

ON 10743
CSN 45-0070

1970.5

中国核农学杂志

JOURNAL OF NUCLEAR SCIENCE AND AGRICULTURE

提高水稻辐射诱变育种效果的研究

STUDY ON INCREASING MUTAGENIC EFFICIENCY
OF RADIATION BREEDING FOR RICE

(In Chinese)



原子能出版社

中国核农学中心

China Nuclear Information Centre



万贤国：湖南省原子能农业应用研究所研究员，
1963年毕业于北京农业大学。

Wan Xianguo; Professor of Hunan Insitute for
Application of Atomic Energy in Agriculture.
Graduated from Beijing Agricultural University in
1963.

CNIC-06745

CSNAS-0070

提高水稻辐射诱变育种效果的研究

万贤国 庞伯良 朱校奇

(湖南省原子能农业应用研究所,长沙)

胡能书 朱泽瑞

(湖南省生物研究所,长沙)

摘 要

进一步提高辐射诱变效率,改进筛选技术仍是作物辐射遗传育种的重要议题。近年来我们以水稻为材料进行的研究表明:(1)辐射与杂交相结合, ^{60}Co γ 射线处理与 Ar^+ 、 CO_2 、远红外等激光处理相结合,以及在总照射量一定的条件下,根据不同的育种目标,选择适宜的照射量率,均有提高水稻诱变效果的作用。(2)根据 M_1 代性状表现与 M_2 代变异频率的相关性,选择一定性状的 M_1 代材料留种,有减少选择世代工作量,提高筛选效率的作用。

关键词: 水稻 诱变效率 植物育种

STUDY ON INCREASING MUTAGENIC EFFICIENCY OF RADIATION BREEDING FOR RICE

(In Chinese)

Wan Xianguo Pang Boliang Zhu Xiaoqi
(INSTITUTE FOR APPLICATION OF ATOMIC ENERGY,
HUNAN ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES, CHANGSHA)
Hu Nenshu Zhu Zerui
(HUNAN BIOLOGY RESEARCH INSTITUTE, CHANGSHA)

ABSTRACT

Increasing mutagenic efficiency and improving selection method are important topics for crop mutation breeding. Investigation on the radiation breeding for rice (*Oryza Sativa* L.) showed that the crossing in combination with gamma ray irradiation or laser irradiation and proper selection of dosage rate can increase mutagenic efficiency. According to the correlation of phenotype in M_1 generation and mutation frequency in M_2 for rice, the materials with certain characters were chosen as seeds, thus the works of generation selections will be reduced.

作物辐射育种作为一种新的育种手段在育成作物新品种方面已取得了举世瞩目的成就,并在辐射育种方法方面作了大量的研究^[1],但是,进一步提高辐射诱变效率,改进筛选技术仍是广大辐射育种工作者极为关心的重要问题,为此,近年来我们以水稻为材料就这些问题的部分内容作了一些初步的研究,取得了有益的进展,现综述如下:

1 提高水稻辐射诱变效率的研究

1.1 辐射与杂交相结合提高诱变效率的研究

由于辐射杂合材料有利于打破基因连锁,促进基因重组,从而有提高诱变效果的作用,这在小麦上已有过不少报道^[2,3],我们通过对辐照不同组合水稻杂种当代材料的研究亦取得了相似的结果,研究表明:

(1)杂交比亲本品种具有更高的辐射敏感性,同样经过 γ 射线1.87万rad辐照处理,无论是发芽率、成秧率还是结实率,杂交组合比相应的亲本品种均表现出更为严重的辐射损伤,其发芽率损伤为亲本品种的1.53~12.07倍;成秧率损伤为亲本品种的2.00~3.01倍;结实率损伤为亲本品种的1.17~1.41倍,可见杂交组合比亲本品种更容易受到辐射的影响。

(2) M_2F_2 (杂种辐照2代)比 M_2 (亲本品种辐照2代)、 F_2 (杂种2代)有更宽的变异谱。根据对不同杂交组合 M_2F_2 及相应 M_2 、 F_2 株高、抽穗期、粒形、穗型、颖壳数、芒、株高、不育等15种大的性状变异的调查结果, M_2F_2 的变异类型明显多于 F_2 和 M_2 的变异类型。例如,广陆矮4号和湘矮早9号 M_2 代的变异类型分别为7种和6种,其杂交2代(F_2)的变异类型为5种,但其 M_2F_2 的变异类型则多达11种。

(3) M_2F_2 有比 F_2 、 M_2 高得多的总变异频率,以广4 \times 湘9和竹系26 \times 湘9为例,亲本品种广4、湘9、竹系26 M_2 的总变异频率分别为5.853%、2.364%和3.260%,组合广4 \times 湘9和竹系26 \times 湘9 F_2 的总变异频率分别为2.577%和1.333%,而其 M_2F_2 的总变异频率则分别为9.195%和6.094%,是相应亲本 M_2 加相应组合 F_2 总变异频率之和的137.5%和147.0%。其差异经t测验,均达到了极显著水平。

(4)生育期、株高、粒形等主要经济性状的变异频率, M_2F_2 亦比相应的 F_2 及 M_2 高,特别是早熟、矮秆、粒形等有益性状的变异频率, M_2F_2 均显著高于相应的 M_2 及 F_2 。如早熟变异 M_2F_2 分别是 F_2 和 M_2 的1.46倍和2.16倍;矮秆变异 M_2F_2 分别是 F_2 和 M_2 的2.18倍和1.21倍;粒形变异 M_2F_2 分别是 F_2 和 M_2 的3.72倍和9.13倍。

(5) M_2F_2 生育期、株高的变异系数、广义遗传力亦极显著地高于 F_2 与 M_2 。例如广4 \times 湘9经1.87万rad处理的,其 M_2F_2 播种至抽穗天数的变异系数与广义遗传力分别为3.23%和57.66%;而未经辐照处理的 F_2 只有2.86%和46.93%,其相应亲本的 M_2 平均仅为2.20%和9.46%,其株高的变异系数和广义遗传力的变化亦呈类似的情况。在其他杂交组合中亦存在相同的现象。

(6)杂交组合的遗传背景对辐射诱变效应有着明显的影响,辐射与杂交相结合虽有明显的提高诱变效果的作用,但要达到最佳效果,还必须考虑杂交亲本的遗传背景^[4]。据我们对109个杂交组合辐照后代优良突变系入选情况的统计,当地种 \times 当地种辐照后代新品系的入选率为2.13%,地理远缘种 \times 地理远缘种辐照后代新品系的入选率为0,而当地种 \times 地理

远缘种, 突变体×突变体, 突变体×当地种辐照后代的新品系的入选率则分别为 50.00%、25.00%和 16.67%。可见辐照当地种×地理远缘种, 突变体×突变体以及突变体×当地种等杂合材料可达到较好的诱变育种效果。我们育成的优质、高产、多抗籼稻新品种及优质米突变系 86-12 就是通过辐照当地种×地理远缘种育成的。

1.2 γ 射线与激光复合处理提高水稻诱变效率的研究

激光是一种新的物理诱变因素, 由于激光能与生物体产生光效应、光压效应、热效应、电磁效应等多种作用, 用于育种已取得初步的成效^[5], 但让其与 γ 射线进行复合处理, 诱变效果如何? 尚未见有关报道, 因此我们用 γ 射线 2.8 万 rad 分别加氩离子激光(波长 4480 Å^[6], 能量密度 80 J/cm²)和远红外激光(波长 118.8 μ m, 输出电压 2~5 U 和 6~9 U, 处理时间为 30 s 和 60 s)复合处理水稻广陆矮 4 号和湘早籼 1 号干种子, 研究了其诱变效果。研究表明:

(1) 无论是 γ 射线加 Ar⁺激光复合处理, 还是 γ 射线加远红外激光复合处理, 其当代的辐射损伤都远比 γ 射线单独处理要轻, 表现为当代的发芽率、成秧率、苗高、株高、主穗长、主穗总粒数、结实率等, 复合处理的均显著高于 γ 射线单独处理。以水稻广陆矮 4 号干种子为例, 未经处理的对照种子及经过 γ 射线与 γ 射线+Ar⁺激光处理的种子, 其当代表现如表 1 所示:

表 1

| 处 理 | 发芽率 (%) | 成秧率 (%) | 苗高 (cm) | 株高 (cm) | 主穗长 (cm) | 结实率 (%) |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|
| CK | 86 | 85 | 13.85 | 77.87 | 21.69 | 85.4 |
| γ | 79 | 76 | 10.31 | 64.00 | 19.68 | 40.7 |
| γ +Ar ⁺ | 94 | 93 | 13.05 | 69.78 | 20.91 | 52.5 |

表中数据说明一定处理剂量的激光具有缓解 γ 射线当代辐射损伤的作用^[6,7]。大量试验表明: 在一定的剂量范围内, γ 射线对作物诱变的频率与照射剂量成正比。但是剂量太高, 死亡严重, 得不到足够的可供筛选的群体。就育种目标而言, 我们希望的是生物效应低和遗传效应强的处理。激光能减轻 γ 射线造成的当代辐射损伤, 这对提高辐射诱变育种效果无疑有着积极的作用。

(2) γ 射线加激光复合处理有明显地扩大突变谱, 提高突变频率的作用。例如, 广陆矮 4 号干种子用 Ar⁺激光和 γ 射线单独处理, 其 2 代变异类型分别为 8 种和 15 种, 其以穗行为统计单位的突变频率分别为 29.17%和 46.28%, 以 γ 射线+Ar⁺复合处理的, 变异类型为 17 种, 突变频率为 69.23%^[5]。湘早籼 1 号干种子用远红外激光和 γ 射线单独处理的, 其 2 代的突变类型分别为 6 种和 8 种, 以单株为单位统计的突变频率分别为 1.27%和 4.64%, 而 γ 射线加远红外激光复合处理的, 变异类型为 14 种, 突变频率为 11.58%^[8]。此外, 我们还发现 γ 射线加 Ar⁺激光复合处理在同一穗行中出现两种以上表型变异的机率明显高于单一处理。以上说明这两种物理诱变因子在提高诱变率中表现出了明显的协同作用。我们用 γ 射线加 CO₂激光复合处理水稻干种子, 亦发现有类似的结果。

[6] 1 Å = 10⁻¹⁰m

1.3 ^{60}Co γ 射线照射水稻干种子适宜照射量率的研究

照射量对诱变效率的影响已为所有的诱变育种工作者所重视,但在总照射量一定的条件下,照射量率对诱变效率的影响虽早有报道^[3],但由于研究的结果不尽一致,以致在实际育种工作中往往被忽视。我们曾以广陆矮4号干种子为材料,研究了在总照射量为3.27万rad时,35.0、86.5、127.8、188.9和461.7rad/min等不同照射量率的诱变效果。我们的研究发现:

(1) M_1 代辐射损伤与照射量率间存在着复杂的关系, M_1 代秧苗根重、株高与照射量率成负相关,相关系数分别为-0.630和-0.667,不育株率、畸形株率与照射量率呈正相关,相关系数分别为0.695和0.868,也就是说,照射量率越大,损伤越重;与此相反,发芽率、成株率与照射量率呈正相关,相关系数分别为0.664和0.904,即照射量率越小,损伤越大;苗鲜重、单株有效穗数、单株产量、千粒重等则受照射量率的影响不大。

(2) M_2 代的变异情况在相当大的程度上受照射量率的影响。在我们所给定的照射量率范围内,总突变频率和矮秆、高秆及迟熟的突变频率均以86.5rad/min处理的最高;早熟突变频率以188.9rad/min处理的较高,变异谱也以188.9rad/min处理的最宽;不育突变的频率在各处理中均较高,但以461.7rad/min处理的最高(详见表2)。因而为了提高诱变效果,应该根据不同的选育目标,选择适宜的照射量率进行辐照处理。

表2 M_2 变异频率与照射量率的关系

| 照射量率(rad/min) | 0 | 35.0 | 86.5 | 127.8 | 188.9 | 461.7 |
|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 总变异频率(%) | 0.24 | 7.01 | 12.68 | 8.27 | 10.81 | 8.87 |
| 叶绿素变异(%) | 0.24 | 1.08 | 1.24 | 0.74 | 1.51 | 0.48 |
| 高秆变异(%) | 0 | 0.26 | 0.38 | 0 | 0.12 | 0.21 |
| 矮秆变异(%) | 0 | 2.36 | 5.48 | 4.25 | 3.97 | 3.15 |
| 早熟变异(%) | 0 | 0.05 | 0 | 0 | 0.06 | 0 |
| 迟熟变异(%) | 0 | 0.29 | 1.18 | 0.09 | 0.77 | 0.76 |
| 不育变异(%) | 0 | 2.97 | 4.21 | 3.14 | 4.09 | 4.27 |
| 其他变异(%) | 0 | 0 | 0.19 | 0.05 | 0.29 | 0 |

1.4 M_1 代辐射效应与 M_2 代性状变异相关性的研究

种子植物经过辐照后,为了在 M_2 代进行突变体的筛选,习惯上 M_1 代采用单株脱粒(M_2 种成株行)、单穗脱粒(M_2 种成穗行)、或者一株一粒法、一株二粒法等方法留种^[3]。但用这些方法留种, M_2 代都需要种植很大的群体,才可能选到我们所需要的突变材料。为了减少 M_2 代的工作量,提高选择效率,我们期望在 M_1 代出现的形态与生理变化上找到与 M_2 代性状突变的相关性,以便在 M_1 代就进行有选择性的留种。因而曾以竹192、76-804、科梅三个早稻品种为材料,观察了 M_1 代苗高、生育期、结实率与 M_2 代性状突变的相关关系。经过统计分析,发现有了如下的现象:

(1) M_1 代苗矮(平均9.07cm)的, M_2 代的总突变频率及叶绿素突变、不育突变、矮秆突变、秆色突变的频率分别为6.450%、1.809%、1.332%、1.641%、0.171%和0.396%,均比 M_1 代苗高(平均20.05cm)的高,为其相应突变频率的1.48、14.2、7.75、1.61、2.34倍和5.12倍。高秆突变频率矮苗的亦比高苗的高。反之,粒形突变和迟熟突变的频率,矮苗的则

比高苗的低,高苗分别为矮苗的 2.42 倍和 2.06 倍。

(2) M_1 代表迟熟的(抽穗期迟 6 天),总突变频率及叶绿素突变、迟熟突变、矮秆突变、不育突变、窄叶形突变的频率均较 M_2 代表早熟的高,其不同品种的平均突变频率,前者分别为 15.26、2.02、2.66、2.87、6.63 和 0.83%,后者分别为 9.45、0.51、1.12、1.53、4.37 和 0.68%,前者分别是后者的 1.61、3.96、2.38、2.13、1.52 和 1.22 倍,早熟突变则相反, M_1 代表早熟的早熟突变频率 1.03%, M_2 代表迟熟的未发现有早熟突变,上述现象在不同的品种中表现出极好的一致性。

(3) M_1 代结实率高(90%以上)、中(40~50%)、低(低于 20%)的不同, M_2 代的性状突变频率亦有差别,总突变率以中等结实的最高,为 29.8%;低结实的次之,为 27.4%;高结实的为 19.7%,最低。不育突变、迟熟突变、矮小丛生突变的频率亦呈此趋势,中等结实的分别为 11.00%、3.86%和 0.22%;低结实的分别为 7.37%、3.53%和 0.15%;高结实的分别为 3.04%、2.00%和 0。早熟突变频率,则是 M_1 代高结实的>低结实的>中结实的,分别为 1.80%、0.59%和 0.11%。叶绿素突变频率则是低结实的>中等结实的>高结实的,分别为 0.70%、0.42%、0.37%。矮秆突变频率以 M_1 代低结实的最高,达 11.06%。粒形突变的频率,以高结实与低结实的较高,均为 3.98%,中等结实的次之,为 2.93%。

由此可见,为了减少 M_2 代的种植群体,提高选择效率,根据育种目标,在 M_1 代即有选择性的留种很有必要。例如,为了提高总的突变频率,宜选择 M_1 代表现为秧苗矮小或抽穗较迟、或结实中等的植株留种;为了获得更多的矮秆突变,可选择 M_1 秧苗矮小,或迟抽穗、或结实率低的留种;为了获得更多的早熟突变,可选择 M_1 矮小,或早抽穗或高结实的植株留种;为了获得更多的迟熟突变,可选择 M_1 秧苗较高,或迟抽穗、或结实中等的植株留种;为了获得更多的不育突变,可选择 M_1 秧苗矮小,或迟抽穗或结实中等的植株留种。

参考文献

- [1] 王琳涛. 核农学通报,1992,13(6): 282-295
- [2] 吴振录. 原子能农业应用,1983(3): 25-28
- [3] 薛小平等. 核农学报,1989(增刊): 135-147
- [4] 方敬国. 中国农学通报,1987(1): 17-20
- [5] 陈震古. 激光生物学,1992,1(3): 99-103
- [6] 方敬国等. 湖南农业科学,1981(3): 30-33
- [7] 方敬国等. 应用红外与光电子学,1989(7): 32-35
- [8] 庞伯良等. 应用激光联刊,1989,8(5): 251-253
- [9] 许耀奎等. 作物诱变育种. 上海科技出版社,1985(3): 128-130;149-156

C

提高水稻辐射诱变育种效果的研究

原子能出版社出版

(北京 2108 信箱)

中国核科技报告编辑部排版

核科学技术情报研究所印刷

☆

开本 787×1092 1/16·印张 1/2·字数 6 千字

1993 年 4 月北京第一版·1993 年 4 月北京第一次印刷

ISBN 7-5022-0931-1

TL·586

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT



This report is subject to copyright. All rights are reserved. Submission of a report for publication implies the transfer of the exclusive publication right from the author(s) to the publisher. No part of this publication, except abstract, may be reproduced, stored in data banks or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher, China Nuclear Information Centre, and/or Atomic Energy Press. Violations fall under the prosecution act of the Copyright Law of China. The China Nuclear Information Centre and Atomic Energy Press do not accept any responsibility for loss or damage arising from the use of information contained in any of its reports or in any communication about its test or investigations.

ISBN 7-5022-0931-1
TL · 586

P.O.Box 2103
Beijing, China

China Nuclear Information Centre