

021750209

016-0001
016-0002

氯化钠对水稻种子的辐射防护
作用的初步研究

EFFECTS OF SODIUM CHLORIDE ON RADIATION
PROTECTION AND MODIFICATION OF
GAMMA-RAY TREATED RICE SEEDS

(In Chinese)



原子能出版社

中国核能杂志社

China Nuclear Information Centre



王彩莲：浙江省农科院原子能利用研究所副研究员。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; Associate 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.

CNIC-00681

CSNAS-0064

氯化钠对水稻种子的辐射保护作用 和修饰效应

王彩莲 刘孔南 慎玫
徐刚 陈秋方

(浙江省农科院原子能利用研究所,杭州)

摘 要

研究了氯化钠对水稻休眠和萌发种子的辐射保护作用和 M_2 突变的修饰效应。其结果表明,氯化钠对水稻具有辐射保护作用。 M_1 代幼苗生长、成苗率和育性的辐射损伤效应随处理剂量的增加而显著加重,浓度为 0.05, 0.10 和 0.20 mol/L 的氯化钠水溶液预处理受照射的水稻种子,可促进幼苗生长,提高成苗率和育性,与对照的差异极显著。研究还指出,氯化钠无论是前处理还是后处理都能提高 γ 辐射诱发水稻 M_2 代幼苗叶绿素缺失突变、抽穗期和株高突变频率,以提高早抽穗和株高突变频率最为显著。研究表明,氯化钠作为一种辐射保护剂,与 γ 射线复合处理既可以减轻 M_1 代辐射损伤效应,又可提高 M_2 代突变频率,这种复合处理方式在育种实践中是有意义的。

EFFECTS OF SODIUM CHLORIDE ON RADIATION PROTECTION AND MODIFICATION OF GAMMA-RAY TREATED RICE SEEDS

(In Chinese)

Wang Cailian Zhao Kongnan Shen Mei
Xu Gang Chen Qiufang

(INSTITUTE FOR APPLICATION OF ATOMIC ENERGY,
ZHEJIANG ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES)

ABSTRACT

The radiation protection effect of sodium chloride on dormant and germinating rice seeds treated with gamma-rays, and modification effect of sodium chloride on mutation were studied. Results show that the radiation-damage effect on seedling growth, percentage of seedling growth and fertility in M_1 generation is significantly enhanced with the increasing of dose. However, the seedling growth, percentage of seedling growth and fertility can be improved if the irradiated seeds are pre-treated with sodium chloride solution having concentrations of 0.05, 0.10 and 0.20 mol/L. The difference between treated group and control group is very significant. Results also show that pre-treatment or post-treatment by sodium chloride can raise the mutation frequencies of chlorophyll deficient seedlings, heading date and plant height of M_2 generation of rice plant induced by gamma-rays, especially, the mutation frequency of early heading date and plant height is more considerably. The conclusion is that the sodium chloride, as a radiation protection agent, combined with gamma-ray treatment could reduce the effect of radiation-damage on M_1 generation and raise the mutation frequency in M_2 generation, and this result will be helpful in rice breeding.

前 言

在辐射育种中,提高辐射诱变效率一直为人们所关注^[1]。几年来,有关用理化因子复合处理提高诱变效率的研究报道较多^[2~4]。这些报道大都采用作用方式完全不同的两类化学物质进行复合处理研究的。其一是利用 DNA 辐射损伤修复抑制剂,如咖啡因、EDTA 等预处理受照射的生物材料,以加剧辐射损伤效应或促进辐射损伤错误修复来提高后代的突变频率;其二是利用辐射保护剂如半胱氨酸、肌醇等进行生物材料的辐射前后处理,既可以减轻辐射损伤效应和提高 M₁ 代存活率和育性,又可以提高后代的突变频率。我们探索了一些化学物质对辐射诱变的修饰作用,发现氯化钠对作物具有辐射保护作用。本文研究不同浓度的氯化钠水溶液对水稻休眠和萌发种子的辐射保护作用及诱发 M₁ 代主要农艺性状突变的修饰作用,以评价氯化钠在与 γ 射线复合处理中提高诱变效率和在育种中应用的可能性。

1 材料与方 法

1.1 M₁ 代试验

1.1.1 供试材料

水稻品种“广陆矮 4 号”。分别进行休眠种子和萌发种子照射处理试验。

1.1.2 试验方法

(1)休眠种子照射处理试验:“Co γ 射线的剂量率为 1.40 Gy/min,剂量为 0,130,260 和 390 Gy,氯化钠水溶液的浓度为 0,0.05,0.10 和 0.20 mol/L,处理时间 48 h,温度 25℃。分别进行盆栽苗期观察和田间试验。苗期观察:将种子播于装有沙泥并铺有吸水纸的铝盘内,分别在一叶全展期和三叶期测量各处理的苗高,并在三叶期统计成苗率。田间试验:单本栽植,密度为 1.76×1.76 cm。成熟时每一处理小区均随机取 10 个 M₁ 植株考查育性(以结实率表示)。苗期观察和田间试验均采用以辐射剂量为主处理,氯化钠为副处理的裂区试验设计,重复三次。用裂区试验统计分析法统计分析 M₁ 代所考查的三个性状的结果。按保护作用计算公式^[7],当剂量相同时,保护作用值为:

$$\text{保护作用值} = \frac{\text{苗高、成苗率或育性(氯化钠溶液处理)} - \text{苗高、成苗率或育性(水预处理)}}{\text{苗高、成苗率或育性(水预处理)}} \times 100\%$$

以此来计算氯化钠处理的保护作用值。

(2)萌发种子照射处理试验:水稻休眠种子用上述四种浓度的氯化钠水溶液于 25℃浸 48 h 后,取出用自来水冲洗干净。然后用 0,65,130 和 195 Gy 的“Co γ 射线照射。苗期观察和田间试验的设计、重复次数、性状考查、结果分析和保护作用计算方法均同于休眠种子照射。

1.2 M₂ 代试验

1.2.1 萌动种子照射处理试验 M₁ 代幼苗叶绿素缺失突变统计

各处理每一重复均随机取 15 个单株,收获其种子,按株行法播种成 M₂ 代。当幼苗三叶期时,统计叶绿素缺失突变频率。由于 195 Gy 处理的 M₁ 代成熟期没有可存活的植株,无法进行 M₂ 代试验。

1.2.2 休眠种子照射处理和萌动种子照射处理试验的抽穗期和株高突变频率统计

M₁ 代各处理每一重复随机取 10 个单株,收获种子。翌年,按株行法种植成 M₂ 代株系。大田栽植时,幼苗苗龄 30 d,每株系栽植 36 个单株。抽穗时,逐株记载其抽穗日期,并求出每个单株从播种至抽穗的天数。成熟时,逐株测量株高。

1.2.3 突变频率统计

(增山公式^[6]分别统计抽穗期和株高的突变频率,本试验中公式的 $F_{0.01}=6.68$ 。

1.2.4 统计分析方法

用协方差和方差分析法分析 0,0.05,0.10 和 0.20 mol/L 氯化钠溶液前后处理对 γ 辐照诱发水稻抽穗期和株高突变频率的修饰效应。

2 结果与分析

2.1 氯化钠的辐射保护作用

2.1.1 辐射处理效应

休眠种子和萌发种子的 M₁ 代一叶期和三叶期苗高、成苗率和育性的辐射损伤效应均很明显(见表 1)。鉴于剂量是本试验的主处理,因而按照裂区试验设计的统计方法,首先求得休眠种子照射的一叶期苗高、三叶期苗高、成苗率和育性的主处理 F 值分别为 24.28, 35.68, 1.30 和 118.09,萌发种子照射的 F 值分别为 82.77, 159.00, 72.82 和 130.10。 F 检验结果,除休眠种子照射的成苗率 F 值外,其余 F 值均达到 0.01 的显著水准。这表明不同剂量所产生的损伤效应与对照的差异是极为显著的。

在上述分析基础上,用新复极差法检验不同剂量间所产生的损伤效应的差异程度(见表 1)。

表 1 不同剂量处理对苗高、成活率和育性的影响

剂量 (Gy)		一叶期苗高 (cm)	三叶期苗高 (cm)	成苗率 (%)	育性 (%)
休眠种子照射	0 (CK)	3.84 a A	12.73 a A	86.00 a A	85.67 a A
	130	3.61 a A	12.17 ab A	86.50 a A	74.67 b B
	260	3.08 b A	11.33 b A	86.25 a A	45.92 c C
	390	2.24 c B	8.74 c B	82.75 a A	33.98 d D
萌发种子照射	0 (CK)	3.54 a A	12.75 a A	84.50 a A	86.03 a A
	65	2.76 b B	11.74 b B	80.50 a A	48.54 b B
	130	1.93 c C	9.42 c C	64.75 b B	29.45 c B
	195	1.20 d D	4.81 d D	29.50 c C	

注:表内英文小写表示同一列内具有相同字母的平均数为 5%,而英文大写则表示这个平均数为 1%。在这一显著水准下,复极差测验设有显著差异。

从表 1 可见,休眠种子 130 Gy 照射的苗高损伤效应与对照 0 Gy 无显著差异;260 Gy 处理与对照的差异显著;390 Gy 处理与对照、130 和 260 Gy 的差异都为显著。表 1 还指出,

萌发种子照射处理时,剂量虽已作了相应的降低,但其苗高的损伤效应仍比休眠种子照射的更为明显,不但三种剂量的苗高与对照差异极显著,而且其相互间的差异亦都极显著。表 1 还列出了成苗率和育性的新复极差分析结果。可能是幼苗培养的环境条件较好和统计成苗的时间太早(播后 24 天)之故,休眠种子照射时,不同剂量处理之间均无明显差异,与对照亦无差异;萌发种子照射时,65 Gy 处理与对照无显著差异,195 和 130 Gy 处理与对照和 65 Gy 的差异均极为显著,且两者之间的差异亦为极显著。表 1 的结果还表明,对于育性来说,除萌发种子照射的 65 Gy 和 130 Gy 之间的差异为 0.05 显著水准外,其余不同剂量之间的差异均达到 0.01 显著水准。此外,萌发种子 195 Gy 照射时,成熟期没有存活植株,而无法进行育性考查。

2.1.2 氯化钠处理效应

在某一剂量水平上,氯化钠预处理无论处理时期或浓度,均可促进幼苗生长,增加成苗率和提高育性,相对减轻了辐射损伤效应(见表 2)。从裂区试验的方差分析可得到氯化钠为副处理的一叶期和三叶期苗高、成苗率和育性的 F 值休眠种子照射的四个 F 值分别为 16.75, 17.37, 7.39 和 0.81, 萌发种子照射的四个 F 值分别为 9.71, 9.68, 8.66 和 4.88。 F 检验结果,除休眠种子照射的育性 F 值外,其余 F 值达 0.01 的显著水准。这表明,氯化钠预处理对水稻休眠种子和萌发种子都具有辐射保护作用。

同样,用新复极差法检验不同氯化钠处理浓度间的差异程度,结果列于表 2。由表 2 可见,除休眠种子照射的育性外,各种浓度氯化钠处理与对照的差异大都达到 0.05 和 0.01 的显著水准。而三种浓度之间无显著差异。

2.1.3 辐射和氯化钠之间互作效应

按裂区试验的方差分析结果,将求出的辐射和氯化钠两因子的互作效应 F 值列于表 3。表 3 指出,休眠和萌发种子照射所得的八个互作 F 值均没有达到 0.05 的显著水准,表明辐射和氯化钠两因子之间没有互作效应,氯化钠所起的辐射保护作用仅是简单的独立效应。

2.1.4 氯化钠的保护作用值

按前述公式分别计算出不同浓度氯化钠预处理对水稻休眠和萌发种子照射的 M_1 代一叶期和三叶期苗高、成苗率和育性的保护作用值(%),结果见图 1。图 1 表明,氯化钠预处理

表 2 不同浓度氯化钠处理对苗高、成苗率和育性的影响

浓度 (mol/L)		一叶期苗高 (cm)	三叶期苗高 (cm)	成苗率 (%)	育性 (%)
休眠 种子 照射	0.20	3.48 a A	11.80 a A	91.00 a A	60.86 a A
	0.10	3.22 b B	11.93 a A	87.00 a A	60.82 a A
	0.05	3.34 ab AB	11.50 a A	85.50 a A	60.82 a A
	0 (CK)	2.71 c C	9.69 b B	78.00 b B	57.73 a A
萌发 种子 照射	0.20	2.54 a A	10.44 a A	71.75 a A	58.13 a A
	0.10	2.48 a A	9.89 a A	68.75 a A	55.57 a AB
	0.05	2.39 a A	9.87 a A	64.50 a A	54.32 ab AB
	0 (CK)	2.01 a B	8.52 b B	54.25 b B	50.86 b B

abcd 与 ABCD 解释同表 1。

表 3 辐射与氯化钠处理对不同性状的交互 F 值

处 理	一叶期苗高 (cm)	三叶期苗高 (cm)	成苗率 (%)	育 性 (%)	备 注
休眠种子照射	0.94	0.48	0.61	0.32	$F(9, 24)0.05=2.30$ $F(9, 24)0.01=3.25$
萌发种子照射	2.00	0.83	1.85	2.46	$F(6, 18)0.05=2.66$ $F(6, 18)0.01=4.01$

对对照(0Gy)幼苗生长和成苗率有明显的促进作用,但对育性无作用,休眠种子 130 Gy 照射时,对育性亦不具有明显的保护作用,当剂量增加时,氯化钠对幼苗生长和成苗率的保护作用未见增加,但对育性的保护作用却显著表现出来;260 Gy 照射时,三种浓度处理的保护作用值分别为 15.40%,14.70%和 21.30%;390 Gy 照射时的保护作用值分别为 14.30%,16.50%和 14.70%。

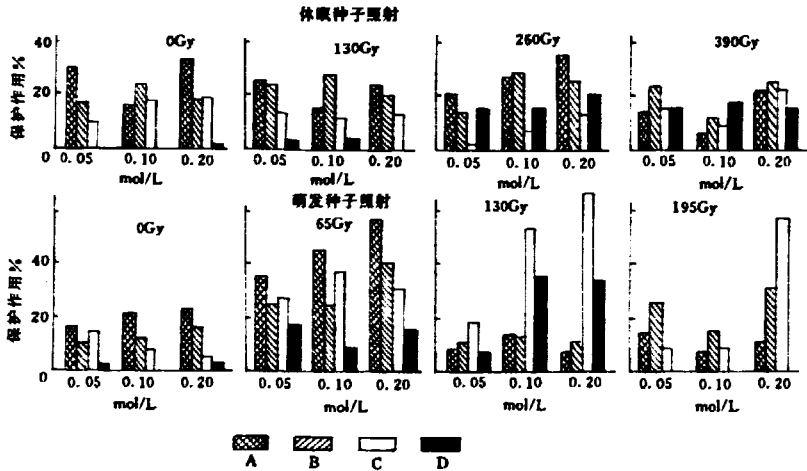


图 1 氯化钠对水稻 M₁ 代不同性状的保护作用

A——一叶期苗高;B——三叶期苗高;C——成苗率;D——育性。

在萌发种子照射处理中,65 Gy 照射时,氯化钠对幼苗生长、成苗率和育性的保护作用均非常明显,特别是 0.20 mol/L 氯化钠预处理对一叶期苗高的保护作用值高达 56.1%,130 Gy 照射时,三种浓度的氯化钠对苗高的保护作用均明显低于 65 Gy,但是 0.01 和 0.20 mol/L 处理对成苗率和育性的保护作用值显著提高,前者两个值分别为 54.2%和 34.8%后者的两个值为 66.6%和 32.6%;190Gy 照射时,三种浓度处理对苗高的保护作用亦低于 65 Gy,但对三叶期苗高保护作用高于 130 Gy,对于成苗率来说,只有 0.20 mol/L 处理的保护作用值为 56%,0.05 和 0.10 mol/L 处理的作用值均明显下降。

综合分析氯化钠对所考查的四个性状的保护作用特点,得到:低剂量照射时,氯化钠对一叶期苗高的保护作用>三叶期苗高>成苗率>育性,相对高剂量照射时对育性的保护作

用均显著提高,但是对四个性状的保护作用大小顺序来说,尚无规律可循。

2.2 M₁代突变的修饰效应

2.2.1 幼苗叶绿素缺失突变

萌动种子照射处理试验和 M₁代幼苗叶绿素突变频率统计(见图 2)表明,在本试验所采用的 0~130 Gy 剂量范围内,突变频率随照射剂量的增加而增加,其与剂量的关系可用线性回归方程 $Y=A+BX$ 描述。氯化钠前处理可以提高突变频率(见图 2),进而用协方差分析 0.05, 0.10 和 0.20 mol/L 氯化钠处理与对照的差异,结果表明,尽管三种浓度处理所得的回归方程中的回归系数均高于对照,但其差异未达显著水准,因而三种处理与对照可以以共同的回归方程 $Y=0.18+0.02X$ 来描述辐射剂量效应。

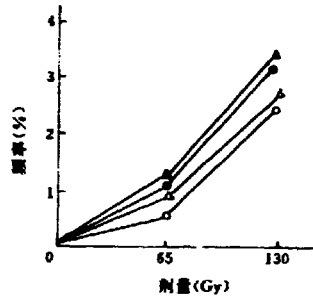


图 2 萌发种子处理 M₁代幼苗叶绿素缺失突变频率

○—0 mol/L NaCl; △—0.05 mol/L NaCl;
●—0.10 mol/L NaCl; ▲—0.20 mol/L NaCl

2.2.2 抽穗期突变

无论是休眠种子处理,还是萌发种子处理,抽穗期突变频率均随处理剂量的增加而增加(见图 3, 4)。在某一处理剂量水平上,氯化钠处理一般都是增加突变频率的。由协方差分析结果可知,氯化钠复合处理剂与单一辐射的差异未能达到显著水平,因而休眠种子处理中三种氯化钠浓度处理与对照的辐射剂量效应可用一回归方程 $Y=0.70+0.03X$ 描述,萌发种子处理中共同回归方程为 $Y=0.36+0.14X$ 。

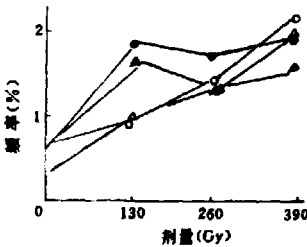


图 3 休眠种子处理 M₁代抽穗期突变频率

○—0 mol/L NaCl; △—0.05 mol/L NaCl;
▲—0.10 mol/L NaCl; ●—0.20 mol/L NaCl

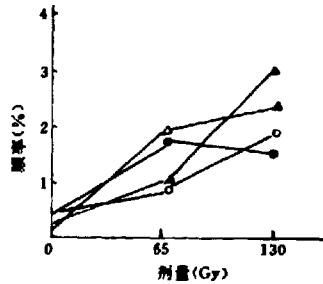


图 4 萌发种子处理 M₁代抽穗期突变频率

○—0 mol/L NaCl; △—0.05 mol/L NaCl;
●—0.10 mol/L NaCl; ▲—0.20 mol/L NaCl

这里应当指出,抽穗期突变包括早抽穗和迟抽穗两项突变。据统计,供试群体从播种到抽穗的平均天数为 83.5 d,早抽穗突变中有提早 12 d 的突变个体,而最迟抽穗的突变个体比对照迟了 21 d。另外还发现,氯化钠处理提高抽穗期突变频率主要表现为早抽穗突变的增加,这在休眠种子处理中尤为明显。进一步分析休眠种子处理中四种氯化钠浓度处理间早抽穗期突变频率的差异(见图 4),结果表明,就总的抽穗期突变频率而论,0.05 mol/L 处理还低于 0 mol/L 处理,尽管在统计上没有表现显著差异。但是前者的早抽穗突变频率明显高于后者,并且早抽穗突变频率有随着处理浓度增加而增加的趋势,方差分析和新复极差检验均表明其差异是很显著的。

2.2.3 株高突变

表 4 氯化钠处理对 γ 射线处理休眠种子
诱发 M_2 代抽穗期突变的影响

浓度 (mol/L)	总突变频率 (%)	迟熟突变频率 (%)	早熟突变频率 (%)
0	1.28	1.18	0.10 A a
0.05	1.03	0.84	0.19 A Bb
0.10	1.51	1.16	0.35 A Bbc
0.20	1.41	0.82	0.59 B C

abcd 和 ABCD 解释同表 1。

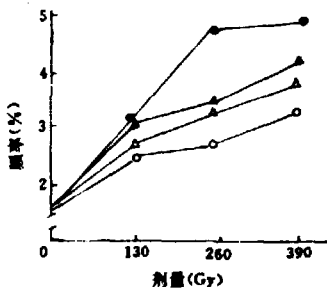


图 5 休眠种子处理 M_2 代株高突变频率
○—0 mol/L NaCl; △—0.05 mol/L NaCl;
▲—0.10 mol/L NaCl; ●—0.20 mol/L NaCl。

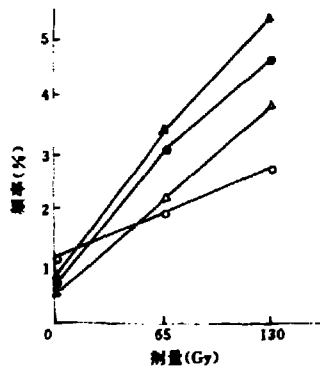


图 6 萌发种子处理 M_2 代株高突变频率
○—0 mol/L NaCl; △—0.05 mol/L NaCl;
▲—0.10 mol/L NaCl; ●—0.20 mol/L NaCl。

M_2 代群体平均株高为 71.4 cm,按增山公式计算,得出高于 80.8 cm 的个体为高秆突变,而低于 62.0 cm 的个体为矮秆突变。本试验中,最高的突变个体为 98 cm,最矮的突变个体仅 25 cm。休眠种子处理和萌发种子处理 M_2 代株高总的突变频率统计结果见图 5,6。由图可见,突变的辐射剂量效应与前述两个性状的规律是一致的,回归方程 $Y = A + BX$ 拟合

均达到显著水平,氯化钠处理均提高了突变频率。协方差分析表明,氯化钠处理的突变频率与未处理的差异是极为显著的;不同浓度处理间的差异亦很显著(见表5)。进一步分析还发现,氯化钠处理提高株高突变频率的表现方式,依休眠种子处理和萌发种子处理而不同。休眠种子处理时,处理间的差异主要表现在回归截距 F 值,而不是回归系数 F 值,不同浓度处理的回归方程虽没有共同的回归常数,但可有一个共同的回归系数 0.058(见表5),这表明,氯化钠后处理提高辐射诱发 M_2 代株高突变频率为一种加合效应。萌发种子处理时,处理间的差异主要在于回归系数 F 值,而不是回归截距 F 值。 t 测验还表明,0.05、0.10 和 0.20 mol/L 氯化钠处理与未处理的回归系数差异均达到 0.01 的显著水平(见表6),0.10 和 0.20 mol/L 处理与 0.05 mol/L 处理的差异达到 0.05 显著水平,而 0.10 和 0.20 mol/L 之间没有差异。这一结果表明,氯化钠前处理提高株高突变频率是互作效应。

表5 M_2 代株高突变的协方差分析结果

处理方式	浓度 (mol/L)	回归方程	t 值	处理间 差异 F 值	回归系数 差异 F 值	回归截距 差异 F 值	共同回归	
							a	b
休眠种子 处理	0	$\hat{Y}=1.75+0.04X$	5.28*	3.72*	2.21	3.94*	—	0.058
	0.05	$\hat{Y}=1.80+0.054X$	5.95*					
	0.10	$\hat{Y}=1.90+0.048X$	4.44*					
	0.20	$\hat{Y}=1.79+0.065X$	4.36*					
萌发种子 处理	0	$\hat{Y}=1.14+0.12X$	152.77**	19.18**	17.08**	2.70	0.85	—
	0.05	$\hat{Y}=0.55+0.25X$	13.14**					
	0.10	$\hat{Y}=0.78+0.31X$	15.18**					
	0.20	$\hat{Y}=0.98+0.34X$	14.44**					

表6 萌发种子照射对不同氯化钠处理间的回归系数比较结果

处理浓度 (mol/L)	0	0.05	0.10
0			
0.05	63.45**		
0.10	9.411**	3.127*	
0.20	9.470**	4.048*	1.025

注:表5,6中*、**、***分别为0.05和0.01的显著水平。

3 讨论

本试验进一步证实,水稻的辐射损伤效应随剂量的增加而加重。按照辐射的二重性作用理论,本试验所考查到的 M_2 代损伤效应,应归因于电离辐射对水稻休眠种子和萌发种子细胞的亚损伤,由于亚损伤的成对结合和进一步作用,从而产生一种可见的生物损伤效应。许多报道^[4,7]已指出,用一些化学物质预处理受照射的生物材料时,这些物质通过清除生物体内辐射产生的一些自由基和能量选择性转换等作用方式,阻碍辐射产生的亚损伤的成对结合和进一步作用,而有利于生物体的损伤修复,减轻辐射剂量效应。

有关无机物的辐射保护作用的报道很少。辽宁农科院曾报道小苏打对玉米具有辐射保护作用。KBTKO^[2]报道了氯化钠和柠檬酸钠混合液能减轻大麦根尖细胞染色体的辐射损伤效应。本试验结果表明氯化钠对水稻休眠和萌发种子具有辐射保护作用。

关于辐射保护作用值,文献[7]给出芥子碱对大小麦萌发种子的幼苗生长辐射保护作用约为10%。在本研究中,氯化钠对水稻休眠和萌发种子的幼苗生长的保护作用为22.98%,成苗率为19.88%,育性为10.30%。本研究还揭示,氯化钠的辐射保护作用依考查的对象而有所不同,与种子的照射方式有一定的关联。

顾瑞琦^[7]还研究了芥子碱对大小麦萌发种子的幼苗辐射保护作用机理,但未报道其是否提高辐射诱发大小麦的突变频率。另有研究还指出,一些化学物质可以减轻辐射损伤效应,亦可以提高辐射诱发效率。但这些研究大都局限于有机化合物。本试验结果却证明,氯化钠不管是后处理还是前处理均能提高辐射诱发水稻M₂代的突变频率。因此,氯化钠作为一种无机化学物质与 γ 射线复合处理,在诱变育种中是有一定意义的。

我们曾经指出,辐射诱发水稻M₂代突变是具有方向性的^[4],本试验中,氯化钠提高辐射诱发突变频率亦有一定的方向性,主要表现为提高早抽穗和株高突变频率。另外,对休眠种子进行处理时,氯化钠处理可提高突变频率,表现为加合效应,萌发种子处理时表现为互作效应,表明氯化钠对辐射诱发突变的修饰效应与其处理方式有很大的关系。

三种氯化钠浓度处理所得到的M₁代辐射保护作用没有大的差异,但0.05 mol/L处理所起到的修饰作用相对低于0.10和0.20 mol/L的处理,而后者之间没有差异。因此可以认为,采用0.10 mol/L氯化钠与辐射复合处理是较为合适的。

虽然,氯化钠与 γ 射线复合处理可以减轻水稻M₁代的辐射损伤效应,可以提高M₂代的突变频率,但其作用机理尚不清楚,而且,氯化钠对其他作物是否有效,这些问题均有待深入研究。

参 考 文 献

- [1] 杜若南. 作物辐射遗传与育种. 北京, 科学出版社, 1981
- [2] 高明刚等, 浙江农业大学学报, 1985 11(3), 271-279
- [3] 赵光琛, 原子能农业译丛, 1982(2), 25-27
- [4] 赵孔南等, 浙江农业大学学报, 1985 11(3), 271-279
- [5] Inoue M. et al. Environmental and Experimental Botany, 1982, 22 (4), 415-426
- [6] Rao S V. Theoretical and Applied Genetics, 1984, 67(2/3), 203-205
- [7] 顾瑞琦. 中国科学, B辑, 1982(2), 146-152
- [8] 朱政治. 育种学杂志, 1982, 32(3), 266-273

氯化钠对水稻种子的辐射保护

作用和修饰效应

原子能出版社出版

(北京 2100 信箱)

中国核科技情报编辑部排版

核科学技术情报研究所印刷

☆

开本 787×1092 1/16 · 印张 1 · 字数 9 千字

1992 年 11 月北京第一版 · 1992 年 11 月北京第一次印刷

ISBN 7-5022-0743-0

TL · 468

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 7-5022-0743-0
TL - 468

P.O.Box 2103
Beijing, China

China Nuclear Information Centre