

研究报告

RESEARCH REPORT

射线辐照水稻成熟花粉的杂交后代突变效应分析

王侯聪 邱思密 陈如铭 方亚顺 杨觉民 黄厚哲 黄育民*

厦门大学生命科学学院, 厦门, 361005

*通讯作者, zjhym@public.xm.fj.cn

摘要

本研究建立了一套简便、行之有效的水稻成熟花粉辐照诱变技术的工作程序, 解决了水稻成熟花粉保鲜的技术难关, 提出了水稻成熟花粉适宜诱变剂量为 46Gy 左右, 确认了辐照花粉杂交后代以产生数量性状突变为主, 第三代较第二代出现更多的突变性状, 扩大了突变幅度, 而且随着世代的递增, 突变性状有累加的现象, 大部分株系在第五代即可稳定。利用本项技术获得了一批熟期提早或推迟 15 天以上, 株高变矮或增高 10cm 以上、稻谷增长 5mm, 米长增加 4.4mm, 长宽比最大达 4.5, 千粒重较起始种增减 10-23g 等特殊性状的一批新种质。本研究初步认为水稻成熟花粉辐照诱变主要是诱发 DNA 位点的突变, 同时存在隐性突变, 在水稻及其它作物育种中具有应用前景。

关键词

水稻, 成熟花粉, 射线辐照, 诱变育种

Genetic Analysis of Mutant Progenies Derived From the Rice Pollen Irradiated by Ray

Wang Houcong Qiu Simi Chen Ruming Fang Yashun Yang Juemin Huang Youzhe Huang Yumin*

School of Life Science, Xiamen University, Xiamen, 361005

*Corresponding author, zjhym@public.xm.fj.cn

ABSTRACT

The rice sexual hybridization procedures using rice mature pollen irradiated by ray has been established, techniques for reserving rice mature pollen more than two hours has also been developed. The best dose for irradiating rice mature pollen is about 46Gy, which will generate lots of mutants. There are more mutant traits of third mutant progenies than that of second, furthermore the additive effects of mutant traits has been observed with the increase of generation, most of mutant lines could be stable in fifth generations. Definitely the mutant loci generated by ray irradiation do belong to quantitative trait locus mutagenesis, dominant and recessive genetic locus mutations will take place, resulting in the variations of traits in the mutants especially of panicles.

Using the techniques of mutation breeding by irradiation on rice mature pollen, plenty of mutants has been obtained, which has superior traits of good quality, high yield, and better resistance, especially the traits of grain appearance, such as long grain, big grain and long panicle, have been gotten. Also new cultivar of early indica rice, named Jiahezaozhan, with good quality and high yield has been developed and approved, and another

er variety called Jiafuzhan with the traits of good quality, high resistances, high yield and high 1000-grain weight has been released recently. The results of this research have been showed that the techniques was one of the best choice to enrich the rice genetic germplasm bank, it is also the suitable solutions for generating the mutants to do functional gene identification.

KEYWORDS

Rice (*Oryza sativa* L. indica), Mature pollen, Ray irradiation, Mutation breeding

1 前言

优良的种质材料是培育优良新品种的前提条件和重要基础。获得优良种质材料有多种途径,目前在育种工作上主要的方式是收集尽可能多的种质资源材料并从中选择可用的材料,通过杂交创造新品种。

诱变育种在植物品种改良中起着极其重要的作用,国内外的研究成果都证实了应用各种诱变技术可诱发植物产生基因突变,创造新的基因型,从而获得人类需要的新种质。创造一个特殊新种质资源往往比培育出几个新品种更有价值,如自然突变的矮秆水稻、雄性不育和光温敏核不育等新种质,都促使我国在水稻育种和生产上发生了划时代的变化(王琳清,1992;缪炳良,1994)。

单倍性的水稻花粉在受射线辐照后,每粒花粉的雄配子体受损伤的情况千差万别,而且诱发的突变无嵌合现象,雄配子体与卵子融合后产生的后代将可能产生多种多样的性状变异。诱变育种家在经济作物的花粉诱变研究方面已做了许多工作并取得显著的成果,而利用水稻的成熟花粉作为诱变材料的研究工作在国内外尚不多见。王侯聪用磷-32溶液培养稻穗,对花粉进行内照射,取得了扩大杂种二代性状分离谱的好结果(未发表)。Chin等(1989a,b)认为水稻花粉较耐辐照,第二代性状变异与常规杂交组合相似,辐照水稻花粉技术用于育种无应用价值。唐贻兰等(1995)认为辐照水稻成熟花粉有利于扩大杂种后代的变异谱。本研究组认为辐照水稻成熟花粉直接作用在性细胞上,有利于诱发性状产生突变,研究水稻成熟花粉辐照诱变技术及其遗传变异的情况,在理论和实践上都具有很重要的意义(王侯聪等,1993a,b;1995a,b)。

本研究组自1986年以来着手研究水稻成熟花粉辐照诱变育种技术,建立了一套较完善的水稻

成熟花粉辐照诱变技术的工作程序,取得了水稻花粉诱变后代性状遗传变异的基本数据;获得了一批突变性状,遗传的新种质。利用该技术与有性杂交相结合,培育出“佳禾早占”等优质早籼新品种。

2 材料与方法

2.1 水稻品种

麻85及白85(*Oryza sativa* L. indica),由福建省农科院省稻麦所郑九如,林文彬先生提供,两份材料的遗传性状稳定,高抗稻瘟病,粒形短椭圆,结实率90%以上,粒谷极难脱粒(郑九如等,1990)。麻85的颖壳为褐色,这些特点有利于判断诱变后代所产生突变性状的真实性。

2.2 辐照源

福建省农科院稻麦研究所⁶⁰Co辐照室。

2.3 辐照剂量

设0,23,46,93,186Gy等5种处理。

2.4 辐照方法

在辐照前采集适宜时期的稻穗,去掉过多的露水,盘置于玻璃培养皿内,放进辐照室进行辐照,稻穗在培养皿中保湿性好,约经十分钟左右颖花开放,显露出花药但不散粉。由于又有坚硬的外包装,便于操作。该方法体积适当,定位准确,辐照剂量重复性好,经几小时的辐照处理,花药仍可散粉。

2.5 授粉及后代观测

用不同剂量辐照花粉后,在经温汤杀雄并剪半颖的原种上进行授粉,然后套袋至成熟。杂交一

代单株种植，分别对 H_1 群体的株高，抽穗期和结实率进行观测。由于 H_1 群体中各个体受辐照损伤的程度不同，我们按 H_1 的结实率不同，分单株收获。 H_2 就按株系单株种植。每个株系种 60 株。对 H_2 群体的株高，抽穗期和结实率的变异情况进行观测。 H_3 以上各世代均按株系单株种植，并对各世代每个株系的株高、抽穗期，结实率和粒形进行观测。

3 结果与分析

3.1 水稻成熟花粉辐照及杂交技术的建立

众所周知，水稻散粉后，花粉的寿命仅数分钟，辐照水稻花粉根本无法引用其他作物的方法，即事先收集花粉然后辐照处理，再授粉。为了解决水稻成熟花粉的辐照问题，本研究先后采用了以下几种处理方法：

整株辐照法：将当天要处理的植株移至辐照室内，进行整体照射。由于水稻长时间处于黑暗的辐照室内，会促使其开花散粉。此法仅适宜小剂量短时间的辐照处理。整株辐照处理需要繁重的操作，而且定位不准确，每次辐照的剂量难以重复。

剥穗培养辐照法：在稻穗辐照前，将适宜时期的稻穗剥离或低位采剪下来，插于培养液中培养后进行辐照，此法可减少辐照时的繁重劳动，但仍无法解决在辐照操作过程中开花散粉和定位不准确等问题。

湿巾保穗法：在辐照前采集适宜的稻穗，包在湿毛巾中照射。此法比较轻便灵活，又不会产生散粉现象。但毛巾的湿度应适当，否则经较长

时间的处理后，花药吸水过多而不散粉或花粉破裂。由于湿穗包粗长、柔软，不易定位，常造成样品损伤，且辐照的剂量不可能均匀一致，误差甚大。

培养皿保穗法：在辐照前采集适宜时期的稻穗，去掉过多的露水，盘置于玻璃培养皿内进行辐照，稻穗在培养皿中保湿性好，经十分钟左右颖花开放，显露出花药但不散粉；又有坚硬的外包装，便于操作；体积适当，定位准确，辐照剂量重复性好，经几小时的辐照处理，花药仍可散粉。几年来，我们采用这种《催花保湿花粉保鲜法》作了数百次的辐照处理，无一次失败，解决了水稻成熟花粉辐照技术的问题，为整个研究工作奠定了可靠的基础。

3.2 水稻辐照花粉杂交一代 (H_1) 的性状表现

用不同剂量辐照麻 85 和白 85 花粉后，在经温汤杀雄并剪半颖的原种上授粉，套袋至成熟。杂交一代单株种植，分别对 H_1 群体的株高，抽穗期和结实率进行观测（表 1）。

结果表明，辐照致使 H_1 的个体生长，发育发生了抑制效应，表现在结实率降低；抽穗期延长；植株变矮。不同剂量处理的 H_1 群体，所表现的抑制效应也不一样，随着辐照剂量的增大，其抑制效应也相应加深。辐照剂量 23 Gy 对群体性状除结实率有所降低外，其他性状基本与对照无大差别。而 46 Gy 以上剂量则在株高、抽穗期和结实率都有较明显的抑制效应。同一剂量的群体中各个体受抑制的情况极不一致，有些个体与对照组无差异，可见花粉辐照诱发突变是随机的。

表 1 不同剂量 射线辐照水稻花粉杂交一代 (H_1) 的性状表现

Table 1 Effects on some traits of H_1 derived from pollen irradiated by different ray doses

剂量 (Gy)	个体数 (n)	株高 (cm)	抽穗期 (天)		结实率 (%)
			heading stage (day)		
			提早	推迟	
dose (Gy)	No. of individuals	plant height (cm)	ahead of time	postpone	seed setting rate (%)
0	50	95 - 110	0	0	90
23	150	80 - 110	0	0	20 - 90
46	200	80 - 110	0	1 - 3	10 - 90
93	200	70 - 110	0	1 - 5	50 - 90
186	100	70 - 105	0	1 - 10	0.5 - 10

3.3 水稻辐照花粉杂交二代 (H₂) 性状变异

根据 H₁ 的结实率不同, 分单株收获。H₂ 按

株系单株种植。每个株系种 60 株。对 H₂ 群体的株高, 抽穗期和结实率的变异情况进行了观测 (表 2)。

表 2 不同剂量 射线辐照水稻花粉的 H₂ 性状变异

Table 2 Effects on some traits of H₂ derived from pollen irradiated by different ray doses

剂量 (Gy) dose (Gy)	个数 (n) No. of individuals	株高变异频率 (%) variation frequency of plant height (%)		抽穗期变异频率 (%) variation frequency of heading stage (%)		结实率变异频率 (%) variation frequency of seed setting rate (%)	
		矮 dwarf	高 tall	早 early	迟 later	50%以下 below 50%	50 - 85%
0	500	0	0	0	0	0	0
23	500	3.1	0	3.5	0	0	3.4
46	1000	19.5	5.7	6.4	3.6	13.8	26.9
93	200	20.3	4.9	4.7	5.3	15.2	30.1
186	500	21.5	6.8	4.2	7.2	19.7	27.3

结果表明, 受 46Gy 以上剂量处理的 H₂ 都出现植株矮、高, 抽穗期迟、早双向变异。而且变异频率较用干种子诱变的 H₂ 的变异频率高得多, 在我们的观测结果中, 株高变矮以较对照组矮 15 - 20cm 为主, 变矮 50cm 以下的个体较少, 变高的个体, 仅较对照组高 10—15cm。抽穗期提早或推迟 3 天。结实率在 50% 以上的个体为多, 但也出现结实率仅 1 - 2% 的个体。

本研究从各剂量处理组中, 选择综合性状优良的单株, 特别选留矮秆、结实率低的单株, 共 121 个并对其穗部性状进行考察 (表 3)。

从表 3 可以看出, 辐照花粉二代的穗部性状发生了很大变异。虽然穗长和每穗粒数受环境因子的影响, 但从增减变异的情况可以看出, 穗长和每穗粒数是以减少为主, 同时也出现增大的变异。如穗长较对照组的 22.2cm 增加 1 - 4cm, 最长达 26.3cm; 每穗粒数增加最多的达 183.3, 比对照组的 143.8, 增加 27.5%。

在 H₂ 群体中千粒重有减有增, 减少和增加的绝对值分别为 6 克和 8 克之多 (对照组 31 克), 变异率为 5.0%, 显然千粒重变异率很高, 至今尚未见有类似的报导。

表 3 中选 121 个 H₂ 单株穗部性状变异

Table 3 Variation of some panicle traits of selected 121 of H₂ individuals

	穗长 length of panicle		粒数/穗 spikelets per panicle		谷粒外形 appearance of grain				长/宽 ratio of length & width		千粒重 (g) 1000-grain weight (g)		糯 waxy	落粒 drop
	减少 DE	增加 IN	减少 DE	增加 IN	长 long	短 short	宽 wide	窄 slim	减少 DE	增加 IN	减少 DE	增加 IN		
	个体数 (%) No. of individuals	52	15	811	15	16	1	6	8	2	12	1	6	8
变异频率 (%) variation frequency (%)	43.0	12.4	67	12.4	13.2	0.8	5.0	6.6	1.7	9.9	0.8	5.0	6.6	1.7

ED: decrease; IN: increase

在 H_2 群体中粒形以变长为主 (图 1, 2), 增长幅度 8.4 ~ 10.6mm。粒宽的减少与增加其变异频率相似。长宽比增大, 最大由原来的 2.5 增至 3.2, 变异频率达到 9.9%。在 121 个株系中有 11 个株系出现粒长变长的单株, 占 9.1%。

在 H_2 群体中还出现少数糯性, 落粒, 低结实率, 似多倍体 (长芒大粒), 芒性和颖壳颜色变淡

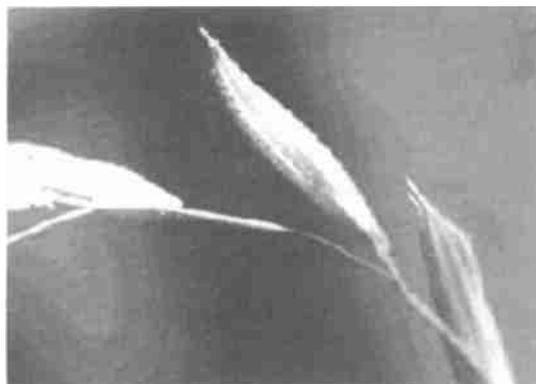


图 1、水稻成熟花粉辐照杂交二代的粒形

Figure 1 Grain appearance of H_2 derived from rice mature pollen irradiated by ray

或深的变异类型。未见有全不育、极矮、叶窄, 水仙花株型, 粒极小等常见的诱变极端突变。可见花粉诱变是以小突变为为主。

在 121 株 H_2 入选个体中, 46Gy 处理组占 112 株 (92.6%)。其中有 30 株为特优株系, 46Gy 组处理占 27 株 (90%), 由此可以看出 46Gy 处理剂量的有益变异频率较高, 选择效果好。

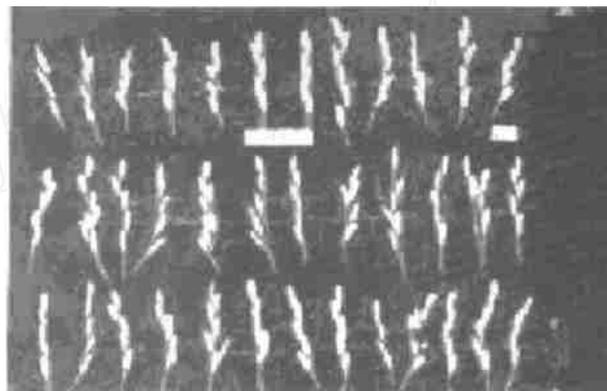


图 2、水稻成熟花粉辐照杂交二代粒形变异

Figure 2 Grain mutant variation of H_2 derived from rice mature pollen irradiated by ray

3.4 水稻辐照花粉杂交三代 (H_3) 及以上世代性状的遗传变异

H_3 及以上各世代均按株系单株种植, 并对各世代每个株系的株高、抽穗期, 结实率和粒形进行观测 (表 4)。

结果表明, H_3 、 H_4 代各株系的分离情况仍然

十分复杂, 有些仅有负突变 (变矮、提早、粒小) 或正突变 (变高、推迟、粒大), 一些株系则有双向突变。由于辐照的抑制效应在 H_3 、 H_4 已逐渐减弱, 一些 H_2 为矮秆、迟抽穗或结实较低的单株, 在 H_3 代恢复为正常株型。

H_3 、 H_4 代仍然是植株变矮的突变率较高。株高在 50cm 以下的个体数虽然较 H_2 有所增加, 但仅占总矮化株的 5%。

表 4 水稻辐照花粉杂交三、四代 (H_3 、 H_4) 株系性状分离

Table 4 Separation of some traits of H_3 , H_4 lines derived from pollen irradiated by ray

	株高 plant height			抽穗期 heading stage			结实率 (%) seed setting rate (%)			粒形 grain appearances						
	矮 dwarf	矮高 & high	高 high	正常 normal	早 early	早迟 & later	迟 later	正常 normal	1 - 50	50 - 80	正常 normal	大 large	大小 & small	小 small	正常 normal	
H_3	株系数 No. of lines	24	30	23	40	34	17	3	63	32	51	34	4	18	9	86
	%	21	26	34	34	29	15	2.6	54	27	44	21	3.4	15	7.7	73
H_4	株系数 No. of lines	33	43	26	39	18	23	39	61	15	23	103	13	6	76	46
	%	23	31	18	28	13	16	28	43	11	16	73	9.2	4.3	54	33

H₃ 代的抽穗期以提早为主，甚至可提早 15 天，并且可稳定遗传至 H₄。在 H₄ 有些株系分离出更多迟抽穗个体，推迟时间达 15 天以上，甚至到收获时还未抽穗。

H₂ 代结实率在 70 % 以下的个体，在 H₃ 出现分离，一部分个体的结实率高，恢复正常。另一些低结实率的植株，在 H₄ 中结实率继续分离，但结实率低个体仍占多数。

对于粒形突变，在 H₂ 属增大突变的个体，在 H₃ 发生了大量分离，而且粒重有累加现象。从 H₂

至 H₄ 几个性状的变异幅度（表 5）。可以看出，H₃ 和 H₄ 比 H₂ 有更宽的突变谱。在株高、抽穗期、粒长三个数量性状，其突变量有累加现象，如提早、推迟天数增加，株高增高；粒长增长，粒重增大，这可能与数量性状是由微效多基因调控有关。结实率随世代的递增逐渐恢复，虽然 H₃ 和 H₄ 结实率的变异幅度无大差异，但结实率在 50 % 以下的个体，H₃ 为 15 %、H₄ 为 9 %。H₇ 结实率在 50 % 以下仅有几个单株。

花粉诱变后代粒形突变的分离情况十分引人

表 5 H₂ ~ H₄ 几种性状的分离幅度比较

Table 5 Comparisons of the range of separation of some traits of H₂, H₃ and H₄

	株高 (cm) plant height (cm)	抽穗期 (天) heading stage (day)	结实率 (%) seed setting (%)	稻谷长 (mm) length of grain (mm)	千粒重 (g) 1000-grain weight (g)
Ck	15 - 105	0	90 以上	8.0 - 8.8	29 - 31
H ₂	40 - 115	3 - 3	0.2 - 90 以上	8.0 - 10.6	24 - 39
H ₃	57 - 140	15 - 15	10 - 90 以上	8.0 - 13.4	21 - 54
H ₄	70 - 155	15 - 不抽穗	20 - 90 以上	8.0 - 13.8	21 - 51

注意。在各世代群体中，随机采集分别测量稻谷、稻米的长、宽和千粒重（表 6）。

结果显示，花粉辐照诱变所产生的粒形变异具有丰富多样性，由原种的短椭圆形变为长椭圆、宽椭圆、细长形等。综观各世代粒形变异幅度，稻谷（米）以增长为主，绝对增长 5mm (4.4mm)，增长 56.8 % (68.8 %)。稻谷（米）宽则有正负双向突变。稻谷（米）长宽比由原种的 2.5 (2.1) 增大至 5.3 (4.5) 绝对增大值 2.8 (2.4)。而且稻米的垩白度减

小或无垩白，外观品质大大提高。

千粒重的突变也是正负双向突变（表 7，图 3），H₂ 的变异幅度较小，H₃ 扩大了变异幅度，H₄ 代及以后的世代的千粒重变动于这个幅度之内，只是不同增减量的个体数有所变化。千粒重绝对减少值为 8g (27.6 %)，绝对增大值 23g (74.2 %)。千粒重减少或增加 10g 以内，稻米垩白率较小，米质优。千粒重超过 40g 者，腹白大而且结构疏松，米质差。粒形突变是水稻花粉诱

表 6 水稻辐照花粉杂交后代粒形变异幅度

Table 6 Ranges of variation on grain appearances of progenies derived from pollen irradiated by r ray

	个数 (N) No. of individuals	稻谷 rice grain			糙米 brown rice			千粒重 (g) 1000-grain weight (g)
		长 (mm) length	宽 (mm) width	长宽比 L & W	长 (mm) length	宽 (mm) width	长宽比 L & W	
麻 85 Ma85	5	8.4 - 8.8	3.4 - 3.8	2.2 - 2.5	6.0 - 6.3	3.0 - 3.3	1.9 - 2.0	29 - 31
白 85 Bai85	5	8.4 - 8.7	3.6 - 3.7	2.3 - 2.4	6.2 - 6.4	3.0 - 3.1	2.0 - 2.1	29 - 31
H ₂	18	8.3 - 10.6	3.0 - 3.5	2.4 - 3.2	6.0 - 8.4	2.4 - 3.1	2.0 - 3.3	24 - 37
H ₃	356	8.0 - 13.4	2.6 - 4.0	2.2 - 4.2	6.0 - 10.8	2.4 - 3.6	1.6 - 3.6	21 - 54
H ₄	110	8.4 - 13.8	2.6 - 4.2	2.2 - 4.3	6.2 - 10.2	2.0 - 3.4	1.6 - 4.0	21 - 54
H ₅	55	8.5 - 13.8	2.0 - 3.4	2.3 - 5.3	6.2 - 9.0	1.8 - 3.4	1.8 - 4.5	21 - 54
H ₆	42	8.4 - 11.6	3.0 - 3.8	2.2 - 4.6	6.2 - 9.0	2.4 - 3.6	1.9 - 4.5	21 - 54
H ₇	44	8.4 - 11.7	2.6 - 3.7	2.5 - 4.3	6.3 - 9.3	2.3 - 3.1	2.1 - 3.6	21 - 54

变的一大特点，其变异幅度之大是水稻诱变育种工作中前所未有的。

表 7 水稻辐照花粉诱变后代千粒重的变异

Table 7 Variations on 1000-grain weight of progenies derived from pollen irradiated by r ray

株	千粒重 (g)																
	1000-grain weight (g)																
	21 - 23		24 - 28		29 - 31		32 - 36		37 - 41		42 - 46		47 - 51		52 - 54		
数	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	N	%	
麻 85 Ma85	5				5	100											
白 85 Bai85	5				5	100											
H ₂	18		6	33.3	6	33.3	2	11.1	4	22.3							
H ₃	356	2	0.6	38	10.6	48	13.5	87	24.4	83	23.3	74	20.8	22	6.2	2	0.6
H ₄	110	3	2.7	26	23.7	28	25.5	19	17.3	4	3.6	15	13.6	15	13.6	0	0
H ₅	55	2	3.6	9	16.4	12	21.8	9	16.4	3	5.5	7	12.7	12	21.8	1	1.8
H ₆	42	1	2.4	6	14.3	10	23.8	7	16.6	2	4.8	8	19	7	16.7	1	2.4
H ₇	44	2	4.6	4	9.1	7	15.9	9	20.5	4	9.1	4	19.1	13	29.5	1	2.2

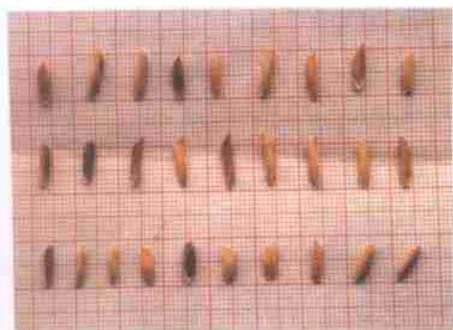


图 3、经过选择获得的水稻成熟花粉辐照杂交 H₄ 变异材料
Figure 3 Selected mutants of H₄ derived from pollen irradiated by r ray

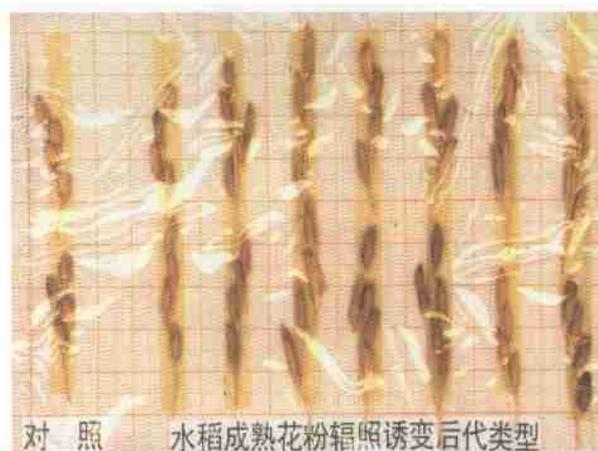


图 4、水稻成熟花粉辐照的稻穗变异类型
Figure 4 Rice panicle mutants derived from pollen irradiated by r ray

3.5 水稻辐照花粉杂交后代的遗传稳定性

本研究进一步对辐照的水稻成熟花粉杂交后代株系间的遗传稳定性进行观察 (表 8)。结果表明辐照花粉诱变后代的分离情况与常规杂交育种和干种子诱变育种有所不同。H₂ 和 H₃ 各株系均处于分离状态，且 H₃ 比 H₂ 产生更多的突变类型和更宽的突变谱，如出现极散型、双颖壳、极矮、不育等变异。可见花粉诱变具有隐性突变的现象。H₄ 以上世代已趋于稳定，H₅ 已有 70% 以上的稳定株系，这与其它诱变方法类似，突变性状可在早世代稳定。一些结实率低、粒大的个体极难稳定，在 H₁₅ 世代还有疯狂分离，这说明某些雄配子

体中表现出复杂的基因突变机理。本研究通过连续多代选择，获得了 200 多个株系的大粒优质，株形好，生育期适宜的新材料（图 4）。

表 8 H₂ ~ H₇ 各株系的遗传稳定性和入选株系比较

Table 8 Comparisons of the genetic stability between from H₂ to H₇ and selected lines

		H ₂		H ₃		H ₄		H ₅		H ₆		H ₇	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
种植株系 lines planted	稳定 stability	17	20.7	36	29.8	44	31.2	69	71.9	75	79.8	34	77.3
	分离 separation	65	79.3	85	70.2	97	68.8	27	28.1	19	20.2	10	22.7
	合计 total No.	82	100	121	100	141	100	96	100	94	100	44	100
入选株系 lines selected	稳定 stability	0	0	0	0	2	10	5	20	14	38.9	27	77.1
	分离 separation	40	100	100	100	19	90	20	80	22	61.2	8	22.9
	合计 total No.	40	100	100	100	21	100	25	100	36	100	35	100
入选单株数 No. of selected individuals		121		141		96		94		44		50	

3.6 水稻花粉辐照诱变培育优质早籼稻品种

本研究将花粉辐照诱变技术与常规杂交技术进行有机结合，获得一批有益的新种质，如早熟 15 天以上，长米粒，长宽比超过 4，千粒重超过 40 克，大穗粒多，外观米质优的突变类型。获得了一批优质，丰产性好，很有前途的中间材料。1996 年选育出福建省第一个优质早籼稻新品种“佳禾早占”，1999 年“佳禾早占”通过省农作物品种审定委员会审定（王侯聪，2000）。

“佳禾早占”经省科委组织专家组鉴定认为：“佳禾早占”是福建省第一个稻米品质全部符合农业部颁的优质食用米二级标准的早籼品种。是一个优质和高产结合较好的优质早籼品种。该品种采用创新的花粉辐照诱变技术和独特的优质稻选育程序，米质优异，产量高，达到国内领先水平。

“佳禾早占”的育成是福建省优质早籼常规稻新品种选育工作的突破性进展。它已成为福建省政府贯彻中央关于“调整种植结构，优化早稻品种”政策的主推品种之一。对提高农民收入，实现农业现代起了积极的推动作用。它是唯一被

99 中国国际农业博览会认定为《名牌产品》的早籼稻品种；2000 年又是被福建省政府认定为福建省《名牌农产品》；获得国家“九五”攻关项目——主要农作物优质及专用品种后补助，在早籼稻品种中名列第一。1997 年以来，在福建省已累计种植 150.22 万亩。江西抚州地区引种、示范面积 6 万多亩。仅 2000 年福建省推广 102.61 万亩，其中早稻面积 79.24 万亩，约占福建省早稻面积的 11.3%。

4 讨论与结论

本研究建立了一套较完善的水稻花粉辐照诱变技术的工作程序：《催花保湿花粉保鲜法》射线辐照，适宜诱变剂量范围 46Gy 左右 母本温汤杀雄，当天开的花颖剪半颖，套袋 经辐照的稻穗在纸袋中授粉 授过粉的植株带套袋隔离种植至收获 第一代单株种植，鉴定、剔除可能混杂的个体，按单株收获 第二代按株系单株种植，选择时，除选取综合性状优良单株外，要多保留变异类型，多选一些单株 第三、四代按株系单株种植，这两代世代还会有更多的性状分离，并

可能产生新的突变类型，每株系种植株数应当增多，让突变基因充分表现。第五代按株系单株种植，此世代已渐趋稳定，注意选择有益突变的稳定株系，以后世代仍按株系单株种植，种植株数可适当减小，注意保留一些特殊突变类型（新种质），可直接投放于生产或再利用。

水稻花粉辐照诱变技术以位点突变为主。特别是一些受微效多基因调控、与产量结构有密切相关性状的数量性状突变类型更多，如熟期、粒形、粒重等性状的变异。应特别提出，水稻花粉诱变所产生丰富多彩的粒形和米质变化，是至今尚未见到有类似的报导。

在第三以上世代产生还会产生新的突变类型，存在隐性突变。有些突变性状有累加现象，即第三以上世代的变异幅都较第二代宽，还会出现新突变类型。部分突变后代在第四代即可稳定，粒形太大或结实率太低的个体难于稳定，其后代会不断产生出一些新的突变类型。

Bautista (1993); Wang (1991) 等人通过辐照水稻花粉，观测到后代产生了染色体畸变。唐贻兰 (1995) 用不同剂量辐照水稻花粉后杂交，观测到第二代性状分离幅度较对照组大。这些工作都说明了辐照水稻花粉是可以诱发基因突变。本研究认为水稻成熟花粉辐照诱变的效果十分明显，Chin 等 (1989a, b) 认定水稻成熟花粉辐照诱变在水稻育种中是无价值的结论，是草率和片面的。

致谢

本研究由国家 863 项目 (2002AA211091) 资助。

参考文献

Bautista A. T. S. , Induction of chromosomal variants through

- pollen irradiation in rice College, Laguna (Philippines) Mar. , 1993
- Chin S. F. , and Gordon G. H. , Pollination with irradiated pollen in rice - *Oryza sativa* L. , . First (M1) generation , Heredity , 1989a , 63 (2) , 163-170
- Chin S. F. , and Gordon G. H. , Pollination with irradiated pollen in rice - *Oryza sativa* L. , . The second M2 Generation , Heredity , 1989b , 63 (2) , 171-180
- Wang Z. X. , Iwata N. , Sukekiyo T. , and Yoshimura A. , Induction of chromosome aberrant in rice (*Oryza sativa* L) by using irradiated pollen , Journal of the Faculty of Agriculture , 1991 , 36 (1-2) , 99-108
- 兰松龄等 , 水稻辐射育种研究的进展 , 福建稻麦科技 , 1993 , (1) , 9 - 14.
- 缪炳良 , 诱发突变在作物育种中的作用及其今后研究方向之我见 , 核农学通报 , 1994 , 15 (4) , 193 - 198
- 盛孝都 , 稻米品质性状遗传学研究动态 , 种子 , 1986 , (2) 13 - 17
- 唐贻兰 , 毛德志 , 水稻杂交亲本花粉辐照诱变研究简报 , 广西农业科学 , 1995 , (3) , 18
- 王侯聪 , 陈正明 , 陈如铭 , 邱思密 , 杨觉民 , 杨惠杰 , 辐照水稻花粉受精行为的剂量效应 , 核农学报 , 1995a , 9 (3) , 149 - 152
- 王侯聪 , 邱思密 , 陈如铭 , 邱灵 , 杨惠杰 , 水稻辐照花粉授粉后灌浆期物资代谢的剂量效应 , 核农学通报 , 1993a , 14 (4) , 151 - 155
- 王侯聪 , 邱思密 , 陈如铭 , 杨惠杰 , 水稻辐照花粉对籽粒发育的影响 , 核农学通报 , 1993b , 14 (1) , 12 - 188
- 王侯聪 , 邱思密 , 陈如铭 , 杨觉民 , 水稻成熟花粉诱变育种的研究进展 , 中国农业科学 , 1995b , 28 (3) , 96
- 王侯聪 , 邱思密 , 方亚顺 , 优质早籼稻品种佳禾早占的选育和应用 , 福建农业科技 , 2000 (5) , 1 - 2
- 王琳清 , 我国植物诱变育种进展剖析 , 核农学通报 , 1992 , 13 (6) , 282 - 298
- 郑九如 , 水稻高产抗瘟育种的策略及效果 , 福建稻麦科技 , 1990 , (3) , 1 - 6