

快中子、 ^{60}Co γ 射线照射冬小麦 植株和干种子的诱变效应

鱼红斌 汪夕彬

提 要

快中子照射冬小麦(6794)种子,较之 ^{60}Co 照射,在 M_1 代的株高、存活率和主穗粒数方面损伤较重,在 M_2 代突变率较高; ^{60}Co 照射,在 M_1 代千粒重损伤较重。

快中子照射冬小麦植株减数分裂期,较之其它各期,在 M_0 代最敏感, M_1 代突变率较高;若是用 ^{60}Co 照射,在776拉特时突变率可高达33.3%。

70年代以来,国内外使用中子诱变植物的日益增多^[1,3,5],日本学者山口彦之认为,快中子育种有逐步过渡到首位的趋势^[2]。目前实验证明,中子的辐射生物学效应比 γ 射线、X射线高十几倍至数十倍^[1,3,4,6,7],其相对生物学效应亦很高^[5],特别是早熟、矮秆、抗病方面的突变频率比 γ 射线高^[1,2]。

1978年,联合国粮农组织和原子能农业机构发布的统计表明^[5],1973年中子辐射育成的作物品种数量几乎赶上了 γ 射线育成的品种。这一成果,使国内外辐射育种工作者对中子诱变更加瞩目。

本研究是用中子和 γ 射线辐射冬小麦活体植株和干种子,探讨这两种射线在冬小麦诱变方面的异同,以及中子诱变的某些应用问题。为小麦辐射育种提供参考。

材 料 和 方 法

为比较中子和 γ 射线诱发早熟和矮秆突变的能力,试验用晚熟、高秆品系6794。

供照射的植株是1979年秋种在直径25cm,高40cm的盆钵中,每盆36株(只留主茎)。1980年在减数分裂期(镜检确定,下同)、单双核期、合子期用我所产额为 $1.5 \times 10^8 \text{ n/s}$ 的14MeV中子发生器照射植株,吸收剂量分别为20, 32, 40, 60, 80和100拉特(按 $1.5 \times 10^8 \text{ n} = 1$ 拉特换算)。 γ 射线只照射减数分裂期植株,吸收剂量分别为194, 310.4, 388, 582, 776, 970, 1455和1940拉特(γ 射线剂量是按小于中子生物学效应10倍对应设计),减数分裂期为5次重复,其余为3次重复,每重复12株,考种10株。并于 M_0 代用过氧化物酶活性法测定了花粉粒的生活力。

干种子中子照射请中国科学院近代物理研究所处理,吸收剂量分别为1033, 1100, 1207, 1253, 1527和1800拉特; γ 射线用本所钴源,吸收剂量分别为9290, 19939, 18580, 23229, 27870和32519拉特。中子各处理600粒种子, γ 射线处理150粒种子,都以不处理的为对照,各3次重复,每重复200粒及50粒,播种大田。

各处理 M_1 代每重复单株收获考种,脱粒后按剂量混合(植株照射 M_0 各重复主穗混合;干种子照射 M_1 各重复主穗、分蘖穗籽粒混合——分蘖穗仅1—2个,主侧穗粒数接近), M_2 代每10cm一粒点播于大田。每隔30行设一行对照。

结 果 与 讨 论

(一) 中子, γ 射线对植株 M_0 和干种子 M_1 的损伤效应

1. 对植株 M_0 的单双核期、合子期中子照20—100拉特的损伤效应。经方差分析,用LSR法进行新复极差测验后,茎秆高度(包括最上一节长度)、穗部性状(穗长、结实小穗、不孕小穗、主穗粒数、主穗粒重)和籽粒出苗率均无统计差异。减数分裂期,在高剂量照射下,仅在主穗的粒数与粒重方面有显著差异。而 γ 射线照射植株,除穗长外,上述各方面均与对照有显著差异,尤其对穗粒数损伤特别重(见表1)。

表1 中子、 γ 射线照射冬小麦6794减数分裂期 M_0 的损伤效应

射线种类	剂 量 (拉特)	茎秆高度(cm)		穗 部 性 状					
		株 高	最上一节长度	穗 长 (cm)	结实小穗 (个)	不孕小穗 (个)	千粒重 (克)	主穗粒数	主穗粒重 (克)
CK		65.2	28.2	7.12	14.4	4.17	36.5	25.0	0.91
γ 射 线	194.0	65.9	29.5	6.8	9.42**	7.65**	37.9	13.9**	0.53**
	310.4	64.7	28.5	6.5	8.0 **	7.8 **	36.0	12.4**	0.45**
	388.0	62.1	28.1	6.94	8.8 **	7.3 **	37.5	15.6**	0.59**
	582.0	58.9**	23.2**	7.05	6.4 **	9.7 **	33.97	11.79**	0.39**
	776.0	58.7**	23.1**	7.03	2.6 **	14.0**	23.5**	2.7**	0.07**
	970.0	51.0**	20.3**	6.94	1.21**	15.6**	22.9**	1.72**	0.042**
快 中 子	20.0	64.9	29.5	6.8	14.05	3.8	35.3	24.38	0.91
	32.0	65.2	28.7	6.6	12.88	4.8	35.66	23.1	0.82
	40.0	64.5	29.4	6.7	13.00	4.3	38.7	23.43	0.89
	60.0	65.1	29.6	6.6	13.1	4.3	34.0	23.75	0.83
	80.0	65.5	29.3	6.7	12.58	4.7	37.56	21.13	0.80
	100.0	64.5	29.7	6.6	12.1	5.0	36.46	20.28**	0.73*

注: *表示处理间差异显著; **为处理间差异极显著。

γ 射线的剂量是按中子剂量的10倍设计的。显然,在照射 M_0 的活体植株时,中子的损伤效应并未达到 γ 射线的10倍。就中子照射植株各个发育时期而言,在主穗粒数与粒重方面,照射减数分裂期较为敏感。

表2 快中子、 γ 射线处理冬小麦6794植株减数分裂期对花粉生活力的影响

射线种类	处理剂量 (拉特)	花粉粒 总数	死亡花 粉粒数	死亡占总 花粉粒%	死亡占总花 粉粒的成数	t值	P
快 中 子	20 CK	284 506	80 108	28.16 21.3	0.2816 0.213	2.7	$P<0.01>0.005$
	32 CK	358 506	108 108	30.16 21.3	0.3016 0.213	2.963	$P<0.005>0.001$
	40 CK	328 506	113 108	34.05 21.3	0.3405 0.213	4.201	$P<0.001$
	60 CK	261 506	97 108	37.16 21.3	0.3716 0.213	4.66	$P<0.001$
	80 CK	428 506	165 108	38.55 21.3	0.3855 0.213	5.77	$P<0.001$
	100 CK	352 506	188 108	53.4 21.3	0.534 0.213	9.73	$P<0.001$
γ 射 线	194 CK	542 506	288 108	53.1 21.3	0.531 0.213	10.6	$P<0.001$
	310.4 CK	563 506	240 108	42.62 21.3	0.4262 0.213	7.429	$P<0.001$
	388 CK	497 506	284 108	57.14 21.3	0.5714 0.213	11.56	$P<0.001$
	582 CK	501 506	310 108	61.87 21.3	0.6187 0.213	13.09	$P<0.001$
	776 CK	554 506	340 108	61.37 21.3	0.6137 0.213	13.33	$P<0.001$
	970 CK	526 506	413 108	78.51 21.3	0.7851 0.213	18.45	$P<0.001$

对花粉粒损伤方面,中子照射100拉特,花粉粒死亡超过总数一半,相当于 γ 射线照射194—388拉特的损伤效应(见表2)。

2. 中子和 γ 射线照射千种子的 M_1 损伤效应。从表3可以看出, γ 射线对 M_1 的损伤效应主要表现在植株高度和籽粒重量等方面。对于穗长、结实小穗、不孕小穗和主穗粒数,从照射9290拉特直到32519拉特与对照都没有统计上的差异。这一点与照射活体植株减数分裂期的损伤情形恰成明显区别。中子对 M_1 损伤效应从1207拉特起对穗长、结实小穗、不孕小穗和主穗粒数都有明显的损伤作用,对千粒重的损伤则不明显。

从存活率看,中子的致死剂量比 γ 射线要低得多。

将 M_1 损伤效应的等效剂量进行比较, γ 射线与中子之比值在植株高度方面为19.4—29.0;在 LD_{50} 时为10—27.9。中子照射对主穗粒数有明显的损伤效应如前所述,但由 γ 射线对结实率影响不明显,使这一损伤的等效比值无法确定。根据我们对另一试验的54个小麦品种的考种^[8],5万伦 γ 射线照射的幸存者,其结实率都是接近对照。

表3 中子、 γ 射线照射冬小麦干种子对 M_1 的效应比较

射线种类	处理剂量 (拉特)	存活率 占对照 (%)	株 高 (cm)	最上一 节茎长 (cm)	穗部性状						
					穗长 (cm)	结实 小穗	不孕 小穗	千粒重 (克)	单株粒 重(克)	主穗 粒数	主穗粒 重(克)
CK		100	79.5	38.4	8.48	19.1	0.17	37.97	5.38	43.4	1.8
γ 射线	9290	91.6	75.5	38.3	8.55	18.6	0.4	30.87*	4.0	44.28	1.45
	13939	86.5	74.8	36.1	8.7	19.6	1.0	29.51**	3.2	45.6	1.38*
	18580	101.78	73.2*	37.2	8.8	18.6	0.5	27.39**	3.05*	45.53	1.28*
	23229	71.2	71.0**	35.8	7.8	18.6	0.6	29.45**	2.95*	45.1	1.48
	27870	61.1 *	72.3*	34.7*	7.95	18.3	1.4	30.73*	2.91*	36.71	1.12**
	32519	30.53**	63.7**	32.0**	7.6	18.5	0.5	23.68**	1.27**	36.5	1.02**
快 中 子	1033	95.4	74.0*	35.8	8.2	16.3	1.67	36.7	2.87**	33.26*	1.26
	1100	77.86**	70.0**	34.26	7.85	16.3	1.97	36.4	2.78**	26.3**	0.93*
	1207	70.74**	64.3**	32.9*	7.3*	13.9**	3.2*	32.07	1.20**	20.8**	0.70**
	1253	37.4 **	62.3**	32.5*	7.0**	13.4**	3.6*	29.0*	1.13**	17.3**	0.58**
	1527	10.18**	52.6**	28.6**	6.97**	5.6**	9.5**	28.82*	0.29**	7.27**	0.21**

注: * 表示处理间差异显著, ** 为处理间差异极显著。

表4 中子、 γ 射线照射冬小麦植株M₁突变频率比较

照射时期	射线种类	处理剂量 (拉特)	总 数			早熟突变		矮秆突变		高秆突变		穗形突变	
			调查 株数	突变 株数	突变 %	数 目	占总株 数%	数 目	占总株 数%	数 目	占总株 数%	数 目	占总株 数%
CK			1292	5									
减 数 分 裂 期	γ 射 线	194	350	15	4.3**			11	3.0	2	0.85	1	0.29
		310.4	300	14	4.7**	3	1.0	4	1.4	1	0.33	6	2.0
		388	338	13	3.8**	1	0.2	10	2.95			2	0.59
		582	270	26	9.6**	2	0.74	15	5.56			9	3.3
		776	47	9	33.3**	1	2.1	6	12.76			2	4.3
		970	12	3	25.0**			2	16.67			1	8.3
	快 中 子	20	802	11	1.37**			5	0.62			6	0.75
		32	948	12	1.26**			8	0.84	1	0.1	3	0.3
		40	962	23	2.39**			13	1.35	1	0.1	9	0.94
		60	861	9	1.05**			5	0.58			4	0.46
		80	783	22	2.8 **			14	1.78			8	1.02
		100	902	28	3.1 **			14	1.55	1	0.11	13	1.44
单 双 核 期	快 中 子	20	739	5	0.68			5	0.68				
		32	535	6	1.1 **			5	0.93			1	0.187
		40	701	1	0.14			1	0.14				
		60	415	1	0.24			1	0.24				
		80	408	8	1.96**			8	1.96				
		100	480	6	1.25**			5	1.04			1	0.2

注: 1. 秆型突变: $\bar{x} = 104.69\text{cm}$ $Sx = \pm 5.2175$ $8Sx = \pm 15.9\text{cm}$, 高于 $104.69 + 15.9 = 120.59\text{cm}$ 为高秆突变; 低于 $104.69 - 15.9 = 88.97\text{cm}$ 为矮秆突变。

2. 早熟突变, 较对照抽穗提早5天的植株。

3. *表示处理间差异显著; **表示处理间差异极显著。

(表4续表)

照射时期	射线种类	处理剂量 (拉特)	总 数			早熟突变		矮秆突变		高秆突变		穗形突变	
			调查株数	突变株数	突变 %	数 目	占总株数 %	数 目	占总株数 %	数 目	占总株数 %	数 目	占总株数 %
合 子 期	快 中 子	20	422	4	0.9			4	0.9				
		32	360	8	2.2**	2	0.56	6	1.67				
		40	404	8	0.74			8	0.74				
		60	411	8	0.73			1	0.24			2	0.48
		80	436	2	0.46			1	0.23			1	0.23
		100	462	1	0.22			1	0.22				

表5

中子、 γ 射线处理冬小麦干种子M₂突变频率的比较

射线种类	处理剂量 (拉特)	总 数			早熟突变		矮秆突变		高秆突变		穗 形 突 变	
		调查总 株 数	突 变 株 数	突 变 %	数 目	占总株 数 %	数 目	占总株 数 %	数 目	占总株 数 %	数 目	占总株 数 %
CK		1292										
快 中 子	1033	559	49	8.8**			43	7.7			6	1.07
	1100	1198	126	10.5**			106	8.8			20	1.66
	1207	755	89	11.78**			70	9.27			19	2.52
	1253	1326	241	18.2**			224	16.89			17	1.28
	1527	67	8	11.9**			8	8.9			2	2.98
γ 射 线	9290	843	8	0.36			1	0.12	1	0.12	1	0.12
	13939	824	5	0.61			4	0.49			1	0.12
	18580	710	1	0.14			1	0.14				
	23229	771	10	1.3*	1	0.13	9	1.2				
	27870	605	6	0.99	1	0.17	8	0.49	2	0.33		
	32519	177	8	1.7*			2	1.12			1	0.56

注: 1. 经统计分析时已扣除对照变异, 但表中数未扣。

2. *表示处理间差异显著; **为处理间差异极显著。

表6 中子、 γ 射线处理冬小麦干种子 M_1 、减数分裂期植株 M_1 单位剂量突变率的比较

γ 射 线						快 中 子					
剂 量 (拉特)			单位剂量突变率			剂 量 (拉特)			单位剂量突变率		
照 射 植 株	照 射 干 种 子	植 株 占 干种子%	照 射 植 株	照 射 干 种 子	植 株 是 干种子 倍数	照 射 植 株	照 射 干 种 子	植 株 占 干种子%	照 射 植 株	照 射 干 种 子	植 株 是 干种子 倍数
194	9290	2.49	0.022	0.000039	564.1	20	1033	1.9	0.069	0.0085	7.6
310	13939	2.24	0.015	0.000044	340.9	32	1100	2.9	0.039	0.0095	4.1
388	18580	2.09	0.0098	0.000075	1306.7	40	1207	3.3	0.055	0.0098	6.1
582	23229	2.5	0.076	0.000056	285.7	60	1253	4.8	0.0175	0.0145	1.2
776	27870	2.78	0.0429	0.000036	1191.6	80	1527	5.2	0.035	0.0078	4.5
970	32519	2.98	0.0257	0.000052	494.2	100			0.031		

(二) 中子、 γ 射线对植株照射的 M_1 和干种子照射的 M_2 的突变频率和突变谱

我们所调查的11种突变类型,中子和 γ 射线诱发小麦突变的类型是一样的。

1. 两种射线照射活体植株的某些诱发突变。由表4可以看出,如以中子小10倍的中子剂量和 γ 射线相比较,则 γ 射线诱发的突变率比中子高。也就是说,中子的生物学效应达不到10倍于中子剂量的 γ 射线。中子照射,除32拉特处理合子期诱发出两株早熟突变外,其它均没有出现早熟突变,而 γ 射线,则在310.4, 388, 582和776拉特剂量下出现7个早熟突变。中子照射减数分裂期比照射单双核期、合子期突变率高。

2. 中子照射的突变率比 γ 射线照射的突变率高得多(见表5)。主要表现在矮秆上,其次是穗形。中子照射没有出现早熟突变, γ 射线则有2株。

一般认为,存活率在70%左右的 γ 射线照射量是较好的诱变剂量。在这个剂量下,本试验有1.3%总突变率,而中子照射则有11.78%的总突变率。是 γ 射线的9倍。

就同一种射线来看,表6表明, γ 射线照射植株比照射干种子的单位剂量的突变率要高得多。中子照射也有同样趋势。 γ 射线照射量系列,无论是照射植株还是照射干种子,都包括了较适宜的剂量,而中子照射植株的系列剂量,尚不能肯定包括有较适宜的剂量。本试验中子对植株照射的单位剂量突变率可能偏低。

小 结

1. 中子照射干种子与 γ 射线照射干种子的损伤效应不同之处是,前者对株高、存活率和主穗粒数损伤严重,后者对千粒重损伤较重,但 γ 射线照射植株,对穗粒重损伤严重,与照射干种子迥然不同。中子照射植株,可能所选剂量偏低,尚不能看出结果。

2. 中子照射冬小麦植株, 以减数分裂期最为敏感, M_1 的突变率也较高, 用 20 拉特到 100 拉特中子照射植株, 其突变率都较对照高, 达到显著或极显著水准。用 γ 射线照射减数分裂期的植株, 其 M_1 突变率在 776 拉特时可达 33.3%。

3. 中子照射干种子 M_2 的突变率远远高出用 γ 射线照射干种子的突变率。中子照射各剂量均未发现早熟突变株。中子照射植株合子期, 发现有早熟突变株。

4. 在冬小麦减数分裂期用 γ 射线照射植株比照射干种子所获得的单位剂量的突变率要高得多。其早熟突变与矮秆突变等有利突变也高得多。

参 考 资 料

- [1] 陈政拔: 中子辐射育种的动态, 《原子能农业应用》(湖南省原子能农业应用研究所), 1980, P26—34.
- [2] 蒋秀娟: 国内外农作物辐射育种进展, 山东省农业科学院情报资料研究所, 1986年6月, p1—14.
- [3] 高明尉: 作物辐射育种的最近进展, 《原子能农业译丛》, 1980年第1期, p1—6.
- [4] Н. Л. ДУБИНИН主编(赵世绪等译), 植物育种的遗传原理, 科学出版社, 1974年, p198—203.
- [5] FAO/IAEA, Manual in Mutation Breeding (Second edition), 1977, No. 6, p9.
- [6] 许耀奎、邬信康: 快中子辐射对春小麦诱变效应的研究, 《遗传学报》第7卷, 1980年第1期, p40—45.
- [7] 杜若甫: 《作物辐射遗传与育种》, 科学出版社, 1981年, p15—24.
- [8] 汪夕彬、鱼宏斌: 对小麦阿勃、矮丰三号辐射诱变效应 (M_1 — M_4) 的初步研究, 《核技术》, 1979年, 第3期, p73—78.

Mutagenic Effects of $^{60}\text{Co}\gamma$ -Ray or Fast Neutron

Treatments on Winter Wheat Plants and Seeds

Yu Hongbin

Wang Xibin

Abstract

The winter wheat (6794) seeds treated by fast neutron showed heavier radiation damage to plant height, survival rate and number of main spike in M_1 , and higher mutation frequency in M_2 than those treated by $^{60}\text{Co}\gamma$ -rays. In contrast, the $^{60}\text{Co}\gamma$ -rays treated seeds showed heavier radiation damage to 1000-grain weight in M_1 . The winter wheat plants in the duration of reducing division were most sensitive in M_0 to the fast neutron treatment, and higher mutation frequency in M_1 than in varied durations, was observed. When radiated by $^{60}\text{Co}\gamma$ -rays, their M_1 mutation rate was highly raised to 33.3% under a dose of 776 rad.