

辐射与杂交结合提高冬小麦辐射 育种效果的探讨

王琳清 张维强 范庆霞 施培新

(中国农业科学院 原子能利用研究所)

提 要

γ 射线辐照优良的杂交组合是提高诱变效率的基础;杂种比品种具有较高的辐射的敏感性;辐照杂种早期世代可以提高诱变效率,辐照杂交当代,使辐射世代与杂交世代同步,有利于各世代的选育,育种效果最好;辐照杂种后代的性状分离稳定进程与杂种杂合程度有关。研究表明,辐射与杂交结合是提高辐射育种效果的有效途径之一。

近二十年来,随着农业生产和核子技术的发展,农作物辐射育种取得了明显进展。但如何提高辐射诱变效率仍是辐射育种中急待研究解决的问题。辐射与杂交育种结合是近年来辐射育种发展的一种趋势,其内容,一是将辐射诱发的有利用价值的突变应用到杂交育种中去;二是辐照杂种材料选育成新品种。据统计国外辐射育成的农作物133个品种中,96个是直接利用突变体育成的,约占育成品种数的四分之三,辐射与杂交结合育成的37个,约占四分之一,其中1970年以后育成的即达23个,占辐射与杂交结合育成品种的60.5%^[1]。我们还分析了国内辐射育成的144个水稻、小麦、大豆品种,辐射与杂交结合育成的22个,占15.3%。小麦品种37个,其中辐射与杂交结合育成的12个,占32.4%,它们多数是以辐照杂种早期世代材料育成的。例如“新曙光1号”、“太辐10号”等。

目前,辐照杂种育成新品种的实例已有一些;辐照杂种提高诱变效果也有报道,如Gregory, 1960; Krull和Frey 1961年指出:“辐照杂种材料得到的变异,等于照射和杂交二者分别估测所得到的变异加起来的72-77%”^[2]。黑龙江省农科院用⁶⁰Co γ 射线辐照“阿勃M₄”和“欧柔”杂交当代种子,后代的有益变异率由杂种F₂的0.24%提高到0.49%^[3]。但是,对此途径的特点和规律尚缺乏深入的研究。为此,我们在小麦辐射育种中对杂种材料的辐射敏感性及辐照材料的选择、杂种辐射后代的变异和突变体(系)的选育等问题进行了探讨,同时育成“原冬7612”、“原冬772”、“原冬7848”等优良品系进行生产鉴定并凡殖种子。

试验材料和方法

试验于1973年在所内实验农场进行。利用 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线、剂量为25Kr辐照了冬小麦品种、杂交当代、杂种一代和二代共101个材料的风干种子，以未经辐照的相应材料为对照。

品种、杂种辐射一代(品种辐射一代以 M_1 ；当代杂种种子辐射一代以 F_1M_1 ；杂种一代种子辐射一代以 F_2M_1 ；杂种二代种子辐射一代以 F_3M_1 表示)，以品种、组合或单株为单位点播，行长2米，行距30公分，每行40粒，每组合根据种子量的多少播种1至数行，对照相邻种植。以出苗率为指标研究其辐射敏感性，生育期间进行生物学特性调查，成熟时按组合全部分株收获脱粒。

杂种辐射二代(以 F_2M_2 、 F_3M_2 、 F_4M_2 表示)。 F_1M_1 、 F_2M_1 、 F_3M_1 收获的种子，按组合以单株为单位分株行点播，每株种子随机取40粒播种1行播种方式同辐射一代。生育期间以株行为单位观察调查生物学特性，抽穗期以单株为单位用不同颜色的线标记，腊熟前根据综合性状选择优良单株作出标记。收获供试材料的全部单株，分别调查株高、穗长、单株穗数、穗粒数及优良单株中选率。以组合为单位统计标准差、变异系数、分析性状变异情况。

杂种辐射三代(以 F_3M_3 、 F_4M_3 、 F_5M_3 表示)及以后世代。辐射二代中选单株，每株随机取35—40粒种子种植一行，种植方式同上，生育期间以株系为单位调查各种性状，分析其性状分离和稳定情况。

试验结果及分析

(一)杂种后代具有较高的辐射敏感性

1974、1975、和1977年对辐照的18个亲本品种、47个杂交当代和4个杂种二代的28个单株的辐射一代进行了辐射敏感性研究。研究表明全部供试辐射一代均不同程度地表现出苗率、成株率降低，抽穗延迟，植株变矮，不育株率提高等辐射损伤及形态变异。以出苗率为指标比较其辐射敏感性(表1)。

表1 品种、杂种辐射一代出苗率比较 1974, 1975, 1977年

世 代	材 料 数	平均出苗率(%)	标 准 差	变 异 系 数(%)
亲本品种 M_1	18	67.6	± 9.34	13.84
F_1M_1	47	64.3	± 14.48	22.80
F_3M_1	28	63.2	± 11.52	17.74

比较 M_1 、 F_1M_1 、 F_3M_1 的平均出苗率， F_1M_1 、 F_3M_1 均低于亲本品种 M_1 ，说明杂种的辐射敏感性一般比品种强。从标准差、变异系数分析，出苗率的变化程度是 $F_1M_1 > F_3M_1 > M_1$ 。为了进一步阐明不同类型材料辐射敏感性的差异，对出苗率变化分布作了分析(表2)。

表2 亲本品种、杂种辐射一代出苗率分布

世代	材料数	出 苗 率 分 布 (%)										
		30以下	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90	总 计	低 于 平 均 数	低 于 低 亲	高 于 高 亲
品种M ₁	品种数			1	3	7	7		18	4		
	%			5.5	16.7	38.9	38.9			22.4		
F ₁ M ₁	组合数	2	4	3	8	13	12	5	47	17	6	5
	%	4.3	8.5	6.4	17.0	27.6	25.6	10.6		36.2	12.8	10.6
F ₃ M ₁	系 数		1	3	6	13	2	3	28	10	1	3
	%		3.6	10.7	21.4	46.4	7.1	10.7		35.7	3.6	10.7

结果表明, 品种M₁出苗率分布比较集中, 变化幅度在45—80%之间, 近似平均出苗率的品种占38.9%, 低于平均出苗率的占22.4%, 说明不同品种的辐射敏感性虽有不同, 但差异比较小。

F₁M₁组合出苗率分布在30—90.2%之间, 近似平均出苗率的组合占27.6%, 比品种M₁少11.3%; 低于低亲的组合占12.8%; 高于高亲的占10.7%; 说明不同杂交组合不仅具有较高辐射敏感性, 而且有明显的负向和正向超亲现象。例如“12040×阿芙乐尔”的F₁M₁出苗率为33.3%, 二个亲本M₁分别为52.0%和57.0%, 表现了明显的负向超亲。因此辐照杂交当代种子, 一般宜采用略低于亲本品种的辐照剂量, 同时还必须视不同组合的具体辐射敏感性而定。

F₃M₁株系出苗率分布在品种M₁和F₁M₁之间, 从超亲的株系所占的比例来看, 也表现了一定的超亲现象, 但较F₁M₁为少。虽然F₃M₁株系出苗率的变幅也比较大, 但却有将近一半的株系接近平均出苗率, 分析其原因, 可能是由于辐照材料已经过F₁F₂二次自交和选择, 组合数减少, 杂种的杂合性降低所造成的。

(二) 辐照杂种可扩大变异范围

我们选用6个杂交组合和1个品种的辐射二代, 以相应组合未经辐照的材料为对照, 以株为单位调查株高、穗长、单株穗数、穗粒数、抽穗期的变异情况(表3)。

资料表明, 在6个组合5个性状的30对数据中, 各种性状的变异幅度超过对照的占90%, 说明一般辐照杂种可以扩大变异范围, 扩大的幅度, 不同组合、不同性状间有差异。此外茎秆的强弱、芒性、颖壳颜色、籽粒品质等均表现出较大幅度的变化。为育种提供了更多可供选择的群体。

上述5个性状中, 以株高的变异最明显, 也易于观察比较(表4)。

表中所列结果表明:

1. 杂种辐射二代株高的变异程度均大于品种辐射二代, 说明辐照杂种比辐照品种, 产生的变异较多, 诱变效果好。

2. 杂种辐射二代株高的变异程度均大于相应的对照, 说明杂种辐射二代比杂种产生的变异多, 辐射与杂交结合比单纯杂交效果好。

3. F₂M₂和F₃M₂与其相应对照变异系数的差值相近, 又明显大于F₄M₂与其相应对照的差值, 说明F₂M₂、F₃M₂变异程度相似, 又均大于F₄M₂, 辐照杂交当代和杂种一代比

辐照杂种二代后代产生的变异多, 诱变效果好。

4. 从辐照杂种不同世代材料之间和辐照相同世代不同组合之间变异系数差值的比较看出, 世代间变异系数的差值大于组合间的差值, 说明选择适宜的杂种世代材料辐照是重要的。

表3 杂种与杂种辐射二代性状变异幅度比较

组合名称	世代	株高(cm)		穗长(cm)		穗数/株		粒数/穗		抽穗期(日/月)	
		变幅	差值	变幅	差值	变幅	差值	变幅	差值	变幅	差值
12040×阿美乐尔	F ₂	85-123	38	7.0-11.5	4.5	3-17	14	35-77	42	4/5-9/5	6
	F ₂ M ₂	40-119	49	6.0-14.0	8.0	3-20	17	23-71	48	4/5-11/5	8
			+11		+3.5		+3		+6		+2
Lovrin13×京作208	F ₂	80-125	45	5.5-11.0	5.5	3-19	16	3-56	53	10/5-12/5	3
	F ₂ M ₂	54-124	70	5.0-11.5	6.5	3-24	21	12-74	62	10/5-14/5	5
			+25		+1.0		+5		+9		+2
农大141× 01234st2422/464	F ₃	62-89	27	6.0-9.0	3.0	3-13	5	46-66	20	8/5-9/5	2
	F ₃ M ₂	45-80	35	5.5-11.0	5.5	5-23	18	50-77	27	6/5-9/5	4
			+8		+2.5		+13		+7		+2
安京1号×农大141	F ₃	72-100	28	5.7-11.0	5.3	2-16	14	31-77	46	2/5-7/5	6
	F ₃ M ₂	61-94	33	6.0-12.0	6.0	3-21	18	20-77	57	29/4-8/5	10
			+5		+0.7		+4		+11		+4
早洋×东方红3号	F ₄	65-110	45	5.0-11.0	6.0	2-15	13	38-76	38	5/5-8/5	4
	F ₄ M ₂	55-110	55	5.0-10.5	5.5	2-13	11	21-72	51	4/5-6/5	3
			+10		-0.5		-2		+13		-1
11141×12040	F ₄	70-106	30	5.5-9.5	4.0	3-23	20	24-68	44	5/5-6/5	2
	F ₄ M ₂	57-119	62	4.5-10.5	6.0	3-24	21	11-76	55	5/5-9/5	5
			+32		+2.0		+1		+11		+3

注·指抽穗较集中的日期

表4 品种、杂种辐射二代株高变异比较

组合名称	世代	平均株高 (cm)	标准差		变异系数	
			S	差值	C、V	差值
12040×阿美乐尔	F ₂	97.1	±8.13		8.30	
	F ₂ M ₂	92.1	±10.86	+2.73	11.80	+3.50
安京1号×农大141	F ₃	86.1	±7.01		8.14	
	F ₃ M ₂	79.8	±9.38	+2.37	11.75	+3.61
农大141×01234st2422/464	F ₃	75.8	±6.48		8.64	
	F ₃ M ₂	69.4	±7.70	+1.22	11.84	+3.20
11141×12040	F ₄	82.6	±5.77		6.97	
	F ₄ M ₂	92.0	±8.28	+2.51	9.00	+2.03
早洋×东方红3号	F ₄	86.4	±6.66		7.83	
	F ₄ M ₂	90.6	±8.30	+1.67	9.60	1.77
12040	M ₂	83.2	±6.78		8.10	

杂种 F_2 性状分离最大, 是单株选择的关键世代, 须保证有相当数量供选择的群体。如用诱变剂量辐照杂种 F_1 种子产生的 F_2M_1 , 即因受辐射损伤有相当数量的植株不能成株结实, 成活植株发育也受到严重抑制, 性状优劣不易充分表现。因此不仅大大减少了 F_2M_1 群体的数量, 也影响了选择的效果; 再者, 杂种 F_3 性状分离已趋减少, 而辐射二代却是变异较大的世代, 如辐照杂种 F_1 后, 其 F_3M_2 仍将出现较多的变异, 这就势必影响变异稳定的过程, 延长育种年限。

杂种 F_1 一般表现一致, 因此除淘汰不良组合外, 一般不进行选择; M_1 表现辐射损伤, 可遗传的变异多不显现, 一般也不进行选择; F_2 、 M_2 均为变异最多的选择世代, 辐照杂交当代, 使杂种世代与辐射世代同步, 有利于提高选择的效果。我们认为, 在选配优良杂交组合的基础上, 尽量获得多量杂交种子, 进行辐照。在 F_1M_1 , 根据相应杂种 F_1 组合的优劣, 淘汰其 F_1M_1 不良组合, 以利于集中在优良组合的辐射后代中进行选择, 提高辐射育种效果。

(三) 辐照杂种可提高有益变异率

辐照杂种可扩大变异范围。但育种上更重要的是有益变异率的提高。辐照杂种是否可以提高有益变异率? 我们以优良单株中选率(即按育种目标中选的单株占总株数的%)为间接的指标, 对7个 F_2M_2 和8个 F_3M_2 组合及其相应对照作了比较(表5和表6)。

在上述15个组合中, 有13个组合的辐射二代优株中选率高于对照, 占86.7%。 F_2M_2 平均优株中选率由 F_2 的1.01%提高到2.45%, 提高了1.44%。 F_3M_2 提高了0.80%。 F_2M_2 优株中选率是 F_3M_2 的107%, 提高了7%。说明辐照杂种提高了有益变异株选择的机率, 辐照杂交当代比辐照杂种一代效果更好。但不同组合优株中选率差别较大, 其变幅为-0.89—+4.03%。 F_2M_2 和 F_3M_2 中选率最高的组合分别超过对照4.03%和2.67%。可见, 只要辐照的杂交组合选配得当, 即可提高有益变异率, 从而提高辐射育种效果。

表5 7个杂种组合 F_2 、 F_2M_2 优良单株中选率比较

组 合 名 称	世 代	总 株 数	中 选 株 数	中 选 株 率	
				%	差 值
农大168×Libellula	F_2	300	2	0.67	
	F_2M_2	510	24	4.70	+4.03
农大139×阿美乐尔	F_2	90	0	0	
	F_2M_2	480	6	1.25	+1.25
东方红8号×Libellula	F_2	300	8	1.0	
	F_2M_2	540	14	2.59	+1.59
东方红8号×Predgronaia	F_2	300	3	1.00	
	F_2M_2	480	13	2.70	+1.70
Lovrin13×京作208	F_2	300	1	0.33	
	F_2M_2	390	5	1.28	+0.95
12040×阿美乐尔	F_2	300	7	2.33	
	F_2M_2	420	11	2.62	+0.29
京作208×San Postore	F_2	300	3	1.00	
	F_2M_2	360	5	1.39	+0.39
总 计	F_2	1890	19	1.01	
	F_2M_2	3180	78	2.45	+1.44

表6 8个杂种组合 F_3 、 F_3M_2 优良单株中选率比较

组合名称	世代	总株数	中选株数	中选株率	
				%	差值
01234st2422/464×农大139	F_3	540	2	0.37	+0.19
	F_3M_2	720	4	0.56	
01234st2422/464×农大168	F_3	330	5	1.52	-0.89
	F_3M_2	480	3	0.63	
安京1号×农大141	F_3	150	4	2.67	+1.84
	F_3M_2	510	23	4.51	
St2422/469×农大139	F_3	300	6	2.00	+1.33
	F_3M_2	210	7	3.33	
农大141×达雪亚	F_3	300	4	1.33	+2.67
	F_3M_2	600	24	4.00	
974—1253×3373	F_3	360	4	1.11	+0.48
	F_3M_2	630	10	1.59	
农大186×3373	F_3	300	5	1.67	-0.56
	F_3M_2	180	2	1.11	
农大141×01234st2422/464	F_3	210	7	3.33	+1.67
	F_3M_2	120	6	5.00	
总计	F_3	2490	37	1.49	+0.80
	F_3M_2	3450	79	2.29	

(四) 杂种辐射突变系的稳定与选择

据报道辐照品种诱发的突变,一般稳定较快。那么辐照杂种是否可能由于杂种的杂合性及变异率的提高而影响突变性状稳定和选育的进程?我们调查了 F_3M_3 、 F_4M_3 、 F_5M_3 及其相应杂种后代468个品系的抽穗期、株高、穗型等主要性状的一致性表现(表7)。

比较杂种辐射三代及相应杂种品系的分离情况,辐射三代多数株系仍继续分离,只有部分株系主要性状大体趋于一致,这些株系在总系中所占的百分率 $F_3M_3 < F_4M_3 < F_5M_3$; $F_3M_3 < F_3$; $F_4M_3 < F_4$; $F_5M_3 < F_5$ 。可见杂种辐射三代性状趋于一致的品系较少,性状分离和稳定过程似与杂种的杂合程度有关,辐照杂合程度高的材料,性状稳定过程较杂合程度低的长。辐照杂种比辐照纯合品种育成新品种所需的时间一般要长些。

但是,杂种辐射三代均有相当比例的株系主要性状趋于一致,从各株系的正体来看,虽然仍在分离,但株系优劣已清晰可以鉴别。因此,在杂种辐射三代,可以较集中地选择综合性状优良的株系,大胆淘汰不良株系,在此基础上继续选择,可以提高选育效果。

“原冬7848”即是在(12040×阿芙乐尔) F_3M_3 、“原冬7612”是在(农大141×达雪

表7 杂种与杂种辐射三代主要性状趋于一致的品系数比较

世代	组合数	品系数	性状趋于一致的品系	
			品系数	%
F_3	7	38	8	21.1
F_3M_3	7	93	12	12.9
F_4	10	80	18	22.5
F_4M_3	10	77	17	22.1
F_5	7	72	25	34.7
F_5M_3	10	108	30	27.7
总计	51	468		

亚) F_4M_3 、“原冬772”是在(11141×12040) F_5M_3 优良株系中继续选育而成的。

几点认识

(一)辐射与杂交结合是提高辐射育种效果的有效途径之一。正确选配亲本,选用优良的杂交组合辐照是提高诱变效果的基础。

(二)杂种具有较强的辐射敏感性,辐射育种中辐照杂种早代材料,一般宜采用比辐照亲本品种略低的诱变剂量。

(三)辐照杂交当代种子,诱变效果好,使辐射世代与杂种世代同步,有利于辐射各世代的选育,提高辐射育种效果。

(四)杂种辐射一代表现辐射损伤,一般不进行选择,但可以根据相应杂交组合优劣淘汰不良杂种辐射一代组合。杂种辐射二代变异最大,是选择优良变异株的关键世代。杂种辐射三代,株系优劣清晰可鉴,可在集中选择优良株系的基础上继续选择。有利于提高辐射育种效果。以后的选育过程基本与杂交育种相同。

参考文献

- [1] A. Micke, 1976. Induced Mutation in Cross-Breeding IAEA Vienna.
- [2] 中国科学院遗传所: 1972, 突变育种手册, 科学出版社。
- [3] 黑龙江省农业科学实验所: 1972, 农作物辐射育种, 黑龙江人民出版社。
- [4] 张本民等: 1978, 杂交加辐射育成早熟小麦新品种, 遗传育种, 第8期。

INVESTIGATION ON IMPROVING EFFICIENCY FOR MUTATION BREEDING OF WINTER WHEAT BY THE COMBINED USE OF RADIATION AND HYBRIDIZATION

Wang Linqing Zhang Weiqiang

Fan Qingxia Shi Peixin

(*Institute of Atomic Energy Utilization Chinese Academy of
Agricultural Sciences*)

ABSTRACT

During the period of 1973—1978, dry wheat seeds of early generation hybrids and their parent varieties were irradiated by ^{60}Co - γ ray with a dosage of 25KR. In this paper some general remarks were made on the radiosensitivity and mutation rate of the varieties and hybrids under treatment. Thus, the conclusions could be made in abstract as follows:

A good choice of hybrid combination was very important for improving the efficiency of induced mutation.

The radiosensitivity of hybrid M_1 was higher than that of variety M_1 , the $F_1 M_1$ being the highest.

Irradiating dry seeds of early hybrid generations could increase the rate of induced mutation.

The mutation rate of $F_2 M_2$, $F_3 M_2$ and $F_4 M_2$ were found to be higher than that of the hybrid generations, while the $F_2 M_2$ was very close to the $F_3 M_2$ and the $F_4 M_2$ had an evidently lower rate of mutation than the $F_2 M_2$ and $F_3 M_2$.

When the progeny generation of mutation and hybrid were made synchronous, the criteria and efficiency of selection in each generation could be strengthened greatly.