

卫星搭载凤仙花种子诱发的变异及品种选育

汤泽生, 陈德灿, 杨 军, 彭正松, 赵家贵

西华师范大学生命科学学院, 四川南充 637002

[摘要] 研究了“神舟”4号搭载的凤仙花种子的细胞和形态学变异,在 SP_1 代发现小孢子母细胞减数分裂时出现染色体断片、染色体桥和落后染色体。在 SP_3 突变株小孢子中的染色体数目呈现大量的非减半变化,其染色体数目为1~28条不等。小孢子的形状和大小变化明显,且小孢子的大小与所含染色体的数目呈正相关。花粉的大小和育性与减数分裂的异常有某种联系。在四分孢子期的小孢子数目有多分孢子,即小孢子数除4个外,尚含有5~10个不等,个别的有三分孢子。在 SP_2 代发现子叶形态和数量的变化;真叶除披针形外,还有短圆形、长柳叶形;另外还发现顶花叶化和顶端叶呈蔷薇花状等。通过多代的选择,已选育出“西航”1号、“西航”2号凤仙花新品种。

[关键词] 凤仙花;空间诱变;染色体畸变;小孢子;形态变异;品种选育

[中图分类号] P145.8

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2007)01-0043-04

Aberance Analysis of Impatiens Balsamine Induced by Space Flight and the Cultivation of New Varieties

TANG Zesheng, CHEN Decan, YANG Jun, PENG Zhengsong, ZHAO Jiagui

College of Life Sciences, China West Normal University, Nanchong 637002, Sichuan Province, China

Abstract: The aberrances of cell and morphology of impatiens balsamine induced by space flight were investigated. Lagging chromosome, dispersal chromosome and chromosomal circle were found in the course of meiosis in SP_1 generation of some plants. The number of chromosomes in microspore varied from 1 to 28, and the shape and size of microspore varied greatly. The relationship between the size of microspore, the number of chromosomes and the pollen fertility was revealed. After meiosis, most pollen mother cells were developed into microspores tetrad, but with paraspores and trispores coming into being, meanwhile the number and morphology of cotylvariants was found varying in some plants. The long willow leaf-shaped and short round-shaped plants were also found. No.1 Xihang and No.2 Xihang were cultivated after three generations.

Key Words: impatiens balsamina; aberrance induced by space flight; chromosome mutation; microspore; morphology mutation; cultivation

CLC Number: P145.8

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2007)01-0043-04

凤仙花 (*impatiens balsamine*) 系凤仙花科凤仙花属,一年生草本,是我国传统的药用植物和观赏花卉^[1-5]。它容易种植,已达千余年。但是因传统的优良品种丢失、新花卉的引入、人们爱好的转移,致使原来受国人重视的花卉有逐渐被人们淡忘之忧,培育其新品种也显得十分必要。

空间诱变育种,是20世纪中叶发展起来的高新技

术,特别是通过卫星搭载植物种子,利用空间环境(如宇宙射线、粒子辐射、微重力、高速度等)对生物产生影响,引起生物的遗传物质发生变异,从而选择和培育新品种、新种质,已为世界上很多科学家所证实,并在小麦、番茄、水稻等多种作物中选育出新品种^[6-9]。本文介绍在凤仙花的核型^[10]、空间诱变的生物学效应和新品种选育方面^[11-19]的工作进展。

收稿日期: 2006-10-08

项目基金: 四川省重点学科建设项目(SZD0402),四川省应用基础研究项目(JY029-055-2)

作者简介: 汤泽生,男,西华师范大学生命科学学院,教授,主要研究方向为遗传与育种;E-mail: chendecan@yahoo.com.cn

1 材料与方法

1.1 材料

本实验材料为凤仙花。将种子分为两组,即实验组与对照组。

实验组:将凤仙花风干种子搭乘“神舟”4号飞船,于2002年12月30日0时40分起飞,2003年1月5日19时16分返回地面,绕地球运行105圈,历时6天18小时36分。

对照组:未经搭载的凤仙花种子。

1.2 种植

2003年5月10日在四川省南充市种植 SP_1 代,2003年秋季对收获的个别单株进行 SP_2 代种植。2004年和2005年分别对 SP_3 ~ SP_5 入选的单株的形态特征进行选择培育,对部分优秀的株系进行记录、观察,以达到优中选优的目的。

1.3 镜检

从 SP_1 代起,分别对不同单株的花蕾及不同发育阶段的花药以压片技术制片,用醋酸洋红或改良苯酚品红染色,用高倍显微镜进行细胞学观察和染色体计数。

2 结果

2.1 小孢子发育的细胞学

2.1.1 小孢子母细胞减数分裂的畸变

减数分裂是小孢子发育的必经过程,是植物有性生殖的重要环节,是研究外界因素对遗传变异影响的重要时期。凤仙花种子搭乘“神舟”4号后,小孢子母细胞在减数分裂过程中存在异常情况,如染色体环、染色体桥、落后染色体和分散染色体等,另外还发现微核、多核和多极分裂等现象^[11-13]。

2.1.2 小孢子母细胞减数分裂中染色体数目的非整倍性变化

在经过对20株 SP_1 代凤仙花单株小孢子母细胞减数分裂的观察中,发现了院₃突变株小孢子母细胞减数分裂后,小孢子内的染色体数目出现了显著的异常现象(图1)。在正常的凤仙花小孢子母细胞减数分裂后的小孢子内,其染色体数目为 $n=x=7$ ^[10]。但院₃突变株的小孢子内则出现了1~28条不等的染色体者^[12](表1)。

经统计发现:含正常的1个染色体组(即7条染色体)者仅占约40.96%,不足1个染色体组者占53.25%,超过1个染色体组者占7.79%。这说明院₃突变株小孢子母细胞在减数分裂时染色体分配不均,重组紊乱。小孢子内的染色体不能实现精确的减半分离是造成染色体数目不等的重要原因^[12]。

2.1.3 院₃突变株后代小孢子中染色体数目

对 SP_1 院₃突变株的种子单收单种,在 SP_2 、 SP_3 代开花期进行镜检,发现小孢子内的染色体数目除含有7条者外,还有不足1个染色体组的,如仅含有4、5、6条者;也有多余1个染色体组者,如8、9、10条者,但变化范围比 SP_1 代小得多^[13]。

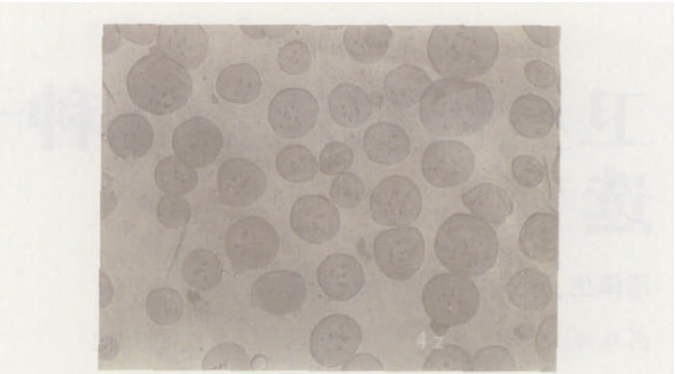


图1 SP_1 代院₃突变株小孢子染色体数目不均等

Fig. 1 Different numbers of chromosomes in SP_1 generation

表1 含不同数目染色体的小孢子频数

Table 1 Frequency of microspores with different chromosome numbers

染色体	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15
小孢子	22	49	49	46	94	233	394	58	11	2	3	1
百分率	2.3	5.1	5.1	4.8	9.8	24.2	40.96	6.0	1.1	0.2	0.3	0.1

院₃突变株 SP_1 、 SP_2 、 SP_3 代小孢子内的染色体数目变化说明,未经搭载的凤仙花小孢子内的染色体数目基本上为1个完整的染色体组, $n=x=7$;实验组 SP_1 代院₃突变株小孢子母细胞的减数分裂受到影响,故减数分裂后的小孢子内染色体数目发生了变化,除40.96%的小孢子含7条染色体(是否是1个染色体组尚不能肯定)外,近60%的小孢子内含不足1个染色体组或者多于1个染色体组,小孢子内的染色体数目变化大且分散,从仅含1条到含有20余条染色体不等^[12];院₃突变株凤仙花后代小孢子的染色体数目变化范围变窄,且向含1个染色体组数集中,故含7条染色体者一般都在60%以上^[13],而且可育小孢子数目增加,故院₃突变株后代的结果率不仅提高,而且每个果实内种子的粒数也增多。

2.1.4 多分孢子

小孢子母细胞减数分裂后的四分孢子期,一般形成4个小孢子。对照组凤仙花含4个小孢子者为99.13%,仅发现1个三分孢子和1个五分孢子,各占0.43%。经卫星搭载的凤仙花的四分孢子仅占47.48%,五分孢子及其以上者占50.45%,其中有的单株甚至含有10个小孢子。对多分孢子现象,可应用曲线估计法建立适当的回归模型 $y=e^{11.2368-1.0219x}$ 分析凤仙花多分孢子现象^[15]。

2.2 小孢子

凤仙花的小孢子(花粉)一般呈长方形或者椭圆形。实验组的小孢子,除呈长方形或椭圆形外,有的单株小孢子近于圆形,有的小孢子大小不等。最为明显的是:实验组有的单株小孢子发生联合,为联体小孢子。联体小孢子的连接程度有多有少,2个小孢子之间有的只是1根小管子相连接;有的是2根小管子相连;有的是一侧相联。联体小孢子的数目,有的是2个小孢子相连,有的是3个小孢子相连^[11-12]。

在 SP_1 代凤仙花单株的花药内,发现了一个四分孢子不分离的现象。即 4 个小孢子之间,由众多细小的微管紧密相连,4 个小孢子不分离(图 2),这是一种很特殊的不分离或连接现象,十分少见。

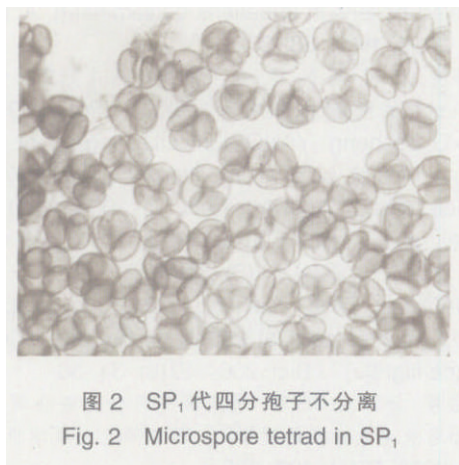


图 2 SP_1 代四分孢子不分离
Fig. 2 Microspore tetrad in SP_1

通过碘液和 TTC 对凤仙花小孢子的育性进行检测发现:经卫星搭载的 SP_1 代凤仙花单株的大、中型小孢子绝大多数是可育的,仅少数不育;而小型的小孢子,大部分或绝大部分不育,其中个别单株(如院₃突变株)的小孢子 80%以上不育, V_{7-1} 等单株的小孢子不育者也达 40%左右^[11-13]。而未经搭载的对照株凤仙花的小孢子 98%以上是可育的。

2.3 形态变异

2.3.1 子叶

凤仙花属双子叶植物,两片子叶大小均等,形状相似,相对而生。经空间诱变后的 SP_2 代凤仙花,在子叶期对子叶的数目和形状的统计结果是:对照组 261 株幼苗全部为 2 片子叶,相对而生,大小相等。而在经卫星搭载后(即实验组)的 5 192 株 SP_2 代幼苗中绝大多数为 2 片子叶,但发现 1 片子叶者 3 株,约占 0.058%;3 片子叶者 6 株,约占 0.116%;4 片子叶者 2 株,约占 0.039%。在子叶的形状和着生状态上,出现肥大型子叶 12 株,约占 0.231%;联生子叶 17 株,约占 0.327%;杯状子叶 5 株,约占 0.096%;1 大 1 小型子叶 19 株,约占 0.366%^[17]。

在 SP_3 代凤仙花,仍然出现子叶数目和形态的变化,其中 3 片子叶者占 0.26%,联生子叶者占 0.09%,杯状子叶者占 0.26%^[17],在 SP_4 代凤仙花的不同株系内也发现有不同程度的子叶变异,而在对照组中仍未发现子叶发生变异。在 3 片子叶的植株上第一、二轮真叶着生处,一般多是 3 片真叶呈一轮着生状,然后从第三轮起的叶片又呈互生。在杯状型子叶中,一般茎的生长是从杯底的中央长出,但个别杯状子叶茎的生长,则是从侧面长出,将杯状型子叶推向一侧。

2.3.2 真叶

凤仙花叶形为披针形。在 SP_2 代的群体中发现有的叶片为近卵圆形、狭披针形、长椭圆形等。在 I_{1-2} 株系内发现叶形狭长突变,其叶长为 8.97 cm,叶宽 0.98 cm,长

宽比为 9.15,达到线形叶的比例。而且该突变株分枝多、叶间距特短、叶片数量增多,多达 436 片^[14-17]。叶缘齿数也增多,达 24 对,但该株小孢子母细胞减数分裂不正常,不能形成正常的小孢子,故只开花、不结实,经组织培养获得组培苗,也是不育的。

I_{7-17} 株系的 SP_2 代中,发现了一个叶形嵌合的突变体,它的主茎叶子细长,而唯一一个分枝上的叶又恢复正常;但经检查,该株两个枝上所开的花,小孢子母细胞的减数分裂也不正常,不能形成正常的可育花粉,也是不育的。

2.3.3 花瓣

在院₃和院₁的 SP_2 代,出现了顶花的花瓣叶化现象,即在原来主茎顶端开花的部位,花瓣呈叶片状,内含叶绿素,形似叶片,其内没有雌雄蕊。在院₃个别植株叶化未完全的叶状顶花,尚有带色的个别花瓣^[17]。

在 SP_1 代主茎和分枝的尖端为正常枝的凤仙花,在 SP_2 代中,其茎和枝的顶端发育为叶状的花,其叶片似花瓣,但颜色为绿色^[17]。

2.4 品种选育

经过 4 代的选育,我们从卫星搭载的凤仙花后代中选出了 2 个稳定的有观赏价值的新品种^[19]。

2.4.1 “西航”1 号凤仙花

“西航”1 号凤仙花为爆裂型,植株 50~85 cm,茎为浅绿色、肉质。叶为披针形、互生,叶缘有锯齿。主茎或部分分枝顶端,常具一大型重瓣性强的、类似蔷薇状的花,其花瓣通常为 26~60 片不等。叶腋处的花,每节 1~3 朵,为粉红色,常伴以红色小点。有的花瓣具有大小不等的红色斑块,其红色斑块或为 1 个小点,或为 1 个花瓣,或为 1 朵花,或为 1 个分枝上所有的花朵。花公式为 $K_{1-3}C_{5-13}A_5G_0$ 。果为蒴果,果皮厚且腺毛稀少,果实成熟时不易爆裂,上面常附以自然干枯的花冠。果实有大小果之分,大果内的种子常有 6~18 粒,大小不一,差别十分显著。小果内的种子少,仅 1~3 粒,或无。株型为半球形或近球形,可塑性强,较抗病,可作为园林观赏花卉,宜盆栽和花坛种植。

2.4.2 “西航”2 号凤仙花

“西航”2 号凤仙花是从“西航”1 号中分离和选择培育出的,花为红色的凤仙花。主茎基部为红色,花公式为 $K_{1-3}C_{5-15}A_5G_1$,个别花瓣可多达 20 瓣。株型与“西航”1 号相似,也是一种很好的观赏花卉。

“西航”1 号、“西航”2 号凤仙花的花期较长,通常可达 3 个月,且正值 6~8 月高温少花季节开花。两个品种既可盆栽,又可在花园绿地中成片栽植,效果很好,是一种可作为花期调节的园林观赏花卉。

3 结论

凤仙花种子经“神舟”4 号搭载后,能够使搭载后第一代的部分植株小孢子母细胞减数分裂时出现染色体畸变,如染色体环、染色体桥、落后染色体、分散染色体等,继而产生微核、多核和多极分裂,形成多分孢子,是造成部分小孢子不育的细胞学原因。尤其是个别突变株

(如院₃)小孢子内染色体数目呈现出非减半的不均等分配方式,更是小孢子败育的重要原因。空间诱变能使某些个体的遗传物质发生突变,产生新性状,因此,可以从空间诱变的后代中,应用科学的检测方法,发现真实的能遗传的变异,以选育新品种和新种质。这已经从过去有些空间诱变育种工作者在番茄、小麦等作物中选育的一些新品种^[5-9]中得到证实。笔者在凤仙花中培育的“西航”1号,“西航”2号^[19]又是一个例证。

致谢 参加本工作的还有赵燕、袁海云、王祖秀、陈蜀、王娟、周舜和刘平等同志,在此一并致谢。

参考文献 (References)

- [1] 陈俊愉. 中国花卉品种分类学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.
CHEN Junyu. The flower taxonomy in China [M]. Beijing: China Forestry Press, 2001.
- [2] 孙可群, 张应麟, 尤雅宣, 等. 花卉及观赏树木栽培手册[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985.
SUN Kequn, ZHANG Yinglin, YOU Yaxuan, et al. Cultivation manual of flower and decorative tree[M]. Beijing: China Forestry Press, 1985.
- [3] 园林系花卉教研室. 花卉学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1991.
Teaching research group. Science of flower [M]. Beijing: China Forestry Press, 1991.
- [4] 闻子良, 闻莹堂. 花卉栽培与药用[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1988.
WEN Ziliang, WEN Yingtang. Cultivation and medical application of flower [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1988.
- [5] 鲁涤非. 花卉学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
Lu Difei. Science of flower [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1998.
- [6] 朱昌兰, 胡岳, 陈莹峰. 作物空间诱变育种研究进展 [J]. 江西农业大学学报, 1999, 21(3): 435- 437.
(ZHU Changlan, HU Yue, CHEN Yingfeng. The progress on crop breeding by space mutagenesis [J]. Acta Agr Univ Jiangxiensis, 1999, 21(3): 435- 437.
- [7] 贾建航, 王斌. 空间诱变育种研究进展 [J]. 干旱地区农业研究, 1996, 17(3): 187- 192.
(JIA Jianhang, WANG Bin. Progress in space mutagenesis breeding[J]. Acta Agr Nuc Sin, 1999, 13(3): 187- 192.
- [8] 刘录祥, 王晶, 赵林姝, 等. 作物空间诱变效应及其地面模拟研究进展[J]. 核农学报, 2004, 18(4): 247- 251
(LIU Luxiang, WANG Jing, ZHAO Linshu, et al. Research progress in mutational effects of aerospace on crop and environment factors [J]. Acta Agr Nuc Sin, 2004, 18(4): 247- 251.
- [9] 温贤芳, 张龙, 戴维序, 等. 天地结合开展我国空间诱变育种研究[J]. 核农学报, 2004, 18(4): 289- 293.
WEN Xianfang, ZHANG Long, DAI Weixu, et al. Study of space mutation breeding in China [J]. Acta Agr Nuc Sin, 2004, 18(4): 289- 293.
- [10] 漆青原, 许翕. 凤仙花染色体核型 [J]. 江西林业科技, 1993, 4(1): 31- 32.
QI Qingyuan, XU Xi. Cerotype of balsamine [J]. Jiangxi For Sci Tech, 1993, 4(1): 31- 32.
- [11] 汤泽生, 杨军, 刘平, 等. 卫星搭载对凤仙花减数分裂和小孢子的影响[J]. 核农学报, 2005, 19(1): 33- 36.
TANG Zesheng, YANG Jun, LIU Ping, et al. Effect of space flight on meiosis of pollen mother cells and its derived pollens in Impatiens balsamine[J]. Acta Agr Nuc Sin, 2005, 19(1): 33- 36.
- [12] 汤泽生, 杨军, 刘平, 等. 航天诱变凤仙花突变株性状及减数分裂过程的研究[J]. 核农学报, 2004, 18(4): 289- 293.
TANG Zesheng, YANG Jun, LIU Ping, et al. Meiosis in pollen mother cells of Impatiens balsamine induced by space flight[J]. Acta Agr Nuc Sin, 2004, 18(4): 289- 293.
- [13] 赵燕, 汤泽生, 杨军, 等. 航天诱变凤仙花减数分裂的研究[J]. 物学杂志, 2004, 21(6): 34- 36.
(ZHAO Yan, TANG Zesheng, YANG Jun, et al. Meiosis in pollen mother cells of Impatiens balsamine induced by space flight[J]. J Biol, 2004, 21(6): 34- 36.
- [14] 王祖秀, 汤泽生, 杨军. 航天诱变凤仙花嵌合突变株 (SP2) 的形态及减数分裂的观察[J]. 西华师范大学学报 (自然科学版), 2004, 25(4): 422- 425.
WANG Zuxiu, TANG Zesheng, YANG Jun. Observation of morphological characters and meiosis on chimera mutant (SP2) induced by space flight in Impatiens balsamine[J]. J China West Nor Univ, 2004, 25(4): 422- 425.
- [15] 李海涛, 汤泽生, 彭正松, 等. 航天诱变凤仙花 SP1 代多分孢子现象的回归分析[J]. 西北农林科技大学学报, 2005, 33(3): 79- 80.
LI Haitao, TANG Zesheng, PENG Zhensong, et al. Regression analysis on microspores in the Impatiens balsamine [J]. J Northwest Sci- Tech Univ Agr, 2005, 33(3): 79- 80.
- [16] 汤泽生, 杨军, 刘平, 等. 航天诱变凤仙花 SP1 代花, 果实和种子的研究[J]. 西华师范大学学报 (自然科学版), 2005, 26(1): 47- 51.
TANG Zesheng, YANG Jun, LIU Ping, et al. Variation of flower, fruit and seed in Impatiens balsamine plants induced by space flight[J]. J China West Nor Univ, 2005, 26(1): 47- 51.
- [17] 汤泽生, 陈德灿, 杨军, 等. 航天诱变凤仙花 SP2 代形态变异的研究[J]. 激光生物学报, 2006, 15(1): 31- 34.
TANG Zesheng, CHEN Decan, YANG Jun, et al. Morphological variation in SP2 Impatiens balsamine induced by space flight[J]. Acta Laser Biol Sin, 2006, 15(1): 31- 34.
- [18] 汤泽生, 陈德灿, 杨军, 等. 航天诱变凤仙花院 3 突变株后代小孢子变化的研究 [J]. 西华师范大学学报 (自然科学版), 2005, 26(4): 358- 363.
TANG Zesheng, CHEN Decan, YANG Jun, et al. Variation of microspores in the descendants of Impatiens balsamine mutant plant Yuan 3 induced by space flight [J]. J China West Nor Univ, 2005, 26(4): 358- 363.
- [19] 汤泽生, 杨军, 陈德灿, 等. 姹紫嫣红的西航 1 号、西航号 2 号凤仙花[J]. 园林工程, 2006, 2: 21.
TANG Zesheng, YANG Jun, CHEN Decan, et al. Screening of two new Impatiens balsamine varieties Xihang No. 1 and Xihang No.2[J]. Landscape Eng, 2006, 2: 21.

(责任编辑 代丽)