

## 超级杂交稻恢复系“航1号”的选育与应用

谢华安, 王乌齐, 陈炳焕, 张建福, 郑家团, 黄庭旭, 杨惠杰, 肖承和, 张海峰, 杨东, 张水金

(福建省农业科学院稻麦研究所, 福州 350019)

**摘要:** 介绍了超级杂交稻恢复系“航1号”的选育过程及其主要农艺学特性, 以及用其配制的超级杂交稻新组合“特优航1号”和“II优航1号”的稻米品质、区域试验与生产示范结果。利用航天育种技术, “特优航1号”和“II优航1号”的稻米品质得到了显著的改良, 其蛋白质含量分别为10.7%和10.8%, 比对照“II优明86”(8.8%)分别提高了1.9和2.0个百分点。

**关键词:** 水稻; 航天育种; 卫星搭载; 航1号

## Breeding and Application of the Restorer Line “Hang No.1” in Super-high-yielding Hybrid Rice

XIE Hua-an, WANG Wu-qi, CHENG Bing-huan, ZHANG Jian-fu, ZHENG Jia-tuan, HUANG Ting-xu,  
YANG Hui-jie, XIAO Cheng-he, ZHANG Hai-feng, YANG Dong, ZHANG Shui-jin

(The Rice and Wheat Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350019)

**Abstract:** The breeding process of the restorer line ‘Hang No.1’ of super-high-yielding hybrid rice carried by spaceflight and its major agronomic characters were discussed. The qualities of rice, the results of the provincial trials and producing paradigm in Fujian Province of the hybrid combinations ‘Teyouhang No.1’ and ‘II Youhang No.1’ were displayed. It was found that the qualities of rice are improved notably of the hybrid combinations ‘Teyouhang No.1’ and ‘II Youhang No.1’. Their protein contents were 10.7% and 10.8% in dry grains, respectively, and 1.9% and 2.0% higher than that of the control, II Youming86 (8.8%).

**Key words:** Rice; Plant breeding by spaceflight; carrier by spaceflight; Hang No.1

农业空间诱变育种(或称航天诱变育种、太空育种)是指利用太空运载工具如飞船、返回式卫星和高空气球等将农作物种子带到200~400 km太空环境,利用太空特殊的环境(空间宇宙射线、高能粒子、微重力、高真空和弱磁场等因素)对农作物种子的诱变作用后产生变异,再返回地面选育新种质、新材料,培育新品种的作物育种技术。该技术具有变异幅度大、有利变异增多、生育期缩短、抗病能力增强和作物产量提高等特点<sup>[1]</sup>。1996年俄美合作首次成功地在“和平”号轨道站培育和收获了150个麦穗的墨西哥小麦。自1987年至1999年底,我国成功地9次利用返回式卫星进行植物种子搭载,先后共搭载500多个植物品种,选育了一批水稻、小麦、油茶、大豆、棉花、黄瓜、青椒、番茄等优良品种(品系),有些品种已在大

面积推广,累计示范推广面积已超过 $13.33 \times 10^4$  ha,产生了巨大的社会效益<sup>[2]</sup>。福建省农业科学院稻麦研究所利用航天育种技术成功育成了“航1号”超级杂交水稻恢复系,并配制了“特优航1号”和“II优航1号”等一批超级杂交水稻新组合。“特优航1号”“II优航1号”组合分别于2002年12月、2004年1月通过了福建省农作物品种审定委员会审定。“特优航1号”组合于2004年4月还通过浙江省农作物品种审定委员会审定。2004年,“特优航1号”“II优航1号”同时进入全国生产试验。本文阐述“航1号”的选育过程、主要农艺学特性及其配制组合的表现,并通过建立新的水稻航天育种技术体系,为水稻育种开辟一条新途径进行探讨。

收稿日期: 2003-09-04

基金项目: 国家“863”资助项目(2002AA241011)、农业部“超级稻”项目和福建省重大项目(2002Z001)

作者简介: 谢华安(1941-),男,福建龙岩人,研究员,主要从事杂交水稻育种研究。Tel:0591-7884604; E-mail: xhafaas@yahoo.com.cn

## 1 选育过程

1996 年用三系粳型强恢复系明恢 86 干种子进行卫星搭载高空辐射试验。1997 年春季种植, 后代出现分离。选择抗倒伏、穗型大、结实率高、株叶形态好、米质较明恢 86 有所改善, 形态各异的优良  $M_1$  代单株 97 株留种。从  $M_2$  代开始, 按系谱法在福建福州、海南、福建南靖、福建上杭等不同生态条件下进行株系

选择和稻瘟病抗性鉴定, 选择抗病性强、经济性状优良的单株进行定向培育, 1998 年获得代号为 RH77 的优良株系。同年冬在福建省海南基地与龙特甫 A、II-32A 等不育系进行小面积制种, 1999 年, 龙特甫 A  $\times$  RH77 参加福建省晚稻观察圃试验, 并命名为“特优航 1 号”; RH77 命名为“航 1 号”; 恢复系 II-32A  $\times$  RH77 命名为“II 优航 1 号”。选育过程如图所示。

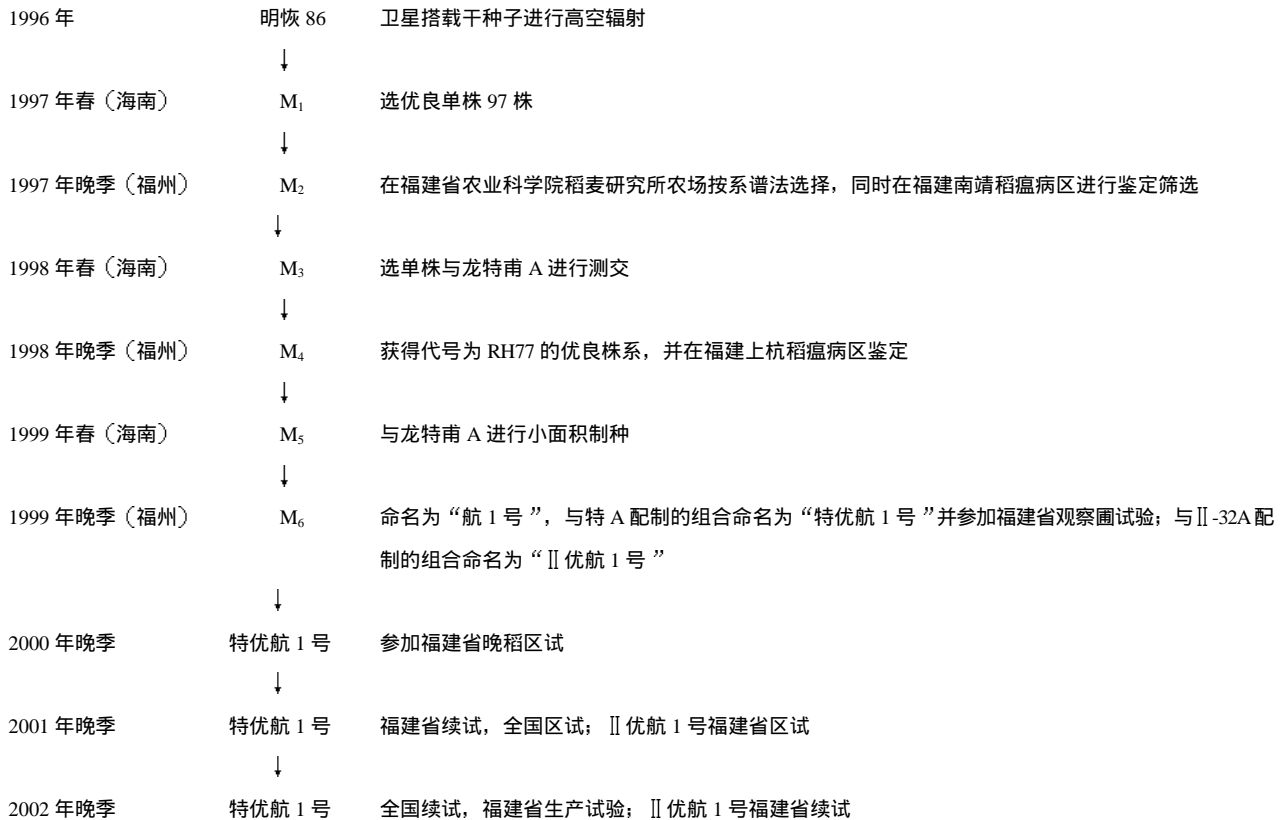


图 航 1 号恢复系选育流程

Fig. The breeding process of the restorer line ‘Hang No.1’

## 2 主要农艺学性状

### 2.1 航 1 号的农艺性状

航 1 号作晚稻种植播始期 100 d 左右, 比明恢 86 长 3~5 d。主茎叶片数 17~18 叶, 株高 110~115 cm, 比明恢 86 高 5 cm, 茎秆粗壮, 耐肥抗倒, 分蘖力中等, 株叶形态好, 叶片比明恢 86 稍窄, 千粒重比明恢 86 小 1 g, 结实率高, 转色好, 中抗稻瘟病, 米质比明恢 86 略好。一般丛有效穗 9.6 穗, 每穗总粒数 140.5 粒, 每穗实粒数 120.8 粒, 穗长 27.5 cm, 结实率 86%,

千粒重 29.0 g, 花药饱满, 花粉量大, 制种产量高。航 1 号与对照明恢 86 性状差异见表 1。

### 2.2 航 1 号抗逆性较强

航 1 号经福建南靖、福建上杭茶地稻瘟病区点鉴定, 稻瘟病抗性比明恢 86 稍强, 苗期和后期耐寒性好, 中抗稻飞虱。用航 1 号配制的组合“特优航 1 号”参加福建省联合稻瘟病抗性鉴定, 2000 年叶瘟抗性指数为 61.12%; 穗颈瘟抗性指数为 63.34%。2001 年叶瘟抗性指数为 70.37%; 穗颈瘟抗性指数为 80.25%。用航

1号配制的组合“II优航1号”参加福建省联合稻瘟病抗性鉴定,2001年叶瘟抗性指数为60.48%,穗瘟抗性指数为65.43%。2002年穗瘟鉴定,抗感反应为MR;苗期接菌鉴定抗菌株率为83.33%,抗感反应为R。

### 2.3 航1号配合力好、恢复力强、恢复谱广

1999~2002年用航1号恢复系分别与野败型龙特甫A、IR58025A、佳禾A、京福1A、川香A、印尼水田谷型II-32A、G型冈A、D型D62A、两系SE21S等不同细胞质不育系配组均表现优势强、大穗大粒、结实率高、配合力好、恢复力强、恢复谱广等特点(表2)。从表中的统计结果可以看出,2001年,“特优航1号”参加福建省区试,和对照汕优63比,株高高6.3cm,穗长长0.6cm,总粒数多16.5,实粒数多8.9,

千粒重大0.5g,结实率小2.81;2002年,“特优航1号”和“II优航1号”参加福建省区试,和对照汕优63比,株高分别高4.0cm、8.7cm,穗长分别长0.4cm、0.9cm,总粒数分别多26.4、24.6粒,实粒数分别多11.1、11.5粒;“特优航1号”比对照汕优63千粒重大1.1g,“II优航1号”比对照63小0.4g;“特优航1号”比对照汕优63的结实率低1.12,“II优航1号”比对照63低0.02。2003年,海南国家“863”基地杂交水稻组合展示结果,“特优航1号”和“II优航1号”和对照汕优63比,株高分别高9.5cm、8.0cm,穗长分别长1.5cm、1.3cm,总粒数分别多68.6、45.6粒,实粒数分别多65.2、46.2粒,千粒重分别小0.1g和0.69g。

表1 航1号与明恢86主要农艺性状比较

Table 1 Comparison on major agronomic characters between Hang No.1 and Minghui 86

性状(名称) Characters	明恢86 Minghui 86	航1号 Hang No.1	航1号与对照明恢86的差异 Difference between Hang No.1 and Minghui86
播始期 Date of Sowing (d)	95	100	+5
株高 Plant Height (cm)	110	115	+5
剑叶长宽 Length and width of flag leaf	稍宽、短 Wider and shorter	稍窄、长 Narrow and longer	稍有差异 Slightly different
丛有效穗 Effective spikes per plant	8.2	9.6	+1.4
穗长 Length of spike (cm)	26.0	27.5	+1.5
穗总粒数 Total grains per spike	143.5	140.5	-3 相当 Quite same
穗实粒数 Grains per spike	125.4	120.8	-4.6 相当 Quite same
结实率 Seed setting percentage (%)	87.4	86.0	-1.4
千粒重 1000-grain weight (g)	30.0	29.0	-1
抗稻瘟病 Blast resistance	中抗 Middle resistance	中抗 Middle resistance	相当 Quite same
抗稻飞虱 PH Lanthopper resistance	中抗 Middle resistance	中抗 Middle resistance	相当 Quite same
谷粒长 Length of grain (cm)	0.9701	1.0135	+0.0434
谷粒宽 Width of grain (cm)	0.3084	0.2948	-0.0136
谷粒长宽比 Ratio of length and width	3.15	3.44	+0.29

表2 航1号恢复系与不同细胞质不育系配制的组合农艺性状

Table 2 The Agronomic Characters of Hybrid Combinations between the restorer lines Hang No.1 and different CMS

试验地点 Test sites	组合名称 Hybrid combinations	年份 Years	每亩有效穗数 Effective spikes per 666.7 m <sup>2</sup> (10 <sup>4</sup> )	株高 Plant height (cm)	穗长 Length of spike (cm)	穗总粒数 Total grains per spike	穗实粒数 Grains per spike	结实率 Seed setting Percentage (%)	千粒重 1000-grain weight (g)
福建省区试 Fujian Provincial trial	特优航1号 Teyouhang NO.1	2000	17.57	100.7	24.3	133.9	109.7	83.59	29.3
	汕优63CK Shanyou 63	2000	17.32	94.4	23.7	117.4	100.8	86.40	28.8
福建省区试 Fujian Provincial trial	特优航1号 Teyouhang NO.1	2001	16.35	101.5	23.7	140.1	121.5	87.28	29.3
	汕优63CK Shanyou 63	2001	17.64	97.5	23.3	113.7	110.4	88.40	28.2
	II优航1号 II Youhang NO.1	2001	16.37	106.2	24.2	138.3	121.9	88.38	27.8
	II优航1号 II Youhang NO.1	2002	8.4(丛)	121.2		157.3	146.0	92.8	30.0
	特优航1号 Teyouhang NO.1	2002	8.2(丛)	111.0		145.8	137.0	93.8	30.4
	特优航1号 Teyouhang NO.1	2003	14.1	108.5	24.5	178.6	170.2	95.3	30.37
国家“863” 基地(海南) 杂交水稻组合 展示 Hainan Province	特优航1号 Teyouhang NO.1	2003	14.5	107.0	24.3	155.6	151.2	97.2	29.78
	II优航1号 II Youhang NO.1	2003	19.2	89.0	23.0	110.0	105.0	95.5	30.47

## 2.4 航 1 号配制的组合优势强、产量高

2.4.1 特优航 1 号 特优航 1 号 2000 年参加福建省晚粳中迟熟 A 组区试, 平均亩产 461.58 kg, 比对照汕优 63 增产 9.66%, 达极显著差异水平。2001 年福建省区试 A 组续试, 平均亩产 466.98 kg, 比汕优 63 增产 9.56%, 差异极显著。两年单产、日产量均居参试组合首位, 创“六五”攻关以来福建省所有参加省区试品种、组合产量最高纪录。2002 年参加福建省生产试验, 在闽侯、涵江、沙县、永定、建瓯、厦门、石狮、福安等地 8 个示范点, 平均亩产 495.57 kg, 比对照增产 53.31 kg, 增产 22.4%, 居 7 个组合首位。经 3 年区试, 表现出茎秆粗壮抗倒、大穗大粒、分蘖中等、结实率高、丰产性好、生育期适宜、后期转色好、较抗稻瘟病等优点。2001 年参加武夷山单季稻展示区试验, 平均亩产 663.00 kg, 比对照汕优 63 增产 20.1%。参加浙江省温州市区试, 平均亩产 545.3 kg, 比对照汕优 63 增产 9.6%, 居参试组合第 1 位。2002 年参加全国南方稻区晚粳中迟熟高产组区试, 平均亩产 512.24 kg, 比对照汕优 63 增产 4.58%, 达极显著水平。

2.4.2 II 优航 1 号 2001 年参加福建省区试, 平均亩产 449.23 kg, 比对照汕优 63 增产 22.99 kg, 增产 5.39%, 居第 5 位。2002 年参加福建省续试, 平均亩产 458.35 kg, 比汕优 63 增产 41.47 kg, 增产 9.95%, 居第 2 位。表现高产、稳产、适应性广, 较抗稻瘟病, 米质较好等优点。2000 年参加浙江省杭州中国超级稻展示, 亩产达 615.33 kg, 比对照汕优 63 增产 20%, 居 25 个参试组合首位。2003 年, 在福建 60 年一遇的大旱条件下, 作为再生稻超高产栽培, 101 亩示范片头季稻平均亩产达 815.4 kg, 最高亩产达 904.3 kg, 显示了较好的耐高温性能。

## 2.5 航 1 号恢复系稻米品质好

航 1 号恢复系谷粒为长粒形, 米质外观透明, 米饭柔软, 食味好。用航 1 号恢复系配制的特优航 1 号、II 优航 1 号等组合米质经过农业部稻米及制品质量监督检验测试中心测定, 其中特优航 1 号精米率、整精率、粒长、碱消值、直链淀粉含量、蛋白质含量 6 项指标均达到优质一级标准; 糙米率、长宽比、透明度三项指标达优质二级标准。II 优航 1 号精米率、整精率、碱消值、直链淀粉含量、蛋白质含量五项指标达优质一级标准; 糙米率、粒长、长宽比、透明度、胶稠度五项指标达优质二级标准。

## 2.6 航 1 号恢复系配制的组合稳产性较好

2001 年特优航 1 号、II 优航 1 号参加福建省区试

试验, 经稳产性测定分析: 特优航 1 号小区产量变异系数分别为 2.342% 和 3.415%, 稳定性参数分别为 0.838 和 1.083,  $S^2d$  分别为 0.119 和 0.287。II 优航 1 号小区产量变异系数为 3.587%, 稳定性系数为 1.051,  $S^2d$  为 0.442。说明航 1 号恢复系配制的组合稳产性较好。

## 3 讨论

据研究表明, 由于宇宙间的特殊条件, 如高真空 ( $10\sim 8$  Pa)、微重力 ( $10\sim 5$  g), 宇宙间高能核粒子辐射及强紫外线照射等诱变因子的综合作用, 可直接影响种子内部结构, 导致遗传基因的改变, 从而产生变异和分离现象<sup>[3,4]</sup>。祁建军<sup>[5]</sup>等对卫星搭载的 4 个灵芝菌株与地面对照组不同生长时期的酯酶同工酶及菌丝体的生长速度进行研究, 发现空间条件处理后灵芝菌丝体的酯酶同工酶及生长速度均有不同的变化。孙野青<sup>[6]</sup>等对卫星搭载的青椒和番茄进行研究发现, 卫星搭载的材料具有显著的增产潜力, 果大且抗病性增强, 其过氧化物酶同工酶及酯酶同工酶谱与对照相比, 发生了程度不等的变化, 而且其营养成分含量及品质比对照组高。薛准等<sup>[7]</sup>的研究表明, 微重力条件下马铃薯植株的过氧化物酶同工酶谱出现了新的谱带且同工酶活性高于对照。刘敏等<sup>[8]</sup>对卫星搭载后育成的甜椒 87-2 与地面对照龙椒 2 号进行了过氧化物同工酶检测, 发现太空椒 87-2 的生理活性明显高于地面对照。李金国等<sup>[9]</sup>的研究表明, 经高空气球搭载可选育出高产、蛋白质和脂肪含量高的谷子新品(系)种, 而且这些新的性状变异在后代中能够表达。李金国<sup>[10]</sup>、李源祥<sup>[11]</sup>等的研究认为, 卫星搭载水稻干种子, 其后代的米质和过氧化物同工酶也有明显的变化。2001 年江西省抚州市农业科学研究所通过航天育种技术育成了赣早粳 47, 该品种具有早熟、高产、中优和多抗等优点<sup>[12]</sup>。笔者利用航天技术选育的超级杂交稻恢复系“航 1 号”和对照明恢 86 对比, 农艺性状发生了显著的变化, 如播始期长 5 d、株高增加等。

利用航天育种方法选育水稻恢复系, 可选择到比搭载前品质更好、抗性更强、不同生育期类型和不同形态特征的恢复系, 为水稻恢复系的选育开辟了一条新的途径。粳稻品种中作 59 和海香, 其  $M_2$  代在 11 个性状上均出现广幅的分离, 不仅从中获得了产量、品质明显改进的新品系, 而且从中选育出能恢复粳型雄性不育系育性的粳稻恢复基因突变系<sup>[14]</sup>。笔者利用航天育种技术培育的“航 1 号”恢复系具有恢复力强、

恢复谱广、配合力好等优点,和对照明恢 86 相比,有多项指标要优于明恢 86,说明在高空条件下能够创造类型丰富的变异材料,供育种家们选择利用。同时“航 1 号”恢复系可与野败型、印尼水田谷型、G 型、D 型等不同细胞质不育系配制出三系杂交稻新组合,也可以利用光敏核不育系配制出二系杂交稻新组合。

## References

- [1] 温贤芳,刘录祥.我国农业空间诱变育种研究进展.高科技与产业化,2002:31-37.  
Wen X F,Liu L X.Progress on space-mutation breeding of agriculture in China. *Hi-technology and Industrialization*, 2002: 31-37. (in Chinese)
- [2] 陈子元.从辐射育种的发展来展望航天育种的前景.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. *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica*, 2002,16(5): 261-263.(in Chinese)
- [3] 孙传芝,吴洪.农作物空间诱变育种的研究与前景.福建农林大学学报,2002,31(增刊):9-12.  
Sun C Z, Wu H. Research and prospect on crop space-mutation breeding. *Acta Fujian Agriculture and Forest University*, 2002, 31 (Suppl.):9-12.(in Chinese)
- [4] 陈先彰.水稻航天育种获突破性进展.农业科技要闻,1996,(3):4-5.  
Chen X Z. The breakthrough of rice breeding by spaceflight. *Agro-technology News*, 1996, (3):4-5. (in Chinese)
- [5] 祁建军,陈向东,兰进.神州号飞船搭载灵芝的酯酶同工酶研究及生长速度测定.核农学报,2002,16(5):289-292.  
Qi J J, Chen X D, Lan J. Studies on esterase isozymes and mycelium growth speed of *Ganoderma lucidum* carried shenzhou spaceship. *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica*, 2002, 16(5):289-292. (in Chinese)
- [6] 孙野青,李玉芬,陈岩,魏力军,方晓华.航天育种青椒和番茄遗传变异研究.空间科学学报,2002,16(增刊):164.  
Sun Y Q, Li Y F, Chen Y, Wei L J, Fang X H. Study on genetic variation on green pepper and tomato breeding by spaceflight. *Chinese Journal of Space Science*, 2002, 16(Suppl.):164.(in Chinese)
- [7] 薛淮,刘敏,王亚林,张纯花,李社荣.模拟微重力条件下马铃薯的同工酶检测及 RAPD 产物分析.核农学报,2002,14(4):218-224.  
Xue H, Liu M, Wang Y L, Zhang C H, Li S R. Peroxidase isoenzymes analysis and RAPD molecular detection on potato under simulated microgravity. *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica*, 2002,14(4): 218- 224.(in Chinese)
- [8] 刘敏,李金国,王亚林,张赞,薛淮,张纯花,李社荣.卫星搭载的甜 87-2 过氧化物同工酶检测和 RAPD 分子检测初报.核农学报,1999,13(5):291-294.  
Liu M, Li J G, Wang Y L, Zhang Z, Xue H, Zhang C H, Li S R. Peroxidase isoenzymes and RAPD molecular detection on pimienta 87-2 carried by spaceflight. *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica*, 1999,13(5): 291-294.(in Chinese)
- [9] 李金国,姜国勇,王培生,张健,蒋兴村.谷子种子经高空气球搭载后的遗传变异研究.航天医学与医学工程,1999,12(5):346-349.  
Li J G, Jiang G Y, Wang P S, Zhang J, Jiang X C. Study on genetic variation of seed from millet carried by high altitude balloon. *Space Medicine and Medical Engineering*, 1999,12(5):346-349.(in Chinese)
- [10] 李金国,李源祥,华育坚,蒋兴村.利用搭载卫星水稻干种子选育出“赣早粳 47 号”的研究.航天医学与医学工程,2001,14(4):286-290.  
Li J G, Li Y X, Hua Y J, Jiang X C. A study on breeding of “Ganzaoxian 47” from dry seeds of rice carried by recoverable satellite. *Space Medicine and Medical Engineering*, 2001, 14(4):286-290. (in Chinese)
- [11] 李源祥,蒋兴村,李金国,华育坚.水稻空间诱变性状变异及育种研究.江西农业学报,2000,12(2):17-23.  
Li Y X, Jiang X C, Li J G, Hua Y J. Study on rice breeding by space mutation and its characters variation. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2000, 12(2): 17-23. (in Chinese)
- [12] 李源祥.航天育种新成果-赣早粳 47.中国种业,2001,(3):42.  
Li Y X. Novel production by spaceflight “Ganzaoxian 47”. *Chinese Seed Industry*, 2001, (3):42.(in Chinese)
- [13] 王乃彦.开展航天育种的科学研究工作,为我国农业科学技术的发展做贡献.核农学报,2002,16(5):257-260.  
Wang N Y. Some proposals on the research of plant breeding by spaceflight in China. *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica*, 2002, 16(5): 257-260.(in Chinese)

(责任编辑 孙雷心)