

# 航天诱导凤仙花 SP<sub>3</sub> 代子叶变化的研究

陈德灿<sup>a</sup>, 汤泽生<sup>a\*</sup>, 杨 军<sup>a,b</sup>

(西华师范大学, a. 生命科学学院; b. 珍稀动植物研究所, 四川南充 637002)

**摘要:** “神舟 4 号”搭载的凤仙花 (*Impatiens balsamina*) 种子经种植后获得 SP<sub>3</sub> 种子, 发现 SP<sub>3</sub> 代子叶发生变异现象, 在苗期的子叶数目和形态呈多种变化。除绝大多数为正常的 2 片大小相等的子叶外, 还出现了少数三子叶、漏斗状子叶 (杯状子叶) 和联生子叶。在子叶的大小上, 有的 2 片子叶大小基本相似, 有的则差异明显。在子叶变异的植株中, 有的植株叶片大小、花的形态和育性发生了变化, 没有结果, 不能通过有性繁殖后代。子叶的变异是遗传原因还是生理影响尚需进一步研究。

**关键词:** 凤仙花科; 凤仙花; 航天诱变; 子叶变异

**中图分类号:** Q944.56

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3395(2006)03-0202-05

## Changes in Cotyledons of *Impatiens balsamina* in Third Generation (SP<sub>3</sub>) Induced by Space Flight

CHEN De-can<sup>a</sup>, TANG Ze-sheng<sup>a\*</sup>, YANG Jun<sup>a,b</sup>

(China West Normal University, a. College of Life Sciences; b. Institute of Rare Animals and Plants, Nanchong 637002, China)

**Abstract:** The seeds of *Impatiens balsamina* L. (Balsaminaceae) were carried by spacecraft Shenzhou 4 on December 30, 2004 which flew for 6 days and 19 hours. The changes in cotyledons were observed in the third generation of the plants. The experiments showed that there were differences in number, size and shape of cotyledons. Four types of cotyledons were found: dicotyledons, tricotyledons, syncotyledons and funnel-shaped cotyledons. The growth period, flowering and fertility were also observed. Whether the variations in cotyledons are caused by physiological or genetic factors must await more research.

**Key words:** Balsaminaceae; *Impatiens balsamina*; Space flight; Cotyledonous mutations

航天诱变是人们利用太空中的高能粒子辐射、微重力、超真空、交变磁场及一些未知因素对生物产生综合的影响, 引起生物的某些生理和遗传物质 (DNA) 发生改变, 从而使生物的性状产生变异, 并通过选育有利变异来培育新品种, 从而为人类的生活和生产服务。现已证实, 航天诱变是农作物、花卉、果蔬和微生物选育新品种的一种有效的手段和技术<sup>[1-4]</sup>。

凤仙花 (*Impatiens balsamina*), 又名指甲花、金

凤花, 系凤仙花科凤仙花属植物, 在我国具有悠久的栽培历史, 也是我国传统的药用植物和观赏花卉<sup>[5]</sup>, 一直受到人们的重视。为了改良和培育凤仙花新品种, 我们利用卫星搭载凤仙花种子, 探讨空间环境对凤仙花的影响, 以期培育新品种。汤泽生等<sup>[6-7]</sup>利用“神舟 4 号”搭载凤仙花种子, 发现 SP<sub>1</sub> (space parent, 简称 SP) 代的凤仙花小孢子母细胞在减数分裂时有染色体的畸变和多分孢子发生。李海涛等<sup>[8]</sup>对多分孢子现象做了回归分析。汤泽生等<sup>[9-10]</sup>

收稿日期: 2005-10-24 接受日期: 2006-03-02

基金项目: 四川省科技厅应用基础项目 (JY029-055-2); 四川省重点学科建设项目 (SZD0420) 资助

\* 通讯作者 Corresponding author

发现个别突变株的小孢子母细胞在减数分裂后的小孢子中出现了大量的、非减半的染色体数目不均等的现象,并对“院3”突变株小孢子内的染色体数目在 SP<sub>2</sub>、SP<sub>3</sub> 代中的变化做追踪分析。同时还对凤仙花的 SP<sub>1</sub> 代的花、果实和种子的情况进行单株比较分析<sup>[1]</sup>,也获得了一些有益的结果。

子叶是植物有性繁殖中分化较早、比较固定的性状,是植物系统分类的依据之一。在一般条件下,子叶的数目及其形态是不易发生改变的。目前国内对外对植物子叶变异进行的报道<sup>[12-14]</sup>较少,且都是自然界中发现或由 X 射线诱导产生的,空间诱导也主要集中在作物的优质、高产及抗病育种等方面,对子叶变异尚未见报道。本文对航天诱变凤仙花后代子叶变异进行了初步的观察,为探索空间环境对植物子叶的形态、生理和遗传变异积累资料,为利用太空环境选育新品种提供科学根据。

## 1 材料和方法

将凤仙花种子(来源于四川南充航天育种中心)试种两年,将表现稳定的植株选择性收种,将选

择后的凤仙花 (*Impatiens balsamina* L.) 种子分为对照组和实验组。实验组凤仙花种子于 2004 年 12 月 30 日搭乘“神舟 4 号”飞船,绕地球运行 105 圈,历时 6 d 19 h 1 min。将搭载后的种子进行种植,对 SP<sub>2</sub> 代凤仙花植株经单株选择,按株系播种,得 SP<sub>3</sub> 代。对 SP<sub>3</sub> 代所有株系子叶期的子叶进行观察,记录,并选择变异株进行照相。

## 2 结果

我们对凤仙花 SP<sub>3</sub> 代的 15 个单株后代,对幼苗子叶期的子叶数目进行了统计,第 1-14 株系为实验组,第 15 株系为对照组。从表 1 可以看出:第 1、4、6 和 10 株系子叶的变异数目比较大,达 2%,而且在 1 和 10 株系中 4 种类型的子叶都有发现,变异类型最多,而且子叶的数目和连接形式的变化范围幅度广。对照组观察了 561 株幼苗,没有发现子叶的变异(图版 1:1)。

### 2.1 三子叶

三子叶的凤仙花苗,按子叶大小不同,我们将

表 1 航天诱变凤仙花 SP<sub>3</sub> 代子叶数目统计

Table 1 Number of cotyledons in third generation (SP<sub>3</sub>) of *I. balsamina* induced by space flight

序号 Series	总株数 Total ind.	2片子叶 Dicotyledons		联生子叶 Syncotyledons		3片子叶 Tricotyledons		漏斗状子叶 Funnel-shape cotyledons	
		株数 Ind.	%	株数 Ind.	%	株数 Ind.	%	株数 Ind.	%
1	261	256	98.08	1	0.38	2	0.67	2	0.67
2	233	233	100						
3	256	255	99.61					1	0.39
4	88	86	97.73			1	1.14	1	1.14
5	118	117	99.15					1	0.85
6	142	139	97.89					3	2.11
7	390	390	100						
8	261	261	100						
9	128	128	100						
10	185	181	97.84	2	1.08	1	0.54	1	0.54
11	151	150	99.34			1	0.66		
12	406	403	99.26			3	0.74		
13	189	189	100						
14	103	102	99.03			1	0.97		
15 (Control)	561	561	100						

Ind.= individual.

其分为以下 3 种类型。

(1) 3 片子叶等大, 呈  $120^\circ$  均匀分布, 且第一轮至第三轮真叶均为 3 片 (图版 I: 2)。第一轮真叶 3 片, 同时长出, 大小均等, 呈  $120^\circ$  嵌于 3 子叶之间, 以后第二轮、第三轮真叶也是 3 片, 均匀交替地镶嵌于周围 (图版 I: 3)。随着叶片的增多, 生长的叶片呈互生型 (图版 I: 4)。植株叶片极其丰富, 没有分枝, 株型不高, 到最后倒苗时只有 25 cm 高 (对照组可超过 50 cm)。植株生长周期不长, 只有两个月左右, 倒苗时未见开花。

(2) 3 片子叶等大, 呈  $120^\circ$  均匀分布, 但第一轮及第二轮 2 片真叶为对生, 前两轮的 4 片真叶分布于四角 (图版 I: 5-7)。植株的生长正常, 与对照组植株没有明显区别, 能正常开花结果, 种子饱满。此类型植株占三子叶植株类型总数的 2/3 左右。

(3) 子叶一大两小, 子叶不规则分布于周围 (图版 I: 8), 其中 1 片子叶非常大, 是另外两片小型子叶的两倍以上。两片小子叶靠得较近, 3 片子叶外形都不同。植株的第一片真叶较大, 不规则, 大约 4 d 之后观察到第二片真叶, 大部分真叶均存在不同程度的变异 (图版 I: 9-11)。部分真叶边缘有缺刻, 但不与主叶脉处形成两侧对称。此植株分支多, 株型不高, 但是展开度较宽, 花为粉红色花, 花瓣较小, 不像对照组的 5 个花瓣呈两侧对称, 此植株有 3、4、5、6 个不等花瓣, 呈不规则分布。全株所开的花均不育, 不能形成种子。但此植株从种子萌发到最后调亡的整个生命周期长, 从三月初到九月初, 几乎是对照株的两倍。

## 2.2 漏斗状子叶 (杯状子叶)

漏斗状子叶, 即子叶两相邻的叶缘相互连接所形成, 子叶呈漏斗状 (图版 I: 12), 或称杯状子叶。一般凤仙花的真叶 (含顶芽) 应该从子叶之间长出, 而漏斗状子叶则由杯状子叶中心的杯底伸出, 第一轮真叶两片对生 (图版 I: 15)。但个别杯状子叶植株的顶芽生长特殊, 茎的顶芽及其芽上的真叶由杯底侧面发出, 随着茎的向上直立生长, 故子叶的杯口由原来向上逐渐转向一侧 (图版 I: 13)。以后茎的生长与对照组无明显差异, 开花正常 (图版 I: 14), 能受精结实, 种子也饱满。

## 2.3 联生子叶

联生子叶, 即由两子叶相邻的一侧叶缘连在一

起而形成的。联生子叶有的相连的多, 有的相连的较少, 本次观察的联生子叶, 只有边缘 1/3 处有裂口痕迹。此植株伸出的第 1、2 片真叶正常, 两片对生, 其中一片正对裂口处 (图版 I: 16), 以后植株的生长、叶片的形状等与对照无明显区别, 也能正常开花结果。

## 3 讨论

子叶的形态及数目是植物系统分类的一个重要指标。生物学工作者发现在自然情况下可发生子叶变异, 但频率较低<sup>[13-14]</sup>。子叶变异也可以用人工方法诱导, 如外源激素、诱变剂、生长环境及营养状况等多种因素都可以诱导子叶突变体的产生<sup>[15]</sup>。在莎巴珍珠葡萄胚珠发育的球状体阶段, 用 2,4-D 处理可诱导出三子叶<sup>[16]</sup>; 用 X- 射线诱导数种植物形成了多子叶, 并且 X- 射线诱导效果与处理时的温度有关<sup>[12]</sup>。用人工方法诱导产生的各种突变体频率高<sup>[16]</sup>。利用烟草花药中的花粉在培养过程中也能产生 3-5 个不等的子叶和喇叭状或者漏斗状子叶<sup>[17]</sup>。从我们对凤仙花的研究看, 经航天诱变后的 SP<sub>2</sub> 代和 SP<sub>3</sub> 代植株子叶的数目和形状能发生改变, 其变化频率明显提高, 个别株系尤为明显。

关于三子叶现象已有一些报道, Kandy<sup>[18]</sup>在 *Peltophorum ferrugineum* 中发现三子叶突变体, 与二子叶幼苗相比, 除了子叶数目不同外, 幼苗干重、高度和含水量等均无差异。据 Pushpkar 和 Babeley<sup>[12]</sup>报道, 在 *Emblia officinalis* 幼苗的生长初期, 三子叶突变体与二子叶之间没有明显差异, 但是 40 d 后, 三子叶幼苗植株的叶片总面积和茎的直径均小于二子叶幼苗植株。张应华<sup>[13]</sup>发现茄 (*Solanum melongena*) 及红茄 (*S. aethiopicum*) 中存在三子叶现象, 与正常子叶在生长势、植物学特征、离体器官形成及开花结果等习性方面无明显差异, 且通过实验发现三子叶不具有遗传稳定性。我们在航天诱变处理的凤仙花 SP<sub>3</sub> 代中, 得到 3 种不同类型的三子叶突变体, 其中图版 I: 8-11 这株突变体 (只有一株) 整体性状变异大, 而另外两种类型植株除了子叶三片以外, 其它特征与对照组没有明显差异。推测这种差异是与种子在搭载过程中, 所受到影响的随机性, 以及搭载使其后代的某些生理特性发生变化所致, 一般是不具遗传性的一种变异。

本实验中杯状子叶内缘杯底开始均是封闭的,

但发现有一株茎的生长点和真叶抽出的部位比较特殊,不是从杯状子叶杯内底部直接长出,而是从杯状子叶基部的外侧长出。关于杯状子叶形成的一种假说<sup>[9]</sup>认为:杯状子叶是在胚体早期锥体的侧面发育了一个圆形生长区,它继续生长而不分裂所形成。杯状子叶仅在茄科烟草的花粉组织培养中发生过<sup>[13]</sup>,而我们在航天诱变的凤仙花后代中发现,扩大了杯状子叶(漏斗状子叶)发生的多种可能性。我们认为,若杯状子叶圆形生长区的一侧发生撕裂,则可能形成联生子叶;若有两处撕裂,则形成两片叶子;若有三处撕裂则形成三子叶。Kandya<sup>[18]</sup>认为,三子叶的形成有以下几种可能原因:a. 在种皮形成时期,相连两个胚的部分融合;b. 单个胚在形态形成过程中的不完全分开;c. 诱变或染色体异常。通常裸子植物多子叶现象比较普遍,而被子植物在自然情况下三子叶现象是比较罕见的。本文报道的卫星搭载诱发凤仙花子叶突变现象,是否是遗传原因所致,还是生理影响而成,尚需要进一步的研究。这为从多方面探索空间环境对搭载生物的影响,为人类进一步开发太空环境,以便为人类的永续发展服务。

### 参考文献

- [1] Wen X F(温贤芳), Zhang L(张龙), Dai W X(戴维序), et al. Study of space mutation breeding in China [J]. Acta Agri Nucl Sin(核农学报), 2004, 18(4):241-246.(in Chinese)
- [2] Helslead T W. The NASA Space Biology [M]. Houston: Publication of NASA Space Program, 1980. 1980-1984.
- [3] Maluszynski M K, Nichterlein L. Officially released mutant varieties - the FAO/IAEA database [J]. Mutat Breed Rev, 2000, 12:1-12.
- [4] Liu L X(刘录祥), Wang J(王晶), Zhao L S(赵林姝), et al. Research progress in mutational effects of aerospace on crop and ground simulation on aerospace environment factors [J]. Acta Agri Nucl Sin(核农学报), 2004, 18(4):247-251.(in Chinese)
- [5] 鲁涤非. 花卉学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998. 236-237.
- [6] Tang Z S(汤泽生), Yang J(杨军), Zhao Y(赵燕), et al. Traits and meiosis in mutant of *Impatiens balsamina* induced by space treatment [J]. Acta Agri Nucl Sin(核农学报), 2004, 18(4):289-293.(in Chinese)
- [7] Zhao Y(赵燕), Tang Z S(汤泽生), Yang J(杨军), et al. Meiosis in pollen mother cells of *Impatiens balsamina* induced by space flight [J]. J Biol(生物学杂志), 2004, 21(6):32-34.(in Chinese)
- [8] Li H T(李海涛), Tang Z S(汤泽生), Peng Z S(彭正松), et al. Regression analysis on microspores in the *Impatiens balsamina* [J]. J Northwest Sci-Techn Univ Agri For (Nat Sci)(西北农林科技大学学报 自然科学版), 2005, 33(3):79-80.(in Chinese)
- [9] Tang Z S(汤泽生), Yang J(杨军), Liu P(刘平), et al. Effect of space-flight on meiosis of pollen mother cells and its derived pollens in *Impatiens balsamina* [J]. Acta Agri Nucl Sin(核农学报), 2005, 19(1):33-36.(in Chinese)
- [10] Tang Z S(汤泽生), Chen D C(陈德灿), Yang J(杨军), et al. Variation of microspores in the descendants of *Impatiens balsamina* induced by space flight [J]. J Chin West Norm Univ (Nat Sci)(西华师范大学学报 自然科学版), 2005, 26(4):358-363.(in Chinese)
- [11] Tang Z S(汤泽生), Yang J(杨军), Zhao Y(赵燕), et al. Variation of flower, fruit and seed in *Impatiens balsamina* induced by space flight [J]. J Chin West Norm Univ (Nat Sci)(西华师范大学学报 自然科学版), 2005, 26(1):47-51.(in Chinese)
- [12] Pushkar B P, Babeley G S. A report on tricotyledonous seedlings of amla (*Emblia officinales* Gaertn.) [J]. Indian For, 1990, 116(7):597-599.
- [13] Zhang Y H(张应华). A report on tricotyledonous seedlings of *Solanum melongena* L. and *S. aethiopicum* L. [J]. J Yunnan Agri Univ(云南农业大学学报), 1999, 14(4):376-380.(in Chinese)
- [14] Zhang Y J(张远记), Wei X P(魏小萍). Induction of tricotyledon from the apple embryo [J]. Acta Bot Boreali-Occiden Sin(西北植物学报), 1990, 10(3):228-231.(in Chinese)
- [15] Choi M S, Kim S J, Park Y G. Somatic embryogenesis from mature zytotic embryos of *Zizyphus jujuba* var. *inermis* Rehder and *Zizyphus jujuba* Miller [J]. Propag Ornament Plants, 2002, 2(1):3-8.
- [16] Chen Z Y(陈子元). Prospect of plant breeding by space flight from the views development of irradiation breeding in China [J]. Acta Agri Nucl Sin(核农学报), 2002, 16(5):261-264.(in Chinese)
- [17] 中国科学院植物研究所. 单倍体育种资料集 第二集 [M]. 北京: 科学出版社, 1972. 26-38.
- [18] Kandya S. A note on tricotyledonous seeding of copper pod plant (*Peltophrum ferrugineum* Benth.) [J]. J Trop For, 1988, 4(4):339-400.
- [19] 中国科学院植物研究所. 单倍体育种资料集 第二集 [M]. 北京: 科学出版社, 1972. 97-117.

### 图版说明

#### 图版 I:

1. 正常双子叶植株;
- 2-4. 第一轮真叶为 3 片的三子叶植株;
- 5-7. 第一轮真叶为 2 片的三子叶植株;
- 8-11. 第一轮真叶为 1 片的三子叶植株;
- 12-14. 真叶由侧面长出的漏斗状子叶植株;
15. 真叶直接从子叶正面长出的漏斗状子叶植株;
16. 联生子叶.

#### Explanation of plate

#### Plate I:

1. Plant with normal dicotyledon;

2-4. Tricotyledonous plant with 3 euphyllis in first whorl;

5-7. Tricotyledonous plant with 2 euphyllis in first whorl;

8-11. Tricotyledonous plant with 1 euphyllis in first whorl;

12-14. Plant with funnel-shaped cotyledon, the euphyllis developing

from lateral side;

15. Plant with funnel-shaped cotyledon, the euphyllis developing from above the cotyledon;

16. Syncotyledonous plant.



陈德灿等: 图版 I

CHEN De-cai et al: Plate I