

SELEÇÃO DA VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO EM MILHO (*Zea mays* L.)*

Antônio Vander Pereira
José Domingos Galvão
José Carlos Silva
Antônio Américo Cardoso**

1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho, no Brasil, ocupa posição de destaque, e são grandes os esforços empregados no sentido de aumentar sua produtividade. Nesse aspecto, importantes progressos têm sido obtidos; contudo, muitos fatores, como acamamento de plantas, uso de baixas densidades de plantas, de variedades tradicionais e de tratamentos culturais inadequados, têm limitado a obtenção de boa produtividade, nas condições de plantios comerciais.

Uma das práticas que têm sido causa dos maiores rendimentos obtidos na cultura do milho é a utilização de densidade elevada de plantas, associada a altos níveis de fertilidade (5, 6, 10). No entanto, à medida que se eleva a densidade de plantas, a competição entre elas tende também a aumentar. Como resultado desse aumento de competição, que se estabelece por nutrientes, água, luz, bióxido de carbono e outros fatores de crescimento, há tendência para aumento do número de plantas sem espigas, redução do número de plantas que sobrevivem até o final do ciclo e aumento do número de plantas acamadas e quebradas (5, 6, 10). Nos plantios densos, a uniformidade de porte das plantas de milho é de grande importância para a produção, segundo Donald, citado por DUNCAN (2). Segundo esse autor, as plantas mais baixas são intensamente sobreadas, e seu crescimento, cada vez mais lento, freqüentemente as converte em plantas improdutivas. Diante

* Parte da tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor, como uma das exigências do curso de Fitotecnia, para obtenção do grau de «Magister Scientiae».

Recebido para publicação em 13/09/1978.

** Respectivamente, Pesquisador da Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária, Professores Titulares e Professor Adjunto da U.F.V.

dessas circunstâncias, acredita-se que a uniformidade de germinação das sementes deva desempenhar papel importante na homogeneização do desenvolvimento das plantas, em altas densidades.

A velocidade de germinação pode ser também vantajosa em solos argilosos e pobres em matéria orgânica, nos quais o ressecamento da camada superficial, após as chuvas, causa o aparecimento de crostas duras antes da emergência das plântulas. No caso de sementes de germinação precoce, a emergência poderá ocorrer antes que as condições do solo se tornem obstrutivas, limitando o aparecimento das plântulas na superfície.

MILLAN *et alii* (8), trabalhando com a variedade de milho 'Piranão', constataram alta herdabilidade da velocidade de germinação, 96, 71% no sentido amplo e 56,34% no sentido restrito. Tal fato evidencia a importância dos fatores genéticos na determinação desse caráter e mostra que a população pode ser modificada por um procedimento simples de seleção intrapopulacional, como a seleção massal.

Este trabalho teve por objetivo obter germoplasmas de germinação precoce e tardia, mediante seleção na variedade de milho 'Piranão', visando à uniformização da germinação e emergência das plântulas.

2. MATERIAL E METODOS

2.1. Material

Foi usado o material experimental selecionado por MILLAN *et alii* (8) no milho 'Piranão' MS-III — HS-II (três gerações de seleção massal e duas de seleção entre e dentro de famílias ou progênies de meios-irmãos), mediante o Delineamento I, de COMSTOCK e ROBINSON (1), a partir de 88 machos, cada um cruzado com 6 fêmeas, obtendo-se 528 progênies. As progênies foram submetidas, por MILLAN *et alii* (8), à seleção para velocidade de germinação precoce e tardia, em germinador, num experimento com duas repetições, sendo cada uma representada por uma placa de Petri com 10 sementes. Foi feita uma pressão de seleção de 10% entre as progênies e de 20% dentro das progênies, para a germinação precoce e a tardia. As plântulas selecionadas foram levadas ao campo e recombinadas mediante cruzamentos, planta por planta, dentro de cada grupo de seleção, obtendo-se as populações do Ciclo I, que foram usadas neste estudo.

2.2. Métodos

Na população do Ciclo I de seleção para germinação precoce, obtida por MILLAN *et alii* (8), foi realizada uma seleção massal estratificada para obtenção do Ciclo II precoce. Também por esse método de seleção foi obtido o Ciclo I de seleção para germinação tardia, a partir da variedade 'Piranão' original, em razão da perda do material do Ciclo I inicialmente selecionado por MILLAN *et alii* (8).

A seleção para cada sentido de germinação foi realizada com 250 amostras de 10 sementes, colocadas em placas de Petri. As sementes foram colocadas sobre papel absorvente, mantido sempre úmido, estando as sementes com o embrião voltado para cima a fim de facilitar as observações de germinação. As placas foram distribuídas, ao acaso, sobre prateleiras, que foram levadas a um germinador com temperatura de $30 \pm 1^\circ\text{C}$. As contagens foram realizadas a intervalos de 24 horas, a partir da colocação do material no germinador. Tinha-se como germinada a semente que tivesse emitido a radícula e cujo coleóptilo tivesse começado a emergir. A seleção para germinação precoce foi realizada retirando-se, de cada placa de Petri, a primeira semente germinada; para germinação tardia, a última.

As sementes selecionadas foram transplantadas para o campo e posteriormente recombinadas, por cruzamentos planta por planta, dentro de cada grupo de seleção. Novo teste de germinação, incluindo população original (S_0), Ciclo I, de germinação tardia (S_{It}), e Ciclos I e II, de germinação precoce (S_{Ip} e S_{IIp}), foi realizado, em germinador, à temperatura de $30 \pm 1^\circ\text{C}$, utilizando o delineamento em blocos casualizados, com 25 repetições. Para cada parcela (placa de Petri com 10 sementes), o número médio de dias para germinação foi calculado segundo o critério

$$\text{rio de Kotowski, citado por HEYDECKER (7): } N = \frac{\sum(D_i \times N_i)}{\sum N_i},$$

em que N é o número médio de dias para germinação; D_i é o número correspondente ao dia i , contado a partir do dia zero da colocação das sementes no germinador; N_i é o número de sementes germinadas no dia i .

A herdabilidade realizada (H_r) e os ganhos reais (G_r) devidos à seleção para germinação precoce e tardia foram calculados segundo a fórmula mencionada por FALCONER (3):

$$H_r = \frac{G_r}{S}$$

G_r = ganho real (média da progênie dos indivíduos selecionados menos a média da população de referência).

S = diferencial de seleção (média dos indivíduos selecionados menos a média da população de referência).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Teste de Germinação

Vê-se no Quadro 1 a distribuição da velocidade de germinação, a média e o desvio-padrão das populações 'Piranão' originais, o Ciclo I, de seleção para germinação tardia, e os Ciclos I e II, para germinação precoce. A análise de variância do teste de velocidade de germinação apresentou diferenças significativas entre os ciclos quanto ao tempo médio de germinação. Os resultados médios obtidos no teste de velocidade de germinação, para a população original e os ciclos de seleção, encontram-se no Quadro 2. Verifica-se que as progênies de germinação tardia obtiveram um tempo médio de germinação semelhante aos da população original e do Ciclo I precoce. A população do Ciclo II de seleção para germinação precoce apresentou um período médio de germinação significativamente menor que os dos outros Ciclos. Entretanto, não foi observada diferença entre o Ciclo I de germinação precoce e a população original.

Os resultados obtidos indicam que a seleção massal não apresentou efetividade em separar germoplasmas de germinação tardia no primeiro ciclo de seleção. Os dados encontrados não concordam com os de MILLAN *et alii* (8) e PATERNIANI e TOLEDO (9). Consideram-se várias as causas que explicam o insucesso, tais como o próprio método de seleção empregado (seleção massal), no qual a avaliação dos indivíduos é feita com base no fenótipo individual apenas (sem controle de progênie). Dessa forma, a eficiência da seleção vai depender da maneira com que o fenótipo reflete o genótipo; além do mais, nas condições em que foi realizada

QUADRO 1 - Distribuição de frequência da velocidade de germinação (em dias), em germinador, e médias de população original (S_o), Ciclo I de seleção "tardia" (S_{It}) e Ciclos I e II de seleção "precoce" (S_{Ip} e S_{IIp})

Dias para germinar	% de sementes germinadas			
	S_o	S_{It}	S_{Ip}	S_{IIp}
2,50 - 2,75	4,0	0,0	4,0	24,0
2,75 - 3,00	16,0	12,0	24,0	32,0
3,00 - 3,25	68,0	64,0	56,0	40,0
3,25 - 3,50	4,0	20,0	4,0	0,0
3,50 - 3,75	8,0	4,0	12,0	4,0
Média e desvio-padrão do "Piranão" original:			3,120 \pm 0,32	
Média e desvio-padrão do Ciclo I de seleção "tardia":			3,169 \pm 0,17	
Média e desvio-padrão do Ciclo I de seleção "precoce"			3,065 \pm 0,25	
Média e desvio-padrão do Ciclo II de seleção "precoce":			2,868 \pm 0,19	

a seleção, algumas sementes de germinação tardia talvez não tenham sido selecionadas, em consequência do ataque de fungos. O período de 6 dias para germinação das sementes mais tardias, sob condições de alta umidade e temperatura, facilitou o ataque de fungos, impedindo a germinação de algumas sementes que talvez pudessem ser selecionadas. Em adição, sabe-se que um único ciclo de seleção não permite avaliar, de forma definitiva, as mudanças ocorridas na população. Segundo FALCONER (3), com número restrito de ciclos de seleção pode-se chegar a conclusões diferentes daquelas que se conseguiriam com um número maior de ciclos.

O Ciclo II de seleção para germinação precoce exibiu um tempo médio de germinação significativamente menor que os dos outros ciclos, mostrando a eficiência da seleção nesse sentido e a eficácia do método empregado. Assim, a continuidade da seleção deve ser levada a efeito visando a reduzir e homogeneizar o período médio de germinação das sementes do milho 'Piranão'.

3.2. Estimativa dos Parâmetros Genéticos

As herdabilidades realizadas, os ganhos reais e os diferenciais de seleção para velocidade de germinação encontram-se no Quadro 3. Ao comparar as herdabilidades para germinação precoce e germinação tardia, observa-se superioridade de 7,74% para a primeira. A seleção para germinação precoce apresentou ganho real de 0,2 dias, ao passo que, no sentido tardio, mostrou ganho real de apenas 0,06 dias. Esses resultados sugerem maior facilidade de resposta para a seleção no sentido precoce. Embora se comparem ciclos de seleção diferentes, se forem desprezadas as possíveis diferenças de variabilidade genética entre eles, a resposta assimé-

QUADRO 2 - Velocidades médias de germinação (em dias) referentes às 25 repetições do teste de velocidade de germinação, em germinador, incluindo população original (S_o), Ciclo I de seleção "tardia" (S_{It}) e Ciclos I e II de seleção "precoces" (S_{Ip} e S_{IIp})*

	S_{It}	S_o	S_{Ip}	S_{IIp}
	3,40	3,20	3,60	2,50
	3,00	3,20	3,10	3,10
	3,33	3,00	3,12	2,70
	3,20	3,10	3,10	3,00
	3,60	3,10	2,77	2,77
	3,20	3,10	3,00	2,70
	3,40	3,00	2,77	2,80
	3,10	3,44	3,00	3,20
	3,20	3,10	3,11	2,50
	2,90	3,10	3,30	3,20
	3,20	3,22	3,55	2,75
	3,00	2,75	3,20	3,00
	3,20	2,90	3,00	2,90
	3,10	2,60	3,10	2,88
	3,20	3,10	3,00	2,70
	2,90	3,10	3,55	3,00
	2,90	2,90	2,80	3,00
	3,20	3,00	2,75	3,00
	3,10	3,22	2,70	2,80
	3,40	3,10	3,20	2,80
	3,20	3,22	2,80	2,80
	3,00	3,20	2,80	2,90
	3,20	3,10	3,10	2,60
	3,30	3,75	3,11	3,11
	3,00	3,50	3,11	3,00
\bar{X}	3,169	3,120	3,065	2,868
TUKEY				
(5%)	a	a	a	b

* Em cada ciclo de seleção, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si.

QUADRO 3 - Herdabilidades realizadas, ganhos reais e diferenciais de seleção para velocidade de germinação na obtenção do Ciclo II, precoce (S_{IIp}), e Ciclo I, tardio (S_{It})

Herdabilidade realizada	(Hr)	20,53%
No sentido precoce	(Hrp)	24,40%
No sentido tardio	(Hrt)	16,66%
Ganhos reais	(Gr)	0,13 dias
No sentido precoce	(Grp)	0,20 dias
No sentido tardio	(Grt)	0,06 dias
Diferencial de seleção	(S)	0,60 dias
Para os indivíduos precoces	(Sp)	0,82 dias
Para os indivíduos tardios	(St)	0,36 dias

trica apresentada pode ser explicada por desigualdade nos diferenciais de seleção: o diferencial de seleção divergiu entre as linhas selecionadas em sentidos opostos, uma vez que a «seleção natural» possivelmente ajudou a seleção artificial num sentido e prejudicou no outro. No caso da seleção «tardia», algumas sementes não germinaram em razão do ataque de fungos, por isso não foram selecionadas, diminuindo assim o diferencial de seleção nesse sentido. Teoricamente, há outras explicações possíveis para uma resposta diferencial, conforme FALCONER (3): dominância direcional — os alelos dominantes em cada loco podem ser, em sua maioria, os que afetam o caráter numa direção; frequência gênica direcional — os alelos mais frequentes em cada loco podem ser os que afetam o caráter numa direção; seleção a favor dos heterozigotos — se a seleção numa direção favorece heterozigotos em muitos locos, ou em poucos locos com efeitos importantes, a resposta poderia ser lenta numa direção, à medida que as frequências gênicas se aproximassem dos seus valores de equilíbrio. Dessa forma, a resposta na outra direção seria rápida, até que os alelos favorecidos se aproximassem da fixação.

A direção da assimetria de resposta é variável, conforme FALCONER (4), mas talvez seja mais comum encontrar herdabilidade menor para seleção no sentido positivo que no negativo, quando o positivo significa favorável e o negativo desfavorável. A assimetria de resposta ocorre se o valor genotípico médio no início da seleção não se encontra no ponto médio entre os dois limites, ou seja, se ele se encontra mais próximo de um limite que do outro. Isso pode ocorrer como resultado de frequências gênicas desiguais (ex.: a frequência gênica dos alelos positivos sendo mais alta que a dos negativos) ou de dominância direcional (ex.: alelos positivos sendo dominantes). Hill, citado por FALCONER (4), menciona outro ponto, que é o efeito do erro de amostragem sobre a estimativa da herdabilidade realizada, relatando que a flutuação gênica pode, geralmente, ser importante fonte de assimetria em respostas à seleção.

A maior herdabilidade realizada e o maior ganho por ciclo encontrados para a germinação precoce parecem indicar maior facilidade seletiva nesse sentido. Dessa forma, seria mais vantajoso, para homogeneizar a germinação da população, uma seleção para germinação precoce que para germinação tardia, dadas as possibilidades de mais rápida uniformização da germinação, pela restrição da variabilidade genética por meio de sucessivos ciclos de seleção.

Outra possível explicação para o fato de ter-se encontrado menor herdabilida-

de realizada e ganho real para germinação tardia seria estar a média da população original mais próxima do limite seletivo no sentido tardio. No milho primitivo, a germinação tardia (talvez ligada a outros mecanismos, como dormência) seria uma vantagem de sobrevivência, estando ligada à garantia da perpetuação da espécie. Contudo, nas condições de reprodução atual, a germinação precoce seria uma vantagem competitiva e, portanto, indicativa de melhor desenvolvimento em condições de plantios comerciais. Dessa forma, o uso de sementes de germinação precoce possibilitaria germinação e emergência antes da formação de crostas obstrutivas em solos argilosos e pobres em matéria orgânica, além do desenvolvimento mais uniforme das plantas em altas densidades populacionais, com conseqüente redução do número de plantas improdutivas, em razão do menor sombreamento das plantas mais atrasadas no seu desenvolvimento.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O trabalho foi realizado com o objetivo de selecionar germoplasmas de germinação precoce e tardia na variedade de milho 'Piranão'. Foram obtidos o Ciclo I, de germinação tardia, e o Ciclo II, de germinação precoce, mediante seleção massal estratificada. A seleção para cada sentido de germinação foi realizada com 250 amostras de 10 sementes, colocadas em placas de Petri, sobre papel absorvente. O papel, no fundo das placas, foi mantido sempre úmido e as sementes foram dispostas com o embrião voltado para cima a fim de facilitar as observações de germinação. As placas foram distribuídas, ao acaso, em germinador regulado para uma temperatura de $30 \pm 1^\circ\text{C}$.

As contagens de germinação foram realizadas a intervalos de 24 horas, a partir da colocação do material no germinador, sendo consideradas as sementes que tivessem emitido a radícula e cujo coleótilo começasse a emergir. A seleção para germinação precoce foi feita retirando-se de cada placa a primeira semente que germinasse; no sentido tardio, foi selecionada a última semente germinada. Recombinando-se as plantas selecionadas dentro de cada grupo (precoce e tardio), obtiveram-se as populações do Ciclo I, para germinação tardia, e do Ciclo II, para germinação precoce. Em novo teste, no germinador, com 25 repetições, foram avaliados o Ciclo I tardio, os Ciclos I e II precoces e o 'Piranão' original.

O modelo de seleção massal aplicado mostrou-se eficiente, como método, na separação dos indivíduos precoces, e o prosseguimento do processo pode levar a uma germinação mais rápida e uniforme.

A seleção de germoplasmas de germinação precoce foi mais efetiva que no sentido tardio, refletindo maior herdabilidade realizada e ganhos encontrados para a germinação precoce.

Embora o ganho encontrado para a germinação tardia tenha sido pequeno, não permitindo diferenciação desse ciclo da população original, uma conclusão definitiva da possibilidade seletiva nesse sentido de germinação só poderá ser feita depois de vários ciclos de seleção, uma vez que com um só ciclo de seleção não se pode avaliar de forma conclusiva as mudanças ocorridas na população.

5. SUMMARY

A study of selection for slow and rapid germination in the brachytic-2 maize variety 'Piranão' was carried out at the Federal University of Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brazil. The stratified mass selection used in this work utilized 250 samples in a germinator at $30 \pm 1^\circ\text{C}$. Each sample consisted of a Petri dish

containing 10 seeds. Observations were made at 24-hours intervals. In the selection for earliness of germination the first seed to germinate in each Petri dish was taken and, for lateness, the last seed to germinate was selected. The recombination among the selected individuals gave the advanced cycles: Cycle I for lateness, and Cycles I and II for earliness.

Germination tests with 25 replications were carried out in the germinator using selections of Cycle I for lateness and of Cycles I and II for earliness, as well as with seeds from the original population.

The results indicated that the selection for earliness was effective, resulting in more rapid and more uniform germination. The selection for lateness was not effective resulting in smaller realized heritability. This differential response to selection may be due to random fluctuation because only one cycle of selection for lateness was used.

6. LITERATURA CITADA

1. COMSTOCK, R.E. & ROBINSON, H.F. Estimation of average dominance of genes. In: *Heterosis*. Ames, Iowa State College Press, 1952. p. 494-516.
2. DUNCAN, W.G. Cultural manipulation for higher yields. In: EASTIN, J.D., HASKINS, F.A., SULLIVAN, C.Y., VAN BAVEL, C.H.M., ed. *Physiological aspects of corn yield*. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy and Crop Science Society of American, 1969. p. 327-373.
3. FALCONER, D.S. *Introduction to quantitative genetics*. London, Oliver and Boyd, 1960. 365 p.
4. FALCONER, D.S. Some results of the Edinburgh selection experiments with mice. In: POLLAK, E., KEMPTHORNE, O. & BAILEY Jr., T.B., ed. *Proceedings of the international conference on quantitative genetics*. Ames., The Iowa State University Press, 1977. p. 101-115.
5. GALVÃO, J.D. & PATERNIANI, E. Comportamento do milho 'Piranão' (braquítico-2) e de milhos de porte normal em diferentes níveis de nitrogênio e populações de plantas. *Experientiae* 20(2):17-52. 1975.
6. GIESBRECHT, J. Effect of population and row spacing on the performance of four corn (*Zea mays* L.) hybrids. *Agronomy Journal*. 61(3):439-441. 1969.
7. HEYDECKER, W. Vigour. In: ROBERTS, E.H., ed. *Viability of seeds*. Syracuse, Syracuse University Press, 1972. p. 209-262.
8. MILLAN, J.A., SILVA, J.C. & GALVÃO, J.D. Herança da velocidade de germinação na variedade de milho 'Piranão'. *Revista Ceres*. 24 (133):278-288. 1977.
9. PATERNIANI, E. & TOLEDO, F.F. Seleção para velocidade de germinação no milho Centralmex. In: *Relatório Científico do Instituto de Genética*, Piracicaba, ESALQ, 1970. p. 113-118.
10. PENDLETON, S.W. & SEIF, R.D. Plant population and row spacing studies with brachytic-2 dwarf corn. *Crop Science*. 1(6):433-435. 1961.