



Revista
Técnico-Científica



GRÃOS ARDIDOS EM MILHO: UMA REVISÃO

José Roberto Chaves Neto^{1*}, Ricardo Boscaini¹

¹Doutorando em Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Santa Maria/UFSM; Campus de Santa Maria; Prédio 42 – 1º andar, CEP 97.105-900, Camobi, Santa Maria, RS, Brasil. *Email: jose.chavesneto@gmail.com (autor para correspondência*).

RESUMO: O milho é um dos alimentos mais importantes, sendo considerado um dos cereais mais cultivados no mundo. É notório o surgimento de diversas doenças nos últimos anos na cultura do milho, o que gerou perdas na qualidade e produtividade. A podridão-cravada é uma das principais doenças, que conseqüentemente provoca os chamados grãos de podridão, e os fungos podem sintetizar micotoxinas que contaminam os grãos. Assim, o objetivo desta revisão de literatura é destacar as principais causas do aumento da incidência de podridão no milho (*Zea mays* L.) e sua relação com as diferentes formas de manejo, aplicação de fungicidas, uso e seleção de híbridos resistentes, e o uso da irrigação, com base em informações e dados de artigos publicados em periódicos científicos. Os resultados deste estudo mostram que a aplicação excessiva de fungicidas, associados ao plantio direto e à monocultura, o uso inadequado da irrigação tem um papel considerável no aumento da incidência e seriedade de doenças na cultura do milho, como podridão da espiga e a incidência de grãos ardidos.

Palavras-chave: *Zea mays* L., Podridão da espiga, Controle químico, *Aspergillus* sp., *Fusarium* spp.

ROT GRAINS IN CORN: A REVIEW

ABSTRACT: Corn is one of the most important foods, being considered one of the most cultivated cereals in the world. It is notorious the emergence of several diseases in the last few years in corn crop, which has generated losses in quality and productivity. Spike rot is one of the major diseases, which consequently causes so-called rot grains, and the fungi can synthesize mycotoxins that contaminate the grains. Thus, the objective of this literature review is to highlight the main causes of the increase in the incidence of rot in maize (*Zea mays* L.) and its relationship with the different forms of management, application of fungicides, use and selection of resistant hybrids and the use of irrigation, based on information and data from articles published

in scientific journals. The results of this study show that the excessive application of fungicides, associated with no-tillage and monoculture, the inappropriate use of irrigation play a considerable role on the increasing of incidence and serenity of diseases in corn crop, such as ear rot and rot grains.

Keywords: *Zea mays* L., Ear rot, Chemical control, *Aspergillus* sp., *Fusarium* spp.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) pertencente à família *Poaceae*, é um dos principais cereais cultivados no mundo, com grande importância na cadeia alimentar. No Brasil, juntamente com o arroz e o feijão, constitui a base da alimentação de grande parte da população (PEREIRA, 1996), sendo também muito utilizado na alimentação animal, além de seu valor agrônômico no sistema de semeadura direta, por esta razão, tem grande importância socioeconômica. (MIRANDA et al., 2012).

Ao longo dos últimos anos, tem sido observado um aumento nas doenças em milho, possivelmente associada ao avanço das áreas cultivadas, juntamente com o crescimento da monocultura, o uso inadequado da irrigação e pela formação de campos homogêneos, tais aspectos propiciam microclimas favoráveis ao desenvolvimento de patógenos. Doenças na cultura do milho no Brasil, vêm surgindo e tornando-se mais efetivas, chegando a acarretar perda na qualidade dos grãos como também na produtividade, gerando assim prejuízos econômicos (PEREIRA et al., 2005; LANZA et al., 2016).

Dentre as doenças relacionadas as espigas os aos grãos, destaca-se a podridão de espiga, que ocasiona redução da produtividade e elevadas perdas de qualidade dos grãos colhidos, principalmente devido à formação de “grãos ardidos”. Além desta deterioração que ocasiona perdas nutricionais, alguns dos fungos causadores destas doenças são exímios produtores de toxinas, denominadas micotoxinas, que contaminam os grãos e são produzidas por fungos, com estruturas químicas diversas, incluindo muitas espécies do gênero *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicillium* (PINTO, 2005; JULIATTI et al., 2007; STEFANELLO et al., 2012). Neste contexto a perda qualitativa por grãos ardidos resulta na desvalorização do milho e dos produtos gerados a partir dele, além de tornar-se uma ameaça à saúde dos

rebanhos e também humana (PINTO, 2001). Deve-se salientar que a produção de grãos de milho, necessita além dos atributos de produtividade e qualidade nutricional, ter foco na segurança alimentar.

A maioria das áreas plantadas com híbridos resistentes constituem a principal medida de controle das doenças da cultura do milho, associada a outras medidas de controle, como a rotação de cultura, tratamento de sementes e aplicação foliar de fungicidas (COSTA et al., 2012; STEFANELO et al., 2012; LANZA et al., 2016).

O manejo integrado torna-se uma alternativa eficaz para o controle da podridão de espiga e dos grãos, envolvendo diversas ações integradas de controle, dentre elas destacam-se o manejo dos restos culturais e a qualidade sanitária das sementes; sendo esse último item de fundamental importância, pois sementes contaminadas podem reduzir a população de plantas como também a produtividade, além de servir como veículo de disseminação de patógenos. Práticas culturais como o sistema de plantio, seja convencional ou direto, a utilização de fungicidas durante o desenvolvimento da cultura, a rotação de culturas e a utilização de cultivares resistentes ou tolerantes aos patógenos (CASA et al., 2006; JULIATTI et al., 2007)

Esta revisão teve como objetivo destacar as principais causas do aumento da incidência de grãos ardidos na cultura do milho (*Zea mays* L.) e sua relação com as diferentes formas de manejos, dentre elas, aplicação de fungicidas, utilização e seleção de híbridos resistentes e o emprego da irrigação, tendo como base informações e dados apresentados derivados de artigos científicos publicados em revistas científicas selecionados e relacionadas como este tema.

DESENVOLVIMENTO

ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.), pertencente à classe das monocotiledôneas e a família *Poaceae*, é uma planta anual e herbácea (FEPAGRO, 1998), que apresenta grande importância econômica no mundo, sendo importante na alimentação humana e animal. A cultura do milho apresenta um ciclo variando entre 100 e 180 dias, em função da caracterização dos genótipos (super-precoce, precoce e tardio) e pode

apresentar variações com a temperatura, quando as temperaturas forem superiores a 20°C o ciclo das variedades precoces variam de 80 a 110 dias, para as variedades médias atingir a fase de maturação fisiológica, o ciclo pode variar de 110 a 140 dias. Em temperaturas médias inferiores a 20°C, o ciclo aumenta de 10 a 20 dias para cada 0,5°C de diminuição da temperatura, o que é dependente da variedade cultivada (DOORENBOS; KASSAM, 1979; REZENDE et al., 2004).

O milho é cultivado em praticamente todas as regiões agrícolas do mundo, com climas que variam desde a zona temperada até a tropical. Este grão constitui-se como fonte de carboidratos e energia tanto para a alimentação humana como para alimentação animal (BORÉM; GIUDICE, 2004). Os Estados Unidos da América são os maiores produtores do milho á nível mundial, o Brasil é o terceiro maior produtor. Na safra 2017/2018 foram produzidas no Brasil cerca de 80 milhões de toneladas do milho, sendo Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil são as regiões de maior concentração (CONAB, 2019).

A cultura do milho é produzida no Brasil em duas safras no mesmo ano agrícola, sendo a 1ª safra (safra do verão) e a 2ª safra (safra de inverno). Recentemente, tem aumentado a produção do milho segunda safra e observa-se também decréscimo na área semeada no período do milho 1ª safra, por causa da concorrência com a soja, o que tem parcialmente compensado pelo aumento da semeadura na 2ª safra (CONAB, 2019). Embora semeada em condição menos favorável de clima, a segunda safra é conduzida dentro de sistemas de produção que gradativamente são adotados a essas condições, o que tem contribuído para elevar a produtividade da lavoura.

De acordo com o 4º levantamento do USDA, a safra mundial de milho 2018/19 bateu recorde em área plantada e produção global, com cerca de 176,8 milhões de ha e 1.006,2 milhões de toneladas. No Brasil o milho é o segundo grão mais produzido no país, perdendo somente para a soja, chegando a uma produção média de 80.709,5 milhões de toneladas, na primeira e segunda safras de 2018/19 (CONAB, 2019). No Brasil, na safra agrícola 2018/19, a área cultivada foi de 16.616,4 milhões de hectares, com produção de 80.709,5 milhões de toneladas de grãos. Os estados com maior produção são Mato Grosso, Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais e Rio Grande do Sul.

HÍBRIDOS DE MILHO E TOLERÂNCIA A DOENÇAS

Segundo Pinto (2007), uma das alternativas mais promissoras para o controle do complexo grãos ardidos na cultura do milho, é a utilização de híbridos resistentes. Uma vez que, a seleção e o desenvolvimento de híbridos resistentes vêm se tornando uma prática comum como medida de prevenção e controle de doenças relacionados aos grãos, diversas empresas privadas e/ou públicas que atuam na área agropecuária vem desenvolvendo híbridos com diversas características, que vai desde a produtividade, cor e textura do grão, uso e finalidade, características de plantio e precocidade, relação deste com as principais doenças e sanidade de grãos.

De acordo com Zeringue et al. (1996), a resistência de genótipos de milho a podridões de grãos e espigas está relacionada ao teor de ácidos graxos do tipo linoleico, sendo o ácido graxo encontrado em maior quantidade, com um percentual médio de 62% dos óleos vegetais do milho. Mendes et al. (2012), avaliando o comportamento de parâmetros químicos e bioquímicos relacionados à resistência de híbridos comerciais inoculados com os fungos *Fusarium verticillioides*, *Stenocarpella maydis* e *Stenocarpella macrospora*, verificaram que os híbridos apresentaram variações na porcentagem de grãos ardidos entre os resistentes e os considerados susceptíveis, evidência a existência de genótipos com maior resistência a fungos causadores de podridão da espiga e grãos ardidos.

Na literatura brasileira, estudos desenvolvidos com o objetivo de relacionar a incidência de grãos ardidos com a queda de qualidade e produtividade de grãos, tem mostrando diferenças significativas entre os híbridos de milho. É necessário avaliar a campo a relação dos diferentes níveis de resistência dos híbridos e das práticas culturais empregadas ao longo do ciclo da cultura sobre a incidência de podridão da espiga e de grãos ardidos, permitindo assim a diagnose e identificação destas doenças e levando a seleção de híbridos com níveis de resistência constante. Porém, esta avaliação não deve ser apenas a campo, mas também em laboratório, de modo a identificar os fungos presentes nos grãos, sejam eles vindos diretamente do campo ou durante o período de armazenamento (MENDES et al., 2012; COSTA et al., 2015).

O teste de sanidade de grãos (método de Blotter test), é uma técnica amplamente utilizada e viável para esta avaliação, que consiste em distribuir um número determinado de grãos no interior de caixas plásticas e incubar por um período de nove dias em condições controladas. Após este período realiza-se a identificação dos fungos por meio das características morfológicas de suas estruturas, com o auxílio de lupa estereoscópica e microscópio (BRASIL, 2009), permitindo a seleção de híbridos com diferentes níveis de tolerância a doenças relacionadas às espigas e aos grãos (CASA et al., 2006; PILETTI et al., 2014). Antonello et al. (2009), ao avaliarem a qualidade sanitária de sementes de três variedades de milho armazenadas durante seis meses, constataram uma elevada incidência de fungos do gênero *Fusarium*, *Penicillium* e *Aspergillus*.

Em estudos por Juliatti et al. (2007), avaliando a influência de genótipos de milho e da aplicação foliar de fungicidas sobre a incidência de grãos ardidos, observaram a variação entre os genótipos testados. Mendes et al. (2011), realizando a quantificação em laboratório, da incidência de fungos causadores de podridão da espiga, em grãos colhidos de híbridos comerciais de milho, enfatizaram com base nos resultados, que é possível selecionar genótipos resistentes ou com níveis de tolerância a esses fungos.

SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MILHO – SEMEADURA DIRETA E IRRIGAÇÃO

Nos últimos anos é notório o aumento do plantio direto nas áreas de cultivo de milho. Este sistema vem sendo adotado pelos agricultores como forma de proteger o ambiente e dar sustentabilidade à exploração agrícola. Mesmos com seus benefícios, e sua ampla difusão na região Sul do Brasil, como também seu rápido avanço para as regiões do cerrado brasileiro, existem estudos que relatam um aumento do estado de compactação dos solos submetidos a esse sistema. Além disso o aumento das áreas plantadas neste sistema associada à falta de rotação de culturas, ao monocultivo de milho e as condições climáticas favoráveis tem ocasionado o surgimento de várias doenças, dentre estas destaca-se as podridões de grãos e espigas, que estão diretamente relacionadas ao surgimento de grãos ardidos (STONE et al., 2006; MENDES et al., 2012).

Borghi et al. (2004), estudando os componentes de produção do milho em função de diferentes fatores de manejo, dentre eles o sistema de semeadura (convencional e direta), verificaram que para a massa de 1000 grãos, o sistema semeadura convencional proporcionou valores estatisticamente superiores aos demais sistemas (246,7 g).

Mendes et al. (2012), estudando híbridos de milho com e sem a inoculação dos fungos causadores de podridão da espiga, em duas safras agrícolas e em dois sistemas de cultivo (convencional e direto), verificaram que a produtividade de grãos e a porcentagem de grãos ardidos foram influenciadas pelo tipo de híbrido, pelas safras agrícolas e pelas inoculações artificiais, sendo mais pronunciada no sistema de semeadura direta.

A relação dos níveis de resistência dos híbridos de milho associado às técnicas adotadas ao longo do ciclo da cultura, como aplicação de fungicidas e o uso da irrigação, também foram relatadas por Mendes et al. (2012) e Rizzardi et al. (2017), que ao avaliarem o desempenho agrônomico de diferentes híbridos de milho com diferentes níveis de resistência em função da inoculação artificial de fungos relacionados a doenças de grãos e aplicação de fungicidas, constataram diferentes respostas dos híbridos em relação a porcentagem de grãos ardidos.

A inclusão da irrigação nos sistemas de cultivo no Brasil, aumenta gradativamente ano após ano, sendo inserida em diversas culturas incluindo a do milho, este aumento ocorre em função da estiagem, que pode levar a quebra ou perda da produção. Na cultura do milho a irrigação sempre foi associada à produção de sementes. Entretanto, tem-se observado que a produção deste tipo de milho visando à produção de grãos tem aumentado em muitas regiões, em função de altos rendimentos e rentabilidades significativas, considerando os preços atuais (ALBUQUERQUE, 2014). De acordo com Cruz (2010), o manejo de irrigação da cultura do milho nada mais é do que determinar o momento correto de aplicar água e a sua respectiva lâmina (quando e quanto aplicar).

De acordo com Vilela et al. (2012) e Piletti et al. (2014), o uso da irrigação, forma um ambiente favorável ao desenvolvimento do patógeno, proporcionando uma maior taxa de desenvolvimento e por consequência maior crescimento. Desse modo,

é possível observar maior severidade nos grãos e perdas de qualidade e peso, visto que, os conídios dos patógenos saprófitos sobrevivem nos restos culturais ou em sementes por um período de até três anos, estes conídios são disseminados pela água da chuva e também pela irrigação.

Rizzardi et al. (2017), avaliando o comportamento de híbridos comerciais de milho, com e sem inoculação artificial do fungo *Stenocarpella maydis*, agente causal da podridão branca da espiga, constataram maior incidência dos fungos causadores do complexo de grãos ardidos na safra em que os índices pluviométricos foram superiores; a maior disponibilidade de água no campo, contribuiu para o maior desenvolvimento do fungo *Stenocarpella maydis*.

Avaliando a eficiência da aplicação foliar de fungicidas na redução da incidência de patógenos fúngicos, de grãos ardidos e de fumonisinas totais em grãos de milho, Lanza et al. (2016), constataram diferença entre os híbridos e entre as épocas de semeadura quanto a incidência do fungo *Aspergillus* sp. De acordo com Sabato et al. (2013), para o controle integrado de doenças foliares e de espiga na cultura do milho, se faz necessário o uso adequado da irrigação, a utilização de genótipos resistentes e o controle químico com a aplicação da dose recomendada por parte do fabricante.

PODRIDÃO DA ESPIGA E GRÃOS ARDIDOS NA CULTURA DO MILHO ETIOLOGIA, SINTOMATOLOGIA E IMPORTÂNCIA DA DOENÇA

Dentre as doenças que mais afetam a cultura do milho no Brasil, destaca-se a podridão da espiga. Normalmente está podridão também atinge os grãos, resultando em grãos ardidos, os quais podem apresentar níveis elevados de compostos tóxicos, dependendo do patógeno causador, que podem estar presentes tanto em grãos e sementes de milho como também em outros cereais. Grãos ardidos são todos aqueles que possuem pelo menos um quarto de sua superfície com descolorações, cuja matiz pode variar de marrom claro a roxo (PINTO, 2007). As podridões de espiga e grãos ardidos ocorrem em todas as regiões do Brasil, os maiores danos ocorrem em condições de alta umidade e em duas etapas específicas: na pré-colheita (podridões fúngicas de espigas, com a formação de grãos ardidos) e na pós-colheita, durante o

beneficiamento, armazenamento e transporte (grãos mofados ou embolorados) (REIS et al., 2004; PINTO, 2005).

O surgimento da podridão da espiga e a produção de grãos ardidos é ocasionada pelos fungos patogênicos presentes no campo, dentre eles destacam-se os fungos *Penicillium oxalicum* e *Aspergillus flavus* e *A. parasiticus*. Os fungos *F. graminearum*, *F. sporotrichioides* e *Diplodia maydis* são mais freqüentes nos Estados do sul do Brasil; enquanto *F. moniliforme*, *F. subglutinans* e *Diplodia macrospora* são mais encontradas nas demais regiões produtoras de milho (STEFANELLO et al., 2012).

Catão et al. (2013), avaliando a qualidade sanitária e fisiológica de sementes de variedades crioulas de milho em pré e pós-armazenamento em embalagens de polietileno tereftalato, verificaram que na microbiota os principais representantes foram os fungos *Fusarium moniliforme*, *Penicillium* spp. e *Aspergillus* spp. A incidência de *Penicillium* spp. e *Aspergillus* spp. com maior em pós-armazenamento, enquanto *F. moniliforme* em pré-armazenamento. Isto pode estar associada às condições ambientais durante a produção das espigas. Neves, (2007) relata que os fungos presentes no campo precisam de umidade relativa acima de 80% para completarem seu ciclo biológico, já os fungos de armazenamento demandam de menor quantidade de água para completarem seu ciclo na fase de pós-colheita dos grãos.

As micotoxinas são metabólitos secundários produzidos por fungos toxigênicos que frequentemente contaminam produtos agrícolas, no campo, ou durante a colheita, transporte e estocagem. Dentre estas micotoxinas destaca-se as aflatoxinas por apresentarem-se compostos mutagênicos, carcinogênicos e teratogênicos. As três espécies de *Aspergillus* que produzem as aflotoxinas são: *A. flavus*, *A. parasiticus* e *A. nomius*, que contaminam os grãos e os produtos gerados a partir dele. O *A. flavus* produz apenas aflatoxinas do grupo B, enquanto as outras duas espécies produzem aflatoxinas dos grupos B e G (CREPPY, 2002). As fumonisinas assim como as aflatoxinas, podem ser consideradas de ocorrência mundial, que são produzidas pelo fungo *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenb. Este é o fungo mais frequente em grãos de milho recém colhidos, com níveis de contaminação de até 100% (LIMA et al., 2000; MARQUES et al., 2009).

Marques et al. (2009), afirmam que os fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium* se comportaram de maneira diferenciada, em função dos teores de umidade nos grãos de milho. Os autores constataram, ainda, que não foi detectado a presença de micotoxinas nos híbridos testados, tendo como provável causa o não favorecimento do desenvolvimento dos patógenos pelas condições climáticas na estação de cultivo.

De acordo com Mendes et al. (2012), as espécies mais frequentemente detectadas em grãos de milho são *Fusarium moniliforme*, *Fusarium verticillioides*, *Aspergillus flavus* e *Stenocarpella maydis*, que além de causarem o dano complexo “grãos ardidos” podem biosintetizar micotoxinas. Stefanello et al. (2012) e Lanza et al., (2016), relatam que os gêneros de fungos detectados e associados aos grãos de milho recém-colhido foram *Fusarium* sp., seguido por *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp.

Tabela 1: Principais micotoxinas encontradas em grãos e os fungos produtores destas.

Table 1: Major mycotoxins found in grains and their fungi.

Principal toxina	Principais fungos produtores
Citrina	<i>Penicillium citrinum</i>
Fumonisinias	<i>Fusarium verticillioides</i>
Aflatoxinas	<i>Aspergillus flavus</i> e <i>A. parasiticus</i>
Zearalenona	<i>Fusarium graminearum</i> e <i>F. poae</i>
Vomitoxinas	<i>Fusarium verticillioides</i>
Ocratoxina	<i>Aspergillus ochraceus</i>

Em estudo recente, Kluge et al. (2017), avaliando o efeito da aplicação de fungicida sobre a podridão de grãos em híbridos comerciais de milho e a relação entre os grãos ardidos e a expressão da enzima lipoxigenase no grão, observaram que a aplicação do fungicida reduziu a incidência de grãos ardidos, e a maior redução ocorreu nos híbridos suscetíveis, com duas aplicações.

CONTROLE QUÍMICO DE PODRIDÃO DA ESPIGA DO MILHO

De acordo com Lago e Nunes (2008), a aplicação de fungicida na cultura do milho tem mostrado bons resultados, com ganho de produtividade ou manutenção desta, em função do controle por parte dos fungicidas das principais doenças da

cultura, dentre estas destaca-se a podridão dos grãos e das espigas. Porém é válido salientar que o eficiente uso destes fungicidas está diretamente relacionada ao modo correto de aplicação, o que permite uma maior expressão do potencial de ação desses agroquímicos sobre o ataque dos patógenos na cultura. Segundo Duarte et al. (2009), os fungicidas registrados para a cultura proporcionam maior sanidade das plantas, reduzindo a colonização dos patógenos causadores de grãos ardidos.

De acordo com Buzzerio (2010), o tratamento de sementes, para controlar os patógenos associados às sementes, tem um importante papel no controle de habitantes/invasores do solo, sejam fungos de armazenamento e/ou patógenos foliares iniciais, plantas vigorosas e atraso no surgimento de epidemias. A ausência desta proteção inicial pode acarretar redução na produtividade da cultura. Vários fungicidas têm sido comparados para verificar o seu efeito no controle dos fungos presentes nas sementes de milho e no desempenho destes em laboratório, como também em campo (JULIATTI et al., 2007; VILELA et al., 2012; LOPES et al., 2015; LANZA et al., 2016; CHAVES NETO et al., 2017, CHAVES NETO et al., 2018a).

Nos últimos anos houve aumento ascendente do uso do controle químico, com a aplicação de fungicidas em lavouras de milho para a produção de grãos (KIMATI, 2011). Sendo o controle químico uma das medidas mais utilizadas pelos produtores por ser eficaz e economicamente viável, mesmo com a utilização da resistência genética de híbridos ser uma das principais estratégias para o manejo de doenças em milho (COSTA et al., 2012).

Dentre os fungicidas, os mais empregados são: os sistêmicos sistêmicos pertencentes aos grupos químicos dos triazóis, os quais apresentam expressiva ação fungicida, tem como ação a inibição da biossíntese de esterol nas células dos fungos alvos, o controle é mais expressivo nas fases de colonização e de pré-esporulação do ciclo de vida dos patógenos (ZHOU; WANG, 2012; SILVA et al., 2013). Segundo Bampi et al. (2013) nos últimos anos vem sendo utilizado os fungicidas formulados a partir das estrobirulinas isoladas ou em misturas pré-fabricadas, que são consideradas inibidores da respiração mitocondrial, tendo sua maior eficácia na fase de germinação dos esporos.

A eficácia dos fungicidas formulados a partir da mistura das estrobilurinas com triazóis em reduzir a incidência de grãos ardidos na cultura do milho foram relatadas por Duarte et al. (2009), que avaliando a eficácia de diferentes fungicidas na cultura do milho, constataram eficiência na redução da incidência de grãos ardidos, quando aplicou-se via foliar o fungicida azoxistrobina + ciproconazol, destacou a eficácia dos fungicidas formulados a partir da mistura dos princípios ativos dos grupos químicos estrobilurinas e triazóis.

De acordo com Juliatti et al. (2007), avaliando a influência da aplicação foliar de diferentes fungicidas na incidência de grãos ardidos, verificaram que o fungicida Azoxystrobin + Ciproconazole resultou na menor incidência de *Fusarium moniliforme*, reduzindo em 33% a infecção, já a menor incidência de *Penicillium digitatum* quando aplicou-se os fungicidas Piraclostrobin + Epoxiconazole, Azoxystrobin e Azoxystrobin + Ciproconazole. Esta eficácia também foi observada por Brito et al. (2012), constataram que a aplicação foliar a campo de estrobilurinas em misturas com triazóis resultou em menor incidência de grãos ardidos, quando aplicado o fungicida Azoxistrobina + Ciproconazol. Avaliando a incidência de grãos ardidos em milho em função da aplicação foliar de azoxistrobina + ciproconazol Stefanello et al. (2012), verificaram uma menor incidência de grãos ardidos e podridão da espiga (*Fusarium moniliforme* e *Penicillium digitatum*).

Em estudo recente, avaliando a eficácia da aplicação foliar de três fungicidas no controle da mancha branca do milho em condições de campo, Chaves Neto et al. (2017), constataram eficácia superior a 90% quando aplicou-se os fungicidas Epoxiconazol + Piraclostrobin, Ciproconazol + Picoxistrobina e Azoxistrobina + Benzovindiflupir, destacando a eficácia das estrobilurinas em misturas com triazóis. Avaliando influência do sistema de semeadura e da aplicação foliar de fungicida sobre a produtividade e qualidade sanitária de grãos de milho, Chaves Neto et al. (2018b), observaram que a aplicação em campo do fungicida Azoxistrobina + Benzovindiflupir, ocasionou menor incidência do fungo *Penicillium* sp, Quando aplicou-se os fungicidas Piraclostrobin + Epoxiconazol, Picoxistrobina + Ciproconazole e Azoxistrobina + Benzovindiflupir reduziram a incidência do fungo *Aspergillus* sp., além disso também

observou-se um incremento na produtividade quando comparado com o tratamento sem aplicação.

SENSIBILIDADE DE FUNGOS CAUSADORES DE PODRIDÃO DA ESPIGA A FUNGICIDAS *IN VITRO*

Atualmente, as podridões de espiga na cultura do milho têm sido manejadas com a associação de estratégias possíveis de minimizar os danos nas plantas por essa doença, denominado de manejo integrado. O uso de fungicidas deve ser associado a outras medidas de controle como, por exemplo: cultural, químico e biológico concomitantemente, além de realizar um rodízio entre os ingredientes ativos utilizados, o que caracteriza o chamado controle alternativo. (LOPES et al., 2015).

A eficácia do controle químico depende não só do princípio ativo utilizado, mas também do número de aplicações, do momento da aplicação e da tecnologia utilizada. De acordo com os resultados de pesquisa realizadas a campo já obtidos, o maior controle da doença tem sido verificado com fungicidas Azoxystrobin + Ciproconazole e Piraclostrobin + Epoxiconazole (JULIATTI et al., 2007; STEFANELLO et al., 2012). No entanto, é válido salientar que a utilização de um manejo inadequado dos ingredientes ativos no controle da doença poderá induzir a seleção de isolados para a resistência a esses produtos, visto que, algumas espécies de fungos são altamente adaptáveis.

A fungitoxicidade de determinado fungicida é uma propriedade inerente a uma substância química, sendo definida como a toxicidade aos fungos em baixas concentrações. (REIS et al., 2010). Para definir a fungitoxicidade de uma substância química, podem ser utilizados alguns parâmetros, dentre eles tem-se a CI_{50} (concentração que promove a inibição de 50 % do desenvolvimento dos microrganismos). Valores baixos de CI_{50} indica alta ação fungicida. A CI_{50} é específica para uma determinada substância química e um determinado patógeno, e pode ter seu valor alterado com o tempo de uso (BLUM, 2009; FRAC, 2009; BAMPI et al., 2013).

Hoje, o surgimento de fungos resistentes a fungicidas, vem se tornando um sério problema, visto a perda de sensibilidade de determinados fungos a ingredientes ativos

que fazem parte da formulação dos agroquímicos (fungicidas). Tal fato se deve aos organismos vivos apresentarem capacidade de se adaptarem às condições do meio ambiente, que possivelmente ocorre quando os agricultores fazem o uso de subdoses e uso de aplicações contínuas do mesmo ingrediente ativo (DEKKER, 1977).

De acordo com Sartori (2007), a velocidade de mudança de um organismo sensível de se tornar resistente é determinada pela epidemiologia do próprio patógeno e pela frequência ou duração da pressão de seleção aplicada, um exemplo, são os fungicidas do grupo dos triazóis, tidos como de moderado risco de resistência. BAMPI et al. (2013), ao determinarem a sensibilidade de *Stenocarpella macrospora* a fungicidas, observaram que os fungicidas do grupo químico das estrobilurinas proporcionaram mesmo em baixas concentrações inibição do crescimento do micelial de diferentes isolados de *S. macrospora*.

Avaliando a sensibilidade de oito isolados de *Colletotrichum gloeosporioides* a fungicidas *in vitro*, Lopes et al. (2015), constataram que o fungicida Trifloxistrobina + Tebuconazol, promoveu menor crescimento micelial. Chaves Neto et al. (2016), avaliando a sensibilidade *in vitro* de diferentes fungos causadores do complexo grãos ardidos ao fungicida Azoxistrobina + Benzovindiflupir, constataram redução significativa no crescimento micelial do fungo *Aspergillus* sp., mesmo em baixas concentrações.

CONCLUSÕES

Os achados desta revisão da literatura mostram que ao longo dos anos vem sendo observado uma maior incidência e severidade de doenças na cultura do milho, o que ocasiona perdas qualitativas e quantitativas, em especificamente quanto ao valor nutricional e produtividade de grãos.

Dentre as medidas de controle para as doenças de espigas na cultura do milho, o controle químico vem sendo o mais empregado, por proporcionar maior sanidade das plantas, reduzindo a colonização e desenvolvimento dos patógenos, estudos recentes evidenciam resultados significativos quanto à eficácia no controle bem como ganho de produtividade de grãos. Sendo está eficácia atribuída também ao modo

correto de aplicação, o que permite uma maior expressão do potencial de ação dos agroquímicos sobre o ataque dos patógenos.

Desse modo torna-se necessário o desenvolvimento de mais estudos buscando a identificação e seleção de híbridos com resistência constante em relação a doenças de espigas e grãos, mas principalmente a influência da rotação de cultura, irrigação e dos sistemas de semeadura sobre o aumento da incidência e severidade das doenças na cultura do milho.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE P. E. P. A necessidade de irrigar o milho. 19/03/14. Disponível: <[http://agrolink.com.br/culturas/milho/artigo/a-necessidade-de-irrigar-o milho](http://agrolink.com.br/culturas/milho/artigo/a-necessidade-de-irrigar-o-milho)> Acesso em: 15/05/2014.

BAMPI, D.; CASA, R. T.; WORDELL FILHO, J. A.; BLUM, M. M. C.; CAMARGO, M. P. Sensibilidade de *Stenocarpella macrospora* a fungicidas. Bioscience Journal, v.29, n.4, p.787-795, 2013.

BLUM, M. M. C. Sensibilidade de *Pakpsora pachyrhizi* a fungicidas. 2009. 164f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

BORÉM, A.; GIÚDICE, M. P. Cultivares transgênicos. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Eds). Tecnologias de Produção do Milho. Viçosa: UFV, 2004. p.85.

BORGHI, E.; MELLO, L. M. M.; CRUSCIOL, C. A. C. Adubação por área e por planta, densidade populacional e desenvolvimento do milho em função do sistema de manejo do solo. Acta Scientiarum. Agronomy, v.26, n.3, p.337-345, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v26i3.1840>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.

BUZZERIO, N. F. Ferramentas para qualidade de sementes no tratamento de sementes profissional. Informativo ABRATES, v.20, n.3, p.56, 2010.

CASA, R. T.; REIS, E. M.; ZAMBOLIM, L. Doenças do milho causadas por fungos do gênero *Stenocarpella*. Fitopatologia Brasileira, v.31, n.5, p. 427-439, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582006000500001>

CATÃO, H. C. R. M.; MAGALHÃES, H. M.; SALES, N. L. P.; BRANDÃO JUNIOR, D. S.; ROCHA, F. S. Incidência e viabilidade de sementes crioulas de milho naturalmente infestadas com fungos em pré e pós-armazenamento. Ciência Rural, v.43, n.5, p. P.764-770, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013000500002>

CHAVES NETO, J. R.; COSTA, I. F. D.; BOSCAINI, R.; LEDUR, N. R.; GUERRA, R. C. Sensibilidade *in vitro* de fungos isolados de grãos de milho ao fungicida azoxistrobina + benzovindiflupir em diferentes concentrações. Enciclopédia Biosfera, v.13, n.23, p.1211-1224, 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2016_106

CHAVES NETO, J. R.; GUERRA, R. C.; BOSCAINI, R.; LEDUR, N. R.; TRAVESSINI, M.; COSTA, I. F. D. Desempenho agrônômico e qualidade sanitária de Grãos de milho, em função da aplicação foliar de Fungicidas. Revista Científica Rural, v.20, n.2, p.74-90, 2018a. DOI: <https://doi.org/10.30945/rcr-v20i2.261>

CHAVES NETO, J. R.; GUERRA, R. C.; BOSCAINI, R.; LEDUR, N. R.; TRAVESSINI, M.; COSTA, I. F. D. Influência do sistema de semeadura e da aplicação de fungicidas sobre a produtividade e qualidade sanitária de milho. Cultura Agrônômica, v.27, n.4, p.424-439, 2018b. DOI: <http://dx.doi.org/10.32929/2446-8355.2018v27n4p424-439>

CHAVES NETO, J. R.; TRAVESSINI, M.; BOSCAINI, R.; LEDUR, N. R.; COSTA, I. F. D. Eficácia da aplicação foliar de fungicidas no controle de mancha-branca do milho. Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária, v.11, n.1, p.31-36, 2017.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento Acomp. safra bras. grãos, v. 6 – Safra 2018/19, n. 6 – Sexto levantamento, março de 2019. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 21 março 2019.

COSTA, R. V.; COTA, L. V.; SILVA, D. D.; MEIRELLES, W. F.; LANZA, F. E. Viabilidade técnica e econômica da aplicação de estrobilurinas em milho. Tropical

Plant Pathology, v.37, n.4, p.246-254, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762012000400003>

COSTA, R. V.; SILVA, D. D. COTA, L. V. Reação de Cultivares de Milho à Ferrugem Polissora em Casa de Vegetação. (Circular Técnica 214). Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 5 p.

CREPPY, E. E. Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. Toxicology Letters, v.127, n.1, p.19-28, 2002. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4274\(01\)00479-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4274(01)00479-9)

CRUZ, J. C. Cultivo do Milho. Irrigação. Embrapa Milho e Sorgo. Versão Eletrônica - 6ª edição. Set. /2010 Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/irrigacao.htm. Acesso em: 15/08/2018.

DEKKER, J. Resistance. In: MARSH, R. W. (Ed.). Systemic fungicides. 2.ed. London: Logeman, 1977. p. 176-197.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. (FAO Irrigation and Drainage, 33). Roma: FAO, 1979. 193p.

DUARTE, R. P.; JULIATTI, F. C.; FREITAS, P. T. Eficácia de diferentes fungicidas na cultura do milho. Bioscience Journal, v.25, n.4, p.101-111, 2009.

FRAC Code List: Fungicides sorted by mode of action (including FRAC Code numbering). Disponível em: http://www.frac.info/frac/publication/anhang/FRAC_Code_List_2009_web.pdf. Acesso em: 15 ago 2018.

JULIATTI, F. C.; ZUZA, J. L. M. F.; SOUZA, P. P.; POLIZEL, A. C. Efeito do genótipo de milho e da aplicação foliar de fungicidas na incidência de grãos ardidos. Bioscience Journal, v.23, n.2, p.34-41, 2007.

KIMATI, H. Controle químico. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. (Ed.). Manual de fitopatologia: princípios e conceitos. 4.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2011. v.1, 704p.

KLUGE, E. R.; MENDES, M. C.; FARIA, M. V.; SANTOS, L. A.; SANTOS, H. O.; SZEUCZUK, K. Effect of foliar fungicide and plant spacing on the expression of lipoxygenase enzyme and grain rot in maize hybrids. *Acta Scientiarum*, v. 39, n. 4, p. 407-415, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v39i4.33003>

LAGO, F. L.; NUNES, J. Avaliação da produtividade de milho em relação à aplicação de fungicidas em diferentes estádios. *Revista Cultivando o Saber*, v.1, n.1, p.17-23, 2008.

LANZA, F. E.; ZAMBOLIM, L.; COSTA, R. V.; SILVA, D. D.; QUEIROZ, V. A. V.; PARREIRA, D. F.; MENDES, S. M.; SOUZA, A. G. C.; COTA, L. V. Aplicação foliar de fungicidas e incidência de grãos ardidos e fumonisinas totais em milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.51, n.5, p.638-646, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2016000500026>

LIMA, C. A. P.; ORSI, R. B.; DILKIN, P.; CORRÊA, B. Mycoflora and aflatoxicogenic species of *Aspergillus* spp. isolated from stored maize. *Food Science and Technology*, v.20, n.1, p.46-50, 2000.

LOPES, L. N. S.; SILVA, A. S.; PEREIRA, C. C. O.; MENEZES, I. P. P.; MALAFAIA, G.; LIMA, M. L. P. Sensibilidade de isolados de *Colletotrichum gloeosporioides* a fungicidas. *Multi-Science Journal*, v.1, n.1, p.106-114, 2015. DOI: DOI: <http://dx.doi.org/10.33837/msj.v1i1.46>

MARQUES, O. J.; VIDIGAL FILHO, P. S.; DALPASQUALE, V. A.; SCAPIM, C. A., PRICINOTTO, L. F.; E MACHINSKI JÚNIOR, M. Incidência fúngica e contaminações por micotoxinas em grãos de híbridos comerciais de milho em função da umidade de colheita. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.31, n.4, p.667-675, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v31i4.5690>

MENDES, M. C.; PINHO, R. G. V.; MACHADO, J. C.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; FALQUETE, J. C. F. Qualidade sanitária de grãos de milho com e sem inoculação a campo dos fungos causadores de podridões de espiga. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.5, p.931-939, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000500010>

MENDES, M. C.; PINHO, R. G. V.; PINHO, E. V. R. V. FARIA, M. V. Comportamento de híbridos de milho inoculados com os fungos causadores do complexo grãos ardidos e associação com parâmetros químicos e bioquímicos. *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, v.8, n.2, p.275-292, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.5777/ambiencia.2012.02.04>

MIRANDA, R. A.; DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C. Economia da produção. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sogo, 2012. 11p.

NEVES, I.P. Armazenamento de grãos. (Dossiê Técnico). Rede de tecnologia da Bahia - RETEC-BA, 2007. 20p.

PEREIRA, J. Alterações na qualidade tecnológica de grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) durante o armazenamento. 1996. 107 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

PEREIRA, O. A. P.; CARVALHO, R. V.; CAMARGO, L. E. A. Doenças do milho. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed.). Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. 4.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v.2, 666p.

PILETTI, G. J.; CASA, R. T.; BAMPI, D.; PILETTI, L. M. M. S.; STOLTZ, J. C.; SANGOI, L.; MICHELUTTI, D. Reação de híbridos de milho à mancha-de-mascropora. *Summa Phytopathologica*, v.40, n.1, p.24-28, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052014000100003>

PINTO, N. F. J. A. Grãos ardidos em milho. (Circular técnica, 66). Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 5p.

PINTO, N. F. J. A. Qualidade sanitária de grãos de milho. (Comunicado técnico, 30). Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001.4p.

PINTO, N. F. J. A. Reação de cultivares com relação à produção de grãos arditos em milho. (Comunicado técnico, 144). Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 4p.

REIS, E. M.; CASA, R.T.; BRESOLIN, A. C. R. Manual de diagnose e controle de doenças do milho. Lages: Graphel, 2004. 44p.

REIS, E. M.; REIS, A.C.; CARMONA, M. A. Manual de fungicidas: Guia para controle químico de doenças de plantas. 6.ed. Passo Fundo. Ed. Universidade de Passo Fundo, 2010. 226p.

REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L.; MANTOVANI, E. C.; FRIZZONE, J. A. Função de produção da cultura do milho e do feijão para diferentes lâminas e uniformidade de aplicação de água. Acta Scientiarum, v.26, n.4, p.503-511, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v26i4.1814>

RIZZARDI, D. A.; FARIA, C. M. D. R.; FARIA, M. V.; MENDES, M. C.; ROSSI, E. S.; FIGUEIREDO, A. S. T.; POSSATO JÚNIOR, O. Artificial com *Stenocarpella maydis* em híbridos de milho. Scientia Agraria Paranaensis, v.16, n.2, p.166-170, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v16n1p166-170>

SABATO, E. O.; PINTO, N. F. J. A.; FERNANDES, F. T. Identificação e controle de doenças na cultura do milho. 2. ed. Embrapa: Brasília, 2013. 198p.

SARTORI, J. E. Avaliação da sensibilidade in vitro de isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* a fungicidas. Multi-Science Journal; v.21, p.100-107. 2007.

SILVA, I. F.; MARTINS, P. R.; SILVA, E.G.; FERREIRA, S.B.; FERREIRA, V.F.; COSTA, K. R.; VASCONCELLOS, M.C.; LIMA, E.S.; SILVA, F. C. Synthesis of 1H-1,2,3-triazoles and study of their antifungal and cytotoxicity activities. Medicinal Chemistry, v.9, n.8, p.1085-1090, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.2174/1573406411309080010>

STEFANELLO, J.; BACHI, L. M. A.; GAVASSONI, W. L.; HIRATA, L. M.; PONTIM, B. C. A. Incidência de fungos em grãos de milho em função de diferentes épocas de aplicação foliar de fungicida. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.42, n.4, p.476-481, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632012000400014>

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A. Atributos físico-hídricos do solo sob plantio direto. (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1516-7518; 191). Embrapa Arroz e Feijão, 39 p. 2006.

USDA. United States Department of Agriculture. World Agricultural Supply and Demand Estimates. Disponível em: www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf. Acesso em: 21 mar. de 2019.

VILELA, R. G.; ARF, O.; KAPPES, C.; KANEKO F. H.; GITTI, D. C.; FERREIRA, J. P. Desempenho agrônomico de híbridos de milho, em função da aplicação foliar de fungicidas. *Bioscience Journal*, v.28, n.1, p.25-33, 2012.

ZERINGUE, H. J.; BROWN, R. L.; NEUCERE, J. N. Relationship between C6-C12 alkanal and alkenal volatile contents and resistance of maize genotypes to *Aspergillus flavus* and aflatoxin production. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, v.44, n.2, p.403-407, 1996. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf950313r>

ZHOU, C. H.; WANG, Y. Recent Researches in Triazole Compounds as Medicinal Drugs. *Current Medicinal Chemistry*, v.19, n.2, p.239-280, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.2174/092986712803414213>