

Desempenho agronômico de novos híbridos de milho-pipoca no Noroeste do Estado do Paraná, Brasil

Rafael Augusto Vieira^{1*}, Marcos de Araújo Rodovalho¹, Carlos Alberto Scapim¹, Dauri José Tessmann¹, Antônio Teixeira do Amaral Júnior² e Lucas Souto Bignotto¹

¹Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. ²Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: rfavieira@msn.com

RESUMO. Em milho, variações de desempenho agronômico são comuns em ambientes distintos, havendo resposta ainda mais diferenciada em híbridos simples. Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de novos híbridos simples de milho-pipoca, desenvolvidos pelo Programa de Melhoramento da Universidade Estadual de Maringá, no noroeste do Paraná. Para isso, avaliaram-se as características agronômicas de rendimento de grãos, capacidade de expansão, altura de planta, altura de espiga, resistência à ferrugem polissora (*Puccinia polysora*), à helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*) e à mancha branca (*Phaeosphaeria maydis/Pantoea ananas*). O experimento foi conduzido em blocos completos, com tratamentos ao acaso com três repetições, em Maringá-PR, na safra 2006/2007. Os tratamentos foram 27 híbridos de linhagens S₅ e as cultivares BRS Angela, IAC 112 e Jade. Constataram-se diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os híbridos para todas as características avaliadas. O híbrido proveniente da combinação das linhagens C e K expressou os melhores índices de rendimento de grãos e capacidade de expansão e foi susceptível à ferrugem polissora. Os híbridos provenientes das linhagens L, H e K destacaram-se com relação à resistência à ferrugem polissora, enquanto os híbridos da linhagem G foram mais resistentes à helmintosporiose, e os das linhagens M e G, à mancha branca.

Palavras-chave: *Zea mays* L., rendimento de grãos, capacidade de expansão, doenças foliares.

ABSTRACT. Agronomic performance of new popcorn hybrids in Northwestern Paraná state, Brazil. In maize, variations on agronomic performance in distinct environments are common and more evident for one-way hybrids. The objective of this work was to evaluate the performance of new one-way popcorn hybrids developed by the Breeding Program of the State University of Maringá, in northwestern Paraná. The characteristics evaluated were: grain yield, popping expansion, plant height, ear height and the intensity of Southern rust (*Puccinia polysora*), Northern leaf blight (*Exserohilum turcicum*), and phaeosphaeria leaf spot (*Phaeosphaeria maydis/Pantoea ananas*). The assay was carried out into randomized block design with three replications in Maringá, state of Paraná, Brazil, during the 2006/2007 cropping season. The treatments were 27 simple popcorn hybrids obtained from S₅ endogamic inbreds and commercial cultivars BRS Angela, IAC 112 and Jade. Significant differences ($p \leq 0.05$) were verified among hybrids for all characteristics. The hybrid from C and K inbreds presented better indexes for grain yield and popping expansion; and was susceptible to Southern rust. About diseases, the hybrids from the L, H and K inbreds showed greater resistance levels to Southern rust, and hybrids from G inbred had better Northern leaf blight resistance. Hybrids from L and M inbreds showed better phaeosphaeria leaf spot resistance.

Key words: *Zea mays* L., grain yield, popping expansion, leaf diseases.

Introdução

O milho-pipoca é um alimento bastante apreciado no Brasil e apresenta valor comercial superior ao do milho comum (SIMON et al., 2004; SCAPIM et al., 2006; VILELA et al., 2008). No entanto, o número limitado de genótipos acessíveis

ao produtor e o cultivo comercial modesto quanto à área e tecnologia de produção são os fatores que mais favorecem a importação de grãos, sobretudo dos Estados Unidos da América (FREITAS JÚNIOR et al., 2006; RANGEL et al., 2007; RANGEL et al., 2008).

Para o milho-pipoca, a capacidade de expansão dos grãos tem importância fundamental, e é definida pela razão entre o volume expandido e a massa de grãos utilizada para a expansão. Genótipos com maiores índices de capacidade de expansão têm maior valor comercial, devido a maior textura e a maciez da pipoca (ZINSLY; MACHADO, 1987).

Para a recomendação de genótipos superiores de milho-pipoca, porém, os melhoristas nacionais têm dispensado atenção não apenas à capacidade de expansão, que tem nos efeitos da aditividade sua maior expressão – embora não se descarte a ocorrência de dominância bidirecional (VILARINHO et al., 2003) –, mas também ao aprimoramento do patamar de rendimento de grãos, relacionado a efeitos de dominância. Em particular ao rendimento de grãos, pelos princípios da genética quantitativa, os efeitos de dominância que controlam a característica e o quadrado da diferença das frequências alélicas entre os genitores são função da heterose (FALCONER; MACKAY, 1997).

Um dos principais objetivos do programa de melhoramento genético de milho-pipoca é o aproveitamento da heterose por meio da obtenção de híbridos de linhagens (SEIFERT et al., 2002; FREITAS JÚNIOR et al., 2006; SCAPIM et al., 2006; PEREIRA et al., 2006; PEREIRA et al., 2008). A heterose é reconhecidamente uma boa opção de manipulação de efeitos gênicos pelos melhoristas. Como exemplo, tem-se que a inserção do híbrido simples modificado IAC 112 no mercado brasileiro contribuiu para a redução das importações de grãos e sementes de milho-pipoca (SCAPIM et al., 2006; RANGEL et al., 2007).

Desempenhos diferenciados quanto às características agrônomicas foram constatados entre híbridos intervarietais experimentais, populações experimentais e variedades comerciais de milho-pipoca submetidos a ambientes distintos (VENDRUSCOLO et al., 2001). Os diferentes desempenhos são fortemente vinculados aos efeitos significativos para os ambientes e para a interação entre genótipos e ambiente, o que ratifica o comportamento diferenciado no aproveitamento dos estímulos ambientais favoráveis.

Freitas Júnior et al. (2006), ao avaliarem em dois ambientes o desempenho de 15 híbridos intervarietais provenientes de esquema de cruzamento dialélico circulante, concluíram que somente duas combinações foram de interesse para obtenção de segregantes superiores. Nesse aspecto, em se tratando de híbridos simples, a base genética mais estreita permite resposta ainda mais diferenciada para ambientes distintos (PINTO et al.,

2007; AGUIAR et al., 2008).

Outro contexto de relevância em estratégias de melhoramento visando à recomendação de genótipos superiores é a avaliação da reação às doenças. O uso de genótipos de maior nível de resistência é, sem dúvida, a medida principal e mais vantajosa para o controle dos principais patógenos que causam danos ao milho-pipoca.

Posto isso, realizou-se este trabalho, que tencionou avaliar o desempenho de novos híbridos simples de milho-pipoca, desenvolvidos pelo Programa de Melhoramento de Milhos Especiais da Universidade Estadual de Maringá, no noroeste do Estado do Paraná, tendo como base para comparação as características agrônomicas de rendimento de grãos, capacidade de expansão, altura de planta, altura de espiga, além da reação à ferrugem polissora (*Puccinia polysora* Underw.), à helmintosporiose [*Exserohilum turcicum* (Pass.) Leonard e Suggs] e à mancha branca [*Phaeosphaeria maydis* (Henn.) Rane, Payak & Renfro /*Pantoea ananas* (Serrano) Mergaert et al.].

Material e métodos

O ensaio foi conduzido na safra 2006/2007, em Maringá, Estado do Paraná, a 23°21' de latitude Sul, 52°04' de longitude Oeste e 510 m de altitude, em área experimental pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM). O delineamento experimental adotado foi em blocos completos, com tratamentos ao acaso em três repetições. As parcelas experimentais consistiram de uma linha de semeadura de 5,0 m de comprimento, considerada como parcela útil. As parcelas receberam adubação padrão de 50 kg ha⁻¹ de K₂O, 20 kg ha⁻¹ de N e 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na semeadura e 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura, aos 30 dias após a emergência das plantas. O espaçamento entre linhas foi de 0,90 m, com densidade de semeadura de cinco sementes por metro linear. A semeadura foi realizada no dia 04 de dezembro de 2006 e a colheita, aproximadamente, aos 110 dias após a semeadura. Os tratos culturais foram realizados conforme a necessidade, seguindo as recomendações para a cultura do milho.

Os tratamentos constaram de 27 híbridos simples de milho-pipoca, desenvolvidos pelo Programa de Melhoramento de Milhos Especiais da Universidade Estadual de Maringá, e mais três cultivares (BRS Angela, IAC 112 e Jade), utilizadas como testemunhas. Os híbridos foram provenientes do cruzamento de linhagens em quinta geração de endogamia, extraídas do híbrido simples modificado IAC 112 e do genótipo de genealogia desconhecida denominado zaeli. A obtenção dos híbridos foi realizada em 2005/2006, por cruzamentos

controlados de 12 linhagens genitoras, em área próxima à do ensaio, também pertencente a UEM.

Os caracteres agrônômicos avaliados foram: a) rendimento de grãos, obtido pela debulhagem dos grãos da parcela, corrigidos para umidade de 15% e para estande, conforme o método proposto por Schmildt et al. (2001), e transformados para kg ha^{-1} ; b) capacidade de expansão, em mL g^{-1} , analisada em amostra de 30,0 g de grãos, estourada em pipoqueira elétrica com controle automático de temperatura, desenvolvida pela Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária (CNPEDIA), regulada para 237°C , durante 2 min., medindo-se o volume da pipoca expandida em proveta graduada de 2.000 mL. Os grãos submetidos ao estouro foram retirados da parte centro-basal das espigas. Estas amostras e, ainda, a amostra-piloto de 1,0 kg, usada para monitoramento da umidade, foram armazenadas em câmara seca e fria. O procedimento para estimação da capacidade de expansão foi realizado quando a amostra-piloto atingiu umidade próxima a 14%; c) altura de planta, em cm, obtida do nível do solo à inserção da folha bandeira, em seis plantas competitivas da parcela; d) altura de inserção da espiga principal, em cm, expressa pela medida do nível do solo até a inserção da espiga no colmo, nas mesmas seis plantas por parcela; e) resistência genética à ferrugem polissora (*P. polysora*), à helmintosporiose (*E. turcicum*) e à mancha branca (*P. maydis* / *P. ananas*).

A intensidade das doenças para a caracterização da reação dos híbridos foi avaliada por meio da severidade conferida pela infestação natural dos patógenos à campo. Em cada parcela foram amostradas cinco plantas, identificadas na primeira avaliação, e avaliadas três folhas em cada planta (folha localizada na altura da espiga, folha localizada imediatamente abaixo e folha imediatamente acima da espiga). O intervalo entre as avaliações foi de aproximadamente sete dias a partir do florescimento, sendo realizadas três avaliações.

Para a estimativa da severidade de ferrugem polissora, adotou-se a escala diagramática modificada de Cobb. As escalas utilizadas para helmintosporiose e mancha branca fundamentaram-se nas classes de severidade de 0, 2, 4, 7, 13, 23 e 37% e 0, 2, 5, 10, 15, 20 e 35%, respectivamente, conforme proposto por Canteri et al. (1999). Os percentuais de severidade das doenças nas avaliações foram utilizados para estimar a evolução das doenças por meio da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), conforme procedimento proposto por Campbell e Madden (1990).

Para todas as características avaliadas, utilizou-se o teste de Bartlett para verificar a homogeneidade

das variâncias e o método de Kolmogorov-Smirnov para atestar a distribuição dos dados e dos erros. Para o atendimento dos pressupostos de normalidade e homogeneidade, as estimativas de AACPD para as doenças avaliadas foram transformadas para $(\text{AACPD}+1)^{0,5}$.

As inferências das características foram submetidas à análise de variância e as médias foram comparadas por meio do teste LSD (Least Square Difference), em nível de 5% de probabilidade. Posteriormente, para facilitar o entendimento das comparações entre genótipos, aplicou-se o método apresentado por Fasoulas (1983), que consiste no cálculo do número e, ou porcentagem de tratamentos superados estatisticamente por um determinado tratamento, tomando como base os resultados do teste de médias utilizado.

As análises estatísticas foram realizadas por meio do módulo STAT do programa SAS versão 8.2 para Windows.

Resultados e discussão

Os resultados da análise de variância revelaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) para todos os caracteres avaliados (Tabela 1).

Com relação ao rendimento de grãos, o híbrido C x K se destacou por expressar rendimento médio de $3.200,8 \text{ kg ha}^{-1}$, superando estatisticamente 13 outros genótipos, dentre os quais, 11 híbridos UEM (A x M, E x K, F x L, D x M, D x J, A x J, E x M, C x G, B x G, D x G e C x J) e os genótipos comerciais BRS Angela e Jade.

O coeficiente de variação para rendimento (18,48%) esteve dentro dos limites aceitáveis para a experimentação agrícola, segundo a classificação elaborada por Scapim et al. (1995) para a cultura do milho. A média geral de rendimento de grãos no ensaio foi de $2.429,4 \text{ kg ha}^{-1}$, estando em consonância com os valores obtidos por Scapim et al. (2002) e Pinto et al. (2007) para híbridos intervarietais e híbridos de linhagens S₅, avaliados em ensaios conduzidos em Maringá e Campo Mourão, Estado do Paraná.

Em trabalhos realizados nos Estados de São Paulo (SAWAZAKI et al., 2000) e Paraná (PINTO et al., 2007), o híbrido Zélia revelou rendimento de grãos de $3.691,00$ e $1.096,00 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente. Nas regiões norte e noroeste Fluminense, Estado do Rio de Janeiro, o híbrido IAC 112 tem apresentado, em diversos plantios, valores consistentemente inferiores ao potencial produtivo do genótipo em São Paulo (FREITAS JÚNIOR et al., 2006; RANGEL et al., 2007; RANGEL et al., 2008). Isso denota a importância

de genótipos de milho-pipoca adaptados à região do cultivo para a manifestação da capacidade genética para a característica rendimento de grãos. Assim, genótipos desenvolvidos em condições edafoclimáticas e de sistema de produção de uma determinada região, como é o caso do híbrido C x K, podem expressar rendimento superior a cultivares já estabelecidas no mercado, no caso, BRS Angela e Jade.

Tabela 1. Médias estimadas para rendimento de grãos, capacidade de expansão, altura de planta e altura de espiga em novos híbridos e cultivares de milho-pipoca. Maringá, Estado do Paraná, 2006/2007.

Genótipo	Rendimento de grãos		Capacidade de expansão		Altura de planta		Altura da primeira espiga	
	kg ha ⁻¹	n _i ^{1/}	mL g ⁻¹	n _i	cm	n _i	cm	n _i
C x K	3.200,8	13	33,44	8	191	2	96	1
IAC 112	3.175,9	13	32,39	4	216	20	111	12
C x H	3.112,0	11	24,39	0	174	0	87	0
D x L	2.931,6	9	24,78	0	164	0	76	0
B x M	2.925,5	9	28,22	1	208	11	112	13
D x K	2.806,8	7	30,56	3	189	1	92	0
C x M	2.791,6	7	27,50	1	201	7	106	5
D x H	2.724,5	6	15,72	0	184	1	93	1
F x G	2.722,6	6	21,72	0	201	7	103	3
B x L	2.721,8	6	28,89	0	189	1	100	2
A x L	2.697,5	6	23,39	0	176	0	93	1
F x H	2.693,9	6	31,39	4	181	0	83	0
A x K	2.688,5	5	25,89	1	172	0	101	2
B x K	2.600,1	4	27,95	1	196	5	97	1
F x J	2.535,0	4	23,50	0	185	1	92	0
E x G	2.457,4	3	27,78	1	209	15	108	7
A x H	2.453,7	3	19,39	0	186	1	92	0
Jade	2.419,2	2	35,93	16	191	2	103	3
A x M	2.368,2	2	25,89	1	202	7	107	5
E x K	2.299,4	2	26,89	1	189	1	92	0
F x L	2.238,7	2	23,55	0	177	0	86	0
D x M	2.095,1	0	27,61	1	209	15	114	16
D x J	2.090,4	0	30,17	2	184	1	94	1
A x J	1.988,4	0	25,28	1	178	0	88	0
E x M	1.988,4	0	25,39	1	201	7	104	5
C x G	1.897,4	0	26,33	1	203	7	107	5
B x G	1.745,7	0	21,06	0	204	9	111	12
BRS Angela	1.677,7	0	35,39	15	192	2	104	5
D x G	1.441,7	0	24,83	0	195	3	105	5
C x J	1.391,2	0	26,61	1	189	1	97	1
Média geral	2.429,4	.	26,73	.	191	.	98	.
Média híbrida ^{2/}	2.429,9	.	25,86	.	190	.	98	.
Pr > F ^{3/}	<0,0001	.	0,0293	.	<0,0001	.	0,0005	.
CVe ^{4/}	18,48	.	21,75	.	6,24	.	9,97	.
LSD ^{5/}	756,5	.	9,44	.	20	.	16	.

^{1/}n_i = número de genótipos superados estatisticamente pelo genótipo i, com base no teste LSD (p = 0,05). ^{2/}Média para a característica considerando apenas os híbridos UEM. ^{3/}Probabilidade mínima para o efeito de genótipo pelo teste F. ^{4/}Coefficiente de variação experimental, em percentagem. ^{5/}Diferença significativa pelo teste LSD (p = 0,05).

Para a capacidade de expansão, a média dos híbridos UEM testados neste ensaio foi de 25,86 mL g⁻¹, variando de 33,44 mL g⁻¹, obtida para o híbrido C x K, a 15,72 mL g⁻¹, para o híbrido D x H. O híbrido proveniente do cruzamento C x K, desenvolvido pelo Programa de Melhoramento da UEM, exibiu o melhor desempenho quanto a esta característica, superando as médias estimadas para outros oito híbridos UEM (D x H, F x G, A x L, F x J, A x H, F x L, B x G e D x G). Na escala mL mL⁻¹ (volume pipoca/volume amostra), de acordo com Galvão et al. (2000), índices de capacidade

de expansão entre 21 e 26 são considerados bons e acima de 26 são excelentes. Considerando a escala de mL g⁻¹ (volume de pipoca/peso da amostra), no Estado do Paraná, as empacotadoras trabalham com um índice mínimo de 30. Vale ressaltar que os três genótipos comerciais apresentaram médias de capacidade de expansão acima de 30 mL g⁻¹, assim como outros três híbridos UEM (D x J: 30,17 mL g⁻¹; F x H: 30,56 mL g⁻¹; e D x K: 31,39 mL g⁻¹), além do já mencionado C x K.

Vários autores relatam que a capacidade de expansão é correlacionada negativamente com rendimento de grãos e outros caracteres de importância para o rendimento (ZINSLEY; MACHADO, 1987; CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2002; DAROS et al., 2004a e b; SANTOS et al., 2007; SANTOS et al., 2008). Assim, a seleção truncada para um dos caracteres pode provocar efeitos indesejáveis no outro. Entretanto, Daros et al. (2004b) encontraram estimativas de correlação nula entre capacidade de expansão e rendimento de grãos, evidenciando que é possível selecionar para as duas características simultaneamente. Outro fato interessante é que, nos subseqüentes ciclos de seleção recorrente, há tendência de acréscimo na correlação genotípica entre rendimento de grãos e capacidade de expansão, como resultado do aumento na concentração de alelos favoráveis (DAROS et al., 2004b).

No presente trabalho, alguns genótipos que revelaram desempenho superior para rendimento de grãos também o foram para capacidade de expansão; como ocorreu com o híbrido C x K e com os híbridos comerciais Jade (Pioneer Sementes) e IAC 112 (Instituto Agronômico de Campinas). Isso demonstrou que associar rendimento desejável com capacidade de expansão adequada é possível por meio da combinação de linhagens que detenham boa complementariedade alélica para ambas as características.

Apesar de paradoxal para capacidade de expansão, é possível verificar que híbridos de linhagens respondem vantajosamente para qualidade dos grãos e não apenas para rendimento. Possivelmente, isso possa ser explicado pelo fato de que híbridos responsivos ao aumento da capacidade de expansão advenham do cruzamento de linhagens oriundas de populações pouco divergentes, que, por conseguinte, expressaram baixas estimativas de depressão por endogamia para capacidade de expansão e, mesmo, para rendimento de grãos, porém em nível menos acentuado (SIMON et al., 2004; SCAPIM et al., 2006). Conclui-se, pois, que populações que apresentem maior freqüência de alelos favoráveis para as características desejadas devem ser preferidas para extrair linhagens que poderão originar híbridos

de bom desempenho agrônomo. De fato, Amorim et al. (2006), trabalhando com milho comum, observaram alta correlação entre divergência genética e produção de grãos para híbridos interpopulacionais, ao passo que, a associação entre híbridos intrapopulacionais e produção de grãos foi baixa, o que reforça a perspectiva de sucesso, ao menos para produção de grãos, na combinação entre linhagens de diferentes grupos heteróticos. Não por acaso, Balestre et al. (2008) demonstraram menor correlação genética entre rendimento de híbridos duplos, quando comparados com a respectiva correlação entre os híbridos simples que os originaram.

Quanto à altura de planta e altura de inserção da primeira espiga, os genótipos que apresentaram os maiores valores para uma característica também apresentaram para a outra. Com base na correlação positiva que ocorre entre altura de planta e de espiga (CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2002), já era esperado que as plantas mais altas apresentassem inserção de espiga igualmente mais elevada. Observando os resultados dessas características (Tabela 1), verificou-se que mesmo para o híbrido D x M, que apresentou as maiores magnitudes para altura de planta e de espiga (209 e 114 cm, respectivamente), as médias expressas não são limitantes para a colheita. É válido destacar que o híbrido com maiores valores de rendimento e capacidade de expansão (C x K) conteve alturas de planta e de inserção da primeira espiga semelhantes às expressas por Jade e menores do que as reveladas por IAC 112, híbridos comerciais já consolidados no mercado de São Paulo.

No que se refere à reação a doenças, a análise de variância possibilitou a constatação de diferenças significativas entre os genótipos para as três doenças avaliadas – ferrugem polissora, helmintosporiose e mancha branca (Tabela 2).

Com relação à ferrugem polissora, o híbrido proveniente de C x K e outros 15 híbridos UEM (A x J, E x J, B x K, F x H, B x G, E x G, C x G, D x G, B x M, E x M, F x L, F x G, E x M, D x M e A x M) apresentaram índices de AACPD superiores aos das cultivares IAC 112 e BRS Angela, consideradas, respectivamente, medianamente susceptível e medianamente tolerante à doença (EMBRAPA, 2008). Isso permite caracterizar os híbridos UEM supracitados como susceptíveis à ferrugem polissora. Com base na genealogia dos híbridos, também é possível pressupor que a susceptibilidade desses híbridos adveio da contribuição genética das linhagens M, G e C, que originaram híbridos susceptíveis em todos os seus cruzamentos, e da

linhagem F, que conferiu susceptibilidade em 75% de seus genótipos descendentes. Ainda com base na genealogia, pode-se inferir que as linhagens L, H e K apresentam um ou mais genes ou blocos gênicos de resistência à ferrugem polissora, pois alguns híbridos provenientes de cruzamentos dessas linhagens apresentaram nível de resistência superior aos híbridos UEM caracterizados como susceptíveis neste trabalho. Vale ressaltar que as cultivares IAC 112 e BRS Angela foram mais resistentes que o híbrido Jade, o que está em consonância com as informações disponíveis em Embrapa (2008).

Tabela 2. Médias estimadas de área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para ferrugem polissora, helmintosporiose e mancha branca em novos híbridos e cultivares de milho-pipoca^{1/}. Maringá, Estado do Paraná, 2006/2007.

Genótipo	Ferrugem polissora		Helmintosporiose		Mancha branca	
	AACPD	n _i ^{2/}	AACPD	n _i	AACPD	n _i
IAC 112	6,63	0	3,41	5	1,00	0
BRS Angela	7,81	0	4,11	11	1,47	0
C x H	8,67	0	2,90	0	5,86	20
A x L	9,06	0	1,00	0	3,87	4
D x H	9,10	0	5,49	19	6,29	23
B x L	9,26	0	3,70	8	3,60	2
D x L	9,44	0	3,87	8	4,74	9
A x K	9,57	0	4,34	14	2,16	0
B x K	9,89	1	3,38	5	5,02	14
E x K	9,97	1	3,44	5	3,05	0
A x H	10,32	1	3,62	8	2,75	0
D x J	10,41	1	2,20	0	1,91	0
F x J	10,61	1	1,85	0	6,13	22
Jade	10,78	2	1,50	0	2,47	0
A x J	10,87	2	2,23	0	3,76	2
C x J	11,00	2	4,25	11	4,31	7
D x K	11,28	2	4,07	10	2,58	0
C x K	11,43	2	2,17	0	3,19	0
F x H	11,47	2	3,02	0	4,53	9
B x G	11,54	2	1,25	0	1,00	0
E x G	11,61	2	1,00	0	3,83	0
C x G	11,97	3	1,17	0	2,51	0
D x G	12,04	4	1,17	0	2,43	0
B x M	12,05	4	1,99	0	2,32	0
E x M	12,20	5	2,88	0	1,47	0
F x L	12,52	8	1,50	0	2,72	0
F x G	12,87	8	1,40	0	2,76	0
C x M	13,41	10	1,81	0	2,63	0
D x M	13,81	14	4,12	11	1,84	0
A x M	14,57	20	2,25	0	1,74	0
Média geral	10,87	.	2,70	.	3,13	.
Média híbrida ^{3/}	11,15	.	2,67	.	3,30	.
Pr > F ^{4/}	0,0002	.	0,0008	.	0,0003	.
CVc (%) ^{5/}	16,00	.	45,97	.	45,60	.
LSD ^{6/}	2,96	.	2,10	.	2,35	.

^{1/}Valores de AACPD transformados em $(AACPD + 1)^{0,5}$. ^{2/}n_i = número de genótipos mais resistentes estatisticamente quando comparado ao genótipo i, com base no teste LSD (p = 0,05). ^{3/}Média para a característica considerando apenas os híbridos UEM. ^{4/}Probabilidade mínima para o efeito de genótipo pelo teste F. ^{5/}Coefficiente de variação experimental, em percentagem. ^{6/}Diferença significativa, pelo teste LSD (p = 0,05), para os dados transformados.

A helmintosporiose caracteriza-se como uma das principais doenças em milho-pipoca (MIRANDA et al., 2003). Trabalhos relatam a diferentes reações à doença e a existência de alelos para o controle genético por resistência poligênica monogênica (JENKINS; ROBERT, 1961;

MIRANDA et al., 2002; OGLIARI et al., 2005).

Apesar da baixa intensidade de helmintosporiose no ensaio, pela incidência tardia e disseminação lenta nas parcelas do ensaio, pôde-se verificar que os híbridos F x L, F x G, B x G, D x G, C x G, A x L, E x G e a cultivar Jade foram estatisticamente mais resistentes do que oito híbridos (D x M, D x K, C x J, A x H, A x K, B x L, D x L e D x H). Isso permite inferir que o segundo grupo de híbridos UEM supracitado apresenta alta susceptibilidade à doença, já que se verificaram índices de AACPD superiores ao da cultivar Jade, considerada susceptível à helmintosporiose (EMBRAPA, 2008). É possível notar ainda que a maioria dos híbridos UEM caracterizados como mais resistentes do que os híbridos altamente susceptíveis foram obtidos em cruzamentos com a linhagem G. Assim, é possível pressupor a existência de um ou mais genes ou blocos gênicos no genoma da linhagem G, que contribuíram para que seus descendentes expressassem nível de resistência superior aos genótipos classificados como altamente susceptíveis, que, possivelmente, não possuem, ou não expressam, estes mesmos genes ou blocos gênicos.

Para mancha branca, os híbridos C x H, D x H e F x J apresentaram intensidade da doença superior à da cultivar Jade, considerada susceptível (EMBRAPA, 2008), que permite caracterizá-los como altamente susceptíveis. Os híbridos A x L, B x L, C x J, F x H e B x K foram mais susceptíveis que as cultivares BRS Angela e IAC 112, que são, respectivamente, medianamente resistente e resistente à mancha branca (EMBRAPA, 2008), indicando mediana susceptibilidade. Com base na genealogia dos híbridos UEM susceptíveis e altamente susceptíveis e dos híbridos UEM mais resistentes que estes, verificou-se que, cruzamentos com contribuição das linhagens C, D e F conferiram susceptibilidade ou alta susceptibilidade, ao passo que todos os híbridos provenientes de cruzamentos que envolveram as linhagens M e G exibiram intensidade de mancha branca inferior à exibida pelos híbridos susceptíveis, denotando certo nível de resistência, que poderá, posteriormente, ser melhor discriminado em ensaios com maior intensidade de mancha branca. Apesar de a baixa intensidade de mancha branca se constituir no fator principal para que não se discriminem diferenças significativas de resistência entre 20 genótipos testados, esta tem sido uma das principais doenças foliares do milho, disseminada por todas as regiões produtoras. As sementes em época de safrinha e sobre palhada contribuem para o aumento da pressão de inóculo e, assim, para a ocorrência mais intensa dessa e de

outras doenças. Isso reforça a importância da avaliação de doenças nos programas de melhoramento de milho, uma vez que o uso de genótipos resistentes reduz custos de produção na cultura e minimiza riscos à atividade e ao meio ambiente.

Conclusão

O híbrido C x K é promissor para as características de rendimento de grãos e capacidade de expansão, quando cultivado no Noroeste do Paraná, e foi caracterizado como susceptível à ferrugem polissora.

Quanto à resistência a doenças, híbridos provenientes das linhagens L, H e K destacaram-se com relação à ferrugem polissora; os híbridos com contribuição genética da linhagem G se destacaram para helmintosporiose; já os das linhagens M e G, para mancha branca, o que levou a pressupor a existência de um ou mais genes ou blocos gênicos relacionados ao controle genético das doenças nestas linhagens.

Agradecimentos

Ao CNPq e à Fundação Araucária, pelo apoio financeiro.

Referências

- AGUIAR, C. G.; SCHUSTER I.; AMARAL JÚNIOR A. T.; SCAPIM, C. A.; VIEIRA E. S. N. Heterotic groups in tropical maize germplasm by test crosses and simple sequence repeat markers. **Genetics and Molecular Research**, v. 7, n. 4, p. 1233-1244, 2008.
- AMORIM, E. P.; OLIVEIRA-AMORIM, J. B.; SANTOS, A. P. S.; SOUZA, J. C. Genetic distance based on SSR and grain yield of inter and intrapopulational maize single cross hybrids. **Maydica**, v. 51, n. 3, p. 507-513, 2006.
- BALESTRE, M.; MACHADO, J. C.; LIMA, J. L.; SOUZA, J. C.; NÓBREGA FILHO, I. Genetic distance estimates among single cross hybrids and correlation with specific combining ability and yield in corn double cross hybrid. **Genetics and Molecular Research**, v. 7, n. 1, p. 65-73, 2008.
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley & Sons, 1990.
- CANTERI, M. G.; PRIA, M. D.; NASCIMENTO, M. A. **Helmap: software para seleção e treinamento de avaliadores de severidade de doenças na cultura do milho**. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 1999. (Software de acesso livre).
- CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; TAKAHASHI, W.; ENDO, R. M.; PETEK, M. R.; SEIFERT, A. L. Correlações entre caracteres quantitativos em milho pipoca. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 551-554, 2002.
- DAROS M.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; PEREIRA, M. G.; SANTOS, F. S.; GABRIEL, A. P. C.; SCAPIM, C. A.;

- FREITAS JÚNIOR, S. P.; SILVÉRIO, L. Recurrent selection in inbred popcorn families. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 6, p. 609-614, 2004a.
- DAROS, M.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; PEREIRA, M. G.; SANTOS, F. S.; SCAPIM, C. A.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; DAHER, R. F.; ÁVILA, M. R. Correlações entre caracteres agrônômicos em dois ciclos de seleção recorrente em milho-pipoca. **Ciência Rural**, v. 34, n. 5, p. 1389-1394, 2004b.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Comportamento das cultivares de milho disponíveis no mercado brasileiro na safra 2007/08 em relação às principais doenças**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/tabela2.htm>>. Acesso em: 28 abr. 2008.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. **Introduction to quantitative genetics**. London: Longman, 1997.
- FASOULAS, A. C. Rating cultivars and trials in applied breeding. **Euphytica**, v. 32, n. 3, p. 939-943, 1983.
- FREITAS JÚNIOR, S. P.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; PEREIRA, M. G.; CRUZ, C. D.; SCAPIM, C. A. Capacidade combinatória em milho-pipoca por meio de dialelo circulante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 11, p. 1599-1607, 2006.
- GALVÃO, J. C. C.; SAWAZAKI, E.; MIRANDA, G. V. Comportamento de híbridos de milho-pipoca em Coimbra, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 47, n. 270, p. 201-218, 2000.
- JENKINS, M. T.; ROBERTS, A. L. Further genetic studies of resistance to *Helminthosporium turcicum* Pass in maize by means of chromosomal translocations. **Crop Science**, v. 1, n. 6, p. 450-455, 1961.
- MIRANDA, G. V.; SOUZA, L. V.; FIDÉLIS, R. R.; GODOY, C. L.; VAZ DE MELO, A.; GUIMARÃES, L. J. M. Reação de cultivares de milho-pipoca à helmintosporiose. **Revista Ceres**, v. 49, n. 285, p. 513-521, 2002.
- MIRANDA, G. V.; COIMBRA, R. R.; GODOY, C. L.; SOUZA, L. V.; GUIMARÃES, L. J. M.; MELO, A. V. Potencial de melhoramento e divergência genética de cultivares de milho pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 681-688, 2003.
- OGLIARI, J. B.; GUIMARÃES, M. A.; GERALDI, I. O.; CAMARGO, L. E. A. New resistance genes in the *Zea mays* - *Exserohilum turcicum* pathosystem. **Genetics Molecular Biology**, v. 28, n. 3, p. 435-439, 2005.
- PEREIRA, L. K.; MANGOLIN, C. A.; SCAPIM, C. A.; PACHECO, C. A. P.; BONATO, C. M.; MACHADO, M. F. P. S. Malate dehydrogenase isozyme patterns in four cycles of half-sib selection from CMS-43 popcorn variety (*Zea mays* L.). **Maydica**, v. 51, n. 3-4, p. 561-566, 2006.
- PEREIRA, L.K.; SCAPIM, C. A.; MANGOLIN, C. A.; MACHADO, M. F. P. S.; PACHECO, C. A. P.; MORA, F. Heterozygosity following half-sib recurrent selection in popcorn using isoenzyme markers. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 1, [s/p.], 2008.
- PINTO, R. J. B.; SCAPIM, C. A.; BARRETO, R. R.; RODOVALHO, M. A.; ESTEVES, N.; LOPES, A. D. Análise dialéctica de linhagens de milho-pipoca. **Revista Ceres**, v. 54, n. 315, p. 471-477, 2007.
- RANGEL, R. M.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; VIANA, A. P.; FREITAS JÚNIOR, S. P. Prediction of popcorn hybrid and composite means. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 7, n. 3, p. 287-295, 2007.
- RANGEL, R. M.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; SCAPIM, C. A.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; PEREIRA, M. G. Genetic parameters in parents and hybrids of circulant diallel in popcorn. **Genetics and Molecular Research**, v. 7, n. 4, p. 1020-1030, 2008.
- SANTOS, F. S.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; RANGEL, R. M.; PEREIRA, M. G. Predição de ganhos genéticos por índices de seleção na população de milho pipoca UNB2U sob seleção recorrente. **Bragantia**, v. 66, n. 3, p. 391-298, 2007.
- SANTOS, F. S.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; RANGEL, R. M.; SCAPIM, C. A.; MORA, F. Genetic gain prediction of the third recurrent selection cycle in a popcorn population. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 5, p. 651-658, 2008.
- SAWAZAKI, E.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; CASTRO, J. L.; GALLO, P. B.; GALVÃO, J. C. C.; SAES, L. A. Potencial de linhagens de populações locais de milho pipoca para síntese de híbridos. **Bragantia**, v. 59, n. 2, p. 143-151, 2000.
- SCAPIM, C. A.; CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 5, p. 683-686, 1995.
- SCAPIM, C. A.; PACHECO, C. A. P.; TONET, A.; BRACCINI, A. L.; PINTO, R. J. B. Análise dialéctica e heterose de populações de milho-pipoca. **Bragantia**, v. 61, n. 3, p. 219-230, 2002.
- SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. L.; PINTO, R. J. B.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; RODOVALHO, M. A.; SILVA, R. M.; MOTERLE, L. M. Componentes genéticos de médias e depressão por endogamia em populações de milho-pipoca. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 36-41, 2006.
- SCHMILDT, E. R.; CRUZ, C. D.; ZANUNCIO, J. C.; PEREIRA, P. R. G.; FERRÃO, R. G. Avaliação de métodos de correção do estande para estimar a produtividade em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 8, p. 1011-1018, 2001.
- SEIFERT, A. L.; CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; FERREIRA, J. M.; GERAGE, A. C. Análise combinatória de populações de milho pipoca em topcrosses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 771-778, 2002.
- SIMON, A. G.; SCAPIM, C. A.; PACHECO, C. A. P.; PINTO, R. J. B.; BRACCINI, A. L.; TONET, A. Depressão por endogamia em populações de milho-pipoca. **Bragantia**, v. 63, n. 1, p. 55-62, 2004.
- VENDRUSCOLO, E. C.; SCAPIM, C. A.; PACHECO, C. A. P.; OLIVEIRA, V. R.; BRACCINI, A. L.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca na região centro-sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 123-130, 2001.

VILARINHO, A. A.; VIANA, J. M. S.; SANTOS, J. F.; CÂMARA, T. M. M. Eficiência da seleção de progênies S₁ e S₂ de milho-pipoca, visando à produção de linhagens. **Bragantia**, v. 62, n. 1, p. 9-17, 2003.

VILELA, F. O.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; PEREIRA, M. G.; SCAPIM, C. A.; VIANA, A. P.; FREITAS JÚNIOR, S. P. Effect of recurrent selection on the genetic variability of the UNB-2U popcorn population using RAPD markers. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 25-30, 2008.

ZINSLY, J. R.; MACHADO, J. A. Milho pipoca. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. V. (Ed.). **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 413-421.

Received on June 30, 2008.

Accepted on August 7, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.