific Hybrids

WANG Jinyao¹, YU Chao¹, LUO Le¹, WANG Yunhong¹, SUI Yunji²,
GUO Runhua², PAN Huitang¹, ZHANG Qixiang^{1*}

(1 Beijing Key Laboratory of Ornamental Plants Germplasm Innovation and Molecular Breeding, National Engineering Research Center for Floriculture, College of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2 Xinjiang Career Technical College, Kuitun, Xinjiang 833200, China)

Abstract: In this study, hybridization was conducted between *Rosa laxa* ($2n=2x=14$) and *Rosa* cv. ‘Kardinal’, ‘Solidor’, ‘Yuzen’ ($2n=4x=28$), and five, five and six F_1 hybrids were obtained from cross combinations of *R. laxa* × ‘Kardinal’, *R. laxa* × ‘Solidor’ and *R. laxa* × ‘Yuzen’, respectively. The karyotypes of parents and their interspecific hybrids were analyzed using traditional squashing method. The results showed that 15 F_1 hybrids were triploid, except that one of the hybrids between *R. laxa* and ‘Kardinal’ was diploid. The karyotype formula of *R. laxa* was $12m+2sm$ belonging to 1A. Karyotype formulas of ‘Kardinal’, ‘Solidor’, ‘Yuzen’ were $28m, 28m, 24m(2SAT)+4sm$, respectively, of which belonged to 1A, 1B and 2B. Karyotype formulas of hybrids of *R. laxa* × ‘Kardinal’ included 1A, 1B and 2A. Karyotype formulas of hybrids of *R. laxa* × ‘Solidor’ included 1A and 1B. Karyotype formulas of hybrids of ‘Yuzen’ ×

收稿日期: 2013-09-18; 修改稿收到日期: 2014-02-20

基金项目: 十二五科技支撑计划(2012BAD01B07, 2013BAD01B07); 北京市共建项目专项

作者简介: 王金耀(1988—), 男, 在读硕士研究生, 主要从事园林植物资源与育种研究。E-mail: wangjinyao278@163.com

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

R. laxa included 1A, 1B and 2B. According to the karyotype characters, triploid F_1 hybrids were true progeny, however, the hybrid authenticity identification of diploid F_1 hybrids could not be confirmed.

Key words: rose; *Rosa laxa*; hybridization; ploidy level; karyotype analysis

现代月季是世界性重要的观赏植物之一,其品种丰富,但遗传背景狭窄,遗传资源利用不够充分;观赏价值高,但抗逆性较差^[1-3]。纵观国内外的育种现状,月季的育种热点已经从过去的单纯追求其观赏性状提高转变到注重其抗逆性状的综合性状改良,是月季育种上具有重要意义的转变^[4]。疏花蔷薇(*Rosa laxa*)是原产中国西北的野生蔷薇,马燕等^[5]、王蕴红等^[6]通过抗性试验,对其抗寒性、抗病性给予了高度评价。远缘杂交可整合亲本优良性状,是抗性育种的重要育种手段^[7]。而利用疏花蔷薇作为亲本育种,可以将其抗性种质遗传到子代中^[8],是月季抗性育种的有效途径,但其子代生长周期长,从播种到开花要经历 3~4 年。因此,早期对杂种真实性的了解显得尤为重要。

对杂种后代的鉴定方法包括形态学、细胞学、孢粉学、分子标记等手段。形态学鉴定操作简便、直观,但需要到子代开花后才能进行,耗时长,且易受到环境影响。孢粉形态学鉴定需要开花时才能进行,效率较低。分子标记鉴定,成本较高,技术难度较大不易掌握。而利用染色体分析鉴定杂交后代,取材方便、操作快捷,且成本低廉。利用核型分析对杂交子代的鉴定,此前已有报道^[9-10]。马燕等^[9]对报春刺玫(*R. primula*)×‘早霞’(‘Zaoxia’)、‘丹凤朝阳’(‘Danfengchaoyang’)×报春刺玫(*R. primula*)、‘秋水芙蓉’(‘Qiushuifurong’)×报春刺玫(*R. primula*)、‘伊丽莎白女王’(‘Queen Elizabeth’)×黄蔷薇(*R. hugonis*)等每个组合的一个子代进行了核型分析,与形态学相结合进行了杂种鉴定。罗乐^[10]利用核型分析对古老月季品种中的四倍体‘云蒸霞蔚’(‘Yunzhengxiawei’)和现代月季品种的四倍体‘太阳城’(‘Sun City’)的 35 株子代进行了鉴定,结果表明,后代为四倍体,确定其中 25 株是真杂种。而利用核型分析技术对野生蔷薇与现代月季的 F_1 代群体杂种真实性进行鉴定以及对子代的核型分析研究鲜见报道。

本研究从细胞学水平上分析了疏花蔷薇和现代月季品种‘Kardinal’、‘Solidor’、‘Yuzen’杂交后代的真实性,通过观察亲本及子代的染色体,分析其核型特征,明确其遗传特点,为培育月季新品种提供参考和依据。

1 材料和方法

1.1 材料

以疏花蔷薇(*Rosa laxa*)和现代月季品种‘Kardinal’、‘Solidor’、‘Yuzen’为亲本设计正交、反交杂交组合共 6 个(疏花蔷薇×‘Kardinal’、疏花蔷薇×‘Solidor’、疏花蔷薇×‘Yuzen’、‘Kardinal’×疏花蔷薇、‘Solidor’×疏花蔷薇、‘Yuzen’×疏花蔷薇),杂交后,得到杂交种子,经后熟、沙藏、播种、定植,然后扦插扩繁,得到 16 个 F_1 代株系(即供试材料),现保存于北京林业大学国家花卉工程技术研究中心小汤山花卉资源圃。

供试材料包括:疏花蔷薇,现代月季品种‘Kardinal’、‘Solidor’和‘Yuzen’,疏花蔷薇×‘Kardinal’杂种后代 5 株(编号分别为 A1、A2、A3、A4、A5),疏花蔷薇×‘Solidor’的杂种后代 5 株(编号分别为 B1、B2、B3、B4、B5),以及‘Yuzen’×疏花蔷薇的杂种后代 6 株(编号分别为 C1、C2、C3、C4、C5、C6)。

1.2 方法及数据处理

染色体制片采用常规压片法^[11-12]。上午 9:00~10:00 取生长旺盛的顶芽或侧芽,常规压片,镜检,用 Leica DFC500 显微镜拍照成像。

用 Karyo 3.1、Imag-Pro Plus 6.0、Photoshop CS3 等软件进行数据采集和图片处理。每一材料统计 30 个可准确计数染色体的细胞,以确定材料的染色体数。选取 5 个染色体形态清楚、分散良好的细胞进行核型分析。中期染色体分析依据李懋学等^[13]、陈瑞阳的标准^[14-15],核型分类参照 Stebbins 的分类标准^[16],核型不对称系数采用 Arano 的方法计算^[17],染色体相对长度系数参照 Guo 的标准^[18]。

2 结果与分析

2.1 亲本及 F_1 代染色体数目及形态

采用常规压片法对亲本及 F_1 代的顶芽或侧芽细胞进行制片、观察。结果显示:疏花蔷薇为二倍体,即 14 条染色体(图 1,a),而现代月季‘Kardinal’(图 1,b)、“Solidor”(图 1,c)、“Yuzen”(图 1,d)均为四倍体,即 28 条染色体。疏花蔷薇×‘Kardinal’组合的 F_1 代 A1、A2、A3、A4(图 1,e~h)为三倍体,即 21 条染色体,而 A5(图 1,i)为二倍体;疏花蔷薇×

‘Solidor’组合的 F_1 代 B1、B2、B3、B4、B5(图 1, j~n)和‘Yuzen’×疏花蔷薇组合的 F_1 代 C1、C2、C3、C4、C5、C6(图 1, o~t)均为三倍体。

3 个组合中,亲本均为 1 个二倍体和 1 个四倍体。如果父母本均为正常的减数分裂,则 F_1 代是三倍体;如果有无融合现象的存在,则疏花蔷薇×‘Kardinal’、疏花蔷薇×‘Solidor’组合的子代是二

倍体,‘Yuzen’×疏花蔷薇组合的子代是四倍体^[19];如果四倍体亲本中产生了单倍(n)配子,二倍体产生正常配子,则子代是二倍体;如果父母本中有 $2n$ 配子的产生,则子代是四倍体、五倍体或六倍体。本研究中, F_1 代中出现了三倍体和二倍体株系。依此判断,三倍体株系是真杂种,不能判断二倍体是否为真杂种。

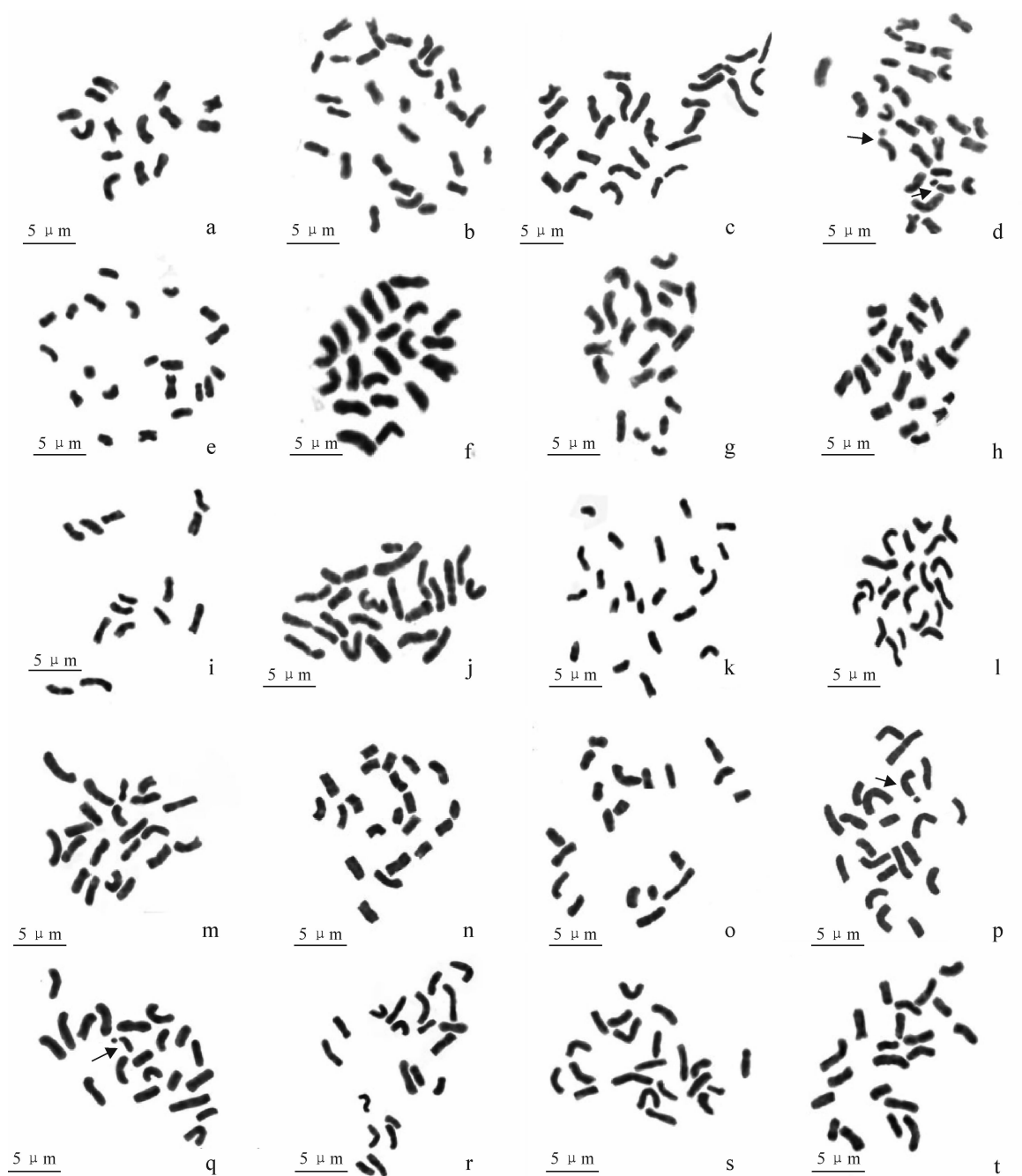


图 1 亲本及 F_1 代株系的中期染色体图

a. 疏花蔷薇; b. ‘Kardinal’; c. ‘Solidor’; d. ‘Yuzen’; e~i. A1~A5; j~n. B1~B5; o~t. C1~C6; 箭头示随体

Fig. 1 Metaphase chromosome of F_1 hybrids and their parents

a. *R. laxa*; b. ‘Kardinal’; c. ‘Solidor’; d. ‘Yuzen’; e~i. A1~A5; j~n. B1~B5; o~t. C1~C6; Arrowheads show the satellite

由图 2 可以看出,4 个亲本中,只有‘Yuzen’观察到了近端随体,分布在第 6 条和第 21 条染色体上的短臂上(图 2,d 箭头所示);‘Yuzen’×疏花蔷薇组合的子代中,只有在 C2、C3 中分别出现了一个随体,分别分布在第 6 条染色体短臂上(图 2,p 箭头所示)和第 21 条染色体短臂上(图 2,q 箭头所示)。

2.2 亲本及 F₁ 代染色体核型图及染色体核型参数

供试材料的染色体核型图见图 2,染色体参数

见表 1。亲本及 F₁ 代的染色体结构主要由中部(m)和近中部(sm)着丝粒染色体组成。从核型类型上比较,组合疏花蔷薇×‘Kardinal’中,疏花蔷薇的核型为 12m+2sm,核型类型为 1A,‘Kardinal’核型为 28m,核型类型为 1A,而 F₁ 代中出现了 1A、1B、2A 等 3 种核型。比较表 1 中疏花蔷薇和株系 A5 发现,这 2 个材料的各核型参数相近,结合倍性判断,确定株系 A5 不是目标组合的子代。疏花蔷薇

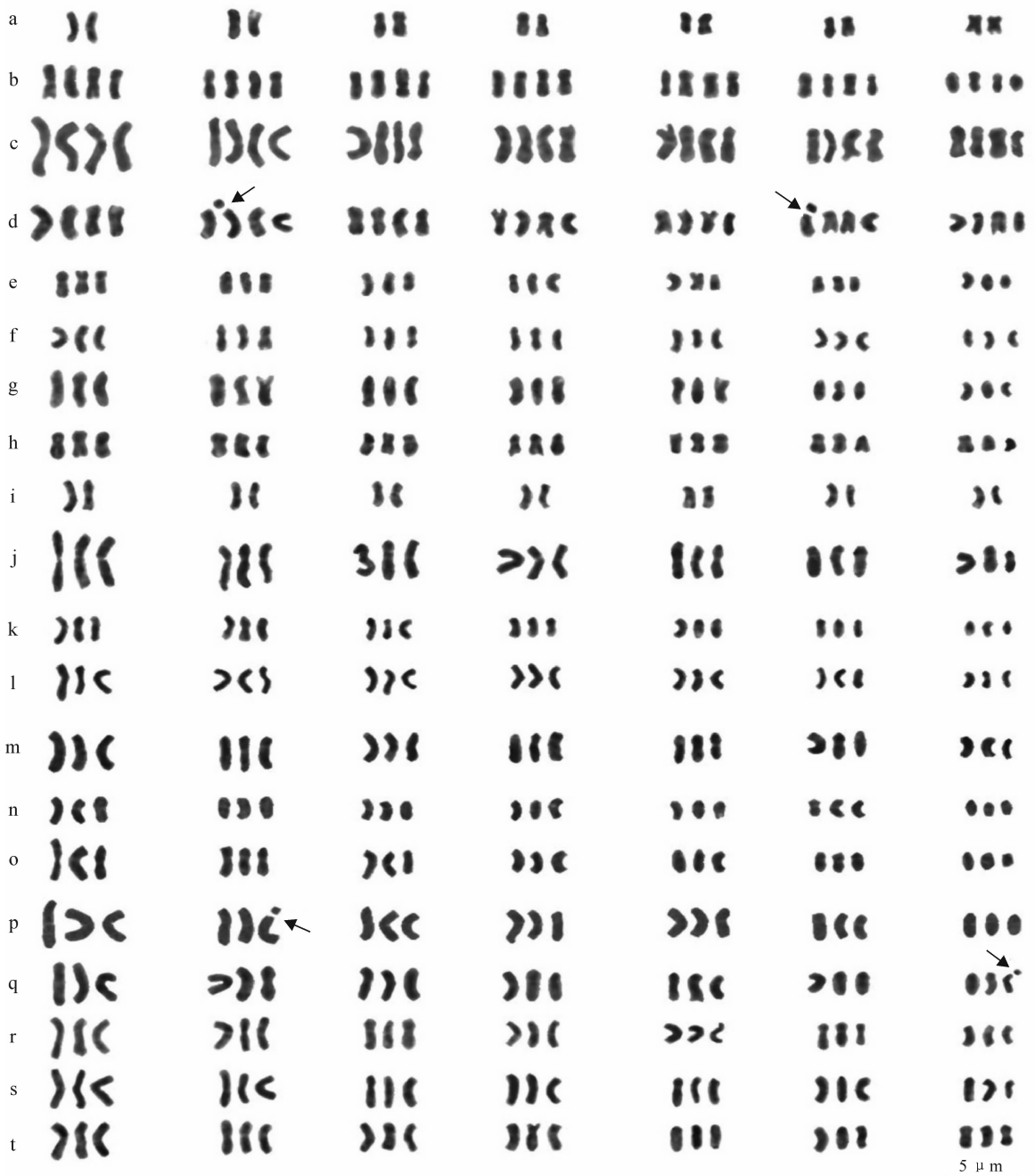


图 2 亲本及 F₁ 代染色体核型图

a. 疏花蔷薇;b. ‘Kardinal’;c. ‘Solidor’;d. ‘Yuzen’;e~i. A1~A5;j~n. B1~B5;o~t. C1~C6;箭头示随体

Fig. 2 Chromosome karyotypes of F₁ hybrids and their parents

a. *R. laxa*; b. ‘Kardinal’; c. ‘Solidor’; d. ‘Yuzen’; e~i. A1~A5; j~n. B1~B5; o~t. C1~C6; Arrowheads show the satellite

表 1 亲本及 F₁ 代染色体参数
Table 1 Parameters of chromosomes of F₁ hybrids and their parents

材料 Material	相对长度 Relative length /%	最长/最短 L/S	核不对称系数 Karyotype asymmetry index/%	臂比 Arm ratio	核型公式 Karyotype formula	核型 Karyo type	染色体长度构成 Constitution of relative length
疏花蔷薇 <i>R. laxa</i>	11.55~18.28	1.62	56.09	1.08~1.81	2n=2x=14=12m+2sm	1A	2L+4M ₂ +8M ₁
Kardinal	10.69~17.20	1.88	55.69	1.08~1.57	2n=4x=28=28m	1A	16M ₂ +8M ₁ +4S
Solidor	10.69~19.43	2.30	55.09	1.05~1.45	2n=4x=28=28m	1B	4L+8M ₂ +8M ₁ +4S
Yuzen	11.67~18.34	2.04	57.01	1.21~1.52	2n=4x=28=24m(2SAT)+4sm	2B	4L+8M ₂ +16M ₁
A1	10.95~18.31	1.80	57.99	1.21~2.00	2n=3x=21=18m+3sm	2A	3L+6M ₂ +12M ₁
A2	10.20~17.29	1.80	56.10	1.09~1.71	2n=3x=21=18m+3sm	1A	3L+9M ₂ +6M ₁ +3S
A3	9.33~19.06	2.48	53.71	1.01~1.43	2n=3x=21=21m	1B	3L+9M ₂ +6M ₁ +3S
A4	10.53~17.77	2.00	55.82	1.02~1.46	2n=3x=21=19m+2sm	1B	3L+9M ₂ +6M ₁ +3S
A5	11.21~18.18	1.76	56.03	1.09~1.91	2n=2x=14=12m+2sm	1A	2L+4M ₂ +8M ₁
B1	9.94~21.30	2.73	57.45	1.14~1.64	2n=3x=21=19m+2sm	1B	3L+6M ₂ +9M ₁ +3S
B2	10.33~18.07	2.00	56.11	1.10~1.53	2n=3x=21=20m+1sm	1B	3L+6M ₂ +9M ₁ +3S
B3	9.85~19.24	2.38	58.33	1.09~1.60	2n=3x=21=18m+3sm	1B	3L+9M ₂ +6M ₁ +3S
B4	9.86~19.11	2.15	55.89	1.10~1.65	2n=3x=21=21m	1B	3L+3M ₂ +12M ₁ +3S
B5	11.17~19.06	1.90	56.59	1.03~1.72	2n=3x=21=18m+3sm	1A	3L+6M ₂ +12M ₁
C1	9.78~21.37	2.85	57.40	1.19~1.55	2n=3x=21=20m+1sm	1B	3L+6M ₂ +9M ₁ +3S
C2	9.96~19.82	2.24	56.34	1.18~1.56	2n=3x=21=21m(1SAT)	1B	3L+6M ₂ +9M ₁ +3S
C3	9.78~18.66	2.42	57.45	1.19~2.08	2n=3x=21=17m+4sm(1SAT)	2B	3L+9M ₂ +6M ₁ +3S
C4	9.64~20.12	2.35	57.23	1.15~1.58	2n=3x=21=20m+1sm	1B	3L+6M ₂ +9M ₁ +3S
C5	10.36~19.1	2.15	56.62	1.12~1.69	2n=3x=21=18m+3sm	1B	3L+9M ₂ +6M ₁ +3S
C6	11.3~18.8	1.73	58.11	1.11~1.73	2n=3x=21=18m+3sm	1A	3L+6M ₂ +12M ₁

注:随体长度未计算在内。
Note: The length of satellites is not included in the chromosome length.

×‘Solidor’组合中,‘Solidor’的核型为 28m,核型类型为 1B,子代中出现了 1A、1B 等 2 种核型。组合‘Yuzen’×疏花蔷薇中,‘Yuzen’的核型为 24m (2SAT)+4sm,核型类型为 2B,子代中出现了 1A、1B、2B 等 3 种核型。

3 讨 论

现代月季品种‘Kardinal’、‘Solidor’、‘Yuzen’是目前市场上较流行的切花品种,其核型为首次报道,从染色体的分布来看,配对的染色体形态不尽相同,这可能与这 3 个品种由多亲本反复杂交得到有关^[20]。对疏花蔷薇的染色体数目和核型此前已有报道,马燕等^[21]研究认为本种染色体数目为 $2n=2x=14$,杨爽等^[22]报道该种染色体数目为 $2n=2x=28$,而于超等^[12]对 5 份疏花蔷薇材料进行了核型研究,认为疏花蔷薇包括二倍体和四倍体 2 种核型,分析认为不同倍性的出现与种质分布区域、生境有关系。本试验中疏花蔷薇的各参数与于超等观察的 2 号材料($2n=2x=14=12m+2sm$,核型为 1A)^[12]相似。

在染色体压片观察及测量过程中发现,与现代月季品种的染色体绝对长度相比,疏花蔷薇的值较小(由于绝对长度的值受到预处理条件和缩短程度影响^[13],所以本文并未给出)。观察染色体核型图,也可以发现现代月季染色体绝对长度比疏花蔷薇染色体绝对长度要长。Roberts 等^[23]利用流式细胞术检测了疏花蔷薇的 DNA 含量,得出其 1Cx-value 是 0.55 pg,而检测的 5 个现代月季品种的 1Cx-value 值范围是 0.59~0.63 pg。笔者利用流式细胞术检测了疏花蔷薇和‘Kardinal’、‘Solidor’、‘Yuzen’的 DNA 含量发现,与现代月季相比,疏花蔷薇的 1Cx-value 值较小,与 Roberts 报道结果一致。从《关于

植物核型分析的标准化问题》中可以知道^[13],染色体最长/最短比值的变化会引起核型分类中 A、B、C 的变化。本研究中杂交后代继承了染色体组较大的现代月季品种的染色体和染色体组较小的疏花蔷薇的染色体,引起了最长/最短值的变化,所以后代的核型发生了由 A 到 B 的变化。而臂比大于 2:1 的染色体百分比的变化,可能是由于父母本中臂比大于 2:1 的染色体遗传到了子代,也可能是由于异源小片段的插入或染色体倒位引起臂比值的变化^[24],从而导致子代核型分类中 1 和 2 的变化。

在核型分析时,随体的分布是研究的重要内容之一。组合‘Yuzen’×疏花蔷薇的子代 C2 中第 6 条染色体的随体可能来源于‘Yuzen’的第 6 条染色体;而 C3 中第 21 条染色体的随体是亲本所不具有的类型,这个随体的产生是由于染色体发生了交换和重组^[19],还是来源于‘Yuzen’,只是在‘Yuzen’由于有丝分裂受到环境影响、制片技术或后期处理误差等原因未被发现,这一问题还有待进一步研究。关于随体的不稳定性,Moore 等^[25]指出,一个种的核仁形成中心可能对另一个种是显性,所以,在杂种中,较弱染色体组可能不显示亲本中存在的随体。2 个杂种与亲本随体不一致,是由于变异,还是由于它们的亲本在形成过程中受核仁影响,导致随体显示不完全,值得深入讨论。

Van Huylenbroeck 等^[26]认为,三倍体月季能够产生单倍(n)和二倍(2n)雌性或雄性配子,三倍体产生的 2n 花粉比 n 花粉更具竞争优势。柴菲^[4]利用三倍体月季品种‘本盛顿’、‘阿姆斯特温’等作为育种亲本得到了杂种后代。因此本研究获得的三倍体 F₁ 代,可以作为下一步选择和培育抗寒抗病月季新品种的重要材料。

参考文献:

- [1] ANNE B, JUKIAN R S, SIMON J. Phylogenetic relationships in the genus *Rosa*: new evidence from chloroplast DNA sequences and an appraisal of current knowledge[J]. *Systematic Botany*, 2007, **32**(2): 366—378.
- [2] GREILHUBER J. “Self-tanning”—a new and important source of stoichiometric error in cytophotometric determination of nuclear DNA content in plants[J]. *Plant Systematics and Evolution*, 1988, 158: 87—96.
- [3] ROWLEY G D. Chromosome studies and evolution in *Rosa*[J]. *Bull. Nat. Plantentuin Belg.*, 1967, **37**(1): 45—52.
- [4] 柴 菲. 月季杂交育种技术初探及部分现代月季品种性状综合评价[D]. 北京: 中国农业大学, 2007.
- [5] MA Y(马 燕), CHEN J Y(陈俊愉). Studies on difference in cold hardiness of *Rosa* species[J]. *Acta Horticulturae Sinica* (园艺学报), 1991, **18**(4): 351—356 (in Chinese).

- [6] WANG Y H(王蕴红), WANG J Y(王金耀), ZHANG Q X(张启翔), *et al.* Assessing the resistance of several *Rosa* germplasms to powdery mildew(*Podosphaera pannosa*) [J]. *Journal of Northeast Forestry University* (东北林业大学学报), 2013, **41**(3): 107—110 (in Chinese).
- [7] GUDIN S. Rose breeding technologies [J]. *Acta Hort.*, 2001, 547: 23—26.
- [8] GUO R H(郭润华), SUI Y J(隋云吉), YANG F Y(杨逢玉), *et al.* A new cold-resistant Rose cultivar ‘Tianshan Xiangyun’ [J]. *Acta Horticulturae Sinica* (园艺学报), 2011, **38**(7): 1 417—1 418 (in Chinese).
- [9] MA Y(马燕), CHEN J Y(陈俊愉). Some observations of chromosomes during breeding new cultivars for establishing a rejuvenation rose group [J]. *Journal of Beijing Forestry University* (北京林业大学学报), 1991, **13**(1): 52—57 (in Chinese).
- [10] 罗乐. 西北三省及北京野生蔷薇属种质资源调查引种及月季抗白粉病育种研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2011.
- [11] 朱澈. 植物染色体及染色体技术 [M]. 北京: 科学出版社, 1982: 142—170.
- [12] YU CH(于超), LUO L(罗乐), WANG Y H(王蕴红), *et al.* 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): 2 459—2 463 (in Chinese).
- [13] 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).
- [14] 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.
- [15] 陈瑞阳. 中国主要经济植物基因组染色体图谱 (第 5 册) [M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [16] STEBBINS G L. Chromosomal evolution in higher plants [M]. London: Edward Arnold, 1971: 87—93.
- [17] ARANO H. Cytological studies in subfamily Carduoideae (Corapositae) of Japan IX [J]. *Bot. Mag.*, 1963, **76**(2): 32.
- [18] GUO X R. Karyotype analysis of some Formosan gymnosperms [J]. *Taiwania*, 1972, **17**(1): 66—80.
- [19] CHEN Q(陈琼), MU D(穆鼎), YI M F(义鸣放), *et al.* Identification and genetic expressions of lily hybrids obtained by different ploidy cross combinations [J]. *Acta Horticulturae Sinica* (园艺学报), 2007, **34**(6): 1 477—1 484 (in Chinese).
- [20] ROBERTS A V, DEBENER T, GUDIN S. Encyclopedia of rose science (volume three) [M]. London: Elsevier, 2003: 1 099—1 447.
- [21] MA Y(马燕), CHEN J Y(陈俊愉). Chromosome studies of 6 species of *Rosa* in China [J]. *Guihaia* (广西植物), 1992, **12**(4): 333—336 (in Chinese).
- [22] 杨爽. 弯刺蔷薇和疏花蔷薇种子萌发特性与核型研究 [D]. 昆明: 西南林学院, 2009.
- [23] ROBERTS A. V, GLADIS T, *et al.* DNA amounts of roses (*Rosa* L.) and their use in attributing ploidy levels [J]. *Plant Cell Rep.*, 2009, **28**: 61—71.
- [24] WANG J(王晶), XIANG F N(向凤宁), *et al.* Karyotype analysis of the F_5 somatic hybrids between triticum aestivum and *Elytrigia elongata* (Host) Nevski [J]. *Journal of Triticeae Crops* (麦类作物学报), 2003, **23**(1): 12—16 (in Chinese).
- [25] MOORE D M. 植物细胞遗传学 [M]. 莫慧英译. 北京: 科学出版社, 1982: 5—56.
- [26] VAN HUYLENBROECK J, LEUS L, VAN BOCKSTSELE E. Interploidy crosses in roses; use of triploids [J]. *Acta Horticulture*, 2005, **690**: 109—112.