

文献综述

航天诱变育种研究的新进展^{*}

密士军, 郝再彬

(东北农业大学生命科学学院, 哈尔滨 150030)

摘要: 近年来, 航天诱变育种已成为空间生命科学研究方面的重要内容之一。国内外利用航天诱变育种技术培育了粮食作物、经济作物、花卉及抗生菌等高产优质新品种(系)。经过卫星搭载, 生物在高真空、微重力、强辐射及其他因素的综合作用下产生了变异, 也可激活细胞中的转座子, 使生物发生突变。航天诱变育种技术开创了育种的又一新途径。

关键词: 航天诱变; 卫星搭载; 育种

中图分类号: S 503.2 文献标识码: A 文章编号: 1002-2767(2002)04-0031-03

The Recent Progress on Breeding by Spaceflight Mutagenesis

MI Shi-jun, HAO Zai-bin

(College of Life Science, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: In the past few years, spaceflight mutation breeding has become a big characteristic in the study of space life science. A lot of new high—produced and well qualitative cereals, flowers and antibiotics have been bred by the technique of spaceflight mutation breeding home and abroad. The variations are produced in many organisms travelled by satellite by means of the comprehensive effect like high vacuum, microgravity, insense radiation and so on. Recently a new kind of mutagenic mechanism was found, which is theory of transposon. Transposon is activated and the mutation happens in the organism. Spaceflight mutation breeding opens up a new way for the breeding.

Key words: spaceflight mutagenesis; satellite travel; breeding.

随着人类对宇宙空间的深入认识, 特别是各类飞行器(卫星、飞船、空间站、航天飞机)的出现, 空间生命科学应运而生, 并得到了迅速发展。近几十年来, 航天诱变育种已成为空间生命科学研究的重要内容之一。所谓航天诱变育种(Spaceflight Mutation Breeding)就是指在距离地球 20~40km 的高空进行各种农作物飞行搭载处理, 使农作物在太空特殊环境条件下产生突变, 返回地面种植选育, 获得生物新品种。航天诱变育种是航天技术、生物技术和农业育种技术相结合的产物, 是近几十年来产生的一种崭新的育种技术。

1 国内外研究动态

国外关于航天诱变方面的研究始于 20 世纪 50

~60 年代。近年来, 航天大国已在空间站进行了生物学试验, 先后培育出百余种太空植物, 为航天诱变育种打下了坚实的基础。据不完全统计, 全世界在 1957~1994 年间发射空间生命科学卫星 113 个, 其中搭载植物材料的有 37 次, 包括前苏联 16 次、美国 14 次、中国 7 次^[1, 6]。

我国是世界上能发射返回式卫星和飞船的三个国家之一, 已经成功地发射了多颗返地卫星和飞船, 因此, 具有了航天诱变育种的优势。我国自 1987 年发射的 FSU-0 返地卫星首次搭载植物种子以来, 发射了 9 颗卫星和 2 艘飞船, 共吸引全国 22 个省市的 70 多个单位参与种子搭载试验, 从中筛选出许多优良的植物新品种, 在农业生产上发挥出积极的作

* 收稿日期: 2002-12-24

作者简介: 密士军(1975—), 男, 山东省人, 硕士研究生, 从事植物生物技术及诱变育种方面的研究。

用。据不完全统计,通过航天诱变育种培育成的高产优质新品种在全国范围内种植面积已达百万亩以上,产生了良好的经济效益和社会效益。

2 我国航天诱变育种所取得的成就

到目前为止,我国利用航天诱变技术已培育水稻、小麦、玉米、大豆、青椒、蕃茄、黄瓜等许多农作物、蔬菜和一些花卉新品种(系)及优良菌种^[1~9]。

2.1 粮食作物和经济作物

许多农作物种子经过空间诱变处理,获得了高产、优质、早熟、抗病性和抗逆性强的新品种(系)。徐建龙(1997年)^[3]利用航天诱变育种技术从特早晚粳稻丙95—503的M₂代中筛选出株高比对照高10 cm,穗形加大,平均每穗数85.3粒,比对照多15.2粒的突变体。在中熟晚粳加59后代中发现了多穗、大穗丰产型的突变体,有望直接育成新品种(系);1988年江西省宜丰农科所和中科院遗传所合作进行水稻的航天诱变育种研究,成功地选育出太空特种稻,单产1.2万kg/hm²,还选育出新的不育系、优质黑米和红米新品种;2000年1月抚州地区农科所选育的太空早籼优质早熟新品种V5025通过了江西省科委成果鉴定,比对照增产16.3%~17.9%,高抗稻瘟病,适应性广^[4]。小麦航天诱变育种同样也取得了新进展,小麦航天2号已进入了生产应用。张世成等(1992年)^[5]利用卫星高空处理小麦豫麦13,获得高产新品种。该品系比对照豫麦2号增产7.3%,比原豫麦13增产3.4%,且比原豫麦13抽穗期、成熟期提早1~2 d,穗增大,成穗数提高,丰产性好。江西省农科院已选育出特早熟、品质优良的黑大麦及早熟优质抗病小麦新品种。施巾帼等(1994年)^[6]将雄县红小豆(*Phaseolus angularis wight*)种子搭载“940703”返回式卫星,从SP₃中选出大粒突变体共18株,平均百粒重20.1 g,较对照12.3 g增重60.1%。种成SP₃代株系后,其百粒重均明显超过对照,平均百粒重为19.2 g,较对照11.5 g增重66.1%。赵玉锦等(1997年)^[7]利用返回式卫星搭载的纯系高粱品种晋粮5号地面播种后,获得了矮秆早熟突变体,并且该突变体矮秆早熟性状遗传稳定,与对照相比,成熟期缩短15 d左右,株高降低40 cm。通过对SP₃代种子品质分析发现,种子中亮氨酸含量和可溶性糖含量明显提高,单宁含量显著降低,SP₃代种子品质与对照相比有明显提高。在大豆方面,通过航天诱变育种培育的高产、抗病大豆新品种航天1号,产量比对照增产11%以上。最近,东北农业大学大豆研究所已从卫星搭载处理的大豆中筛

选出多分枝优良变异体,有望获得高产新品种(系)。中科院遗传所(1996年)用卫星搭载处理的花生获得高产优质的株系,其产量是对照的2倍。此外,谷子、玉米、绿豆等粮食作物新品系也已育成,并应用于育种和生产之中。

2.2 蔬菜作物

我国自1987年开始利用返回式地面卫星搭载蔬菜种子,先后获得黄瓜、辣椒、茄子、蕃茄、莲子、青花菜等多种高产优质蔬菜突变体,培育出许多新品种(系),直接用于了农业生产^[8~9]。

中科院遗传所1996年利用返回式卫星搭载黄瓜种子,经过5年选育已获得产量高、口味好、果型大的新品系太空黄瓜96—1,产量在6 000 kg/667 m²左右,单果平均长40 cm,重达1 kg,最大单果可达52 cm,重1.8 kg。太空黄瓜96—1可以在极嫩时采摘,有一股特殊的清香味,口感比普通黄瓜更鲜嫩,并且表现出抗霜霉病及植株高大、健壮等特性。同时,用太空黄瓜和密刺型黄瓜进行杂交,获得了重达1 000 g、长达40 cm的顶花带刺、具有较高商品价值的黄瓜新品系。1987年卫星搭载处理甜椒种子,经多年选育于1998年培育出600 g的大果后代,其Vc含量提高了20%,可溶性固形物提高25%左右,比地面对照增产30%~120%。另外,还培育出太空茄子、太空莲子、太空菜葫芦等多种蔬菜。

2.3 花卉

1988年卫星搭载处理的石刁柏种子,种植后出现雌雄同株的抗盐碱的突变类型。1994年卫星搭载的百合种子,种植后多数比对照提前开花2~7 d,少数品种花期甚至提早20 d,耐霜性强,获得了当代鳞茎比对照大一倍的突变体。1996年中科院遗传所卫星搭载了20种花卉种子,获得花期长、分枝多、花朵大、矮化性状明显的一品红;原本红色的矮牵牛出现了花色相间、一株上长出不同颜色的花朵;三色堇花色变为浅黄色,花期更长;并从万寿菊、八月菊、小丽菊、黑心菊、醉菊等中筛选出了花朵变大、花期变长的有益突变体。

2.4 抗生素菌种

抗生素菌种经过卫星搭载处理后,其生长速度有较大的变异,可以筛选出效价有明显提高的有益变异菌株。卫星搭载的莫能霉素菌种,获得2株特大抑制菌圈的株系,其效价为对照的3倍;从卫星搭载的NIKKO霉素产生菌选出了抗生素效价提高13%~18%,NIKKO霉素X组分亦有所提高的新菌株;对很难诱变的抗生素庆大霉素生产菌棘孢小单

孢菌利用卫星搭载, 获得了效价高 18% 的高产株系。

3 航天诱变育种的机理

宇宙空间特殊的环境条件能直接影响生物的生存、生长、发育、衰老, 引起生物的基因突变。Xu 等 (1992 年)^[10] 利用返回式卫星搭载晚熟 ZR9 香粳水稻分别获得半矮型早熟和中早熟品种宇航 1 号和粳稻 10 号突变体。利用 RAPD 分析, 他们认为两个突变体的矮化基因是由 sd1 基因控制的, 此类变异是由 DNA 上多位点突变产生的。Li 等^[11] 利用返回式卫星搭载 3 个品系的马铃薯种子, 获得的突变体过氧化物酶谱带产生差异, 用 RAPD 分析结果表明: 在 50 个引物中有 18 个引物产生了 166 条 DNA 多态片段, 其多态性从 200bp~2 000bp 变化不等, 3 个品系的突变率分别为 4.5%、1.3% 和 3.2%。产生变异的主要原因是由以下几个因素决定的:

3.1 微重力

在宇宙空间, 重力仅为地球的百万分之一到十万分之一, 这是影响生物生长发育的重要因素之一, 也是产生变异的重要原因之一。Kiss-JZ 等^[12] 研究微重力对拟南芥 (*Arabidopsis thaliana*) 幼苗生长发育的影响, 他们认为其种子的发芽率不受微重力的影响, 但是幼苗生长受到抑制, 株形比对照矮小。微重力能够使细胞分裂紊乱、染色体畸变、核小体数目发生变化, 从而影响植物的生长发育和信号传递等生理生化过程^[13]。Anikeeva 等 (1983 年)^[14] 认为微重力能够干扰 DNA 的损伤修复系统, 抑制 DNA 损伤的修复, 增加植物对其它诱变因素的敏感性, 加剧生物变异, 提高变异率。

3.2 强辐射

宇宙空间存在着比地球上强得多的天然辐射, 这些射线包括地球磁场捕获高能粒子后产生的俘获带电辐射、太阳系外突发性事件中产生的银河系宇宙射线 (galactic cosmic rays, 简称 GCR) 以及太阳爆发产生的太阳粒子 (solar particle events, 简称 SPE)。GCR 中含有相当量的高能重粒子 (HZE), SPE 中重粒子占总剂量的 10%。空间重粒子一般是指原子序数大于或等于 3 的粒子, 具有很高的能量, 比 X-射线和 γ -射线具有更强的相对生物学效应 (relative biological effectiveness, 简称 RBE)。单个高能重粒子穿过生物体时, 生物体内蓄积大量的能量, 并导致生物体的损伤, 如果能量停留在生物体内, 则受到的损伤更大^[15~16]。高能重粒子 (HZE) 具有强烈的诱变效应, 可以导致细胞的死亡和突变。Nevzgodina 等 (1982 年)^[17] 和 Maksimova (1985 年)^[18] 利用核径迹

探测片观察到莴苣种子在卫星搭载飞行中被 HZE 击中后其染色体畸变率大大增加。Pickert 等 (1992 年)^[19] 研究认为 HZE 可导致高等植物细胞产生损伤和可遗传的突变。

3.3 其他因素的复合效应

生物材料产生突变是飞行环境中诸多因素综合作用的结果。诸如大气结构、空气密度 (超真空)、压力、地磁强度、气温等。这些因素加上微重力和空间辐射引起生物体内遗传物质的结构发生改变而产生变异。

3.4 转座子说

随着基因组研究的深入和发展, 最近中科院遗传所的专家发现了新的诱变机制—转座子说。他们研究认为: 太空环境使潜伏的转座子激活, 活化的转座子通过移位、插入和丢失, 可以导致基因的变异和染色体的畸变。基因组序列测定表明, 在植物中存在大量转座子序列和逆转座子序列, 太空环境激活了这些转座子, 致使搭载生物发生变异。这一新的发现为航天诱变育种的机理研究又增加了新的内容, 加速了航天诱变育种机理的研究进程。

4 展望

太空环境是一种地球上无法比拟的特殊诱变源, 产生的变异具有变异幅度大、有益变异多、诱变效率高、稳定快的特点。而常规杂交育种是把所有的基因重新组合, 虽培育出不少高产优质的品种, 但是缺少新基因的参与。如果利用转基因技术培育新品种又涉及生物安全性的问题。然而航天诱变产生的变异是 DNA 内部发生的重组, 属于内源基因的改良, 不是外源基因的加入, 所以是很安全的, 具有广阔的市场前景。

随着农业产品结构的调整, 为花卉业、草业、林业的开发开辟了广阔前景。利用航天诱变育种技术可以产生产量高、经济性能好、速生的太空花草、太空木林, 这些都有着广阔的市场前景, 可产生可观的社会和经济效益。

种子搭载后不仅在育种上有重要意义, 而且可以探索空间条件对生物影响的机理, 为人类开拓空间资源提供理论依据。航天诱变育种已成为我国空间生命科学研究的重要方面, 也开创了我国育种的一项新途径。

参考文献:

- [1] 贾建航, 王斌. 空间诱变育种研究进展[J]. 核农学报, 1999, 13 (3): 187-192.

(下转第 53 页)

用量过大,对麻苗造成药害,增加了生产者的投入。当杂草多已出齐(3~5片叶),麻苗10~15 cm时喷药效果最佳。不然苗小对麻易造成药害,施后杂草抗药性增强,除草效果不理想。本省北部地区农田杂草基数普遍较高,前茬盲目加大除草剂用量,给后作亚麻往往会造成药害,亦可用稳杀得或盖草能取代拿扑净,用氯磺隆代替二甲四氯,只要严格掌握用量都可收到预期的效果。若发现麻田杂草过多,改用拿扑净与二甲四氯及氯磺隆3种药剂复配灭草效果达95%以上。比原两种药剂复合配方可提高效果10%~20%。不同药剂适用有效量分别是二甲四氯420 g/hm²、拿扑净(稳杀得)300 mL/hm²、绿黄隆7.5 g/hm²。因此要根据田间杂草的种类及数量,灵活应用不同的除草剂,在配药时尤其要准确掌握二甲四氯不得超过50 g/667m²(商品量),否则麻苗易产生药害,如阔叶草过多,采取间隔一周左右重复喷药,即使对荞麦蔓、鸭趾草、问荆密集的麻田也能取得满意的灭草效果。

经实践,药液中加入4~5 kg/hm²尿素,不仅可提高灭草效果,还可达到壮苗的作用。

亚麻田除草,苗期茎叶处理采用全面施药法,要选择无风天气进行,可结合天气预报,喷药后最好4~6 h内不下雨,否则药效降低。

种子田面积小密度低,行走方便,后期人工拔一遍大草利于提高种子净度,还可减少杂草对下茬作物的危害。

4 航化施药消灭后期滋生的杂草

亚麻属平播密植作物,干旱年份后期经常受杂草危害,人工或机械施药都十分困难,改用飞机喷药则可迎刃而解,我省北部农垦系统集中连片种麻,土地平坦障碍物少,为航化作业提供了便利条件。

作业中为避免喷头堵塞或药液浓度不匀产生药害,配药时应先将粉剂用清水配成母液,经搅拌倒入配药箱内,边倒边通过250目铁纱网过滤,为方便,应先往飞机药箱中加入半箱清水,加入母液,再加足所需水量。用运五型飞机,每次可装药1 000 kg,喷液有效喷幅40~50 m,距农作物顶端5~7 m飞行,喷洒时间100 s,作业面积20 hm²,雾滴20~40个/m²,喷药量50 kg/hm²。

选用药剂应根据各地块杂草发生种类、数量灵活掌握,除草剂型号及用量可参照前面所述地面机械苗期施药进行操作。

为提高航化药效,应在气温低于30℃,风速4 m/s以下,由下风向往上风向进行作业,并要根据药的种类,避开易受不良影响的作物。

(上接第33页)

[2] 傅兆麟. 植物空间诱变育种[J]. 世界农业, 2000, (5): 26-27.

[3] 徐建龙. 空间诱变因素对不同粳稻基因型的生物学效应研究[J]. 核农学报, 2000, 14(1): 56~60.

[4] 李忠娴. 航天育种研究动态与展望[J]. 江西农业科技, 2000, (3): 43-44.

[5] 张世成, 吴政卿, 杨会民, 等. 小麦高空诱变育种研究[J]. 核农学报, 1997, 12(3): 7-10.

[6] 施巾帼, 范庆霞, 王琳清, 等. 太空诱发红小豆大粒突变[J]. 核农学报, 2000, 14(2): 93-98.

[7] 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.

[8] 毕宏文, 邓立平, 张宏. 蔬菜空间诱变育种研究概述和展望[J]. 北方园艺, 1999, (1): 13-14.

[9] 李全国. 蔬菜航天诱变育种[J]. 中国蔬菜, 1999, (1): 4-5.

[10] Xu Jian-long, Lin Yi-zi et al. Rice mutant induced by space condition[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 1999, 11(2): 63-66.

[11] Li Jin-guo, Liu Min, Wang Pei-sheng et al. Isozymes peroxidase and RAPD analysis of space-travelled tomato[J]. Acta Horticulturae Sinica, 1999, 26(1): 33-36.

[12] Kiss J L, Brinckmann E, Brillouet C. Development and growth

of several strains of Arabidopsis seedling in microgravity[J]. International Journal of Plant Sciences, 2000 161(1): 55-62.

[13] 朱昌兰, 胡岳峰, 陈莹, 等. 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.

[14] Anikeeva I D, Kostina L N, Vaulina. Experiments with air-dried seeds of Arabidopsis haliana(L.) wallr. aboard saljut 6[J]. Adv Space Res, 1983, 3: 129-136.

[15] 杨垂绪, 梅曼彤. 太空放射生物学[M]. 广州: 中山大学出版社, 1995.

[16] 黄荣庆. 中国微重力科学与空间实验首届学术讨论会论文集[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1998.

[17] Nevzgodina L V, Maksimova Y N. Cytogenetic effects of heavy charges particles of galactic cosmic radiation in experiments aboard Cosmos-1129 biosatellite[J]. Space Biol Aerosp Med, 1982, 16: 103-111.

[18] Maksimova Y N. Effect on seeds of heavy charged particles of galactic cosmic radiation[J]. Space Biol Aerosp Med, 1985, 19: 103-114.

[19] Pickert M, Gartenbach K E, Kranz A R. Heavy ion induced mutation in genetic effective cells of high plant[J]. Adv Space Res 1992, 12: 69-75.