

CNIC-01595
CSNAS-0140

辐射诱发水稻突变的方向性
MUTATION DIRECTION BY IRRADIATION IN RICE
(In Chinese)

中国核情报中心
China Nuclear Information Centre

CNIC-01595
CSNAS-0140

辐射诱发水稻突变的方向性

王彩莲 陈秋方 金卫 吕忆梅

(浙江省农业科学院原子能利用研究所, 杭州, 310021)

摘 要

利用碳-14 处理水稻植株, 以及用质子、离子束、同步辐射(软 X 射线)、空间环境处理水稻干种子, 研究其诱发突变的方向性。结果表明, 碳-14 诱发突变方向与诱变品种遗传特性呈逆相关, 即早熟、矮秆的品种产生迟熟、高秆突变; 迟熟、高秆的品种产生早熟、矮秆突变; 熟期和株高中等的品种产生早熟和迟熟、矮秆和高秆双向突变。突变方向还与处理剂量和时期有关。不同诱变因素对不同性状的突变频率亦不同。质子辐射诱发的早熟突变高于其它诱变因素, γ 射线诱发迟熟突变频率较高, 同步辐射可获得较高的矮秆突变, 空间环境诱发的高秆突变较高。质子等处理诱发有益性状突变频率高于 γ 射线。

关键词: 水稻, ^{14}C , 质子, 离子束, 同步辐射, 空间环境, 突变方向

Mutation Direction by Irradiation in Rice

(In Chinese)

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

ABSTRACT

The mutation directions of rice were studied. The results indicated that the mutation directions of rice induced by ^{14}C were invert correlation to their genetic backgrounds of tested rice varieties, i.e. early mature and short stem varieties produced later mature and higher stem mutation; late mature and high stem varieties produced earlier mature and shorter stem mutation; the varieties of middle maturity and height produced both direction mutations of earlier and later maturity or shorter and higher stem. The mutation directions induced by ^{14}C were also related to treated doses and stages. Frequency of earlier maturity mutation by protons treatment were higher than those induced by other mutagens. Frequency of later maturity by γ -rays were higher than those induced by other mutagens. Frequency of short stem mutation by synchronous irradiation (soft X-rays) were higher than those induced by other mutagens. Frequency of beneficial mutation induced by proton treatment were higher than those induced by γ -rays.

Keyword: Rice, ^{14}C , Proton, Ion beam, Synchronous irradiation, Space mutation, Mutation direction

前言

在诱变育种中，不论采用何种诱变因素和处理方式，不论希望达到何种目标，其育种的设计思想不能偏离诱发突变的性质。诱发突变的性质就是染色体 (DNA) 片段或 DNA 碱基位点的突变。这一性质指明了诱变技术在染色体工程和基因创新上的优势所在。

目前，各国学者正在采用各种方法提高突变频率。所谓定向诱变包括两个含义：一是指通过诱变处理，使其出现某种需要的特定变异性状，这是比较困难的；另一是指提高某些有益变异性状在总变异中的相对频率。已有研究证明，不同诱变因素对不同作物具有不同的诱变效率，而且诱变某个性状突变效应亦有很大差异^[1]。当前的主要研究工作就是通过对大量的试验资料进行分析，归纳出在哪些诱变处理方法和条件下，哪些有益突变性状出现的几率更多。由于在不同的诱变源及其不同的诱变剂量作用下，出现某一有益突变性状的频率是不同的。也就是说，诱变某一农艺性状突变有一定的规律性，这就提示我们，在一定条件下诱发的突变谱可能有一定范围的定向。为此，我们采用多种诱变剂处理不同水稻品种，研究其辐射对水稻诱发突变的方向性。

1 材料与amp;方法

1.1 供试材料

碳-14诱发水稻突变试验的材料为二九青、原丰早、1063、二九丰、广陆矮4号、香粳、1096、1152、加州珍珠、浙8619和高七等11个熟期和株高不同的品种（见表1）。

不同诱变因素试验的供试材料为早粳品种浙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

碳-14 诱发水稻突变试验是用过量乳酸将 $\text{Ba}^{14}\text{CO}_3$ 转化为 $^{14}\text{CO}_2$ ，通过光合作用引入水稻植株。整个引入过程在光合室、反应装置和气泵组成的密闭回流系统中进行。每次光合作用时间为 1.5 h。碳-14 诱发突变方向与品种遗传特性关系试验处理时期均为花粉母细胞形成期，剂量为 111×10^4 Bq/株；突变方向与处理时期关系试验，品种为二九丰，剂量为 111×10^4 Bq/株，处理时期分别为：一次枝梗原基分化期，雌雄蕊形成期，花粉母细胞形成期，花粉母细胞减数分裂期和花粉完成期；突变方向与处理剂量关系试验，品种为二九丰，处理时期为花粉母细胞形成期，剂量分别为 0×10^4 ， 37×10^4 ， 74×10^4 ， 111×10^4 ， 222×10^4 和 333×10^4 Bq/株。每处理一盆，重复三次。

不同诱变因素试验是将水稻种子搭载第 17 颗返回式卫星，15 d 空间运行，进行空间诱变处理；质子辐照处理在北京大学重离子物理所进行，能量为 4，6 和 8 MeV，质子剂量为 $3 \times 10^9/\text{cm}^2$ ；软 X 射线同步辐射辐照在北京 BEPC 国家同步辐射实验室进行，加速器运行的能量为 2.2 GeV，束流为 60 mA，运行时的 X 射线谱为 3.5 ~2.2 keV，照射时间分别为 30，50，70 s；氮离子注入在北京师范大学进行，注入能量为 75 keV， N^+ 剂量分别为 10^{15} ， 5×10^{15} ions/ cm^2 ； ^{60}Co γ 射线剂量为 150，300 和 450 Gy，剂量率为 0.90 Gy/min。

1.3 M_2 突变

M_1 成熟时,按处理混种成 M_2 代考察熟期和株高，按标准差法统计抽穗期和株高突变。

2 结果与分析

2.1 突变方向与诱变品种遗传特性的关系

2.1.1 熟期突变方向与品种遗传特性的关系

经 ^{14}C 诱变处理后, 供试品种中, 除 1063, 1096, 和加州珍珠 3 个品种没有发生熟期突变外, 其余 8 个品种均产生熟期突变。其中早熟品种二九青只产生迟熟突变, 突变频率为 8.33%。迟熟品种 1152, 浙 8619 和高七仅产生早熟突变, 突变频率分别为 2.47%、2.07%和 7.24%, 而熟期中等的原丰早、二九丰、广陆矮 4 号和香粳则产生早熟和迟熟双向突变。早熟突变频率以生育期最长的品种高七的突变频率最高 (7.24%), 迟熟突变频率以生育期最短的品种二九青最高 (8.33%) (见表 1)。

表 1 熟期突变方向与品种遗传特性的关系

品种	生育期 / d	熟期突变频率/%		
		早熟	迟熟	合计
1063	110	0.00	0.00	0.00
二九青	115	0.00	8.33	8.33
原丰早	118	3.03	3.03	6.06
二九丰	118	1.04	5.05	6.09
广陆矮	128	3.47	5.88	9.35
香粳	134	6.67	6.67	13.34
1096	138	0.00	0.00	0.00
1152	138	2.47	0.00	2.47
加州珍珠	140	0.00	0.00	0.00
浙 8619	140	2.07	0.00	2.07
高七	150	7.24	0.00	7.24

2.1.2 株高突变方向与品种遗传特性的关系

在供试品种中, 除 1096 和 1063 品种没有发生株高突变外, 其余 9 个品种均产生株高突变。矮秆品种二九青仅产生高秆突变, 突变频率为 8.33%。高秆品种浙 8619、高七、加州珍珠和 1152 只产生矮秆突变, 突变频率分别为 1.03%、0.93%、1.72%和 2.47%。而株高中等的品种二九丰、原丰早、广陆矮 4 号和香粳则产生矮秆和高秆双向突变, 矮秆和高秆突变比例因品种而异 (见表 2)。

2.2 突变方向与处理时期的关系

2.2.1 熟期突变方向与处理时期的关系

从表 3 可以看出, 早熟突变频率以花粉母细胞形成期处理最高, 为 1.04%; 迟熟突变频率以雌雄蕊形成期处理最高, 达 5.85%。最佳处理时期, 前者比后者迟, 而突变频率则后者比前者高 5 倍多。而其它处理时期, 其迟熟和早熟突变均随处理时期的提早或推迟而迅速降低。

2.2.2 株高突变方向与处理时期的关系

高秆突变频率随处理时期推迟而降低，矮秆突变频率以雌雄蕊形成期至花粉母细胞形成期处理最高（2.50%~2.79%），处理时期的提早或延迟，矮秆突变频率均随之下降。处理时期早于雌雄蕊形成期迟于花粉母细胞减数分裂期，则矮秆突变频率低于高秆突变频率（见表4）。

表2 株高突变方向与品种遗传特性的关系

品种	植株高度 cm	株高突变频率/%		
		矮秆	高秆	合计
二九青	57.7	0.00	8.33	8.33
二九丰	69.1	2.79	1.26	4.05
1096	72.8	0.00	0.00	0.00
原丰早	73.2	3.03	3.03	6.06
广陆矮4号	75.9	0.74	0.12	0.86
香粳	79.7	6.67	6.67	13.34
1063	90.2	0.00	0.00	0.00
浙8619	91.0	1.03	0.00	1.03
高七	91.0	0.93	0.00	0.93
加州珍珠	91.2	1.72	0.00	1.72
1152	96.4	2.47	0.00	2.47

表3 熟期突变方向与处理时期的关系

处理时期	熟期突变频率/%		
	早熟	迟熟	合计
CK	0.00	0.00	0.00
一次枝梗原基分化期	0.05	2.85	2.90
雌雄蕊形成期	0.20	5.85	6.05
花粉母细胞形成期	1.04	5.00	6.04
花粉母细胞减数分裂期	0.25	3.80	4.05
花粉完成期	0.15	1.95	2.10

表 4 株高突变方向与处理时期的关系

处理时期	株高突变频率/%		
	矮秆	高秆	合计
CK	0.00	0.00	0.00
一次枝梗原基分化期	1.37	3.40	4.77
雌雄蕊形成期	2.50	1.58	4.08
花粉母细胞形成期	2.79	1.25	4.04
花粉母细胞减数分裂期	1.35	1.20	2.55
花粉完成期	0.40	1.05	1.45

2.3 突变方向与处理剂量的关系

2.3.1 熟期突变方向与处理剂量的关系

从表 5 可以看出，早熟突变频率随处理剂量的增加而提高，而迟熟突变频率则以剂量为 111×10^4 Bq/株的处理最高，达 5.05%，剂量过高或过低，迟熟突变频率均随之迅速降低。当剂量高于 222×10^4 Bq/株时，迟熟和早熟突变频率均趋于稳定，分别为 2.50%和 1.50%左右。

2.3.2 株高突变方向与处理剂量的关系

由表 6 可见，高秆突变频率随处理剂量的提高而降低。矮秆突变频率以 74×10^4 Bq/株剂量处理最高，达 3.80%，剂量高于或低于 74×10^4 Bq/株，矮秆突变频率均随之迅速下降。当处理剂量低于 37×10^4 Bq/株或高于 222×10^4 Bq/株时，矮秆突变频率低于高秆突变频率。

表 5 熟期突变方向与处理剂量的关系

引入剂量/ 10^4 Bq/株	熟期突变频率/%		
	早熟	迟熟	合计
0	0.00	0.00	0.00
37	0.60	2.10	2.70
74	0.65	2.80	3.45
111	1.00	5.05	6.05
222	1.50	2.50	4.00
333	1.50	2.50	4.00

表 6 株高突变方向与处理剂量的关系

引入剂量/ 10^4 Bq/株	株高突变频率/%		
	矮秆	高秆	合计
0	0.00	0.00	0.00
37	1.80	2.00	3.80
74	3.80	1.35	5.15
111	2.60	1.20	3.80
222	0.50	0.45	0.95
333	0.10	0.45	0.55

2.4 突变方向与诱变因素的关系

2.4.1 熟期突变方向与诱变因素的关系

表 7 列出了质子、空间环境、氮离子、同步辐射和 γ 射线诱发水稻 M_2 代的熟期突变频率。从表 7 可以看出，质子、空间环境、氮离子和同步辐射诱发 M_2 抽穗期的突变频率是早熟高于迟熟，且早熟的突变频率高于 γ 射线，以质子辐射诱发的早熟突变频率最高，浙 733、舟 903 和秀水 11 的早熟突变频率分别为 1.60%，2.00%和 2.00%。 γ 射线诱发产生的迟熟突变频率明显高于其它诱变因素处理，5 个供试品种的趋势基本一致。

2.4.2 株高突变方向与诱变因素的关系

供试品种经空间环境、质子、氮离子、同步辐射等处理的 M_2 代株高突变频率是矮秆突变高于高秆，与 γ 射线处理的趋势基本相似（见表 8）。以同步辐射诱发的矮秆突变频率较高，浙 733，舟 903 和加育 293 的突变频率分别为 1.40%，1.60%和 1.80%。空间环境诱发的高秆突变略高于其它几种诱变因素。

表 7 熟期突变方向与诱变因素的关系

品种	诱变因素	早熟突变频率/%	迟熟突变频率/%	总突变频率/%
浙 733	CK	0.00	0.00	0.00
	γ 射线	1.00	1.20	2.20
	空间环境	1.40	0.40	1.80
	质子	1.60	0.00	1.60
	氮离子	1.40	0.20	1.60
	同步辐射	1.40	0.20	1.60
中选 5 号	CK	0.00	0.00	0.00
	γ 射线	1.00	1.20	2.20
	空间环境	1.80	0.20	2.00
舟 903	CK	0.00	0.00	0.00
	γ 射线	0.80	1.20	2.00

续表 7

品种	诱变因素	早熟突变频率/%	迟熟突变频率/%	总突变频率/%
加育 293	空间环境	1.20	0.40	1.60
	质子	2.00	0.00	2.00
	氮离子	1.80	0.20	2.00
	同步辐射	1.40	0.20	1.60
	CK	0.00	0.00	0.00
	γ射线	0.60	1.40	2.00
秀水 11	空间环境	1.20	0.60	1.80
	氮离子	1.60	0.20	1.80
	同步辐射	1.60	0.40	2.00
	CK	0.00	0.00	0.00
	γ射线	1.00	1.20	2.20
	空间环境	1.60	0.20	1.80
	质子	2.00	0.00	2.00

表 8 株高突变方向与诱变因素的关系

品种	诱变因素	高秆突变频率/%	矮秆突变频率/%	总突变频率/%
浙 733	CK	0.00	0.00	0.00
	γ射线	0.20	1.40	1.60
	空间环境	0.20	1.20	1.40
	质子	0.20	1.40	1.60
	氮离子	0.20	1.40	1.60
	同步辐射	0.20	1.40	1.60
中选 5 号	CK	0.00	0.00	0.00
	γ射线	0.20	1.20	1.40
	空间环境	0.20	1.40	1.60
舟 903	CK	0.00	0.00	0.00
	γ射线	0.40	1.40	1.80
	空间环境	0.40	1.60	2.00
	质子	0.20	1.60	1.80
	氮离子	0.20	1.40	1.60
	同步辐射	0.40	1.60	2.00
加育 293	CK	0.00	0.00	0.00
	γ射线	0.60	0.80	1.40

续表 8

品种	诱变因素	高秆突变频率/%	矮秆突变频率/%	总突变频率/%
秀水 11	空间环境	0.80	1.00	1.80
	氮离子	0.60	1.60	2.20
	同步辐射	0.40	1.80	2.20
	CK	0.00	0.00	0.00
	γ 射线	0.60	1.20	1.80
	空间环境	0.60	1.20	1.80
	质子	0.40	1.20	1.60

3 讨论

大量研究表明, 诱发突变是随机的。这种随机性既为育种创造了丰富的甚至优异的育种材料, 但也使诱变育种产生盲目性。尽管诱发突变具有随机性, 但也不是完全无规律可循。本研究结果表明, 诱发突变具有一定的方向性, 其突变方向和突变频率高低与诱变因素、诱变品种的遗传特性以及处理的剂量和时期等因素有密切关系。

碳-14 诱发熟期和株高突变方向与诱变品种遗传特性有关, 早熟、矮秆品种产生迟熟、高秆突变; 迟熟、高秆品种产生早熟、矮秆突变; 而熟期和株高中等的品种则产生早熟和迟熟、矮秆和高秆双向突变。而且不同品种之间某一性状的突变频率亦有很大差异。这表明, 突变的方向性和不同品种之间突变频率的差异, 主要与诱变品种自身各种性状的遗传特性和遗传稳定性有关。虽然我们还不能完全控制各种性状的突变, 但通过辐照亲本材料的选择, 可以使某些性状朝着我们所期望的方向突变, 从而大大增加所需性状的选择几率。

碳-14 诱发突变频率与处理剂量和处理时期有密切关系, 而且不同性状突变对处理剂量和处理时期有不同的要求。其机理目前尚不清楚, 但已有许多研究证明, 植物熟期的早迟、植株的高矮等性状是由不同基因控制的^[2,3]。植物自身的遗传结构对各种性状的诱发突变具有重要的影响。植物各种性状的控制基因在其生长发育的不同时期对诱变剂具有不同的敏感性, 而且不同控制基因对同一诱变剂的敏感性亦不同。不同作物、品种和生物学特性对诱变处理时期和剂量有不同的要求, 必须在大量试验基础上确定适宜诱变剂量及处理方法, 才能使试验得到预期的效果。

实践已经证明, 不同诱变因子对不同植物的诱变效果是不同的。就同一物种而论, 不管是物理因子, 还是化学因子处理, 其诱发的突变频率差异很大, 突变谱亦不同^[4,5]。因而, 开拓高效新诱变因素, 是诱变改良作物技术的重要环节。

质子、空间环境、氮离子和同步辐射能诱发较高频率的有益性状突变, 可能是由于质子等诱变因素对染色体结构的损伤作用少于 γ 辐射^[6], 有可能较多地诱发微突变和点突变。但试验条件易变化, 有必要进一步深入研究, 探明其规律, 以便更好地用于诱变育种。

随着分子生物学的发展，使之从分子水平上研究诱发突变，以期从随机诱变到定向诱变。

参 考 文 献

- 1 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
- 2 高明尉等. 原子能农业应用, 1981, (1): 4~10
- 3 Mackill.D J, et al. J Heredity, 70: 335~341
- 4 王琳清. 科技导报, 1992, 11: 24~26, 12
- 5 王彩莲等. 核农学报, 1993, 7 (1): 21~28
- 6 王彩莲等. 核农学报, 1998, 12 (3): 129~134