

ANÁLISE MUTACIONAL DO FEIJÃO-DE-CORDA (Vigna unguiculata) E  
DO AMENDOIM (Arachis hypogaea) PARA ALGUMAS  
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS

MARIA EUGÊNIA LISEI DE SÁ

---

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO CURSO DE  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM  
FITOTECNIA, COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA - 1984

Esta Dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

---

Maria Eugênia Lisei de Sã

DISSERTAÇÃO APROVADA EM \_\_\_\_\_

---

Maddiplata Venkataramanayya  
Ramamanohar Prasad  
Orientador da Dissertação

---

José Albersio de Araújo Lima

---

Francisco José Alves Fernandes  
Távora

---

Clairton Martins do Carmo

À IOLANDA que me deu a vida  
e ensinou a amá-la.  
Aos meus irmãos IVONE e  
EUGÊNIO.

D E D I C O

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, que em nenhum momento deixou de me conceder forças e entusiasmo na conquista deste ideal.

À COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA da Universidade Federal do Ceará e a todo o Corpo Docente do Departamento de Fitotecnia, pela consideração, apoio e ensinamentos recebidos.

Ao CONSELHO DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO (CNPq) pela oportunidade e auxílio financeiro concedidos para a realização do Curso de Pós-Graduação.

Ao Professor MADDIPLATA VENKATARAMANAYYA RAMAMANO HAR PRASAD pela orientação, dedicação e valiosas informações que levaram a descoberta de novos conhecimentos e aos Professores JOSÉ ALBÉRSIO DE ARAÚJO LIMA, CLAIRTON MARTINS DO CARMO e FRANCISCO JOSÉ ALVES FERNANDES TÁVORA pelas sugestões apresentadas na elaboração da dissertação, além da amizade e estímulo durante o período de treinamento.

Agradecimento especial à MARIA NORBERTA VIANA SALES e família pela dedicação, amizade e carinho.

Aos funcionários da FAZENDA EXPERIMENTAL VALE DO CURU, Pentecoste, pela colaboração e mobilização dos meios necessários para a condução do experimento.

Às colegas ELIZITA MARIA TEÓFILO, NILZEMARY LIMA DA SILVA, laboratorista FRANCISCA HELENA CRUZ DE OLIVEIRA e Professores JOSÉ BRAGA PAIVA, PAULO TEODORO DE CASTRO, LUIZ CARLOS UCHÔA SAUNDERS e OMAR JESUS PEREIRA pela valiosa contribuição.

Aos colegas do Curso de Mestrado em Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará pela amizade e incentivo e àqueles que direta ou indiretamente colaboraram para a concretização deste trabalho, o sincero agradecimento.

## SUMÁRIO

	Página
<u>LISTA DE TABELAS</u> .....	vii
<u>LISTA DE FIGURAS</u> .....	ix
<u>RESUMO</u> .....	x
<u>ABSTRACT</u> .....	xi
1 - <u>INTRODUÇÃO</u> .....	1
2 - <u>REVISÃO DE LITERATURA</u> .....	2
2.1 - <u>Histórico</u> .....	2
2.2 - <u>Agentes Mutagênicos Físicos</u> .....	2
2.3 - <u>Agentes Mutagênicos Químicos</u> .....	3
2.4 - <u>Efeitos Citológicos</u> .....	4
2.5 - <u>Esterilidade</u> .....	5
2.6 - <u>Quimeras</u> .....	5
2.7 - <u>Frequência de Mutações</u> .....	6
2.8 - <u>Eficácia e Eficiência Mutagênica</u> .....	7
2.9 - <u>Vantagens do Melhoramento Genético Através de Mutações Induzidas</u> .....	9
2.9.1 - <u>Controle genotípico</u> .....	10
2.9.2 - <u>Uso das variedades direta e indiretamente</u> .....	12
2.9.3 - <u>Estudos filogenéticos</u> .....	
2.9.4 - <u>Resistência a doenças</u> .....	12
2.10 - <u>Especificidade das Mutações</u> .....	13
3 - <u>MATERIAIS E MÉTODOS</u> .....	16
3.1 - <u>Método do Tratamento Mutagênico</u> .....	16
3.2 - <u>Manejo do Material</u> .....	16
4 - <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> .....	20
4.1 - <u>Estudos na Geração M<sub>1</sub></u> .....	20
4.1.1 - <u>Alterações morfológicas</u> .....	20
4.1.2 - <u>Esterilidade</u> .....	23
4.2 - <u>Observações na Geração M<sub>2</sub></u> .....	27

	Página
4.2.1 - Eficácia e eficiência mutagênica .....	36
4.2.2 - Frequência de mutações em relação ao melhoramento vegetal .....	38
4.3 - <u>Avaliação dos Mutantes de Amendoim na Geração M<sub>3</sub></u> .....	39
4.4 - <u>Avaliação dos Mutantes de Feijão-de-corda na ge- ração M<sub>3</sub></u> .....	43
5 - <u>CONCLUSÕES</u> .....	57
6 - <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> .....	59

LISTA DE TABELAS

TABELA		Página
1	Comparação entre algumas características morfológicas do feijão-de-corda e do amendoim, após o tratamento com NMU, na geração $M_1$ . Fortaleza, CE, 1982 .....	21
2	Frequência de mutações na geração $M_2$ do amendoim e do feijão-de-corda originada do tratamento com NMU. Fortaleza, CE, 1983 .....	24
3	Variância e média de algumas características na geração $M_2$ do feijão-de-corda e do amendoim originadas do tratamento com NMU. Fortaleza, CE, 1983 .....	32
4	Eficácia e eficiência do NMU no feijão-de-corda e no amendoim. Fortaleza, CE, 1983 .....	37
5	Avaliação dos mutantes de amendoim integrantes do primeiro grupo, originados do tratamento com NMU, na geração $M_3$ . Pentecoste, CE, 1983/84 .....	44
6	Avaliação dos mutantes de amendoim integrantes do segundo grupo, originados do tratamento com NMU, na geração $M_3$ . Pentecoste, CE, 1983/84 .....	45
7	Avaliação da geração $M_3$ dos mutantes de feijão-de-corda integrantes do primeiro grupo, originados do tratamento com NMU. Pentecoste, CE, 1983/84 .....	51

## TABELA

## Página

8	Avaliação da geração $M_3$ dos mutantes de feijão-de-corda integrantes do segundo grupo, originados do tratamento com NMU. Pentecoste, CE, 1983/84 .....	53
---	--	----



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Alterações morfológicas em folhas de (A) amendoim e (B) feijão-de-corda, após o tratamento com NMU, na geração $M_1$ .....	22
2	Comparação entre o tamanho das folhas de um mutante com crescimento reduzido (A) e a testemunha (B) na geração $M_2$ do feijão-de-corda, originada do tratamento com NMU .....	25
3	Mutante apresentando crescimento vegetativo bem desenvolvido e maior número de vagens por planta na geração $M_2$ do amendoim, originado do tratamento com NMU .....	26
4	Mutante segregando para crescimento vegetativo reduzido e menor número de vagens por planta na geração $M_2$ do amendoim, originado do tratamento com NMU (A, B. e C) .....	29
5	Mutante de feijão-de-corda originado do tratamento com NMU, mostrando senescência tardia na geração $M_2$ .....	33
6	Comparação entre folhas de um mutante suscetível (S) e outro resistente (R) a um potyvirus na geração $M_2$ do feijão-de-corda, originados do tratamento com NMU .....	34

## RESUMO

A análise mutacional do amendoim, cultivar Tatu, um tetraplóide e do feijão-de-corda, cultivar CE-315, um diplóide, empregando N-nitroso-N-metil uréia (NMU) na concentração de 0,02% foi conduzida na Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza e Pentecoste. A esterilidade de sementes induzida pelo mutagênico na geração  $M_1$  foi maior no amendoim, provavelmente como resultado de um considerável grau de diploidização dos genes para fertilidade nesta cultura. As frequências de mutações e as variâncias na geração  $M_2$  mostraram um comportamento diplóide do amendoim para características, como, número de vagens por planta, número de sementes por vagem, peso de sementes e ramificações. Os genes das características clorofílicas, tamanho da folha, florescimento e senescência tardia parecem não ter atingido a diploidização no amendoim. As frequências de mutações na geração  $M_2$ , exceto número de vagens por planta, foram maiores no feijão-de-corda. As mutações para senescência tardia e resistência a um potyvirus foram específicas para o feijão-de-corda.

Na geração  $M_3$ , o mutante B-28 do amendoim foi superior em número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de sementes. Outros mutantes como B-8 e B-34 revelaram aumentos na produção associados ao maior crescimento vegetativo. No feijão-de-corda o mutante D-35 exibiu maior peso de sementes juntamente com a mudança da cor creme para a marron.

Finalmente, como estes mutantes de amendoim e feijão-de-corda representam uma nova variabilidade com a mesma constituição genética básica, sugere-se seu aproveitamento na obtenção de maiores produções e nos programas convencionais de melhoramento.

## ABSTRACT

The mutational analysis of the peanut variety Tatu (Valencia) a tetraploid and the cowpea variety CE-315 a diploid, employing Nitrosometiyl urea (NMU) at a concentration of 0.02% was carried out in the experimental fields of Federal University of Ceara, in Fortaleza and Pentecoste. The  $M_1$  seed sterility induced by the mutagen was higher in peanut, probably as a result of a considerable degree of diploidization of fertility genes in this crop. The  $M_2$  mutation frequencies and variances indicated a diploid like behaviour of peanut for characters such as pod number per plant, seed number per pod, seed size and branching habit. The genes of the chlorophyll attributes, leaf size, flowering and senescence did not seem to have attained diploidization in peanut. The  $M_2$  mutation frequencies were higher in cowpea. The mutations for slow senescence and resistance to potyvirus were specific to cowpea.

In the  $M_3$  generation, the mutant B-28 of peanut was superior in pod number per plant, seed number per pod and seed weight. Other mutants such as B-8 and B-34 revealed enhancements in yield with an increased vegetative growth. In cowpea the mutant D-35 exhibited higher seed weight together with the change in the seed colour to brown from cream.

Finally, it was suggested that these mutants of peanut and cowpea, representing new variability with the same genetic background, could be useful to obtain higher yields and also in the plant breeding programs.

## 1 - INTRODUÇÃO

Devido ao menor poder de resolução da análise genética (PONTECORVO, 1958) o papel das mutações induzidas em organismos superiores não tem sido semelhante àqueles observados nos microrganismos, para o entendimento da estrutura e função do gene. Entretanto, as mutações têm contribuído substancialmente para o melhoramento vegetal, resultando na liberação e uso de nova variabilidade para muitas características agronômicas (SIGURBJORNSSON & MICKÉ, 1974). De outra parte, as mutações induzidas têm um grande uso nas análises filogenéticas de várias espécies de plantas (MACKEY, 1966; SWAMINATHAN, 1966; PRASAD, 1972c). É também possível entender através da análise mutacional a diferenciação genética e os graus de diploidização genética (PRASAD, 1972a) que as espécies têm atingido durante o curso de sua evolução.

Na presente investigação, procurou-se analisar as frequências de mutações e variâncias de alguns caracteres de importância agronômica em relação ao nível de ploidia, empregando o conhecido mutagênico químico N-nitroso-N-metil uréia (NMU), em duas leguminosas anuais cultivadas, feijão-de-corda (Vigna unguiculata (L.) Walp.), um diplóide, e amendoim (Arachis hypogaea L.), um tetraplóide. As informações obtidas poderão ser usadas no esclarecimento do comportamento genético de algumas características agronômicas importantes.

Esta investigação também pretende promover mutações induzidas envolvendo novos genes (SEARS & SHAMA RAO, 1964) para várias características agronômicas, tais como, número de vagens por planta, número de sementes por vagem, peso de 100 sementes, produção por planta, número de ramos secundários, número de folhas e teor de óleo da semente no caso do amendoim.

Os mutantes que apresentarem características agronômicas favoráveis poderão ser muito proveitosos em programas de melhoramento genético do feijão-de-corda e do amendoim.

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 - Histórico

Pesquisas sobre mutações ocupam um lugar de destaque na genética moderna uma vez que são importantes não apenas do ponto de vista do melhoramento vegetal, mas para o entendimento do papel das mutações gênicas na evolução dos sistemas biológicos e para a avaliação do grau de afinidade genética entre diferentes espécies e sub-espécies (PRASAD, 1968).

HUGO de VRIES (1901) salientou a importância das mutações naturais nos processos de evolução das espécies. MULLER (1927) induziu mutações em Drosophila através do emprego de raios X e STADLER (1928) mostrou que o mesmo tipo de radiação podia produzir altas taxas de mutações em cevada.

### 2.2 - Agentes Mutagênicos Físicos

Vários agentes físicos têm sido usados na produção de mutações. A sensibilidade a radiação é geralmente medida através de diferentes parâmetros como porcentagem de germinação, sobrevivência, taxa de crescimento, comportamento citológico e esterilidade. Estes efeitos são influenciados por muitos fatores dentre os mais importantes o tipo e dosagem da radiação, e o teor de umidade, concentração de íons hidrogênio, genótipo e volume cromossômico do sistema biológico a ser tratado (EHRENBERG, 1955; KONZAK et al. 1961; SPARROW & EVANS, 1961). Investigações citogenéticas conduzidas por SAX (1940) e GILES (1954) revelaram uma estreita relação entre a dose de raios X e as quebras simples e duplas provocadas no material cromossômico. Mutantes induzidos através de radiações ionizantes foram

correlacionados com mudanças cromossômicas como deleções e duplicações (BORA & RAO, 1958, citado por PRASAD, 1968). SPARROW e seus colaboradores, citado por SPARROW et al. 1961, e SPARROW & WOODWELL (1962), concluíram que o volume nuclear do cromosomo são fatores importantes que condicionam a sensibilidade à radiação. Trabalhando com variedades de Pisum, LAMPRECHT (1956) mostrou que a resistência à radiação pode ser devida a três genes dominantes. ALPER (1960), DAVIES (1962), FUJI & MATSUMURA (1958) e GELIN et al. (1958) sugeriram que o controle genotípico da radio-sensitividade poderia ser causado por um pequeno número de genes. PRASAD (1968) estudando cinco espécies de Triticum sugeriu que provavelmente as diferenças genotípicas poderiam estar envolvidas nas diferenças de radio-sensitividade.

### 2.3 - Agentes Mutagênicos Químicos

A par das radiações ionizantes, um certo número de substâncias químicas produzem mutações. AUERBACH & ROBSON (1940), citado em Tipos de Mutagênicos, Radiações, Químicos, Comparações, Aplicações, etc., foram os primeiros cientistas que induziram mutações em Drosophila através dos tratamentos com nitrogênio e mostarda sulfurada. RAPOPORT et al. (1940), citado por PRASAD et al. (1967), descobriram atividade mutagênica em formaldeído, dietilsulfato, diazometano e outros compostos. Vários mutagênicos podem ser aplicados isoladamente ou em combinação com outros agentes químicos, e em sucessão ou simultaneamente com radiação (EHRENBERG et al., 1961; FRANZKE & ROSS, 1952; WALACE, 1965; KONZAK et al., 1965; PRASAD, 1968; KHAN, 1981; CHATTOPADHYAY & BASAK, 1982). FREESE (1963) classificou os mutagênicos químicos como inibidores, análogos de base, corantes, ácidos, metais e agentes alquilantes. Em plantas superiores o último grupo, especialmente metanosulfonato de etila (EMS) e NMU (PANDA, 1981; KHAN, 1981; GUSTAFSSON, 1963; PRASAD, 1972) são os mais importantes. As várias classes de mutagênicos causam mutações de maneiras específicas, por exemplo, o NMU age através da produção de diazoalcanos e ácido ni

troso (ABBONDALODO & LOPRIENO, 1967; GUGLIELMINETTI et al., 1966; KIHLMAN, 1960), enquanto que a ação do EMS manifesta-se através da alquilação na posição N<sub>7</sub> da guanina (FREESE, 1963).

A mutagenicidade da nitroso-guanidina (NG) foi primeiramente registrada em Escherichia coli (MANDELL & GREENBERG, 1960) e subseqüentemente em Salmonella typhimurim (EISENSTARK et al., 1965), "tobaco mosaic virus" (SINGER & FRANKEL-CONRAT, 1967), Arabidopsis (GICHNER & VELEMINSKY, 1967), Hordeum (PRASAD et al., 1967), Triticum (PRASAD, 1968) e Oryza sativa (SIDDIQ, 1967). O NG decompõe-se para produzir, sob condições ácidas, ácido nitroso e sob condições alcalinas, diazoalcanos. Entretanto, MANDELL & GREENBERG (1960) registraram que a mutagenicidade do NG está mais relacionada com a sua estrutura do que com os produtos de sua quebra.

A incorporação de mutagênicos análogos de base, é aumentada quando sua administração coincide com a fase S do DNA (MIKAELSEN et al., 1968; citado por BROCK, 1980; SAVIN et al., 1968) ativada pela embebição das sementes em água (PRASAD, 1968; SUBRAMANI et al., 1983) ou através da inibição da síntese de histona fazendo com que o novo DNA sintetizado seja mais susceptível à ação do mutagênico (AKERMAN et al., 1965; KHALATKAR & BATHIA, 1971). CERDÁ-OLMEDO et al. (1968), citado por BROCK (1980), mostraram que o tratamento com NG em E. coli, no qual a duplicação do DNA foi sincronizada, resultou em mutação sequencial de uma ordem linear de genes.

#### 2.4 - Efeitos Citológicos

Ao contrário dos mutagênicos físicos, os agentes químicos induzem uma baixa frequência de quebras cromossômicas (KONZAK et al., 1964; SWAMINATHAN et al., 1962). Segundo PRASAD (1968), o NMU não induz uma alta frequência de quebras em Triticum, mas ocasiona deleções minúsculas e ocultas as quais determinam alterações na viscosidade do cromossomo e não podem ser detectadas pelo microscópio. Entretanto, KIHLMAN (1960) registrou quebras cromossômicas em Vicia faba provoca

casas pelo mesmo agente mutagênico. Vários pesquisadores têm mostrado que o EMS e a hidrazida maleica agem de forma específica provocando quebras na região do centrômero (SWAMINATHAN et al., 1962; NATARAJAN & UPADHYA, 1964, RAMANNA & NATARAJAN, 1966; PRASAD, 1968; KIHLMAN, 1960). ABRAMS (1964) comparou os efeitos isolados e combinados do EMS e do fósforo radioativo ( $^{32}\text{P}$ ) nas características quantitativas em aveia (Avena sativa). Foi observado que o  $^{32}\text{P}$  induziu mutações cromossômicas predominantemente do tipo deleção e duplicação, enquanto que o EMS uma maior proporção de mutações gênicas e também cromossômicas. A ação combinada dos dois agentes determinou proporções variadas de mutações gênicas e cromossômicas, dependendo da dosagem dos agentes utilizados.

## 2.5 - Esterilidade

Muitos estudos têm mostrado que a esterilidade provocada por radiação é devida principalmente a anormalidades cromossômicas (NISHIMURA et al., 1962; von WETTSTEIN et al., 1959; KHAN, 1981). De outra parte, aquela provocada por agentes químicos, particularmente agentes alquilantes, não estava associada com anormalidades cromossômicas (BANSAL & NATARAJAN, 1965; MOUTHSCHEN-DAHMEN, 1965; GAUL et al., 1966). Existem poucos relatos referentes a esterilidade ocasionada por translocação resultante do tratamento com EMS (FAVERT, 1960; RIEGER & MICHAELIS, 1960; KONZAK et al., 1961; EHRENBERG et al., 1961; FROESE-GERTZEN et al., 1964). PRASAD (1968) mostrou em Triticum tetraplóide que o alto grau de esterilidade resultante do tratamento com NMU foi devido a mutações gênicas e mudanças estruturais ocultas indetectáveis.

## 2.6 - Quimeras

O tratamento mutagênico aplicado em organismos multicelulares, ocasiona a formação de quimeras nas plantas  $M_1$



(BROCK, 1980). Quimeras clorofílicas na geração  $M_1$  foram também encontradas após o tratamento com mutagênicos por BLIXT (1960), D'AMATO et al. (1962), SWAMINATHAN et al. (1962), RAO & NATARAJAN (1965), GEORGE VARUGHESE (1966), SASTRY & RAMAIAH (1961), SCARASCIA et al. (1961) e PRASAD (1972). Porém, como as quimeras clorofílicas não foram herdáveis, PRASAD (1972) sugere a possibilidade de serem elas quimeras periclinais ou ainda mudanças no DNA do cloroplasto ou desordem fisiológica. Mutantes recessivos induzidos em organismos heterozigotos expressaram quimeras homozigóticas na geração  $M_1$  ou em toda a planta na geração  $M_2$  (BROCK, 1978).

## 2.7 - Frequência de Mutações

A frequência de mutantes observada na geração  $M_2$  será influenciada pela frequência de mutação e pelo número de células nas sementes tratadas que contribuíram para a geração  $M_2$  (BROCK, 1980). A obtenção de mutantes viáveis depende da natureza genética do organismo, método de melhoramento (BROCK, 1978) e mutagênico usado (REDDY, 1979), sendo afetada pela duração do pré-tratamento com água, estágio do tratamento, além de outros fatores.

Comparando os efeitos dos raios gama, EMS, NMU e NG em Triticum tetraplóide, PRASAD (1972) mostrou uma maior frequência de mutações viáveis e clorofílicas no tratamento com o NMU. Essa resposta parece ser devida a habilidade deste mutagênico em ocasionar alterações funcionais dos genes. A frequência de mutação resultante do tratamento com NG foi equivalente à do EMS em cevada (PRASAD et al., 1967), muito alta no arroz (SIDDIQ, 1967), porém menor do que a induzida pelos raios gama em trigo (PRASAD, 1972). O último autor relata que a ação do NG depende do nível de ploidia e que sua ação é moderada em relação a outros agentes. FUJIMOTO & YAMAGATA (1982), estudando o efeito de cinco agentes alquilantes em arroz, observaram que os etilantes induziram uma maior taxa de mutações clorofílicas do que os metilantes. Com exceção do N-nitroso-

N-metil uretano (NMUT), nos demais casos as taxas de mutações clorofílicas aumentaram com a dosagem.

Do ponto de vista genotípico, a frequência de mutação foi registrada em Triticum (MACKEY, 1954; 1954a; GOUD, 1965; SALNIKOVA & ZEZ, 1965; GEORGE VARUGHESE, 1966), cevada (NILAN, 1964) e arroz (CHAO & CHI, 1962; SIDDIQ, 1967). A expressão fenotípica de um caráter mutante depende do número de genes que a controlam. PRASAD (1972a) comparando cinco espécies de Triticum tetraplóide mostrou que o grau de diploidização pode variar largamente de espécie para espécie. Em diferentes níveis de ploidia, MACKEY (1954; 1954a) observou que o número de mutações viáveis induzidas em Triticum aestivum hexaplóide foi mais elevado do que em Hordeum vulgare, diplóide e nas espécies diplóides de Triticum. NATARAJAN (1958) inspirado nos resultados que obteve das espécies diplóides e hexaplóides de Triticum, confirmou a opinião de MACKEY (1954; 1954a). SHAMA RAO & SEARS (1964), trabalhando com T. aestivum monossômico e nulissômico, observaram que as mutações induzidas pelo EMS são devidas a alterações funcionais levando a um efeito antimórfico do loco mutado. Tais alterações funcionais não são usualmente toleradas em diplóides, onde quase todos os genes têm uma função essencial a desenvolver. Por outro lado, em trigos hexaplóides onde muitos genes estão em triplicata um grande número de locos pode ser mutado de várias maneiras sem causar sérios problemas à planta.

## 2.8 - Eficácia e Eficiência Mutagênica

O êxito do uso de mutagênicos em programas de melhoramento depende não apenas da eficiência mutagênica, mas também do nível de prejuízos causados (KHAN, 1981). A eficácia mutagênica expressa a frequência de mutações induzidas pela dose do mutagênico, enquanto a eficiência fornece uma idéia da proporção de mutações em relação às mudanças indesejáveis como letalidade e esterilidade (PRASAD, 1972; KONZAK et al., 1964). MESKEN & van der VEEN (1968) sugeriram que a eficiência rela

tiva dos diferentes mutagênicos é melhor estimada com base na esterilidade da geração  $M_2$  do que da  $M_1$ , porém FUJIMOTO & YAMAGATA (1982) não reconheceram diferenças entre os agentes usados. A eficácia mutagênica é importante para a avaliação da capacidade mutagênica, porém os mutagênicos com alta eficácia não apresentam necessariamente elevada eficiência, pois a eficácia independe das mudanças biológicas indesejáveis (FUJIMOTO & YAMAGATA, 1982). PRASAD (1972) observou uma alta eficácia e uma baixa eficiência do NMU em Triticum, que, indubitavelmente, foi devida a alta esterilidade induzida pelo mutagênico, enquanto que o NG e os raios gama tiveram comportamentos opostos. Outros resultados têm mostrado que a eficiência mutagênica é menor quando o agente é aplicado em pequenas doses (PRASAD, 1972; NERCKER, 1977; KHAN & HASHIN, 1979; KHAN, 1982), pois as taxas de injúria, letalidade e esterilidade aumentam com a concentração do mutagênico em taxas mais rápidas do que as mutações (KONZAK et al., 1965). Porém, isso não pareceu verdadeiro no caso do NMU (PRASAD, 1972), que induziu maior grau de esterilidade na geração  $M_1$  mesmo em menores concentrações, quando comparado com o EMS. Segundo FUJIMOTO & YAMAGATA (1982) e SATO & GAUL (1967), a esterilidade está mais estreitamente relacionada com a frequência de mutações do que a injúria, ou seja, a maior parte da esterilidade não resulta de danos fisiológicos, mas sim de causas genéticas letais ao embrião. A etilenimina (EI) foi mais eficaz do que os raios X na indução de macho-esterilidade em cevada (YAMASHITA & UKAI, 1979) e arroz (KO & YAMAGATA, 1980). De acordo com PRASAD (1968), as análises citológicas em Triticum estéreis e semi-estéreis induzidos por NMU e EMS não revelaram quaisquer aberrações cromossômicas, porém um mutante semi-estéril induzido por raios gama mostrou separação desigual na anáfase I da meiose.

Conhecida a ação do EMS e a sua especificidade nas regiões cênicas dos cromossomos, SWAMINATHAN et al. (1962) indicaram que os genes localizados próximos a região do centrômero teriam alta susceptibilidade à sua ação, resultando em um grande número de mutações clorofílicas. Vários registros na literatura têm mostrado que o EMS é mais eficiente na indução de mutações do que os raios ionizantes (HUSSEIN, 1968; HUSSEIN

& ABDALLA, 1974; HUSSEIN et al., 1974). Porém, HUSSEIN & DISSOUKI (1976) observaram em Phaseolus vulgaris um menor efeito do EMS na indução de mutações quando comparado com os raios gama. Os autores atribuíram essa resposta às altas concentrações aplicadas (0,1 e 0,2%), resultando em um elevado grau de letalidade na maioria das plantas  $M_1$ .

Em arroz, SUBRAMANI et al. (1983) mostraram que a maior potência medida pela frequência de mutações, assim como pela eficácia de dois agentes alquilantes como nitroso-guanidina (MNNG) e EMS, pode ser atribuída a habilidade de reagirem com o DNA não apenas durante a fase S, mas também durante as fases  $G_1$  e  $G_2$ .

Desde que os resultados obtidos através do emprego de mutagênicos mostraram-se amplamente variados, são necessários estudos mais compreensivos a fim de que sejam feitas recomendações mais precisas das combinações ideais e concentrações mais eficazes (CHATTOPADHYAY & BASAK, 1982; KHAN, 1981; PRASAD, 1972).

## 2.9 - Vantagens do melhoramento genético através de mutações induzidas

A análise de mutações induzidas tem desempenhado um importante papel no desenvolvimento da genética molecular dos microrganismos. Em plantas superiores, as mutações induzidas não desenvolveram o mesmo papel com respeito ao esclarecimento da estrutura e função do gene, devido ao menor poder de resolução da análise genética em tais materiais (PONTECORVO, 1958).

O melhoramento vegetal é o avanço genético alcançado pela seleção baseada na variabilidade genética existente ou induzida na população (BROCK, 1980). Segundo MURTY (1979), as mutações induzidas poderiam contribuir para o melhoramento do arroz em três áreas, a saber: (1) fornecer características raras ou não disponíveis, (2) melhorar a adaptação para ambientes novos e potencialmente proveitosos e (3) alterar os processos fisiológicos de modo a ajustar a cultura do arroz a

condições específicas de sobrevivência. Logo, a eficiência dos programas de melhoramento poderia ser aprimorada através do aumento da frequência e espectro de mutações, os quais oferecem amplo alcance para a seleção (RAMALINGAM, 1980).

Nas espécies em que a propagação é apenas vegetativa, as mutações induzidas são o único método para gerar variabilidade (BROCK, 1980).

Muitas variedades de origem mutacional têm sido liberadas para uso direto ou como pais nos programas de hibridação em cevada (GUSTAFSSON, 1976; GUSTAFSSON & LUNDQVIST, 1976; MICKE, 1976; citados por BROCK, 1980; SHARMA, 1979), amendoim (PATIL & MOULI, 1979; SINHA & RAHMAN, 1979; MOULI et al., 1979), Brassica (NAYAR, 1979), Triticum (JAGATHESAN et al., 1961, citado por CHOPRA & PAI, 1979; VARUGHESE & SWAMINATHAN, 1967), batata (JAUHAR & SWAMINATHAN, 1967, citado por UPADHYA & TIWARI, 1979) e cana-de-açúcar (JAGATHESAN, 1979; SHAMA RAO, 1979).

### 2.9.1 - Controle genotípico

As diferenças entre o espectro de mutações provocadas por agentes físicos e químicos sugerem que as limitações impostas pelo genótipo (GREGORY, 1966) podem ser parcialmente superadas através do emprego de um grande número de mutagênicos com diferenças conhecidas em especificidade em organismos inferiores. Os programas especializados para o aumento da proporção dos mutantes (NILAN & KONZAK, 1961) e o de diploidização de grandes poliplóides através de tratamentos repetidos com mutagênicos (CALDECOTT & NORTH, 1961) podem vir a constituir instrumentos importantes para ampliar o espectro de mutação e melhorar as oportunidades de seleção (GAUL, 1958; YOSHIDA, 1962).

Segundo BROCK (1965) o uso de mutações induzidas é muito eficiente na obtenção de algumas características qualitativas como florescimento precoce. Entretanto, no caso das características de herança tipicamente quantitativa, como produção, aconselha-se o emprego da hibridação para o aumento da variabilidade da população a ser estudada. Porém, ambos os mé

todos irão perturbar a adaptação, e onde o efeito da indução de mutações for menos drástico, este será o método preferível (BROCK, 1980).

Para características quantitativamente herdáveis como produtividade, adaptabilidade e época de maturação, que são determinadas pela ação de vários genes, a indução de mutações pode ser usada quando a variabilidade natural for esgotada (BOGYO *et al.*, 1965; GUSTAFSSON, 1965; SIGURBJORSSON & MICKE, 1974; SHARMA, 1979; BROCK, 1965; GREGORY, 1966).

Em geral, as mutações induzidas oferecem menores probabilidades para o melhoramento das espécies alógamas do que para as autógamas, tendo em vista que a ausência de variabilidade genética é raramente um fator limitante no melhoramento de características herdáveis nas alógamas (BROCK, 1980). Experimentos com milho (GARDNER, 1969, citado por BROCK, 1980) mostraram que o tratamento mutagênico resulta em uma depressão aguda da média do caráter sob estudo, porém existem grandes probabilidades da mutação induzida tornar-se um instrumento poderoso para a solução de alguns problemas que não podem ser efetivamente resolvidos através das técnicas de melhoramento convencionais (SINGH, 1979). Além disso, sucessos têm sido obtidos no isolamento de mutantes induzidos em sorgo (MOHAN, 1973; NAYAR *et al.*, 1969; USMAN & GOUD, 1972, citados por REDDY & RAO, 1979) e cevada (SHARMA & SUTAR, 1977; MICKE, 1976; BANSAL, 1972; 1974, citados por SHARMA, 1979), onde existem características com pouca variabilidade disponível.

O melhoramento genético através de mutação tem vantagens distintas nas plantas propagadas vegetativamente, principalmente em batata, cana-de-açúcar, mandioca, batata doce e plantas ornamentais (NYBOM, 1970). Estas culturas são altamente heterozigotas e a heterozigosidade adicional no material irradiado torna possível a detecção de quimeras na própria geração  $M_1$  (NAIR, 1979). Em cana-de-açúcar o programa de mutação é, todavia, apropriado para reduzir o tempo requerido na liberação de uma variedade (SHAMA RAO, 1979). Entretanto, o sucesso de mutações em plantas de propagação vegetativa tem sido limitado pela alta poliploidia, heterozigosidade, pareamento autossindético dos cromossomos e outras peculiaridades (JAGATHESAN, 1979; UPADHYA

& TIWARI, 1979; NAIR, 1979; SHAMA RAO, 1979), dificultando a recuperação da mutação nas gerações subsequentes (NAYAR, 1965; KISHORE et al., 1963, citados por UPADHYA & TIWARI, 1979).

### 2.9.2 - Estudos filogenéticos

A indução de mutações com pequenos efeitos (micromutações) nos caracteres quantitativos permite total operação das leis da evolução, enquanto que a indução de macromutações tem pequeno fundamento nessas leis, quando são aplicadas ao melhoramento vegetal (GREGORY, 1966; BROCK, 1980).

Mutações no loco "Q", controlando o caráter para fácil debulhação em Triticum, têm ajudado a entender a origem destas espécies (MACKEY, 1954; SWAMINATHAN, 1963). Análises mutacionais também têm levado ao isolamento de uma série de mutantes sistêmicos (GOLDSCHMIDT, 1955) em T. aestivum, os quais apresentam as características chaves das sub-espécies compactum, sphaerococcum, spelta e vavilovi (SWAMINATHAN, 1963). Mutantes sistêmicos também obtidos através de mutação induzida, têm sido registrados em arroz (SIDDIQ & SWAMINATHAN, 1968), sorgo (CHANCAL KAPOOR, 1967; SREE RAMULU, 1970; REDDY & SMITH, 1981) e trigo (PRASAD, 1972d).

### 2.9.3 - Resistência a doenças

Em vista da evolução contínua dos patógenos e da escassez de fontes genéticas, o emprego de cultivares resistentes é a maneira mais econômica e eficiente para reduzir perdas devidas à ocorrência de pragas e doenças (SAINI & GUPTA, 1979). O melhoramento através de mutações induzidas é um método eficaz e rápido na produção de variabilidade genética, a qual pode ser explorada para o desenvolvimento de cultivares resistentes a doenças possuindo outras características desejáveis (MATHUR, 1979).

CHAKRABARTI (1974), citado por MATHUR (1979) estudando a resistência de mutantes de arroz a Pyricularia oryzae, concluiu que quando a herança para a resistência é simples, a indução de mutação pode ser usada para introduzir a característica de resistência em genótipos apropriados. Um estudo comparativo entre o tratamento com EMS e NMU em cultivares de arroz indicou que o NMU induziu um amplo espectro de variabilidade na reação à bactéria Xanthomonas oryzae e algumas linhagens mutantes foram selecionadas (NAYAK et al., 1974, citado por MATHUR, 1979). SWAMINATHAN et al. (1971) e SIDDIQ (1971), também citados por MATHUR (1979), indicaram que a probabilidade de se obter tipos mais resistentes com as variedades de arroz indica é maior nos mutantes irradiados do que nos híbridos não tratados.

MURRAY (1971) ELLINGBOE & GABRIEL (1977) e PARLEVIET (1981) concluíram que a resistência a doenças mesmo quando originada de espécies distantemente relacionadas não é tão durável como aquela induzida por mutações.

De acordo com SAINI & GUPTA (1979), algumas vezes a mutação induzida é o único método disponível para solucionar problemas nas espécies de hospedeiros particulares e outras dificuldades na incorporação de resistência provenientes de fontes estranhas.

## 2.10 - Especificidade das Mutações

Através do entendimento da estrutura e organização dos genes como sequências lineares das quatro bases, tem sido permitido reconhecer e, especificamente, mutar genes particulares.

SWAMINATHAN et al. (1962) mostraram o efeito preferencial da ação do EMS nas regiões cênicas dos cromossomos, fato também confirmado por NATARAJAN & UPADHYA (1964) e PRASAD (1968). RAMANNA & NATARAJAN (1966) observaram após o tratamento com o EMS trocas envolvendo centrômeros de homólogos e não homólogos durante a metáfase somática de isocromossomos. Obser



vações semelhantes foram feitas no caso de mostarda nitrogenada nos cromossomos de Tradescantia (DARLINGTON & KOLLER, 1947) e de "myrelan" em cromossomos de cevada e Vicia (MOUTSCHEN-DAHMEN, 1958). AXTELL & BRINCK (1967) encontraram que o EMS é relativamente específico para o loco "R" do milho. Análises detalhadas de um grande número de mutantes para os locos "erec toides" e "ereciferum" em cevada revelaram a especificidade do loco em resposta a diferentes mutagênicos físicos e quími cos (PERSSON & HAGBERG, 1969; LUNDQVIST et al., 1968; NILAN, 1972, citados por BROCK, 1980).

GRANT & HESLOT (1964), KIHLMAN (1960) e PRASAD (1968) sugerem que os agentes alquilantes, como o NMU, têm um efeito localizado nas regiões de heterocromatina. Outros agentes mu tagênicos químicos como dietilsulfato e, notavelmente, azida de sódio induzem uma alta taxa de mutações e aberrações cro mossômicas (AWAN et al., 1980).

AUERBACH (1967) favoreceu o controle do processo muta cional através da manipulação dos ambientes físico, celular e genético para influenciar o tipo e frequência de mutações que são recuperadas.

CERDÁ-OLMEDO et al. (1968), citado por BROCK (1980) , mostraram uma mutação sequencial de uma ordem linear de genes em E. coli, após o tratamento com NG, quando a duplicação do DNA foi sincronizada. Isto sugere que o NG induz mutações atra vés da ação direta durante a duplicação do DNA e abre a possi bilidade de algum controle do espectro de mutações através da aplicação repetida do mutagênico no tecido em que a meiose po de ser sincronizada. O uso de tratamentos repetidos com EMS a plicados durante a germinação de sementes de cevada resulta ram na alteração do espectro de mutações clorofílicas (SWAMINATHAN et al., 1968).

BROCK (1980) sugeriu que os agentes alquilantes indu ziram maiores frequências de mutações no gene da  $\beta$ -galactosida se da E. coli quando o mutagênico foi aplicado no estágio a tivo (induzido) do que no estágio inativo (não induzido). Ou tros tipos de mutagênicos, radiações ionizantes e análogos de base não mostram esta ação diferencial (BROCK, 1971a, citado por BROCK, 1980). O segundo aspecto para o controle mais dire

to do processo mutacional registrado pelo autor anteriormente citado é através da utilização da propriedade do DNA reconhecer uma proteína reguladora de um operador-regulador controlando o sistema para conduzir um mutagênico a um local específico no genoma. Se este sistema de controle operasse em plantas superiores, seria possível produzir mutantes operadores através da produção de um mutagênico regulador de proteína pela incorporação de aminoácidos marcados com isótopo de hidrogênio ( $^3\text{H}$ ).

### 3 - MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 - Método do Tratamento Mutagênico

Duzentas sementes de amendoim (Arachis hypogaeae L. Ssp. fastigiata Waldron, var. fastigiata) cultivar Tatu (Valência) e duzentas de feijão-de-corda (Vigna unguiculata (L.) Walp.), cultivar CE-315 foram tratadas com uma solução de NMU (N-nitroso-N-metil uréia,  $\text{CH}_3\text{N}(\text{NO})\text{COH}_2$ ) durante seis horas, a uma concentração de 0,02%, após um pré-tratamento com água por um período de quinze horas. Imediatamente após o tratamento, as sementes foram lavadas em água corrente e semeadas.

A mesma quantidade de sementes tratada somente com água foi usada como controle.

#### 3.2 - Manejo do Material

As sementes tratadas foram plantadas com um espaçamento de 60cmX30cm entre e dentro das fileiras, respectivamente, em condições de campo, no Campus do Pici do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, em agosto de 1982. As sementes usadas como controle foram semeadas com o mesmo espaçamento descrito acima em uma área distante para evitar a polinização cruzada.

As gerações  $M_1$  obtidas das sementes tratadas com NMU foram conduzidas de maneira usual, segundo a metodologia descrita por PRASAD (1976). Nesta geração foram feitas as seguintes observações: porcentagem de germinação, esterilidade e aberrações morfológicas das plantas. A germinação foi estimada em condições de campo como a porcentagem de sementes germinadas em relação ao controle. A esterilidade foi expressa como

porcentagem da redução do número de sementes por planta também em relação ao controle. Cada planta  $M_1$ , colhida individualmente, veio a constituir uma família na geração seguinte ( $M_2$ ).

As sementes obtidas das plantas  $M_1$  foram semeadas em fileiras separadas no mesmo local, em março de 1983, e com o mesmo espaçamento descrito anteriormente, e as gerações  $M_2$  foram conduzidas juntamente com as testemunhas. O número de famílias  $M_2$  foi de 50 para o amendoim e 89 para o feijão-de-corda e o tamanho das populações  $M_2$  foi de 1.510 e 6.539 plantas para ambas as culturas, respectivamente.

Durante o crescimento de cada cultura foram registradas várias características, como, mutações clorofílicas, época de florescimento, número de ramos secundários, número de vagens por planta, número de sementes por vagem, peso de sementes, alterações no arranjo e morfologia das folhas, mutantes apresentando senescência tardia, planta resistente à virose, modificação na coloração da flor e da semente. As mutações clorofílicas foram observadas durante as duas primeiras sementes após a germinação. As plantas mutantes de amendoim apresentando número de vagens acima de 60 foram selecionadas como superiores ao controle (35). Foram considerados como superiores para número de ramos secundários os mutantes de feijão-de-corda com um número acima de 8 ( $\bar{X}_c = 4$ ) e de amendoim acima de 10 ( $\bar{X}_c = 5$ ). No amendoim os mutantes selecionados para maior número de sementes por vagem apresentavam um número igual ou acima de 3, enquanto que o controle possuía apenas 2 sementes. Os mutantes de feijão-de-corda selecionados como resistentes a um potyvirus foram aqueles que não apresentaram sintomas visíveis em suas folhas durante a geração  $M_2$ , apesar da ocorrência de plantas com sintoma de mosaico ao redor destas. Todas as mutações viáveis foram colhidas separadamente. A frequência de mutações  $M_2$  foi calculada como segue: (a) porcentagem de famílias  $M_2$  segregando para mutações e (b) o número de plantas mutantes por 100 plantas  $M_2$  (PRASAD, 1972). As médias e variâncias dos tratamentos na geração  $M_2$  foram calculadas em relação a dois caracteres, a saber, número de vagens por planta e número de sementes por vagem, segundo os procedimentos estatísticos padrões (NEVILLE & KENNEDY, 1964).

A eficácia mutagênica foi calculada como a proporção de famílias  $M_2$  segregando para mutações pelo produto do tempo do tratamento e concentração do mutagênico; enquanto que a eficiência mutagênica foi estimada como a proporção de famílias  $M_2$  segregando pela porcentagem de esterilidade causada pelo mutagênico na geração  $M_1$ , modificando o procedimento de KONZAK & NILAN (1964), como sugerido por PRASAD (1972).

As gerações  $M_3$ , provenientes das plantas  $M_2$ , foram cultivadas juntamente com o controle, na Fazenda Experimental do Vale do Curu, Pentecoste, Ceará, no período de novembro de 1983 a fevereiro de 1984.

Devido ao variado número de sementes disponíveis, as linhagens das gerações  $M_3$  foram plantadas em dois grupos distintos.

O primeiro grupo pertenceu às plantas mutantes que possuíam um número de sementes acima de 60 e foi plantado segundo o esquema de blocos ao acaso com três repetições, em fileiras de 3,0m de comprimento (10 plantas). No período de colheita foram selecionadas ao acaso cinco plantas, por fileira, para estudar seus comportamentos. As características estudadas nas 5 linhagens de amendoim e 22 de feijão-de-corda foram número de vagens por planta, número de sementes por vagem, peso de 100 sementes, produção por planta, número de folhas, número de ramos secundários e teor de óleo no caso do amendoim. O teste usado para comparar as médias entre cada linhagem e o progenitor foi o de Tuckey ao nível de 5% de probabilidade.

As plantas que possuíam número de sementes acima de 20 e abaixo de 60 pertenceram ao segundo grupo e cada linhagem das 34 de amendoim e 79 de feijão-de-corda foi plantada em apenas uma fileira com 10 plantas. À época da colheita cada uma das cinco plantas selecionadas ao acaso, por fileira, foi considerada como uma repetição e os cálculos foram efetuados segundo o esquema inteiramente casualizado. As características estudadas foram as mesmas citadas anteriormente e o teste de Tuckey ao nível de 5% de probabilidade também foi usado para comparar as médias entre cada linhagem e o progenitor.

O teor de óleo das sementes de amendoim foi determinado através do extrator de Soxhlet, seguindo o método descrito

por HORWITZ (1960) e usando hexano ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$ ) como solvente.

Fertilizantes foram aplicados na proporção de 30Kg N, 50Kg  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 50Kg  $\text{K}_2\text{O}$  por hectare na época de plantio e 10Kg N por hectare durante o florescimento.

As irrigações, quando necessárias, foram feitas por aspersão nas duas primeiras gerações e por sulcos na terceira.

Foram feitas duas aplicações de NUVACRON-400 (2,0ml / litro d'água) na geração  $M_3$  do feijão-de-corda, com um intervalo de três semanas.

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 - Estudos na Geração M<sub>1</sub>

As sementes tratadas com NMU apresentaram porcentagem de germinação em relação ao controle de 74,5% e 53,0%, respectivamente, para o feijão-de-corda e o amendoim. Isto mostra que o amendoim foi mais sensível à ação do mutagênico do que o feijão-de-corda. PRASAD (1972) verificou que o NMU reduz em alto grau a germinabilidade das sementes de trigo tetraplóide, mesmo em pequenas concentrações.

#### 4.1.1 - Alterações morfológicas

Os dados da TABELA 1 mostram algumas mudanças morfológicas que ocorreram na geração M<sub>1</sub>. A maior frequência de faixas de deficiência clorofílica e número alterado dos folíolos ocorreu no amendoim, enquanto que as demais alterações morfológicas foram observadas em maior escala no feijão-de-corda.

Vários autores notaram que os mutagênicos químicos, exceto o NG, induziam alta frequência de quimeras clorofílicas (BLIXT, 1960; D'AMATO et al., 1962; RAO & NATARAJAN, 1965 e VARUGHESE & SWAMINATHAN, 1968). PRASAD (1972) mostrou que o NMU é muito potente na indução de um alto grau de quimeras clorofílicas nas espécies tetraplóides de Triticum. Existem alguns relatos sobre a indução de quimeras clorofílicas através de radiação (GUNCKEL & SPARROW, 1954; SHASTRY & RAMAIAH, 1961; SCARASCIA et al., 1961). Nesses estudos as quimeras clorofílicas verificadas na geração M<sub>1</sub> não foram herdáveis, fato que levou PRASAD (1972) a sugerir a possibilidade de serem quimeras periclinais, mudanças no DNA do cloroplasto ou desordem fisiológica.

TABELA 1 - Comparação entre algumas características morfológicas do feijão-de-corda e do amendoim, após o tratamento com NMU, na geração M<sub>1</sub>. Fortaleza, CE, 1982.

C A R A C T E R Í S T I C A S	% Plantas M <sub>1</sub>	
	Amendoim	Feijão-de-corda
Deficiência clorofílica	25,0	4,7
Planta reduzida	17,0	42,3
Folha reduzida	15,0	41,6
Folha variante	16,5	35,6
Número alterado dos folíolos	15,0	0,7





(A)



(B)

FIGURA 1 - Alterações morfológicas em folhas de (A) amendoim e (B) feijão-de-corda, após o tratamento com NMU, na geração  $M_1$ .

lógica. O fato do DNA ser rico em guanina e citosina (CHUN et al., 1963) e de tais quimeras clorofílicas resultarem de forte alquilação (VARUGHESE & SWAMINATHAN, 1968) reforça a hipótese do NMU ser um potente agente alquilante.

Com relação ao tamanho reduzido da planta a porcentagem foi de 17,0 para o amendoim e 42,3% no caso do feijão-de-corda. Quanto à redução no tamanho da folha também houve uma maior variação no feijão (41,6%) do que no amendoim (15,0%). Os dados pertinentes às folhas variantes (Figs. 1A e 1B) foram de 16,5% e 35,6% para o amendoim e feijão-de-corda, respectivamente. As modificações morfológicas parecem ser mais frequentes para o feijão-de-corda, exceto o número alterado de folíolos que mostrou maior porcentagem de variação no amendoim (TABELA 1).

#### 4.1.2 - Esterilidade

O amendoim apresentou um índice de esterilidade para produção de sementes em relação à testemunha de 52,5% na geração  $M_1$ , enquanto que esta esterilidade no feijão-de-corda foi de apenas 14,2%. Pode-se observar, desta forma, uma maior sensibilidade do amendoim ao tratamento com o NMU. Os mutagênicos químicos, particularmente os agentes alquilantes como o EMS e o NMU, são conhecidos como responsáveis por induzirem consideráveis níveis de esterilidade de pólen e semente, principalmente através de mutações gênicas e não por anormalidades cromossômicas (KONZAK et al., 1964; GAUL et al., 1966; BROCK, 1980). Como sugerido pelos pesquisadores acima mencionados, a esterilidade na geração  $M_1$  poderia ser devida a letalidade gamética ou zigótica, a qual seria causada por mutações gênicas.

Como a fertilidade é uma característica delicadamente balanceada e controlada por vários genes (GAUL, 1961; BROCK, 1965; BROCK, 1980; KONZAK et al., 1964), é esperado que a mutação de tais genes possa resultar na perturbação desse balançamento genético. Entretanto, como os tetraplóides são favorecidos com o tamponamento genético, em função da duplicação

TABELA 2 - Frequência de mutações na geração M<sub>2</sub> do amendoim e do feijão-de-corda originada do tratamento com NMU. Fortaleza, CE, 1983.

Tipos de Mutações*	Amendoim		Feijão-de-corda	
	% de famílias M <sub>2</sub> com mutações	% de plantas M <sub>2</sub> com mutações	% de famílias M <sub>2</sub> com mutações	% de plantas M <sub>2</sub> com mutações
Florescimento - Precoce	-	-	3,37	0,15
- Tardio	22,00	2,55	92,12	9,79
Folhas pequenas	38,00	7,25	85,39	6,19
Folhas grandes	20,00	2,15	5,62	0,23
Alterações morfológicas	16,00	1,96	25,39	2,29
Alteração no arranjo das folhas	2,00	0,19	1,12	0,07
Aumento no nº de ramos secundários	10,00	1,18	8,99	0,17
Redução no nº de ramos secundários	16,00	2,15	74,16	5,86
Aumento no nº de vagens/planta	30,00	6,86	-	-
Aumento no nº de sementes/vagem	6,00	0,78	2,25	0,03
Aumento do tamanho das sementes	6,00	0,78	-	-
Modificações clorofílicas	-	-	6,74	0,14
Senescência tardia	-	-	38,20	1,02
Resistência a vírus	-	-	8,99	0,19
Ausência de florescimento	-	-	47,19	1,67
Cor da flor	-	-	1,12	0,01
Cor da semente	-	-	47,19	3,03

\* Em relação à testemunha

(A)



(B)



FIGURA 2 - Comparação entre o tamanho das folhas de um mutante com crescimento reduzido (A) a a testemunha (B) na geração  $M_2$  do feijão-de-corda, originado do tratamento com NMU.



FIGURA 3 - Mutante apresentando um crescimento vegetativo bem desenvolvido e maior número de vagens por planta na geração  $M_2$  do amendoim, originado do tratamento com NMU.

dos genes (STEBBINS, 1950), espera-se que qualquer alteração do seu balanceamento genético para fertilidade, causado por mutações gênicas, deverá ser menos drástico do que no caso dos diplóides.

Contrariamente, na presente investigação o amendoim, um tetraplóide, exibiu um maior grau de esterilidade de semente do que o feijão-de-corda, um diplóide caracterizado pela natureza dissômica. Esta observação indica um comportamento diplóide do amendoim para o caráter de fertilidade, onde os genes provavelmente atingiram um considerável grau de diploidização levando, certamente, a uma herança dissômica. Outra justificativa seria que a ação mutagênica do NMU tenha, provavelmente, resultado em alterações funcionais dos alelos que controlam a fertilidade, caracterizando-se por um efeito antimórfico (SHAMA RAO & SEARS, 1964).

#### 4.2 - Observações na Geração M<sub>2</sub>

Os dados pertinentes a frequência de diferentes tipos de mutações nas gerações M<sub>2</sub> do amendoim e do feijão-de-corda encontram-se na TABELA 2. Pode-se observar uma frequência de mutações muito alta em termos de porcentagem de famílias M<sub>2</sub>, assim como da porcentagem de plantas M<sub>2</sub> para características como florescimento tardio, folhas pequenas, alterações morfológicas, redução no número de ramos secundários, senescência tardia, ausência de florescimento e cor da semente no caso do feijão-de-corda. Uma proporção muito alta (85,39%) de famílias M<sub>2</sub> de feijão-de-corda segregou para redução do tamanho das folhas (Figs. 2A e 2B), enquanto que apenas 6,19% da população total exibiram esta mutação. Segundo SHAMA RAO & SEARS (1964), após o tratamento com um agente alquilante espera-se uma frequência muito alta de mutação para vários caracteres na geração M<sub>2</sub> de uma espécie vegetal diplóide.

Por outro lado, é interessante notar claramente maiores frequências de mutações quanto ao aumento do tamanho das folhas, aumento no número de vagens por planta (Fig. 3), aumen

to do número de sementes por vagem e aumento do tamanho da semente para o amendoim do que para o feijão-de-corda. As frequências de mutações para alteração no arranjo das folhas, assim como para aumento no número de ramos secundários são comparáveis em ambos os casos, embora tenham-se mostrado ligeiramente maiores no amendoim. A frequência de mutantes com aumento no número de ramos secundários no amendoim foi maior do que a do feijão-de-corda, enquanto que a frequência de mutantes com redução no número de ramos secundários foi bem maior no feijão-de-corda do que no amendoim. PRASAD *et al.* (1984), comparando a resposta à ação de mutagênicos em cultivares de amendoim com ramificações alternada e sequencial, observaram que aquelas com ramificação sequencial apresentaram uma maior recuperação de mutantes com aumento no número de ramificações, sugerindo que esse grupo de plantas atingiu mais facilmente um balanceamento genético para esta característica. Neste estudo, observou-se também que a redução no número de ramificações secundárias foi acompanhada de menor produção de vagens (Figs. 4A, 4B e 4C).

Considerando as frequências de mutações para alteração no número de ramos secundários, pode ser observado no amendoim que, apesar de um número relativamente menor de famílias segregando para esta característica, as frequências de mutações para ramificações na população base são comparáveis àquelas do feijão-de-corda, se bem que em menor escala. Estes resultados sugerem que no caso do amendoim o hábito de ramificação atingiu o processo de diploidização.

As outras características agronômicas, como, aumento no número de vagens por planta, aumento no número de sementes por vagem e aumento do tamanho da semente registraram uma frequência de mutação muito alta em termos do percentual de famílias e população  $M_2$ , indicando, desse modo, que o amendoim atingiu um considerável grau de diploidização para estes três importantes componentes de produção.

As médias e variâncias do número de vagens por planta, assim como do número de sementes por vagem nas gerações  $M_2$  do feijão-de-corda e do amendoim (TABELA 3) servem também de suporte para esta observação. O decréscimo da média e o aumento



FIGURA 4A - Mutante segregando para crescimento vegetativo reduzido e menor número de vagens por planta, na geração  $M_2$  do amendoim, originado do tratamento com NMU.





FIGURA 4B - Mutante segregando para crescimento vegetativo reduzido e menor número de vagens por planta, na geração  $M_2$  do amendoim, o riginado do tratamento com NMU.



FIGURA 4C - Mutante segregando para crescimento vegetativo reduzido e menor número de vagens por planta, na geração  $M_2$  do amendoim, o riginado do tratamento com NMU.

TABELA 3 - Variância e média de algumas características na geração  $M_2$  do feijão-de-corda e do amendoim originadas do tratamento com NMU. Fortaleza, CE, 1983.

Características	Variância		Média	
	Amendoim	Feijão	Amendoim	Feijão
Vagens por planta				
- $M_2$	302,74	358,93	33,60	6,20
- Controle	60,00	67,82	35,00	24,40
Sementes por vagem				
- $M_2$	0,32	11,92	2,02	12,21
- Controle	0,0012	2,53	1,72	13,14



FIGURA 5 - Mutante de feijão-de-corda originado do tratamento com NMU, mostrando senescência tardia na geração  $M_2$ . Note diferença na coloração das folhas em relação às outras plantas no final do ciclo da cultura.

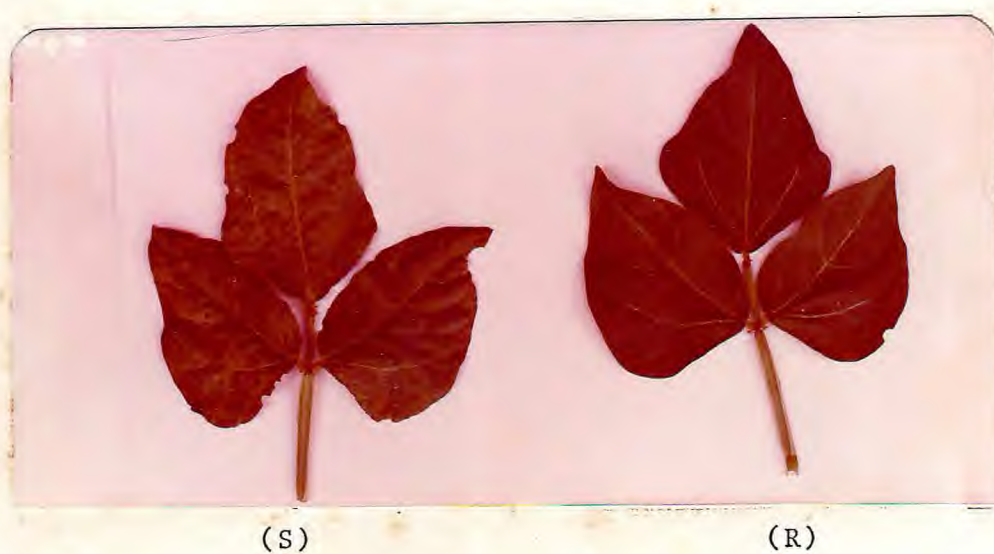


FIGURA 6 - Comparação entre folhas de um mutante susceptível (S) e outro resistente (R) a um potyvirus observadas na geração  $M_2$  do feijão-de-corda, originados do tratamento com NMU.

da variância na geração  $M_2$  para número de vagens por planta indica um comportamento dissômico para o amendoim. No caso dos tetraplóides normais com herança tetrassômica, as frequências de mutações e suas variâncias na geração  $M_2$  seriam bem menores do que aquelas dos diplóides (SWAMINATHAN *et al.*, 1962; BROCK, 1980; GOUD, 1965).

A ausência total de mutações para aumento do número de vagens por planta e tamanho das sementes (TABELA 2) e, conseqüentemente, maiores níveis de variâncias para número de vagens por planta e sementes por vagem (TABELA 3) no caso da geração  $M_2$  do feijão-de-corda, indicam a variação induzida pelo mutagênico para número de vagens no lado negativo e conseqüentes problemas envolvidos na recuperação de mutantes com maior número de vagens e tamanho de sementes nesta espécie. Estes resultados são corroborados pela grande frequência de mutantes com reduzido número de ramos secundários (TABELA 2), característica intimamente associada ao número de vagens por planta (SINGH *et al.*, 1974; SWAMINATHAN, 1965; BROCK, 1980).

Considerando a frequência de mutações clorofílicas (TABELA 2), uma proporção muito alta de tais mutantes no caso do feijão-de-corda e sua ausência total na geração  $M_2$  do amendoim confirmam a natureza polissômica desta última espécie para características clorofílicas.

O NMU, na qualidade de agente alquilante, é caracterizado por sua habilidade na indução de uma ampla série de mutações morfológicas e clorofílicas (PRASAD, 1972), que permite o emprego na elucidação da natureza da poliploidia (PRASAD, 1972a), assim como do modo de ação a nível genético (SHAMARAO & SEARS, 1964; KRISHNASWAMI, 1968). A ausência total de mutações clorofílicas, assim como outras mutações para senescência tardia (Fig. 5), cor da flor e cor das sementes na geração  $M_2$  do amendoim, tratado com NMU, indica a natureza polissômica dos genes que governam estas características.

Os mutantes que revelaram resistência ao potyvirus (Fig. 6) a uma frequência perceptível no feijão-de-corda, são muito específicos para esta cultura.

Pode-se observar que o número de tipos de mutações foi maior no feijão-de-corda do que no amendoim.

#### 4.2.1 - Eficácia e eficiência mutagênica

Os dados pertinentes a eficácia e eficiência do NMU no feijão-de-corda e amendoim encontram-se na TABELA 4. Uma leitura dos dados indica que o NMU exibiu maiores níveis de eficácia e eficiência no caso do feijão-de-corda. Com relação à eficácia mutagênica, os maiores valores registrados para o feijão-de-corda foram devidos ao elevado número de famílias  $M_2$  segregando para mutações nesta cultura do que no amendoim, que não apresentou nenhuma família segregando para algumas características como senescência tardia, cor da flor, cor da semente e deficiência clorofílica. Isto é normalmente esperado na geração  $M_2$  de um genótipo alotetraplóide como o amendoim (RAMANNA & NATARAJAN, 1966; GREGORY et al., 1973) devido ao tamponamento genético. Entretanto, nas gerações  $M_3$  de espécies tetraplóides espera-se um maior número de famílias segregando para mutações (PRASAD, 1972a).

O valor da eficácia do NMU no caso do amendoim, mesmo sendo menor do que no feijão-de-corda, foi, entretanto, razoavelmente elevado, considerando a eficácia de outros mutagênicos em outras culturas tetraplóides como Triticum durum (PRASAD, 1972a), Gossypium hirsutum (SHROFF, 1974) e cevada auto-tetraplóide (KRISHNASWAMI, 1968). Estes resultados mostram que o NMU é eficaz na indução de uma ampla ordem de mutações morfológicas no amendoim, provavelmente devido ao seu modo de ação, ocasionando alterações funcionais dos genes (PRASAD et al., 1984). Por outro lado, o fenômeno poderia ser também, parcialmente, atribuído a um grau de diploidização atingido pelo amendoim tetraplóide para outras características anteriormente discutidas.

A eficiência mutagênica do NMU no amendoim foi bem menor do que no feijão-de-corda. Tal fato decorre da elevada esterilidade constatada na geração  $M_1$  do amendoim, provavelmente de natureza gênica (BANSAL & NATARAJAN, 1965; MOUTSCHEN-DAHMEN, 1965; GAUL et al., 1966; PRASAD, 1972), como consequência da diploidização dos genes que controlam a fertilidade nesta espécie.

TABELA 4 - Eficácia e eficiência do NMU no feijão-de-corda e no amendoim. Fortaleza, CE, 1983.

Cultura	% de esterilidade de semente na geração $M_1$ ( S )	% de famílias $M_2$ mostrando mutações (Me)	Eficácia mutagênica Me/t x c	Eficiência mutagênica Me/S
Feijão-de-corda	14,20	95,50	795,83	6,72
Amendoim	52,50	44,00	366,66	0,83



#### 4.2.2 - Frequência de mutações em relação ao melhoramento vegetal

Os resultados anteriormente discutidos poderiam ter algumas aplicações no melhoramento do amendoim e do feijão-de-corda.

(a) Feijão-de-corda - O estudo revelou que o mutagênico químico NMU, a baixas concentrações, pode ser proveitosamente empregado no feijão-de-corda para obter uma frequência de mutantes razoavelmente elevada para várias características agrônomicas, tais como, número de sementes por vagem, senescência tardia, redução do número de ramos secundários, florescimento precoce e resistência a vírus. No feijão-de-corda as mutações induzidas podem ter um papel especial no contexto da resistência a doenças, pois os genes para resistência transferidos mesmo das espécies distantemente relacionadas podem não ser tão duráveis como os induzidos por mutações, os quais representam novos genes (MURRAY, 1971; PARLEVLIET, 1981; ELLINGBOE & GABRIEL, 1977).

As mutações para aumento do número de vagens por planta, assim como do tamanho de sementes não puderam ser observadas na geração  $M_2$  do feijão-de-corda tratado com NMU. Entretanto, poderiam ser selecionados mutantes para maior número de ramos secundários, característica que está correlacionada com a produção de vagens por planta (SINGH & MALHOTRA, 1970).

(b) Amendoim - Os resultados do presente estudo mostrando a ação do NMU na indução de mutações para número de vagens por planta, número de sementes por vagem e tamanho da semente em maior frequência no amendoim estão em conformidade com os dados recentemente publicados por PRASAD et al. (1984). Considerando o grau limitado de variabilidade genética disponível nas populações de amendoim (GREGORY, 1973) os mutantes induzidos para componentes de produção serão de valor significativo no melhoramento desta espécie (PRASAD et al., 1984). Entretanto,

um alto grau de esterilidade induzida pelo NMU no amendoim parece limitar a eficiência do mutagênico, interferindo, desta forma, na recuperação das mutações. Por outro lado, o uso do NMU em menor concentração pode vir a resultar na redução da esterilidade na geração  $M_1$ , promovendo, deste modo, melhor recuperação dos mutantes (PRASAD, 1972).

#### 4.3 - Avaliação dos Mutantes de Amendoim na Geração $M_3$

(a) Número de vagens por planta - Como pode ser observado na TABELA 5, os mutantes pertencentes ao primeiro grupo não mostraram superioridade significativa para esta característica em relação ao progenitor. Na TABELA 6 nota-se que dos 22 mutantes estudados no segundo grupo, oito revelaram superioridade significativa para número de vagens por planta em relação ao progenitor. Segundo JASWAL & GUPTA (1966), ADAMS (1974), COFFELT & HAMMONS (1974) e BENNETT et al. (1977), em amendoim e outras leguminosas o número de vagens por planta parece ser mais importante do que os outros componentes de produção. Os mutantes estudados, com exceção dos B-13 e B-33, mostraram também maior produção sobre o pai. PRASAD et al. (1984) observaram vários mutantes dos grupos "Spanish" e "Virgínia" apresentando aumento no número de vagens seguido de maior produção por planta.

Estes mutantes podem ser usados como variedades visando aumento da produção ou, por outro lado, serem aproveitados como material genético superior para incorporar esta característica a outras variedades.

(b) Número de sementes por vagem - Os mutantes do primeiro grupo (TABELA 5) não revelaram significância estatística para aumento no número de sementes por vagem em relação ao progenitor. Porém, em seis dos 22 mutantes pertencentes ao segundo grupo (TABELA 6) foi observado um aumento significativo sobre o pai. É interessante notar que esta característica estava as

sociada ao maior número de vagens apenas nos mutantes B-13 e B-28 e ao aumento do peso de sementes em outros mutantes, como B-17, B-19, B-23 e também B-28. Segundo BASU & ASHOK RAJ(1969) e COFFELT & HAMMONS (1974) a seleção para maior número de vagens sempre acompanha um aumento no número de sementes por vagem. PRASAD et al. (1984a) encontraram vários mutantes de amendoim, cultivar Tatu, exibindo maior peso de sementes, maior número de vagens e um aumento no número de sementes por vagem simultaneamente. Na presente investigação, no entanto, apenas o mutante B-28 reuniu estas características que contribuíram, conseqüentemente, para maior produção por planta. Em arroz, BORAH & GOSWAMI (1981) identificaram um mutante 'Sonalee', induzido por EMS, apresentando maior produção por planta atribuída ao aumento no número de grãos por panícula e maior peso de 1000 grãos, mesmo não tendo mostrado aumento significativo no número de espigas por planta.

Considerando a presença destas três características no mutante B-28, este material apresenta grande potencial para utilização em programas de melhoramento genético.

(c) Peso de 100 sementes - A amplitude de variação dos mutantes para o peso de sementes foi de 27,7 a 42,8g, contra 31,9g do progenitor nos dois grupos estudados (TABELAS 5 e 6). Entre os mutantes relacionados na TABELA 5 não foram observadas diferenças significativas em relação ao pai. No segundo grupo (TABELA 6) 13 mutantes revelaram superioridade significativa para peso de sementes e, entre estes, apenas os mutantes B-16, B-24, B-28 e B-34 apresentaram maior produção por planta. PATIL & MOULI (1979), após repetidas seleções, isolaram um mutante de amendoim (TG-1) com maior tamanho de sementes associado ao aumento da produção. Mutantes induzidos por raios gama e NMU foram identificados em Triticum carthlicum (PRASAD, 1972b) e cevada (SHARMA & SUTAR, 1977, citado por SHARMA, 1979) apresentando maior peso e maior produtividade do que o pai. O peso de sementes, assim como o número de sementes por vagem e número de vagens por planta, são importantes componentes da produção. Juntamente com outros mutantes, aqueles que mostra

ram maior peso de sementes terão um grande valor nos programas de melhoramento desta espécie.

(d) Produção por planta - Os dados de produção apresentados na TABELA 5 mostram que não houve aumento significativo dos mutantes em relação ao pai. Na TABELA 6 observa-se que seis dos 22 mutantes foram significativamente superiores ao progenitor na geração  $M_3$ . Como mencionado anteriormente, a maior produtividade resultou do aumento do número de vagens por planta e peso de sementes nos mutantes B-9, B-16, B-21 e B-34, do aumento do número de vagens por planta apenas no B-8 e do acrêscimo significativo destas três características no mutante B-28. Em amendoim o maior número de vagens por planta é acompanhado pelo aumento do número de sementes por planta, peso de sementes e produção (COFFELT & HAMMONS, 1974; BASU & ASHOK RAJ, 1969).

De acordo com GREGORY et al. (1973), em vista da estreita variabilidade para produção e componentes de produção em amendoim cultivado, os mutantes que mostraram aumentos significativos em produção serão de grande valor no aceleração dos programas de melhoramento desta cultura.

(e) Número de ramos secundários - Pode ser notado pelos dados apresentados na TABELA 5 que os mutantes não foram significativamente superiores ao pai. Por outro lado, aqueles mostrados na TABELA 6 revelam que sete mutantes apresentaram aumentos significativos para esta característica em comparação ao progenitor.

De acordo com JASWAL & GUPTA (1967) há uma estreita relação entre número de ramos secundários e produção nos tipos "Spanish" de amendoim. No presente estudo foi observado que apenas os mutantes B-8 e B-34 revelaram conspícuos aumentos no número de ramos, acompanhados por maior produção por planta, bem como maior número de folhas. PRASAD et al. (1984) observaram que no caso dos mutantes de tipos "Spanish" a mudança para maior número de vagens foi acompanhada de um aumento

no número de ramos e peso de matéria seca, quando comparados com as variedades parentais, enquanto que nos mutantes de tipos "Virgínia" maiores produções foram atingidas mesmo com a redução do número de ramos. Os mutantes B-9, B-16 e B-21 alcançaram maiores produções apesar de não terem apresentado aumento significativo no número de ramos secundários. O mutante B-22, mesmo tendo mostrado um aumento moderado em produção por planta, obteve aumentos significativos no número de folhas.

A cultivar Tatu estudada, pertencente ao grupo "Valência", possui o mesmo tipo de ramificação sequencial do grupo "Spanish". Segundo os resultados obtidos, parece que o aumento no número de ramos pode resultar em maior produção também nos genótipos do grupo "Valência". Em geral, os resultados apresentados neste estudo estão em conformidade com aqueles obtidos por JASWAL & GUPTA (1967) e PRASAD et al. (1984).

(f) Número de folhas - Os dados da TABELA 5 mostram que não houve superioridade significativa entre os mutantes estudados no primeiro grupo em relação ao progenitor. No segundo grupo (TABELA 6) quatro mutantes foram estatisticamente superiores quando comparados com o progenitor. De acordo com DUNCAN et al. (1978) é possível obter-se uma estrutura vegetativa adequada que conduza a uma eficiente fotossíntese e elevada produção de vagens nas duas formas sub-específicas dos grupos "Virgínia" e "Spanish". É interessante observar que no presente estudo os mutantes apresentaram maior número de vagens associado ao aumento no número de folhas, fato também notado nas variedades do tipo "Spanish" por PRASAD et al. (1984).

Seria interessante examinar estes mutantes para capacidade fotossintética como sugerido por DUNCAN et al. (1978).

(g) Teor de óleo - Os dados apresentados nas TABELAS 5 e 6 mostram que não houve superioridade significativa entre os mutantes com relação ao conteúdo de óleo do progenitor. A qualidade e a quantidade de óleo podem ser melhoradas através do uso de mutações induzidas (YADAVA & KUMAR, 1979). Entretanto,

os mutantes A-12 e A-25 (TABELA 5) e B-13, B-14, B-19 e B-23 (TABELA 6) apresentaram valores em teor de óleo de 15 a 30% superiores ao progenitor. Certamente, não foi possível demonstrar-se superioridade estatisticamente significativa destes mutantes com relação ao progenitor em razão da baixa precisão experimental.

BILQUEZ et al. (1965), através da irradiação de um cultivar de amendoim com maturidade precoce, obtiveram seis linhagens com maior conteúdo de óleo do que o progenitor, e uma destas foi mais produtiva e teve sementes maiores. Outros mutantes com maior tamanho de sementes e porcentagem de óleo foram registrados em gergelim (NAYAR & GEORGE, 1968, citado por YADAVA & KUMAR, 1979) e amendoim (SINHA & RAHMAN, 1979).

Hibridações entre mutantes de mamona (AKINEEDU & KULKARNI, 1967, citado por YADAVA & KUMAR, 1979), Brassica (ASTHANA et al., 1975, citado por LABANA et al., 1979) e amendoim (PATIL, 1973, citado por PATIL & CHANDRA MOULI, 1979) resultaram no aumento da quantidade de óleo nas progênies selecionadas.

KULKARNI (1968) submeteu sementes de mamona cv.H.C.6 a irradiação e obteve mutantes com uma variação do conteúdo de óleo de 49 a 56%. Em Brassica juncea, NAYAR (1979) mostrou que os mutantes com sementes amarelas produziram de 1 a 3% a mais de óleo, com coloração mais clara do que a variedade parental.

Através de mutações, foram obtidos em linhagens de Linum usitatissimum aumentos expressivos no teor de óleo das sementes, na produção e no índice de iodo do óleo produzido (NAYAR, 1978; SEETHARAM, 1971; 1976; SRINIVASACHAR & MALIK, 1971, citados por YADAVA & KUMAR, 1979; SRINIVASACHAR et al., 1972).

#### 4.4 - Avaliação dos Mutantes de Feijão-de-corda na Geração M<sub>3</sub>

(a) Número de vagens por planta - Dos dados pertencentes aos mutantes do primeiro grupo (TABELA 7) nota-se que nenhum deles apresentou significância estatística com relação ao aumento do número de vagens quando comparados com o progenitor. En

TABELA 5 - Avaliação dos mutantes de amendoim integrantes do primeiro grupo, originados do tratamento com NMU, na geração M<sub>3</sub>. Pentecoste, CE, 1983/84.

Mutante Progenitor	Características selecionadas na geração M <sub>2</sub>	Nº de va- gens por planta	Nº de se- mentes / vagem	Peso de 100 se- mentes (g)	Produ- ção / planta (g)	Nº de ra- mos secun- dários	Nº de folhas	Teor de óleo (%)
Progenitor		17,4	2,4	31,9	13,4	6,4	215,3	44,3
A-2	maior número de vagens	24,5	2,7	28,9	20,7	6,2	150,2	39,6
A-8	maior peso de sementes	11,0	2,0	43,0	9,9	5,4	169,1	44,2
A-12	maior número de vagens	26,9	1,6	33,0	14,4	9,5	380,1	52,0
A-13	maior número de vagens	33,4	1,6	36,8	21,0	7,3	290,5	51,9
A-25	maior número de vagens	31,3	2,1	35,5	23,2	8,3	185,9	46,0
Erro da média		±7,5	±0,2	±3,6	±8,9	±1,4	±70,5	±3,7
D.M.S. (0,05)		24,7	0,7	11,8	25,6	4,5	232,1	17,6

TABELA 6 - Avaliação dos mutantes de amendoim integrantes do segundo grupo, originados do tratamento com NMU, na geração M<sub>3</sub>. Pentecoste, CE, 1983/84.

Mutante Progenitor	Características selecionadas na geração M <sub>2</sub>	Nº de va- gens por planta	Nº de se- mentes / vagem	Peso de 100 se- mentes (g)	Produ- ção / planta (g)	Nº de ra- mões secun- dários	Nº de folhas	Teor de óleo (%)
Progenitor		17,4	2,4	31,9	13,4	6,4	170,2	44,3
B-1	cresc. bem desenvolvido	28,6	2,6	34,6	25,5	8,6	265,4	43,7
B-3	desenv.tardio;folhas largas	18,2	2,3	36,1*	15,6	6,6	218,2	46,6
B-4	planta e folhas reduzidas	18,3	1,9	39,3*	13,6	5,7	143,0	41,6
B-8	cresc. bem desenvolvido	57,0*	1,8	34,5	36,5*	11,0*	660,0*	44,6
B-9	desenvolvimento tardio	39,8*	1,8	42,3*	29,2*	7,0	337,2	44,7
B-10	desenv.tardio;folhas reduzidas	21,3	2,6	37,5*	20,6	8,0	280,7	49,6
B-13	planta reduzida;folhas largas	38,6*	3,1*	27,7	10,5	8,6	445,2*	57,7
B-14	folhas espessas;color. escura	27,4	2,2	32,7	19,7	8,2	230,4	51,3
B-16	planta e folhas reduzidas	30,3*	2,6	42,6*	32,9*	6,3	205,7	43,1
B-17	planta e folhas reduzidas	11,5	2,9*	39,4*	13,1	4,7	124,0	46,1
B-18	folhas reduzidas	12,6	2,4	36,5*	11,3	7,0	200,6	43,8
B-19	planta e folhas reduzidas	15,2	2,8*	40,9*	17,6	5,6	167,0	51,0
B-20	planta e folhas reduzidas	13,8	2,8*	34,0	13,1	6,8	192,4	45,5
B-21	folhas reduzidas;color.escura	30,2*	2,2	42,8*	29,0*	8,4	191,8	48,0
B-22	cresc. bem desenvolvido;maior número de ramos secundários	22,0	2,7	34,6	22,0	9,2*	335,5	45,6
B-23	cresc. bem desenvolvido	20,0	2,8*	36,6*	20,6	10,5*	217,0	52,5



TABELA 6 - (Continuação)

Mutante Progenitor	Características selecionadas na geração M <sub>2</sub>	Nº de va- gens por planta	Nº de se- mentes / vagem	Peso de 100 se- mentes (g)	Produ- ção / planta (g)	Nº de ra- mos secun- dários	Nº de folhas	Teor de óleo (%)
B-24	cresc. bem desenvolvido	21,0	2,6	36,1*	19,2	9,0*	271,0	49,4
B-28	cresc. vegetativo lento	30,5*	2,8*	36,9*	32,1*	8,0	456,5*	40,9
B-29	cresc. bem desenvolvido	28,0	2,5	33,9	24,4	9,2*	203,0	41,2
A-30	planta e folhas reduzidas	18,7	2,7	35,6	18,0	5,5	118,5	42,6
B-33	folhas inferiores reduzidas	39,0*	2,6	32,8	21,2	11,0*	303,7	39,7
B-34	máior peso de sementes	34,2*	2,5	39,4*	32,3*	13,8*	742,0*	49,6
Erro da média		±10,5	±0,3	±4,4	±9,9	±2,4	±145,4	±5,4
D.M.S. (0,05)		12,7	0,3	4,1	13,6	2,3	136,2	26,2

\* Estatisticamente diferente do progenitor ao nível de 5% de probabilidade.

tre os 79 mutantes estudados no segundo grupo (TABELA 8), 68 foram significativamente superiores em relação ao pai. De acordo com SINGH & MALHOTRA (1970), o número de vagens por planta é um dos mais importantes componentes da produção. De outra parte, SWAMINATHAN (1973) sugeriu que os aumentos na produção de leguminosas poderiam ser alcançados através do aumento do número de vagens. AL-RUBEAI (1982) e RUBAIRAYO (1975) isolaram mutantes induzidos por radiação em Phaseolus vulgaris com maiores produções, as quais foram relacionadas ao maior número de vagens por planta. Desta forma, o aumento no número de vagens por planta poderia ser alcançado através de mutações induzidas (PRASAD, 1976).

Os mutantes objeto do presente estudo, por não apresentarem aumento considerável no número de vagens na geração  $M_2$  não foram classificados como superiores para esta característica. Esta notável ausência de expressão na geração  $M_2$  parece ter sido devida a competição que estas plantas mutantes enfrentaram naquela população heterogênea.

De acordo com o comportamento observado na geração  $M_3$ , estes mutantes podem ser usados proveitosamente no melhoramento do feijão-de-corda.

(b) Número de sementes por vagem - Como pode ser visto na TABELA 7, nenhum dos mutantes do primeiro grupo apresentou aumento significativo desta característica em relação ao progenitor. Na TABELA 8 observa-se que apenas o mutante D-15 apresentou superioridade significativa sobre o pai quanto ao número de sementes por vagem, tendo também mostrado maior produção por planta. Os mutantes D-57, D-58 e D-77, apesar de não terem revelado um acréscimo estatisticamente significativo no número de sementes por vagem, mostraram um aumento expressivo que pode contribuir para maior produção por planta. Com exceção do mutante D-57 que exibiu menor número de vagens por planta, os outros mutantes anteriormente discutidos tiveram um aumento neste parâmetro em relação ao progenitor. Vários mutantes induzidos em Phaseolus vulgaris (HUSSEIN & DISSOUKI, 1976), Vigna radiata (PRASAD, 1976; TICKOO & JAIN, 1979) e Cicer arietinum

(KHARKWAL, 1979) têm mostrado aumento no número de sementes por vagem.

(c) Peso de 100 sementes - Os dados presentes na TABELA 7 revelam ausência de significância estatística dos mutantes em relação ao progenitor para peso de 100 sementes. Entre os 79 mutantes estudados (TABELA 8), apenas o D-35 mostrou um aumento significativo no peso de sementes. Este mutante apresentou sementes maiores, com um formato modificado e produção por planta superior, apesar de ter registrado uma redução no número de sementes por vagem. De acordo com HUSSEIN & DISSOUKI (1976) o aumento da produção de sementes por planta, nos mutantes de feijão que foram isolados, foi devido, principalmente, ao aumento do tamanho das sementes e não devido ao aumento no número de sementes por planta.

Os mutantes D-15, D-57 e D-58 que apresentaram uma redução no peso de sementes tiveram maior número de sementes por vagem. HUSSEIN & DISSOUKI (1976) confirmaram estes resultados no mutante "Sem-1" de feijão, induzido por EMS, onde houve uma superioridade do caráter número de sementes por planta, porém um decréscimo agudo no peso de sementes por planta, que resultou do menor tamanho das sementes que caracterizaram este mutante.

Em Cajanus cajan, PAWAR et al. (1979) observaram que os mutantes BS-3 e BS-5 que tiveram melhores produções, também apresentaram maior peso das sementes.

O uso de mutações induzidas tem propiciado a obtenção de mutantes com sementes maiores acompanhados ou não de outros caracteres agronômicos desejáveis em Cicer arietinum (KHARKWAL, 1979), Cajanus cajan (PAWAR et al., 1979; BHAGWAT et al., 1979), Oryza sativa (MOHANTY & DAS, 1979) e Hordeum (SHARMA & SUTAR, 1977, citado por SHARMA, 1979).

Um outro aspecto importante constatado no mutante D-35 foi a coloração marron das sementes em contraste com a coloração creme do progenitor. Vários estudos em mutações induzidas por agentes físicos e químicos para a alteração da cor das sementes foram realizados por AL-RUBEAI (1982), HUSSEIN &

DISSOUKI (1976) e SHARMA & SHARMA (1979), citado por SHARMA (1979). Os mutantes para cor de semente podem ser de grande valia quando usados como marcadores genéticos em programas de hibridação.

(d) Produção por planta - No primeiro grupo (TABELA 7) não foi observada superioridade significativa entre os mutantes para produção em relação ao progenitor. Entre os 79 mutantes estudados no segundo grupo (TABELA 8), 51 exibiram aumentos estatisticamente significativos para esta característica. Todos estes mutantes foram superiores também quanto ao número de vagens por planta, o que vem, mais uma vez confirmar as hipóteses de SINGH & MALHOTRA (1970) e SWAMINATHAN (1973) discutidas anteriormente.

PRASAD (1976) obteve um mutante de Vigna radiata, induzido por EMS, mais produtivo e com maior número de vagens por planta mesmo em condições de baixa pluviosidade. Em Vigna sinensis, SHARMA (1970) selecionou onze mutantes com melhores médias de produção em relação à cultivar V-16 que era considerada superior.

Mutantes com maior produção por planta podem ser usados diretamente como variedades cultivadas ou como progenitores em programas convencionais de hibridação.

(e) Número de ramos secundários - Dos dados apresentados na TABELA 7, observa-se que nenhum mutante foi estatisticamente superior ao pai com relação ao número de ramos secundários. Na TABELA 8, trinta e sete mutantes mostraram aumentos significativos desta característica quando comparados com o progenitor. SINGH & MALHOTRA (1970) sugeriram que o aumento no número de ramos secundários está diretamente correlacionado com o número de vagens. No presente estudo foi verificado que todos estes mutantes mostraram também aumento desta última característica. Foram observadas várias micromutações em Cajanus indicus (RAO, 1974) e entre elas está registrado um aumento significativo no número de ramos, vagens e produção por planta. PAWAR et al.

(1979) observaram dois mutantes (TT-4 e TT-6) de Cajanus cajan mais altos e com maior número de ramos e tamanho das sementes em relação ao progenitor. Os resultados obtidos no presente estudo permitem sugerir que o aumento no número de ramos pode ser usado como critério de seleção para maior produção de vagens por planta no feijão-de-corda.

(f) Número de folhas - Os mutantes apresentados na TABELA 7 não mostraram aumentos estatisticamente significativos para o número de folhas em relação ao progenitor. Na TABELA 8 foram relacionados 43 mutantes que exibiram superioridade significativa sobre o pai para esta característica. Em analogia ao que foi observado em cevada por SHARMA (1979), os mutantes aqui apresentados constituem materiais interessantes para estudos sobre capacidade e taxa fotossintética. Análises mais detalhadas poderão ser de grande aproveitamento nos programas de melhoramento do feijão-de-corda.

TABELA 7 - Avaliação da geração M<sub>3</sub> dos mutantes de feijão-de-corda integrantes do primeiro grupo, originados do tratamento com NMU. Pentecoste, CE, 1983/84.

Mutante Progenitor	Características selecionadas na geração M <sub>2</sub>	Nº de va gens por planta	Nº de se mentes / vagem	Peso de 100 se mentes (g)	Produ- ção / planta (g)	Nº de ra- mos secun- dários	Nº de folhas
Progenitor		6,5	14,1	11,0	10,3	1,0	17,0
C-1	cresc.bem desenvolvido	17,9	14,4	11,8	31,1	2,4	27,2
C-2	planta e folhas reduzidas	13,2	12,8	11,2	17,3	1,8	22,1
C-3	desenvolvimento tardio	9,1	14,2	11,0	14,1	1,8	16,6
C-4	desenvolvimento tardio	13,8	12,4	11,4	17,2	2,3	22,8
C-5	planta e folhas reduzidas	14,0	13,8	10,4	18,5	2,5	22,2
C-7	senescência tardia	9,1	13,8	11,4	12,9	1,4	14,4
C-9	senescência tardia	17,1	13,7	11,2	26,4	2,6	22,7
C-10	senescência tardia	9,7	14,8	10,4	14,8	1,4	19,5
C-11	senescência tardia	11,8	12,4	11,4	11,5	2,5	22,5
C-12	senesc.tardia;resistente	17,2	14,8	11,3	29,7	2,0	29,8
C-13	segregação p/crescimento	18,3	12,8	12,0	25,4	3,1	20,7
C-14	segregação p/crescimento	10,4	12,9	12,7	16,1	1,6	12,1
C-15	segregação p/crescimento	11,8	13,6	10,1	14,5	1,7	20,0
C-16	segreg.p/cresc.;resistente	8,6	14,2	11,1	13,5	1,7	17,1
C-17	segregação p/crescimento	18,1	11,6	11,9	27,2	2,9	19,6
C-18	segregação p/crescimento	16,3	12,0	12,0	21,3	2,3	15,5

TABELA 7 - (Continuação)

Mutante Progenitor	Características selecionadas na geração M <sub>2</sub>	Nº de va gens por planta	Nº de se mentes / vagem	Peso de 100 se mentes (g)	Produ- ção / planta (g)	Nº de ra- mos secun- dários	Nº de folhas
C-19	senesc.tardia;cresc.bem desenv.	14,6	13,8	11,1	17,7	2,1	22,2
C-20	senes.tardia;cresc,bem desenv.	13,2	13,2	11,2	13,7	1,0	12,7
B-21	senescência tardia	13,1	14,3	10,9	16,0	1,7	19,2
B-22	senescência tardia	18,2	14,6	10,8	23,8	3,1	25,7
Erro da média		±4,5	±1,1	±0,7	±7,1	±0,7	±4,9
D.M.S. (0,05)		14,4	3,6	2,4	23,0	2,4	15,9

TABELA 8 - Avaliação da geração M<sub>3</sub> dos mutantes de feijão-de-corda integrantes do segundo grupo, originados do tratamento com NMU. Pentecoste, CE, 1983/84.

Mutante Progeitor	Características selecionadas na geração M <sub>2</sub>	Nº de va- gens por planta	Nº de se- mentes / vagem	Peso de 100 se- mentes (g)	Produ- ção / planta (g)	Nº de ra- mos secun- dários	Nº de folhas
Progenitor		6,7	14,1	11,7	10,3	1,0	17,0
D-1	desenvolvimento tardio	13,2	13,8	10,8	19,7	2,0	22,7
D-2	planta e folhas reduzidas	14,0	15,2	11,5	24,6	2,0	21,0
D-3	planta e folhas reduzidas	20,0*	15,3	11,3	34,3*	3,2	35,0*
D-4	planta e folhas reduzidas	16,6*	10,1	10,1	40,3*	3,0	28,3
D-5	desenvolvimento tardio	18,0*	12,7	10,0	22,8	3,0	41,0*
D-6	plantas e folhas reduzidas	21,3*	15,6	11,3	37,5*	3,3	27,0
D-7	desenvolvimento tardio	22,7*	14,9	11,4	39,9*	2,7	33,0*
D-8	desenvolvimento tardio	26,0*	14,9	10,2	39,9*	3,5*	39,0*
D-9	desenvolvimento tardio	17,0*	14,4	11,0	27,4*	3,2	28,2
D-10	desenvolvimento tardio	19,7*	13,8	10,1	27,8*	3,5*	36,2*
D-11	desenvolvimento tardio	16,7*	14,1	10,8	25,6	3,3	36,3*
D-12	desenvolvimento tardio	21,0*	13,4	10,3	29,6*	4,5*	33,5*
D-13	desenvolvimento tardio	17,5*	15,9	10,9	30,7*	3,5*	26,0
D-14	desenvolvimento tardio	19,5*	14,8	11,3	32,8*	3,7*	42,0*
D-15	desenvolvimento tardio	29,0*	17,6*	11,3	58,3*	4,5*	59,5*
D-16	desenvolvimento tardio	21,0*	15,8	10,4	34,6*	4,0*	47,5*
D-17	desenvolvimento tardio	11,0	14,7	11,6	18,9	2,0	24,0
D-18	desenvolvimento tardio	17,0*	13,6	12,4	27,6*	5,3*	28,0
D-19	desenvolvimento tardio	23,0*	14,0	11,0	36,1*	3,5*	43,5*
D-20	cresc. bem desenvolvido	27,7*	12,2	10,9	33,2*	4,0*	38,7*
D-21	desenvolvimento tardio	15,7*	15,4	10,9	26,7*	2,2	32,0
D-22	cresc. bem desenvolvido	12,5	15,2	10,5	18,7	2,5	29,0
D-23	desenvolvimento tardio	15,2*	13,9	10,8	23,2	2,5	28,5



TABELA 8 - (Continuação)

Mutante Progenitor	Características selecionadas na geração M <sub>2</sub>	Nº de va- gens por planta	Nº de se- mentes / vagem	Peso de 100 se- mentes (g)	Produ- ção / planta (g)	Nº de ra- mos secun- dários	Nº de folhas
D-25	desenvolvimento tardio	13,0	14,5	11,5	22,0	3,0	23,5
D-26	desenvolvimento tardio	23,0*	15,5	10,9	38,8*	4,0*	39,5*
D-27	desenvolvimento tardio	17,2*	14,8	11,0	28,4*	2,5	27,7
D-28	desenvolvimento tardio	20,0*	14,1	10,0	28,3*	3,3	32,3*
D-29	desenvolvimento tardio	14,5	14,1	12,3	25,2	2,0	25,0
D-30	desenvolvimento tardio	17,0*	15,4	11,2	29,3*	2,3	31,7
D-31	desenvolvimento tardio	18,7*	14,3	10,6	28,4*	3,0	34,5*
D-32	desenvolvimento tardio	27,0*	14,4	10,3	39,9*	4,0*	46,0*
D-33	desenvolvimento tardio	22,2*	14,0	10,3	28,6*	3,5*	38,0*
D-34	desenvolvimento tardio	20,0*	15,1	11,4	34,6*	3,0	34,3*
D-35	sementes marrons	18,0*	12,6	14,6*	33,5*	4,0*	31,0
D-36	desenvolvimento tardio	14,0	15,6	11,8	25,8	3,0	33,5*
D-37	desenvolvimento tardio	25,7*	14,1	10,6	38,3*	4,0*	43,2*
D-38	senescência tardia	20,3*	15,5	11,2	34,5*	2,3	36,7*
D-39	senescência tardia	17,0*	15,8	11,3	31,3*	3,0	33,7*
D-40	senescência tardia	21,7*	15,3	11,4	37,8*	3,0	42,0*
D-41	senescência tardia	33,0*	15,7	11,0	57,3*	5,5*	56,0*
D-42	segreg.p/crescimento	21,0*	12,1	11,7	29,7*	4,5*	11,0
D-43	segreg.p/crescimento	17,3*	11,7	10,6	21,4	3,0	14,0
D-44	segreg.p/crescimento	20,7*	13,1	10,7	28,9*	3,7*	25,7
D-45	segreg.p/crescimento	14,7*	14,7	10,2	22,2	3,5*	26,2
D-46	segreg.p/crescimento	16,5*	12,2	10,3	20,6	5,0*	25,5
D-47	segreg.p/crescimento	19,3*	12,2	11,8	27,4*	3,7*	30,7
D-48	segreg.p/crescimento	23,5*	11,8	11,4	31,7*	4,0*	15,5
D-49	segreg.p/crescimento	19,0*	13,3	9,7	24,4	3,5*	27,5
D-50	segreg.p/crescimento	18,5*	11,6	11,3	23,9	2,0	23,0

TABELA 8 - (Continuação)

Mutante Progenitor	Características selecionadas na geração M <sub>2</sub>	Nº de va- gens por planta	Nº de se- mentes / vagem	Peso de 100 se- mentes (g)	Produ- ção / planta (g)	Nº de ra- mos secun- dários	Nº de folhas
D-51	seg.p/cresc.; resistente	22,0*	12,0	11,6	30,5*	3,0	20,0
D-52	segreg.p/crescimento	15,0*	11,2	11,4	19,5	3,0	19,5
D-53	segreg.p/crescimento	16,5	12,7	12,7	26,3	2,0	20,0
D-54	segreg.p/crescimento	15,2*	12,1	11,4	21,2	3,0	16,0
D-55	segreg.p/crescimento	12,5	13,3	10,6	17,6	3,0	17,0
D-56	segreg.p/crescimento	18,5*	10,3	11,5	21,9	2,5	16,5
D-57	senescência tardia	14,5	16,2	9,7	22,3	3,2	37,2*
D-58	desenvolvimento tardio	28,0*	16,0	9,2	41,2*	6,5*	51,5*
D-59	senescência tardia	18,0*	14,4	10,1	26,2	3,0	28,7
D-60	desenvolvimento tardio	14,2	14,8	10,5	22,3	2,7	23,2
D-61	desenvolvimento tardio	28,3*	14,9	10,7	45,4*	4,3*	33,0*
D-62	desenvolvimento tardio	18,5*	12,4	10,8	24,8	3,0	30,5
D-63	senescência tardia	17,2*	15,9	11,5	31,8*	3,2	38,2*
D-64	senescência tardia	18,7*	14,7	11,0	30,2*	3,0	28,0
D-65	desenvolvimento tardio	15,2*	14,6	11,5	25,9	3,2	34,0*
D-66	desenvolvimento tardio	20,5*	14,8	11,8	36,0*	3,5*	48,0*
D-67	desenvolvimento tardio	25,3*	13,2	11,7	39,5*	3,0	37,7*
D-68	senescência tardia	24,0*	15,0	10,9	38,9*	4,5*	43,0*
D-69	desenvolvimento tardio	20,0*	14,6	10,7	31,4*	3,7*	42,0*
D-70	desenvolvimento tardio	30,5*	14,1	10,6	45,6*	4,5*	54,0*
D-71	desenvolvimento tardio	18,3*	13,2	10,9	26,3	3,7*	28,3
D-72	desenvolvimento tardio	14,5	15,3	11,2	24,8	2,5	34,5*
D-73	senescência tardia	15,7*	14,1	12,3	26,6*	3,7*	40,7*
D-74	senescência tardia	18,3*	11,7	11,7	25,4	3,7*	37,3*
D-75	desenvolvimento tardio	18,3*	14,9	10,9	29,4*	4,3*	36,3*
D-76	desenvolvimento tardio	26,3*	15,1	12,2	48,2*	4,3*	49,7*

TABELA 8 - (Continuação)

Mutante Progenitor	Características selecionadas na geração M <sub>2</sub>	Nº de va- gens por planta	Nº de se- mentes / vagem	Peso de 100 se- mentes (g)	Produ- ção / planta (g)	Nº de ra- mos secun- dários	Nº de folhas
D-77	desenvolvimento tardio	21,0*	16,2	11,9	40,5*	3,0	54,5*
D-78	desenvolvimento tardio	38,0*	15,3	11,9	69,4*	3,5*	41,5*
D-79	desenvolvimento tardio	22,0*	14,8	11,3	37,2*	5,5*	35,5*
D-80	desenvolvimento tardio	26,0*	16,4	10,4	43,9*	6,0*	58,5*
Erro da média		±3,1	±1,5	±0,9	±6,4	±0,9	±6,0
D.M.S. (0,05)		7,8	2,8	2,2	16,1	2,3	15,0

\* Estatisticamente diferente do progenitor ao nível de 5% de probabilidade.

## 5 - CONCLUSÕES

Em face dos resultados obtidos, nas condições em que o presente trabalho foi realizado, pode-se concluir que:

1. A esterilidade induzida pelo NMU na geração  $M_1$ , provavelmente de natureza gênica, foi maior no amendoim cv. Tatu, um tetraplóide, do que no feijão-de-corda cv. CE-315, um diplóide, talvez como resultado de um considerável grau de diploidização atingido pelos genes que controlam a fertilidade na primeira cultura.

2. As frequências de mutações e variâncias na geração  $M_2$  indicaram que o amendoim mostrou um comportamento diplóide para as características número de vagens por planta, número de sementes por vagem, peso de sementes e número de ramos secundários. Os genes para características clorofílicas, tamanho da folha, florescimento e senescência parecem não ter atingido a diploidização no amendoim.

3. No feijão-de-corda foi observado maior número de tipos de mutações e algumas delas mostraram maiores frequências na geração  $M_2$ . As mutações para senescência tardia e resistência a um potyvirus foram específicas para esta cultura e podem ser muito proveitosas em programas de melhoramento.

4. Em vista da ausência de mutantes superiores para número de vagens na geração  $M_2$ , o melhoramento para produção no feijão-de-corda pode ser obtido através da manipulação mutacional dos ramos secundários e do número de sementes por vagem.

5. O melhoramento da produtividade no amendoim pode ser alcançado através da indução de mutações para maior número de vagens por planta, número de sementes por vagem e tamanho da semente.

6. A menor eficácia mutagênica do NMU no amendoim pode ser devida às menores frequências de mutações para várias características com herança tetrassômica, enquanto que a sua

baixa eficiência mutagênica pode ser atribuída ao maior grau de esterilidade, limitando a recuperação das mutações induzidas nesta espécie.

7. O mutante B-28 do amendoim destacou-se na geração  $M_3$  por exibir superioridade em número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de sementes. Por outro lado, os mutantes B-8 e B-34 revelaram conspícuos aumentos na produção, acompanhados de uma estrutura vegetativa mais desenvolvida.

8. No caso do feijão-de-corda a maioria dos mutantes mostrou superioridade em quase todas as características estudadas. O mutante D-35 destacou-se pelo maior peso de sementes observado e pela mudança da cor creme para a marron.

9. Por apresentarem uma nova variabilidade com a mesma constituição genética básica, os mutantes de amendoim e feijão-de-corda avaliados no presente estudo podem ser considerados como linhagens isogênicas que poderão ser aproveitadas em programas de análise genética e outros estudos básicos, além dos programas de melhoramento convencionais, na tentativa de transferir as características desejáveis.

10. Embora este estudo tenha revelado a possibilidade do aproveitamento de várias mutações induzidas, a sua natureza preliminar sugere uma avaliação mais abrangente das linhagens mutantes, através de novos experimentos em diversos locais.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBONDALODO, A. & LOPRIENO, N. (1967). Forward mutation studies with N-Nitroso-N-Methyl-urethane and N-Nitroso-N-Ethyl-urethane in Schizosaccaromyces pombe. Mutation Res., 4:31-36.
- ABRAMS, R. (1964). Variation in quantitative characters of oats (Avena sativa L.) after various mutagens treatments. Crop Sci., 4(2): 163-168.
- ADAMS, M. W. (1974). Plant architecture and physiological efficiency in the field bean. Potentials of Field Beans and Other Food Legumes in Latin America. CIAT, Cali, Colombia (1973) Series, Seminar 2E, pp. 266-278.
- AKERMAN, W.W., COX, D. C. & DONKE, S. (1965). Control of histone and DNA synthesis with Canavanine, puromycin and poliovirus. Biochem. Biophys. Res. Commun., 19: 745-750.
- ALPER, T. (1960). Cellular radiobiology. Ann. Rev. Nuclear Sci., 10: 489-530.
- AL-RUBEAI, M. A. F. (1982). Radiation-induced mutations in Phaseolus vulgaris L. Rev. Brasil. Genet. 3: 503-515
- AUERBACH, C. (1967). Science, 158: 1141-1147
- AWAN, M. A., KONZAK, C.F., RUTGER, J. N. & NILAN; R.A. (1980). Mutagenic effects of sodium azide in rice. Crop Sci., 20: 663-668.
- AXTELL, J. D. & BRINK, R.A. (1967). Chemically induced para mutation at the R locus in maize. Proc. Nat. Acad. Sci., 58: 181-187.

- BANSAL, H. C. & NATARAJAN, A. T. (1965). Induction of variability for spikelet sterility in Hordeum. Indian J. Genet., 25: 26-70.
- BASU, A. K. & ASHOK RAJ, P. C. (1969). Genotypic variability in some quantitative characters in groundnut. Sci. Cult., 35: 408-409.
- BENNETT, J. A., ADAMS, M. W. & BURGA, C. (1977). Pod yield component variation and inter-correlation in Phaseolus vulgaris L. as effected by planting density. Crop Sci., 17: 73-75.
- BHAGWAT, S.G., BHATIA, C.R., GOPALA KHISHNA, T., JOSHUA, D. C., MITRA, R.K., NARAHARI, P., PAWAR, S.E. & THAKRE, R. G. (1979). Seed Protein Improvement in Cereals and Grain Legumes, I.A.E.A., Vienna, 2: 225.
- BILQUEZ, A.F., MAGNE, C. & MARTINS, J.P. (1965). Bilian de six anes de recherches sur l'emploi des rayonnements ionisants pour l'amelioration des plantes au Senegal. The Use of Induced Mutations in Plant Breeding. Suppl. to Radiat. Bot., 5: 585-601. (Pergamon Press).
- BLIXT, S. (1960). Quantitative studies of induced mutations in peas. III. Mutagenic effect of ethylene imine. Agr. Hort. Genetica., 18: 109-123.
- BOGYO, T.P., SCARASCIA-MUGNOZZA, G.T., SIGURBJORNSSON, B. & BAGNARA, D. (1969). Induced Mutations in Plants. I.A.E.A., Vienna, pp. 699-717.
- BORAH, S.P. & GOSWAMI, B.C. (1981). A superfine grain mutant induced in rice. J. Nuclear Agric. Biol., 10: 6-8.
- BROCK, R.D. (1965). Induced mutations affecting quantitative characters. The Use of Induced Mutations in Plant Breeding,

Suppl. to Rad. Bot. V., 5: 451-464.

- BROCK, R.D. (1978). Mutation plant breeding for seed protein improvement. Int. Symp. on Seed Protein Imp. in Cereals and Grain Legumes. Neuherberg, Federal Republic of Germany, I.A.E.A.- SM - 230/77., pp. 1-17
- BROCK, R.D. (1980). Mutagenesis in crop improvement. The Biology of Crop Productivity. (Ed.) Carlson, P.S. Academic Press. New York, London, pp. 383-409.
- CALDECOTT, R. S. & NORTH, D. T. (1961). Factor modifying the radio-sensitivity of seeds and the theoretical significance of the acute irradiation of successive generations. Mutation and Plant Breeding NAS/NRC Pub. 891, pp. 365-404
- CHANCAL KAPOOR (1967). Chemical mutagenesis in Sorghum. Indian J. Genet., 27: 411-416.
- CHAO, C. Y. & CHI, S.W. (1961). Cytological and genetical changes induced by X-rays and thermal neutrons in rice. Bot. Bull. Acad. Sinica., 2 (N.S.): 1525
- CHATTOPHADYAY, S. & BASAK, S. L. (1982). Induction of mutation in jute by chemical and physical mutagenic agents. Mutation Breeding Newsletter, 2(20): 5-6.
- CHOPRA, V.L. & PAI, R. A. (1979). Mutation research in wheat in India. Proc. Symp. on The Role of Induced Mutations in Crop Improvement, Osmania University, Hyderabad, India (Set. 10-13, 1979), 83-92.
- CHUN, E. H.. L., VAUGHN, M. H. & RICH, A. (1963). The isolation and characterization of DNA associate with chloroplast preparations. J. Mol. Biol., 7: 130-141.
- COFFELT, T. A. & HAMMONS, R. O. (1974). Correlation and heritability studies of nine characters in parental and



- intraspecific cross populations of Arachis hypogaea.  
Oléagineux, 29: 23-27.
- D'AMATO, F., SCARASCIA, G.T., MONTI, L.M. & BOZZINI, A. (1962).  
Types and frequencies of chlorophyll mutations in durum  
wheat induced by radiations and chemicals. Rad. Bot. 2 :  
217-239.
- DARLINGTON, C. D. & KOLLER, P. C. (1947). The chemical break  
age of chromosomes. Heredity., 1: 187-221.
- DAVIES, D. R. (1962). The genetical control of radio sensiti  
vity. II. Growth measurements in Lycopersicum and  
Melandrium. Rad. Bot., 1: 277-295.
- de VRIES, H. (1901). Die mutationstheorie (1 e 2). Leipzig,  
von Veit et C<sup>o</sup>, pp. 648.
- DUNCAN, W. C. , McCLOUD, D. E., McGRAW, R.L. & BOOTE, K. J.  
(1978). Physiological aspects of peanut improvement. Crop  
Sci., 18: 1015-1020.
- EHRENBERG, L. (1955). Factors influencing radiation induced  
lethality, sterility and mutation in barley. Hereditas,  
Lund., 41: 123-146.
- EHRENBERG, L., GUSTAFSSON, A. & LUNDQUIST, U. (1961). Viable  
mutations induced in barley by ionizing radiations and  
chemical mutagens. Hereditas, Lund., 47: 243-282.
- EISENTARK, A., EISENTARK, R. & SICKLE, R. V. (1965). Mutation  
of Salmonella typhimurum by Nitrosoguanidine. Mutation Res.,  
2: 1-10.
- ELLINGBOE, A. H. & GABRIEL (1977). Induced conditional mutants  
for studying host pathogen interactions. Induced Mutations  
Against Plant Disease. I.A.E.A., Vienna, pp. 36-46.

- FAVERT, E. A. (1960). Somatic mutations of four genes for albinism in barley induced by X-rays and ethyl-methane-sulfonate. Hereditas., Lund., 46: 622-634.
- FRANZKE, C. J. & ROSS, J. G. (1952). Colchicine induced variants in sorghum. J. Hered., 43: 107-115.
- FREESE, E. (1963). Molecular mechanism of mutations. Molecular Genetics. Part I. Ed. Taylor, J. H., Academic Press, N.Y. and London, 207-270.
- FROESE-GERTZEN, E. E., KONZAK, C. F., NILAN, R. A. & HEINER, R. E. (1964). The effect of ethyl-methane-sulfonate on the growth response, chromosome structure and mutation rate in barley. Rad. Bot., 45: 61-69.
- FUJI, T. & MATSUMURA, S. (1958). Radio sensitivity in plants. I. Determination of LD. 50 in cultivated plants (preliminary report). Jap. J. Genet., 33: 389-397.
- FUJIMOTO, M. & YAMAGATA, H. (1982). Studies on the utility of artificial mutations in plant breeding. XIII. Mutagenicity of several alkylating agents in rice. Japan J. Breed., 32 (1): 17-25.
- GAUL, H. (1958). Über die gegenseitige Unabhängigkeit der Chromosomen und Punktmutationen. Z. Pflanzenzucht., 40: 151-188.
- GAUL, H. (1961). Studies on diplontic selection after X-irradiation of barley seeds. Effects on Ionizing Radiations on Seeds. Proc. Symp. Karlsruhe (I.A.E.A. e F.A.O., Vienna), 1960, pp. 117-138.
- GAUL, H., BENDER, K., ULONSKA, E. & SATO, M. (1966). EMS induced genetic variability in barley. The problem of EMS induced sterility and a method to increase the efficiency of EMS treatment. Mutations in Plant Breeding. Proc. of a Pannel I.A.E.A. e F.A.O., Vienna.

- GELIN, O., EHRENBERG, L. & BLIXT, S. (1958). Genetically con-  
ditional influence on radiation sensitivity in peas. Agr.  
Hort. Genet., 16: 78-102.
- GEORGE VARUGHESE (1966). Assessment of the possibility for  
altering through mutation breeding specific characters in  
some dwarf wheats. Ph.D. Thesis, I.A.R.I., New Delhi.
- GEORGE VARUGHESE & SWAMINATHAN, M.S. (1966). Change in pro-  
tein quantity and quality associated with a mutation for  
amber grain colour in wheat. Curr. Sci., 18: 469-470.
- GICHNER, T. & VELEMINSKY, J. (1967). The differential action  
of 1-methyl-3-nitroso-1-nitroso guanidine in Arabidopsis  
and barley. Arabidopsis Inform. Serv., 4: 47.
- GILES, N.H., JR. (1954). Radiation-induced chromosome aberra-  
tions in Tradescantia. Radiation Biology, A. Hollanaender  
(Ed.) McGraw-Hill Book Co., New York, Toronto, London, Ch.  
10, V.I Part, 2: 713-761.
- GOLDSCHMIDT, R. (1955). Different philosophies of genetics.  
Science., 119: 703-710.
- GOUD, J.V. (1965). Studies on the frequency and spectrum of  
visible and micro-mutations induced by some physical and  
chemical mutagens in varieties of bread wheat. Ph.D. Thesis,  
I.A.R.I., New Delhi.
- GRANT., C. J. & HESLOT, H. (1964). Chromosome aberrations and  
the chromosome cycle in Vicia faba after treatment with  
Nitroso-methyl urethane and Nitroso-ethyl urethane.  
Chromosomes Today (Proc. of the I Oxford Chromosome Confe-  
rence, July 28-31, 1964, Ed. Darlington, C. & Lewis, K. R.)  
Heredity (Suppl.), 19: 118-212.
- GREGORY, W.C. (1966). Mutation breeding. Plant Breeding.(Ed.)  
Kenneth, J. Frey, University Press, Ames, Iowa, 5: 189-218.

- GREGORY, W.C., GREGORY, M.P., KRAPOVICKAS, A., SMITH, B. W. & YARBROUGH, J.A. (1973). Structure and genetic resources of peanuts, em Peanut - Culture and Uses. American Peanut Research and Education Association Inc., Stillwater, Oklahoma. Cap. 3: 43-133.
- GUGLIELMINETTI, R., BONATTI, S. & LOPRIENO, N. (1966). The mutagenic activity of N-nitroso-N-methyl urethane and N-nitroso-N-ethyl urethane in Schizosaccharomyces pombe. Mutation Res., 3: 152-157.
- GUNCKEL, J. E. & SPARROW, A. H. (1954). Aberrant growth in induced mutation by ionizing radiations. Brookhaven Symp. Biol., 6: 252-279.
- GUSTAFSSON, A. (1963). Mutations and the concept of viability. Recent Plant Breeding Research. Svalof 1946-1961. Londres, John Wiley and Sons, pp. 89-104.
- GUSTAFSSON, A. (1965). Radiation Botany., 5: 323-337. (Suppl.)
- HORWITZ, W. (1960). Official Methods of Analysis of the Association of Official Agriculture Chemists, Association of Official Agriculture Chemists, Washington. 4, D. C. , pp. 832.
- HUSSEIN, H. A. S. (1968). Genetic analysis of mutagen-induced flowering time variation in Arabidopsis thaliana (L.) Heynh. Ph.D. Thesis, Wageningen, The Netherlands. Meded. Landbouwhogeschool, Wageningen, 11: 1-87.
- HUSSEIN, H. A. S. & ABDALLA, M. M. F. (1974). Effect of single and combined treatments of gamma-rays and EMS on the M<sub>1</sub>-fertility and M<sub>2</sub>-chlorophyll mutations in Vicia faba L. Egypt. J. Genet. Cytol., 3: 246-258.
- HUSSEIN, H. A. S., SELIM, A. R. & EL-SHAWAF, I. I. S. (1974). EMS and gama-ray-induced mutation in Pisum sativum. I.

Effects on the frequency and spectrum of  $M_2$ -chlorophyll mutations. Egypt. J. Genet. Cytol., 3: 106-116.

HUSSEIN, H. A. S. & DISSOUKI, I. A. M. (1976). Mutation breeding experiments in *Phaseolus vulgaris* (L.). 1.EMS and gamma-induced seed coat colour mutants. Z. Pflanzenzuchtg., 76: 190-199.

JAGATHESAN, D. (1979). Utilisation of genetic variability in sugarcane breeding. Proc. Symp. on The Role of Induced Mutations in Crop Improvement, Osmania University, Hyderabad, India (Set., 10-13, 1979)., 323-333.

JASWAL, S. V. & GUPTA, V. P. (1967). Selection criteria in improving erect types of groundnut. J. Res. Punjab. Agric. Univ., 4(2): 188-191.

KHALATKAR, A. S. & BHATIA, C. R. (1971). Effect of L-Canavanine sulfate on mutagenic efficiency of ethyl methanesulfonate. Proc. Symp. Use of Nuclear Techniques in Agriculture and Animal Husbandry, New Delhi.

KHAN, I. A. & HASHIM, M. (1979). Mutagenic effectiveness and efficiency of gamma rays, ethylmethane sulfonate and hydrazine hydrate in mung bean (*Phaseolus aureus* Roxb.). Indian J. Bot., 2: 107-110.

KHAN, I. A. (1981). Comparative account of mutagenic efficiency of physical and chemical mutagens in mung bean (*Phaseolus aureus* Roxb.). Mysore J. of Agricultural Sciences, 15 (2): 231-233.

KHARKWAL, M. C. (1979). Mutation breeding in chickpea in India. Proc. Symp. on The Role of Induced Mutations in Crop Improvement, Osmania University, Hyderabad, India (Set.10-13, 1979)., 177-183.

KIHLMAN, B. A. (1960). The radiometric effect of N-nitroso-N-

- methyl-urethane in Vicia faba. Exptl. Cell Res., 20: 657-659.
- KO, T. & YAMAGATA, H. (1980). Studies on the utility of Artificial mutations in plant breeding. XII. Induction and gene analysis of male-sterile mutants in rice. Japan. J. Breed., 30(4): 367-374.
- KONZAK, C. F., NILAN, R. A., HARLET, J. R. & HEINER, R. E. (1961). Control of factors affecting the response of plants to mutagens. Fundamental aspects of radio sensitivity. Brookhaven Symp. Biol., n<sup>o</sup>14 Upton, N.Y., 12-61: 300.
- KONZAK, C. F. NILAN, R. A. WAGNER, J. & FOSTER, R. J. (1964). Efficient chemical mutagenesis. In Use of Induced Mutations in Plant Breeding. Report of the FAO/IAEA thechnical meeting (Rome, 1964). Radiation Botany (Suppl.), 5: 753-760.
- KONZAK, C. F., WAGNER, J. & FOSTER, J. (1965). Efficient chemical mutagenesis. The Use of Induced Mutations in Plant Breeding. Rad. Bot., (Suppl.), 5: 49-70.
- KRISHNASWAMI, R. (1968). Mutation induction by EMS in autotetraploid barley. Proc. of the Indian Academy of Sciences. LXVIII (3): 125-128.
- KULKARNI, L. G. (1968). Accelerating genetic improvement in castor. I.A.R.I., pp. 258-259.
- LABANA, K.S., BADWAL, S. S. & CHAUSASIA, B. D. (1979). Induced mutation in breeding of Brassica juncea. Proc. Symp. on the Role of Induced Mutations in Crop Improvement, Osmania University, Hyderabad, India. (Set., 10-13, 1979), 211-220.
- LAMPRECHT, H. (1956). Rontgenempfindlichkeit und genotypische konstitution bei Pisum. Agr. Hort. Genetica., 14: 161-176.
- MACKEY, J. (1954). Mutation breeding in polyploid cereals. Acta. Agric. Scand., 4: 547-557.

- MACKEY, J. (1954a). Neutron and X-ray experiments in wheat and revision of the speltoid problem. Hereditas, Lund., XL: 65-180.
- MANDELL, J. D. & GREENBERG, J. (1960). A new chemical mutagen for bacteria, 1-Methyl-3-Nitroso-1-nitroso guanidine. Biochem. Biophys. Res. Comum., 3: 575-577.
- MATHUR, S. C. (1979). Induced mutations for disease resistance in India - retrospect and prospect. Proc. Symp. on The Role of Induced Mutations in Crop Improvement. Osmania University, Hyderabad, India, (Set., 10-13, 1979), 383-397.
- MESKEN, M. & van der VEEN, J. H. (1968). The problem of induced sterility. A comparasion between EMS and X-rays in Arabidopsis thaliana. Euphytica, 17: 363-370.
- MOHANTY, H. K. & DAS, S. R. (1979). Breeding potencial of induced plant height mutations in rice. Proc. Symp. on The Role of Induced Mutaitons in Crop Improvement, Osmania University, Hyderabad, India (Set., 10-13, 1979), 55-64.
- MOULI, C. KALE, D. M. & PATIL, S. H. (1979). Sequential flowering large pod Trombay groundnut. Proc. Symp. on The Role of Induced Mutations in Crop Improvement, Osmania University, Hyderabad, India (Set., 10-13, 1979), 248-257.
- MOUSCHEN-DAHMEN, J. & MOUSCHEN-DAHMEN, M. (1958). L'action du myrelan (di-methane-sulfonyloxy-butane) sur les chromosome chez Hordeum sativum et chez Vicia faba. Hereditas, Lund., 44: 415-446.
- MOUSCHEN-DAHMEN, J. (1965). Effects cytogenetiques et sterilité dus au methane sulfonate d'ethyl (EMS) chez l'orge. Rev. Cytol. Biol. Veget., 28: 35-42.
- MULLER, H. J. (1927). Artificial transmutation of the gen. Science, 66: 84-87

- MURRAY, M.J. (1971). Additional observations on mutation breeding to obtain verticillium resistant strains of pepper mint (Mentha pipenta). Mutation Breeding for Disease Resistance. I.A.E.A., Vienna, pp. 1-195.
- MURTY, V. V. S. (1979). Prospects and possibilities of utilizing induced mutation breeding programme in developing high yield rice varieties. Proc. Symp. on The Role of Induced Mutations in Crop Improvement, Osmania University, Hyderabad, India (Set., 10-13, 1979), 1-6.
- NAIR, V. G. (1979). Productive mutants in lemongrass induced by gamma rays. Proc. Symp. on The Role of Induced Mutations in Crop Improvement, Osmania University, Hyderabad, India, (Set., 10-13, 1979), 339-348.
- NATARAJAN, A. T. (1958). A cytogenetical study of the effect of mutagens on plants with special reference to the induction of mutations. Ph.D. Thesis, Univ. of Delhi.
- NATARAJAN, A. T. & UPADHYA, M. D. (1964). Localized chromosome breakage induced by ethyl-methane-sulfonate and hydroxylamine in Vicia faba. Chromosoma., 15: 156-169.
- NAYAR, G. G. (1979). Breeding strategy for improvement of mustard (Brassica juncea Coss). Proc. Symp. on The Role of Induced Mutations in Crop Improvement, Osmania University, Hyderabad, India (Set., 10-13, 1979), 258-270.
- NERKER, Y. S. (1977). Mutagenic effectiveness and efficiency of gamma rays, EMS and NMU in Lathyrus sativus. Indian J. Genet., 37: 137-141.
- NEVILLE, A. M. & KENNEDY, J. B. (1964). Basic Statistical Methods, Int. Textbook Co., Scranton. Pennsylvania. pp. 325.
- NILAN, R. A. & KONZAK, C. F. (1961). Increasing the efficiency of mutation induction. Mutation and Plant Breeding NAS/NRC.



Pub. 891, 437-460.

- NILAN, R. A. (1964). The cytology and genetics of barley. 1951-1952. Monographic Supplement n<sup>o</sup> 3., Washington State University., 32: 1-278.
- NISHMURA, Y., NUZEKI, H. & SAITO, T. (1952). X-ray induced mutations in barley. Jap. J. Breeding, 1: 210-214.
- NYBON, N. (1970). Manual on Mutation Breeding, pp.141-147.
- PANDA, B. S. (1981). Success in mutation breeding of sesame. Mutation Breeding Newsletter, 18: 10-11.
- PARLEVLIET, J. E. (1981). Disease resistance in plants and its consequence for plant breeding. Plant Breeding II. Ed. Frey, K. J., Iowa State, University Press, Ames USA ISBN0 -8138-1550, 9: 309-364.
- PATIL, S. H. & CHANDRA MOULI (1979). Mutation research on groundnut in India. Proc. Symp. on The Role of Induced Mutations in Crop Improvement, Osmania University, Hyderabad, India (Set., 10-13, 1979), 221-241.
- PAWAR, S. E., THAKRE, R. G. & JOSHUA, D. C. (1979). Improvement of seed size in an early cultivar of pigeon pea ( Cajanus cajan (L.), Millsp.). Proc. Symp. on The Role of Induced Mutations in Crop Improvement, Osmania University, Hyderabad, India (Set., 10-13, 1979), 188-197.
- PONTECORVO, G. (1958). Trends in Genetic Analysis. Columbia University Press, New York, pp. 145.
- PRASAD, M. V. R. , KRISHNASWAMI, R. & SWAMINATHAN, M. S. (1967). Nitroso guanidine, a potent mutagen in barley. Curr. Sci., 36: 438-439.
- PRASAD, M. V. R. (1968). Studies on induced mutants in

Triticum species. Ph.D. Thesis, I.A.R.I., New Delhi.

- PRASAD, M. V. R. (1972). A comparasion of mutagenic effectiveness and efficiency of gamma rays, EMS, NMU and NG. Indian J. Genet., 3(32):360-366.
- PRASAD, M. V. R. (1972a). Differential response of some tetraploid species of Triticum to mutagens. Indian J. Genet. and Plant Breeding., 3(32): 368-372.
- PRASAD, M. V. R. (1972b). Use of induced mutants for grain characters in durum wheat breeding. Curr. Sci., 15(41):570-571.
- PRASAD, M. V. R. (1972c). Mutation and recombination of key characters in tetraploid species of Triticum. Indian J. Genet., 1(33): 30-33.
- PRASAD, M. V. R. (1972d). Studies on induced mutants with reference to species relationship in some tetraploid Triticums. Theoretical and Applied Genetics, 42: 160-167.
- PRASAD, M. V. R. (1976). Induced mutants in green gram. Indian J. Genet., 2(36): 218-222.
- PRASAD, M. V. R., KAUL, S. & JAIN, H. K. (1984). Studies on induced mutants of peanut (Arachis hypogaea L.) for canopy and pod bearing characters. Indian J. Genet., 44 (em pu**blicaçã**o).
- PRASAD, M. V. R. , MAMEDE, F. B. F. & da SILVA, F. P. (1984a). Mutational improvement on peanut. Pesq. Agr. Bras., 19(8): (em publica**ç**ão).
- RAMALINGAM, R. S. (1980). Frequency and spectrum induced mutations in chillies. Anales del Inst. Nac. de Investigaciones Agrarias. Ser. Agríc., 13: 59-66.

- RAMANNA, M. S. & NATARAJAN, A. T. (1966). Chromosome breakage induced by alkyl-alkane-sulfonates under different physical treatment conditions. Chromosoma, 18: 44-59.
- RAO, R. N. & NATARAJAN, A. T. (1965). Mutagenicity of some alkyl alkane sulfonates in barley. Mutation Res., 2: 132-148.
- RAO, C. H. (1974). Studies on induced variability in Pigeon pea. Ph.D. Thesis. I.A.R.I., New Delhi, pp. 71.
- REDDY, C. S. & RAO, N. G. P. (1979). Induced mutations and their role in sorghum improvement. Proc. Symp. on The Role of Induced Mutations in Crop Improvement, Osmania University, Hyderabad, India (Set., 10-13, 1979), 109-120..
- REDDY, C. S. & SMITH, J. D. (1981). Induced systematic mutations and their significance in evolution of sorghum. Indian J. Genet., 41: 334-339.
- RIEGER, R. & MICHAELIS, A. (1960). Chromatiden aberrationen nach Einwirkung von Ethyl methane sulfonate (Meltranssulfonsureathlester) auf Primarwurzeln von Vicia faba L. Kulturpflanze., 8: 230-243.
- RUBAIHAYO, P. R. (1975). The use of gamma-ray-induced mutations in Phaseolus vulgaris (L.). Z. Pflanzenzuchtg., 75: 257-261.
- SHASTRY, S: V. S. & RAMAIAH, K. (1961). Citogenetical effects of X-rays, thermal neutrons and  $\beta$ -particles on Oryza sativa L. Indian J. Genet., 21(1):43-51.
- SALNIKOVA, T. V. & ZEZ, N.N. (1965). Types of dominant mutations induced by chemical mutagens. (Agrohimiya, 2(2):142-154). Pl. Breed. Abst., 35(4): 6090.
- SAINI, R. G. & GUPTA, A. K. (1979). Induced mutation for disease resistance. Proc. Symp. on The Role of Induced Mu-

- tations in Crop Improvement, Osmania University, Hyderabad, India (Set. 10-13, 1979), 375-382.
- SATO, M. & GAUL, H. (1967). Effect of ethyl methanesulfonate on the fertility of barley. Rad. Bot., 7: 7-15.
- SAVIN, V. N., SWAMINATHAN, M. S. & SHARMA, B. (1968). Enhancement of chemically induced mutation frequency in barley through alteration in the duration of presoaking of seeds. Mutation Res.
- SAX, K. (1918). The behaviour of chromosomes in fertilization. Genetics., 3: 309-327.
- SCARASCIA, G. T., AVANZI, S., BOZZINI, A., CERVIGHI, T., D'AMATO, F., DONINI, B. & GLACOMELI, M. (1961). Effect of radiation and chemical mutagens in durum and bread wheats. Effects of Ionizing Radiations on Seeds. I.A.E. A., Vienna, 1961, 387-401.
- SHAMA RAO, H. K. & SEARS, E. R. (1964). Chemical mutagenesis in Triticum aestivum. Mutation Res., 1: 387-399.
- SHAMA RAO, H. K. (1979). Role of mutation breeding in sugarcane improvement. Proc. Symp. on The Role of Induced Mutations in Crop Improvement, Osmania University, Hyderabad, India (Set., 10-13, 1979), 334-338.
- SHARMA, B. (1970). Proc. Symp. Use of Radiation and Radiomimetic Substances in Plant Breeding, B.A.R.C., Bombay, India, pp. 13.
- SHARMA, B. (1979). Mutation breeding of grain legumes in India. Proc. Symp. on The Role of Induced Mutations in Crop Improvement, Osmania University, Hyderabad, India (Set., 10-13, 1979), 165-176.
- SHARMA, R. P. (1979). Mutation breeding in barley in India -

achievements, problems and prospects. Proc. Symp. on The Role of Induced Mutations in Crop Improvement, Osmania University, Hyderabad, India (Set., 10-13, 1979), 134-147.

SHROFF, V. N. (1974). Proc. Symp. Use of Rad. Radiosotopes in Studies of Plant Productivity. Pantnagar, 134.

SIDDIQ, E. A. (1967). Induced mutations in relation to the breeding and phylogenetic differentiation of Oryza sativa. Ph.D. Thesis, I.A.R.I., New Delhi.

SIDDIQ, E. A. & SWAMINATHAN, M. S. (1968). Mutational analysis of racial differentiation of Oryza sativa. Mutation Res.

SIGURBJORNSSON, B. & MICKE, A. (1974). Polyploid and Induced Mutations in Plant Breeding, I.A.E.A., pp. 303-343.

SINGER, B. & FRANKEL-CONRAT, H. (1967). Chemical modification of viral RNA-VI. The action of N-methyl-N-nitroso-N-nitrosoguanidine. Proc. Nat. Acad. Sci. U.S., 58: 234-239.

SINGH, K. B. & MALHOTRA, R. S. (1970). Inter-relationship between yield and components in Mung bean. Indian J. Genet., 30: 244-250.

SINGH, R. P., DAULAY, H. S., PRASAD, M. V. R. & SING, H. P. (1974). Hungry drylands of Western Rajasthan need a new technology. Indian Fmg., 23: 5-6.

SINGH, J. (1979). Role of induced mutations in maize improvement. Proc. Symp. on The Role of Induced Mutations in Crop Improvement, Osmania University, Hyderabad, India (Set., 10-13, 1979), 121-133.

SINHA, P. K. & RAHMAN, H. (1979). Promising mutant varieties of groundnut evolved through gamma irradiation. Proc. Symp. on The Role of Induced Mutations in Crop Improvement, Osmania University, Hyderabad, India (Set., 10-13, 1979), 242-247.

- SPARROW, A. H. & EVANS, H. (1961). Nuclear factor affecting radio sensitivity. I. The influence of nuclear size and structure, chromosome complement and DNA content. Brookhaven Symp. Biol., 14: 76-100.
- SPARROW, A. H., CUANY, R. L., MIKSCHE, J. P. & SCHAIRER, L.A. (1961). Some factors effecting the response of plants of acute and chronic radiation exposures. Rad. Bot., 1: 10-34.
- SPARROW, A. H. & WOODWELL, G. M. (1962). Prediction of the sensitivity of plants to chronic gamma irradiation. Rad. Bot., 2: 9-26.
- SREE RAMULU, K. (1970). Induced sistematic mutations in sorghum. Mut. Res., 10: 77-80.
- SRINIVASACHAR, D., SEETHARAM, A. & MALIK, R. S. (1972). Combination of the three characters (high oil content, high iodine value and high oil yield) in a single variety of linseed Linum usitatissimum L. obtained by mutation breeding. Curr. Sci., 41: 169-171.
- STADLER, L. J. (1928). Mutations in barley induced by X-rays and radium. Science, 68: 186-187.
- STEBBINS, G. L. (1950). Variation and Evolution in Plants. New York, Columbia University Press.
- SUBRAMANI, V., SIDDIQ, E. A. & PALANICHAMY, K. (1983). Effective use of base-specific chemical mutagens in rice. Indian J. Genet., 43: 44-53.
- SWAMINATHAN, M. S., CHOPRA, V. L. & BHASKARAN, S. (1962). Chromosome aberrations and the frequency and spectrum of mutations induced by EMS in barley and wheat. Indian J. Genet., 22: 192-207.
- SWAMINATHAN, M. S. (1963). Induced mutations in relation to

- phylogenetic analysis in Triticum. J. Indian Bot. Soc., 42A: 275-282.
- SWAMINATHAN, M. S. (1965). Report of meeting of the symposium "The Use of Induced Mutations in Plant Breeding", F.A.O. Rad. Bot., 5: 65-69.
- SWAMINATHAN, M. S. (1966). Mutational analysis of the hexaploid Triticum complex. Proc. 2nd. Int. Wheat Genet. Symp. (Lund., 1963). Hereditas, Lund., (Suppl.) 2: 418-435.
- SWAMINATHAN, M. S., SIDDIQ, E. A., SAVIN, V. N. & GEORGE VARUGHESE (1968). Studies on the enhancement of mutation frequency and identification of mutations of plant breeding and phylogenetic significance in some cereals. Mutations in Plant Breeding II. I.A.E.A., Vienna, 233-249.
- SWAMINATHAN, M. S. (1973). Basic research needed for further improvement of pulse crops in South-East Asia. Nutricional Improvement of Food Legume by Breeding. Proc. Symp. Sponsored by Protein Advisory Group. (U.N. Rome 3-5 July, 1972), 61-68.
- TICKOO, J. L. & JAIN, H. K. (1979). Breeding high yielding varieties of mung (Vigna radiata (L.) Wilczek) through mutagenesis. Proc. Symp. on The Role of Induced Mutations in Crop Improvement, Osmania University, Hyderabad, India, (Set., 10-13, 1979), 198-204.
- TIPOS DE MUTAGÊNICOS: RADIAÇÕES, QUÍMICOS, COMPARAÇÕES, APLICAÇÕES, ETC ... (s.n.t.).
- UPADHYA, M. D. & TIWARI, S. P. (1979). Induced mutations for potato improvement in India - Current status and scope. Proc. Symp. on The Role of Induced Mutations in Crop Improvement, Osmania University, Hyderabad, India (Set., 10-13, 1979), 313-322.

- VARUGHESE, G. & SWAMINATHAN, M. S. (1968). Sharbati Somora a symbol of the age algeny. Indian Fmg., 17(5): 8-9.
- VAVILOV, N. I. (1951). The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. Chromica Botanica, Leiden, Watham, Massachussetts.
- WALLACE, A. T. (1965). Increasing the effectiveness of ionizing radiations in inducing mutations at the vital locus controlling resistance to fungus Helminthosporium victoriae in oats. The Use of Induced Mutations in Plant Breeding, Symp. Div., Pergamon Press, Oxford, London, Edinburgh, New York, Paris, Frankfurt, Suppl. to Rad. Bot. V. 5, pp.237-250.
- WETTSTEIN, D. von., GUSTAFSSON, A. & EHRENBURG, L. (1959). Mutations forschung und zuchtung Anbeitsgemeinschaft fur Forsch. Des Landes Nordrhein - Westfalen., 73: 7-60.
- YOSHIDA, Y. (1962). Methodological procedures of radiation breeding. I. New methods in autogamous plants following seed irradiation. Euphytica, 11: 95-111.
- YADAVA, T. P. & KUMAR, P. (1979). Scope of induced mutations in solving the breeding problems of major oilseed crops. Proc. Symp. on The Role of Induced Mutations in Crop Improvement, Osmania University, Hyderabad, India (Set., 10-13, 1979), 205-220.
- YAMASHITA, A. & UKAI, Y. (1979). Male sterile mutations of barley induced by ionizing radiations and chemical mutagens. I. Frequency, selection and brief description of sterile mutants induced by gamma-ray irradiation and ethylene-imine treatments on seeds. Japan J. Breed., 29: 101-114.