

## 水稻萌动种子辐射诱变研究

林兆松 黄振兴 唐文庆 林明贵 徐锦斌\*

(福建省农业科学院稻麦研究所) (福建农学院)

### 提 要

本文研究了水稻种子在萌动状态下的辐射效应与诱变效果。结果表明: 萌动种子的辐射敏感性比干种子有显著的提高, 在湿种、露白、发芽等三种萌动处理间也有明显差别, 其强弱依次为露白>发芽>湿种>干种。露白及发芽状态下辐照的半致死剂量仅为干种的15—17%。

从M<sub>2</sub>代叶绿素突变及抽穗期、株高、育性等5种农艺性状的诱变频率看, 萌动种子辐照的突变率均显著高于干种的。其中以露白状态辐照效果最佳, 平均诱变率比干种提高了68.5%; 其次是发芽状态, 提高54.1%。适宜剂量均为8—10 Krad。辐照萌动种子, 既降低辐照剂量, 又提高诱变频率, 是辐射育种中一种行之有效的技术。

**关键词:** 水稻; 萌动种子; 辐射诱变

辐射是农作物育种常用的一种手段之一, 辐射诱变育种多采用辐照农作物干种子的方法。辐照萌动种子。前人做过不少研究<sup>[1,2,3,4]</sup>, 但主要是从辐射当代敏感性方面谈明问题, 至于是否能提高辐射后代诱变率, 则未见报道。本文以不同生理状态的水稻萌动种子为材料, 进行不同剂量的<sup>60</sup>Co-γ射线辐照, 研究其当代辐射敏感性的差异和后代的诱变规律以及适宜的剂量范围, 为提高水稻辐射诱变率, 加速育种进程, 提供科学依据。

### 材 料 与 方 法

**一、供试材料** 本省早稻的当家品种“78130”, 种子经田间严格筛选。

**二、种子处理** 萌动种子分为三种处理。1.湿种: 在日平均水温12.5℃下浸种48小时。2.露白: 浸种后催芽24小时, 种子处在破口“露白”状态。3.发芽: 浸种后催芽48小时, 平均芽长0.5厘米。为适期播种状态。以风干种子为对照, 干种子含水量13.2%。

### 三、辐照剂量

利用本所钴室<sup>60</sup>Co-γ辐照源进行辐照处理每种生理状态各辐照8种剂量, 详见表1。剂量率均为390 rad/min。

辐照剂量与吸收剂量的转换系数为0.9348, 辐照时种子装在用杉木制成的扁形照射盒

收稿日期: 1990-04-09

\*徐锦斌为福建农学院实习生。

表1 不同生理状态的辐射剂量

单位：Krad

| 生 理 状 态 | 剂 量 | 0 | 3 | 5 | 8 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 50 |
|---------|-----|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 干 种     | ✓   |   |   |   |   | ✓  |    | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |
| 湿 种     | ✓   |   | ✓ |   |   | ✓  |    | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |
| 露 白     | ✓   | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |    |    |    |    |
| 发 芽     | ✓   | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |    |    |    |    |

中，以尽量减少种子间的剂量差异。

#### 四、种植观察

$M_1$ 代：辐照后种子播在育秧盘中，每处理均匀播种500粒，三次重复。播后25天调查存活苗数，三叶期测定秧苗地上部及地下部生长情况，黄熟期取样考种，测定育性变化情况。

$M_2$ 代： $M_1$ 代收获的种子，按不同处理播于大田秧畦中，三叶期前调查叶绿素突变情况，抽穗后至黄熟前分期逐株观察抽穗日期、株高和育性。

#### 五、观察标准

株高突变：以对照的平均株高为标准，求其标准差，超过3个标准差的分别定为矮秆或高秆。

熟期突变：以对照的平均抽穗天数为标准，求其标准差，超过3个标准差的分别定为早熟或迟熟。

育性突变：整株100%不结实的为全不育，0.1—50%不结实的定为半不育。

## 结果与分析

### 一、 $M_1$ 代辐射效应

(一) 风干与萌动种子辐照后的半致死剂量效应 从辐照后秧苗存活情况看：风干与萌动种子辐照后的存活率随着剂量的增高而呈有规则地下降(见表2)。经回归分析，均呈极显著的负相关(见表3)。在辐照剂量与存活率之间的关系中，四种生理状态表现各不相同。从图1可以看出：干种曲线和缓，露白及发芽状态曲线陡直，湿种曲线介于两者之间。这说明水稻种子经露白或发芽后辐照，对剂量反应最为敏感，湿种次之，干种反应较迟钝。辐射敏感性强弱依次为：露白>发芽>湿种>干种。其半致死剂量( $LD_{50}$ )理论值分别为：露白6、10 Krad，发芽6.88 Krad，湿种15.45 Krad，干种39.69 Krad。以上结果说明：露白及发芽种子辐照，其所需的半致死剂量分别仅及干种的15.4%及17.3%，湿种辐照所需的半致死剂量仅及干种的38.9%(见表3)。

(二) 风干与萌动种子辐照后的半育性剂量效应 研究农作物的辐射效应一般是用半致死剂量为指标的。本研究尝试了用半育性剂量为指标，结果也具有相似的规律性。

风干与萌动种子辐射后的育性(结实率)随着剂量的增高而呈有规则地下降(见表2)。经回归分析,均呈极显著的负相关(见表4)。辐照剂量与结实率之间的关系,与存活率之间的关系相似(见图2)。其辐射敏感性强弱依次为:发芽>露白>湿种>干种,其中发芽

表2 不同生理状态的辐射效应

| 生理状态 | 剂量<br>(Krad) | 存活率<br>(%) | 结实率<br>(%) | 生理状态 | 剂量<br>(Kard) | 存活率<br>(%) | 结实率<br>(%) |
|------|--------------|------------|------------|------|--------------|------------|------------|
| 干 种  | 0            | 100.0      | 100.0      | 露 白  | 0            | 100.0      | 100.0      |
|      | 10           | 94.9       | 75.4       |      | 3            | 86.4       | 77.7       |
|      | 20           | 97.1       | 74.2       |      | 5            | 66.2       | 56.9       |
|      | 25           | 92.0       | 71.8       |      | 8            | 11.4       | 52.6       |
|      | 30           | 88.8       | 35.8       |      | 10           | 2.3        | 25.8       |
|      | 35           | 82.7       | 25.0       |      | 15           | 0.5        | 0.0        |
|      | 40           | 50.0       | 17.9       |      | 20           | 0.0        | 0.0        |
|      | 50           | 34.9       | 16.8       |      | 25           | 0.0        | 0.0        |
|      |              |            |            |      |              |            |            |
| 湿 种  | 0            | 100.0      | 100.0      | 发 芽  | 0            | 100.0      | 100.0      |
|      | 5            | 98.8       | 93.7       |      | 3            | 89.2       | 79.3       |
|      | 10           | 78.2       | 85.1       |      | 5            | 76.1       | 67.7       |
|      | 20           | 18.9       | 36.5       |      | 8            | 24.2       | 32.3       |
|      | 25           | 13.1       | 23.2       |      | 10           | 11.0       | 12.0       |
|      | 30           | 1.6        | 15.1       |      | 15           | 1.6        | 10.8       |
|      | 35           | 0.0        | 0.0        |      | 20           | 0.0        | 0.0        |
|      | 40           | 0.0        | 0.0        |      | 25           | 0.0        | 0.0        |
|      |              |            |            |      |              |            |            |

表3 存活率的回归方程与半致死剂量

| 生理状态 | 回归方程式<br>( $y = a + bx$ ) | 相关系数<br>(r)           | 半致死剂量<br>(Krad) | 比率<br>(%) |
|------|---------------------------|-----------------------|-----------------|-----------|
| 干 种  | $y = 113.1 - 1.59x$       | -0.8461 <sup>**</sup> | 39.69           | 100.0     |
| 湿 种  | $y = 108.1 - 3.76x$       | -0.9779 <sup>**</sup> | 15.45           | 38.9      |
| 露 白  | $y = 97.6 - 7.80x$        | -0.9243 <sup>**</sup> | 6.10            | 15.4      |
| 发 芽  | $y = 102.4 - 7.62x$       | -0.9473 <sup>**</sup> | 6.88            | 17.3      |

表4 结实率的回归方程与半致死剂量

| 生 理 状 态 | 回归方程式<br>( $y = a + bx$ ) | 相关系数<br>(r)           | 半致死剂量<br>(Krad) | 比率<br>(%) |
|---------|---------------------------|-----------------------|-----------------|-----------|
| 干 种     | $y = 100.76 - 1.85x$      | -0.9409 <sup>**</sup> | 27.44           | 100.0     |
| 湿 种     | $y = 106.46 - 3.17x$      | -0.9840 <sup>**</sup> | 17.80           | 64.8      |
| 露 白     | $y = 98.30 - 6.87x$       | -0.9752 <sup>**</sup> | 7.03            | 25.6      |
| 发 芽     | $y = 95.68 - 6.63x$       | -0.9500 <sup>**</sup> | 6.89            | 25.1      |

状态与露白状态相近。半育性剂量分别为: 发芽6.89Krad, 露白7.03Krad, 湿种17.8Krad, 干种27.44Krad(见表4)。以上说明: 露白或发芽种子辐照所需的半育性剂量仅为干的种1/4左右。(前者为干种的25.6%, 后者为干种的25.1%)。

## 二、M<sub>2</sub>代诱变结果

(一) 叶绿素突变 从表5 M<sub>2</sub>代出现的叶绿素突变情况, 可以看出如下结果:

1. 经不同剂量辐照而生长的23533株秧苗中, 出现叶绿素突变苗共168株, 平均突变率为0.71%, 各处理未经辐照的均未发现这类突变苗。

2. 在叶突绿素变苗中, 有4种类型, 其中以白化苗类型数量最多, 占总突变苗的72.6%。其次是黄化苗占25.0%。此外, 发现了株块斑类型和1株纵行条纹类型。块斑类型为绿白两色块斑相间, 这在文献中报道的并不多。

3. 剂量偏低或过高的处理, 未见到更多的突变率。干种20Krad以上, 湿种5Krad以下, 露白及发芽3Krad以下, 其叶绿素突变率均低于0.35%。

4. 诱发出较高突变率的适宜剂量, 干种为40Krad, 湿种为20Krad, 露白及发芽均为5—8Krad。最适剂量与半致死剂量基本一致。

(二) 农艺性状变异 对抽穗期、株高、育性等5项农艺性状的变异情况进行了观察, 如表6所示, 可以看出如下结果:

1. 经过萌动的水稻种子(包括三种生理状态)辐照后农艺性状突变率均比风干种子的高, 提高的幅度达到38.8—68.5%。其中以露白状态辐照的突变率达6.91%为最高, 其次为

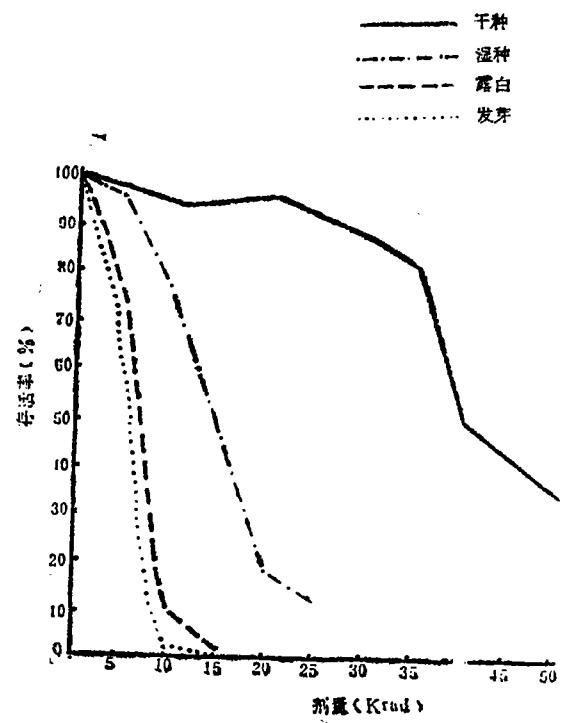


图1 剂量与存活率关系

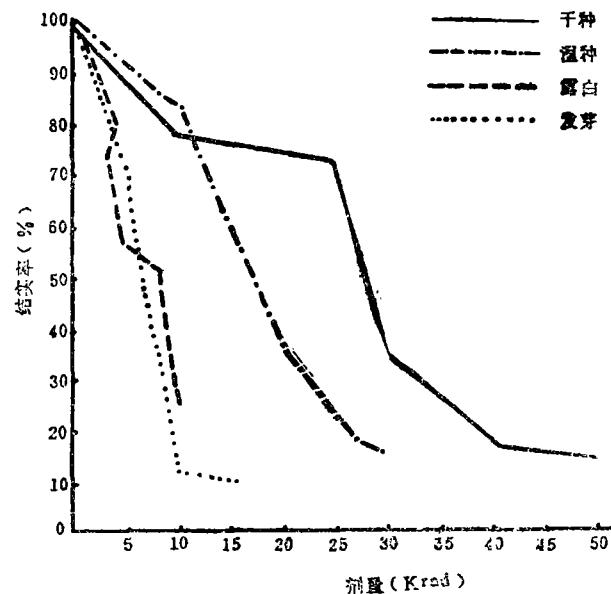


图2 剂量与结实率关系

表5 水稻风干与萌动种子辐照的叶绿素突变

| 生理状态 | 剂量<br>(Krad) | 总苗数<br>(株) | 叶绿素突变苗数(株) |     |     |     |     | 突变率(%) |
|------|--------------|------------|------------|-----|-----|-----|-----|--------|
|      |              |            | 白化苗        | 黄化苗 | 条纹苗 | 块斑苗 | 小计  |        |
| 干 种  | 0            | 1808       |            |     |     |     | 0   | 0.00   |
|      | 10           | 1739       | 3          |     |     |     | 3   | 0.17   |
|      | 20           | 1477       | 3          |     |     |     | 3   | 0.20   |
|      | 25           | 2103       | 12         | 5   |     |     | 17  | 0.81   |
|      | 30           | 1251       | 11         | 4   |     |     | 15  | 1.20   |
|      | 35           | 1058       | 7          | 5   |     |     | 12  | 1.18   |
|      | 40           | 476        | 4          | 3   |     |     | 7   | 1.47   |
|      | 50           | 532        | 3          | 1   |     |     | 4   | 0.75   |
| 湿 种  | 0            | 2100       |            |     |     |     | 0   | 0.00   |
|      | 5            | 2408       | 7          | 1   |     |     | 8   | 0.33   |
|      | 10           | 2286       | 14         | 2   |     |     | 16  | 0.70   |
|      | 20           | 919        | 6          | 3   |     |     | 9   | 0.98   |
|      | 25           | 706        | 6          |     |     |     | 6   | 0.85   |
| 露 白  | 0            | 1923       |            |     |     |     | 0   | 0.00   |
|      | 3            | 1915       | 2          | 3   |     |     | 5   | 0.26   |
|      | 5            | 1447       | 11         | 3   |     | 3   | 17  | 1.18   |
|      | 8            | 233        | 2          | 1   |     |     | 3   | 1.28   |
|      | 10           | 184        | 1          | 1   |     |     | 2   | 1.09   |
| 发 芽  | 0            | 1658       |            |     |     |     | 0   | 0.00   |
|      | 3            | 1845       |            | 7   |     |     | 7   | 0.38   |
|      | 5            | 1122       | 9          | 3   | 1   |     | 13  | 1.16   |
|      | 8            | 663        | 8          |     |     |     | 8   | 1.21   |
|      | 10           | 1023       | 11         |     |     |     | 11  | 1.17   |
|      | 15           | 186        | 2          |     |     |     | 2   | 1.08   |
| 合 计  |              | 23533      | 122        | 42  | 1   | 3   | 168 | 0.71   |

发芽状态辐照的突变率6.32%，再次为湿种辐照，突变率5.69%，干种辐照突变率仅4.10%（见表7）。突变率高低的趋势与M<sub>1</sub>代辐射敏感性强弱的趋势相一致。说明了辐照萌动种子，尤其辐照露白或发芽种子能有效提高突变率，其原因可能是由于萌动后的种子处于细胞迅速分裂阶段，代谢旺盛，对辐射线比较敏感，易于诱发基因和染色体突变。

2.在各种生理状态下所辐照的剂量范围内，突变率变化的趋势是：未经辐照的均未发现任何变异，随着辐照与剂量的增加，突变率也随之提高，到了一定剂量时达到高峰，其后突变率又趋于下降。这种趋势与叶绿素突变率变化是一致的。过高剂量突变率反而下降的原因，可能是由于高剂量导致了大量致死，掩盖了可见的突变。

3.各种生理状态下的种子，经不同剂量辐照后，一般都能诱发出程度不同的变异。从总

表6 水稻风干与萌动种子辐照的农艺性状变突

| 生理状态 | 剂量<br>(Krad) | 调查<br>株数 | 矮秆突变株数 | 早熟突变株数 |    | 育性突变株数 |     | 总突变<br>株数 | 总突变<br>率(%) |
|------|--------------|----------|--------|--------|----|--------|-----|-----------|-------------|
|      |              |          |        | 早熟     | 迟熟 | 半不育    | 全不育 |           |             |
| 干 种  | 0            | 360      | 0      |        |    |        |     | 0         | 0.00        |
|      | 10           | 357      | 2      |        |    |        |     | 2         | 0.56        |
|      | 20           | 356      | 3      |        | 1  | 7      |     | 11        | 3.08        |
|      | 25           | 353      | 4      |        | 4  | 3      | 2   | 13        | 3.68        |
|      | 30           | 347      | 8      |        | 5  | 2      |     | 15        | 4.32        |
|      | 35           | 298      | 11     |        | 7  | 9      |     | 27        | 9.26        |
|      | 40           | 353      | 9      | 1      | 4  | 2      |     | 16        | 4.53        |
|      | 50           | 352      | 5      | 2      | 4  | 3      | 1   | 15        | 4.26        |
|      | 小计           | 2416     | 42     | 3      | 25 | 26     | 3   | 99        | 4.10        |
| 湿 种  | 0            | 360      |        |        |    |        |     | 0         | 0.00        |
|      | 5            | 352      | 5      |        | 2  | 3      |     | 10        | 2.84        |
|      | 10           | 351      | 6      |        | 3  | 2      | 2   | 13        | 3.70        |
|      | 20           | 354      | 6      |        | 2  | 19     |     | 27        | 7.62        |
|      | 25           | 349      | 2      |        | 7  | 21     |     | 30        | 8.59        |
|      | 小计           | 1406     | 19     |        | 14 | 45     | 2   | 80        | 5.69        |
| 露 白  | 0            | 360      |        |        |    |        |     | 0         | 0.00        |
|      | 3            | 357      | 2      |        | 3  | 6      |     | 11        | 3.08        |
|      | 5            | 355      | 3      |        | 2  | 17     |     | 22        | 6.20        |
|      | 8            | 114      | 4      |        |    | 14     |     | 18        | 15.80       |
|      | 10           | 86       | 3      | 3      |    | 6      |     | 12        | 13.95       |
|      | 小计           | 912      | 12     | 3      | 5  | 43     |     | 63        | 6.91        |
| 发 芽  | 0            | 360      |        |        |    |        |     | 0         | 0.00        |
|      | 3            | 348      | 15     |        |    | 3      |     | 18        | 5.17        |
|      | 5            | 356      | 11     | 11     | 1  | 4      |     | 27        | 7.58        |
|      | 8            | 353      | 3      |        | 2  | 28     |     | 33        | 9.35        |
|      | 10           | 305      | 9      | 12     | 2  | 1      |     | 24        | 7.86        |
|      | 15           | 112      | 1      | 1      | 2  | 4      |     | 8         | 7.14        |
|      | 小计           | 1474     | 39     | 24     | 7  | 40     |     | 110       | 6.32        |

表7 水稻风干与萌动种子辐照的总体诱变比较

| 生理状态 | 叶绿素变异  |       | 农艺性状变异 |       |
|------|--------|-------|--------|-------|
|      | 突变率(%) | 比 值   | 突变率(%) | 比 值   |
| 干 种  | 0.83   | 100.0 | 4.10   | 100.0 |
| 湿 种  | 0.72   | 86.7  | 5.69   | 138.8 |
| 露 白  | 0.95   | 114.5 | 6.91   | 168.5 |
| 发 芽  | 1.00   | 120.5 | 6.32   | 154.1 |

突变率看，露白和发芽状态辐照8Krad剂量的突变率最高，其次为10Krad，湿种以辐照25Krad、干种以辐照35Krad的突变率较高。

### 结 语

辐照水稻萌动种子，既可减少剂量，又能提高诱变频率，是一种行之有效的辐射育种新技术。从试验结果看，辐照露白种子收效最佳。以辐照露白种子8Krad剂量为例，与辐照干种相比，可降低剂量80%，并提高诱变率70%左右。

由于大幅度降低辐照剂量，在只有小钴源装置的单位也能辐射育种。

综合考察辐射效应与诱变效果，辐照萌动种子以露白状态为最佳，其次是发芽状态。辐照这两种萌动种子的适宜剂量范围均为8—10Krad。

### 参 考 文 献

- [1] 中国科学院遗传研究所. 1972. 突变育种手册. 科学出版社，北京
- [2] 杜若甫. 1981. 作物辐射遗传与育种. 科学出版社，北京
- [3] Ehrenberg, L. 1954, Ion density and biological effectiveness of radiation. *Acta Agr.Scand.* 4 NO.3: 396-418
- [4] Nybom, N. 1956, Some further experiments on chronic gamma-irradiation on plants. *Botaniska Notiser* 109. 1: 1-11

# STUDIES ON THE RADIATION INDUCED MUTATION OF RICE GERMINATING SEEDS

Lin Zhaosong, Huang Zhenxin,

Tang Wenqing and Lin Mingui

(Fujian Academy of Agricultural Sciences)

Xu Jinbin

(Fujian Agricultural College)

## ABSTRACT

In the paper, the rice seeds under various physiological states-dry, wet reveal bud and bud off were irradiated with  $^{60}\text{Co}-\gamma$  ray, and the mutagenic effects were detected. The results showed that the radiation sensitivity varied with the physiological states of rice seeds. Most sensitive state was reveal bud of seed, followed bud off, wet and dry state. The mutagen doses of  $\text{LD}_{50}$  for reveal bud and bud off state hold 15-17% of that dry seed state needed.

In  $M_2$  generation, the mutation frequency of chlorophyll deficient, heading date, plant height and sterility were observed. The results show that the mutation frequency of germinating seeds were higher than the dry seeds. The mean mutation frequency might raise 68.5% for reveal bud state and might raise 54.1% for bud off. The optimal radiation dosage for reveal bud and bud off states ranges 8-10Krad all.

**Key words:** Rice; Germinating seeds; Induced mutation