

Rotação de genótipos de sorgo para manejo da antracnose foliar

Fabrizio E. Lanza¹, Dagma D. Silva², Rodrigo V. Costa², Luciano V. Cota², José E. F. Figueiredo², Carlos R. Casela², André Gomes C. Souza¹

¹Bolsista de Pós-doutorado Fitopatologia Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, Km 65, caixa postal 151, CEP: 35701-970, Sete Lagoas – MG. (falanza@bol.com.br); ²Pesquisador Fitopatologia Embrapa Milho e Sorgo.

RESUMO: O objetivo do presente estudo foi avaliar a rotação de genótipos como estratégia sustentável de manejo da antracnose foliar em sorgo. Três híbridos de sorgo granífero, sendo um suscetível (BR304) e dois resistentes (1G150 e DAS740), foram avaliados em plantio contínuo e em rotação por sete safras. A área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) mostrou significativa redução na severidade da antracnose em sistema de rotação de genótipos comparados com o plantio contínuo. A severidade da doença no genótipo suscetível BR304 apresentou decréscimo de 42% e 37% em rotação com os genótipos resistentes 1G150 e DAS740 respectivamente. Significante redução da severidade da helmintosporiose do sorgo (*Exserohilum turcicum*), também foi observada no genótipo DAS740 plantado após o BR304. A produção de grãos de todos os genótipos foi significativamente mais alta em rotação quando comparada com o plantio contínuo. A rotação de genótipos de sorgo pode ser considerada uma estratégia de manejo para redução do impacto da antracnose e outras doenças do sorgo.

Termos de indexação: *Colletotrichum sublineolum*, *Sorghum bicolor*, controle cultural, resistência.

INTRODUÇÃO

Sorghum bicolor (L.) Moench é uma excelente opção para forragem e produção de grãos em todas as situações onde condições de seca e baixa fertilidade de solo apresentam-se como condições de risco para outras culturas. A área plantada de sorgo granífero teve uma expansão significativa nas mais tradicionais áreas brasileiras de plantio de sorgo, chegando a 1,5 milhão de hectares no período de 2008/09. No Brasil, o sorgo é cultivado durante o verão na região sul, e em sucessão a outras culturas de verão em regiões de savana (Embrapa, 2012).

Dentre as doenças que podem limitar a produtividade do sorgo sob as condições brasileiras, a antracnose causada por *Colletotrichum sublineolum* (P. Henn), é a mais importante, especialmente em regiões de clima quente e úmido.

A resistência genética é considerada a estratégia mais efetiva para o controle da antracnose foliar em sorgo, no entanto, o seu uso é dificultado pela alta variabilidade genética

encontrada na população do patógeno (Casela et al., 1996; Costa et al., 2009; Chala et al., 2011; Costa et al., 2011; Prom et al., 2012; Upadhyaya et al., 2013). Este fato tem intensificado esforços para a obtenção de genótipos de sorgo com resistência mais estável a *C. sublineolum*. Todavia, a durabilidade da resistência não é somente uma questão dos genes envolvidos, mas também das práticas de manejo utilizadas na cultura, onde o uso de genótipos resistentes é parte essencial do processo (Casela and Guimarães, 2005). Várias estratégias usadas para aumentar e manter a durabilidade da resistência de plantas a patógenos resultam também na redução de uso de fungicidas e consequentemente reduz os custos de produção (Adugna, 2004).

Informações em torno de práticas de manejo para doenças em sorgo são muito escassas no Brasil. Em algumas áreas de produção, fatores ambientais são particularmente favoráveis para a ocorrência da antracnose e junto com a alta variabilidade do patógeno torna complexo o manejo da doença.

A resistência genética baseada em estratégias disponíveis para manejo de doenças de plantas inclui: mistura de cultivares ou variedades multilinhas, rotação de genótipos, piramidação de genes e rotação de genes (Wolfe, 1985; Pedersen and Leath, 1988; Ngugi et al., 2001; Casela and Guimarães, 2005; Costa et al., 2012). O uso da resistência vertical exige um acompanhamento contínuo sobre a resistência das plantas e da estrutura da virulência das populações do patógeno (Crill et al., 1982). No Brasil, a suplantação da resistência à antracnose no sorgo BR 304 está provavelmente associada à expansão da área plantada e seu uso por empresas de sementes durante um longo período. Este fato indica a necessidade de um monitoramento contínuo de populações do patógeno local (Casela et al., 1997; Casela et al., 2001; Silva et al., 2008).

A rotação de genes consiste no uso de genótipos alternativos de uma determinada espécie previamente avaliados na mesma área de plantio, com genes de resistência diferente dos materiais atualmente plantados. Esta estratégia baseia-se no conceito de que as raças locais de agentes patogênicos são o resultado das pressões exercidas pela seleção dos genes de resistência de cultivares

continuamente plantadas na mesma área de cultivo (Crill et al., 1977; 1982).

O uso da rotação de genes oferece muitas vantagens, tais como a vulnerabilidade da cultura reduzida; controle sobre o desenvolvimento de raças patogênicas através de seleções direcionais e de estabilização; a melhoria da eficiência do manejo da resistência vertical; e a conservação dos escassos recursos genéticos, uma vez que os genes envolvidos na resistência vertical podem ser usados repetidamente (Crill and Khush, 1979).

A antracnose do sorgo é a doença que ameaça a produção do sorgo sendo considerada a mais devastadora doença desta cultura no Brasil (Cota et al., 2012). Vários estudos têm demonstrado a capacidade de adaptação do patógeno para cultivares resistentes, o que diminui a vida útil de híbridos comerciais, resultando em um grande prejuízo para os agricultores. No clima de savana brasileira, a alta variabilidade de *C. sublineolum* impõe dificuldades para a utilização da resistência genética para o manejo da antracnose.

O objetivo deste estudo foi avaliar a rotação de genótipos como alternativa de manejo a antracnose do sorgo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos de campo foram conduzidos por sete safras, 2006, 2007, 2007/2008, 2009, 2009/10, 2010, e 2011, no campus experimental da Embrapa Milho e Sorgo, localizada em Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil. O clima é caracterizado como de savanas, com invernos secos e verão chuvoso e úmido (Cwa) (Köppen, 1948). Três genótipos de sorgo, BR 304 (susceptível à antracnose) e 1G150 e DAS740 (resistente à antracnose) foram avaliados. Os tratamentos foram: BR 304, 1G150 e DAS740 em plantio contínuo; BR 304 alternado com 1G150; BR 304 alternado com DAS740 e 1G150 alternado com DAS740 (Tabela 1).

Tabela 1. Sequência de plantio de híbridos de sorgo no sistema de rotação de cultivares em sete safras. Sete Lagoas, MG.

Sistema de cultivo	Safrá						
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª
	2006	2007	2007/2008	2009	2009/2010	2010	2011
Cultivo contínuo	BR 304	BR 304	BR 304	BR 304	BR 304	BR 304	BR 304
	1G150	1G150	1G150	1G150	1G150	1G150	1G150
	DAS740	DAS740	DAS740	DAS740	DAS740	DAS740	DAS740
Rotação	BR 304	1G150	BR 304	1G150	1G150	BR 304	BR 304
	BR 304	DAS740	BR 304	DAS740	BR 304	DAS740	BR 304
	DAS740	1G150	DAS740	1G150	DAS740	1G150	DAS740

Os três genótipos de sorgo foram plantados em parcelas de oito linhas de 10 m de comprimento e 0,8 m entre linhas, possuindo em média 11 plantas por metro linear. As parcelas foram separadas por três fileiras de 3 m de comprimento, plantadas com milho, para prevenir ou reduzir a interferência entre parcelas. Os tratamentos foram distribuídos em delineamento de blocos casualizados com três repetições. A severidade foi avaliada por meio de uma escala descritiva, com classificação de 1 a 9 (adaptado de Sharma, 1983), em que 1 significa ausência de sintomas e 9 corresponde a lesões ocupando uma área foliar maior que 75%. Considerou-se o tamanho e densidade das lesões e a extensão total da infecção. Valores de severidade da doença foram utilizados para calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Na segunda safra de 2010, também foi avaliada a incidência da Helmintosporiose do sorgo causada por *Exserohilum turcicum*. Os valores de AACPD foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% ($\alpha = 0,05$) de probabilidade por meio do programa Sisvar (Ferreira, 2007).

Todas as panículas das seis linhas centrais de cada parcela foram colhidas ao final do segundo período de crescimento de 2007 a 2011. O teor de umidade de grãos foi ajustado para 13% e o peso em kg/ha.

Isolados de *C. sublineolum* foram inoculadas em casa de vegetação para avaliar a estrutura genética das populações locais. Cento e quatro isolados de *C. sublineolum* amostrados a partir do híbrido BR 304 na safra 2009/2010 foram utilizadas para a inoculação dos três genótipos de sorgo utilizados nos ensaios de campo. Culturas monospóricas de cada isolado foram utilizadas para a preparação do inóculo, e a inoculação realizada de acordo Casela et al. (1998, 2001). A concentração da suspensão de conídios foi padronizada para 10^6 conídios/ml. Doze dias após a inoculação, a escala Cardwel (Cardwel, 1989), com notas que vão de 1 a 5, foi utilizada para avaliar a severidade da doença. Os híbridos que receberam notas variando de 1 a 3 foram classificadas como resistentes, entre 3,1 - 3,9 como moderadamente suscetíveis, e de 4 a 5 como suscetíveis. Após a classificação dos isolados com base nas reações de doença de híbridos, a frequência de virulência para cada híbrido foi determinada utilizando a seguinte fórmula:

Frequência de virulência = número de isolados inoculados / número de isolados virulentos x 100. Os resultados foram utilizados para comparar o número de isolados virulentos em híbridos cultivados na área de rotação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro experimento realizado na segunda safra de 2006, as avaliações de severidade da doença não foram realizadas, uma vez que este plantio teve como objetivo aumentar o potencial de inóculo na área experimental. Na temporada de 2008/2009, somente a severidade final foi considerada. Nessa temporada, a média severidade final da antracnose no genótipo BR 304 foi de 58,5%, e 2,5% para os demais genótipos.

Os tratamentos com genótipos resistentes cultivados continuamente por três anos ou em rotação, não diferiram entre si. Em ambos os sistemas de cultivo, a severidade da antracnose foi baixa em todas as safras (Fig. 1). A severidade da doença também foi baixa em plantios realizados em fevereiro (segunda safra no Brasil). Neste período, o clima frio e seco coincidiu com o florescimento do sorgo e não favoreceu a alta severidade da antracnose.

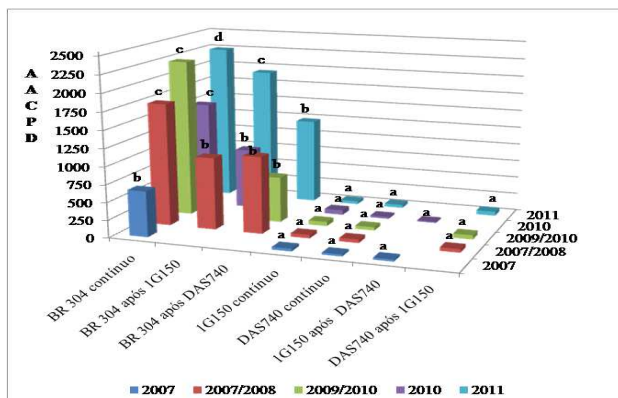


Fig. 1. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para três genótipos de sorgo cultivados em plantio contínuo e rotação em sete safras. Médias com a mesma letra não diferem entre si (teste de Scott Knott, $P < 0,05\%$).

O genótipo BR 304 em rotação com os genótipos resistentes DAS740 e 1G150 mostrou severidade da doença significativamente menor em comparação com a severidade observada no plantio contínuo (Fig. 1 e Fig. 2). Redução da severidade da antracnose variou de 10,36% em 2007/2008 para 42% no segundo plantio de 2010, quando a BR 304 foi cultivada após 1G150. Redução na severidade da antracnose no genótipo BR 304 em rotação com DAS740 variou de 10,56% em 2007/08 a 37,5% em 2009/2010.



Fig. 2. Progresso da antracnose no genótipo BR 304 com intervalo de 10 dias. BR 304 em rotação com DAS 740 (A e C), e BR 304 no plantio contínuo (B e D).

Foi observado aumento da severidade da doença no sistema de rotação BR 304/1G150 no ano de 2011, quando a BR 304 foi cultivada em plantio contínuo por duas temporadas (2010, 2011). O aumento da severidade da antracnose foi resultado provavelmente do aumento de inóculo de *C. sublineolum* na área, devido plantação contínua do genótipo suscetível. Isso reforça a hipótese de que a rotação de genótipos tem um efeito direto sobre a dinâmica da população do patógeno e, conseqüentemente, nas estratégias de manejo de doenças. Resultado semelhante foi observado por Talavera et al. (2009), avaliando o efeito da rotação de cultivares de tomateiro resistente a nematóides (*Meloidogyne* spp.). Os autores encontraram um aumento da densidade populacional de nematóides no solo após o plantio sucessivo de uma cultivar suscetível, enquanto a redução na severidade da doença foi observada juntamente com a redução da população inicial de nematóides, observada em apenas um ciclo de rotação com uma cultivar resistente.

Em 2011, a produção do genótipo BR 304 alcançou um rendimento significativamente maior em rotação com 1G150 e DAS740 do que no plantio contínuo. A rotação com 1G150 e DAS740 resultou em ganhos de 379,17 e 1.037,9 kg/ha respectivamente, que correspondem a 14% e 39% de aumento na produtividade. Na rotação com DAS740, a produtividade do genótipo BR 304 não diferiu da produtividade dos genótipos resistentes (Fig. 3). O aumento do rendimento observado para o BR 304 foi provavelmente devido à redução da severidade da antracnose no sistema de rotação. Contudo, foi observado menor aumento no rendimento do genótipo BR 304 em rotação com 1G150, comparado com a rotação com o genótipo DAS740, provavelmente devido ao plantio contínuo do BR 304 no ano de 2010 e 2011. Talavera et al. (2009) observaram que dois ciclos de produção

consecutivos com um cultivar de tomate resistente a *Meloidogyne* spp., permitiu um aumento de 6,1 kg/m² de uma cultivar suscetível, em comparação com o seu cultivo contínuo.

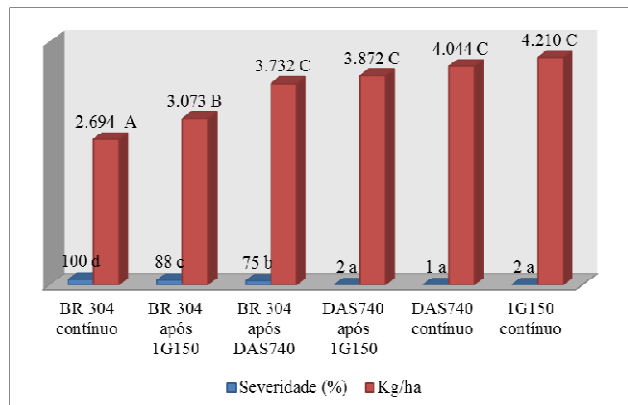


Fig. 3. Produção de três genótipos de sorgo (barras vermelhas) e severidade da antracnose (barras azuis) no plantio contínuo e rotação de genótipos na safra de 2011. Médias com mesma letra não diferem entre si (teste de Scott Knott, $P < 0,05\%$).

A caracterização da estrutura de virulência dos patógenos é essencial para compreender o efeito do sistema de rotação de genótipo sobre a diversidade da população do patógeno. Na safra de 2011, bem como em outros anos, o progresso da antracnose foi menor na BR304 plantada após os híbridos resistentes (Fig. 4). O início da doença tem um efeito direto sobre a produtividade. Após a floração, a planta precisa do máximo de área foliar verde e saudável para produzir fotoassimilados que serão destinados ao enchimento de grãos. Assim, a menor severidade da doença durante esta fase irá garantir o potencial produtivo da planta favorecendo o enchimento de grãos (Costa et al. , 2010). A menor severidade da doença observada na rotação foi provavelmente devido a uma diminuição da quantidade de inóculo inicial na área de plantio, como resultado de pressões seletivas exercidas pelos genótipos resistentes contra a população do patógeno (Costa et al. , 2010).

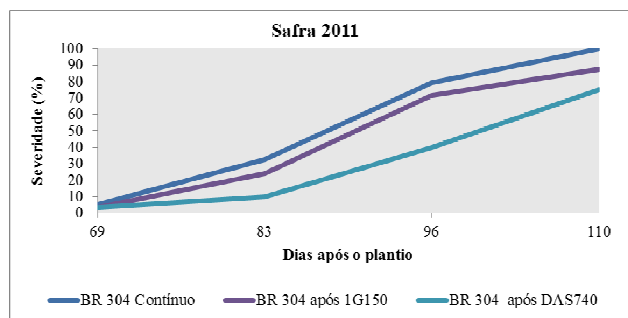


Fig. 4. Progresso da antracnose foliar no genótipo BR304 cultivado em sistema de cultivo contínuo e rotação com dois genótipos resistentes (1G150 e DAS740).

O experimento realizado em casa de vegetação com *C. sublineolum* pode explicar a redução da severidade da doença no genótipo BR 304 em rotação com DAS740 e 1G150, como observado no campo. Considerando todos os 104 isolados de fungos obtidos de amostras de folhas doentes colhidas do genótipo BR 304, 2% e 38% foram virulentos para DAS740 e 1G150, respectivamente (Fig. 5). Este resultado indica que 2% e 38% do inóculo do fungo na área de amostragem sobreviveu em restos de plantas de ambos os híbridos entre duas épocas. A redução da severidade da doença observada no BR 304 foi provavelmente devido ao efeito da rotação sobre a quantidade inicial do inóculo.

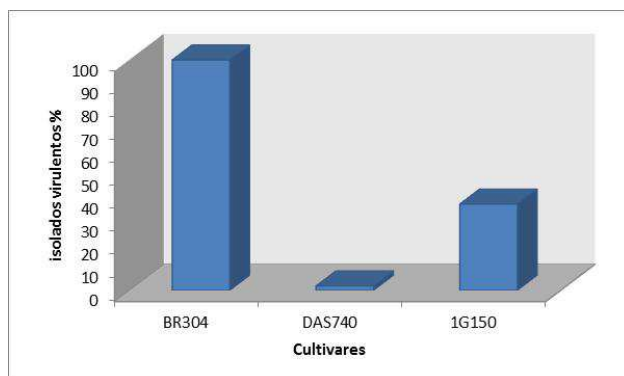


Fig. 5. Virulência de 104 isolados de *C. sublineolum* em três genótipos de sorgo. Os isolados foram amostrados a partir do genótipo BR 304 em 2010.

Estudos comparativos de diversidade genética de *C. sublineolum* mostrou uma considerável variabilidade sobre a existência de raças fungo (Casela et al, 1992;. 2004; Silva et al, 2008.). A grande variabilidade genética e a capacidade de adaptação de *C. sublineolum* têm limitado o uso da resistência vertical para o manejo da antracnose. Portanto, a seleção de combinações de híbridos para plantio em rotação deve ser baseada nas informações sobre a estrutura de virulência da população do patógeno para uma determinada área.

No presente estudo a rotação também mostrou um efeito na redução da severidade da helmintosporiose provocada por *Exserohilum turcicum*. Na safrinha de 2010, foi observada uma redução de 32,56% na severidade da helmintosporiose no genótipo DAS740 plantado em rotação com BR 304, quando comparado com o plantio contínuo. Não houve diferença na incidência de manchas foliares entre DAS740 quando alternado com o genótipo BR 304, que teve a menor severidade, e entre outros tratamentos (BR 304

após 1G150, 1G150 após DAS740 e contínuo) (Fig. 6).

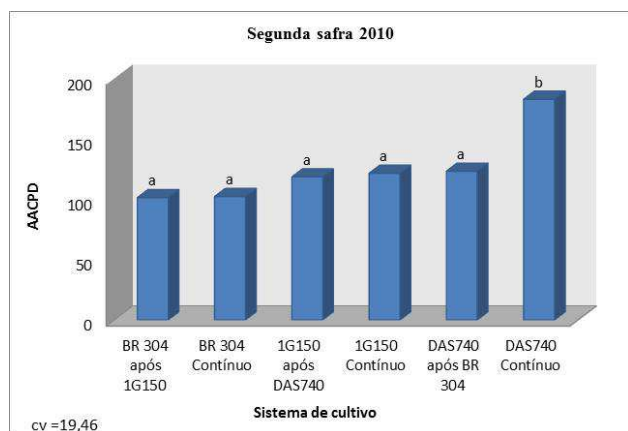


Fig. 6. Área abaixo da curva de progresso da helmintosporiose (AACPD) de três genótipos de sorgo no plantio contínuo e rotação. Médias com a mesma letra não diferem entre si (teste de Scott Knott, $P < 0,05\%$).

Este resultado mostrou que o sistema de rotação pode reduzir a severidade de mais de uma doença.

CONCLUSÕES

O presente trabalho demonstrou que o uso de rotação de genótipos reduz a severidade de antracnose e outras doenças de sorgo, resultando numa maior produtividade em comparação com o plantio contínuo, sendo uma estratégia prática para o manejo de doenças em sorgo.

AGRADECIMENTOS

A Fapemig pela concessão de auxílio financeiro. A Dr. Dagma Dionísia da Silva agradece a Fapemig por fornecer o apoio financeiro da bolsa de pós-doutorado para a, de novembro de 2009 a março de 2011, e com a parceria Embrapa/Monsanto.

REFERÊNCIAS

Adugna, A., 2004. Alternate approaches in deploying genes for disease resistance in crop plants. *Asian J. Plant Sci* 3, 618-623.

Cardwel, K.F., Hepperly, P.R., Frederiksen, R.A., 1989. Pathotypes of *Colletotrichum graminicola* and transmission of sorghum anthracnose. *Plant Dis.* 73, 255-257.

Casela, C.R., Ferreira, A.S., SANTOS, F.G., 2001. Differences in competitive ability among races of *Colletotrichum graminicola* in mixtures. *Fitopatol. Bras.* 26, 217-219.

Casela, C.R., Pinto, N.F.J.A., Oliveira, E., Ferreira, A.S., 1997. Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench): Controle de doenças, in: Vale, F.X.R., Zambolim, L. (Eds.), Controle de doenças de plantas. Editora UFV, Viçosa, pp. 1025-1064.

Casela, C.R., Ferreira, A.S., Santos, F.G., 1998. Associação de virulência de *Colletotrichum graminicola* à resistência genética em sorgo. *Fitopatol. Bras.* 23, 143-146.

Casela, C.R., Ferreira, A.S., Schaffert, R.E., 1992. Physiological races of *Colletotrichum graminicola* in Brazil, in: Milliano, W.A.J., Frederiksen, R.A., Bengstron, G.D. (Eds.), Sorghum and millets diseases: a second world review. India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, pp. 209-212.

Casela, C.R., Guimarães, F.B., 2005. Rotação de genes no manejo da resistência a doenças. *Revisão Anual de Patologia de Plantas* 13, 321-349.

Casela, C.R., Santos, F.G., Ferreira, A.S., 2004. Race diversity and complexity in populations of the sorghum anthracnose fungus *Colletotrichum graminicola*. *Rev. Bras. Milho Sorgo* 3, 30-37.

Casela, C.R., Ferreira, A.S., Brancão, N., 1996. Variabilidade e estrutura de virulência em *Colletotrichum graminicola*. *Fitopatologia Brasileira* 21, 357-361.

Chala, A., Tronsmo, A.M., Brurberg, M.B., 2011. Genetic differentiation and gene flow in *Colletotrichum sublineolum* in Ethiopia, the centre of origin and diversity of sorghum, as revealed by AFLP analysis. *Plant Pathol.* 60, 474-482.

Costa, R.V., Zambolim, L., Silva, D.D., Cota, L.V., Casela, C.R., 2012. Utilização de multilinhas dinâmicas para o manejo da antracnose do sorgo. *Pesq. Agropec. Bras.* 47, 173-180.

Costa, R.V., Cota, L.V., Casela, C.R., Silva, D.D., Parreira, D.F., 2010. Rotação de cultivares como uma estratégia para o manejo da antracnose do sorgo. *Embrapa Milho e Sorgo* 148, 8.

Costa, R.V., Cota, L.V., Rodrigues, J.A.S., Tardin, F.D., Lanza, F.B., 2009. Controle químico da antracnose do sorgo. *Embrapa Milho e Sorgo* 177, 8.

Costa, R.V., Zambolim, L., Cota, L.V., Silva, D.D., Rodrigues, J.A.S., Tardin, F.D., Casela, C.R., 2011. Genetic control of sorghum resistance to leaf anthracnose. *Plant Pathol.* 60, 1162-1168.

- Cota, L.V., Costa, R.V., Silva, D.D., 2012. Doenças Foliaves, in: Rodrigues, J.A.S., (Ed.), Cultivo do sorgo. Embrapa Milho e Sorgo: Sistemas de produção.
http://www.cnpmis.embrapa.br/publicacoes/sorgo_8_ed/doencas.htm. Accessed in may, 29, 2013.
- Crill, P., Nuque, F.L., Estrada, B.A., Bandong, J.M., 1982. The role of varietal resistance in disease management, in: Evolution of the gene rotation concept for rice blast control: A compilation of 10 researches papers. International Rice Research Institute, Manila, pp. 103-121.
- Crill, P., 1977. An assessment of stabilizing selection in crop variety development. *Annu Revi Phytopatol* 15, 185-202.
- Crill, P., Khush, G. S., 1979. Effective and stable control of rice blast with monogenic resistance. Taipei, Food and Fertilizer Technology Center, FFTC Extension Bulletin 128, pp. 1-13.
- Ferreira, D.F., 2007. Software, versão 5.1, Lavras, UFLA.
- Köppen, W., 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. México, Fondo de Cultura Economica, pp. 1-478.
- Ngugi, H.K., King, S.B., Holt, J., Julian, A.M., 2001. Simultaneous temporal progress of sorghum anthracnose and leaf blight in crop mixtures with disparate patterns. *Phytopathol*. 91, 720-729.
- Pedersen, W.L., Leath, S., 1988. Pyramiding major genes for resistance to maintain residual effects. *Annual Review Phytopathol*. 26, 369-378.
- Pink, D.A.C., 2002. Strategies using genes for non-durable disease resistance. *Euphytica* 124, 227-236.
- Prom, L.K., Perumal, R., Erattaimuthu, S.R., Little, C.R., No, E.G., Erpelding, J.E., Rooney, W.L., Odvody, G.N., Magill, C.W., 2012. Genetic diversity and pathotype determination of *Colletotrichum sublineolum* isolates causing anthracnose in sorghum. *European Journal of Plant Pathol*. 133, 671-685.
- Sharma, H.C., 1983. A technique for identifying and rating resistance to foliar diseases of sorghum under field conditions. *Proc. Indian Acad. Sci*. 92, 271-278.
- Silva, D.D., Casela, C.R., Castro, H.A., Santos, F.G., Ferreira, A.S., 2008. Diversidade populacional de *Colletotrichum sublineolum*, em seis localidades no Brasil. *Summa Phytopathologica* 34, 149-155.
- Talavera, M., Verdejo-Lucas, S., Ornat, C., Torres, J., Vela, M.D., Macias, F.J., Cortada, L., Arias, D.J., Valero, J., Sorribas, F.J., 2009. Crop rotations with *Mi* gene resistant and susceptible tomato cultivars for management of root-knot nematodes in plastic houses. *Crop Protection* 28, 662-667.
- Upadhyaya, H.D., Wang, Y.H., Sharma R., Sharma S., 2013 Identification of genetic markers linked to anthracnose resistance in sorghum using association analysis. *Theor. Appl. Genetics* 126, 1649–1657.
- Wolfe, M.S., 1985. The current status and prospects of multiline and variety mixtures for disease resistance. *Annu. Rev. Phytopathol* 23, 251-273.



XXX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

"Eficiência nas cadeias produtivas e o abastecimento global"