

CRIAÇÃO DE VARIABILIDADE GENÉTICA NO CARÁTER CICLO VEGETATIVO EM AVEIA: HIBRIDAÇÃO ARTIFICIAL x MUTAÇÃO INDUZIDA

CREATION OF GENETIC VARIABILITY IN THE CHARACTER VEGETATIVE CYCLE IN OAT: HYBRIDIZATION ARTIFICIAL x INDUCED MUTATION

COIMBRA, Jefferson L.M.¹; CARVALHO, Fernando I. F. de²; OLIVEIRA, Antônio C. de²; CHOCOROSQUI, Viviane R.³; GUIDOLIN, Altamir F.⁴

RESUMO

O êxito na seleção de plantas geneticamente superiores está diretamente relacionado com a existência de variabilidade genética. Visando quantificar e avaliar de maneira efetiva a alteração na magnitude da variabilidade genética através de cruzamentos artificiais e mutação induzida, uma análise comparativa foi realizada. O trabalho foi conduzido em telado e a campo, durante os anos agrícolas de 1997/98 e 1998/99 na Universidade Federal de Pelotas. As sementes genéticas de quatro genótipos de aveia hexaplóide (CTC 3, UFRGS 10, UFRGS 14 e UPF 16) foram tratadas com o agente mutagênico químico etilmetanossulfonato. As doses totais utilizadas foram 0, 0,5, 1,5 e 3,0 % v.v por tratamento; paralelamente, foram realizados os cruzamentos artificiais entre os quatro genitores com características de alto potencial de rendimento e alta qualidade de grão. De modo geral, os dados apontaram decréscimo no número de dias entre a emergência e o florescimento com o acréscimo da dose do agente mutagênico aplicado. Os cruzamentos artificiais foram efetivos na alteração da magnitude da variabilidade genética, indicando uma possibilidade de sucesso na seleção de plantas precoces. Os dois métodos avaliados possuem eficiência semelhante na modificação do número de dias entre a emergência e o florescimento. Dentro do intervalo estudado o caráter ciclo vegetativo de plantas apontou maior número de classes fenotípicas na dose mais elevada do agente mutagênico, independente da constituição genética avaliada.

Palavras-chave: *Avena sativa*, EMS, curtose e assimetria.

INTRODUÇÃO

A ocorrência de mutações espontâneas na natureza é de frequência relativamente baixa e de difícil identificação, por estas serem na sua maioria deletérias (ALLARD, 1960). As mutações naturais ocorrem espontaneamente e podem ser profundamente intensificadas pelo emprego de agentes mutagênicos químicos ou físicos, como por exemplo, etilmetanossulfonato ou raios gama (COIMBRA et al. 1999).

Ao contrário das mutações que causam principalmente mudanças na estrutura gênica resultando em variabilidade, a hibridação artificial implica em combinações de genes favoráveis provenientes dos diferentes genitores e assim ambos os processos induzem a criação de variabilidade genética (AHLÖWALA & MALUSZYNSKI, 2001).

Para BRIGGS & KNOWLES (1967) êxito na seleção de plantas, está diretamente relacionado à existência de variabilidade genética, sob pena de impossibilitar o acionamento de mecanismos evolutivos em qualquer espécie

na sua ausência. Dessa forma, em aveia, qualquer método que amplie o reservatório genético da cultura é fundamentalmente importante para o melhoramento desta espécie (VIEIRA et al. 1995).

Neste sentido foi desenvolvida uma pesquisa, visando quantificar e avaliar de maneira efetiva a alteração na magnitude da variabilidade genética para ciclo vegetativo de quatro genótipos de aveia hexaplóide através de duas técnicas avaliadas: cruzamento artificial versus mutação induzida com o agente químico etilmetanossulfonato.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em telado e a campo, durante os anos agrícolas de 1997/98 e 1998/99, na Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). O preparo do solo foi convencional; as sementes genéticas dos genótipos de aveia hexaplóide, CTC 3, UFRGS 10, UFRGS 14 e UPF 16 foram tratadas com o agente mutagênico químico etilmetanossulfonato (EMS), sendo as doses totais utilizadas 0, 0,5, 1,5 e 3,0 (%v/v) por tratamento. Paralelamente foram realizados quatro cruzamentos artificiais entre os quatro genitores estudados (Tabela 1).

Os dados obtidos para o caráter ciclo vegetativo de plantas, referentes às gerações M₂ e F₂ foram quantificados no inverno de 1998 para cada planta em todos os tratamentos e gerações avaliadas. O caráter ciclo vegetativo foi ponderado através da contagem do número de dias após a emergência até a emissão completa da primeira panícula. A observação fenotípica foi realizada individualmente, planta a planta, em todos as gerações.

Em todas as gerações foram estimados os parâmetros assimetria (a), curtose (k), média (μ) e variância (σ^2) para todas as populações avaliadas e, comparadas com o tratamento padrão (dose zero) dentro de cada geração M₂. Na geração F₂ os tratamentos foram comparados com o genitor que recebeu grão pólen. Este procedimento foi realizado com o intuito de eliminar um provável efeito materno. Para comparação das médias e das variâncias foram utilizados os testes de t e F, respectivamente, conforme a metodologia descrita por STEEL & TORRIE (1960):

Estatística F para o teste de homogeneidade de variância
 $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ vs. $H_a: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$, onde:

$$F = (\text{maior de } s_1^2, s_2^2 / \text{menor de } s_1^2, s_2^2)$$

¹ Engenheiro Agrônomo, Doutorando do Curso de Fitomelhoramento da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Rua Marechal Deodoro, 713/305. Centro. Pelotas, RS. 96020-220. coimbrajefferson@pop.com.br.

² Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Prof. da UFPEL, Depto. de Fitotecnia-FAEM. Pesquisador do CNPq.

³ Engenheira Agrônoma, Dra. em Entomologia. Pesquisadora da Embrapa Clima Temperado.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Dr., Prof. da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

(Recebido para Publicação em 25/09/2003, Aprovado em 15/04/2004)

Para o caso em que as variâncias não são homogêneas, tem-se:

$$t = (\mu_1 - \mu_2) / s^2 (1/n_1 + 1/n_2)^{1/2}$$

O número de graus de liberdade associado à estatística t é dado por:

$$n = (s^2_1/n_1 + s^2_2/n_2)^2 / (s^2_1/n_1)^2/n_1 - 1 + ((s^2_2/n_2)^2/n_2 - 1)$$

Para o caso em que as variâncias são homogêneas, tem-se:

$$t = (\mu_1 - \mu_2) / s^2 (1/n_1 + 1/n_2)^{1/2}, \text{ em que:}$$

$$s^2 = ((n_1 - 2) s^2_1 + ((n_2 - 2) s^2_2)) / n_1 + n_2 - 2$$

O número de graus de liberdade associado à estatística t é dado por:

$$n = n_1 + n_2 - 2$$

Para estimar estes parâmetros foram utilizados os procedimentos PROC GLM, REG e TTEST do pacote estatístico SAS. O PROC REG foi utilizado para estimar e avaliar os modelos de regressão lineares com melhor ajuste aos dados. O delineamento experimental utilizado foi o completamente casualizado, utilizando, tanto as repetições quanto à unidade experimental a planta. O comprimento das linhas era de 5,0 m, com espaços entre as linhas de 0,2 m, onde 25 sementes foram semeadas por linha, aproximadamente. Esta determinação, bem como as distribuições de frequências, médias e variâncias foram

obtidas a partir do pacote estatístico SAS (SCHLOTZAUER & LITTELL, 1987).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os cruzamentos artificiais realizados foram efetivos na alteração da magnitude da variância quanto ao caráter ciclo vegetativo de planta e apresentaram assimetria negativa, exceto a população UPF 16 x CTC 3 (Tabela 1). Tal fato evidencia a possibilidade real do melhorista selecionar plantas com ciclo vegetativo mais precoce, pois as estimativas desse parâmetro (a) fornecem uma avaliação de dominância do caráter. Por exemplo, para o cruzamento artificial UFRGS 10 x UFRGS 14, que apresentou a maior variância, a estimativa de assimetria foi muito próxima a zero (-0,179) implicando em ausência de dominância para este caráter e significando que as duas caudas da curva são praticamente simétricas (Figura 1). De modo contrário, a assimetria positiva expressa uma tendência para favorecer a seleção de genótipos com ciclos vegetativos de plantas mais tardios (UPF 16xCTC 3).

Tabela 1 - Assimetria (a), curtose (k), média populacional (μ) e variância (σ^2) do número de plantas avaliadas (n) para o caráter ciclo vegetativo de planta (dias) da geração segregante F₂ oriunda dos cruzamentos artificiais recíprocos dos quatro genótipos UFRGS 10, UFRGS 14, UPF 16 e CTC 3.

Populações	Geração	n	μ	σ^2	a	k
UFRGS 10 x UFRGS 14	F ₂	381	107	26,40 ^{††}	-0,179	3,259
UFRGS 14 x UPF 16	F ₂	225	102 ^{††}	16,70 ^{††}	-1,225	1,199
UPF 16 x UFRGS10	F ₂	366	109	15,57 ^{††}	-1,152	1,174
UPF 16 x CTC 3	F ₂	190	105	14,13 [†]	2,763	22,297
UFRGS 10	Padrão	80	109	5,79	-0,407	-0,654
UFRGS 14	Padrão	186	106	7,16	0,324	-0,993
UPF 16	Padrão	146	107	8,09	-0,344	-0,644

[†] e ^{††} significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste t para as médias e F para variâncias em relação ao padrão.

A curtose é um parâmetro que descreve a forma de uma distribuição de probabilidade. Portanto a estimativa desse parâmetro fornece uma noção do grau de divergência genética dos genitores envolvidos para o caráter ciclo vegetativo de plantas; fundamentalmente esse parâmetro mede o peso das caudas. As distribuições normais têm valores de curtose zero, independentemente da variância; se a curtose adicional for menor do que zero essa curva recebe o nome de platicúrtica e se for maior que zero deve ser chamada de leptocúrtica. Estimativa de curtose superior a zero (leptocúrtica), indica um maior peso das caudas, ou seja, maior amplitude no número de classes fenotípicas evidenciando assim, um maior grau de divergência genética para o caráter estudado. Ainda na Tabela 1 pode ser observado que a população UPF 16 x CTC 3 apontou valores de curtose e assimetria bastante altos. Estes valores podem ser explicados pelo elevado peso da cauda esquerda da curva da distribuição, favorecendo assim, a seleção de indivíduos mais tardios. Aproximadamente 20% do número total de indivíduos avaliados estão situados na cauda esquerda da curva, totalizando 38 observações do número total de indivíduos estudados. Por outro lado, o cruzamento UPF 16 x UFRGS 10 apontou uma estimativa de curtose muito próxima a zero e, conseqüentemente, menor divergência genética entre os genitores envolvidos. Apenas a população proveniente do cruzamento artificial UFRGS 14 x UPF 16

apontou valores inferiores e significativos para a média do caráter avaliado (Tabela 1).

A distribuição de frequências e percentagem do número total de observações, do genitor que recebeu o grão de pólen (padrão) e da primeira geração segregante (F₂), são apresentadas na Figura 1.

Tal procedimento visou eliminar possíveis influências do citoplasma no número de dias entre a emergência e o florescimento desses cruzamentos avaliados. Pode ser observado que todos os cruzamentos artificiais realizados apresentaram uma frequência sempre superior ao padrão. Os cruzamentos artificiais UFRGS 10 x UPF-14 e UPF 16 x CTC 3 apontaram o maior número de classes fenotípicas indicadas pela distribuição simultaneamente em pico e com as caudas mais pesadas. No entanto, pode ser facilmente notado que o cruzamento UFRGS 10 x UFRGS 14 deslocou a curva de frequências para a direita (assimetria de valor negativo); o cruzamento UPF 16 x CTC 3 deslocou a curva de frequências para esquerda (assimetria positiva). Essa informação aliada ao alto valor de curtose fornece uma noção do alto grau de divergência genética para o caráter ciclo vegetativo entre os genitores avaliados.

As alterações provocadas em um caráter através de mutações induzidas podem ser de pequeno ou grande efeito (GAUL, 1964; POEHLMAN, 1986). Macromutações de acordo

com estes autores são alterações facilmente identificadas em uma planta, enquanto as micromutações necessitam de um grupo de indivíduos. Em estudo sobre o efeito de mutações induzidas GREGORY (1967), estabeleceu que os mutagênicos têm campos diferenciados de atuação, e definiu como macromutação as alterações em pequeno número de genes de grande efeito, que provocam alterações nas médias das populações, mantendo a distribuição dos indivíduos; e como

micromutações, as modificações em grande número de genes de pequeno efeito sobre o caráter, provocando alteração nas variâncias das populações. De acordo com BOROJEVIC (1966) e PREDIERI (2001), as distribuições de freqüências das populações irradiadas em comparação com a população padrão, também tem sido utilizada para designar a presença de variabilidade genética e auxiliar na análise das variações ocorridas.

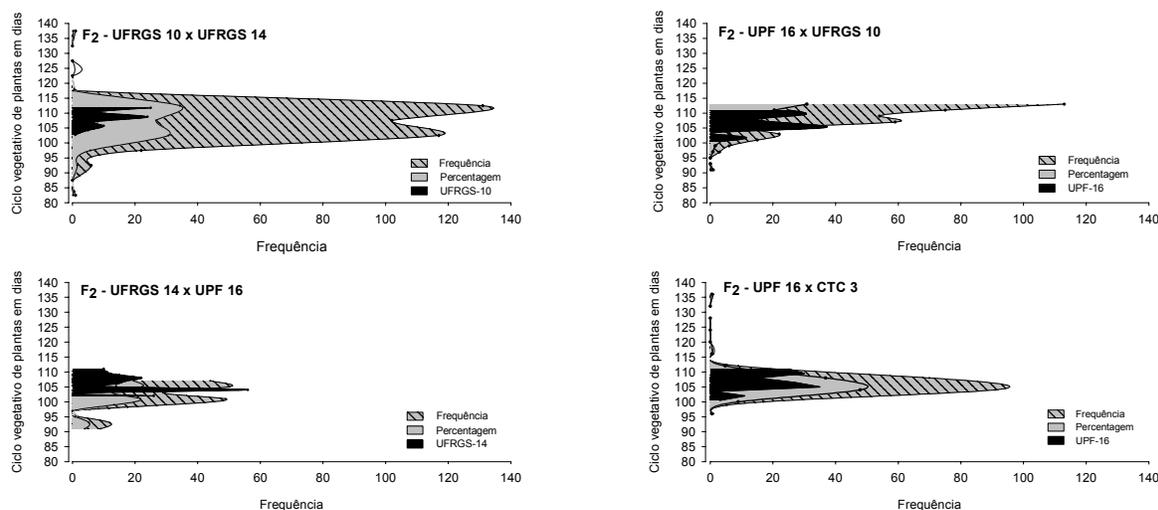


Figura 1 – Distribuição de freqüências e percentagem do número de indivíduos avaliados para o caráter ciclo vegetativo de plantas em dias, na primeira geração segregante (F_2) proveniente de cruzamentos artificial, comparada ao genitor receptor do grão de pólen (padrão).

O comportamento de cada população submetida ao mutagênico químico etilmetanossulfonato (Tabela 2) nas diferentes doses aplicadas para diferenciar os genótipos quanto à resposta ao mutagênico foi variado, sugerindo que este mecanismo de criação de variabilidade genética pode ser empregado na cultura da aveia com êxito. O agente mutagênico (EMS) utilizado foi eficiente na alteração da variabilidade genética nas duas direções, tanto aumentando quanto reduzindo o caráter avaliado. Esta alteração pode ser facilmente visualizada na análise dos quatro parâmetros empregados neste trabalho em relação ao controle. O mutagênico EMS não induziu modificações significativas na média pelo teste de t para os genótipos CTC 3 e UFRGS 10 em nenhuma dose testada. De modo contrário, o teste de F revelou diferenças significativas entre as variâncias de todos os tratamentos mutagênicos em relação ao seu respectivo padrão, exceto para o tratamento UFRGS 10 na dose mais elevada. Os autores MAHR et al. (2003) relatam que as mutações induzidas incrementam tanto a variância fenotípica quanto à variância genética e favorecendo a seleção de genótipos mais precoces e produtivos.

Ainda na Tabela 2, de modo geral quando empregada à dose mais baixa (0,5%) do agente mutagênico ocorreram modificações do caráter ciclo vegetativo de plantas com predominância de genes que conferem um decréscimo no número de dias entre a emergência e o florescimento pleno, de forma semelhante ao observado para geração F_2 . Por outro lado, na dose mais elevada (3,0%) a assimetria apontou valores positivos e elevados para os tratamentos CTC 3 e UFRGS 14 atingindo provavelmente genes que conferem um ciclo vegetativo mais longo especialmente para o genótipo CTC 3. O valor de curtose para o tratamento UFRGS 14

aumentou com o acréscimo da dose, e para o genótipo CTC 3 o menor e o maior dos valores preditos ocorreram nas doses de 0,5 e 3,0, respectivamente. De modo geral, todos genótipos submetidos ao tratamento com o agente mutagênico na dose de 1,5% revelaram ausência de dominância para o caráter avaliado, exceto para o genótipo UFRGS 14 que indicou uma leve dominância para maturação precoce.

Uma tarefa fundamental em muitas análises estatísticas é caracterizar a direção e a magnitude da variabilidade de uma série de dados; sendo assim, uma análise mais profunda dos dados inclui estimativas de assimetria e curtose, sempre associadas à média populacional e a variância. Deste modo, os parâmetros obtidos de dados experimentais são fenotípicos; uma mensuração fenotípica, não é um valor simples de ser obtido, pelo contrário, é composto de diferentes componentes ou efeitos (CRUZ & VENCOVSKY, 1989).

Duas distribuições de dados podem ter a mesma variância, mas uma delas pode apresentar maior concentração dos indivíduos em torno da média, a outra terá naturalmente as caudas mais alongadas e pesadas; isto determina uma maior ou menor grau de curtose (SCHLOTZAUER & LITTELL, 1987). Por exemplo, o genótipo CTC 3 nas doses 1,5 e 3,0 apontou variâncias de 3,09 e 18,50 respectivamente. Sendo assim, o tratamento de menor variância (CTC 3 na dose 1,5%) mostrou um menor grau de curtose (4,130), evidenciando assim, menor grau de variabilidade genética. Além do grau de divergência genética pode ser observado que na dose 1,5 a curva é quase simétrica. Os genótipos UPF 16 e UFRGS 10 nas doses 1,5 e 3,0% empregadas do mutagênico químico alquilante EMS não apontaram diferenças significativas pelo teste de F ($P>0,05$).

Tabela 2 - Assimetria (a), Curtose (k), média aritmética (μ) e variância (σ^2) do número de plantas avaliadas (n) para o caráter ciclo vegetativo de planta (dias) das gerações segregantes M₂ oriundas de tratamentos com diferentes doses do mutagênico químico Etilmetanossulfonato (EMS) dos quatro genótipos de aveia hexaplóide avaliados UFRGS 10, UFRGS 14, UPF 16 e CTC 3.

Populações	Doses (%)	N	μ	σ^2	a	k
CTC 3	0,5	207	105	3,24 ^{††}	-1,180	2,229
UFRGS 10	0,5	198	107	2,78 [†]	-0,640	0,701
UFRGS 14	0,5	176	108 [†]	3,46 ^{††}	-0,498	0,951
UPF 16	0,5	236	103 [†]	4,91 [†]	0,973	2,186
CTC 3	1,5	204	105	3,09 ^{††}	-0,071	4,130
UFRGS 10	1,5	256	108	2,40 ^{††}	0,005	1,236
UFRGS 14	1,5	255	107 [†]	3,46 ^{††}	-0,752	0,570
UPF 16	1,5	212	108	8,62	0,073	0,303
CTC 3	3,0	270	109	18,50 ^{††}	2,319	6,847
UFRGS 10	3,0	62	108	4,47	-0,313	-1,061
UFRGS 14	3,0	261	106 [†]	9,94 ^{††}	1,405	1,721
UPF 16	3,0	215	103 [†]	6,01 [†]	0,314	0,778
CTC 3	Padrão	223	106	7,98	0,223	-0,914
UFRGS 10	Padrão	80	109	5,79	-0,407	-0,654
UFRGS 14	Padrão	186	106	7,16	0,324	-0,993
UPF 16	Padrão	146	107	8,09	-0,344	-0,644

[†] e ^{††} significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste de t para as médias e F para variâncias em relação padrão.

Os resultados da distribuição de frequência para o caráter ciclo vegetativo de plantas quantificadas em dias são apresentados nas Figura 2 e 3. Os quatro genótipos fixos de aveia avaliados na geração M₂ foram oriundos de tratamentos com diferentes doses do mutagênico químico EMS. De modo geral, os dados da distribuição de frequência apontaram respostas diferenciadas no número de classes fenotípicas e, principalmente na amplitude de variação do caráter estudado, comparativamente ao padrão. Para o genótipo CTC 3 na dose mais elevada foi detectada uma variação de 31%; porém, essa variação obtida e analisada separadamente dos outros parâmetros pode causar dificuldades na interpretação dos resultados de um experimento e/ou mesmo levar o pesquisador a tirar conclusões errôneas. Sendo assim, o modo mais apropriado de interpretação destes parâmetros, extremamente influenciados pelo tamanho real da amostra pode ser a associação dos mesmos na hora da interpretação, principalmente com a assimetria e o curtose que revela o grau de achatamento da curva, fornecendo assim, uma idéia real de divergência genética. Para COIMBRA et al. (1998), informações sobre a distância genética são indispensáveis para aumentar a chance de êxito de um programa de melhoramento vegetal, bem como possibilitar reduções de tempo e custo. Portanto a interpretação em conjunto desses valores aumenta a probabilidade de sucesso do melhorista na seleção de genótipos superiores em gerações mais precoces. Assim, tanto quanto maior for o número total de indivíduos que estiverem fora da média, maior é a possibilidade de sucesso do melhorista na seleção. Muitos trabalhos têm relatado que a mutação provavelmente seja causada pelo único gene recessivo e monogênico (JING et al., 2004). Este fato sugere que o processo de retrocruzamento pode ser mais demorado, pois exige autofecundação das plantas intercaladas a cada retrocruzamento, sendo realizado com o propósito de eliminar os genótipos segregantes e ao mesmo tempo selecionar o homocigoto recessivo, alvo da seleção de plantas.

A análise de variância (Tabela 3) para os testes de significância dos componentes linear e quadrático da variância

atribuível à dose do agente mutagênico EMS para cada genótipo avaliado na geração M₂ foi significativa, excetuando a população UFRGS 14. Resultados da análise de variância da regressão para a variável dependente ciclo vegetativo de plantas (Tabela 3) indicam que a variância significativa atribuível à dose para o mutagênico EMS é eminentemente do tipo quadrática. Os coeficientes de regressão foram significativos (P<0,01) para a geração M₂, ocorrendo um aumento na relação com a dose do agente mutagênico e o número de dias entre a emergência e o florescimento no período estudado. Normalmente, pode ser observados um incremento no número de mutantes com acréscimo das doses em ausência de efeitos letais (SCOSSIROLI, 1977). Fato semelhante para cultura do arroz foi relatado pelos autores KIM et al. (2003) que constataram que a irradiação oriunda de raios gama (⁶⁰Co) incrementou o espectro de mutação mesmo no estágio de calos.

Os dados relativos ao ciclo vegetativo de plantas (Figura 4) indicam que a resposta da aveia branca à aplicação do agente mutagênico EMS é quadrática demonstrando assim que para doses mais baixas do agente mutagênico EMS aplicadas nas sementes apresentou acréscimo linear; e à medida que a dose do produto EMS cresce, o acréscimo vai se tornando menor tendendo a estabilizar nas doses mais altas, exclusivamente para este caráter. O comportamento dos genótipos submetidos à dose crescente dos agentes mutagênicos testados é coerente com aquele obtido por RAMIREZ-CALDERÓN et al. (2003) em triticale, COIMBRA et al. (1999) em aveia branca e MAHAR et al. (2003) em trigo. Indicando que, à medida que se aumenta a dose, aumenta o número de dias entre a emergência e o florescimento até certo ponto, excetuando para o genótipo CTC 3 que mostrou um comportamento distinto dos demais. Observando ainda a Figura 4, pode ser vislumbrado que todos os genótipos responderam de forma diferente em relação à dose do agente mutagênico utilizado.

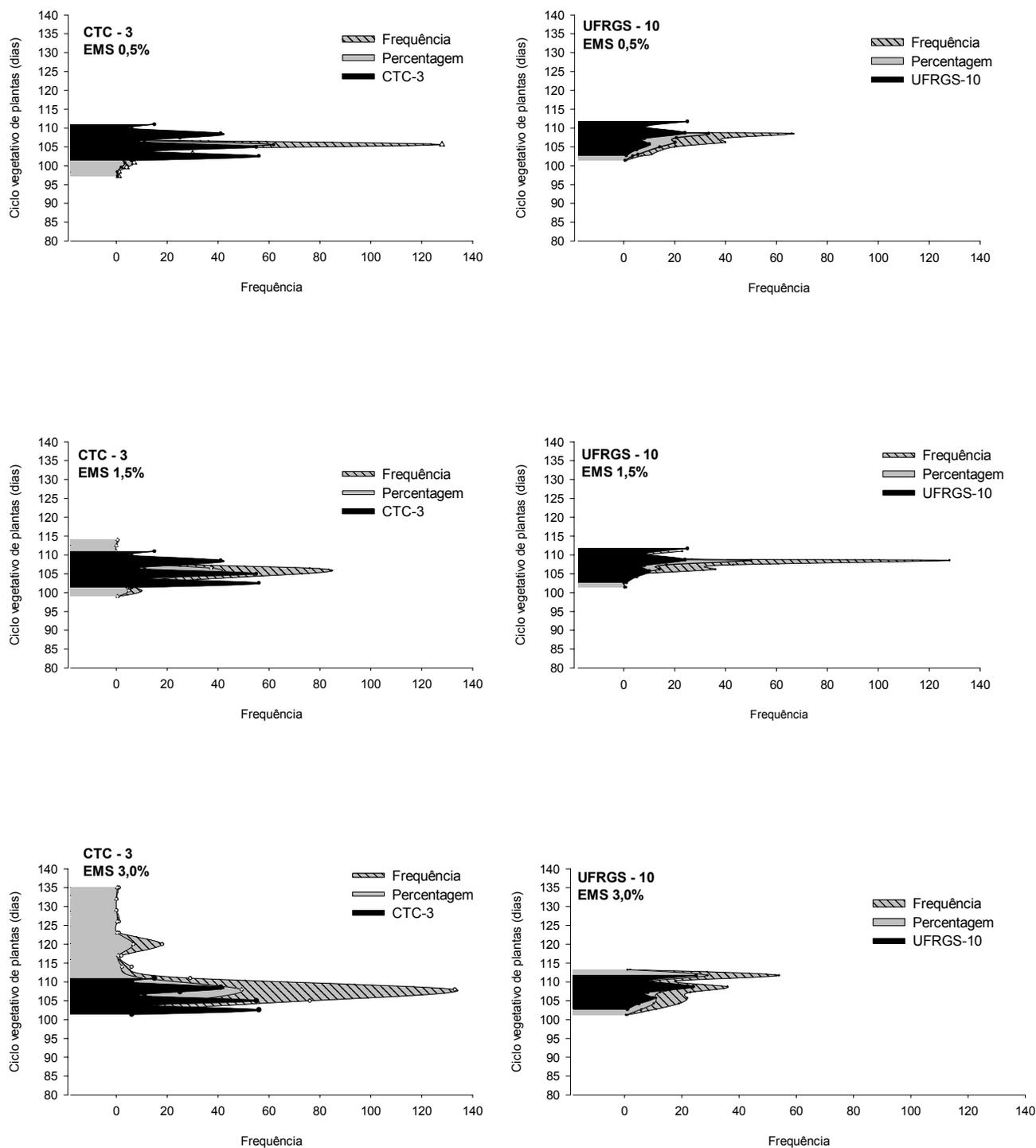


Figura 2 - Distribuições de frequência e porcentagem do número total de indivíduos avaliados para o caráter ciclo vegetativo de plantas em dias para os genótipos CTC 3 e UFRGS 10, na geração segregante (M_2) submetida ao agente mutagênico químico etilmetanossulfonato em três doses distintas, comparadas ao respectivo padrão.

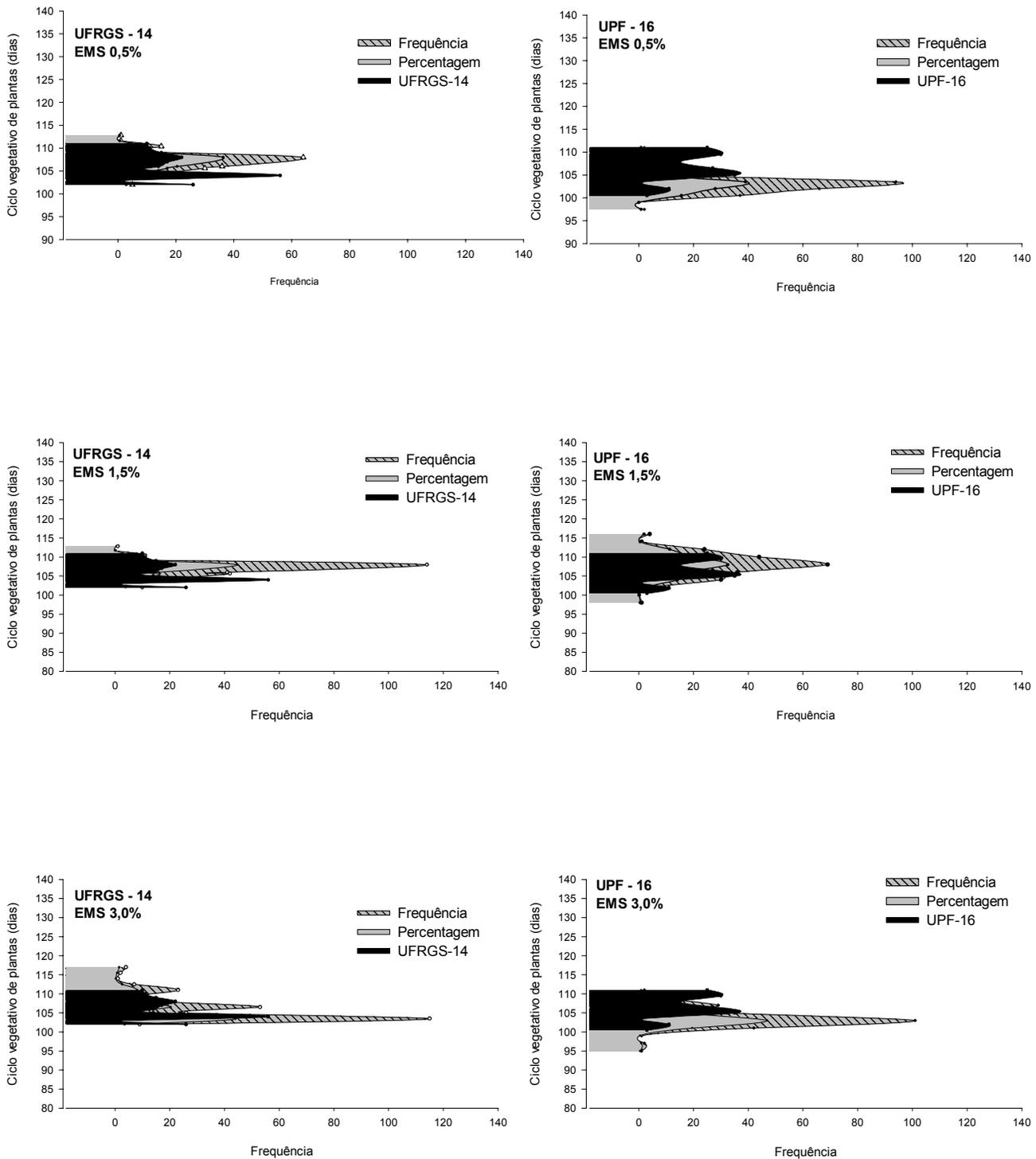


Figura 3 - Distribuições de frequência e porcentagem do número total de indivíduos avaliados para o caráter ciclo vegetativo de plantas em dias para os genótipos UFRGS 14 e UPF 16, na geração segregante (M_2) submetida ao agente mutagênico químico Etilmetanossulfonato em três doses distintas, comparadas ao seu respectivo padrão.

Tabela 3 - Resultados da análise da variação da regressão para a variável dependente ciclo vegetativo de planta (dias) na geração M₂ para os testes de significância dos componentes linear e quadrático da variação atribuível ao efeito da dose do agente mutagênico Etilmetanossulfonato (EMS).

Fonte	CTC 3		UFRGS 10		UFRGS 14		UPF 16	
	GL	QMA ¹	GL	QMA	GL	QMA	GL	QMA
Modelo	(2)	1371,5 [†]	(2)	151,8 [†]	(2)	109,8 [†]	(2)	1536,0 [†]
linear	1	64,9 [†]	1	117,0 [†]	1	0,01	1	2857,2 [†]
quadrática	1	287,8 [†]	1	60,6 [†]	1	8,4	1	3052,2 [†]
Erro	678	9,2	637	4,4	689	5,9	660	6,5
Total	680		639		691		662	
Média (cm)	106		108		107		104	
r ²	0,30		0,09		0,05		0,42	
C.V.(%)	2,85		1,95		2,27		2,43	

[†] e [†] significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste de F para variâncias.

¹ QMA - quadrado médio ajustado (Tipo III).

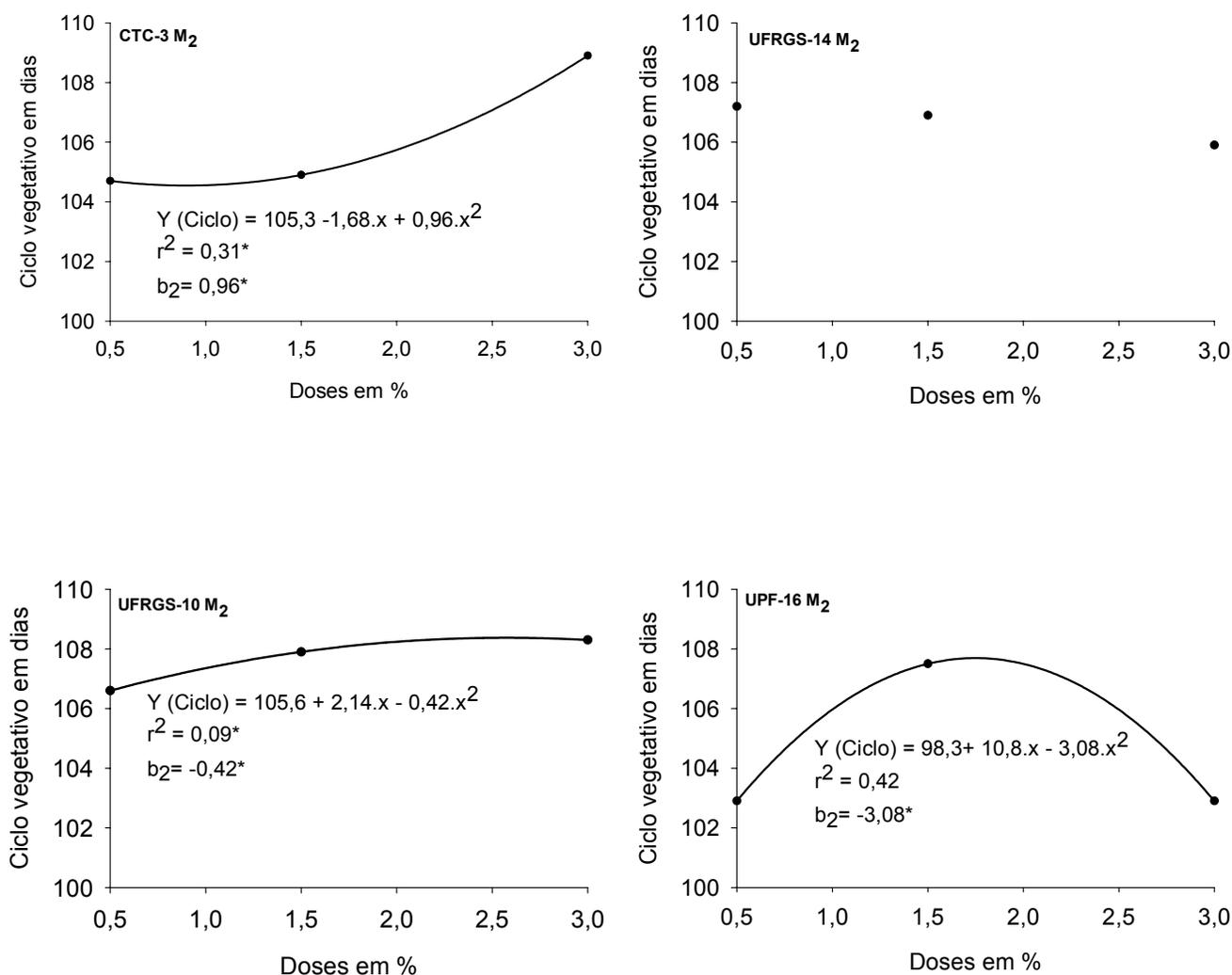


Figura 4 - Regressões ajustadas para o caráter ciclo vegetativo de plantas em dias para a geração segregante (M₂) em três doses distintas do mutagênico químico etilmetanossulfonato (EMS).

Por exemplo, para o genótipo CTC 3 com a aplicação de uma dose de aproximadamente de 0,88 % (v/v) pode ser obtido um valor mínimo estimado em torno de 105 dias entre a emergência e o florescimento. Por outro lado, o genótipo

UFRGS 10 mostrou um ponto de máxima, com a aplicação da dose de 2,55 % (v/v), obtendo valor estimado de 108 dias para este caráter, aproximadamente.

Comparativamente, o mutagênico EMS na geração M₂ incrementou o caráter em doses mais baixas, o contrário do obtido quando empregadas doses mais elevadas. São do ponto de vista prático, os principais efeitos diretos do agente mutagênico etilmetanossulfonato na cultura da aveia.

CONCLUSÕES

Tanto no cruzamento artificial quanto na mutação induzida, a magnitude da variabilidade genética foi alterada, eficientemente, em todas as direções.

Os cruzamentos artificiais UFRGS 10 x UFRGS 14 e UPF 16 x CTC 3 apresentaram a maior divergência genética para o caráter ciclo vegetativo de plantas; sendo que esses cruzamentos favorecem a seleção de genes precoces e tardios, respectivamente.

Os genótipos mutantes apontaram uma sensibilidade diferenciada em relação à dose do agente mutagênico. O agente mutagênico EMS incrementou o número de classes fenotípicas na dose mais alta, independentemente da constituição genética avaliada.

ABSTRACT

The success in the selection of genetically superior plants is directly related to the existence of genetic variability. Aiming to quantify and to evaluate in an effective way the changes in magnitude of genetic variability through artificial crossings and induced mutation, a comparative analysis was made. The work was conducted under net house and yield conditions, during the agricultural years of 1997/98 and 1998/99 at the Universidade Federal de Pelotas. The genetic seeds of four hexaploid oat genotypes (CTC 3, UFRGS 10, UFRGS 14 and UPF 16) were treated with the chemical agent mutagenic ethyl methanesulphonate (EMS). The absorbed total doses were 0; 0,5; 1,5 and 3,0% v.v for treatment; on the other and, the artificial crossings were accomplished among the four parents of high yield potential and high grain quality. In general, the data pointed to a decrease in vegetative cycle with the increase on the mutagenic agent dosis. The studied artificial crossings were effective in changing the magnitude of the genetic variability; indicating possibility of success in the selection for earliness. Both methods evaluated possess similar efficiency in altering the number of days between emergency and flowering. Within the studied interval the character vegetative cycle of plants showed larger number of phenotypic classes in the highest dose of the mutagenic agent, independent of the evaluated genetic constitution.

Key words: Avena sativa L., EMS, Asymmetry and kurtosis.

REFERÊNCIAS

AHLOOWALIA, B.S.; MALUSZYNSKI, M. Induced mutation: a new paradigm plant breeding. **Euphytica**, Wageningen, v. 118, p.167-173, 2001.
ALLARD, R.W. **Principles of plant breeding**. 3. ed. Nova York: J. Wiley, 1960. 485p.
BOROJEVIC, K. Studies on radiation-induced mutations in quantitative characters of wheat (*Triticum vulgare*). In: MUTATIONS IN PLANT BREEDING. **Proceedings...**, 1966, Vienna: IAEA, 1966, p.15-38.

BRIGGS, F.N.; KNOWLES, P.F. **Introduction to plant breeding**. New York, Renhald Publishing, 1967. 426p.
COIMBRA, J.L.M.; CARVALHO, F.I.F.; COSTA, F.L.C. et al. Sensibilidade de genótipos de aveia (*Avena sativa* L.) na primeira geração após tratamento de sementes. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.5, n.1, p.43-53, 1999.
COIMBRA, J.L.M.; GUIDOLIN, A.F.; CARVALHO, F.I.F. Coeficientes de trilha, correlações canônicas e divergência genética: I. Entre caracteres primários e secundários do rendimento de grãos em genótipos de feijão preto (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.4, n.2, p.189-194, 1998.
COIMBRA, J.L.M.; MARCHIORO, V.S.; LORENCETTI, C. et al. Comparação dos efeitos de agentes mutagênicos na primeira geração M₁ em genótipos fixos de aveia (*Avena sativa* L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.5, n.1, p.12-18, 1999.
CRUZ, C.D.; VENCOVSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, n.1, p. 425-438, 1989.
GAUL, H. Mutations in plant breeding. **Radiation Botany**, Great Britain, v. 4, p.155-232, 1964.
GREGORY, W.C. Mutation breeding. In: FREY, K.J. (ed.). **Plant breeding**. 2. ed. Ames: Iowa State University, 1967. Cap. 5. p.189-217.
JING, J.; CHENG, Z.; ZHANG, H. et al. Preliminary study on a gravity-insensitive rice mutant. **Journal of Zhejiang University Science**. China, v. 5, n. 2, p. 144-148, 2004.
KIM, D.S.; LEE, I.S.; HYND, D.Y. et al. Detection of DNA instability induced from tissue culture and irradiation in *Oryza sativa* L. by RAPD analysis. **Journal of plant biotechnology**. Coréia, v. 5, n. 1, p. 25-31, 2003.
MAHAR, A.R.; HOLLINGTON, P.A.; VIRK, D.S. et al. Selection for early heading and salt-tolerance in bread wheat. **Cereal Research Communications**, Hungria, v. 31, n.1-2, p. 81-88, 2003.
POEHLMAN, J.M. **Breeding field crops**. 3ª ed. Westport Avi. Publ., p. 486. 1986.
PREDIERI, S. Mutation induction and tissue culture in improving fruits. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**. Boston, v.64, p.185-210, 2001.
RAMIREZ-CALDERÓN, J.J.; CERVANTES-SANTANA, T.; VILLASENOR-MIR, M.E. et al. Selection para componentes del rendimiento de grano en Triticale Irradiado. **Agrociencia**, México, v. 37, n. 6, p. 595-603, 2003.
SCHLOTZAUER, S.D.; LITTELL, R.C. **Sas system for elementary statistical analysis**. Cary: Sas Institute Inc. 1987. 399p.
SCOSSIROLI, R.E. Mutations in characters with continuous variation. In: International Atomic Energy Agency: **MANUAL ON MUTATION BREEDING**. 2. ed. Vienna: IAEA., 288p., 1977. Cap.6. p.118-123.
STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1960. 633p.
VIEIRA, G.S.; GOULART, L.R.; VIGLIONI, P.J.C. et al. Modification of morphofolical traits of common beans through gamma-ray irradiation: Analysis of three consecutive generations. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 18, n.4, p. 599-604, 1995.