



Micotoxinas na cultura do milho

João Américo Wordell Filho¹

O milho (*Zea mays* L.) apresenta grande importância socioeconômica em Santa Catarina, principalmente para produtores do Meio-Oeste e Oeste do Estado, regiões que concentram o maior número de criatórios de suínos e aves. No ano agrícola 2008/09, a produção catarinense foi de aproximadamente 3,3 milhões de toneladas, com produtividade média de 5,29t/ha (Cepa, 2010). Entre os fatores que reduzem a produtividade da cultura do milho estão a restrição hídrica, ataque de insetos e a incidência de doenças, como ferrugens, manchas foliares, podridões de colmo e podridões de espiga.

Os grãos de milho podem ser danificados por fungos, na pré-colheita, por podridões de espigas que causam grãos “ardidos” e na pós-colheita, durante o beneficiamento, armazenamento e transporte, causando grãos mofados ou embolorados. No processo de colonização dos grãos, muitos fungos toxigênicos causam danos físicos, como descoloração dos grãos, redução dos teores de carboidratos, proteínas e açúcares totais e podem produzir denominadas micotoxinas, que são metabólitos “secundários”, liberados no substrato onde crescem (Dhingra & Netto, 1998).

É importante ressaltar que a presença de fungos toxigênicos não implica necessariamente a produção de micotoxinas, as quais estão intimamente relacionadas à capacidade de biossíntese do fungo e das condições ambientais, tais como a alternância entre as temperaturas diurna e noturna (Embrapa, 2008).

Os grãos “ardidos” em milho decorrem das podridões de espigas, causadas principalmente pelos fungos *Fusarium moniliforme* (Sheld.) (Figuras 1 e 2), *Diplodia*

maydis (Berk.), *Diplodia macrospora* (Earle), *Fusarium subglutinans* (Sheld.), *Fusarium graminearum* (Schwabe.) (Figura 2) e *Fusarium sporotrichioides* (Sherb.). Ocasionalmente, no campo, há produção de grãos “ardidos” causados pelos fungos *Penicillium oxalicum* (Currie & Thom.), *Aspergillus flavus* (Link.)

(Figura 2), *Aspergillus parasiticus* (Speare) e *Aspergillus niger* (Tiegh). Os fungos *F. graminearum*, *F. sporotrichioides* e *D. maydis* são mais frequentes nos Estados do Sul do Brasil, e *F. moniliforme*, *F. subglutinans* e *D. macrospora* ocorrem nas demais regiões produtoras de milho do País. A seguir serão descritas as principais

podridões de espigas verificadas no Brasil.

A podridão branca da espiga é causada pelos fungos *D. maydis* e *D. macrospora*. As espigas infectadas por esses patógenos apresentam os grãos de cor marrom, com baixo peso e crescimento micélico branco entre as fileiras de grãos. No interior das



Figura 1. Espiga de milho apresentando crescimento micélico do fungo *Fusarium moniliforme*

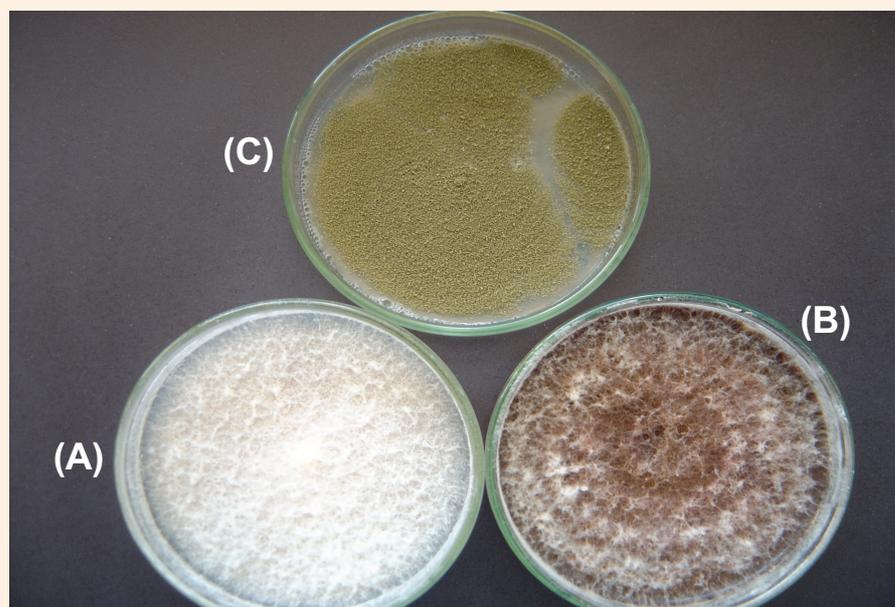


Figura 2. Colônias de fungos causadores de grãos “ardidos” em milho e produtoras de micotoxinas (A) *Fusarium moniliforme*, (B) *Fusarium graminearum* e (C) *Aspergillus flavus*

Aceito para publicação em 8/6/10.

¹ Eng.-agr., D.Sc., Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar (Cepaf), C.P. 791, 89801-970 Chapecó, SC, fone: (49) 3361-0615, e-mail: wordell@epagri.sc.gov.br.

espigas ou nas palhas destas, quando infectadas, há a presença de numerosos picnídios (pontos negros), que são as estruturas reprodutivas do patógeno. Apenas a *D. macrospora* infecta as folhas do milho. A diferenciação dessas espécies só é possível com análises microscópicas, pois os esporos de *D. macrospora* são maiores e mais alongados do que os de *D. maydis*. Os esporos desses fungos sobrevivem no solo, nos restos de cultura e nas sementes na forma de esporos e de micélio dormente, sendo essas as fontes primárias de inóculo para a infecção das espigas. A infecção pode iniciar em qualquer extremidade da espiga. Entretanto, as espigas mal empalhadas ou com palhas frouxas e as de cujas plantas não são dobradas após a maturidade fisiológica são as mais suscetíveis. A alta precipitação pluviométrica na época da maturação dos grãos favorece o aparecimento dessa doença. O crescimento da podridão cessa quando o teor de umidade dos grãos atinge 21% a 22%.

O controle integrado de podridões de espiga envolve utilização de cultivares resistentes, uso de sementes livres dos patógenos, destruição de restos culturais de milho infectados e rotação de culturas, visto que o milho é o único hospedeiro desses patógenos (Reis et al., 2004).

A podridão rosada da espiga é causada por *F. moniliforme* ou por *F. subglutinans*. Esses patógenos apresentam-se em muitas plantas hospedeiras, sendo, por isso, considerados parasitas não especializados. A infecção pode iniciar pelo topo ou por qualquer parte da espiga, mas sempre está associada a alguma injúria. Com o desenvolvimento da doença, uma massa cotonosa avermelhada pode recobrir os grãos infectados ou a área da palha atingida. Em alguns grãos, pode haver o aparecimento de estrias brancas no pericarpo, causadas pela ação do fungo. Quando a infecção ocorre pelo pedúnculo da espiga, todos os grãos podem ser infectados, mas se desenvolverá apenas naqueles que apresentarem alguma injúria no pericarpo. O desenvolvimento desses patógenos nas espigas é paralisado quando o teor de umidade dos grãos

atinge 18% a 19%. Embora esses fungos sejam frequentemente isolados das sementes, essas não são a principal fonte de inóculo. Pelo fato de esses fungos possuírem uma fase saprofítica ativa, eles sobrevivem e se multiplicam na matéria orgânica e no solo, sendo essa a fonte principal de inóculo (Reis et al., 2004; Embrapa, 2008).

A podridão rosada da ponta da espiga é também conhecida pelo nome de podridão de *F. graminearum*, sendo mais comum em regiões de clima ameno e de alta umidade relativa do ar. A incidência de chuvas após a polinização propicia a ocorrência dessa podridão de espiga. Essa doença inicia com uma massa cotonosa avermelhada na ponta da espiga, podendo dispersar-se para a base da espiga. A palha pode ser colonizada pelo fungo, ficando colada à espiga. Ocasionalmente, essa podridão pode iniciar na base e espalhar-se para a ponta da espiga, confundindo o sintoma com aquele causado por *F. moniliforme* ou *F. subglutinans*. Chuvas frequentes no final do desenvolvimento da cultura, principalmente em lavoura com cultivar de espigas não decumbentes, aumentam a incidência dessa podridão de espiga (Reis et al., 2004).

O gênero *Fusarium* tem uma faixa de temperatura ótima para o seu desenvolvimento situada entre 20 e 25°C. Contudo, suas toxinas são produzidas a temperaturas baixas. Por isso, os fungos desse gênero produzem as micotoxinas sob o efeito de choque térmico, principalmente com alternância entre as temperaturas diurna e noturna. Para a produção de micotoxinas a temperatura ótima está em torno de 10 a 12°C (Embrapa, 2008).

Atualmente, os grãos “ardidos” constituem-se em um dos principais problemas de qualidade do milho devidos à possibilidade da presença de micotoxinas, tais como aflatoxinas (*A. flavus* e *A. parasiticus*), fumonisinas (*F. moniliforme* e *F. subglutinans*), zearalenona (*F. graminearum*), vomitoxinas (*F. moniliforme*), toxina T-2 (*F. sporotrichioides*), entre outras (Tabela 1).

As perdas qualitativas por grãos “ardidos” desvalorizam o produto e constituem-se em uma ameaça à saúde animal e humana. Como padrão de qualidade, tem-se, em algumas agroindústrias, a tolerância máxima de 6% para grãos “ardidos” em lotes comerciais de milho.

Por causa dos efeitos tóxicos e de suas propriedades sinérgicas, a presença de micotoxinas nos alimentos pode provocar, no homem e nos animais, intoxicações agudas ou crônicas, às vezes mortais (Hussein & Brasel, 2001). Além desses problemas de saúde, acrescentam-se perdas econômicas para os atores das cadeias produtivas. A ingestão de alimentos contaminados pode baixar o desempenho produtivo dos animais, particularmente nas aves (inapetência, redução da conversão alimentar e do ganho de peso, diminuição da produção de ovos, etc.) (Santuário, 2000).

A destoxificação dos alimentos contaminados por micotoxinas é difícil e dispendiosa (Quillien, 2002). Por isso, é necessário prevenir a formação dessas micotoxinas pela implementação de um Sistema de Gestão Integrada da Qualidade (SGIQ), que se baseia em boas práticas de pré- e pós-colheita e em planos de controle ao longo da cadeia produtiva. A absorção de aflatoxinas através da adição de aluminossilicatos às rações para o consumo animal é um método cada vez mais empregado e eficiente no controle de aflatoxinas.

Prevenção e controle de fungos toxicogênicos

A prevenção é o melhor método para controlar a infecção dos grãos de milho por fungos promotores de grãos “ardidos”. A contaminação de grão por fungos é um problema sério e de difícil controle, ocorrendo em condições inadequadas de pré-colheita, colheita, transporte e armazenamento (Gil & Lima, 1996). Para minimizar esses efeitos, deve-se levar em consideração um conjunto de medidas: ►

Tabela 1. Principais micotoxinas, sua estrutura química e toxicidade presentes em grãos ardidos de milho por ação de fungos toxicogênicos

| Micotoxina | Fungo | Estrutura química | Toxicidade |
|--|---|-----------------------------|--|
| Aflatoxinas B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ | <i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus parasiticus</i> | Derivados de policetoácidos | Aves, suínos, bezerros: hepatotóxicas, teratogênicas, imunotóxicas, hemorrágicas, cancerígenas Humana: hepatocancerígena |
| Fumonisinias B ₁ , B ₂ , B ₃ | <i>Fusarium moniliforme</i> <i>Fusarium proliferatum</i> | Derivados de policetoácidos | Aves, suínos, bezerros: imunotóxicas Equinos: leucoencefalomalacia Suínos: edema pulmonar, hepatotóxicas Humana: provavelmente responsável pelo câncer do esôfago |
| Zearalenona | <i>Fusarium culmorum</i> <i>Fusarium graminearum</i> | Derivados de policetoácidos | Suínos: estrogênica |
| Ocratoxina A | <i>Penicillium verrucosum</i> <i>Aspergillus ochraceus</i> | Derivados de policetoácidos | Aves, suínos: nefrotóxica, imunotóxica, teratogênica, cancerígena |
| Desoxinivalenol (tricoteceno) | <i>Fusarium culmorum</i> <i>Fusarium graminearum</i> | Derivados de terpenos | Aves, suínos: imunotóxica, citotóxica, neurotóxica, dermonecrosante, hemorrágica |

Fonte: Brabet et al. (2005).

a) Práticas a serem adotadas no campo

- Utilizar cultivares de milho com maior resistência a podridões de espigas. Os híbridos/variedades resistentes estão disponíveis na internet na página da Embrapa Milho e Sorgo (www.cnpms.embrapa.br).

- Realizar rotação de culturas a cada 2 a 3 anos utilizando espécies de plantas não suscetíveis aos fungos dos gêneros *Fusarium* e *Diplodia*, tais como: soja (*Glycine max* L.) e girassol (*Helianthus annuus* L.) (Reis et al., 2004).

- Promover o controle das plantas daninhas hospedeiras de fungos do gênero *Fusarium* (Reis et al., 2004; Embrapa, 2008).

- Usar sementes livres de fungos.
- Semear na densidade recomendada para cada cultivar.

- Utilizar cultivares de milho com espigas decumbentes.

- Não colher espigas de plantas acamadas.

- Colher na época adequada e evitar acamamento e danos mecânicos à cultura.

- Realizar o enterrio de restos culturais de milho infectados com fungos causadores de grãos "ardidos".

- Evitar o estresse nutricional da planta, principalmente o estresse hídrico, que predispõe à

contaminação por fungos (Scussel, 1998).

- Colher quando a umidade dos grãos for igual ou inferior a 13%.

b) Medidas pós-colheita

- Secar o produto imediatamente após a colheita (se necessário), mantendo a umidade de armazenamento a 13%.

- Durante a estocagem, devem-se armazenar os grãos em local seco que não permita a entrada de água, e sob condições de temperatura adequada.

Literatura citada

- BRABET, C.; SALAY, E.; FREITAS-SILVA, O. et al. Gestão integrada de micotoxinas na cadeia produtiva do milho destinado à alimentação de frangos de corte no Brasil. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v. 22, p.439-451, 2005.
- COTTY, P.J.; BAYMAN, P.; EGEL, D.S. et al. Agriculture, aflatoxins, and *Aspergillus*. In: POWELL, K.A.; RENWICK, A.; PEBERDY, J.F. (Eds.). *The Genus Aspergillus: From Taxonomy and Genetics to Industrial Applications*. s. New York: Plenum Press, 1994. p.1-27.
- DHINGRA, O.; NETTO, R.A.C. *Micotoxinas em grãos*. In: LUZ, W.C.; FERNANDES, J.M.; PRESTES, A. M. et al. (Eds.). Revisão anual de patologia

de plantas. Passo Fundo, 1998. p.49-101.

- EMBRAPA. Cultivo do milho – doenças: qualidade sanitária de grãos. Disponível em: < <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/doencasgraos.htm> >. Acesso em: 30 nov. 2008.
- GIL, L.H.V.G.; LIMA, G.J.M.M. Micotoxinas: o perigo oculto das rações. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v. 9, n.3, p.51-55, 1996.
- HUSSEIN, H.S.; BRASEL, J. M. Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. *Toxicology*, Amsterdam, v.167, p.101-134, 2001.
- REIS, E.M.; CASA, R.T.; BRESOLIN, A.C.R. *Manual de diagnose e controle de doenças do milho*. 2.ed. Lages, SC: Graphel, 2004. 144p.
- RODIGHERI, J.A. *Milho. Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2008-2009*, Florianópolis, 2010. Disponível em: < http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/sintese_2009/sintese_2009.pdf >. Acesso em: 12 jan. 2010.
- SANTUARIO, J.M. Micotoxinas e micotoxicoses na avicultura. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, Campinas, v.2, p.1-12, 2000.
- SCUSSEL, V.M. *Micotoxinas em alimentos*. Florianópolis: Insular, 1998. 144p.
- QUILLIEN, J.F. *Les mycotoxines*. Paris: INRA, 2002. 24p. (PME N. 3). ■