

**CNIC-01528**  
**CSNAS-0139**

水稻诱变育种技术研究  
**STUDIES ON MUTATION  
TECHNIQUES IN RICE BREEDING**  
*(In Chinese)*

中国核情报中心  
China Nuclear Information Centre

CNIC-01528  
CSNAS-0139

# 水稻诱变育种技术研究\*

王彩莲 陈秋方 金 卫

(浙江省农业科学院原子能利用研究所, 杭州, 310021)

## 摘 要

近年来我们以提高辐射诱变效率和选择效率为中心, 以水稻为主要研究对象, 对作物的辐射敏感性, 辐照亲本的选择, 理化因素复合处理, 新诱变因素的开拓利用等方面进行了较为系统的研究。结果表明, 选用辐射敏感型亲本材料辐照, 辐照杂合材料, 适宜剂量的理化因素复合处理组合, 新诱变因素的应用均能有效地提高辐射诱变效率。

---

\* 国家科委和农业部资助项目。

# **Studies on Mutation Techniques in Rice Breeding\***

*(In Chinese)*

WANG Cailian    CHEN Qiufang    JIN Wei  
(Institute for Application of Atomic Energy,  
Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou, 310021)

## **ABSTRACT**

Synthetical techniques for improving rice mutation breeding efficiency were studied. The techniques consist of corresponding relationship between radiosensitivity and mutation frequency, choosing appropriate materials, combination of physical and chemical mutagens, mutagenic effects of the new mutagenic agents as proton, ions, synchronous irradiation and space mutation. These techniques and methods for inducing mutations are very valuable to increase inducing mutation efficiency and breeding level.

---

\* The project is co-sponsored by the Ministry of Science and Technology of China and the Ministry of Agriculture of China.

# 前言

辐射诱变具有诱发植物遗传基因突变，染色体变异，促进基因重新组合，提高重组率等特点，是改良作物的有效手段。辐射诱变技术的改进，对提高育种效率和水平，遗传资源的创新，优良品种的育成具有重要的理论和实践意义。

据联合国粮农组织（FAO）/国际原子能机构（IAEA）联合处 1997 年不完全统计，世界各国育成和推广了突变品种 2052 个，其中我国为 513 个，占世界各国突变育成品种总数的 1/4。

诱变育种的技术和方法亦有了很大进展<sup>[1]</sup>。诱变育种技术与其它现代育种技术的结合和渗透，建立和完善了诱变育种技术。

为了提高辐射诱变改良作物的效率和水平，近年来我们以提高诱变效率和选择效率为中心，以水稻为主要研究对象，对作物的辐射敏感性，辐照亲本的选择，诱变因素适宜诱变剂量和处理方法的确定及新诱变源的开拓等方面进行了较为系统的研究，为提高辐射诱变育种效率提供了技术和方法。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

辐射敏感性试验选用 63 个水稻和陆稻栽培品种，分属于籼、粳和糯稻三大类型。

辐照杂种的试材为 6 个籼稻杂交组合及亲本品种（见表 1）。

表 1 F<sub>1</sub>M<sub>1</sub> 根尖细胞染色体畸变的类型和频率

组合和亲本	处理	观察总细胞数	染色体畸变率/%	染色体畸变类型及频率				
				微核	桥	落后染色体	断片	多极
GST-2/军 84-86	F <sub>1</sub>	5925	0.82	15(0.25)	10(0.17)	16(0.27)	5(0.18)	3(0.05)
	F <sub>1</sub> M <sub>1</sub>	2252	8.72	80(3.55)	79(3.51)	25(1.11)	7(0.33)	5(0.22)
辐 8456/7944	F <sub>1</sub>	2391	0.83	6(0.25)	7(0.29)	5(0.21)	2(0.08)	
	F <sub>1</sub> M <sub>1</sub>	3480	8.19	117(3.36)	89(2.56)	38(1.09)	35(1.01)	6(0.17)
GST-2/8798	F <sub>1</sub>	6942	0.94	29(0.42)	25(0.36)	8(0.12)	3(0.04)	
	F <sub>1</sub> M <sub>1</sub>	2289	9.05	116(5.07)	54(2.36)	24(1.05)	13(0.57)	
8798/7944	P <sub>1</sub>	5996	0.81	16(0.27)	24(0.40)	7(0.12)		1(0.02)
	M <sub>1</sub>	6102	7.85	202(3.31)	163(2.67)	112(1.84)	2(0.03)	
GST-2	P <sub>1</sub>	10487	0.87	33(0.31)	25(0.24)	27(0.26)	4(0.04)	2(0.02)
	M <sub>1</sub>	9985	6.54	283(2.83)	182(1.82)	92(0.92)	93(0.93)	4(0.04)
8798	P <sub>1</sub>	8304	0.99	37(0.45)	19(0.23)	16(0.19)	6(0.07)	4(0.05)
	M <sub>1</sub>	8901	6.51	272(3.06)	187(2.10)	67(0.75)	42(0.47)	12(0.13)
7944	P <sub>1</sub>	7355	0.71	25(0.34)	19(0.26)	7(0.10)	1(0.01)	
	M <sub>1</sub>	7395	7.55	278(3.76)	218(2.95)	42(0.57)	18(0.24)	2(0.03)
辐 8456	P <sub>1</sub>	7907	0.67	25(0.32)	14(0.18)	10(0.13)	2(0.03)	1(0.01)
	M <sub>1</sub>	7500	4.94	223(2.97)	108(1.44)	29(0.39)	8(0.11)	2(0.03)
军 84-86	P <sub>1</sub>	7333	0.76	27(0.37)	16(0.22)	9(0.12)	3(0.04)	1(0.01)
	M <sub>1</sub>	7307	7.58	327(4.48)	153(2.09)	54(0.74)	14(0.19)	6(0.03)

注：括号内数据为百分数。

理化因素复合处理的供试品种为早籼品种广陆矮 4 号。

新诱变因素试验的供试材料为早籼品种浙 733、中选 5 号、舟 903、加育 293 和晚粳品种秀水 11 的休眠种子。

## 1.2 诱变处理

用剂量为 0, 120, 240, 360 和 480 Gy, 剂量率为 1.66 Gy/min 的  $^{137}\text{Cs}$   $\gamma$ 射线照射 63 个栽培稻品种的休眠种子。

6 个水稻杂交种及亲本的风干种子用剂量为 300 Gy, 剂量率为 0.89 Gy/min 的  $^{137}\text{Cs}$   $\gamma$ 射线处理。

复合处理： $\gamma$ 射线与 EMS 复合处理， $^{137}\text{Cs}$   $\gamma$ 射线的剂量为 0, 150, 300 和 450 Gy, 剂量率为 0.89 Gy/min, EMS 的浓度设 0, 0.1, 0.2 和 0.3 mmol/L, 共 16 个组合 (见表 2)； $\gamma$ 射线与  $\text{NaN}_3$  复合处理， $\gamma$ 射线的剂量设 0, 50, 100, 150, 200, 250 和 300 Gy,  $\text{NaN}_3$  的浓度为 0, 1, 2, 3 mmol 共 28 个剂量组合。

表 2  $\gamma$ 射线与 EMS 复合处理诱发叶绿素突变、抽穗期和株高突变的频率与相互作用系数

复合处理剂量		突变频率 (%) 与 交互系数 (K)					
$\gamma$ 射线/Gy	EMS/mmol	叶绿素突变		抽穗期突变		株高突变	
0	0	0		0		0	
	0.1	0.89		0.94		0.76	
	0.2	1.21		0.84		0.74	
	0.3	1.69		0.94		0.84	
150	0	1.45		0.65		0.75	
	0.1	2.02	0.86	1.88	1.18	1.51	1.00
	0.2	2.38	0.89	1.45	0.97	2.90	1.95
	0.3	2.77	0.88	1.74	1.03	2.02	1.27
300	0	2.22		2.36		2.36	
	0.1	2.79	0.90	3.71	1.12	3.90	1.25
	0.2	3.49	1.01	3.84	1.20	3.99	1.29
	0.3	4.02	1.03	4.33	1.31	4.05	1.27
450	0	2.67		1.72		1.72	
	0.1	4.00	1.12	2.76	1.04	2.64	1.06
	0.2	5.00	1.29	2.80	1.09	2.96	1.20
	0.3	5.98	1.37	2.88	1.08	2.88	1.13

新诱变因素试验：质子辐照能量设 4, 6 和 8 MeV, 剂量为  $3 \times 10^9$  和  $5 \times 10^9$  质子/cm<sup>2</sup>；氮离子的注入能量为 75, 100 keV, 剂量为  $5 \times 10^{14}$ ,  $10^{15}$ ,  $5 \times 10^{15}$  N<sup>+</sup>/cm<sup>2</sup>；同步加速器运行的电子能量为 2.2 GeV( $10^9$  eV), 电子流为 60 mA, 运行时的 X 射线谱为 3.5~22 keV, 照射时间为 30, 50, 70 s；水稻种子搭载第 17 颗返回式卫星进行空间诱变处理。

## 1.3 苗期试验

采用直立发芽法, 在  $28 \pm 1^\circ\text{C}$  的培养室内生长 7 天后测量苗高和根长, 并统计存活率。

## 1.4 细胞学观察

取根尖分生组织制片显微观察。每处理观察 10 个左右根尖, 每个根尖随机观察 600

个以上细胞，分类计数出现可见染色体结构变异的细胞率和有丝分裂指数（MI）。

### 1.5 M<sub>2</sub> 突变

M<sub>1</sub> 成熟时，按处理随机混收种子，播于苗床，三叶一心时调查叶绿素突变，每处理按“一穗少粒法”混种成 M<sub>2</sub> 代，观察抽穗和形态变异，成熟时测量株高，按突变界限法分别统计抽穗期和株高的突变频率。

## 2 结果与分析

### 2.1 栽培稻的辐射敏感性

我们选用不同类型的栽培稻 63 个品种，参照多靶学说模型，用计算机辅助最小二乘法拟合幼苗生长抑制和存活率的剂量效应曲线，求得所有品种幼苗生长抑制的剂量效应标准函数式为  $F(D) = (1-0.0007178) [1-(1-e^{-a_1 D})^{4.5}] + 0.0007178$  ( $P < 0.05$ )；存活率的标准函数式为  $F(D) = (1-0.000771) [1-(1-e^{-a_1 D})^{4.5}] + 0.000771$  ( $P < 0.05$ )。从上述两个标准函数式求得各供试品种的辐射敏感系数  $a_1$  和  $D_{50}$ ，发现品种间的差异较大，幼苗生长抑制的  $a_1$  变化于  $2.64 \times 10^{-2} \sim 12.07 \times 10^{-2}$  之间， $D_{50}$  为 154.94~708.19 Gy；存活率  $a_1$  变化于  $3.16 \times 10^{-2} \sim 8.77 \times 10^{-2}$  之间， $D_{50}$  为 213.22~591.65 Gy。运用模糊聚类分析数学方法可将供试品种的辐射敏感性分为极敏感型、敏感型、中间型、迟钝型和极迟钝型 5 类，品种的辐射敏感性分布呈正态曲线。研究表明，糯稻的辐射敏感性大于粳稻，粳稻又大于籼稻（见表 3），水稻与陆稻的敏感性差异不显著。籼稻的辐射敏感系数  $a_1$  变化范围为  $2 \times 10^{-2} \sim 8 \times 10^{-2}$ ，粳稻的  $a_1$  变化为  $5.0 \times 10^{-2} \sim 10.00 \times 10^{-2}$ ，糯稻的  $a_1$  为  $5.0 \times 10^{-2} \sim 12.0 \times 10^{-2}$ ，同时糯稻的幼苗生长抑制  $D_{50}$  多在 300 Gy 以下， $D_{50}$  在 500 Gy 以上的 6 个品种均属于籼稻类型。细胞学的观察结果反映了相似的趋势。随着辐照剂量的增加，有丝分裂指数显著减少，而微核细胞率明显增加。籼、粳、糯稻有丝分裂指数的剂量效应为一组回归截距差异极显著，回归系数差异不显著的直线 ( $b_{\text{水稻}} = -0.0780$ ,  $b_{\text{陆稻}} = -0.04$ )。籼、粳、糯稻的微核细胞率剂量效应的回归截距和回归系数间的差异均不显著，但水稻籼、粳、糯稻间的回归系数和回归截距差异显著 ( $F_a = 4.22$ ,  $F_b = 4.37$ ) (见表 4)。

不同敏感型品种经辐照后，染色体畸变频率和辐射二代性状变异类型及频率的研究结果表明，水稻品种辐射敏感性的强弱与辐射后代诱变效率的高低有明显的对应关系，即辐射敏感性强的品种，诱发突变频率亦高。辐射敏感型品种辐射二代性状突变频率（14.5%）是中间型品种（4.1%）的 2.5 倍，是迟钝型品种（3.2%）的 3.5 倍。

表 3 栽培籼、粳、糯稻的  $a_1$  和  $D_{50}$  比较

类型	品种数	$a_1 / \times 10^{-2}$		$D_{50} / \text{Gy}$	
		苗高/cm	存活率/%	苗高/cm	存活率/%
籼稻	28	5.65 ± 1.55	4.63 ± 0.99	364.02 ± 13.36	421.63 ± 9.40
粳稻	18	7.37 ± 1.37	5.61 ± 1.36	262.46 ± 5.34	353.28 ± 9.31
糯稻	17	7.82 ± 1.57	5.83 ± 1.57	247.39 ± 4.80	334.08 ± 7.10

表 4 不同类型栽培稻的线性回归方程

类型		有丝分裂指数	微核细胞率
水稻	粳稻	$\hat{y} = 10.2040 - 0.0753x$	$\hat{y} = 0.9320 + 0.0391x$
水稻	糯稻	$\hat{y} = 8.0300 - 0.0674x$	$\hat{y} = 0.8220 + 0.0563x$
水稻	籼稻	$\hat{y} = 11.0920 - 0.0780x$	$\hat{y} = 0.8900 + 0.0509x$
陆稻	粳稻	$\hat{y} = 9.8900 - 0.0543x$	$\hat{y} = 1.4620 + 0.0641x$
陆稻	糯稻	$\hat{y} = 7.5740 - 0.0358x$	$\hat{y} = 1.3940 + 0.0402x$
陆稻	籼稻	$\hat{y} = 10.7380 - 0.0420x$	$\hat{y} = 1.2913 + 0.0516x$

## 2.2 辐照杂种的诱变效应

6 个水稻杂交组合杂交当代种子和相应的亲本品种，用  $\gamma$  射线适宜诱变剂量 300 Gy 处理，以未经辐照的亲本品种和杂种为对照，系统研究比较了辐照一代的生物效应和二代的突变。发现辐照处理的染色体畸变细胞率高于对照， $F_1M_1$  的畸变细胞率高于  $M_1$ （见表 1）。从染色体畸变的类型和频率来看，以微核最高，其次是染色体桥、落后染色体，多极出现的频率最低。杂种辐射后代染色体畸变细胞率显著高于品种辐射后代和未经辐照的杂种。染色体畸变细胞率的高低与后代性状突变频率表现出明显的对应关系，即染色体畸变细胞率高的后代性状突变频率也高，反之则低。提出了辐照杂合材料提高诱变效率的细胞学实验依据。比较二代的突变频率，其抽穗期、株高和穗型等突变频率， $F_2M_2$  明显大于  $F_2$  代（见表 5）。有益农艺性状如早熟、矮秆等突变， $F_2M_2$  亦高于  $F_2$ 。这表明辐照杂合材料是提高诱变效率的有效方法。选择优良杂交组合当代种子辐照，杂种世代与辐射世代同步，有利于后代选择，提高育种效果。

表 5  $F_2$  和  $F_2M_2$  突变频率比较

处理组合	抽穗期突变/%		株高突变/%		穗型突变/%	总突变频率/%
	早	迟	高	矮		
$F_2$	0.33	0.67	0.33	0.83	0.50	2.66
$F_2M_2$	0.50	0.83	0.50	1.33	0.67	3.83
$\frac{F_2M_2 - F_2}{F_2M_2} \%$	34.00	19.28	34.00	37.59	25.37	30.55

## 2.3 理化因素复合处理

$\gamma$  射线和 EMS 单一处理或两者复合处理对  $M_1$  代的幼苗生长和细胞均有明显的损伤效应，且随处理剂量的提高而增大，复合处理的损伤效应大于单一处理。 $\gamma$  射线与 EMS 复合处理对根长的损伤存在着极显著的互作效应，对结实率的损伤也具有显著的互作效应（见表 6）。

采用复合处理突变与单因子处理突变总和之比，计算相互作用系数（K 值）（见表 2）。结果表明，适宜剂量的复合处理组合的诱变效率明显高于单一诱变因素处理，表现出累加效应或超累加效应（协合效应），明确了诱变效率高的适宜剂量组合为 300 Gy  $\gamma$  射线

+0.3 mmol EMS。

表 6  $\gamma$ 射线与 EMS 单一和复合处理  $M_1$  代方差分析的  $F$  值

变异来源	幼苗高度	细胞畸变率	苗高活力指数	根长活力指数	根长	结实率
区组	0.52	1.04	0.45	0.33	0.57	0.16
$\gamma$ 射线 (a)	10.33 <sup>2)</sup>	122.32 <sup>2)</sup>	21.09 <sup>2)</sup>	83.09 <sup>2)</sup>	66.08 <sup>2)</sup>	116.20 <sup>2)</sup>
EMS(b)	3.67 <sup>1)</sup>	74.25 <sup>1)</sup>	12.60 <sup>2)</sup>	0.29	11.94 <sup>2)</sup>	40.03 <sup>2)</sup>
$a \times b$	1.52	9.19	1.73	2.30	4.95 <sup>2)</sup>	8.25 <sup>1)</sup>

注: 1) 和 2) 分别表示与对照的差异达 0.05 和 0.01 的显著水准。

表 7  $\gamma$ 射线与  $NaN_3$  单一和复合处理  $M_1$  代方差分析的  $F$  值

处理	幼苗高度	细胞畸变率	苗高活力指数	根长活力指数	根长	结实率
区组	1.81	2.09	0.30	2.22	6.89 <sup>1)</sup>	1.4309
$\gamma$ 射线 (a)	12.38 <sup>2)</sup>	321.65 <sup>2)</sup>	46.79 <sup>2)</sup>	281.62 <sup>2)</sup>	287.05 <sup>2)</sup>	361.13 <sup>2)</sup>
$NaN_3$ (b)	8.97 <sup>2)</sup>	139.69 <sup>2)</sup>	25.23 <sup>2)</sup>	23.55 <sup>2)</sup>	7.12 <sup>2)</sup>	26.70 <sup>2)</sup>
$a \times b$	1.27	2.54 <sup>2)</sup>	1.01	0.82	1.18	1.38

注: 1) 和 2) 的注同表 6。

表 8  $\gamma$ 射线与  $NaN_3$  复合处理诱发突变的相互作用系数 ( $k$ )

复合处理剂量		相互作用系数 ( $k$ )		
$\gamma$ 射线/Gy	$NaN_3$ /mmol	叶绿素突变	抽穗期突变	株高突变
50	1	0.828	0.684	1.185
	2	1.212	0.572	1.002
	3	0.410	0.956	0.789
100	1	0.705	0.784	1.162
	2	0.662	0.931	1.225
	3	0.465	0.508	1.080
150	1	0.697	0.770	1.010
	2	0.750	0.604	1.162
	3	1.005	0.933	0.889
200	1	1.261	1.254	0.859
	2	1.640	1.329	1.449
	3	0.698	1.506	1.077
250	1	0.753	0.921	1.100
	2	1.097	1.049	1.172
	3	0.499	1.282	1.020
300	1	1.091	0.846	0.677
	2	0.672	0.726	0.627
	3	0.388	0.756	0.574



表 7 列出了不同剂量  $\gamma$  射线与  $\text{NaN}_3$  单一和复合处理  $M_1$  代方差分析的  $F$  值。从表中可以看出, 不同剂量的  $\gamma$  射线所产生的辐射损伤效应和  $\text{NaN}_3$  的损伤效应与对照的差异均极为显著。 $\gamma$  射线与  $\text{NaN}_3$  之间只是染色体畸变细胞率上存在极显著的互作效应, 其余几个指标两者间均不存在明显的互作效应。表明复合处理在细胞学上的损伤效应大于  $\gamma$  射线与  $\text{NaN}_3$  单一处理的累加值, 即协同效应, 而  $\gamma$  射线与  $\text{NaN}_3$  复合处理对植株的生理损伤表现为累加效应。结果表明, 适宜剂量的复合处理组合的诱变效率明显高于单一诱变因素处理, 表现出协合效应(见表 8), 最佳的剂量组合为 200 Gy  $\gamma$  射线+2 mmol  $\text{NaN}_3$  处理, 其叶绿素、抽穗期和株高突变频率均最高, 分别为 2.833%, 3.473%和 1.828%, 相互作用系数分别为 1.640, 1.329 和 1.449。

## 2.4 新诱变因素的诱变效应

表 9 不同诱变因素处理的  $M_2$  突变频率

品种	诱变因素	叶绿素突变	抽穗期突变		株高突变	
			早	迟	高	矮
浙 733	CK	0	0	0	0	0
	$\gamma$ 射线	1.06	1.00	1.20	0.20	1.40
	卫星搭载	1.49	1.40	0.40	0.20	1.20
	质子	1.28	1.60	0.20	0.20	1.40
	氮离子束	1.34	1.40	0.20	0.20	1.40
	同步辐射	1.29	1.40	0.20	0.20	1.40
中选 5 号	CK	0	0	0	0	0
	$\gamma$ 射线	1.02	1.00	1.20	0.20	1.20
	卫星搭载	1.34	1.80	0.20	0.20	1.40
舟 903	CK	0	0	0	0	0
	$\gamma$ 射线	1.11	0.80	1.20	0.40	1.40
	卫星搭载	1.57	1.20	0.40	0.40	1.60
	质子	1.33	2.00	0	0.20	1.60
	氮离子束	1.31	1.80	0.20	0.20	1.40
	同步辐射	1.34	1.40	0.20	0.40	1.60
加育 293	CK	0	0	0	0	0
	$\gamma$ 射线	1.06	0.60	1.40	0.60	0.80
	卫星搭载	1.20	1.20	0.60	0.80	1.00
	氮离子束	1.35	1.60	0.20	0.60	1.60
	同步辐射	1.32	1.60	0.40	0.40	1.80
秀水 11	CK	0	0	0	0	0
	$\gamma$ 射线	1.02	1.00	0.20	0.60	1.20
	卫星搭载	1.14	1.60	0.20	0.60	1.20
	质子	1.30	2.00	0	0.40	1.20

随着科学技术的发展,具有诱变效应的新诱变因素不断被发掘。我们利用返回式卫星搭载水稻种子,进行空间诱变处理,以及用离子束、质子、同步辐射(电子束和软 X 射线)处理水稻种子,研究其诱变效应。结果表明,质子等处理在  $M_2$  代能诱发较高频率的叶绿素缺失突变、株高突变和抽穗期突变,其有益性状突变频率高于  $\gamma$  射线(见表 9)。上述诱变因素诱发的早抽穗的突变频率高于迟抽穗,且早抽穗的突变频率高于  $\gamma$  射线处理的,与供试品种的趋势相似, $\gamma$  射线诱发的抽穗期突变是迟抽穗高于早抽穗。供试品种经质子等处理的  $M_2$  株高突变是矮秆高于高秆,与  $\gamma$  射线处理的趋势基本相似。

质子等处理还能诱发微突变,使千粒重增加。由此可见,空间环境、质子、离子束和同步辐射等诱变因素能诱发较高频率的早抽穗、矮秆突变,使千粒重提高,这显然对育种实践十分有利。

### 3 讨 论

辐射敏感性是评定作物对辐射作用的重要指标之一,也是选择辐照亲本材料、确定适宜诱变剂量及处理方法的重要依据。国内外有关这方面的研究较多,但主要研究植物科、属、种、品种以及组织、细胞的辐射敏感性差异及其基础。鹌饲保雄自 20 世纪 60 年代以来对 6 种作物 916 个品种的辐射敏感性进行了研究<sup>[6]</sup>,提出了辐射敏感性受遗传控制的观点。本试验从育种实际出发,采用多种指标研究了水稻辐射敏感性,发现辐射敏感性强的品种诱发突变率亦较高。

栽培稻起源于野生籼稻,是由植物的分化和变异、地理分布的不均进化而成籼稻和粳稻两大类型,籼稻是基本型,粳稻则是变异型,而糯稻则是从籼稻和粳稻中分化出来的一种变异型<sup>[7]</sup>。前人<sup>[8]</sup>比较其连锁群差异时,发现第 I 连锁群中,籼粳稻的基因对应关系十分一致,但在第 II, IV 及 VII 连锁群中,两者虽有共同的一两个基因,可其连锁群的内容颇为不同。从而可以推测,进化造成籼粳稻基因连锁群的差异,是本试验观察到的籼、粳、糯稻的辐射敏感性显著差异的主要原因。

亲本材料的遗传背景对突变性状的表现和诱变效果有重要影响。国内外研究者一般以稳定优良纯合品种(系)种子为主要辐照对象,利用杂合材料较少,且多为研究辐照杂种材料的选择和后代性状变异,但对辐照杂种提高诱变效率的理论基础缺乏研究和报道。本试验结果表明,杂种辐射后代抽穗期、株高、穗型的突变频率比品种辐射后代显著提高,染色体畸变细胞率高的后代性状突变频率亦高。结果揭示,选择优良杂交组合当代种子辐照,杂种世代与辐射世代同步,有利于后代选择,提高育种效率。

关于理化诱变因素复合处理对提高诱变效率的研究已不少,但多数研究处理剂量组合少,难以运用数理统计方法分析复合处理的剂量效应与相互效应。本试验用 16 种  $\gamma$  射线与 EMS 和 28 种  $\gamma$  射线与  $NaN_3$  剂量组合,对最佳剂量组合、处理方法和诱变效应进行了研究,说明适宜剂量组合的复合处理是提高诱变效率的有效手段。

质子等新诱变因素处理不仅能诱发水稻染色体畸变,而且能诱发较高频率的  $M_2$  幼苗叶绿素突变和农艺性状变异。与  $\gamma$  射线相比,可获得较高频率的有益性状变异。经多种能量、剂量组合试验表明,质子辐射以 6 MeV,  $5 \times 10^9$  质子/cm<sup>2</sup> 为宜,氮离子注入为 75 keV,  $5 \times 10^{15}$  N<sup>+</sup>/cm<sup>2</sup>, 3.5~22 keV 同步辐射软 X 射线处理 50 s。但其试验条件易变化,有必要

进一步深入研究，探明其规律，更好地用于诱变育种。

试验结果表明，选用辐射敏感型亲本材料，选择优良杂种作辐射亲本，适宜剂量的理化因素复合处理，开拓利用新诱变因素等都能有效地提高辐射诱变效率。

### 参 考 文 献

- 1 王琳清. 科技导报, 1992, (11): 24~26, 12
- 2 王彩莲等. 核农学报, 1993, 7 (1): 21~28
- 3 王彩莲等. 核农学报, 1995, 9 (1): 13~19
- 4 王彩莲等. 核农学报, 1998, 12 (3): 129~134
- 5 王彩莲等. 核农学报, 1998, 12 (5): 269~273
- 6 赵孔南等编著. 植物辐射遗传育种研究进展. 北京: 原子能出版社, 1990
- 7 南京农学院, 江苏农学院主编. 作物栽培学 (南方本) 上册. 上海: 上海科技出版社, 1984
- 8 高桥等. 遗传, 1977, 31 (1): 19~26



王彩莲：浙江省农科院原子能利用研究所研究员。1964年毕业于浙江农业大学农业物理系农业生物物理专业。

WANG Cailian: Professor of Institute for Application of Atomic Energy, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences. Graduated from Department of Agricultural Physics of Zhejiang University in 1964, majoring in agricultural biophysics.