

陆地棉品种 γ 射线诱变后代的遗传变异规律

孙君灵, 杜雄明, 周忠丽, 潘兆娥, 庞保印

(中国农业科学院棉花研究所, 河南 安阳 455004)

摘要: 利用 250 Gy 的 $\text{Co}^{60}\gamma$ 射线对 3 个棉花品种的干种子进行辐射处理, 对其 M_4 , M_5 农艺经济性状的遗传变异进行分析。结果表明: 3 个品种的辐射诱变后代 M_4 , M_5 群体表型性状变异系数和遗传多样性指数均存在明显差异。阐明了辐射对不同棉花品种的诱变效果存在变异均匀度和丰富度的差异。相关分析表明, 所有表型性状, 以及衣分、单铃重、株高、2.5% 跨长、比强度和麦克隆值等性状的 M_4 与 M_5 群体之间的简单相关系数都达到极显著水平。证明了诱变后代材料表型性状的变异可以遗传, M_4 和 M_5 群体表型性状的遗传变异趋于稳定。3 个品种诱变后代 M_5 材料间的表型性状遗传距离变幅分别为 1.83 ~ 34.68, 1.26 ~ 34.55, 2.22 ~ 17.05; 并筛选出一系列变异明显的诱变材料。

关键词: 棉花; $\text{Co}^{60}\gamma$ 射线; 农艺经济性状; 遗传变异

中图分类号: S562.035.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2006)02-0027-07

Law of Genetic Variation of the Progeny of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Irradiated by γ Ray

SUN Jun-ling, DU Xiong-ming, ZHOU Zhong-li, PAN Zhao-e, PANG Bao-yin

(Cotton Research Institute, CAAS, Anyang 455112, China.)

Abstract: The seeds of three cotton lines were irradiated by $\text{Co}^{60}\gamma$ Ray. Genetic variation of agronomic and economic traits of their M_4 , M_5 progeny was analyzed. The results showed that: (a) The coefficient variation (CV) and the indexes of genetic diversity of the phenotypic characters among M_4 or M_5 colonies derived from 3 cotton varieties were very significant. This clarified that the radiation of different cotton varieties resulted in the different uniformity and abundant of the variation. (b) Correlation analysis indicated that the correlation coefficient of phenotypic characters in the colonies of M_4 and M_5 were significant at 0.01 levels, and those of lint percentage, boll weight, plant height, fiber length, strength of fiber, fiber micronaire also between M_4 and M_5 also were very significant. This proved that the genetic variation of the phenotypic characters in the irradiated progenies of cotton variety can inherit, and intend to be stable in the progenies M_4 and M_5 . (c) The range of genetic distance of phenotypic characters among the mutagenic progeny M_5 of 3 cotton varieties were 1.83 - 34.68, 1.26 - 34.55, 2.22 - 17.05 respectively. Moreover, a series of mutants with significant variation were screened. The analysis of phenotypic characters illuminated that γ -ray radiation can result in abundant genetic variation.

Key words: Cotton; $\text{Co}^{60}\gamma$ ray; Agronomic and economic traits; Genetic variation

辐射诱变在作物育种上的成效已被广泛研究所证实, 利用各种诱变因子能够有效地诱发遗传基因突变、染色体突变、核外突变, 获得用一般方法难以得到的各种变异类型。棉花辐射育种的研究主要集中在诱变低世代(M_1 , M_2)形态和农艺性状变异及材料选育上, 辐射诱变的 M_2 在产量、铃重、衣分、纤维

品质、早熟性、株型等性状均表现出明显变异, 大铃、高衣分、长纤维、细纤维、产量提高等有利性状的出现, 为育种提供了较好的材料^[1~5]。辐射诱变 M_3 , M_4 株系间存在不同基因型、不同性状间差异^[6]。通过对 γ 射线诱变后代材料 M_1 , M_2 和 M_3 的遗传分析, 发现单铃重、绒长和衣分等性状均表现为多基因

收稿日期: 2005-12-28

基金项目: “十五”国家科技攻关项目(2004BA525B05); “863”计划项目(2004AA227140)

作者简介: 孙君灵(1969-), 男, 湖南华容人, 副研究员, 主要从事棉花种质资源创新与利用研究; 杜雄明为通讯作者。

控制的数量遗传,变异幅度大,但由于微效基因累加作用,往往在较晚的世代才能表现出来^[1]。虽然棉花辐射育种取得了一定成果,但是因仅仅是注重诱变低世代材料性状的变异和选择,辐射诱变的整体发展缓慢,其中原因之一就是棉花辐射诱变后代材料的遗传变异规律研究太少。本研究通过对3个棉花品种诱变后代 M_4 , M_5 农艺性状的遗传变异进行分析,探索诱变后代材料的遗传变异规律,旨在为种质创新和辐射诱变育种提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

2000年,利用250 Gy的 ^{60}Co 射线对Arcot-1(国外引进的抗黄萎病品种)、Su9108(国内大铃优质品种)和J11(国内感黄萎病品种)3个棉花品种的风干种子进行辐射处理,2000年获得 M_1 ,2001年种植 M_2 ,从 M_2 群体中选择变异单株,2002年种植 M_3 株行,从 M_3 株行中继续选择变异的单株,保留稳定株行,2003年种植 M_4 ,2004年种植 M_5 。从 M_3 开始进行自交保纯。

1.2 试验方法

2003年4月26日,在中国农业科学院棉花研究所试验田(河南省安阳市白壁镇)中,对32个Arcot-1、25个Su9108、17个J11的诱变后代材料 M_4 株系分别进行随机排列种植,3次重复,行长5 m,行距0.8 m,株距0.25 m。9月25日,每行随机对10株进行株高、果枝数和铃数测定;10月12日,每行收棉株中部正常吐絮铃30个,室内考种,测铃重、衣分,纤维棉样送农业部棉花品质监测中心检测纤维品质。

2004年4月24日,在中国农业科学院棉花研究所试验田中,对32个($M_5A1 \sim M_5A32$)Arcot-1、25个($M_5S1 \sim M_5S25$)Su9108、17个($M_5J1 \sim M_5J17$)J11的诱

变后代材料 M_5 株系分别进行随机排列种植,3次重复,种植方式和调查以及检测等均与2003年相同。

10个表型性状分为5个产量性状(单铃重、衣分、株高、果枝数、单株铃数)和5个纤维品质性状(2.5%跨长、整齐度、比强度、伸长率、麦克隆值)。

1.3 数据处理与统计方法

采用SPSS11.0统计分析软件对产量和经济性状数据分别进行方差和变异系数(CV%)分析。

表型性状多样性采用Shannon-weaver多样性指数(H')来表示, $H' = -\sum p_i \ln p_i$, p_i 为某性状第*i*级的相对频率。

表型性状数值的标准化计算:采用总体平均数(\bar{X})和标准差(δ)进行分级,1级 $< \bar{X} - 2\delta$,10级 $\geq \bar{X} + 2\delta$,每级间相差0.5 δ 。

遗传距离分析:表型性状数值标准化后,采用欧氏距离(Euclidean distance)计算遗传距离。数据统计由NTSYSpc2.1(Version2.11a)软件完成。

2 结果与分析

2.1 不同群体表型性状遗传变异规律

2.1.1 诱变后代群体的表型性状遗传变异 由表1可以看出,辐射诱变后代 M_4 群体的10个表型性状变异系数的平均值以J11为最大(11.34%),其次为Su9108(9.98%),Arcot-1诱变后代群体的变异系数较小(8.56%);辐射诱变后代 M_5 群体的变异系数则以Su9108为最大(12.37%),其次为J11(11.21%),Arcot-1最小(10.01%)。这说明J11和Su9108两个品种诱变后代 M_4 和 M_5 群体的基因突变范围较大,变异材料间的差异较大,从中选育大变异材料类型较为容易。证明了对辐射材料的选择,将影响到辐射诱变后代的变异效果,影响创新材料的选择效率。

表1 诱变后代 M_4 , M_5 的群体表型性状变异系数

Tab.1 The coefficient variation of phenotypic characters of progeny M_4 , M_5 colonies

%

品种 Variety	M_4			M_5			M_5/M_4		
	产量性状 Yield characters	品质性状 Quality characters	表型性状 Phenotypic characters	产量性状 Yield characters	品质性状 Quality characters	表型性状 Phenotypic characters	产量性状 Yield characters	品质性状 Quality characters	表型性状 Phenotypic characters
Arcot-1	11.45	5.67	8.56	14.49	5.53	10.01	1.266	0.975	1.170
Su9108	13.39	6.57	9.98	17.17	7.58	12.37	1.282	1.154	1.240
J11	12.92	9.75	11.34	14.47	7.96	11.21	1.120	0.816	0.989
平均 Mean	12.59	7.33	9.96	15.37	7.02	11.20	1.221	0.958	1.124

辐射诱变后代 M_4 和 M_5 群体,均表现为产量性状变异系数的平均值(12.59%和15.37%)大于品质

性状变异系数的平均值(7.33%和7.02%);同时从诱变后代 M_5 群体与 M_4 群体的比值可以看出,产量

性状的比值为 1.221,品质性状的比值为 0.958。这均说明产量性状的变异比品质性状更为明显,通过 M_5 的诱变选择后,因微效基因的作用,产量性状还在进一步变异,品质性状的变异趋于稳定。因此,在棉花辐射诱变选育中,在 M_4 中可以重点进行品质性状的选择,而产量性状的选择可放在 M_5 群体中。

2.1.2 M_4 的各表型性状遗传变异 对 3 个品种诱变后代材料 M_4 的 10 个表型性状分别进行变异范围

和变异系数的统计(表 2)。由表 2 可知,果枝数的变异系数最大(22.89%),变幅 3.83~12.10 个,其次为单铃重、麦克隆值和伸长率,其变异系数均超过 10.0%以上,整齐度的变异系数为最小(1.35%),变幅 83.00%~88.77%。2.5%跨长的变异系数相对也较小,仅为 4.51%。说明辐射对棉花不同表型性状的诱变效果存在较大差异,诱变后代材料 M_4 中更易选择到果枝数、单铃重、麦克隆值和伸长率等性状的突变株系。

表 2 诱变后代 M_4 群体的各表型性状遗传变异
Tab.2 The genetic variation of every phenotypic characters of progeny M_4 colonies

参数 Parameter	品种群体 Variety population	衣分(%) Lint percent	铃重(g) Boll weight	株高 (cm) Height	铃数 (个) Boll number	果枝数 (个) Fruit branch number	2.5%跨长 (mm) Span length	整齐度(%) Uniform percent	比强度 Fiber strength (cN/tex)	伸长率(%) Elongation percent	麦克隆值 Micronaire value
原亲本对照 Original ck	Arcot-1	38.92	5.69	68.03	10.90	6.13	31.63	89.11	31.30	7.31	4.61
	Su 9108	42.42	7.84	61.50	9.47	6.51	32.37	85.51	32.87	7.37	4.63
	J11	39.04	4.50	56.09	12.01	6.90	30.31	83.83	30.71	7.91	4.50
最小值 Minimum	Arcot-1	35.80	3.40	53.40	8.50	4.10	29.10	83.50	24.90	6.20	3.60
	Su9108	30.20	4.00	58.60	9.40	3.90	26.70	83.10	27.00	5.90	3.50
	J11	27.61	3.00	56.00	10.50	3.50	28.10	82.40	23.14	5.10	3.30
最大值 Maximum	Arcot-1	44.30	7.70	87.70	18.00	13.40	35.70	89.10	34.90	9.80	5.60
	Su9108	51.10	8.50	81.40	15.20	14.10	33.80	88.00	37.90	9.40	6.30
	J11	47.20	7.70	76.30	14.60	8.80	34.40	89.20	44.70	9.40	6.00
平均值 Mean	Arcot-1	39.27	5.22	69.38	11.69	8.47	32.84	86.62	30.01	7.68	4.50
	Su9108	41.24	6.97	66.59	11.77	7.69	30.97	86.08	32.57	7.33	4.97
	J11	38.90	5.70	66.98	12.35	6.12	31.29	85.19	31.04	7.26	4.57
变异系数 Coefficients of variations (%)	Arcot-1	4.68	11.43	8.36	10.89	21.88	3.92	1.36	7.58	7.72	7.78
	Su9108	7.66	15.71	8.25	9.75	25.61	5.37	1.13	7.93	7.78	10.63
	J11	9.58	16.05	8.88	8.94	21.17	4.23	1.55	12.07	16.06	14.86
	平均	7.30	14.39	8.50	9.86	22.89	4.51	1.35	9.19	10.52	11.09

2.1.3 M_5 的各表型性状遗传变异 在 3 个品种诱变后代 M_5 群体中,相同性状的变异系数也存在较大差异,其中, Arcot-1 诱变后代麦克隆值的变异系数比其他 2 个品种小,仅为 7.72%,而 Su9108 诱变后代衣分的变异系数最大(7.58%),J11 诱变后代的伸长率性状变异系数最大(10.88%)(表 3)。说明以同等条件进行辐射诱变,不同品种诱变后代 M_5 表型性状的变异范围和方向是不同,其结果与诱变后代 M_4 的分析结果相似。

上述研究结果表明,诱变后代 M_4 和 M_5 表型性状的整体遗传变异趋势较一致,单铃重、果枝数、麦克隆值等性状变异较大,纤维整齐度与 2.5%跨长等性状变异较小。

2.2 不同群体表型性状遗传多样性

2.2.1 群体遗传多样性分析 利用表型性状数值

进行标准化处理后,计算各性状的多样性指数,辐射诱变后代群体表型性状多样性分析结果如表 4 所示。 M_4 群体表型性状多样性指数的平均值以 Arcot-1 最高(1.987),其次为 J11(1.962),Su9108 则较低(1.905); M_5 群体多样性指数的平均值以 J11 品种为最高(2.005),其次为 Arcot-1(2.002),Su9108 较低(1.922)。从诱变后代 M_5 与 M_4 群体多样性指数平均值的比值来看,3 个品种诱变后代群体的产量性状和品质性状的比值均接近 1.000。这说明对不同棉花品种进行辐射诱变,其后代群体表型性状的遗传多样性存在一定的差异,但不同品种诱变后代群体表型性状基因型的多样性变化较为一致。结果证明了对辐射材料的选择,也将影响到辐射诱变后代的基因型多样性,影响拓宽棉花种质的遗传基础,且在诱变后代 M_4 和 M_5 的基因型多样性已趋于稳定。

表 3 诱变后代 M_5 群体的各表型性状遗传变异Tab.3 The genetic variation of every phenotypic characters of progeny M_5 colonies

参数 Parameter	品种群体 Variety population	衣分(%) Lint percent	铃重(g) Boll weight	株高 (cm) Height	铃数 (个) Boll number	果枝数 (个) Fruit branch number	2.5%跨长 (mm) Span length	整齐度(%) Uniform percent	比强度 Fiber strength (cN/tex)	伸长率(%) Elongation percent	麦克隆值 Micronaire value
原亲本对照 Original ck	Arcot-1	39.03	5.29	74.87	15.40	10.30	30.97	84.20	29.73	6.70	4.50
	Su9108	42.30	7.07	63.38	10.56	7.69	30.85	85.95	32.55	6.00	4.75
	J11	39.05	5.26	64.12	13.83	9.11	30.70	86.45	29.70	6.70	5.45
最小值 Minimum	Arcot-1	35.90	3.00	47.80	4.80	6.90	27.50	81.50	24.40	6.00	3.40
	Su9108	30.50	3.90	44.10	5.20	5.90	25.10	82.90	27.60	4.80	3.00
	J11	36.00	3.50	57.30	2.70	6.50	27.80	81.60	22.30	5.30	3.30
最大值 Maximum	Arcot-1	43.80	9.00	97.40	25.70	14.30	33.00	87.50	34.20	8.00	5.40
	Su9108	43.60	8.40	96.80	20.70	10.70	32.00	87.60	38.80	7.00	6.80
	J11	45.40	7.00	82.50	17.50	12.00	33.50	87.50	33.80	8.50	6.10
平均值 Mean	Arcot-1	39.21	5.28	74.69	14.06	9.75	30.85	85.27	28.91	6.79	4.35
	Su9108	40.12	6.23	60.67	9.78	7.68	29.80	85.82	33.28	6.00	4.71
	J11	40.71	5.51	68.14	11.52	9.27	30.78	85.63	28.24	6.94	4.91
变异系数 Coefficients of variations (%)	Arcot-1	4.72	15.88	12.82	24.07	14.96	3.95	1.35	6.73	7.92	7.72
	Su9108	7.58	15.75	14.60	33.49	14.41	5.28	1.09	6.57	7.55	17.39
	J11	5.77	14.08	8.89	29.55	14.06	4.69	1.50	8.96	10.88	13.76
平均		6.02	15.24	12.10	29.03	14.47	4.64	1.32	7.42	8.78	12.96
M_5 与 M_4 相关 系数 Correlation coefficients		0.478 **	0.773 **	0.339 **	0.011	0.188	0.540 **	0.163 **	0.682 **	0.019	0.594 **

注: *, ** 分别表示 5%, 1% 显著水平 Notes: *, ** Indicate significant at 5% and 1% probability level respectively

表 4 诱变后代 M_4 , M_5 的群体表型性状多样性指数Tab.4 The genetic diversity indexes of phenotypic characters of progeny M_4 , M_5 colonies

品种 Variety	M_4			M_5			M_5/M_4		
	产量性状 Yield characters	品质性状 Quality characters	表型性状 Phenotypic characters	产量性状 Yield characters	品质性状 Quality characters	表型性状 Phenotypic characters	产量性状 Yield characters	品质性状 Quality characters	表型性状 Phenotypic characters
Arcot-1	1.970	2.004	1.987	2.000	2.005	2.002	1.015	1.000	1.007
Su9108	1.859	1.952	1.905	1.904	1.940	1.922	1.024	0.994	1.008
J11	1.980	1.945	1.962	2.056	1.954	2.005	1.038	1.005	1.022
平均 Mean	1.936	1.967	1.952	1.986	1.966	1.976	1.026	1.000	1.013

2.2.2 M_4 各个表型性状的遗传多样性 表型性状数值标准化后,计算 3 个品种诱变后代 M_4 各个表型性状多样性指数平均值,结果表明(表 5),整齐度性状的多样性指数最高(2.01),其次为比强度(1.99)、果枝数和 2.5% 跨长(1.98)、单株铃数(1.97),衣分和单铃重的多样性指数最低,仅为 1.90。各个表型性状在不同品种诱变后代的多样性指数存在明显不同。在 Arcot-1 诱变后代中,比强度的多样性指数达到了 2.11,株高、果枝数和整齐度等的多样性指数均超过 2.00;在 Su9108 诱变后代中,仅有整齐度和比强度的多样性指数超过 2.00;在 J11 诱变后代中,衣分、单铃重、果枝数、2.5% 跨长和伸长率等均达到或超过 2.00。由此可以看出,辐射材料的不同,诱变后代各个表型性状的基因型多样性也将不同;这与群体表型性状的多样性指数分析结果较为一致。说明辐射对不同棉花品种诱变所造成的基因型多样性差异,同样在各个表型性状的基因型多样性差异

上也得到了表现。

2.2.3 M_5 各个表型性状的遗传多样性 表型性状数值标准化后,计算出 3 个品种诱变后代 M_5 各个表型性状多样性指数平均值,结果表明(表 5),果枝数性状的多样性指数最大(2.06),其次为比强度(2.02)、单铃重和株高(1.99),多样性指数较低的性状有衣分(1.93)、麦克隆值(1.92)。各表型性状在 3 个品种诱变后代 M_5 的多样性指数与 M_4 一样也存在明显不同。在 Arcot-1 诱变后代中,基因型多样性丰富的性状有衣分、株高、果枝数、2.5% 跨长、比强度和整齐度等,其多样性指数均超过 2.00;在 Su9108 诱变后代中,基因型多样性丰富的性状有单铃重、比强度和果枝数等;在 J11 诱变后代中,基因型多样性丰富的性状有衣分、单铃重、株高、单株铃数、果枝数、2.5% 跨长和比强度等。表明了与 M_4 结果一样,诱变后代 M_5 各个表型性状的基因型多样性也不同。

表 5 诱变后代 M_4 、 M_5 群体的各个表型性状遗传多样性Tab.5 The genetic diversity indexes of every phenotypic characters of progeny M_4 , M_5 colonies

参数 Parameter	品种群体 Variety population	衣分 Lint percent	铃重 Boll weight	株高 Height	铃数 Boll number	果枝数 Fruit branch number	2.5% 跨长 Span length	整齐度 Uniform percent	比强度 Fiber strength	伸长率 Elongation percent	麦克隆值 Micronaire value
M4	Arcot-1	1.99	1.85	2.03	1.95	2.03	1.92	2.03	2.11	1.98	1.99
	Su9108	1.70	1.83	1.91	1.99	1.87	1.96	2.01	2.05	1.75	1.99
	J11	2.00	2.02	1.87	1.96	2.05	2.05	1.99	1.81	2.00	1.87
	平均 Mean	1.90	1.90	1.93	1.97	1.98	1.98	2.01	1.99	1.91	1.95
M5	Arcot-1	2.05	1.89	2.04	1.97	2.05	2.06	2.03	2.05	1.94	1.96
	Su9108	1.63	2.06	1.91	1.90	2.02	1.84	1.98	2.00	1.98	1.89
	J11	2.10	2.01	2.02	2.03	2.12	2.00	1.89	2.01	1.96	1.90
	平均 Mean	1.93	1.99	1.99	1.97	2.06	1.97	1.96	2.02	1.96	1.92
M5/M4	Arcot-1	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.07	1.00	0.97	0.98	0.99
	Su9108	0.96	1.12	1.00	0.96	1.08	0.94	0.99	0.98	1.13	0.95
	J11	1.05	0.99	1.08	1.03	1.03	0.98	0.95	1.11	0.98	1.01
	平均 Mean	1.01	1.05	1.03	1.00	1.04	1.00	0.98	1.02	1.03	0.98

表 6 诱变后代材料间的遗传距离

Tab.6 The genetic distance of phenotypic characters among the mutagenic progeny M_5

Arcot-1 诱变后代群体 Progeny of Arcot-1 colonies		Su9108 诱变后代群体 Progeny of Su9108 colonies		J11 诱变后代群体 Progeny of J11 colonies	
诱变材料 Mutagenic progeny	与原亲本对照 M_5A32 Mutagenic progeny and original ck	诱变材料 Mutagenic progeny	与原亲本对照 M_5S1 Mutagenic progeny and Original ck	诱变材料 Mutagenic progeny	与原亲本对照 M_5J1 Mutagenic progeny and Original ck
M_5A1	6.26	M_5S2	6.32	M_5J2	9.23
M_5A2	7.43	M_5S3	11.00	M_5J3	8.35
M_5A3	5.17	M_5S4	14.57	M_5J4	7.46
M_5A4	6.74	M_5S5	23.81	M_5J5	6.65
M_5A5	11.42	M_5S6	14.59	M_5J6	3.02
M_5A6	4.57	M_5S7	7.28	M_5J7	5.87
M_5A7	5.39	M_5S8	10.59	M_5J8	9.30
M_5A8	5.88	M_5S9	1.81	M_5J9	5.38
M_5A9	3.64	M_5S10	6.52	M_5J10	8.71
M_5A10	11.13	M_5S11	13.08	M_5J11	10.12
M_5A11	9.39	M_5S12	8.58	M_5J12	11.07
M_5A12	4.02	M_5S13	5.74	M_5J13	5.11
M_5A13	11.52	M_5S14	6.24	M_5J14	9.94
M_5A14	23.86	M_5S15	5.53	M_5J15	9.25
M_5A15	3.98	M_5S16	9.66	M_5J16	10.74
M_5A16	7.34	M_5S17	5.67	M_5J17	12.47
M_5A17	9.45	M_5S18	5.89		
M_5A18	4.19	M_5S19	9.07		
M_5A19	5.60	M_5S20	7.58		
M_5A20	11.05	M_5S21	6.45		
M_5A21	7.44	M_5S22	2.70		
M_5A22	3.60	M_5S23	1.26		
M_5A23	1.98	M_5S24	3.77		
M_5A24	8.46	M_5S25	5.52		
M_5A25	3.39				
M_5A26	7.08				
M_5A27	12.00				
M_5A28	3.69				
M_5A29	8.57				
M_5A30	10.51				
M_5A31	5.65				
平均值 Mean	7.20	平均值 Mean	7.73	平均值 Mean	7.81
所有材料间 最小值 Min. of all	1.83 (M_5A15 与 M_5A28)				
所有材料间 最大值 Max. of all	34.68 (M_5A5 与 M_5A14)	所有材料间 最大值 Max. of all	34.55 (M_5S5 与 M_5S11)	所有材料间 最大值 Max. of all	17.05 (M_5J2 与 M_5J11)
所有材料间 平均值 Mean of all	9.82	所有材料间 平均值 Mean of all	9.46	所有材料间 平均值 Mean of all	8.79

从诱变后代 M_5 与 M_4 的多样性指数比值可知, 诱变后代 M_5 与 M_4 的各个表型性状的基因型多样性趋于稳定, 略有更丰富的趋势。其中, Arcot-1 诱变后代的 2.5% 跨长、Su9108 诱变后代的单铃重与伸长率和果枝数、J11 诱变后代的株高和比强度等性状的基因型多样性更进一步丰富; 而 Su9108 诱变后代的 2.5% 跨长和麦克隆值、J11 诱变后代的整齐度等性状的基因型多样性减弱。说明通过诱变后代 M_5 继续选择后, 可能因微效基因的作用, 某些功能基因得到加强, 某些功能基因而减弱, 使得有些表型性状的基因型多样性变得更丰富或减弱。

2.3 基于表型性状的遗传距离分析

利用诱变后代 M_5 表型性状的平均数进行数值标准化, 然后采用欧氏距离计算材料间表型性状的遗传距离。

表 6 的结果表明, Arcot-1 诱变后代 M_5 材料间的遗传距离变幅为 1.83 (M_5A15 与 M_5A28) ~ 34.68 (M_5A5 与 M_5A14), 遗传距离平均为 9.82。Arcot-1 诱变后代材料与未辐射处理即对照 (M_5A32) 的总遗传距离平均值为 7.20, 与对照遗传距离最大的诱变材料为 M_5A14 (遗传距离为 23.86), 其次为 M_5A27 , M_5A13 , M_5A5 , M_5A10 , M_5A20 和 M_5A30 , 遗传距离均

在 10.00 以上, 说明这些材料从表型性状的遗传距离分析, 通过辐射诱变的选择, 与未辐射处理对照的相似性较低, 产生了较大的变异。诱变后代材料与 M_5A32 的遗传距离最小的材料为 M_5A23 (遗传距离为 1.98), 其次为 M_5A25 , M_5A22 , M_5A9 , M_5A28 和 M_5A15 , 遗传距离均小于 4.00, 说明许多 Arcot-1 诱变后代材料和未辐射处理对照仍具有较高的相似性, 变异较小, 且变异大的材料中未发现综合性状优异株系。

Su9108 诱变后代材料间的遗传距离变幅为 1.26 (M_5S1 与 M_5S23) ~ 34.55 (M_5S5 与 M_5S11), 遗传距离平均为 9.46。诱变后代材料与未辐射处理对照 (M_5S1) 的总遗传距离平均值为 7.73, 与对照的遗传距离最大的诱变材料为 M_5S5 (遗传距离为 23.81), 其次为 M_5S6 , M_5S4 , M_5S11 , M_5S3 和 M_5S8 , 遗传距离均大于 10.00; 诱变后代材料与 M_5S1 的遗传距离最小的材料为 M_5S23 (遗传距离为 1.26), 其次为 M_5S9 , M_5S22 和 M_5S24 , 遗传距离均在 4.00 以下。这也说明大多数 Su9108 诱变后代材料和未辐射处理对照之间仍具有较高的相似性, 大突变材料不多, 但创造出一些特殊材料, 如 M_5S5 , M_5S4 纤维短又粗、纤维比强度较高 (表 7)。

表 7 诱变后代 M_5 筛选出的特异材料表型性状

Tab.7 The significant variation of phenotypic characters of progeny M_5

诱变材料 Mutagenic progeny	衣分 (%) Lint percent	铃重 (g) Boll weight	株高 (cm) Height	铃数 (个) Boll number	果枝数 (个) Fruit branch number	2.5% 跨长 (mm) Span length	整齐度 (%) Uniform percent	比强度 Fiber strength (cN/tex)	伸长率 (%) Elongation percent	麦克隆值 Micronaire value
M_5A13	41.1	3.4	84.0	20.7	12.2	29.8	85.0	27.1	7	4.0
M_5A14	41.2	3.8	52.0	11.3	8.4	29.6	83.6	26.0	6.9	3.9
M_5A27	40.5	6.8	65.9	8.9	9.7	31.0	86.2	33.2	6.3	4.2
M_5S4	33.5	4.9	71.2	16.4	9.2	26.1	84.5	30.5	5.2	6.3
M_5S5	30.9	5.4	83.0	14.8	9.4	26.2	85.7	32.2	4.9	6.5
M_5S19	42.2	6.3	54.9	7.9	7.2	30.2	84.6	33.5	5.9	4.3
M_5J2	44.6	5.6	67.4	12.7	9.2	28.7	83.3	24.6	5.6	5.6
M_5J4	44.1	5.1	66.8	13.6	9.7	29.0	84.4	25.8	6.0	5.7
M_5J8	41.8	6.6	71.9	13.6	8.7	33.3	86.5	32.5	7.2	4.6
M_5J11	34.9	6.3	61.8	8.1	7.9	32.7	84.4	35.1	7.9	3.1

J11 诱变后代材料间的遗传距离变幅为 2.22 (M_5J2 与 M_5J4) ~ 17.05 (M_5J2 与 M_5J11), 遗传距离平均为 8.79。诱变后代材料与未辐射处理对照 (M_5J1) 的总遗传距离平均值为 7.81, 与对照遗传距离最大的诱变材料为 M_5J17 (遗传距离为 12.47), 其次为 M_5J12 , M_5J16 和 M_5J11 , 遗传距离均在 10.00 以上, 说明这些材料与未辐射处理对照的相似性较低, 产生了较大的变异。诱变后代材料与 M_5J1 的遗传距离最小的材料为 M_5J6 (遗传距离为 3.02), 说明从 J11

诱变后代之间的表型性状看, 大多数材料的遗传变异明显, 与未辐射处理对照之间存在较大差异, 大突变材料较多, 且创造出许多纤维品质优异或高衣分的材料。

3 讨论

辐射诱变的第 1 代 M_1 在遗传上是一个复杂的嵌合体, 主要表现为损伤效应, 包括种子发芽能力、幼苗的生长抑制、植株的成活率、不育性, 以及在光

学显微镜下观察到的有丝分裂中的染色体畸变等, 这样的生理损伤一般不能传递给后代^[1,4,7]。 M_2 是诱发突变表现较为明显的世代, 在产量、铃重、衣分、纤维品质、早熟性、株型等性状均表现出明显变异。通过对 M_3 和 M_4 株系的性状分析, 发现变异的可遗传性。经过对诱变后代材料的连续选择, 至河南 75 诱变后代的 M_5 , 选育出高产、纤维品质优异、多抗病稳定的新品种鄂棉 15; 至辽棉 9 号诱变后代 M_7 , 选育成稳定的新品系中沪植 PI935, 至埃及棉品种阿须莫尼诱变后代 M_{13} , 选育出鲁原 343^[6,8-10]。总结前人的研究发现, 对辐射诱变后代材料变异的遗传性和稳定性问题缺乏系统研究, 从而给育种家在选育时间上造成一定的难题。本研究通过对 M_4 、 M_5 的遗传变异和遗传多样性分析, 结果表明, 诱变后代 M_4 和 M_5 表型性状的整体遗传变异趋势较一致, 诱变后代 M_4 与 M_5 群体的所有表型性状相关达极显著水平(相关系数为 0.990 6); 且 M_4 与 M_5 的衣分、单铃重、株高、2.5% 跨长、比强度和麦克隆值等各个性状均达到极显著相关, 证明了诱变后代材料表型性状的变异可以遗传, M_4 和 M_5 群体内大多数材料已趋于稳定。 M_5 与 M_4 的多样性指数比值接近 1.00, 也说明了诱变后代 M_5 与 M_4 的各个表型性状的基因型多样性趋于稳定。但有些材料的性状还存在一定的变异, 这些变异性状主要表现在单株铃数、果枝数、整齐度和伸长率等性状。所以在 M_4 和 M_5 群体中选择纤维品质性状的突变体是有效的, 选择产量性状的突变体放在 M_5 以后进行更有效。

从不同品种辐射诱变后代材料的表型性状来看, 在 3 个品种诱变后代 M_4 、 M_5 群体中, 相同性状的变异系数存在较大差异, 其中, 在 J11 诱变后代 M_4 中对比强度和伸长率性状的选择更有利, 而在 Su9108 诱变后代 M_5 中对衣分性状的选择更好。说明了 3 个品种诱变后代 M_4 和 M_5 表型性状的变异范围和方向是不同的, 育种家可以根据自己的育种目

标来创造突变材料, 从而能够缩短品种的选育时间。从诱变后代材料表型性状的遗传多样性指数与变异系数的结果进行分析, 发现两者之间也存在较大差异, 如 Arcot-1 品种的诱变后代遗传多样性较丰富, 但各材料间的变异范围不大。这说明在棉花辐射诱变中, 存在创造棉花种质的基因型多样性与创造大突变类型或变异范围的差异, 即创新材料的丰富度和均匀度的差异。因此, 本研究从不同棉花品种诱变后代材料的丰富度和均匀度等两方面进行探讨, 比前人^[1-7]仅讨论不同棉花品种诱变后代材料的各种性状的差异能更全面反映其诱变效果。

致谢: 本文承蒙中国农业大学孙其信教授审阅, 特致谢意。

参考文献:

- [1] 朱乾浩, 季道藩. 棉花辐射诱变育种研究进展[J]. 棉花学报, 1997, 9(3): 113-119.
- [2] 翟学军, 王国印, 李俊兰, 等. 棉花辐射效应研究 II. M2 主要经济性状的变异[J]. 棉花学报, 1995, 7(2): 82-85.
- [3] 李熙远, 潘兴宏, 李定国, 等. 陆地棉 γ 2 代主要经济性状变异研究[J]. 湖北农学院学报, 1997, 17(2): 81-87.
- [4] 朱乾浩, 俞碧霞, 季道藩. ^{137}Cs γ 射线对陆地棉花粉及其 M_1 的辐射效应[J]. 核农学报, 1998, 12(20): 71-77.
- [5] 李汝忠, 高国强, 王留明, 等. 不同陆地棉品种辐射效应研究初报[J]. 棉花学报, 1997, 9(2): 108-109.
- [6] 王国印, 翟学军, 耿军义, 等. 陆地棉辐射遗传变异选择效果研究[J]. 华北农学报, 2003, 18(院庆专辑): 73-75.
- [7] 郑冬官, 方其英, 黄德祥, 等. 离子注入在棉花育种中的诱变功效[J]. 安徽农业大学学报, 1994, 21(3): 315-317.
- [8] 苏学合, 朱斗北, 王增贵. 辐照埃及棉选育陆地棉性状的长绒棉突变体的研究[J]. 核农学报, 1994, 8(1): 1-6.
- [9] 何卓培, 周庆祺, 徐淑平, 等. 辐射诱变育成棉花高衣分品系[J]. 实验生物学报, 2001, 34(1): 51-54.
- [10] 苏学合, 高国强, 时香玉, 等. 陆地型长绒棉鲁原 343 系的选育[J]. 核农学报, 2000, 14(3): 180-183.