

Correlações entre caracteres de espigas e incidência de grãos ardidos e fumonisinas em grãos de milho¹

Bruna Lopes Mariz², Lauro José Moreira Guimarães³, Karla Jorge⁴, Leonardo Lucas Carnevalli Dias⁵, Valeria A. Vieira Queiroz³ e Dagma Dionísia da Silva³

¹Trabalho financiado pelo CNPq/Fapemig.

² Estudante do Curso de Engenharia Agrônômica da Univ. Fed. de São João del-Rei, Bolsista PIBIC do Convênio Fapemig/CNPq/Embrapa/ FAPED.

³ Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.

⁴ Estudante de Doutorado em Genética e Melhoramento da Universidade Federal de Viçosa.

⁵ Professor da Universidade Federal de São João del-Rei, campus Sete Lagoas.

Introdução

Fungos do gênero *Fusarium* spp. causam danos no milho na fase de campo provocando podridões de grãos, diminuição do peso e comprometendo a qualidade dos grãos. Muitas vezes as espécies de *Fusarium* podem produzir metabolitos secundários como as fumonisinas, que apresentam poder intoxicante a diversos organismos vivos, tornando os grãos de milho inviáveis para consumo.

A susceptibilidade ou resistência a fungos causadores de grãos ardidos e micotoxinas são fatores genéticos intrínsecos de cada cultivar, mas podem ser bastante afetados por fatores ambientais e de manejo, e também podem ser relacionados à própria morfologia da planta, sendo que características de espigas como o empalhamento e a decumbência podem influenciar a exposição dos grãos à entrada de patógenos (ALMEIDA et al., 2005; HERMANNNS et al., 2006).

Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi verificar a influência de caracteres morfológicos das espigas sobre a incidência de grãos ardidos e fumonisinas em híbridos de milho.

Material e Métodos

Os experimentos e as avaliações foram conduzidos na safra 2012/2013 na Embrapa Milho e Sorgo, localizada em Sete Lagoas-MG. Foram utilizados 10 híbridos de milho, sendo seis híbridos experimentais convencionais (1I862, 1I873, 1I923, 1I931 e 1I953), um comercial convencional (BRS1055) e quatro híbridos comerciais transgênicos (AG8088YH, DKB390Y-VTpro, P3646H e P30F53YH).

Os híbridos foram cultivados em dois ambientes, alto e médio investimento tecnológico, utilizando o delineamento experimental em blocos completos casualizados, com três repetições em cada ambiente. As parcelas foram constituídas por 8 linhas de 6 metros, com espaçamento de 0,5 metros entre linhas. As amostras de grãos foram retiradas de 3 das linhas centrais. O plantio foi realizado para o estabelecimento de densidade de 75 mil plantas por hectare, mas o híbrido P30F53YH foi conduzido com duas densidades populacionais: 75 e 90 mil plantas por hectare.

No ambiente de alto investimento tecnológico, a fertilização do solo foi realizada por adubações verdes, com plantio de milheto e crotalária em época anterior à instalação do ensaio, e químicas, com adubação de base utilizando-se 500 kg.ha⁻¹ de 08-28-16. E em cobertura, utilizaram-se 200 kg.ha⁻¹ ureia, 350 kg.ha⁻¹ de 20-00-20 e 200 kg.ha⁻¹ de sulfato de amônio, nas fases de 4, 6 e 8 folhas, respectivamente, além de adubações foliares com 2,5 L.ha⁻¹ de mastermins Zn® e 2,0 L.ha⁻¹ de Biozyme TF®. No tratamento das sementes foram utilizados os fungicidas Maxim XL® (125mL.100 kg⁻¹), e Vitavax-Thiran® (250 mL.100 kg⁻¹); e os inseticidas Starion® (1,6 mL.100 kg⁻¹) e Cruiser® (1000 mL.100 kg⁻¹). Também foram utilizados o fertilizante Quimifol CoMo Plus® (625 mL.100 kg⁻¹), e o bioestimulante Stimulate® (1000 mL.100 kg⁻¹).

Em relação ao manejo fitossanitário do campo, foram utilizados os herbicidas Atrazina Nortox® (3L.ha⁻¹) e Soberan® (200 mL.ha⁻¹) e os inseticidas Cipertrin® (50 mL .ha⁻¹) e duas aplicações de Lannate® (500 mL.ha⁻¹). De forma preventiva, houve aplicação dos fungicidas Priori Xtra® (300 mL.ha⁻¹), quando as plantas apresentavam aproximadamente 8 folhas, e Opera® (750 mL.ha⁻¹), no pré-florescimento.

No médio investimento tecnológico, foram utilizados apenas 260 kg.ha⁻¹ de 08-28-16 no plantio, e 200 kg.ha⁻¹ de ureia na adubação de cobertura, no estágio de 4 folhas. Para tratamento de sementes utilizou-se somente o fungicida Maxim XL® (125 mL.100 kg⁻¹) e o inseticida Starion® (1,6 mL.100 kg⁻¹). Neste ambiente, foram aplicados os mesmos herbicidas (Atrazina e Soberan) e inseticidas (Lannate e Cipertrin), e nas mesmas doses usadas no alto investimento, mas não houve aplicação de fungicidas.

Foram realizadas avaliações, no nível de parcelas, quanto ao empalhamento e à decumbência das espigas na pré-colheita. Para quantificar o nível de empalhamento foram utilizadas notas de 1 a 5, sendo o aumento da nota correspondente ao decréscimo da qualidade de fechamento da espiga. Para decumbência também foram utilizadas

notas de 1 a 5, sendo 1 para espigas totalmente viradas para baixo, e 5 para espigas não decumbentes, ou sejam com a ponta para cima.

Após a colheita, amostras de grãos de cada parcela foram destinadas ao Laboratório de Fitopatologia para análise da incidência de grãos ardidos e ao Laboratório de Segurança Alimentar para quantificação dos teores de fumonisinas totais.

As análises de variância conjuntas foram realizadas considerando efeito fixo para todos os fatores do modelo, exceto para o erro experimental, de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + T_i + B/A_{jk} + A_j + TA_{ij} + e_{ijk}, \text{ em que:}$$

Y_{ijk} é a observação do híbrido i na repetição k dentro do ambiente j ; m é a média geral; T_i é o efeito do tratamento i (híbrido); B/A_{jk} é o efeito do bloco k dentro do ambiente j ; A_j é o efeito do ambiente j ; TA_{ij} é o efeito da interação entre tratamentos e ambientes e e_{ijk} representa o erro experimental.

A relação entre as características foi avaliada através da correlação de Pearson, utilizando-se o teste de Mantel para detecção de correlações significativamente distintas de zero. Para as análises estatísticas, utilizou-se o programa Genes (CRUZ, 2013).

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 encontra-se o resumo das análises de variância conjuntas para as características avaliadas. Para a fonte de variação de tratamentos (híbridos), houve significância ($p < 0,01$) para fumonisinas totais (com médias variando entre 1,48 e 5,0 ppm), empalhamento (médias entre 1,58 e 4,25) e decumbência (médias entre 2,07 e 3,65), indicando que pelos menos dois híbridos podem apresentar valores médios estatisticamente distintos entre si para estas características. Para porcentagem de grãos ardidos, as médias variaram entre 0,18% e 1,87%, entretanto, não houve diferença estatística entre os híbridos, com média geral de 1,05%.

Para a fonte de variação relativa a ambientes, observou-se que os valores de quadrados médios foram não significativos para todos os caracteres. Os resultados encontrados no presente trabalho foram divergentes dos apresentados por Costa et al. (2012b) quanto à significância do efeito de ambientes, para fumonisinas e grãos ardidos. Entretanto, para fumonisinas foi detectada significância ($p < 0,05$) para o efeito da interação entre tratamentos e ambientes (TxA), indicando que a classificação dos

híbridos não se manteve constante entre os ambientes avaliados, o que corrobora com os resultados apresentados por Costa et al. (2012b).

Tabela 1: Resumo das análises de variância conjuntas, considerando os ambientes (A) de alto e médio investimento tecnológico e híbridos (T), para porcentagem de grãos ardidos (% GRÃOS ARD); fumonisinas totais (FUMON); e notas de empalhamento (EMP) e de decumbência (DEC)

F.V.	GL	Quadrados Médios			
		% GRÃOS ARD	FUMON (ppm)	EMP	DEC
B/A	4	0,59	1,79	0,103	0,113
T	10	2,22 ^{ns}	7,34 ^{**}	2,73 ^{**}	2,13 ^{**}
A	1	3,17 ^{ns}	4,63 ^{ns}	0,039 ^{ns}	0,08 ^{ns}
TxA	10	0,71 ^{ns}	1,92 [*]	0,071 ^{ns}	0,23 ^{ns}
MÉDIA		1,05	3,29	2,52	3,09
CV(%)		110,24	25,88	10,52	11,16

*, ** significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, e ns não significativo.

Destacaram-se os híbridos AG8088YH e DKB390Y-VTPRO, com as menores incidências de fumonisinas totais (1,48 e 1,59 ppm, respectivamente), o híbrido experimental 1I923 com melhor empalhamento (nota 1,58), e os híbridos BRS1055 e 1I862 e com menores médias para notas de decumbência (2,07 e 20,8, respectivamente).

Vários trabalhos relatam que a decumbência está associada à maior resistência à incidência de grãos ardidos, por causa da maior proteção, e as espigas mal empalhadas apresentam facilidade de acesso a ataque fúngico (COSTA et al., 2012a, 2012b; PADILHA, 2014; PINTO, 2005). Entretanto, no presente trabalho os coeficientes de correlação de Pearson relacionando fumonisinas com decumbência e empalhamento mostraram que somente no último caso houve significância (Tabela 2). A quantidade de fumonisinas totais apresentou correlação significativa ($p < 0,05$), positiva, de moderada magnitude, com as notas de empalhamento, indicando que o mau empalhamento das espigas é um fator que predispõe os grãos à formação de fumonisinas. Através da observação das médias destas características, verificou-se que, na maioria das vezes, os híbridos com menores valores de fumonisinas também apresentavam menores notas para empalhamento (espigas mais bem empalhadas). A decumbência apresentou

correlações de baixas magnitudes e não significativas com a porcentagem de grãos ardidos e com teores de fumonisinas totais, indicando que esta característica não foi determinante para a melhor qualidade de grãos entre os híbridos avaliados. É importante notar, também, que a baixa incidência de grãos ardidos pode não refletir a qualidade de grãos, uma vez que a correlação entre porcentagem de grãos ardidos e fumonisinas foi de baixa magnitude e não significativa, indicando que algumas amostras de grãos sadios podem conter altas concentrações de fumonisinas, conforme relatado por Lanza et al. (2017).

Tabela 2: Coeficientes de correlação de Pearson para os pares de caracteres avaliados em híbridos de milho em alto e médio nível tecnológico.

	Fumonisinias	Empalhamento	Decumbência
EMP	0.58*		
DEC	-0,03	0,28	
% Grãos Ardidos	0,07	-0,02	-0,01

* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste Mantel.

Conclusão

Existe diferença entre os híbridos quanto às concentrações de fumonisinas totais nos grãos. O bom empalhamento de espigas é um fator relacionado à prevenção do desenvolvimento de fumonisinas em grãos de milho.

Referências

- ALMEIDA, P. A.; SABINO, M.; FONSECA, H.; CORRÊA, B. Milho recém-colhido no Brasil: interação da microbiota fúngica, fatores abióticos e ocorrência de fumonisinas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 64, p. 1-9, 2005.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: UFV, 2013. 442 p.
- HERMANNNS, G.; PINTO, F. T.; KITAZAWA, S. E.; NOLL, I. B. Fungos e fumonisinas no período pré-colheita do milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 7-10, 2006.
- COSTA, G. M. C.; COSTA, R. V. da; COTA, L. V.; SILVA, D. D. da; GUIMARÃES, L. J. M.; SILVA, O. A. da; MARCONDES, M. M.; RAMOS, T. C. D. de A.; LANZA, F. E.; CORREA, C. L.; MOURA, L. de O. Resistência genética e características de espigas na incidência de grãos ardidos em milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Diversidade e inovações na era dos transgênicos**: resumos expandidos. Campinas: Instituto Agrônômico; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012a. p. 733-741.

COSTA, R. V. da; QUEIROZ, V. A. V.; COTA, L. V.; SILVA, D. D. da; LANZA, F. E.; MENDES, S. M.; GUIMARÃES, L. J. M. **Atraso na colheita e incidência de grãos ardidos e fumonisinas totais em grãos de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012b. 31 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 57).

LANZA, F. E.; ZAMBOLIM, L.; COSTA, R. V.; FIGUEIREDO, J. E. F.; SILVA, D. D.; QUEIROZ, V. A. V.; GUIMARÃES, E. A.; COTA, L. V. Symptomatology associated with fungal incidence and fumonisin levels in corn kernels. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v. 42, n. 4, p. 304-308, 2017.

PADILHA, F. A. **Desempenho de híbridos de milho em dois níveis de investimento tecnológico na região de Sete Lagoas- MG**. 2014. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas, 2014.

PINTO, N. F. J. de A. **Grãos ardidos em milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 6 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 66).