

Análise Dialélica para Resistência a *Puccinia polysora* Underw. em Milho sob Níveis de Fósforo

Markus Taubinger¹; Aurélio Vaz de Melo²; Gustavo André Colombo³; Otávio dos Santos Limeira Luz⁴; Tiago Mateus Lopes⁵; Eduardo Alves de Faria⁶.

^{1,3}Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Tocantins. Campus Universitário de Gurupi; e-mail: markusagro@uft.edu.br; colombo@uft.edu.br.

²Professor do Curso de Agronomia da Universidade Federal do Tocantins. Campus Universitário de Gurupi, e-mail: aureliovazdemelo@gmail.com,

^{4,5,6}Acadêmico do curso de Agronomia da Universidade Federal do Tocantins. Campus Universitário de Gurupi; e-mail: otaviouft@uft.edu.br; ogaitmateus22@gmail.com; eduardoalves_16@hotmail.com.

RESUMO - A resistência genética é o método mais eficiente de controle das doenças foliares da cultura do milho. Com esse intuito objetivou-se avaliar a capacidade específica e geral de combinação de cultivares de milho quanto à resistência a *Puccinia polysora*, envolvendo oito híbridos comerciais de milho. As combinações híbridas foram avaliadas em delineamento em látice (8x8) e submetidas a dois níveis de fósforo contrastantes: com estresse (34 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e sem estresse (170 kg ha⁻¹ de P₂O₅). A severidade da doença foi avaliada pela área sob a curva de progresso da doença (ASCPD). Os dados foram analisados pelo modelo dialélico de Griffing (modelo 1- genitores, F₁'s e recíprocos). A análise dialélica apresentou efeitos significativos em CGC e CEC. A interação CGC x E e CEC x E não foram significativas. A CGC foi mais importante que CEC nos oito híbridos comerciais avaliados, sugerindo que efeitos genéticos aditivos são mais importantes como fonte de variação na resistência a *P. polysora*. Os híbridos comerciais AG 2040, AG 1051 e IMPACTO, são cultivares com potencial à serem utilizados como fonte de germoplasma à resistência a ferrugem polissora em programa de melhoramento vegetal.

Palavras-chave: ferrugem polissora, resistência a doença, fósforo.

Introdução

A economia Brasileira está embasada na agricultura, tendo esse setor forte impacto na sustentabilidade socioeconômica nacional. Dentre as diversas atividades agrícolas existentes no país, a produção de grãos destaca-se como uma das mais importantes, merecendo atenção à cultura do milho.

A ferrugem-polissora, causada pelo fungo *Puccinia polysora* Underw. é considerada a mais destrutiva das ferrugens que afetam a cultura do milho. Tem sido relatada em muitas áreas tropicais e subtropicais do mundo onde se cultiva o milho (MELCHING, 1975; SHURTLEFF, 1992).

A severidade da ferrugem polissora é favorecida por umidade relativa alta e temperaturas em torno de 27°C (FERNANDES e OLIVEIRA, 2000), condições estas encontradas no Tocantins. Além disso, sua ocorrência fica limitada à altitude abaixo de 700 m, segundo estimativas de Von pinho (1998) essa doença é capaz de reduzir em mais de 50% a produtividade do milho.

Um meio de controle eficiente de doenças na cultura milho é através da resistência genética, devido à grande diversidade genética presente na cultura (BALMER & PEREIRA, 1987). Estimativas da capacidade de combinação em cruzamentos entre linhagens permitem determinar a contribuição de cada uma para resistência, bem como, identificar combinações híbridas de interesse agrônomo.

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a capacidade específica e geral de combinação à resistência a *P. polysora* em grupo de cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas do sul do Tocantins, visando fornecer subsídios ao desenvolvimento de variedades e híbridos resistentes a este patógeno.

Materiais e Métodos

Os experimentos foram conduzidos nas safras 2010/2011 e 2011/2012 na estação experimental da Universidade Federal do Tocantins - UFT, localizada no município de Gurupi-TO. A temperatura média anual é de 29,5 °C, com precipitação anual média de 1804 mm.

No primeiro experimento conduzido na safra 2010/2011, foi realizado a síntese do dialelo completo entre oito cultivares comerciais de milho, considerados adaptados às condições edafoclimáticas da região, oriundos de diferentes empresas (AG 2040, AG 8060, AG 1051, BM 2202, 30F53Y, 30S80, SYN 7316 e IMPACTO), dando origem a 56 combinações híbridas.

O segundo experimento foi realizado na safra 2011/2012, com intuito de avaliar a capacidade de combinação dos híbridos de milho quanto à resistência a ferrugem-polissora (*Pucciniapolysora*).

O delineamento experimental utilizado foi o látice 8 x 8, com duas repetições. A parcela experimental foi constituída de duas linhas de quatro metros de comprimento espaçada em 0,70 metros.

As combinações híbridas foram avaliadas em dois níveis contrastantes de fósforo, sendo eles: sem estresse (170 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e com estresse (34 kg ha⁻¹ de P₂O₅).

Os tratos culturais foram realizados sempre que necessário, de acordo com as recomendações técnicas à cultura do milho (GALVÃO & MIRANDA, 2004).

As avaliações de severidade foram realizadas logo após o florescimento masculino com intervalos de sete dias, totalizando seis avaliações, sendo a última realizada aos 42 dias após o florescimento. Foram avaliadas dez plantas por parcela (ao acaso e no meio das linhas), em condições naturais de infecção, por meio de escala de notas com o intuito de

quantificar a severidade da doença com valores de 1 a 9, respectivamente para 0%, 1%, 2,5%, 5%, 10%, 25%, 50%, 75% e >75% de tecido foliar afetado (AGROCERES, 1996).

O progresso da ferrugem-polissora (*Puccinia polysora*), foi quantificado através do cálculo da área sob a curva de progresso da doença (ASCPD), pela equação de Das et al. (1992), a qual faz relação entre a severidade da doença e a evolução da doença no tempo:

$$ASCPD = \frac{1}{2} [(Y_i + Y_{i+1})/2] * (T_{i+1} - T_i), \text{ onde :}$$

Y = severidade da doença na avaliação i;

T_i = tempo da avaliação i em números de dias após a semeadura;

T_{i+1} = tempo da avaliação i+1.

A metodologia utilizada visando estimar os efeitos de capacidade geral e específica de combinação foi a proposta por Griffing (1956), método 1, utilizando progenitores, F₁'s e recíprocos, foram realizadas as análises dialélicas em cada ambiente.

Todas as análises genéticas estatísticas foram realizadas utilizando o Aplicativo Computacional em Genética e Estatística – Programa Genes versão Windows (CRUZ, 2005).

Resultados e Discussão

Na análise dialélica observa-se efeitos significativos (p<0,01) na capacidade específica de combinação (CEC), e efeitos significativos (p<0,05) na capacidade geral de combinação (CGC), e não significativos nos Recíprocos (ER). Essa significância em ambas as capacidades de combinação indica a existência da variabilidade entre os efeitos da CGC associados a efeitos gênicos aditivos, e entre os efeitos da CEC associados aos não-aditivos. Contudo, os efeitos de CGC foram mais importantes que de CEC nesses cultivares, devido aos valores de seus quadrados médios, onde foi constatado valor de quadrado médio de CGC superior (21533,76) ao de CEC (10956,29).

Na figura 1, podem ser observadas as estimativas de CGC à resistência a ferrugem polissora (*Puccinia polysora*) obtidas na ausência e na presença do estresse de fósforo, sendo esta figura adaptada de Souza (2007), onde que no eixo X, foram plotados os valores de CGC obtidas no ambiente sem estresse (alto P) e no eixo Y as estimativas de CGC encontradas em estresse (baixo P). No quadrante III, observa-se que os cultivares AG 2040, AG 1051 e IMPACTO apresentaram estimativas negativas de CGC em ambos os ambientes. Os valores negativos são desejáveis, uma vez que indicaram que tal parental contribuiu no aumento do nível de resistência em seus descendentes (VIEIRA et al., 2009), ou seja, são genótipos com potencial a serem utilizados como fonte de germoplasma à resistência a ferrugem polissora (*Puccinia polysora*). Já os cultivares BM 2202 e 30S80 apresentaram estimativas negativas

apenas no ambiente sem e com estresse, respectivamente. Os demais cultivares tiveram estimativas positivas em ambos os ambientes. Portanto, não apresentam potencial como genitores em aumentar a frequência de alelos favoráveis à resistência a ferrugem polissora (*Puccinia polysora*).

Com relação à capacidade específica de combinação, valores próximos de zero indicam que as combinações híbridas se comportaram como o esperado em relação à CGC. Por outro lado, altos valores positivos ou negativos de CEC indicam que o desempenho do híbrido é relativamente superior ou inferior às expectativas, com base na CGC (CRUZ et al. 2004).

Os híbridos (AG 2040, AG 1051 e IMPACTO) que obtiveram as melhores estimativas de CGC participaram em 91,3 % dos valores negativos de CEC presentes na tabela 1. Isso significa que esses genitores contribuíram positivamente nos cruzamentos à resistência da ferrugem polissora (*Puccinia polysora*).

As melhores combinações híbridas no ambiente com estresse de fósforo foram: 30F53Y x AG1051 (-53,61); AG 1051 x AG 8060 (-57,85); SYN 7316 x AG 8060 (-58,11)(recíproco); 30F53Y x AG 8060 (-61,22) (recíproco), por apresentarem um valor de CEC duas vezes maior que a média (-26,10) dos valores negativos presentes na tabela 1.

A CEC no ambiente sem estresse apresentou maiores médias negativas de ASCPD, se comparado com o ambiente com estresse. A participação dos híbridos com os melhores valores de CGC foi menor, representado por 72 % dos valores negativos de CEC (Tabela 2). As combinações híbridas mais promissoras de CEC nesse ambiente se originaram de cruzamentos recíprocos, sendo que sua média é duas vezes maior que a média geral (-29,58): IMPACTO x AG 1051 (-76,84); IMPACTO x BM 2202 (-92,23) e SYN 7316 x BM 2202 (-93,93).

Conclusões

Os efeitos da ação gênica aditiva é mais importantes na resistência a ferrugem polissora (*Puccinia polysora*);

Os cultivares AG 2040, AG 1051 e IMPACTO são promissores no aumento da resistência a ferrugem polissora (*Puccinia polysora*);

As melhores combinações híbridas quanto a resistência a ferrugem polissora (*Puccinia polysora*) são: IMPACTO x AG 1051, e 30F53Y x AG1051, AG 1051 x AG 8060, SYN 7316 x AG 8060, 30F53Y x AG 8060, IMPACTO x BM 2202 e SYN 7316 x BM 2202.

Literaturas Citadas

- AGROCERES. **Guia Agroceres de Sanidade**. 2. ed. São Paulo: Sementes Agroceres. 1996. 72 p.
- BALMER, E.; PEREIRA, A. A. P. Doenças no milho. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P. (Ed.). **Melhoramento e produção de milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 597-634.
- CRUZ C. D.; REGAZZI A. J.; CARNEIRO, P.C. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997. 390 p.
- CRUZ, C. D. 2005. Programa Genes-versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa.
- DAS, M. K. Inheritance of slow-rusting resistance to leaf rust in wheat. *Crop Science*, Madison, v. 32, n. 6, p. 1452-1456. 1992.
- FERNANDES, F.T.; OLIVEIRA, E. Principais doenças na cultura do milho. Sete Lagoas: **EMBRAPA-CNPMS**, 2000. 80p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 26).
- GALVÃO, J. C. C. & MIRANDA, G. V. **Tecnologias de Produção de Milho**. UFV, Viçosa, 2004. 336p.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal Biology Science**. v. 09, n. 01, p. 463-493, 1956.
- MELCHING, J.S. Corn rusts: types, races and destructive potencial. In: **Annual Corn And Sorghum Research Conference**, 30., Washington, 1975. Washington: American Seed Trade Association, p.90-115, 1975.
- SHURTLEFF, M.C. (Ed.) **Compendium of corn diseases**. 2.ed. St. Paul: American Phytopathological Press, 1992.105p.
- SOUZA, L. V. **Melhoramento de milho para eficiência no uso de nitrogênio**. 2007. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- VIEIRA, R.A. et al. Diallel analysis of leaf disease resistance in inbred Brazilian popcorn cultivars. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.8, p.1427-1436, 2009.
- VON PINHO, R. G. **Metodologia de avaliação, quantificação de danos e controle genético da resistência a *Puccinia apolysora* Underw. E *Physopellazeae* (Mains) Cummins e Ramachar na cultura do milho**. 1998. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

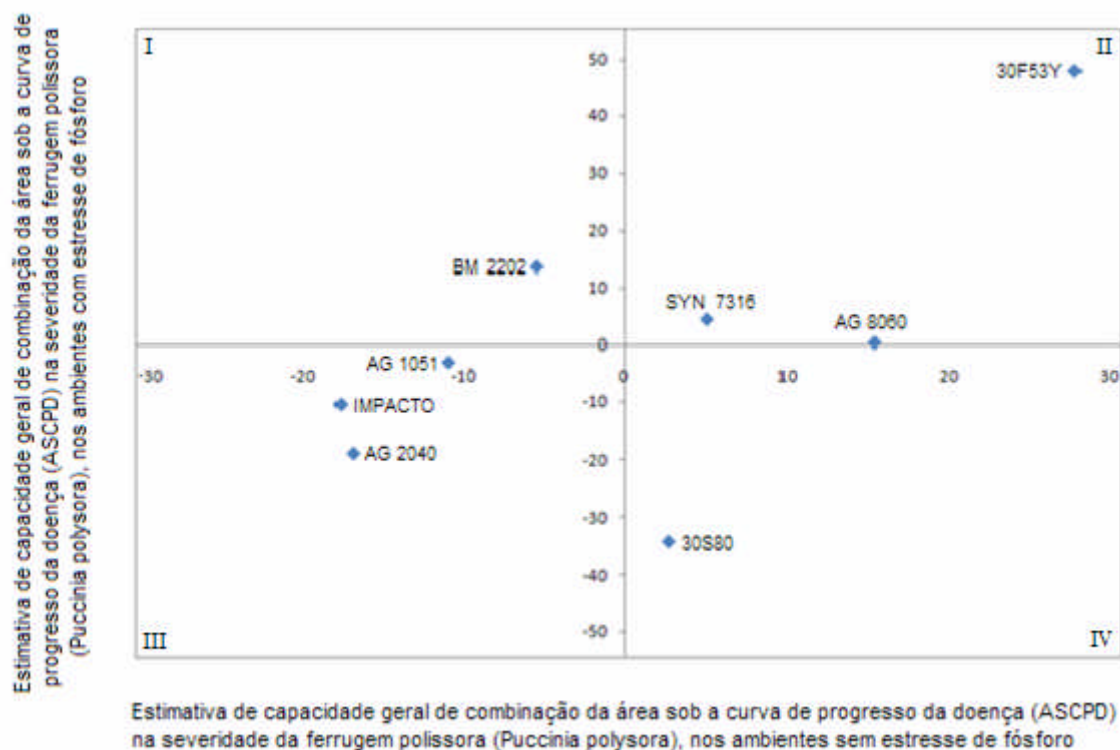


Figura 1. Estimativa de capacidade geral de combinação da área sob a curva de progresso da doença (ASCPD) na severidade da ferrugem polissora (*Puccinia polysora*), nos ambientes com e sem estresse de fósforo.

Tabela 1 - Estimativas de capacidade específica de combinação da área sob a curva de progresso da doença (ASCPD) na severidade da ferrugem polissora (*Puccinia polysora*), nas combinações híbridas (acima da diagonal), e para seus recíprocos (abaixo da diagonal) obtida no ambiente com estresse de fósforo. Gurupi-TO, 2012

	AG 2040	AG 8060	AG 1051	BM 2202	30F53Y	30S80	SYN 7316	IMPACTO
AG 2040		46,12	101,81	-17,96	-26,26	-15,72	-47,73	-20,94
AG 8060	-32,66		-57,85	9,19	7,62	30,09	0,21	-23,00
AG 1051	45,56	15,81		-7,77	-53,61	-0,92	7,57	6,91
BM 2202	-37,63	-42,41	0,07		0,005	-30,54	71,91	9,44
30F53Y	-48,04	-61,22	2,47	50,07		-6,26	64,03	28,91
30S80	2,54	-6,66	-22,49	-13,34	0,40		16,48	-1,16
SYN 7316	3,34	-58,11	22,53	16,58	13,34	44,33		-15,95
IMPACTO	-2,02	1,85	2,05	-28,54	93,39	45,5	-0,01	

Tabela 2 - Estimativas de capacidade específica de combinação da área sob a curva de progresso da doença (ASCPD) na severidade da ferrugem polissora (*Puccinia polysora*), nas combinações híbridas (acima da diagonal), e para seus recíprocos (abaixo da diagonal) obtida no ambiente sem estresse de fósforo. Gurupi-TO, 2012

	AG 2040	AG 8060	AG 1051	BM 2202	30F53Y	30S80	SYN 7316	IMPACTO
AG 2040								
AG 8060								
AG 1051								
BM 2202								
30F53Y								
30S80								
SYN 7316								
IMPACTO								

AG 2040		66,47	-29,18	-6,87	-43,73	21,93	-27,41	64,51
AG 8060	17,00		-23,84	-40,88	31,19	-17,12	-28,18	3,41
AG 1051	20,35	46,87		-2,13	-49,81	35,64	47,15	58,98
BM 2202	-31,70	4,67	26,34		-3,19	-12,47	102,77	-3,87
30F53Y	-5,61	104,49	64,10	15,33		-31,22	30,43	-10,85
30S80	6,31	20,62	18,08	-22,76	10,31		45,70	7,26
SYN 7316	-6,77	-27,34	-1,76	-93,93	72,68	0,63		-49,92
IMPACTO	19,36	56,36	-76,84	-92,23	63,71	27,72	4,00	