

网络出版时间:2014-11-04 14:27

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.12.017

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.12.017.html>

# 航天搭载对决明 SP<sub>1</sub> 代相关生理及生长特性的影响

毛仁俊<sup>1</sup>, 齐志鸿<sup>2</sup>, 马楠<sup>1</sup>, 刘岩<sup>2</sup>, 韩蕊莲<sup>1</sup>

(1 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100; 2 天津天士力现代中药资源有限公司, 天津 300402)

**【摘要】**【目的】探讨“神舟八号”飞船搭载决明种子 SP<sub>1</sub> 代的生物学特性、生理指标及有效成分含量的变化, 从 SP<sub>1</sub> 代中筛选优良突变株。【方法】以飞船搭载的决明种子 SP<sub>1</sub> 为材料, 对 SP<sub>1</sub> 代田间出苗率、生育期、株高、茎粗、分枝数、荚果数等主要生物学指标进行统计, 测定 SP<sub>1</sub> 代植株叶片叶绿素含量, 并对 SP<sub>1</sub> 代种子特性及其有效成分含量进行检测。【结果】飞船搭载的决明种子田间出苗率为 24.5%, 相对对照(未经飞船搭载)显著降低; SP<sub>1</sub> 代中编号为 SP3、SP10、SP25、SP29、SP46、SP47 的 6 株植株的初花、现蕾、盛花等生育期较对照有所提前, 其株高、茎粗、冠幅、分枝数、单株荚果数均较对照显著增加, 单株产量显著提高; SP<sub>1</sub> 代种子中除 SP3、SP29、SP46 的电导率升高外, 其余种子与对照相比无显著差异; SP10、SP25、SP47 叶片的叶绿素含量显著升高, SP<sub>1</sub> 代种子可溶性糖含量无显著变化; 橙黄决明素、大黄酚 2 种有效成分含量除 SP25、SP42 有所升高外, 其他 SP<sub>1</sub> 代有效成分含量未发生显著变化。【结论】决明 SP<sub>1</sub> 代中编号为 SP3、SP10、SP25、SP29、SP46、SP47 的 6 株决明植株为高产突变株, 在 SP<sub>2</sub> 代可对这 6 株决明进行重点研究。

**【关键词】** 航天诱变; 决明; 生物学特性; 有效成分

**【中图分类号】** S529.035.2

**【文献标志码】** A

**【文章编号】** 1671-9387(2014)12-0166-07

## Effects of space inducement on biological and growth characteristics of *Cassia obtusifolia* L. SP<sub>1</sub>

MAO Ren-jun<sup>1</sup>, QI Zhi-hong<sup>2</sup>, MA Nan<sup>1</sup>, LIU Yan<sup>2</sup>, HAN Rui-lian<sup>1</sup>

(1 College of Life Sciences, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Tianjin Tasly Modern TCM Resources CO., LTD, Tianjin 300402, China)

**Abstract:** 【Objective】The study investigated the changes in biological characteristics, biochemical properties and effective components of *Cassia obtusifolia* L. SP<sub>1</sub> after being carried by “Shenzhou 8” spaceship to select useful mutants. 【Method】Primary biological traits such as plant height, across diameter, grown width, branch number, and pod number of *Cassia obtusifolia* L. SP<sub>1</sub> after being carried by “Shenzhou 8” spaceship were measured. The content of chlorophyll, the 1 000-seeds weight and effective components of the seeds were measured. 【Result】Germination rate of seeds after being carried by spaceship was 24.5%, decreased significantly compared with CK. The flower and bud times of SP3, SP10, SP25, SP29, SP46, and SP47 were earlier than CK. Plant height, across diameter, branch number, pod number, and yield per plant of SP3, SP10, SP25, SP29, SP46, and SP47 increased significantly compared with CK. There was no difference with CK except the conductivities of SP3, SP29, and SP46 increased significantly. Chlorophyll contents in leaves of SP10, SP25, and SP47 increased, while the content of soluble sugar in seeds had no obvious changes. The contents of aurantio-obtusin and chrysophanol had no changes in SP<sub>1</sub> seeds except SP10

**【收稿日期】** 2013-09-06

**【基金项目】** 陕西省科技统筹项目(K332021305)

**【作者简介】** 毛仁俊(1987—), 男, 河南温县人, 在读硕士, 主要从事中草药资源及栽培技术研究。E-mail: mrj@nwsuaf.edu.cn

**【通信作者】** 韩蕊莲(1962—), 女, 陕西扶风人, 教授, 硕士生导师, 主要从事中草药规范化栽培理论与技术研究。

E-mail: hanrl@nwsuaf.edu.cn

and SP42.【Conclusion】Plants SP3,SP10,SP25,SP29,SP46,and SP47 were high-yield mutants in SP<sub>1</sub>,and their second generation plants should be further studied.

**Key words:** space mutation;*Cassia obtusifolia* L.; biological characteristics; effective components

决明子为豆科植物决明(*Cassia obtusifolia* L.)或小决明(*C. tora* L.)的成熟干燥种子,具有祛风散热、清肝明目、润肠通便等功效<sup>[1]</sup>。决明子始载于《神农本草经》,被列为上品,谓“主青盲,目淫肤赤,白膜,眼赤痛,泪出。久服益精光,轻身”,是国家卫生部公布的 69 种药食同源物质之一。我国的制药及各类保健品行业对决明子的需求量很大,加之民间常以决明子代茶饮,使决明子的需求量呈稳步增长的趋势。目前,国内外对决明子的报道主要集中在其化学成分鉴定、药理临床<sup>[2-4]</sup>以及决明子生理生化指标的研究<sup>[5-6]</sup>等方面,而对于决明优良品种的选育研究尚鲜见报道。决明在我国栽培历史悠久,适种区域广,但长期以来决明种质资源不清、栽培管理不规范、采收加工技术滞后等因素,严重制约着决明子的产量和品质。因此,选育高产、优质、抗性强的优良决明株系势在必行。

航天诱变育种是利用返回式卫星、航天飞机、飞船等将植物种子带到太空环境使之产生变异,再返回地面选育新种质和新材料的技术,是近年来培育高产、优质、早熟和抗病农作物新品种的重要途径之一,其核心内容是利用太空环境的综合因素对生物遗传性的强烈动摇和诱变,以在较短的时间内创造出地面诱变育种方法难以获得的罕见突变种质材料和基因资源,从而选育突破性新品种<sup>[7-9]</sup>。从“神舟一号”起,我国已先后将柴胡、板蓝根、桔梗、红花、藿香、甘草、洋金花等药用植物种子或材料送入太空,返回地面后进行了深入研究<sup>[10]</sup>,但至今有关决明的相关研究尚未见报道。本研究以“神舟八号”搭载的决明种子为材料,分析决明 SP<sub>1</sub> 代的生物学特性、生理生化指标和有效成分含量,以期从中筛选出有益的决明突变材料,并通过连续的栽培研究选育高产优质的决明株系。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

1.1.1 决明种子 决明种子产自河北安国,由天津天士力现代中药资源有限公司提供,经西北农林科技大学梁宗锁教授鉴定为决明(*Cassia obtusifolia* L.)的成熟种子。将决明种子分为 2 份,1 份经“神舟八号”飞船搭载,另 1 份留地作为对照。2011-11-

01 05:58“神舟八号”发射升空,飞船进入近地点 200 km、远地点 330 km 的轨道,2011-11-17 19:32 飞船返回舱平稳着陆。

1.1.2 主要仪器及试剂 Waters1525 二元高效液相色谱仪、Waters DAD 检测器、Waters 2707 自动进样器、Waters sunfire C<sub>18</sub> 色谱柱(4.6 mm×250 mm,5 μm)、Empower 2 色谱分析软件,美国 Waters 公司;超纯水机,上海优普科技有限公司;UV-1700 分光光度计,日本岛津公司;雷磁 DDS-307 电导率仪,上海仪电科学仪器有限公司。

色谱级甲醇、乙醇、乙腈,购自 Fisher scientific (Fair-lawn,NJ,USA);色谱级磷酸,购自西安试剂厂;标准品橙黄决明素(批号 111900-201202)、大黄酚(批号 110796-201118),购自中国药品生物制品检定所。

### 1.2 试验方法

田间试验布设在北京园禾方圆植物科技有限公司药用植物研究基地。试验小区长 6 m、宽 4 m。播种前用 80 ℃ 热水浸泡种子 30 min 破除种子硬实性,晾干后于 2012-04-10 按行距 1.2 m、株距 0.5 m 点播。SP<sub>1</sub> 代种植 6 个小区,另设 6 个对照小区。

在决明株高达 40 cm 进行挂牌,便于日后连续观察与记录。田间调查发现,编号为 SP3、SP10、SP25、SP29、SP46、SP47 的 6 株决明植株长势显著优于对照及其他 SP<sub>1</sub> 代,根据育种目标对其进行重点研究。将 SP<sub>1</sub> 代研究对象分为 3 组:SP10、SP25、SP47 长势最佳,记为组 1;SP3、SP29、SP46 长势优于对照但不及组 1,记为组 2;随机选出长势均匀的 SP<sub>1</sub> 代植株 SP6、SP18、SP33 记为组 3;随机选出长势均匀的普通决明 CK1、CK2、CK3 记为对照组。

1.2.1 田间统计 于决明生长期,在田间调查统计出苗率、分枝数、叶长宽、单株荚果数、单株产量;7、8、9 月中旬测量株高、茎粗、冠幅、荚果长度;分枝数及单株荚果数统计于 8 月进行,9 月收获时测定单株产量。

生育期的界定:(1)现蕾。单株花蕾数超过 10 个;(2)初花。单株开花数超过 10 个;(3)盛花。单株开花数超过 80 个;(4)现荚。单株荚果数超过 10 个;(5)盛荚。单株荚果数超过 80 个。

1.2.2 叶绿素含量测定 2012-07-15 采集植株顶

端向下第 2 分枝上前 2 片叶子,测量叶片长和宽,测定 SP<sub>1</sub> 代决明叶片叶绿素含量<sup>[11]</sup>,此时决明正值花期,生长旺盛。

1.2.3 种子生理特性测定 将除杂的决明种子用四分法测定千粒质量,用电子天平称量后,计算并取 3 次重复的平均值为千粒质量实际值;随机选取净种子 100 粒,蒸馏水浸种 24 h,统计未吸胀的种子,计算种子硬实率<sup>[5]</sup>;分别选取不同植株的决明种子 30 粒,用游标卡尺测定种子长度和宽度,计算长宽比;选取饱满均匀的决明种子 100 粒进行发芽试验,用体积分数 5%次氯酸钠将种子消毒后置于 80 ℃热水中浸泡 30 min,然后放入铺有双层滤纸的培养皿中,于光照培养箱中培养,7 d 后统计发芽数,计算发芽率,重复 3 次;选取 50 粒种子用蒸馏水和重蒸水各冲洗 2 遍,置于 100 mL 三角瓶中,加 50 mL 蒸馏水,电导仪测定初始电导值  $d_1$ ,种子浸泡 10 h 后测定浸泡液电导值  $d_2$ ,将浸泡液连同种子在沸水中煮沸 30 min,冷却至室温测定其电导值  $d_3$ ,计算相对电导率(相对电导率 =  $(d_2 - d_1)/(d_3 - d_1) \times 100\%$ );称取 5 g 决明种子烘干粉碎,蒽酮比色法测定种子可溶性糖含量<sup>[11]</sup>。

1.2.4 有效成分含量测定 利用高效液相色谱法<sup>[12]</sup>测定大黄酚和橙黄决明素的含量。色谱条件为:流动相乙腈(A)－体积分数 0.1%磷酸水溶液(B),线性梯度洗脱 0 min (40% A)－15 min(40% A)－30 min(90% A)－40 min(90% A),流速 1.0 mL/min,检测波长 284 nm,柱温 25 ℃,进样量 10  $\mu$ L。样品的制备参照袁晓等<sup>[13]</sup>的方法。

1.2.5 数据分析 采用 SPSS 17.0 统计软件对试验数据进行分析,用 Excel 2007 软件绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 决明 SP<sub>1</sub> 代的出苗情况

经航天搭载的决明 SP<sub>1</sub> 种子出苗率仅为 24.5%,远低于对照的 85.6%,对照的出苗率与往年相似,其原因可能是“神舟八号”在轨飞行时间长,宇宙射线多次贯穿飞船,空间的强辐射、强磁场对种子的内部结构造成损伤,从而影响了种子萌发。但决明 SP<sub>1</sub> 发芽幼苗均能正常生长,并逐步表现出个体差异。

### 2.2 决明 SP<sub>1</sub> 代生育期的变化

决明 SP<sub>1</sub> 代生育期的调查结果见表 1。由表 1 可以看出,对照组现蕾在 06-25、06-26;组 3 与对照组相近,于 06-24、06-25 现蕾;组 1 的 SP10、SP25、SP47 3 株决明的现蕾期分别为 06-21、06-20、06-20,较对照组提前 4~6 d,比组 3 提前 3~5 d;组 2 则于 06-23、06-24 现蕾。SP25 初花最早,现蕾 7 d 后于 06-27 开花,组 1 初花期较对照提前约 10 d,组 2 的初花期较对照提前约 7 d,组 3 与对照相近。盛花期的先后与初花期基本一致,初花早的植株盛花期也较早。现荚期则表现出一定差异,组 1 中的 SP25、SP47 和组 2 中的 SP3 均在 07-06 现荚,而组 1 中的 SP10 与组 2 中的 SP29、SP46 同在 07-08 现荚,对照组现荚则在 07-15 或 07-16。SP25、SP47 的盛荚期出现最早,分别于 08-03、08-04 达到盛荚期,而 SP10 盛荚期为 08-10;组 2 的盛荚期集中在 08-06 或 08-08,对照组、组 3 的盛荚期在 08-12 和 08-14。

表 1 决明 SP<sub>1</sub> 代的生育期观察

Table 1 Generational cycle observation of *Cassia obtusifolia* SP<sub>1</sub>

| 组别<br>Group    | 植株编号<br>Code of plant | 现蕾<br>Bud | 初花<br>Flower | 盛花<br>Full flower | 现荚<br>Pod | 盛荚<br>Full pod |
|----------------|-----------------------|-----------|--------------|-------------------|-----------|----------------|
| CK             | CK1                   | 06-25     | 07-08        | 08-04             | 07-15     | 08-12          |
|                | CK2                   | 06-26     | 07-09        | 08-06             | 07-16     | 08-14          |
|                | CK3                   | 06-25     | 07-08        | 08-04             | 07-15     | 08-12          |
| 组 1<br>Group 1 | SP10                  | 06-21     | 06-30        | 07-28             | 07-08     | 08-10          |
|                | SP25                  | 06-20     | 06-27        | 07-25             | 07-06     | 08-03          |
|                | SP47                  | 06-20     | 06-28        | 07-25             | 07-06     | 08-04          |
| 组 2<br>Group 2 | SP3                   | 06-23     | 07-01        | 08-01             | 07-06     | 08-08          |
|                | SP29                  | 06-24     | 07-02        | 07-31             | 07-08     | 08-06          |
|                | SP46                  | 06-24     | 07-02        | 08-01             | 07-08     | 08-08          |
| 组 3<br>Group 3 | SP6                   | 06-25     | 07-08        | 08-04             | 07-15     | 08-12          |
|                | SP18                  | 06-25     | 07-08        | 08-04             | 07-15     | 08-12          |
|                | SP33                  | 06-24     | 07-07        | 08-02             | 07-14     | 08-12          |

### 2.3 决明 SP<sub>1</sub> 代生物学特性的变化

图 1 为决明植株 7—9 月份的生长变化情况。从图 1 可以看出,组 3 与对照组植株长势接近,而组

1、组 2 植株长势显著优于对照,但以组 1 表现尤为明显,在 9 月份测量时其株高均值较对照高出约 25 cm,最大茎粗达 2.4 cm,冠幅达到 130 cm,长势显

著优于对照。决明荚果的变化过程表现为:在生长初期主要是荚果长度的增加,荚果不饱满;随后荚果长度增长变慢,荚果逐渐饱满;9 月份荚果停止增长,荚果变得饱满,颜色变为棕黄色,果皮变脆。

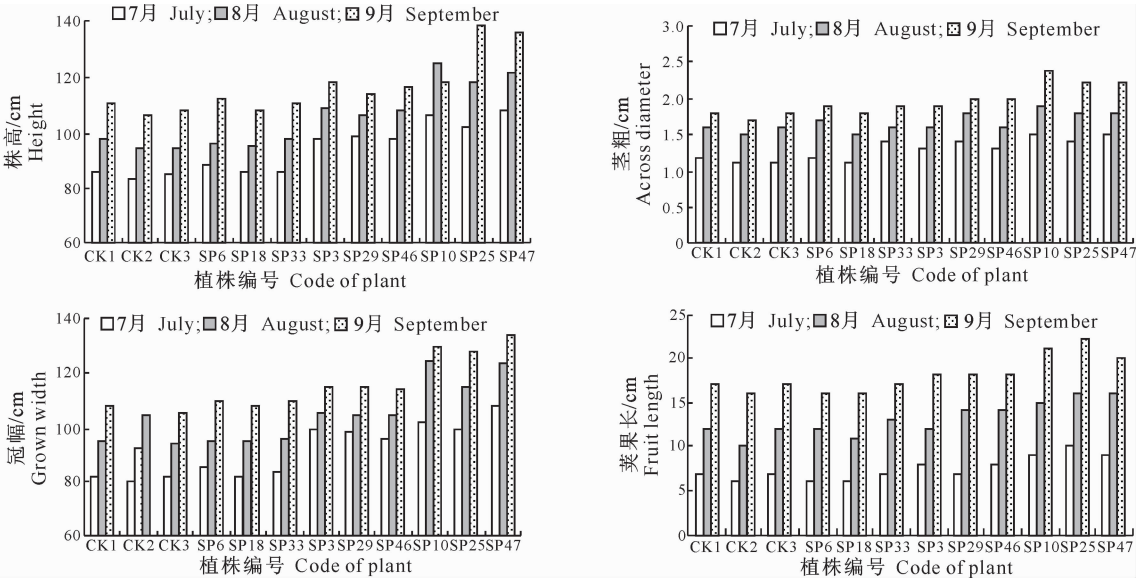


图 1 决明 SP<sub>1</sub> 代株高、茎粗、冠幅及荚果长度的变化

Fig. 1 Changes in plant height, across diameter, grown width and fruit length of *Cassia obtusifolia* SP<sub>1</sub> plants

由表 2 可知,对照组决明的分枝数为 14.0 个,单株产量为 158.08 g,单株荚果数为 212.0 个;组 1 的分枝数、单株产量、单株荚果数均显著优于对照及组 2、组 3;SP25 的分枝数最多,为 25.0 个;SP10 的单株荚果数为 335.0 个,单株产量为 246.41 g,均为本次试验的最高值。

| 表 2 决明 SP <sub>1</sub> 代的主要农艺性状                                              |                      |                               |                           |                            |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Table 2 Primary agronomy traits of <i>Cassia obtusifolia</i> SP <sub>1</sub> |                      |                               |                           |                            |
| 植株编号<br>Code of plant                                                        | 分枝数<br>Branch number | 单株荚果数<br>Pod number per plant | 单株产量/g<br>Yield per plant | 叶长宽比<br>Length-width ratio |
| CK                                                                           | 14.0±1.0 a           | 212.0±4.0 a                   | 158.08±5.33 a             | 2.0±0.2 a                  |
| 组 1 Group 1                                                                  | 24.3±0.6 b           | 324.0±10.2 b                  | 235.62±9.46 b             | 2.0±0.2 a                  |
| 组 2 Group 2                                                                  | 18.7±1.0 c           | 282.6±10.4 c                  | 214.64±10.08 c            | 2.1±0.2 a                  |
| 组 3 Group 3                                                                  | 13.6±0.6 a           | 220.3±5.5 a                   | 168.59±3.78 a             | 2.0±0.1 a                  |

注:表中数据为“均值±标准差( $\bar{X}\pm SD$ )”,同列数据后标不同小写字母表示在  $P=0.05$  水平差异显著。表 3 同。

Note: Data in the table are average±standard deviation. Different lowercase letters mean significant difference at  $P=0.05$  level. The same for Table 3.

2.4 决明 SP<sub>1</sub> 代叶片叶绿素含量的变化

决明 SP<sub>1</sub> 代植株叶片叶绿素含量的变化如图 2

所示。

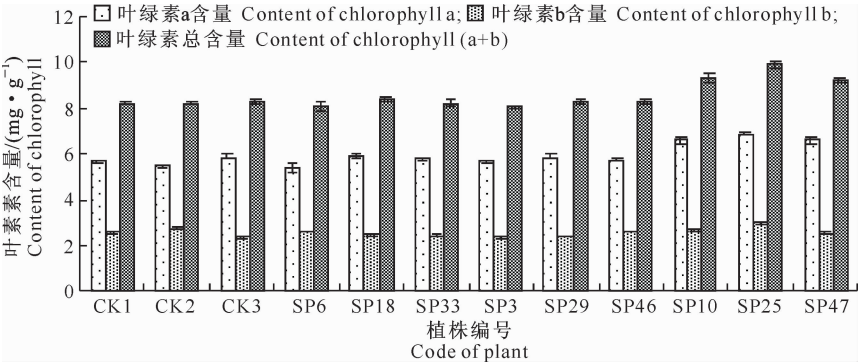


图 2 决明 SP<sub>1</sub> 代植株叶片叶绿素含量的变化

Fig. 2 Chlorophyll changes of *Cassia obtusifolia* SP<sub>1</sub> leaves

由图 2 可知,与对照组相比,航天搭载的决明 SP<sub>1</sub> 代组 1 叶片叶绿素 a、b 含量均有不同程度的升高。对照组叶片的叶绿素 a 含量为 5.683 mg/g,叶绿素 b 含量为 2.591 mg/g,叶绿素总含量为 8.274 mg/g;组 1 叶绿素 a、b 含量和总含量分别为 6.72, 2.674, 9.492 mg/g,较对照分别增加 18.2%, 3.2%,14.7%,且叶绿素 a/b 为 2.51,高于对照的 2.19。进一步分析表明,航天搭载后决明 SP<sub>1</sub> 代组 1 叶绿素 a、b 的含量均显著提高,叶绿素 a 升高幅度(18.2%)大于叶绿素 b 的升高幅度(3.2%);组 2 叶绿素 a、b 含量和总含量分别为 5.719, 2.554, 8.273 mg/g,组 3 叶绿素 a、b 含量和总含量分别为 5.766,2.489,8.255 mg/g,与对照相比均无显著差异。

2.5 决明 SP<sub>1</sub> 代种子的主要特性

决明 SP<sub>1</sub> 代种子生理特性的测定结果如表 3 所示。千粒质量是影响作物产量的重要因素之一,千粒质量较大往往产量也较高。由表 3 可以看出,对照组种子千粒质量为 23.07 g,而组 1、组 2、组 3 分

别为 25.68,24.24,23.65 g,均高于对照。决明 SP<sub>1</sub> 代种子经 80 ℃ 的热水处理后发芽率较高,均达到 89%以上,表明 SP<sub>1</sub> 代种子成熟度好、活力较高。决明种子具有硬实性,对种子硬实性的考察能够确定种子的处理方式和处理强度,以便提高种子的发芽率。表 3 显示,供试各组种子的硬实率相近,约为 91%。种子长宽比反映了种子的外部形态特征,SP<sub>1</sub> 代种子的长宽比约为 2.07。种子的膜功能完整,则渗透物少,相对电导率低,种子活力较强;若膜功能较差,则易受到破坏,煮沸时渗透物较多,相对电导率越高,种子活力越低。分析表明,除组 2 电导率较其他各组显著升高外,其他各组间未见显著差异。可溶性糖属于细胞代谢产生的渗透性调节物质,对于维护细胞膨压势,保持细胞行使正常功能具有重要的意义<sup>[6]</sup>,SP<sub>1</sub> 代种子可溶性糖含量为 87.57~89.71 mg/g。总体来看,决明 SP<sub>1</sub> 代种子各生理特性指标中,除组 2 的电导率显著升高外,其余各组各指标均无显著差异。

表 3 决明 SP<sub>1</sub> 代种子的主要特性  
Table 3 Primary traits of *Cassia obtusifolia* SP<sub>1</sub> seeds

| 植株编号<br>Code of plant | 千粒质量/g<br>1 000-seeds weight | 发芽率/%<br>Germination rate | 硬实率/%<br>Hard rate | 长宽比<br>Length-width ratio | 电导率/%<br>Conductivity | 可溶性糖含量/<br>(mg·g <sup>-1</sup> )<br>Content of suloble sugar |
|-----------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------|
| CK                    | 23.07±0.20 a                 | 89.7±1.5 a                | 91.6±0.6 a         | 2.07±0.04 a               | 25.45±0.75 a          | 87.57±1.45 a                                                 |
| 组 1 Group 1           | 25.68±0.42 a                 | 91.3±1.2 a                | 92.0±1.0 a         | 2.08±0.03 a               | 23.60±12.91 a         | 89.71±0.85 a                                                 |
| 组 2 Group 2           | 24.24±0.14 a                 | 91.3±1.4 a                | 91.0±1.0 a         | 2.10±0.02 a               | 40.61±2.54 b          | 87.78±0.56 a                                                 |
| 组 3 Group 3           | 23.65±0.47 a                 | 89.0±1.0 a                | 90.3±0.6 a         | 2.03±0.03 a               | 28.24±1.32 a          | 88.35±1.78 a                                                 |

2.6 决明 SP<sub>1</sub> 代种子橙黄决明素和大黄酚含量的变化

对 SP<sub>1</sub> 代收获的种子进行有效成分含量检测,结果见表 4。药典规定,决明种子的橙黄决明素含量>0.8 mg/g,大黄酚含量>2.0 mg/g。表 4 显示:决明 SP<sub>1</sub> 代种子橙黄决明素含量为 0.96~1.12

mg/g,含量最高的为 SP25,达 1.12 mg/g;大黄酚含量为 2.18~2.32 mg/g,含量最高的为 SP29,达 2.32 mg/g。田间调查中发现,SP42 植株闭叶时间迟于其他植株,种子有效成分检测发现其橙黄决明素含量为 1.01 mg/g,大黄酚含量达到 4.68 mg/g,为 SP<sub>1</sub> 代中最高。

表 4 决明 SP<sub>1</sub> 代橙黄决明素和大黄酚含量的变化  
Table 4 Changes of aurantio-obtusin and chrysophanol contents mg/g

| 植株编号<br>Code of plant | 橙黄决明素<br>Aurantio-obtusin | 大黄酚<br>Chrysophanol | 植株编号<br>Code of plant | 橙黄决明素<br>Aurantio-obtusin | 大黄酚<br>Chrysophanol | 植株编号<br>Code of plant | 橙黄决明素<br>Aurantio-obtusin | 大黄酚<br>Chrysophanol |
|-----------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------|
| SP10                  | 0.96                      | 2.26                | SP3                   | 0.98                      | 2.23                | SP6                   | 0.98                      | 2.19                |
| SP25                  | 1.12                      | 2.20                | SP29                  | 0.96                      | 2.32                | SP18                  | 0.96                      | 2.25                |
| SP47                  | 0.98                      | 2.25                | SP46                  | 1.02                      | 2.18                | SP33                  | 0.96                      | 2.28                |
| 组 1 Group 1           | 1.02±0.08                 | 2.24±0.03           | 组 2 Group 2           | 0.99±0.03                 | 2.24±0.07           | 组 3 Group 3           | 0.97±0.01                 | 2.24±0.05           |

3 结论与讨论

本试验对航天搭载的决明 SP<sub>1</sub> 代完整生长周期进行了调查研究,在不同生长期对决明 SP<sub>1</sub> 代植株

株高、茎粗、冠幅的研究表明,SP3、SP10、SP25、SP29、SP46、SP47 植株长势良好,各项指标显著优于对照;现蕾、初花、现荚时间较对照及其他 SP<sub>1</sub> 代植株提前;SP<sub>1</sub> 代组 1 植株叶绿素含量升高。上述

研究表明,SP<sub>1</sub> 代种子活力较强,千粒质量、硬实率与对照无显著差异,但组 2 电导率变化显著;决明 SP<sub>1</sub> 代种子橙黄决明素、大黄酚含量符合药典规定,SP25 的橙黄决明素含量较对照提高。综合决明 SP<sub>1</sub> 代田间观测统计、室内考种分析、理化指标检测三方面的研究结果,初步认定编号为 SP3、SP10、SP25、SP29、SP46、SP47 的 6 株决明为 SP<sub>1</sub> 代突变体。

本研究结果表明,决明 SP<sub>1</sub> 代的生物学特性、生长周期、种子特性及有效成分含量均与对照有一定差异。赵玉锦等<sup>[14]</sup>对高粱、郑积荣等<sup>[15]</sup>对番茄、曹墨菊等<sup>[16]</sup>对玉米、王志芬等<sup>[17]</sup>对丹参的研究均发现,经过航天搭载的 SP<sub>1</sub> 代与对照具有一定差异。本研究表明,经航天搭载的决明种子发芽率较低,其原因可能是宇宙空间复杂的电磁环境破坏了决明种子的内部结构。任卫波等<sup>[18]</sup>对航天搭载二色胡枝子、单成钢等<sup>[19]</sup>对航天搭载黄芩的研究同样存在发芽率降低的现象。叶绿素含量升高有利于光合作用的进行,可使植株长势强壮,从而为高产奠定基础。本研究发现,决明 SP<sub>1</sub> 代植株叶片叶绿素含量显著升高。孙野青等<sup>[20]</sup>对航天搭载青椒叶绿素含量的研究得到了相同结论。决明 SP<sub>1</sub> 代种子橙黄决明素、大黄酚的含量均符合药典规定,SP25、SP42 植株有效成分含量有所升高。李金贵等<sup>[21]</sup>对牛膝的研究证实,航天搭载会对牛膝的某些化学成分含量产生影响。

决明的生长与环境因素密切相关,温度、光照、水分、空气质量等因素对其生长均有明显影响。除上述因素外,人工栽培决明的生长还依赖于土壤状况、肥料、农药施用以及具体耕作栽培技术等,这些因素都在一定程度上影响着决明植株的生长以及突变个体特征的表达。在决明 SP<sub>1</sub> 代的栽培过程中,应最大程度地降低外界因素的干扰,使误差降到最低。但本研究仅为决明良种选育第 1 年的试验结果,可能受到土壤微生物、当地气温、降雨量等因素的影响,且航天诱变 SP<sub>1</sub> 代大多数突变性状不能稳定遗传。因此,决明 SP<sub>1</sub> 代的优良性状能否稳定遗传还有待于对 SP<sub>2</sub>、SP<sub>3</sub> 代的进一步观察研究。

## [参考文献]

- [1] 国家药典委员会. 中国药典:一部 [S]. 北京:中国医药科技出版社,2010:135.  
China Pharmacopoeia Commission. Chinese pharmacopoeia: First Edition [S]. Beijing: Chinese Medical Science and Technology Press,2010:135. (in Chinese)
- [2] Wang S M, Mary M W, Otto S, et al. Anthraquinone glycosides from the seeds of *Cassia tora* [J]. *Phytochemistry*, 1989, 28 (1):211.
- [3] Chandan D, Sujit D, Charan S D, et al. *Cassia tora*: A phytopharmacological overview [J]. *International Journal of Research on Ayurveda and Pharmacy*, 2011, 2(4):1162-1174.
- [4] 吕翠婷, 李海彬, 李续娥, 等. 中药决明子的研究进展 [J]. *食品科技*, 2006(8):295-298.  
Lü C T, Li H B, Li X E, et al. Progress in study of semen cassia [J]. *Food Science and Technology*, 2006(8):295-298. (in Chinese)
- [5] 张春平, 何平, 杜丹丹, 等. 决明种子硬实及萌发特性研究 [J]. *中草药*, 2010, 41(10):1700-1704.  
Zhang C P, He P, Du D D, et al. Study on hardness and germination characteristic of *Cassia obtusifolia* seeds [J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2010, 41(10):1700-1704. (in Chinese)
- [6] 张春平, 何平, 刘海英, 等. 外源性 5-氨基乙酰丙酸对盐胁迫下决明子萌发及幼苗生理特性的影响 [J]. *中草药*, 2012, 43 (4):778-787.  
Zhang C P, He P, Liu H Y, et al. Effects of exogenous 5-aminolevulinic acid on seed germination and physiological characteristics of *Cassia obtusifolia* seedlings under NaCl stress [J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2012, 43(4):778-787. (in Chinese)
- [7] 陈子元. 从辐射育种的发展来展望航天育种的前景 [J]. *核农学报*, 2002, 16(5):261-263.  
Chen Z Y. Prospect of plant breeding by spaceflight from the views on development of irradiation breeding in China [J]. *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica*, 2002, 16(5):261-263. (in Chinese)
- [8] 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):241-246.  
Wen X F, Zhang L, Dai W X, et al. Study of space mutation breeding in China [J]. *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica*, 2004, 18(4):241-246. (in Chinese)
- [9] 潘光辉, 尹贤贵, 杨琦凤, 等. 作物航天诱变育种研究进展 [J]. *西南农业学报*, 2005, 18(6):853-856.  
Pan G H, Yin X G, Yang Q F, et al. Progress in crop mutation breeding induced by spaceflight [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2005, 18(6):853-856. (in Chinese)
- [10] 严硕, 高文远, 路福平, 等. 药用植物空间育种研究进展 [J]. *中国中药杂志*, 2010, 35(3):385-388.  
Yan S, Gao W Y, Lu F P, et al. Research progress on mutation by spaceflight in medicinal plants breeding [J]. *Chinese Materia Medica*, 2010, 35(3):385-388. (in Chinese)
- [11] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学实验指导 [M]. 北京:高等教育出版社, 2003.  
Zhang Z L, Qu W Q. Experimental guidance for plant physiology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2003. (in Chinese)
- [12] 黄小平, 钟国跃, 张雪梅, 等. HPLC 法测定决明子中大黄酚和橙黄决明素 [J]. *中国中药杂志*, 2008, 35(16):2065-2067.

Huang X P,Zhong G Y,Zhang X M,et al. Determination of aurantio-obtusin and chrysophanol in Cassiae Semen by HPLC [J]. Chinese Materia Medica,2008,35(16):2065-2067. (in Chinese)

[13] 袁 晓,高俊飞,舒楚金,等. 不同产地决明子中 9 种蒽醌类成分的测定 [J]. 中草药,2012,43(9):1773-1775.

Yuan X,Gao J F,Shu C J,et al. Determination of nine anthraquinones in Cassiae Semen from different habitats [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs,2012,43(9):1773-1775. (in Chinese)

[14] 赵玉锦,赵 琦,白志良,等. 空间诱变高粱突变体的研究 [J]. 植物学通报,2001,18(1):81-89.

Zhao Y J,Zhao Q,Bai Z L,et al. Study on sorghum mutant induced by space flight [J]. Chinese Bulletin of Botany,2001,18(1):81-89. (in Chinese)

[15] 郑积荣,汪炳良,王世恒,等. 飞船搭载番茄种子 SP<sub>1</sub> 的生物学效应 [J]. 核农学报,2004,18(4):311-313.

Zheng J R,Wang B L,Wang S H,et al. The biological effect of SP<sub>1</sub> tomatos after boarding on airship [J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica,2004,18(4):311-313. (in Chinese)

[16] 曹墨菊,荣廷昭,潘光堂. 空间条件对玉米主要农艺性状的影响 [J]. 中国农学通报,2000,16(2):14-16.

Cao M J,Rong T Z,Pan G T. The influences of space condition on the agronomic characters of maize [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2000,16(2):14-16. (in Chinese)

[17] 王志芬,单成钢,苏学合,等. 丹参种子航天搭载的诱变效应研究 [J]. 现代中药研究与实践,2007,21(4):6-8.

Wang Z F,Shan C G,Su X H,et al. Mutation effects on SP<sub>1</sub> dry seed of *Salvia miltiorrhiza* Bge. by space carrying [J]. Research and Practice of Chinese Medicines,2007,21(4):6-8. (in Chinese)

[18] 任卫波,韩建国,张蕴薇,等. 卫星搭载对二色胡枝子生物学特性的影响 [J]. 草地学报,2006,14(2):112-115.

Ren W B,Han J G,Zhang Y W,et al. Effects of spaceflight on characteristics of *Lespedeza bicolor* [J]. Acta Agrestia Sinia,2006,14(2):112-115. (in Chinese)

[19] 单成钢,王志芬,苏学合,等. 航天诱变黄芩种子对其 SP<sub>1</sub> 代的影响 [J]. 核农学报,2008,22(2):188-191.

Shan C G,Wang Z F,Su X H,et al. SP<sub>1</sub> biological effects of space inducement on *Scutellaria baicalensis* [J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica,2008,22(2):188-191. (in Chinese)

[20] 孙野青,李玉芬,陈 岩,等. 空间环境对青椒和番茄遗传诱变研究 [J]. 植物研究,1997,17(2):184-189.

Sun Y Q,Li Y F,Chen Y,et al. Studies on inheritance and variation of pepper and tomato of spaceflight breeding [J]. Bulletin of Botanical Research,1997,17(2):184-189. (in Chinese)

[21] 李金贵,朱 奎,谷文英,等. 航天搭载对牛膝 SP<sub>1</sub> 化学成分的影响 [J]. 中国中药杂志,2008,33(10):1161-1163.

Li J G,Zhu K,Gu W Y,et al. Effects of chemical constituent in roots of *Achyranthes bidentata* [J]. Chinese Materia Medica,2008,33(10):1161-1163. (in Chinese)

(上接第 165 页)

[18] Bindu R C,Vivekanandan M. Hormonal activities of 5-aminolevulinic acid in callus induction and micropropagation [J]. Plant Growth Regul,1998,26:15-18.

[19] 王中华,汤国辉,李志强,等. 5-氨基乙酰丙酸和金雀异黄素促进苹果果皮花青素形成的效应 [J]. 植物生理学通讯,2006,39(3):321-327.

Wang Z H,Tang G H,Li Z Q,et al. Promotion of 5-aminolevulinic acid and genistein on anthocyanin accumulation in apples [J]. Plant Physiology Communication,2006,39(3):321-327. (in Chinese)

[20] 刘 金,魏景立,刘美艳,等. 早熟苹果花青苷积累与其相关酶活性及乙烯生成之间的关系 [J]. 园艺学报,2012,39(7):1235-1242.

Liu J,Wei J L,Liu M Y,et al. The relationships between the enzyme activity of anthocyanin biosynthesis,ethylene release and anthocyanin accumulation in fruits of precocious apple cultivars [J]. Acta Horticulturae Sinica,2012,39(7):1235-1242. (in Chinese)