

Capacidade de combinação e efeito recíproco da qualidade de sementes de linhagens de milho pipoca

Pablo Diego Silva Cabral¹; Antonio Teixeira do Amaral Júnior², Henrique Duarte Vieira³, Juliana Saltires Santos⁴, Rodrigo Moreira Ribeiro⁵, Liliam Silvia Candido⁶ e Ismael Lourenço de Jesus Freitas⁷.

^{1,2,3,4,5,6}Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ. ¹pablodscabral@hotmail.com, ²amaraljr@uenf.br, ³Henrique@uenf.br, ⁴julianasaltiresdossantos@yahoo.com.br, ⁵rodrigo.moreira85@yahoo.com.br, ⁶bioliliam@yahoo.com.br, ⁷ismaelljf@yahoo.com.br

RESUMO- Na semeadura, a porcentagem de germinação e o vigor devem ser considerados no cálculo da quantidade de sementes a serem plantadas para atingir o estande ideal por área. Nesse sentido, é de grande importância termos sementes com alta germinação e vigor para obtermos esse estande utilizando a menor quantidade de sementes possível. O objetivo desse trabalho foi avaliar a capacidade geral (C.G.C.) e específica (C.E.C.) de combinação e efeito recíproco (E.R.) para qualidade de sementes de milho pipoca do programa de melhoramento genético da UENF, visando à obtenção de híbridos com maior germinação e vigor. Para tanto, utilizou-se dez linhagens em cruzamento dialélico completo com recíprocos. A qualidade das sementes foi avaliada através dos testes de germinação e de vigor (frio modificado e massa seca das plântulas), de acordo com o modelo III de Griffing. A maior C.G.C. foi obtida pelas linhagens P3 e L70, indicando que essas podem incrementar a qualidade das sementes. Os melhores híbridos, de acordo com a C.E.C., foram: P1xL70, P3xP6 e P8xL70. O E.R. demonstrou que nos híbridos P1xL70 e P3xP6 as linhagens L70 e P3 devem ser utilizadas como fêmea nesses cruzamentos, respectivamente.

Palavras-chave:dialelo, capacidade geral e específica de combinação, germinação e vigor.

Introdução

Uma das causas determinantes da redução do rendimento de produção por área na maioria das espécies cultivadas é o insucesso no estabelecimento do estande, obtendo-se com frequência populações inferiores às recomendadas. Dessa maneira, torna-se importante a consideração da qualidade das sementes para o cálculo da quantidade de sementes a ser distribuída em determinada área de plantio, visando a obtenção do estande ideal. (Marcos Filho, 2005).

A qualidade das sementes pode ser definida como sendo o somatório de todos os atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários que afetam sua capacidade de desempenhar funções vitais, caracterizada pela sua germinação, seu vigor e sua longevidade (Popinigis, 1985). A germinação pode ser definida como sendo a reativação do crescimento do embrião, resultando na ruptura da cobertura da semente e na emergência da plântula e o vigor é a soma de todas as propriedades da semente as quais determinam o nível de atividade e o desempenho da semente, ou do lote de sementes durante a germinação e a emergência de plântulas (ISTA, 1981).

Nesse sentido, os cruzamentos dialélicos podem oferecer informações valiosas, uma vez que através desta metodologia, é possível escolher os parentais mais promissores com base na sua capacidade geral de combinação (C.G.C), específica de combinação (C.E.C.) e efeito recíproco (E.F.) (Griffing, 1956). A C.G.C. é o comportamento médio da linhagem em combinações híbridas em relação a média da população dialélica, sendo esses efeitos devido, principalmente, aos efeitos aditivos dos genes; e a C.E.C. é o comportamento que leva certas combinações a serem superiores ou inferiores em relação à média dos cruzamentos, pela ação de genes não-aditivos. Já o E.R. é a diferença entre o cruzamento e o seu recíproco, onde o fenótipo dos descendentes são influenciados pelo genitor feminino que contribui com o citoplasma.

Assim, os objetivos desse trabalho foram avaliar, por meio de cruzamentos dialélicos, as capacidades geral e específica de combinação e o efeito recíproco de dez linhagens de milho pipoca do programa de melhoramento genético da UENF, para a qualidade de sementes visando a obtenção de híbridos com maior poder de germinação e vigor.

Material e Métodos

Foram utilizadas dez linhagens de milho pipoca, do programa de melhoramento genético da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), descritas na Tabela 1.

Para a obtenção dos híbridos dialélicos, na safra 2011, na área experimental do Colégio Estadual Agrícola Antônio Sarlo, em Campos dos Goyracazes-RJ, as dez linhagens foram plantadas em dez fileiras de 6,00 m de comprimento no espaçamento de 1,00 m entre fileiras e 0,40 m entre plantas. Os tratos culturais foram realizados de acordo com o recomendado por Sawazaki (2001), para a cultura do milho pipoca.

Os cruzamentos controlados foram realizados entre todas as linhagens, ou seja, cada linhagem foi cruzada com as outras nove linhagens, compondo 45 híbridos. Para verificação do efeito recíproco, os 45 híbridos tiveram os genitores invertidos, gerando seus 45 híbridos recíprocos, assim foram avaliados 90 híbridos dialélicos.

As análises de germinação e vigor foram realizadas no Setor de Produção e Tecnologia de Sementes do Laboratório de Fitotecnia da UENF. O teste de germinação (TG) foi realizado com quatro subamostras compostas por 50 sementes para cada repetição de cada tratamento. As sementes foram semeadas entre três folhas de papel-toalha umedecidas com água destilada, utilizando-se a quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco e confeccionados rolos, os quais foram transferidos para incubadora do tipo B.O.D. com

temperatura alternada de 20-30°C conforme Brasil (2009). Após sete dias foi realizada a contagem final onde foram avaliadas porcentagem de plântulas normais (PN) e anormais (PA) e sementes não germinadas (SNG), as plântulas normais foram classificadas em normais fortes (PNft) e normais fracas (PNfr), sendo considerado como plântulas normais fortes aquelas com maior desenvolvimento (de massa e comprimento) do coleóptilo e da raiz, de acordo com Nakagawa (1999).

Para a obtenção da matéria seca (MS), as plântulas consideradas normais (PNft somadas as PNfr) no teste de germinação foram colocadas em sacos de papel devidamente identificados e levados a estufa a 70°C por 48 horas. Em seguida, as mesmas foram pesadas em balança de precisão de 0,0001g, sendo o valor corrigido para média por plântula normal.

O teste de frio modificado (TFM) foi realizado com quatro subamostras compostas por 50 sementes para cada repetição de cada tratamento. A semeadura foi realizada entre três folhas de papel-toalha previamente umedecidas com água destilada, na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos confeccionados foram envoltos por sacos plásticos, permanecendo nessa condição por um período de sete dias em câmara de germinação do tipo B.O.D. em ausência de luz e à temperatura constante de 10°C. Ao término desse período, os rolos foram transferidos para o germinador com temperatura alternada de 20-30°C, por quatro dias (Brasil, 2009). Posteriormente, foi realizada a avaliação computando-se o número de plântulas normais (PNF) e anormais (PNF) e sementes não germinadas (SNGF).

Para a análise estatística, o delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Foram verificados os pressupostos de homogeneidade e normalidade dos erros, para em seguida realizar a análise de variância. Para estimar a capacidade geral e específica de combinação, assim como o efeito recíproco, foi utilizado o modelo III de análise dialélica proposto por Griffing (1956), sendo o modelo considerado fixo. Todas as análises foram realizadas no aplicativo computacional Genes (Cruz, 2006).

Resultados e discussão

Pela análise de variância foi possível verificar efeito significativo para todos os tratamentos em todas as variáveis analisadas. Assim sendo, a soma de quadrados de tratamento foi decomposta em capacidade geral de combinação (C.G.C.), capacidade específica de combinação (C.E.C.) e efeito recíproco (E.R.), sendo que para todos esses efeitos também foram verificados efeitos significativos pelo teste F (Tabela 2). Resultados semelhantes foram obtidos por Moterle et al., (2011a) que trabalhando com análise dialélica

da qualidade de sementes de milho comum observaram significância para a capacidade geral e específica combinação e para o efeito recíproco nos testes de germinação e vigor. A significância dos quadrados médios de C.G.C. e C.E.C. para todas as características analisadas demonstraram a existência de variabilidade genética resultantes de efeitos aditivos e não-aditivos no controle da expressão gênica dessas características.

Os componentes quadráticos relacionados aos efeitos de C.E.C. foram maiores que os relacionados com a C.G.C. para as características PNfr, PA, SNG, PNF, PAF e SNGF, indicando a maior significância dos efeitos não-aditivos em relação aos aditivos (Tabela 2). Esses resultados concordam com os resultados obtidos por Moterle et al., (2011b) que trabalhando com análise dialélica da qualidade de sementes em milho pipoca observaram uma maior importância dos efeitos não aditivos no controle genético das características.

As estimativas dos componentes quadráticos associadas ao efeito recíproco de todos os caracteres foram superiores as associadas a C.E.C., conforme demonstrado na Tabela 2. Isso indica que existe diferença considerável no efeito quando se usa uma linhagem como macho ou como fêmea no mesmo cruzamento. Resultados esses que corroboram com os observados por Moterle et al. (2011b), mas são discordantes dos resultados obtidos por Gomes et al. (2000), que avaliando a qualidade de sementes em milho comum, observaram que as estimativas dos componentes quadráticos associados a C.E.C. foram maiores, em sua maioria, do que as associadas ao efeito recíproco. Porém, esses autores utilizaram em seus cruzamentos, linhagens do mesmo grupo heterótico, ou seja, possivelmente essas linhagens possuem base genética estreita.

De acordo com os efeitos da C.G.C. podemos observar que, para o TG, as linhagens P3, P8, L53, L54, L70 e L76 obtiveram valores positivos para PNft e valores negativos para PNfr, PA e SNG (Tabela 3), sendo que os valores de maior magnitude foram obtidos pela L76, seguida por L70 e P3, respectivamente. Esses resultados indicam que essas linhagens podem contribuir para o aumento da porcentagem de germinação das sementes. Já as linhagens P1, P6, P7 e P10 obtiveram valores negativos para PNft e positivos para PNfr e SNG, sendo que dentre estas apenas a P7 obteve valor negativo para PA, porém de baixa magnitude.

A matéria seca das plântulas pode ser considerada como sendo um teste de vigor das sementes (ISTA, 1981), assim quanto maior a matéria seca das plântulas maior será o vigor das mesmas. Para essa variável foi observado que as linhagens P3, P6, L70 e L76 obtiveram valores positivos para o efeito da C.G.C., porém de baixa magnitude, sendo que a linhagem P3 foi a que obteve maior valor (0,022).

Para o teste frio modificado, que é um teste de vigor, as linhagens P3, L53, L54, L70 e L76 apresentaram valores positivos de efeitos de C.G.C. para PNF e negativos para SNGF (Tabela 3). Dentre estas linhagens, para o caracter PAF, apenas a linhagem L76 obteve valor positivo. A linhagem que mais se destacou foi a P3 com valores de alta magnitude para esse teste, indicando que essa linhagem pode contribuir para aumentar o vigor de sementes. As linhagens P1, P6, P7 e P10 apresentaram valores negativos para PNF, já para PAF as linhagens P1 e P10 obtiveram valores de alta magnitude e positivos, e as linhagens P1, P6, P7 e P8 apresentaram valores positivos para SNGF.

De modo geral, as linhagens P3 e L70 foram as que mais se destacaram com maior efeito de C.G.C. para as características de germinação e vigor. Contudo, Cruz e Regazzi (2004) relataram que nas combinações híbridas com estimativas mais favoráveis de C.E.C. são desejáveis aquelas que envolvam pelo menos um dos genitores que tenha apresentado os maiores efeitos de C.G.C. favorável. Nesse trabalho, de acordo com a C.E.C., as melhores combinações híbridas para ganhos nas características de germinação e vigor foram P1xL70, P3xP6, P6xL76 e P8xL70 (dados não apresentados), ou seja, a maioria dos híbridos promissores apresentaram em sua composição as linhagens P3 e L70.

De acordo com o efeito recíproco e analisando apenas os híbridos em que em pelo menos uma das linhagens com maior efeito de C.G.C. estivesse presente no cruzamento, (híbridos P1xL70, P3xP6 e P8xL70), observou-se que o efeito recíproco para característica PNF obtido pelo híbrido P1xL70 foi de alta magnitude e de sinal negativo (-22,25). Para PAF e SNGF o valor foi de alta magnitude e positivo, 9,75 e 7,12, respectivamente, indicando que, nesse híbrido (P1xL70), para a obtenção de um maior vigor a linhagem L70 dever ser utilizada como fêmea. Para o híbrido P3xP6 foi observado efeito de alta magnitude e positivo para PNF (8,00) e para SNGF um efeito de alta magnitude, mas negativo (-9,25), indicando que nesse híbrido, a linhagem P3 deverá ser utilizada como fêmea. Já para o híbrido P8xL70 não foram observados E.R. de alta magnitude.

Conclusões

Há variabilidade genética para a qualidade das sementes entre as linhagens estudadas, sendo a ação gênica de não aditivos predominante para o caráter.

As linhagens P3 e L70 obtiveram maior efeito de capacidade geral de combinação, enquanto que as melhores combinações híbridas estimadas pelas capacidade específica de combinação foram: P1xL70, P3xP6 e P8xL70.

Existe efeito recíproco pronunciado, devendo o mesmo ser considerado no desenvolvimento de cultivares híbridas. Nos híbridos P1xL70 e P3xP6 as linhagens L70 e P3 deverão ser utilizadas como fêmea nesses cruzamentos, respectivamente.

Literatura Citada

BRASIL, Ministério da Agricultura Agropecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Regras para Análise de Sementes. Brasília, 1992, 365p.

CRUZ, C. D. Programa Genes: versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: Imprensa Universitária, 2006, 648p.

GOMES, M.S.; VON PINHO, E.V.R.; VON PINHO, R.G.; VIEIRA, M.G.C. Estimativas da capacidade de combinação de linhagens de milho tropical para qualidade fisiológica de sementes. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.24 (Edição Especial), p.41-49, 2000.

GRIFFING, J.B. A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. Heredity, v.10, p.31-50, 1956.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). Handbook of vigour test methods. 3.ed., Zürich, 1995. 117p.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de espécies cultivadas. Jaboticabal: Funep, 2005. p.546.

MOTERLE, L.M.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; PINTO, R.J.B.; GONÇALVES, L.S.A.; AMARAL JÚNIOR, A.T. DO AND SILVA, T.R.C. Combining ability of tropical maize lines for seed quality and agronomic traits. Genet. Mol. Res. v.10, n.3, p.2268-2278, 2011.

MOTERLE, L.M.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; PINTO, R.J.B.; GONÇALVES, L.S.A.; RODRIGUES, R.; AMARAL JÚNIOR, A.T. do. Combining ability of popcorn lines for seed quality and agronomic traits. Euphytica (Wageningen) xx,xx 2011.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.) Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1994, 48-85p.

POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. Brasília: Agiplan, 1985, 289p.

SAWAZAKI, E. (2001) A cultura do milho pipoca no Brasil. O Agrônomo, 11-13.

Tabela 1. Descrição das linhagens utilizadas geração de auto-polinização e genealogia.

Linhagens	Geração de auto-polinização	Origem	¹ Tipo da origem
P1	S7	Zélia	HT
P3	S7	CMS-42	C
P6	S7	Zaeli	HT
P7	S7	Zaeli	HT
P8	S7	IAC 112	HSM

P10	S7	IAC 112	HSM
L53	S7	Beija-flor	VPA
L54	S7	Beija-flor	VPA
L70	S7	BRS Angela	VPA
L76	S7	Viçosa-Viçosa	VPA

¹HT= híbrido triplo; C= composto; HSM=híbrido simples modificado; VPA=variedade de polinização aberta.

Tabela 2. Quadrados médios da capacidade geral (C.G.C) e específica de combinação (C.E.C), dos efeitos recíprocos (E.R) e média dos quadrados dos efeitos fixos para os testes de germinação (TG), e frio modificado (TFM) e matéria seca das plântulas (MS).

FV	GL	Quadrados médios							
		TG (%)				MS (g)	TFM (%)		
		¹ PNft	² PNfr	³ PA	⁴ SNG		⁵ PNF	⁶ PAF	⁷ SNGF
Trat	89	835,5**	412,5**	24,1**	242,7**	0,0015**	1265,5**	326,7**	955,2**
C.G.C	9	3060,9**	969,6**	49,19**	369,5**	0,0052**	4676,6**	490,9**	2903,5**
C.E.C	35	379,3**	259,1**	15,45**	147,3**	0,0006**	611,6**	306,0**	455,4**
E.R	45	745,3**	420,5**	25,8**	291,5**	0,0016**	1091,9**	310,0**	954,3**
Erro	267	82,94	11,23	0,28	1,72	0,0001	172,6	3,88	7,04
Média dos quadrados dos efeitos fixos									
C.G.C		46,53	14,97	0,764	5,747	0,000081	70,37	7,61	45,25
C.E.C		37,04	30,99	1,896	18,19	0,000067	54,86	37,76	56,05
E.R		82,79	51,15	3,19	36,22	0,000192	114,91	38,26	118,41

¹Plântulas normais fortes, ²plântulas normais fracas, ³plântulas anormais, ⁴sementes não germinadas, ⁵plântulas normais do teste frio modificado, ⁶plântulas anormais do teste frio modificado, ⁷sementes não germinadas do teste frio modificado. **significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 3. Estimativa dos efeitos da capacidade geral de combinação (•i) e desvio padrão (D.P.) das dez linhagens genitoras (LG) para os testes de germinação (TG) e frio modificado (TFM) e matéria seca das plântulas (MS).

LG	TG (%)				MS (g)	TFM (%)		
	¹ PNft	² PNfr	³ PA	⁴ SNG		⁵ PNF	⁶ PAF	⁷ SNGF
P1	-9,463	4,013	1,484	3,719	-0,010	-18,172	5,494	12,897
P3	4,834	-1,269	-0,516	-2,672	0,022	9,703	-2,350	-6,650
P6	-13,213	7,653	0,844	4,438	0,001	-8,656	-1,272	9,506
P7	-2,838	1,153	-0,078	1,031	-0,003	-4,031	-1,225	3,944
P8	1,459	-1,081	-0,297	-0,281	-0,005	-1,234	-0,569	0,584
P10	-0,713	0,856	1,094	-0,906	-0,005	-0,375	3,416	-3,088
L53	1,741	-1,097	-0,594	-0,250	-0,001	6,703	-3,350	-3,181
L54	2,678	-0,097	-0,016	-1,688	-0,005	6,891	-0,459	-6,572
L70	6,819	-3,597	-0,609	-2,281	0,004	6,313	-1,678	-4,416
L76	8,694	-6,534	-1,313	-1,109	0,003	2,859	1,994	-3,025
DP	1,08	0,397	0,063	0,155	0,0008	1,558	0,233	0,313

¹Plântulas normais fortes, ²plântulas normais fracas, ³plântulas anormais, ⁴sementes não germinadas, ⁵plântulas normais do teste frio modificado, ⁶plântulas anormais do teste frio modificado, ⁷sementes não germinadas do teste frio modificado. **significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.