

Análise dialélica para resistência ao enfezamento vermelho em milho sob níveis de fósforo

Aurélio Vaz de Melo¹; Markus Taubinger²; Gustavo André Colombo³; Otávio dos Santos Limeira Luz⁴; André Silva de Sousa⁵; José Guilherme Carneiro Silva⁶.

¹Professor do Curso de Agronomia da Universidade Federal do Tocantins. Campus Universitário de Gurupi, e-mail: vazdemelo@uft.edu.br,

^{2,3}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.

^{4,5,6}Acadêmico do curso de Agronomia da Universidade Federal do Tocantins. Campus Universitário de Gurupi; e-mail: otaviouft@uft.edu.br; andresousa0@hotmail.com; guilherme_carneiro12@hotmail.com

RESUMO- O uso de genótipos com resistência genética constitui uma das alternativas mais eficientes no controle de doenças. Com esse intuito objetivou-se avaliar e determinar a herança genética da resistência ao enfezamento vermelho. 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 para CGC, e não significativos para CEC e Recíprocos. 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 ao enfezamento vermelho. Os híbridos comerciais AG 2040, BM 2202, 30S80 e IMPACTO são cultivares com potencial à serem utilizados como fonte de germoplasma à resistência ao enfezamento vermelho em programa de melhoramento vegetal.

Palavras-chave: enfezamento vermelho, resistência à doença, fósforo.

Introdução

O enfezamento vermelho do milho é uma doença causada por patógenos pertencentes à classe dos mollicutes sendo transmitido pela cigarrinha *Dalbulus maidis* (NAULT 1990).

A crescente importância dessa doença no milho se deve ao aumento da população do inseto vetor na área de cultivo, situação está criada pelos cultivos tardios e de “safrinha” agravando ainda mais quando a cultura anterior também é o milho. Essa dinâmica se dá por ofertar alimento durante um longo período, fazendo com que o vetor migre de uma cultura para outra, ocasionando severas epidemias (MASSOLA Jr., 2001).

O uso de genótipos com resistência genética constitui uma das alternativas mais eficientes para o controle dos enfezamentos (BASSO, 1999). Isso porque a cultura do milho possui uma grande diversidade genética (SILVA et al., 2001).

Em um programa de melhoramento visando resistência genética a doenças, a determinação dos parâmetros genéticos que governam a resistência permite direcionar os

trabalhos de introdução de resistência em germoplasma suscetível e possibilita maiores ganhos de seleção nos métodos a serem empregados. Estimativas da capacidade de combinação em cruzamentos entre linhagens permitem determinar a contribuição de cada uma na resistência bem como identificar combinações híbridas de interesse agrônômico.

Objetivou-se com o presente trabalho determinar a herança genética da resistência ao enfezamento vermelho e determinar dentre os cultivares, quais as melhores fontes de resistência, visando obter subsídios ao desenvolvimento de variedades e híbridos resistentes ao complexo do enfezamento vermelho em milho.

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 dialélica completa 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 ao enfezamento vermelho.

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 do enfezamento vermelho, foi quantificado através do cálculo da área sob a curva de progresso da doença (ASCPD), pela equação de Daset 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, 1997).

Resultados e Discussão

Na análise dialélica observa-se efeitos significativos ($p < 0,05$) na capacidade geral de combinação (CGC). Contudo, na capacidade específica de combinação (CEC) e recíprocos não se observou efeitos significativos. Essa significância apenas para a CGC indica que a resistência ao enfezamento vermelho é governada por genes de efeito aditivo.

Na Tabela 1, podem ser observadas as estimativas de CGC à resistência ao enfezamento vermelho obtidas na ausência e na presença do estresse de fósforo. Observa-se que os cultivares AG 2040, BM 2202, 30S80 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 ao enfezamento vermelho. Já os cultivares AG 1051 e 30F53Y apresentaram estimativas negativas apenas no ambiente com e sem estresse, respectivamente. Os demais cultivares tiveram estimativas positivas em ambos os ambientes. Portanto, não apresenta potencial como genitores em aumentar a frequência de alelos favoráveis à resistência ao enfezamento vermelho.

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 (CRUZet al. 2004).

Os híbridos (AG 2040, AG 1051 e IMPACTO) que obtiveram as melhores estimativas de CGC participaram em 53,58 % dos valores negativos de CEC presentes na tabela 2. Isso significa que esses genitores contribuíram positivamente nos cruzamentos à resistência ao enfezamento vermelho.

As melhores combinações híbridas no ambiente com estresse de fósforo foram: 30F53Y x AG8060 (-157,24); 30S80 x 30F53Y (-136,55)(recíproco); 30S80 x AG 1051 (-131,05)(recíproco); 30S80 x AG 8060 (-126,96), por apresentarem maiores valores negativos de CEC presentes na tabela 2.

A CEC no ambiente sem estresse apresentou a maior média negativa de ASCPD, se comparado com o ambiente com estresse, proveniente da combinação híbrida SYN 7316 x BM 2202 (-199,86). A participação dos híbridos com os melhores valores de CGC foi menor, representado por 37,5 % dos valores negativos de CEC (Tabela 3). As combinações híbridas mais promissoras de CEC nesse ambiente foram: SYN 7316 x BM 2202 (-199,86); SYN 7316 x 30F53Y (-151,48) (recíproco); SYN 7316 x AG 2040 (-141,1) (recíproco) e BM 2202 x AG 8060 (-131,1).

Conclusões

Os efeitos da ação gênica aditiva são os mais importantes na resistência ao enfezamento vermelho;

Os cultivares AG 2040, BM 2202, 30S80 e IMPACTO são promissores no aumento da resistência ao enfezamento vermelho;

As melhores combinações híbridas quanto a resistência ao enfezamento vermelho são: 30F53Y x AG8060; 30S80 x 30F53Y; 30S80 x AG 1051; 30S80 x AG 8060; SYN 7316 x BM 2202; SYN 7316 x 30F53Y; SYN 7316 x AG 2040 e BM 2202 x AG 8060.

Literaturas Citadas

AGROCERES. **Guia Agroceres de Sanidade**. 2. ed. São Paulo: Sementes Agroceres. 1996. 72 p.

BASSO, M.C. **Síntese de compostos de milho (*Zeamays*L .) com resistência ao “complexo de enfezamento”**. Piracicaba, 1999. 122f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1999.

CRUZ C. D.; REGAZZI A. J.; CARNEIRO, P.C. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997. 390 p.

CRUZ, C. D. 2004. 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.

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.

MASSOLA JÚNIOR, N. S. Enfezamento vermelho e pálido: doenças em milho causadas por mollicutes. In: **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 22, n. 2, p. 237-243, 2001.

NAULT, L.R. Evolution of an insect pest: maize and the corn leafhopper, a case study. **Maydica**, v.35, p.165-175. 1990.

SILVA, H.P.; FANTIN, G. M.; RESENDE, I. C.; PINTO, N. F. J. A.; CARVALHO, R. Manejo integrado de doenças na cultura do milho safrinha. In: **VI SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA**, A cultura do milho safrinha. Londrina- PR: IAPAR, p. 113-144, 2001.

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.

Tabela 1 - Estimativas de capacidade geral de combinação da área sob a curva de progresso da doença (ASCPD) na severidade do enfezamento vermelho, nas combinações híbridas obtida nos ambientes de baixo e alto fósforo.

| | Baixo Fósforo | Alto Fósforo |
|----------|---------------|--------------|
| AG 2040 | -47,22 | -16,18 |
| AG 8060 | 107,81 | 64,47 |
| AG 1051 | -1,08 | 78,03 |
| BM 2202 | -52,61 | -47,24 |
| 30F53Y | 19,48 | -14,25 |
| 30S80 | -7,71 | -69,69 |
| SYN 7316 | 26,52 | 38,49 |
| IMPACTO | -45,18 | -33,62 |

Tabela 2 - Estimativas de capacidade específica de combinação da área sob a curva de progresso da doença (ASCPD) na severidade do enfezamento vermelho, nas combinações híbridas (acima da diagonal), e para seus recíprocos (abaixo da diagonal) obtida no ambiente com estresse de fósforo.

| | AG 2040 | AG 8060 | AG 1051 | BM 2202 | 30F53Y | 30S80 | SYN 7316 | IMPACTO |
|----------|------------|------------|----------------|------------|----------------|----------------|-------------|---------|
| AG 2040 | | -2,58 | -79,89 | 46,48 | 33,71 | -2,41 | -79,80 | 8,44 |
| AG 8060 | -11,81 | | 263,27 | -50,29 | -157,24 | -126,96 | 353,96 | -60,11 |
| AG 1051 | -30,38 | 399,37 | | -79,06 | -26,56 | 21,39 | -65,29 | 34,07 |
| BM 2202 | -39,67 | 96,26 | -19,50 | | -51,63 | 2,97 | 34,43 | 23,91 |
| 30F53Y | 52,80 | -56,16 | 37,75 | 28,11 | | 206,11 | -102,2 | -39,03 |
| 30S80 | -43,50 | -116,1 | -131,05 | 30,01 | -136,55 | | -5,17 | -10,69 |
| SYN 7316 | -20,49 | 377,95 | 52,42 | 14,67 | -21,79 | 42,22 | | 18,23 |
| IMPACTO | 23,90 | 30,34 | -83,68 | -46,98 | 45,36 | -42,50 | 19,88 | |

Tabela 3 - Estimativas de capacidade específica de combinação da área sob a curva de progresso da doença (ASCPD) na severidade do enfezamento vermelho, nas combinações híbridas (acima da diagonal), e para seus recíprocos (abaixo da diagonal) obtida no ambiente sem estresse de fósforo

| | AG 2040 | AG 8060 | AG 1051 | BM 2202 | 30F53Y | 30S80 | SYN 7316 | IMPACTO |
|----------|---------------|------------|------------|---------------|----------------|--------|----------------|---------|
| AG 2040 | | 21,29 | 10,87 | 67,35 | -48,73 | -4,14 | 28,27 | 19,31 |
| AG 8060 | 31,91 | | -95,14 | -131,1 | 1,14 | 44,00 | 156,86 | -67,52 |
| AG 1051 | 119,46 | -112,26 | | 59,70 | -8,63 | -84,61 | 329,86 | -39,70 |
| BM 2202 | 42,53 | 42,01 | -100,7 | | 86,73 | 0,25 | -199,86 | 156,87 |
| 30F53Y | -37,14 | 133,65 | 97,26 | 43,77 | | 5,58 | -20,10 | 74,50 |
| 30S80 | -3,60 | 26,75 | 30,45 | -82,07 | -64,18 | | -8,44 | 26,23 |
| SYN 1673 | -141,1 | 150,43 | 298,90 | 32,53 | -151,48 | 109,37 | | -74,33 |
| IMPACTO | -19,92 | -20,37 | 70,03 | 232,27 | 83,66 | 1,09 | 66,95 | |