

空间搭载对夏大豆品种的诱变效应

胡国玉,张丽亚,黄志平,李杰坤,胡 晨,张 磊

(安徽省农业科学院 作物研究所,安徽省农作物品质改良重点实验室,安徽 合肥 230031)

摘 要:对空间搭载的夏大豆品种(系)合豆3号、蒙91-413和蒙9609-1的当代种子出苗率,及其 SP_1 、 SP_2 的性状变异情况进行研究。结果表明:空间搭载后,各品种(系)的出苗率均比对照降低,其中合豆3号降幅达显著水平;合豆3号的结荚高度显著大于对照,有效分枝数显著少于对照;蒙9609-1、蒙91-413的单株无效荚数比对照显著增加,其它性状与对照没有明显偏离。在合豆3号的 SP_1 群体中发现1个单株的多个性状发生变异,且在后代株系内无明显分离。在合豆3号 SP_2 群体中获得矮秆、双茎、窄叶等变异植株共计236株,变异率为2.74%。蒙91-413的 SP_2 群体中发现稀绒毛、晚熟、矮秆等变异植株共计66株,变异率为0.59%。还在合豆3号的 SP_2 群体中,发现2个株系在叶形、成熟荚色、生育期多个性状上同时发生变异。

关键词:大豆;空间搭载;诱变效应

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2010)06-0930-04

Mutagenic Effects of Space Flight on Summer Soybean Varieties

HU Guo-yu, ZHANG Li-ya, HUANG Zhi-ping, LI Jie-kun, HU Chen, ZHANG Lei

(Anhui Key Lab of Crops Quality Improving, Crop Institute of Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, Anhui, China)

Abstract: The experiment was conducted to study the mutagenic effects of space environment on summer soybean varieties Hedou 3, Meng91-413 and Meng 9609-1. The results showed that space environment led to the decline in seedling emergence rate of Hedou 3; In SP_1 generation, comparing with control, the lowest pod height of Hedou 3 and infertile pods per plant of Meng91-413 and Meng9609-1 all increased; The number of effective branches of Hedou 3 were less than control. In addition, a plant with many stable mutation characters was obtained in SP_1 generation of Hedou 3. There were 236 mutants of stem, leaf, branch, pubescence, growth stages, and fertility mutant of Hedou 3, and 66 mutants of stem, leaf, pubescence and growth stages of Meng91-413 in SP_2 generation with the mutation rate of 2.74% and 0.59%. Meanwhile, in SP_2 generation of Hedou 3 some mutants with many mutation characters were obtained from 2 lines.

Key words: Soybean; Space flight; Mutagenic effects

将农作物种子或供试诱变材料搭乘返回式卫星或宇宙飞船送到太空,利用空间宇宙射线的强辐射,在高真空、微重力和交变磁场等特殊环境中进行诱变处理,使供试种子和材料产生有利变异,返回地面筛选新种质、新材料,培育新品种,是作物育种的一种新途径。我国自1987年开始进行空间搭载研究以来,已在水稻、小麦、番茄、大豆等农作物中育出一系列高产、优质、多抗的农作物新品种、新品系和新种质^[1-3]。已有的研究表明,空间诱变具有变异频率高、变异幅度大、易获得理想突变体的优点。随着研究工作的进展,研究领域已不仅仅局限于优良品种、品系的选育,空间搭载的诱变作用机理,变异性状的遗传特点等基础性研究越来越受到重视^[4-7]。大豆空间搭载诱变育种研究起步较晚,郑伟等研究认为大豆品种经太空诱变处理后

SP_2 代株高、主茎节数、单株荚数等性状有较大的变异^[8];谢甫绶等发现大豆品种 SP_1 、 SP_2 代的多个农艺性状均发生明显变异^[9]。以上研究均以春大豆品种为研究对象,为了获得更多有利变异、拓宽夏大豆育种的遗传基础,并进一步探索空间搭载诱变在大豆品种间的发生效应和特点,现对经空间搭载的合豆3号、蒙91-413和蒙9609-1共3个夏大豆品种(系)的 SP_0 种子出苗率, SP_1 、 SP_2 的变异情况进行研究。

1 材料与方法

1.1 供试材料

选择2005年收获的适宜黄淮夏播生态区的大豆品种(系)合豆3号、蒙91-413及早熟高油品系蒙9609-1。每个参试品种进行精选去除杂质和破损

收稿日期:2010-09-13

基金项目:国家大豆产业技术体系(nycytx-004)资助项目;国家航天育种工程(2006HT100102)资助项目。

第一作者简介:胡国玉(1977-),女,硕士,主要从事作物遗传育种研究。E-mail:gy_hu@126.com。

通讯作者:张磊,研究员。E-mail:leizh66@163.com。

粒。将精选得到的种子每个品种分成 2 份,每份 1000 粒,1 份放入 5℃ 的冰箱保存作为对照,1 份搭载实践八号卫星进行空间诱变处理。实践八号卫星于 2006 年 9 月 9 日发射,近地点 180 km,远地点 450 km,在轨飞行 15 d 后返回地面。

1.2 试验设计

2007 年 6 月将经过空间搭载处理的种子即 SP₀ 及对照种子各取 500 粒做出苗试验。试验为完全随机设计,5 次重复,每个重复 100 粒种子。为了便于出苗试验后及时将幼苗移栽大田进行 SP₁ 田间农艺性状的观察记载及后续试验,将种子种在装入碎土的营养钵,放置在小拱棚内。种子出苗前拱棚上用遮阳网覆盖,种子出苗后及时掀开遮阳网,统计出苗率,练苗后进行田间幼苗移栽。

2007 年 SP₁ 代田间试验和发芽试验相对应设 5 次重复,行距 40 cm,株距 13 cm。在试验材料生长期,田间管理措施同大田生产,在苗期、花期、结荚期及成熟期进行田间性状的观察记载。成熟后对照和处理每个重复随机选取 10 株考察株高、结荚高度、主茎节数、有效分枝、单株总荚数、单株无效荚数、单株粒数和单株粒重等性状。单株收获

SP₁ 和部分对照植株。

2008 年种植 SP₁ 株行,行长 6 m,行距 40 cm,株距 13 cm,每隔 10 行种植对照。田间管理措施同大田生产,在苗期、花期、结荚期及成熟期进行 SP₂ 田间性状的观察记载,对变异的单株或株系进行记载和挂牌,统计发生突变的 SP₁ 株系数和 SP₂ 变异率。成熟后对挂牌的单株或株系单株收获。

2 结果与分析

2.1 空间搭载对大豆种子出苗率的影响

经过空间搭载处理大豆种子的出苗率均有所下降(表 1)。合豆 3 号空间搭载与对照的出苗率分别是 63.4% 和 69.8%,蒙 9609-1 分别是 77.2% 和 79.4%,蒙 91-413 分别是 76.6% 和 81.6%。经平均数比较可知合豆 3 号经过空间搭载后出苗率显著降低,其它 2 个品种空间搭载后出苗率降低不显著。对出苗试验进行方差分析,结果品种间($F = 29.789$),处理间($F = 9.377$)种子出苗率差异极显著,区组间及品种和处理互做间差异不显著(表 2)。

表 1 空间搭载大豆品种的种子出苗率表现

Table 1 Performance of seedling emergence rate in soybean varieties treated with space flight

品种(系)名称 Varieties	平均数 Mean		标准差 Square		<i>t</i> 测验
	对照 Control	空间搭载 Space flight	对照 Control	空间搭载 Space flight	
合豆 3 号 Hedou3hao	69.8	63.4	3.1	5.3	2.34 *
蒙 9609-1 Meng9609-1	79.4	77.2	3.8	3.9	1.06
蒙 91-413 Meng91-413	81.6	76.6	2.3	5.9	1.77

表 2 空间搭载后大豆种子出苗率表现的方差分析

Table 2 Variance analyses on seedling emergence rate of soybean varieties treated with space flight

变异来源 Source	平方和 SS	自由度 <i>df</i>	均方 <i>Ms</i>	<i>F</i> 值	显著水平 <i>P</i>
区组间 Repeat	99.66667	4	24.91667	1.51592	0.23547
品种间 Varieties	979.2667	2	489.6333	29.78909	0
处理间 Treatment	154.1333	1	154.1333	9.37741	0.00615
品种 × 处理 Treatment × Cultivar	22.86667	2	11.43333	0.6956	0.51044
误差 Error	328.7333	20	16.43667		
总变异 Total	1584.667	29			

2.2 空间搭载处理大豆品种 SP₁ 代效应

由表 3 可知空间搭载对 3 个品种(系)SP₁ 代的株高、主茎节数、单株总荚数、单株粒数、单株粒重均没有显著的影响。经空间搭载后,合豆 3 号的结荚高度显著大于对照,有效分枝数显著少于对照。同时合豆 3 号的单株总荚数、单株粒数、单株粒重均低于对照,但经 *t* 测验与对照差异没有达显著水平。合豆 3 号的单株无效荚数与对照相比差异不显著($t = 1.20$),但其中有 5 株(10.4%)的无效荚数与对照相比明显增加。空间搭载蒙 9609-1、蒙 91-413 的单株无效荚数比对照增加达显著水平,其它性状表现均没有明显偏离对照。蒙 91-413 的平

均单株荚数与对照相比有所增加,但增幅不显著。另外,在合豆 3 号 SP₁ 代中发现 1 株在叶形、株型、成熟荚色性状上与合豆 3 号有明显差异的变异株。

2.3 空间搭载处理大豆品种 SP₂ 代的诱变效应

通过对 278 个合豆 3 号的 SP₁ 株系(SP₂ 代)及对照各个生育时期的观察记载,在空间搭载处理的合豆 3 号中,共发现 113 个株系内存在各种表型变异的变异株,占总株系数的 40.6%,变异株共计 236 株,占 SP₂ 代群体植株总数的 2.74%(表 4)。其中矮秆变异 81 株,占总变异植株数的 34.3%;双茎变异 40 株,占总变异植株数的 16.9%;窄叶变异 23 株,占总变异植株数的 9.7%;叶色浅绿变异 26 株,

占总变异植株数的 11.0% ;无分枝变异 22 株,占总变异植株数的 9.3% ;晚熟变异 24 株,占总变异植株数的 10.2% 。稀绒毛、早熟、不育等变异类型的株数较少,占总变异植株数比例在 0.4% ~3.0% 之间。同时在合豆 3 号的 SP₂ 代中发现 3 个株系在株型、叶型、成熟荚色及粒型上存在明显变异。其中有 1 个变异株系 (SP₁ 代已表现出明显变异)在成熟荚色、叶形、株型上存在变异且变异性状没有明显的分离,变异株系熟期比原品种提前 7 d,株型清秀,通风透光性优于原品种,可以作为育种材料加以利用。其它 2 个变异株系在、叶形、株型、成熟荚

色上存在变异且变异性状有明显的分离。

在经过空间搭载处理的蒙 91-413 的 322 个 SP₁ 株系 (SP₂ 代)中,共发现 23 个株系内存在各种表型变异,占总株系数的 7.14%,变异株共计 66 株,占 SP₂ 代群体植株总数的 0.59% (表 5)。变异植株中,稀绒毛变异 49 株,占总变异植株的 74.2% ;晚熟变异 9 株,占总变异植株的 13.6% ;矮秆变异 4 株,占总变异植株的 6.1% ;窄叶变异 3 株,占总变异植株的 4.5% ;稀绒毛且不育变异 1 株,占总变异植株的 1.5% 。蒙 9609-1 的 SP₂ 代群体中未发现有明显表型变异的单株。

表 3 空间搭载大豆品 SP₁ 的主要农艺性状表现

Table 3 Performances of soybean varieties main agronomic characteristics in SP₁ generation

农艺性状 Agronomic characteristics	合豆 3 号 Hedou 3		蒙 9609-1 Meng9609-1		蒙 91-413 Meng91-413	
	对照 Control	空间搭载 Space flight	对照 Control	空间搭载 Space flight	对照 Control	空间搭载 Space flight
株高 Plant high/cm	43.6 ± 6.2	43.9 ± 7.0	52.8 ± 9.1	53.0 ± 8.2	47.8 ± 7.8	49.1 ± 6.2
结荚高度 Height of lowest pod/cm	7.9 ± 3.4	9.8 * ± 4.7	9.8 ± 3.0	9.9 ± 3.1	16.8 ± 4.6	17.6 ± 3.7
主茎节数 Nodes of main stem	14.7 ± 1.3	14.7 ± 1.3	16.7 ± 2.2	17.2 ± 2.7	15.5 ± 1.5	15.8 ± 1.4
有效分枝 Effective branches	3.6 ± 1.5	3.1 * ± 1.2	4.0 ± 1.6	3.8 ± 1.6	2.5 ± 1.0	2.5 ± 0.9
单株荚数 Pods per plant	52.4 ± 19.7	47.9 ± 15.4	57.6 ± 19.0	59.9 ± 22.9	63.0 ± 31.4	68.0 ± 23.4
单株无效荚数 Infertile pods per plant	0.8 ± 0.9	1.1 ± 1.4	1.2 ± 1.1	1.8 * ± 1.4	3.7 ± 4.0	2.1 * ± 1.8
单株粒数 Seeds per plant	100.7 ± 36.9	89.4 ± 27.0	122.7 ± 40.4	127.8 ± 51.3	122.8 ± 50.8	140.0 ± 53.3
单株粒重 Seed-weight per plant/g	21.2 ± 8.1	19.4 ± 6.2	19.2 ± 6.7	19.1 ± 7.7	18.1 ± 9.0	19.2 ± 7.3

表 4 合豆 3 号空间搭载 SP₂ 代获得各突变体的初步分类

Table 4 Primary category of mutants of Hedou 3 hao in SP₂ generation

性状 Trait	变异性状 Variation of characters	变异株系数 Mutant numbers	SP ₂ 变异株数 * SP ₂ mutant numbers
茎 Stem	矮秆植株 Dwarf	34	81
	双茎 Double-stem	22	40
叶 Leaf	窄叶 Narrow	12	23
	叶色浅绿 Light green	7	26
分枝 Branch	无分枝 No branch	7	22
绒毛 Floss	稀绒毛 Sparsely floss	3	4
生育期 Growth stages	早熟 Early-maturing	7	7
	晚熟 Late-maturing	12	24
育性 Fertility	不育 Sterile	5	5
其它 Others	不育且植株矮 Sterile and dwarf	3	3
	晚熟且植株矮 Late-maturing and dwarf	1	1
共计 Total		113	236

表 5 蒙 91-413 高空诱变 SP₂ 代获得各突变体的初步分类

Table 5 Primary category of mutants of Meng91- 413 in SP₂ generation

性状 Trait	变异性状 Variation of characters	变异株系数 Mutant numbers	SP ₂ 变异株数 * SP ₂ mutant numbers
茎 Stem	矮秆植株 Dwarf	2	4
叶 Leaf	窄叶 Narrow	3	3
绒毛 Floss	稀绒毛 Sparsely floss	15	49
生育期 Growth stages	晚熟 Late-maturing	2	9
其它 Others	绒毛稀且不育 Sparsely floss and sterile	1	1
共计 Total		23	66

3 讨论

空间搭载是利用空间的特殊条件和物理因素诱发变异,它是辐射诱变的特殊形式,受到各方面条件限制,目前人类还不能做到使每次太空辐射的剂量保持一致,加上太空中随时可能出现的磁暴现象,辐射剂量是动态的,所以空间诱变常常是随机的,重复性较差,即空间搭载诱发突变的方向和性质尚难掌握^[10]。结合大豆这种作物籽粒大、繁殖系数低的特点,试验中采用营养钵进行出苗试验,在出苗率记载后及时移栽大田保证 SP₁ 代的群体规模,SP₁ 单株收获,SP₂ 代种植株行。这样的试验设计既能保留足够大的诱变后代群体有利于保留有益变异,同时也有助于观察空间搭载材料的变异在 SP₁ 代及 SP₂ 代群体和株系内的分布情况,为空间搭载地面试验即变异选择试验设计提供参考。

经过对空间搭载大豆品种连续 3 个世代多个性状的考察研究,发现合豆 3 号种子经过空间搭载处理后出苗率明显降低,而蒙 91-413 和蒙 9609-1 出苗率降低不明显;在 SP₁ 代所考察的性状中合豆 3 号的结荚高度和有效分枝 2 个性状与对照差异显著,而蒙 91-413 和蒙 9609-1 只有无效荚数与对照差异显著;合豆 3 号的 SP₂ 代变异率大于蒙 91-413。由此推断:不同夏大豆品种在空间搭载诱变条件下的敏感性不同,而且后代(SP₂)异变率与 SP₀ 种子出苗率,SP₁ 代植株生长受影响程度有一定相关性。

研究发现,合豆 3 号的 SP₁ 代发现 1 株多个性状与对照有明显差异的变异单株,并在 SP₂ 代没有明显分离。SP₂ 群体中发现 2 个株系内存在多个性状变异的变异株,且变异性状有明显的分离。空间搭载诱变是属于在特定环境条件下的物理诱变,因此一般认为诱变应该以镶嵌式存在于 SP₁ 代单株中,在 SP₂ 代以植株个体表现。但是在水稻空间诱变育种的研究中,方金梁等发现在 SP₁ 代即可产生穗大、粒多、分蘖增加等多个变异性状的表达^[11];谢甫梯等研究发现,大豆品种经空间搭载后,在 SP₁ 代即出现了高秆和矮秆突变体^[9]。杨存义等在水稻的空间诱变突变体的分子研究中发现,空间诱变可使植物分子多个区段内发生重复或缺失等结构性变异,其诱变机理与一般的诱变因素导致 DNA 少数碱基发生点突变不同^[12]。在研究中发现了同时具有多个性状变异的变异株,其在分子水平上是否存在多个区段的变异与其对应,还需要做进一步的研究。

参考文献

[1] 邱新棉. 植物空间诱变育种的现状与展望[J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5(3):247-251. (Qiu X M. Current status and pros-

- pect of plant space mutation breeding[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2004, 5(3):247-251.)
- [2] 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):853-857. (Pan G H, Yin X G, Yang Q F, et al. Progress in crop mutation breeding induced by space flight[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2005, 18(6):853-857.)
- [3] 陈丽霞, 杜吉到, 费志宏, 等. 诱变育种技术在大豆育种中的应用[J]. 大豆科学, 2008, 27(5):874-878. (Chen L X, Du J D, Fei Z H, et al. Induced mutation technique and the application on soybean breeding[J]. Soybean Science, 2008, 27(5):874-878.)
- [4] 谢琳, 牛应泽, 郭世星. 航天搭载与 NaN₃ 处理对甘蓝型油菜根尖细胞的诱变效应[J]. 中国农业科学, 2008, 41(12):4250-4256. (Xie L, Niu Y Z, Guo S X. Cytological effects of mutation on root-tip cells in rapeseed (*Brassica napus* L.) by space flight and sodium azide[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2008, 41(12):4250-4256.)
- [5] 魏力军, 王俊敏, 杨谦, 等. 水稻空间搭载与地面 γ 辐照诱变效应的比较研究[J]. 中国农业科学, 2006, 39(7):1306-1312. (Wei L J, Wang J M, Y Q, et al. A comparative study on mutagenic effects of space flight and γ-rays irradiation in rice[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2006, 39(7):1306-1312.)
- [6] 刘永柱, 王慧, 陈志强, 等. 水稻空间诱变矮秆突变体 CHA21 变异特性研究[J]. 华南农业大学学报, 2005, 26(4):1-4. (Liu Y Z, Wang H, Chen Z Q, et al. Characters variation of special dwarf mutant CHA21 induced by space environment in rice[J]. Journal of South China Agricultural University, 2005, 26(4):1-4.)
- [7] 严文潮, 徐建龙, 俞法明, 等. 不同早籼基因型水稻的空间诱变效应研究[J]. 核农学报, 2004, 18(3):174-178. (Yan W C, Xu J L, Yu F M, et al. Mutagenic effects of space conditons on different genotypic Indica rice[J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica, 2004, 18(3):174-178.)
- [8] 郑伟, 郭泰, 王志新, 等. 航天搭载大豆 SP₂ 农艺性状诱变效应初报[J]. 核农学报, 2008, 22(5):563-565. (Zheng W, Guo T, Wang Z X, et al. The mutagenic effects of space flight on SP₂ agronomic traits of soybean[J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica, 2008, 22(5):563-565.)
- [9] 谢甫梯, 姜艳杰, 张惠君, 等. 空间诱变对大豆长花序短果枝性状的影响[J]. 大豆科学, 2009, 28(6):964-969. (Xie F T, Jiang Y J, Zhang H J, et al. Effect of space mutagenesis on long floral axis and short pod-branch of soybeans[J]. Soybean Science, 2009, 28(6):964-969.)
- [10] 张天真. 作物育种学总论[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 99-100. (Zhang T Z. Crops Breeding[M]. Beijing: Agricultural press, 2003:99-100.)
- [11] 方金梁, 邹定斌, 周永胜, 等. 航天诱变选育高产高蛋白质水稻新品种[J]. 核农学报, 2004, 18(4):280-283. (Fang J L, Zou D B, Zhou Y S, et al. Breeding of high yield and high protein rice varieties by space mutation[J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica, 2004, 18(4):280-283.)
- [12] 杨存义, 陈芳远, 王应祥, 等. 梗稻品种秋光空间诱变突变体的微卫星分析[J]. 西北植物学报, 2003, 23(9):1550-1555. (Yang C Y, Chen F Y, Wang Y X, et al. Polymorphic analysis of microsatellite markers in mutants of japonica[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2003, 23(9):1550-1555.)