
Colletotrichum graminicola E ANTRACNOSE NO BRASIL: UMA REVISÃO**Colletotrichum graminicola AND ANTHRACNOSE IN BRAZIL: A REVIEW**VANDRESEN, Camila C.¹; BARREIRA, Sandra M. W.²¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas – UFPR² Profª Associada de Síntese de Fármacos, Curso de Farmácia – UFPR. Email: sandra@ufpr.br**RESUMO:**

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho (*Zea mays* L.) e o grão é amplamente utilizado na alimentação humana e animal no país. A antracnose representa uma enfermidade causada pelo fungo *Colletotrichum graminicola* que acomete o vegetal e ocasiona perdas produtivas que podem atingir elevadas magnitudes, refletindo negativamente no âmbito econômico. A caracterização do micro-organismo e sua elevada variabilidade, associada à resistência ambiental de seus conídios, culminam na dificuldade de controle da enfermidade. Nesse contexto, o presente estudo objetivou avaliar os estudos brasileiros relacionados ao patógeno e aos métodos de controle empregados no país. As avaliações se relacionaram especialmente à caracterização genotípica e fenotípica de isolados do fungo associada a diferentes níveis de virulência. Estudos de modificação genética objetivando a produção de híbridos resistentes têm sido avaliados e nesses casos, diversas cepas do patógeno foram empregadas para avaliação da resistência ou susceptibilidade desses híbridos. Como alternativa à modificação genética foi proposta a utilização de leveduras que inibem o desenvolvimento do fitopatógeno *in vitro*. Embora os estudos relacionados à genética vegetal e de micro-organismos estejam altamente disponibilizados, as informações ainda não são suficientes para que essa seja a estratégia para o controle da antracnose no Brasil. Estudos e técnicas adicionais devem ser realizados.

Palavras-chave: *Colletotrichum graminicola*. Antracnose. Variabilidade genética. Resistência vegetal.

ABSTRACT:

Brazil is the third largest producer of maize (*Zea mays* L.) and its grain is widely used in food and feed in the country. Anthracnose is a disease caused by the fungus *Colletotrichum graminicola* that affects the plant and causes production losses that can reach high magnitudes, reflecting negatively on the economic. The characterization of the microorganism and its high variability associated with environmental resistance of its spores, culminating in the difficulty of controlling the disease. In this context, the

present study aimed to evaluate the Brazilian studies related to the pathogen and the control methods employed in the country. Evaluations were especially related to the genotypic and phenotypic characterization of isolates of the fungus associated with different levels of virulence. Studies of genetic modification claiming at the production of resistant hybrids have been evaluated and in these cases, several strains of the pathogen were used to assess the susceptibility or resistance of these hybrids. Alternatively to the genetic modification, has been proposed the use of yeasts that inhibit the development of the pathogen in vitro. Although studies related to plant genetics and micro-organisms are highly available, the information is not sufficient to make it the strategy for the control of anthracnose in Brazil. Studies and additional techniques should be performed.

Key-words: *Colletotrichum graminicola*. Anthracnose. Genetic variability. Plant resistance.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a produção de grãos apresenta extrema importância econômica. Em relação ao milho, o país é o terceiro produtor, perdendo apenas para Estados Unidos e China (COSTA *et al.*, 2010). Para consumo interno, o grão é transformado em óleo, farinha, amido, margarina, xarope de glicose e flocos para cereais matinais. A produção é crescente a cada ano e a exportação, cada vez mais importante, pois o vegetal é utilizado como ingrediente para a produção de ração animal (BRASIL, 2013).

Estudos relacionam o fitopatógeno *Colletotrichum graminicola* como causador da antracnose em milho (*Zea mays* L.) (COÊLHO *et al.*, 2001; EMBRAPA, 2001; EMBRAPA 2009) e em sorgo (*Sorghum bicolor*) (CASELA; FREDRIKSEN, 1994; CASELA; FERREIRA; SANTOS, 2001; COSTA *et al.*, 2003).

A antracnose do colmo foi reconhecida como um dos principais problemas da cultura do milho (COÊLHO *et al.*, 2001). Em relação ao sorgo, não foram encontrados dados brasileiros, mas perdas intensas geradas pela antracnose ocorreram em outros países (POWELL *et al.*, 1977; THOMAS; SISSOKO; SACKO, 1995).

O patógeno apresenta elevada capacidade de sobrevivência em restos de cultura, sendo observada viabilidade dos esporos em resíduos vegetais previamente parasitados por um período de 18 meses, ocasionando rápido acúmulo de inóculo nas áreas de cultivo (VIZVARY; WARREN, 1982). Essas características dificultam o controle da enfermidade. Sendo assim, a busca por ferramentas para controle da antracnose consiste em um desafio que envolve conhecimento multidisciplinar, inserindo o farmacêutico no contexto químico, microbiológico e de desenvolvimento e avaliação de novas estratégias.

2. ANTRACNOSE DO SORGO E *Colletotrichum graminicola*

Em estudo internacional realizado por Sherriff e colaboradores (1995), a análise de sequências genéticas de DNA ribossomal de isolados de antracnose de milho e sorgo foi confirmada que existe distinção entre a espécie que ocasiona a enfermidade em milho, *Colletotrichum graminicola*, e aquela que afeta o sorgo, a qual deve ser denominada como *C. sublineolum*. Apesar da recomendação, a denominação diferenciada não está completamente aceita para designação de isolados de *Colletotrichum* provenientes de sorgo, porém, o reconhecimento da existência de duas espécies distintas é importante, pois algumas diferenças fisiológicas requerem práticas diferenciadas (COSTA *et al.*, 2003).

Embora estudos brasileiros adotem a denominação diferenciada de *C. sublineolum* para o fungo causador da antracnose do sorgo (SOUZA-PACCOLA *et al.*, 2003), devido à dificuldade de aceitação, algumas avaliações relacionam *C. graminicola* e antracnose do sorgo e, por essa razão, estão inseridas na presente revisão.

3. IMPLICAÇÕES DA ANTRACNOSE NA CULTURA DO MILHO NO BRASIL

Todas as partes da planta podem ser acometidas pelo fungo. Na fase foliar da doença (FIGURA 1), os sintomas são expressos como manchas escuras de tamanho e formato variáveis e bordas irregulares.

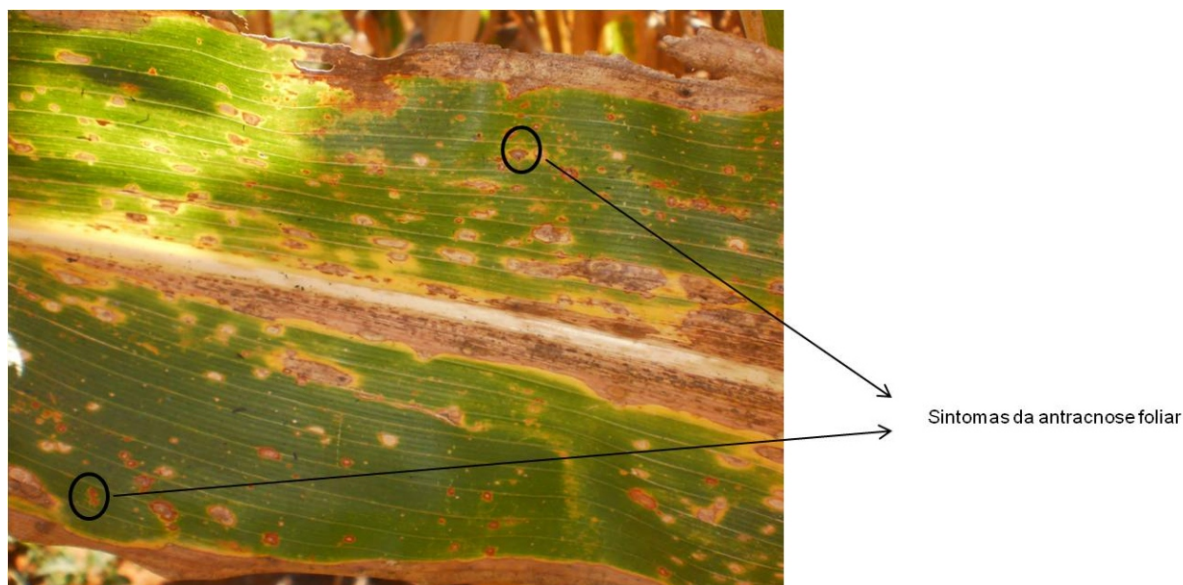


FIGURA 1 – ANTRACNOSE FOLIAR OCACIONADA POR *C. GRAMINICOLA* EM FOLHA DE MILHO (*ZEA MAYS*).
FONTE: O autor (2011)

Tais lesões são ricas em acérvulos, que consistem em estruturas estomáticas onde há a produção de conidióforos e conídios (FIGURA 2).

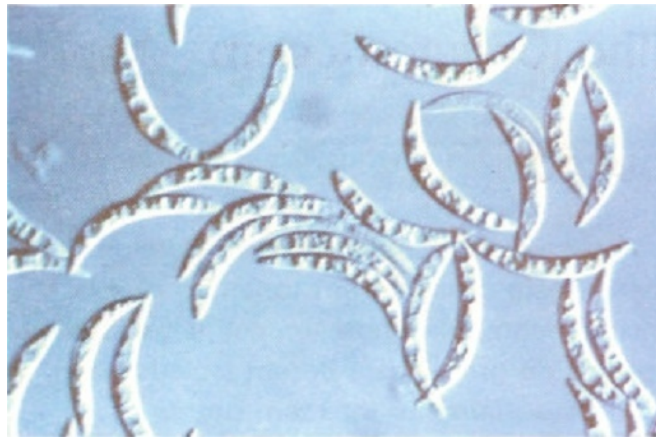


FIGURA 2 – CONÍDIOS EM FORMA DE FOICE DE *C. graminicola*
FONTE: Embrapa (2001)

Já no colmo vegetal, em fase posterior, as lesões são observadas na casca e se apresentam encharcadas, estreitas e ovaladas a elípticas e o processo patológico internamente na estrutura vegetal resulta na denominada podridão do colmo. Em estágios mais avançados, as lesões vão escurecendo, podendo tornar-se negras, devido à grande quantidade de acérvulos (EMBRAPA, 2001; COSTA *et al.*, 2003).

A antracnose do colmo foi reconhecida como um dos principais problemas da cultura do milho (COÊLHO *et al.*, 2001). De acordo com o autor, a enfermidade pode ocasionar tombamento da planta e queda no rendimento entre 18 e 40% (FIGURA 3). A incidência pode ser superior a 70% e perdas na produtividade em torno de 50%. Além disso, há redução no peso dos grãos e espigas (EMBRAPA, 2009).



FIGURA 3 – Par de plantas de milho acometidas por antracnose e sadia
FONTE: Adaptado de Embrapa (2009).

As perdas ocasionadas pela enfermidade em grãos de milho em genótipos de vegetais susceptíveis foram consideradas significativas por Matiello (2004). Recentemente, tais quedas na produtividade de milho em condições brasileiras foram avaliadas por Cota e colaboradores (2012) em híbridos de milho em duas safras, sendo selecionados pares de plantas saudáveis e doentes para avaliação de parâmetros como peso de grãos e de uma amostra contendo 100 grãos. Houve redução em ambos os parâmetros para todos os híbridos avaliados. A produtividade foi altamente afetada pela podridão do colmo.

4. VARIABILIDADE PRESENTE EM *Colletotrichum graminicola*

A variabilidade observada para esse micro-organismo é elevada. Instabilidade patogênica e um processo de reversão de um estado patogênico para um não patogênico foi relatado para alguns isolados em estudo realizado por Casela e Fredriksen (1994), o qual avaliou culturas monospóricas de *C. graminicola* provenientes de lesão única e múltiplas lesões em sorgo. Além disso, a capacidade competitiva também demonstrou ser variável. Por meio de avaliação realizada por Casela, Ferreira e Santos (2001), na qual cultivares susceptíveis de sorgo foram inoculados com uma mistura de cepas de *C. graminicola* com níveis variáveis de virulência e complexidade, predominância foi observada para as cepas com reduzido grau de complexidade em comparação com aquelas mais complexas. A grande variabilidade genética existente em *C. graminicola* foi avaliada por Lima e Menezes (2002) em estudos comparativos de padrões eletroforéticos. A variação de isoenzimas constituíram ferramentas úteis para diferenciação intraespecífica. Os isolados apresentaram bandas em comum e alterações no número e posição das bandas são variações fenotípicas devido a condições nucleares relacionadas aos isolados.

A diversidade de virulência das cepas do micro-organismo foi comprovada por Casela, Santos e Ferreira (2004) em avaliação que empregou dez linhagens distintas de sorgo e isolados do patógeno provenientes de severas epidemias da região sudeste e sul do Brasil. Em estudo realizado por Valério e colaboradores (2005), por meio da análise da diversidade genética de 37 isolados de *C. graminicola* provenientes de sorgo de diversas regiões brasileiras, foram observados polimorfismos moleculares, mas ausência de relação entre fenótipos moleculares e virulência.

5. CONTROLE DA ANTRACNOSE

No Brasil, vários estudos vêm sendo realizados com o intuito de avaliar o impacto da doença no país assim como evidenciar possíveis métodos de controle da enfermidade. Segundo Barbosa (2002), esse controle é realizado unicamente através

de modificações genéticas com o intuito de produzir vegetais resistentes. De acordo com Embrapa (2010b) e Costa e colaboradores (2010), o emprego desses vegetais resistentes é a principal medida utilizada no manejo da antracnose do colmo do milho.

A resistência de vegetais híbridos a *C. graminicola* vem sendo estudada no Brasil desde a década de 80. Casela e Ferreira (1988) evidenciaram resistência de cultivares híbridos de sorgo a quatro cepas altamente virulentas do patógeno. Em outra pesquisa, Casela, Santos e Ferreira (2001) avaliaram a reação de 22 genótipos diferentes de sorgo a seis cepas do patógeno em casa de vegetação, sendo identificados nove genótipos altamente resistentes a todas as cepas avaliadas.

Em 2002, Barbosa evidenciou que a eficácia da utilização de genes de resistência no controle das enfermidades vegetais depende da existência de patógenos capazes ou não de superá-los. O autor, avaliando a variabilidade genética e patogênica de isolados de milho provenientes de diferentes regiões brasileiras, concluiu que populações do micro-organismo são constituídas por um “mosaico de genótipos” (BARBOSA, 2002, p. 46) e que a variável agressividade observada para os diferentes isolados está diretamente relacionada ao ambiente.

Nesse contexto, Blum e colaboradores (2003) avaliaram a influência dos efeitos da desfolha, e precocidade de vegetais híbridos em processos de podridão do colmo em milho – incluindo a causada por *C. graminicola* – no Estado de Santa Catarina. Como resultados, os autores evidenciaram que um aumento na precocidade do híbrido assim como o desfolhamento dos vegetais resulta em elevação na ocorrência da podridão do colmo. No mesmo estado brasileiro, Casa e colaboradores (2007) evidenciaram que um aumento na densidade de plantas associado a diferentes híbridos ocasionou uma elevação no acometimento dos vegetais por *C. graminicola* relacionado à podridão do colmo em milho.

As áreas de milho denominadas de safrinha – onde a semeadura ocorre nos períodos extemporâneos entre fevereiro e abril – presentes no Estado do Paraná foram avaliadas por Fontoura e colaboradores (2006) em relação a podridões do colmo e a influência da população de plantas na incidência de tais enfermidades. Os autores observaram que um aumento na população de plantas aumentou a incidência da antracnose, porém, a produtividade não foi afetada na mesma proporção.

Em relação ao tipo de herança genética que promove resistência à enfermidade, Pereira, Balmer e Miranda Filho (1989) evidenciaram que a importância de efeitos genéticos dominantes e aditivos varia conforme a família de vegetais híbridos em estudo. Coêlho e colaboradores (2001) relacionaram genes de resistência à infecção e realizaram testes objetivando avaliar a patogenicidade de dois isolados de *C. graminicola* em quatro linhagens e dois híbridos de milho, além de verificar o modo de herança da resistência à infecção. Os autores sugeriram, através dos resultados obtidos, a ocorrência de herança monogênica com dominância completa para o alelo

que confere resistência à doença. A herança da resistência à antracnose do colmo também foi avaliada por Matiello (2004), empregando duas famílias de híbridos distintas; foram observadas variações entre famílias e ensaios, que refletiram as diferenças na constituição genética das linhagens e a influência do ambiente na manifestação da resistência à enfermidade. Os diversos modos de herança da resistência foram confirmados por Matiello e colaboradores (2012), sendo observados modos de herança dominantes e aditivos, relacionando que o tipo de herança é condicionado por diversos genes de pequeno efeito.

Apesar da predominância de estudos relacionando a resistência genética como ferramenta no processo de controle da antracnose, ainda há pouca disponibilidade de informações que permitam que esse processo seja empregado como estratégia para esse controle (COSTA *et al.*, 2010).

6. CONTROLE ALTERNATIVO

Alternativamente, Rosa-Magri, Tauk-Tornisielo e Ceccato-Antonini (2011) evidenciaram que leveduras extraídas do solo rizosférico, folhas e caules de cana de açúcar e milho - *Torulaspota globosa* e *Candida intermedia* – foram capazes de inibir o desenvolvimento de *C. sublineolum* e *C. graminicola in vitro* (FIGURA 4). A primeira levedura apresentou aditivamente ação fungicida. Os autores evidenciaram que a competição microbiana pode ser investigada *in vivo* e, em caso de resultados positivos, essa pode ser uma ferramenta para o controle da antracnose.

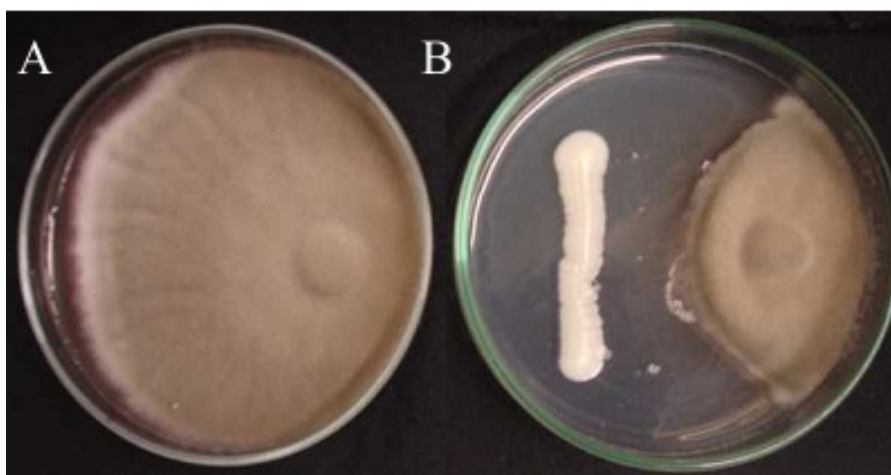


FIGURA 4 – Antagonismo apresentado pela levedura *T. globosa* contra *C. graminicola* em meio de cultura Agar batata dextrosado. FONTE: Rosa-Magri, Tauk-Tornisielo e Ceccato-Antonini (2011)

NOTA: A – apenas *C. graminicola*; B – levedura (esquerda) contra *C. graminicola* (direita)

6. CONCLUSÃO

Diversos estudos brasileiros evidenciaram a variabilidade presente no fitopatógeno *C. graminicola*. Os métodos de controle foram descritos principalmente por meio de manipulação genética e desenvolvimento de híbridos vegetais resistentes ao patógeno. Porém, ainda não foram relacionadas informações suficientes para que essa seja uma estratégia utilizada para o controle definitivo da doença no país. O controle biológico foi sugerido como uma possível ferramenta no auxílio desse controle, mas são exigidos estudos *in vivo* que comprovem a efetividade da metodologia. Aliada ao difícil controle da enfermidade, epidemias que ocorrem no país culminam na ênfase das perdas produtivas e, embora os avanços no conhecimento das características do fungo e no desenvolvimento de vegetais híbridos resistentes, ainda são inúmeros os prejuízos à agricultura brasileira.

Nesse aspecto, a contribuição farmacêutica no desenvolvimento de métodos que se apresentem eficazes e inócuos ao meio ambiente, como a inativação fotodinâmica (HAMMERSCHMIDT *et al.*, 2012), pode se tornar a estratégia para auxiliar na redução e controle da antracnose.

6. REFERÊNCIAS

BARBOSA, M. P. M. **Variabilidade patogênica de *Colletotrichum graminicola* isolado de milho (*Zea mays* L.)**. 112 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2001.

BLUM, L.E.B. *et al.* Desfolha, população de plantas e precocidade do milho afetam a incidência e a severidade de podridões do colmo. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, p. 805 – 811, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (2013a). **Cultura do Milho**. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho>>. Acesso em: 18/01/2013.

CASA, R. T., *et al.* Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e rendimento de grãos em híbridos de milho submetidos ao aumento na densidade de plantas. **Summa Phytopathologica**, v. 33, p. 353-357, 2007.

CASELA, C. R.; FERREIRA, A. D. S. Identificação de fontes de resistência a *Colletotrichum graminicola*, agente causal da antracnose em sorgo. . **Fitopatologia**

Brasileira, v. 13, n. p. 351-353, 1988.

CASELA, C. R.; FREDRIKSEN, R. A. PATHOGENIC Variability in monoconidial isolates of the sorghum anthracnose fungus *Colletotrichum gram/n/cola* from single lesions and from monoconidial cultures. **Fitopatologia Brasileira**, v. 19, n. p. 149-153, 1994.

CASELA, C. R.; SANTOS, F. G.; FERREIRA, A. S. Reaction of sorghum genotypes to the anthracnose fungus *Colletotrichum graminicola*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, p. 197-200, 2001.

CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S.; SANTOS, F. G. Differences in competitive ability among races of *Colletotrichum graminicola* in mixtures. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, p. 217-220, 2001.

CASELA, C. R.; SANTOS, F. G. D.; FERREIRA, A. D. S. Race diversity and complexity in populations of the sorghum anthracnose fungus *Colletotrichum graminicola*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 1, p. 30-37, 2004.

COÊLHO, R. M. S., *et al.* Controle monogênico da antracnose foliar em milho. **Fitopatologia Brasileira** 26: 640-643, 2001.

COSTA, R. V. D., *et al.* A antracnose do sorgo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. p. 345-354, 2003.

COSTA, R. V. D., *et al.* Incidência de *Colletotrichum graminicola* em colmos de genótipos de milho. **Summa Phytopathologica**, v. 36, n. 2, p. 122-128, 2010.

COTA, L. V., *et al.* Quantification of Yield Losses Due to Anthracnose Stalk Rot on Corn in Brazilian Conditions. **Journal of Phytopathology**, v. 160, n. 11-12, p. 680-684, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Embrapa Milho e Sorgo. **Antracnose do milho (*Colletotrichum graminicola*)**. Sete Lagoas: 2001. 6p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30147/circ-13.pdf>>. Acesso em: 30/06/2011. Circular técnica n°13.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Embrapa Milho e Sorgo. **Efeito da podridão de colmo, causada por *Colletotrichum graminicola*, na produção da cultura do milho**. Sete Lagoas: 2009. 5p. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2009/circular/Circ_120.pdf>.

Acesso em: 30/03/2011. Circular técnica n°120.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Embrapa Milho e Sorgo. **Métodos de Inoculação de *Colletotrichum graminicola* em Colmo de Milho**. Sete Lagoas: 2010a. 7 p. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2010/circular/Circ_137.pdf>. Acesso em: 15/08/2011. Circular técnica n°137.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Embrapa Milho e Sorgo. **Desenvolvimento de metodologia para inoculação de *Colletotrichum graminicola* em colmo de milho**. Sete Lagoas: 2010b. 8p. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2010/circular/Circ_139.pdf>. Acesso em: 20/09/2012. Circular técnica n°139.

FÁVARO, L. C. D. L., *et al.* Colletotrichum sublineolum genetic instability assessed by mutants resistant to chlorate. **Mycological Research**, v. 111, n. 1, p. 93-105, 2007.

FONTOURA, D. D. *et al.* Influence of plant population in stalk disease incidence in corn growth during the off season. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 545-551, 2006.

HAMMERSCHMIDT, I. J. M. S., *et al.* Porfirinas e inativação fotodinâmica de micro-organismos: uma revisão. **Visão Acadêmica**, v. 13, n. 3, p. 68-86, 2012.

LIMA, M. L. F.; MENEZES, M. Estudo comparativo de isolados de *Colletotrichum graminicola* através da análise eletroforética de padrões proteicos e isoenzimáticos. **Fitopatologia Brasileira**, 27:012-016. 2002.

MATIELLO, R. R. **Patossistema milho X Colletotrichum graminicola: estudo de herança, mapeamento de genes de resistência e estimativas de danos na produção**. 127 f. Tese de doutorado - Genética e Melhoramento de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

MATIELLO, R. R., *et al.* Inheritance of resistance to anthracnose stalk rot (*Colletotrichum graminicola*) in tropical maize inbred lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 12, n. p. 179-184, 2012.

PEREIRA, O. A. P.; BALMER, E.; MIRANDA FILHO, J. B. Inheritance of resistance to stalk rot, caused by *Colletotrichum graminicola* (Ces) Wils, in maize (*Zea mays* L.).

Revista Brasileira de Genética, v. 12, n. 1, p. 53-65, 1989.

POWELL, P.; ELLIS, M.; ALAMEDA, M.; SOTOMAYOR, A. Effect of natural anthracnose epiphytotics on yield, grain quality, seed health, and seed borne fungi in *Sorghum bicolor*. **Sorghum Newsletter**, v. 20, p.77-78, 1977.

ROSA-MAGRI, M. M.; TAUK-TORNISIELO, S. M.; CECCATO-ANTONINI, S. R. Bioprospection of yeasts as biocontrol agents against phytopathogenic molds. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 54, p. 1-5, 2011.

SHERRIFF, C., *et al.* rDNA sequence analysis confirms the distinction between *Colletotrichum graminicola* and *C. sublineolum*. **Mycological Research**, v. 99, n. 4, p. 475-478, 1995.

SILVA, D. D. D., *et al.* Diversidade populacional de *Colletotrichum sublineolum* em seis localidades no Brasil. *Summa Phytopathologica*, v. 34, n. p. 149-155, 2008.

SOUZA-PACCOLA, E. A., *et al.* Cultural Characterization and Conidial Dimorphism in *Colletotrichum sublineolum*. *Journal of Phytopathology*, v. 151, n. 7-8, p. 383-388, 2003.

THOMAS, M.D.; SISSOKO, I.; SACKO, M. Development of leaf anthracnose and its effect on yield and grain weight of sorghum in West Africa. *Plant Disease*, v. 79, p.151-153, 1995.

VALÈRIO, H. M., *et al.* Virulence and molecular diversity in *Colletotrichum graminicola* from Brazil. **Mycopathologia**, v. 159, n. 3, p. 449-459, 2005.

VIZVARY, M. A.; WARREN, H. L. Survival of *Colletotrichum graminicola* in Soil. **Phytopatology**, v. 72, p. 522-525, 1982.