

Resistencia de Genótipos de Milho aos Enfezamentos

Luciano Viana Cota
Dagma Dionisia da Silva
Frederick Mendes Aguiar
Rodrigo Vêras da Costa

Introdução

Os enfezamentos do milho têm se destacado entre as doenças mais preocupantes do milho nas últimas safras, com perdas severas em diversas regiões do País (Silva et al., 2017). As perdas devidas aos enfezamentos podem chegar a 100%, em função da época de infecção e da suscetibilidade da cultivar plantada (Nault, 1990). Os enfezamentos são causados por bactérias da classe Mollicutes, caracterizadas pela ausência de parede celular (Pollack et al., 1997). Os mollicutes infectam as plantas de forma sistêmica, resultante da colonização e infecção dos tecidos do floema. Em milho, dois sintomas de enfezamento são conhecidos, enfezamento-pálido e enfezamento-vermelho, ocasionados pelo procarionte *Spiroplasma kunkelii* Whitcomb (Corn Stunt Spiroplasma)

e por fitoplasma (*Maize bushy stunt phytoplasma*), respectivamente. Ambos os patógenos são transmitidos de forma persistente propagativa pela cigarrinha-do-milho *Dalbulus maidis* DeLong & Wolcott) (Homoptera: Cicadellidae) (Whitcomb et al., 1986; Firrao et al., 2004; Lee et al. 2000).

As plantas com enfezamento apresentam redução de crescimento e desenvolvimento, entrenós curtos, proliferação e malformação de espigas, espigas improdutivas, enfraquecimento dos colmos com favorecimento a infecções fúngicas que resultam em tombamento. Os sintomas do enfezamento-pálido são caracterizados por estrias cloróticas delimitadas que se iniciam na base das folhas, plantas com altura reduzida, encurtamento de entrenós, brotos nas axilas foliares e cor avermelhada em folhas, podendo

Resistencia de Genótipos de Milho aos Enfezamentos¹

ocorrer enfraquecimento dos colmos e proliferação de espigas, (Shurtleff, 1986). Já os sintomas do enfezamento-vermelho são amarelecimento e/ou avermelhamento das folhas, geralmente iniciando pelas bordas, perfilhamento e proliferação de espigas por planta (Shurtleff, 1986).

O sistema de cultivo do milho no Brasil em duas safras, no verão (primeira safra) e na safrinha (segunda safra), permite que haja uma ponte verde da cultura e permite também que o ciclo de vida da cigarrinha se complete, favorecendo o aumento de sua população Silva et al. (2017). A introdução de milho RR (Roundup ready), com resistência a herbicida glifosato, resultou em dificuldade no controle de plantas tiguera, como é chamado o milho voluntário que fica nas lavouras durante todo ano (Silva; Karan, 2013). Essas plantas são frequentemente observadas em áreas produtivas e podem favorecer a permanência dos patógenos e do vetor, sendo fonte de inóculo desses e outros patógenos.

Em relação ao manejo, existe ainda muita dificuldade, em razão da baixa eficiência de controle da cigarrinha com inseticidas, o que pode estar relacionado ao seu caráter migrador. Além disso, não há produto registrado para controle dos mollicutes e há poucas informações sobre a reação das cultivares às doenças (Silva et al., 2017). Diante desses fatos, há que se considerar que a resistência genética ainda é a estratégia mais indicada para os enfezamentos. Porém, embora existam relatos de variabilidade genética entre cultivares e trabalhos que mostram a herança da resistência, ainda faltam informações sobre a reação à doença para a grande maioria das cultivares disponíveis no mercado (Basso, 1999; Oliveira et al., 2002; Silva et al., 2003). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência genética de cultivares de milho aos enfezamentos.

.

¹ Eng.-Agrôn., D.Sc. em Fitopatologia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; Eng.-Agrôn., D.Sc. em Fitopatologia, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo; Eng.-Agrôn., D.Sc. em Fitopatologia, Pos Doc Embrapa Milho e Sorgo; Eng.-Agrôn., D.Sc. em Fitopatologia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, localizada em Sete Lagoas-MG. O local da área tem histórico de ocorrência de enfezamentos com elevada severidade. O plantio foi realizado em fevereiro de 2018. A adubação de plantio consistiu da aplicação de 300 kg de adubo NPK (4-30-16). Aplicou-se Furadan 50 GR^â nas linhas de plantio. Aos 31 e 38 dias do plantio (DAP) foi realizada uma aplicação de Decis Ultra 100EC^â e Tracer ^â, respectivamente, para o controle da lagarta-do-cartucho. Aos 27 e 50 DAP foram realizadas duas aplicações de ureia (100kg/ha por aplicação).

Cada parcela experimental foi constituída de quatro linhas de 10 m, com o espaçamento de 0,8 m entre linhas e 0,2 m entre plantas. O experimento foi conduzido com 32 genótipos de milho (híbridos comerciais e experimentais) (Figura 1). O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições para cada genótipo.

Aos 90 dias após o plantio avaliou-se a severidade dos enfezamentos utilizando-se escala de notas variando de 1 a 6, referentes à média dos sintomas das plantas na parcela, em que 1: ausência de sintomas; 2: plantas com menos de 25% das folhas com sintomas, ou seja, folha avermelhada ou amarelada, ou apresentando faixas cloróticas em sua inserção; 3: plantas com 25% a 50% das folhas com sintomas; 4: plantas com 50% a 75% das folhas com sintomas; 5: plantas com mais de 75% das folhas com sintomas e 6: plantas com morte precoce causada por enfezamentos (Silva et al., 2003). Para quantificar o efeito da doença na produção ao final do ciclo foi contando o estande de plantas por parcela útil (duas linhas centrais de cada parcela) e os grãos foram colhidos com auxílio de uma colhedora de parcelas e a umidade quantificada. A produção foi expressa em Kg/ha e a umidade dos grãos foi ajustada para 13%. Os valores de notas de severidade foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos, quando necessário, foram comparadas utilizando-se o método de agrupamento com teste Scott & Knott $P=0,05$). Realizou-se análise de correlação entre as variáveis produção e notas de severidade por meio do coeficiente de correlação de Pearson (r).

Resultados e Discussão

Os genótipos de milho avaliados variam quanto ao nível de resistência aos enfezamentos. As notas médias de severidade da doença variam de 1,5 (Plantas com poucos sintomas) a 5 (mais de 75% das plantas com sintomas) (Figura 1 e 2). No final do ciclo da cultura, o híbrido 30F53YH apresentou nota 6 (plantas com morte precoce e tombamento). Os híbridos em que foram registradas maiores notas para severidade dos enfezamentos foram DKB 290 PRO3, LG 6033PRO2, P 30F53 YH e DKB 240 VTPRO2 (Figura 1). Estes genótipos receberam notas entre 4 e 5. As menores notas de enfezamento foram registradas nos híbridos 1I1411, 1N1958, 1O2106, 2B710, AG5055PRO, AG 7098PRO2, AG 8061PRO2, AG 8088PRO, DKB 390PRO2 e P3862H (Figura 1).

A produção de grãos nos genótipos de milho avaliados variou de 321,6 kg/ha (DKB 240VTPRO2) a 8.114,4 kg/ha (2B710) (Figura 1). Apesar do potencial produtivo ser uma característica própria de cada genótipo, a produção de grãos correlacionou-se negativamente com a severidade do enfezamento ($r=-0,82$) (Figura 1). Os genótipos que produziram menos foram os que obtiveram maiores notas para o enfezamento: DKB 240VTPRO2, P 30F53YH, DKB 290 PRO3, LG 6033PRO2. Alguns híbridos parecem tolerar menos a doença do que outros. Por exemplo, o híbrido RB 9108PRO obteve nota 3 para o enfezamento, no entanto foi um dos menos produziu grãos (2673,4Kg/ha). Outros genótipos que receberam a mesma nota de doença produziram mais grãos (Figura 1). As maiores produções de grãos foram registradas nos híbridos com menor intensidade do enfezamento (Figura 1).

Os enfezamentos, atualmente, estão entre as principais doenças da cultura do milho. A resistência genética é a principal estratégia para o manejo dos enfezamentos. Apesar de existir variabilidade genética entre cultivares, ainda faltam informações para a grande maioria das cultivares disponíveis no mercado (Basso, 1999; Oliveira et al., 2002; Silva et al., 2003). Silveira et al. (2006) identificaram variação no nível de resistência de linhagens-élite, dentre as quais muitas apresentaram resistência. Para aumentar a vida útil das cultivares resistentes é recomendada a diversificação de cultivares como forma de evitar a seleção de variantes dos patógenos e quebra de resistência (Sabato, 2017). Esta medida também é importante, pois pode evitar grandes

prejuízos causados pelo cultivo de híbridos suscetíveis em regiões com alta incidência de enfezamentos.

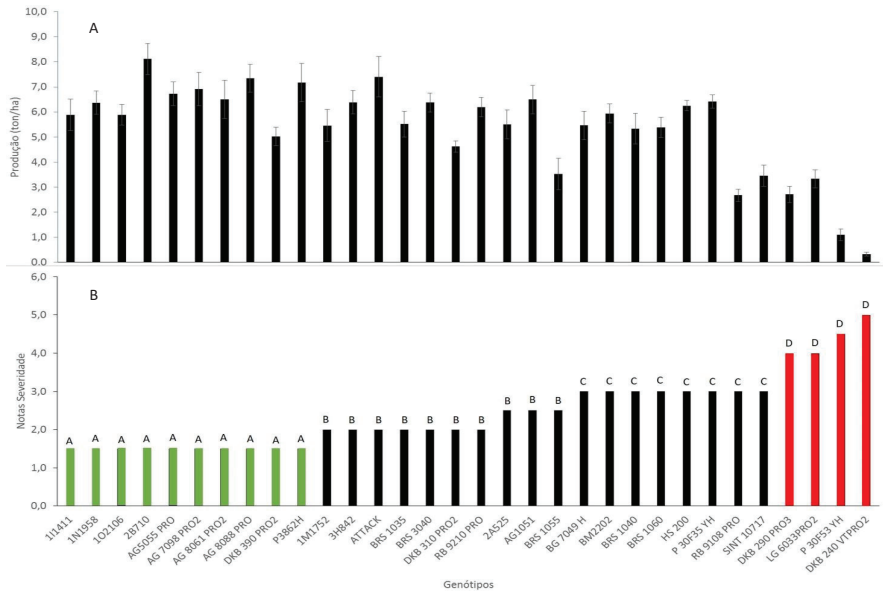


Figura 1. Produção de grãos (A) e Notas de enfezamento (B) em genótipos de milho plantados em Sete Lagoas-MG. Barras verticais representam o desvio padrão das médias. Para as notas de severidade, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott $P=0,05$.

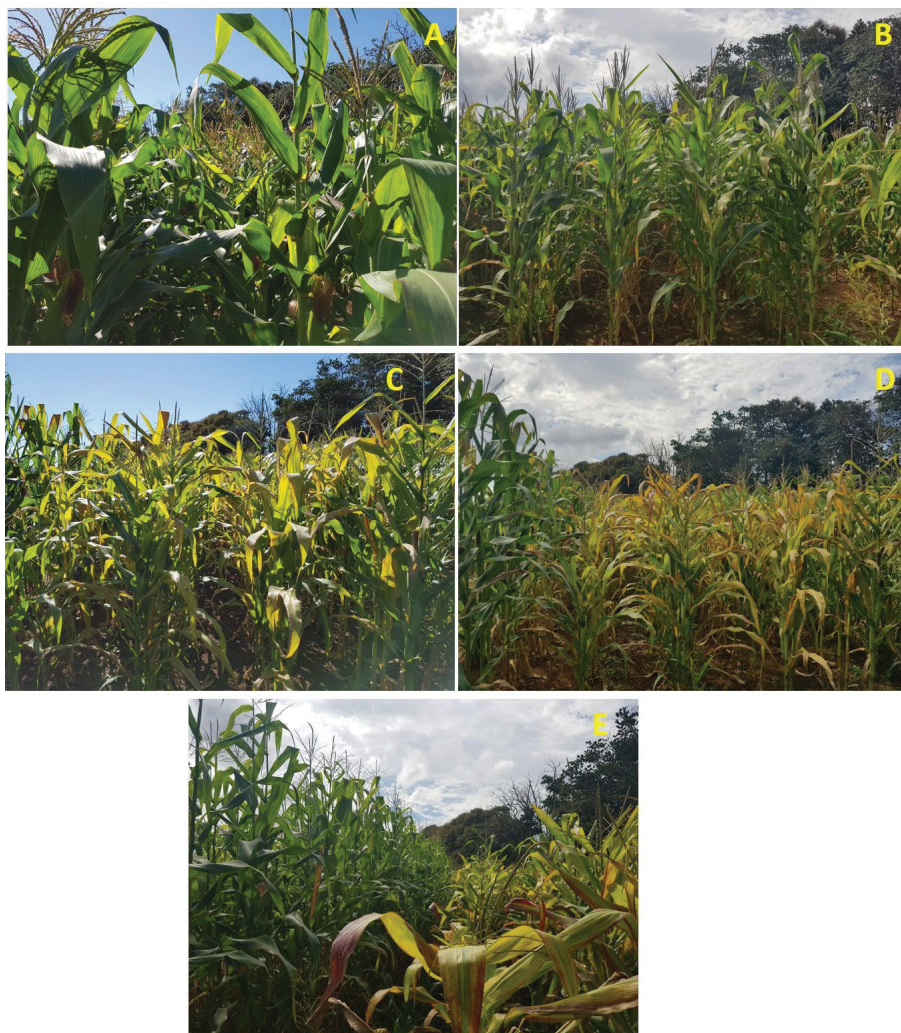


Figura 2. Variação na intensidade dos sintomas dos enfezamentos em genótipos de milho (A, B, C, D) e diferença de crescimento entre um genótipo resistente e um suscetível (E).

As avaliações para resistência genética de milho aos enfezamentos precisam ser baseadas em alguns fatores específicos da epidemia, como o inóculo natural proporcionado por cigarrinhas infectantes que migram de outras lavouras. O semeio deve ser preferencialmente na segunda safra ou na fase reprodutiva da safra de milho antecedente. É importante também incluir cultivar suscetível em parcelas intercaladas como indicadora e referência da doença (Oliveira et al., 2013; Sabato, 2017). No contexto em que o experimento foi conduzido tínhamos todas estas condições disponíveis, uma vez que a doença se expressou em alta intensidade nas cultivares suscetíveis.

Resultados obtidos neste trabalho corroboram aqueles descritos na literatura quanto à existência de cultivares resistentes/tolerantes aos enfezamentos. Pesquisas realizadas no Estado do Tocantins, na safrinha 2017, em três municípios e com trinta híbridos de milho, em área com alta incidência de enfezamentos, permitiram observar interação significativa entre local e híbridos. Foram considerados também a época de semeadura, o clima, seu efeito na produtividade e peso médio de grãos por espiga. Observou-se variabilidade entre os híbridos quanto à resistência aos enfezamentos, aumento crescente dos enfezamentos e redução de produtividade com o atraso na semeadura (Costa et al., 2018). Segundo os pesquisadores, os fatores isolados não explicam a relação de enfezamentos com a redução na produtividade pois existem outras variáveis que associadas aos enfezamentos, como o clima regional, podem favorecer esta redução. Resultados semelhantes, em relação à variabilidade na reação de híbridos, foram observados em trabalho realizado na safrinha 2017, em Sete Lagoas, com onze híbridos comerciais de milho. A severidade dos enfezamentos variou de 2 a 6, com efeitos severos na produtividade e incidência de podridão de colmo (Silva et al., 2017).

Práticas culturais devem ser associadas ao sistema de manejo para reduzir os prejuízos causados pelos enfezamentos, como a semeadura em épocas que garantam o bom desenvolvimento das plantas em boas condições fitossanitárias, escapando de semeaduras tardias na safra. Deve-se evitar semeaduras sucessivas de milho e pousio por período de dois a três meses sem a presença de plantas de milho, muito comum em áreas de pivô, e deve-se alterar a época de semeadura (Oliveira et al., 2005). A eliminação de plantas tiguera está entre as recomendações mais importantes a ser adotada em áreas com infestação de cigarrinha e enfezamento, pois elas

são fonte de inóculo da cigarrinha, dos mollicutes entre lavouras e safras de milho. Tratamento de sementes com inseticidas pode reduzir a população da cigarrinha nas fases iniciais de desenvolvimento do milho, sendo importante aplicar produtos registrados no Ministério da Agricultura (Sabato, 2017). A associação do tratamento de sementes com aplicações foliares em seguida pode aumentar a eficiência do controle da cigarrinha, quando comparada a seus efeitos individuais (Albuquerque et al., 2006).

Conclusões

Baseado nos resultados obtidos, conclui-se que existe variabilidade genética quanto à resistência aos enfezamentos em cultivares comerciais de milho. Os genótipos 111411, 1N1958, 1O2106, 2B710, AG5055PRO, AG 7098PRO2, AG 8061PRO2, AG 8088PRO, DKB 390PRO2 e P3862H foram os mais resistentes aos enfezamentos nas condições avaliadas. A doença reduz de forma significativa a produção de grãos em cultivares suscetíveis. E o uso de cultivares resistentes é um dos principais componentes para o manejo dos enfezamentos na cultura do milho.

Referências

ALBUQUERQUE, F. A.; BORGES, L. M.; IACONO, T. O.; CRUBELATI, N. C. S.; SINGER, A. C. Eficiência de inseticidas aplicados em tratamento de sementes e em pulverização, no controle de pragas iniciais do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 1, p. 15-25, 2006.

BASSO, M. C. **Síntese de compostos de milho (*Zea mays* L.) com resistência ao complexo de enfezamento**. 1999. 122 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1999.

COSTA, R. V.; CAMPOS, L.; SILVA, D. D.; COTA, L. V.; ALMEIDA, R. Híbridos e épocas de semeadura afetam a incidência de enfezamentos em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 2018. No prelo.

FIRRAO, G.; ANDERSEN, M.; BERTACCINI, A.; BOUDON, E.; BOVÉ, J. M.; DAIRE, X.; DAVIS, R. E.; FLETCHER, J.; GARNIER, M.; GIBB, K. S.; GUNDERSEN-RINDAL, D. E.; HARRISON, N.; HIRUKI, C.; KIRPATRICK, B. C.; JONES, P.; KUSKE, C. R.; LEE, I. M.; LIEFTING, L.; MARCONE, C.; NAMBA, S.; SCHNEIDER, B.; SEARS, B. B.; SEEMÜLLER, E.; SMART, C. D.; STRETEN, C.; WANG, K. 'Candidatus Phytoplasma', a taxon for the wall-less, non-helical prokaryotes that colonize plant phloem and insects. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, Reading, v. 54, p. 1243-1255, 2004.

LEE, I. M.; DAVIS, R. E.; GUNDERSEN-RINDAL, D. E. Phytoplasma: phytopathogenic mollicutes. **Annual Review of Microbiology**, Palo Alto, v. 54, p. 221-255, 2000.

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

OLIVEIRA, C. M.; LOPES, J. R.; NAULT, L. R. Survival strategies of *Dalbulus maidis* during maize off-season in Brazil. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 147, n. 1, p. 141-153, 2013.

OLIVEIRA, E. de; FERNANDES, F. T.; PINTO, N. F. J. de A. **Doenças do milho**: identificação e controle. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 84 p.

OLIVEIRA, C. M.; MOLINA, R. M. S.; ALBRES, R. S.; LOPES, J. R. S. Disseminação de mollicutes do milho a longas distâncias por *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 91-95, 2002.

POLLACK, J.; WILLIAMS, M. V.; MCELHANEY, R. N. The comparative metabolism of the mollicutes (*Mycoplasmas*): the utility for taxonomic classification and the relationship of putative gene annotation and phylogeny to enzymatic function in the smallest free-living cells. **Critical Reviews in Microbiology**, Boca Raton, v. 23, n. 4, p. 269-354, 1997.

SABATO, E. O. Enfezamentos do milho. In: OLIVEIRA, C. M.; SABATO, E. O. (Ed.). **Doenças em milho**: insetos-vetores, mollicutes e viroses. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 11-24.

SHURTLEFF, M. C. **Compendium of corn diseases**. 2. ed. Saint Paul: American Phytopathological Society, 1986. 105 p.

SILVA, D. D. da; AGUIAR, F. M.; COTA, L. V.; COSTA, R. V. da; MENDES, S. M. Mollicutes em milho: a diversificação de sistemas de produção pode ser a solução? In: MEDEIROS, F. H. V.; PEDROSO, L. A.; GUIMARÃES, M. de R. F.; SILVA, B. A. A. de S. e; ALMEIDA, L. G. F. de; SILVA, F. de J.; SILVA, R. L. M. da; FERREIRA, L. C.; PEREIRA, A. K. M.; COUTO, T. B. R.; GOMES, V. A.; MEDEIROS, R. M.; VEIGA, C. M. de O.; SILVA, M. de F.; FIGUEIREDO, Y. F.; GATTI, G. V. N.; NICOLLI, C. P. (Ed.). **Novos sistemas de produção**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2017. cap. 4, p. 32-52.

SILVA, R. G.; GALVÃO, J. C.; MIRANDA, G. V.; OLIVEIRA, E. Controle genético da resistência aos enfezamentos do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 8, p. 921-928, ago. 2003.

SILVA, A. F. da; KARAM, D. Tecnologia altera o manejo do milho. **Campo & Negócios**, Uberlândia, v. 11, n. 125, p. 22-23, jul. 2013.

SILVEIRA, F. T.; JUNQUEIRA, B. G.; SILVA, P. C.; MORO, J. R. Comportamento de linhagens elites de milho para resistência aos enfezamentos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 431-442, 2006.

WHITCOMB, R. F.; CHEN, T. A.; WILLIAMSON, D. L.; LIAO, C.; TULLY, J. G.; CLARK, T. B.; BOVÉ, J. M.; MOUCHES, C.; ROSE, D. L.; COAN, M. E. *Spiroplasma kunkelii* sp. nov.: characterization of the etiological agent of corn stunt disease. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington, v. 36, n. 2, p. 170-178, 1986.

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Formato digital (2018)



Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente

Sidney Netto Parentoni

Secretário-Executivo

Elena Charlotte Landau

Membros

Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria
Borges Damasceno, Maria Lúcia Ferreira
Simeone, Roberto dos Santos Trindade e
Rosângela Lacerda de Castro

Revisão de texto

Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica

Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações

Tânia Mara Assunção Barbosa

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Tânia Mara Assunção Barbosa

CGPE 15066