

148

Circular  
TécnicaSete Lagoas, MG  
Setembro, 2010

## Autores

**Rodrigo Vêras da Costa**  
Eng.-Agrôn.,  
Fitopatologia,  
Pesquisador da Embrapa  
Milho e Sorgo, Sete  
Lagoas, MG, veras@  
cnpms.embrapa.br

**Luciano Viana Cota**  
Eng.-Agrôn.,  
Fitopatologia,  
Pesquisador da Embrapa  
Milho e Sorgo, Sete  
Lagoas, MG, lvcota@  
cnpms.embrapa.br

**Carlos Roberto Casela**  
Eng.-Agrôn.,  
Fitopatologia,  
Pesquisador aposentado  
da Embrapa Milho e  
Sorgo, Sete Lagoas, MG.

**Dagma Dionísia da Silva**  
Pós-doutoranda  
Fapemig/Embrapa Milho  
e Sorgo, Sete Lagoas,  
MG.

**Douglas Ferreira Parreira**  
Doutorando Universidade  
Federal de Viçosa,  
Viçosa, MG.



## Rotação de Cultivares como Uma Estratégia para o Manejo da Antracnose do Sorgo

A busca pela obtenção de produtividades cada vez mais elevadas, sem considerar os impactos adversos das medidas de manejo das culturas, tem promovido um intenso desequilíbrio na regulação biótica dos agroecossistemas e, como consequência, um aumento significativo na incidência e na severidade das doenças em plantas (SOGLIO, 2004). No Brasil, situação semelhante vem ocorrendo com a cultura do sorgo, na qual os aumentos na produção têm sido determinados pela intensificação e modificação nos sistemas de cultivo e pelos avanços obtidos pelos programas de melhoramento genético, com a geração de cultivares altamente produtivas. A partir do ano de 2003, a cultura expandiu-se para uma área acima de um milhão de hectares sendo, atualmente, uma importante opção na segunda safra nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, onde grandes áreas são plantadas.

A antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum sublineolum*, é a mais importante doença a afetar, economicamente, a cultura do sorgo no Brasil, notadamente em regiões mais quentes e úmidas, embora esteja presente em todas as regiões de plantio, podendo causar perdas significativas à produção. A estratégia mais eficiente para o seu controle é a utilização de cultivares resistentes. Entretanto, seu uso é dificultado pela ocorrência de elevada variabilidade genética na população do patógeno (COSTA et al., 2009; CASELA et al., 1996). Tal fato tem intensificado a busca por alternativas que permitam a obtenção de cultivares de sorgo com resistência mais estável ao referido patógeno. Entretanto, a durabilidade da resistência a doenças não é apenas uma questão genética, mas também está relacionada ao manejo da cultura, no qual o uso da resistência é o componente essencial (CASELA; GUIMARÃES, 2005). Várias estratégias podem ser usadas para elevar e preservar a durabilidade da resistência de plantas a patógenos, resultando em benefícios que vão desde a redução do uso de defensivos, até a redução dos custos de produção da cultura (ADUGNA, 2004).

Recentemente, tem sido verificado, nas principais regiões produtoras do país, um aumento na utilização de fungicidas para o controle desta enfermidade. Vale ressaltar que não existem, no Ministério da Agricultura, produtos registrados para o controle de doenças foliares na cultura do sorgo. A inexistência de informações científicas sobre a eficiência, doses e número de aplicações de fungicidas para esse patossistema resultam em elevado risco à saúde humana e animal, além de contaminação do meio ambiente. Além disso, a crescente preocupação da sociedade com aspectos relacionados à segurança alimentar e à rastreabilidade da produção agrícola, nos remete à necessidade de buscar medidas alternativas de manejo das doenças.

No Brasil, há uma grande carência de informações referentes às alternativas para o manejo de doenças na cultura do sorgo. Um exemplo real desta situação foi a quebra da resistência à antracnose da cultivar BR 304 associada, provavelmente, à expansão da área de plantio com essa cultivar e ao tempo de permanência deste material no mercado. Além disso, há, nas regiões de plantio de sorgo,

condições particularmente favoráveis à ocorrência da antracnose que associada à elevada variabilidade apresentada pelo patógeno nas nossas condições dificulta o manejo da doença. Raças de alta virulência foram identificadas em várias regiões do país, o que indica a necessidade de um contínuo monitoramento da população local do patógeno (SILVA et al., 2008; CASELA et al., 2001; CASELA et al., 1997).

Dentre as estratégias disponíveis para o manejo da resistência neste patossistema, pode-se citar a mistura de cultivares, a mistura genética, a piramidação de genes, as multilinhas e a rotação de genes. A rotação de genes consiste na alternância de cultivares, previamente avaliadas, de uma determinada espécie em uma mesma área de plantio. Esta estratégia atua reduzindo a seleção direcional, de modo a impedir ou reduzir a seleção de raças específicas a um determinado genótipo na população do patógeno.

A rotação de genes tem inúmeras vantagens que justificam a sua utilização, como: redução da vulnerabilidade genética da cultura manejada; controle sobre o desenvolvimento de raças do patógeno através da seleção direcional e da seleção estabilizadora; melhor eficiência na utilização e no manejo dos genes de resistência vertical; e maior preservação dos recursos genéticos, uma vez que os genes verticais podem ser utilizados repetidamente (CRILL; KHUSH, 1979). Considerando-se as vantagens apresentadas anteriormente e a inexistência de informações sobre esta estratégia para o manejo da antracnose do sorgo, objetivou-se, neste trabalho, avaliar a rotação de genes como estratégia para o controle

da antracnose foliar do sorgo através do manejo da resistência genética à *C. sublineolum*.

Os experimentos foram conduzidos na Embrapa Milho e Sorgo nas safras 2007/2008, 2008, 2008/2009, 2009 e 2009/2010. Os resultados apresentados se referem ao primeiro plantio, na safra de verão 2007/2008, e ao quinto plantio correspondente à safra de verão 2009/2010. Foram utilizados um híbrido suscetível (BR 304) e dois híbridos resistentes (1G150 e DAS740). Os tratamentos foram estabelecidos adotando-se a seguinte sequência de plantio: 1) BR 304 em plantio contínuo; 2) 1G150 em plantio contínuo; 3) DAS740 em plantio contínuo; 4) BR 304 em plantio alternado com 1G150; 5) BR 304 em plantio alternado com DAS740 e 6) 1G150 em plantio alternado com DAS740, conforme a Tabela 1. Os híbridos foram semeados em parcelas compostas de 10 fileiras de 10m de comprimento e espaçamento entre fileiras de 0,5 m. As parcelas foram isoladas por três fileiras de milho com 3m de comprimento para evitar ou reduzir a transferência de inóculo entre elas. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições. Foram realizadas avaliações da severidade da antracnose a partir do estágio de grão leitoso com o auxílio de escala de diagramática de Sharma (1983), com notas variando de 1 a 9, onde: 1 = ausência de lesões e 9 = >75% da área foliar coberta com lesões. Em cada parcela, foram avaliadas 20 plantas. Os valores de severidade da doença, obtidos ao longo das avaliações, foram utilizados para calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Os valores de AACPD foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

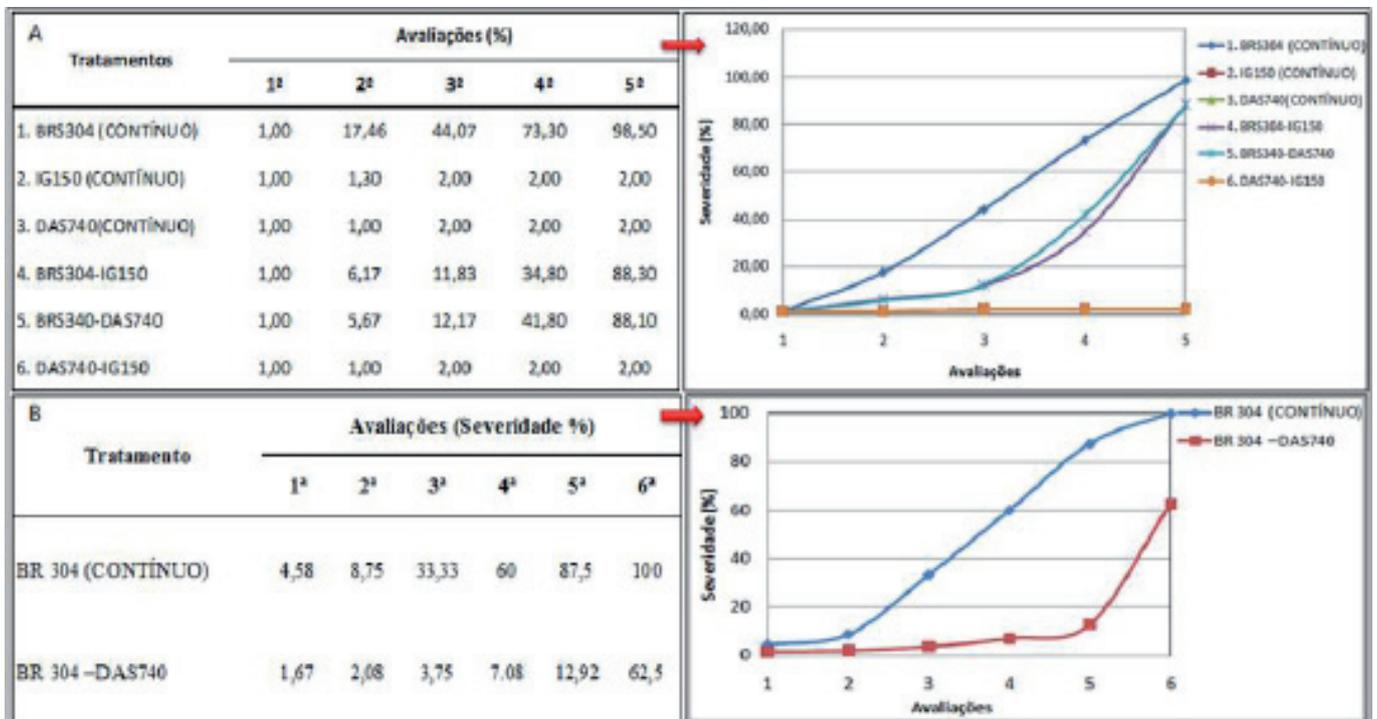
**Tabela 1.** Sequência de plantio de híbridos de sorgo no sistema de rotação de cultivares em cinco safras.

Sistema de cultivo	Safra 2007/2008	Segunda safra 2008	Safra 2008/2009	Segunda safra 2009	Safra 2009/2010
Cultivo contínuo	DAS740	DAS740	DAS740	DAS740	DAS740
Rotação	1G150	DAS740	1G150	DAS740	1G150
Cultivo contínuo	1G150	1G150	1G150	1G150	1G150
Rotação	BR 304	DAS740	BR 304	DAS740	BR 304
Cultivo contínuo	BR 304	BR 304	BR 304	BR 304	BR 304

Dez isolados de *C. sublineolium* foram coletados nas parcelas da cultivar suscetível BR 304. Após o isolamento e a obtenção de cultura monospórica, as mesmas cultivares utilizadas no experimento de campo foram inoculadas aos 28 dias após o plantio, em casa de vegetação, com uma suspensão de inóculo na concentração de 10<sup>6</sup> conídios/mL, e mantidas em câmara úmida e escura por 18 horas. Após 12 dias, as plantas foram avaliadas para o tipo de infecção, utilizando-se uma escala de notas com valores de 1 a 5, conforme Cardwel et al. (1989), em que: 1 - presença de pequenas pontuações necróticas; 2 - presença de pequenas manchas avermelhadas; 3 - lesões necróticas, algumas vezes alongadas, mas sem a presença de esporulação; 4 - lesões necróticas com a presença de acérvulos no centro e 5 - lesões necróticas, algumas vezes coalescidas, com a presença de abundante esporulação. Duas classes de reação foram consideradas: R = reação de resistência, incluindo as notas 1, 2 e 3 e S = reação de suscetibilidade, incluindo as notas 4 e 5.

Na safra 2007/2008, as médias da severidade da antracnose para o híbrido BR 304 em plantio contínuo, nas cinco avaliações, foram 1,00; 17,46; 44,07; 73,3 e 98,5%, respectivamente (Figura 1A). Na safra 2009/2010 as médias foram 4,58; 8,75; 33,33; 60,00; 87,50 e 100% (Figura 1B). O aumento da severidade da doença na safra 2009/2010 ocorreu devido ao aumento gradativo do inóculo de *C. sublineolium* na área de plantio. A manutenção de restos culturais possibilitou uma maior pressão de seleção direcional na população do patógeno favorecendo a seleção e o aumento da frequência das raças com virulência a este híbrido.

As médias de severidade da antracnose na BR 304 em plantio alternado com o 1G150, na safra 2007/2008, foram 1,00; 6,17; 11,83; 34,80 e 88,30%, nas cinco avaliações, respectivamente. Não foi possível obter resultados na safra 2009/2010 na rotação entre 1G150 e BR 304. Resultado semelhante foi observado no plantio alternado entre BR 304 e DAS740, no qual a severidade nas seis avaliações foi de 1,67; 2,08; 3,75; 7,08; 12,92 e 62,50%, respectivamente (Figura 1B).



**Figura 1.** Severidade da antracnose foliar (%) em três cultivares de sorgo, BR 304 (susceptível), 1G150 e DAS 740 (resistentes) em plantios contínuos e alternados entre si. No gráfico, curva de progresso da doença nos diferentes tratamentos avaliados. A) safra 2007/2008 e B) safra 2009/2010.

Na safra 2007/2008, a média de severidade da antracnose nos híbridos 1G150 e DAS740 em plantio contínuo foi 1; 1,3; 2; 2 e 2% e 1; 1,2; 2; 2 e 2%, respectivamente (Figura 1A). Resultado semelhante a este foi observado no plantio alternado entre estes dois híbridos, no qual a média da severidade foi 1; 1; 2; 2 e 2%, respectivamente. Os baixos valores de severidade foram mantidos para os híbridos resistentes na safra 2009/2010. Nenhum dos dez isolados avaliados apresentou virulência a estes híbridos, demonstrando ausência de associação de virulência aos mesmos. Provavelmente, poucas raças de *C. sublineolum* na população avaliada são capazes de superar os genes de resistência nas cultivares resistentes, o que resultou na baixa severidade da doença nos plantios contínuos e alternados destes híbridos. Além disso, as raças com virulência a estes híbridos podem estar em baixa frequência na população patogênica devido à ausência de hospedeiros suscetíveis que permitam sua sobrevivência e, conseqüentemente, aumento na frequência destas na população.

Em ambas as safras houve um atraso no início da epidemia nos plantios em que a BR 304 foi plantada após o híbrido resistente (Figuras 1, 2 e 3). Na safra 2007/2008 a redução na severidade da doença foi acima de 50% nas quatro primeiras avaliações, quando comparada com o plantio contínuo deste híbrido no mesmo período. Apesar da severidade na última avaliação ter sido apenas 10% menor que a observada no plantio contínuo, deve-se considerar

que, após o florescimento, inicia-se um intenso período de enchimento de grãos, durante o qual a planta necessita do máximo de sua área foliar plena e sadia para a produção de fotossimilados que serão destinados aos grãos. Desse modo, uma menor severidade da doença durante toda essa fase garantirá a realização do potencial produtivo da planta através do completo enchimento dos grãos. A menor severidade observada no plantio alternado foi resultado, provavelmente, de uma pressão de seleção negativa (estabilizadora) sobre a população do patógeno imposta pelo genótipo resistente e da incapacidade do patógeno de sobreviver nos restos culturais desses genótipos, reduzindo, como consequência, a quantidade de inóculo primário na área de cultivo.

Na safra 2009/2010, a diferença na severidade entre o cultivo contínuo da BR 304 e em rotação com DAS740, na última avaliação, foi de 37,70%. As avaliações da doença tiveram início na fase de polinização, ou seja, próximo ao início do enchimento dos grãos, a partir da qual a ocorrência de alta umidade e temperatura, favorece a infecção e o aumento da antracnose (Frederiksen, 2000). Um atraso no início da doença, de aproximadamente trinta dias, após a polinização foi observado no tratamento de BR 304 em rotação com DAS740, o que indica que os grãos estavam em plena fase de desenvolvimento, mas sem incidência da antracnose, o que pode favorecer o aumento na produtividade quando comparado ao BR 304 em plantio contínuo.

Foto: Carlos Roberto Casela



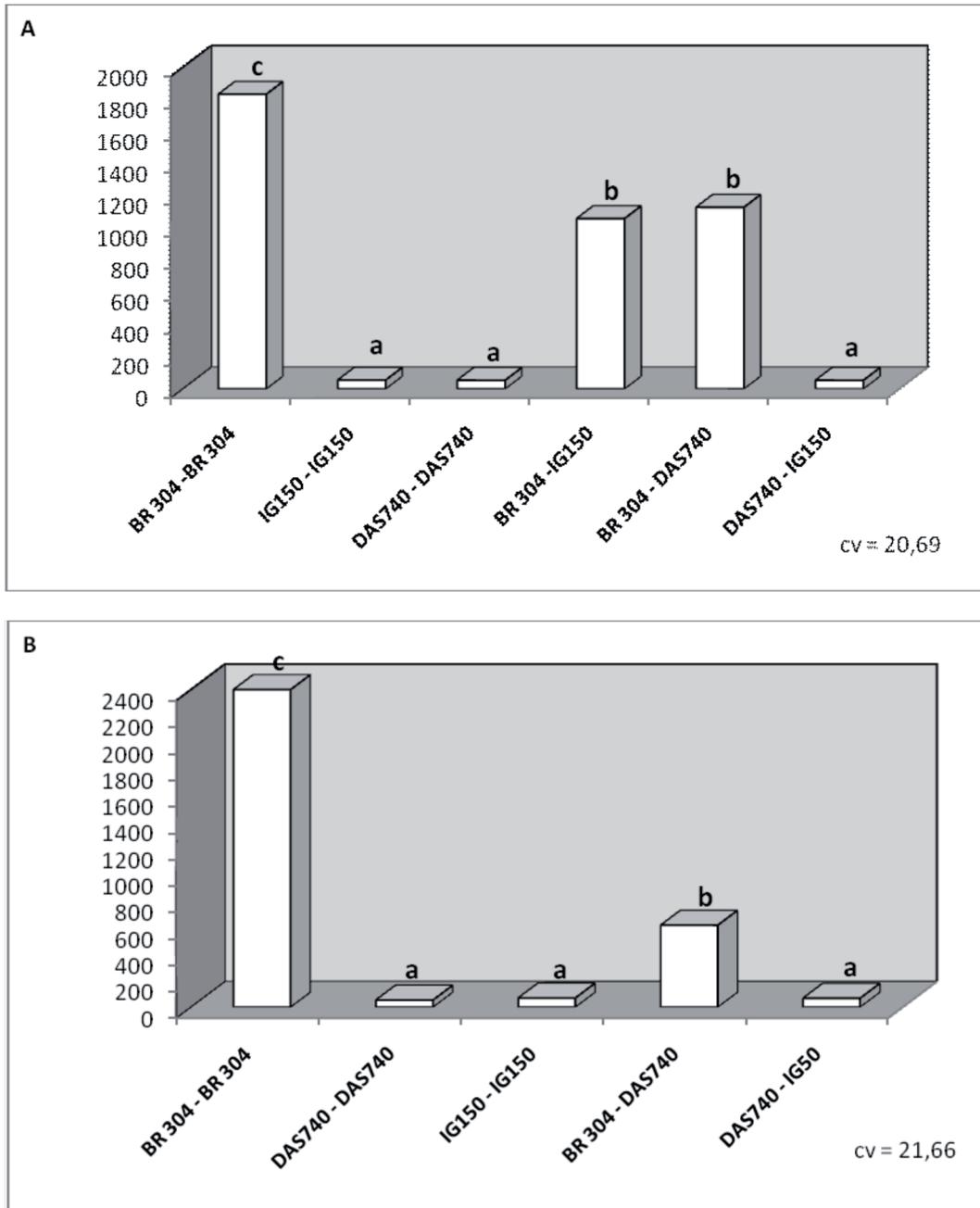
**Figura 2.** Severidade da antracnose foliar na cultivar BR 304 em diferentes sistemas de rotação de plantio: BR 304 em plantio contínuo no florescimento, (A), três semanas após (B) e detalhe da folha ao final do ciclo (C); BR 304 em plantio alternado com o cultivar DAS740 no florescimento (D), três semanas após (E) e ao final do ciclo (F). Fotos obtidas na safra 2007/2008 em Sete Lagoas, MG.



**Figura 3.** Severidade da antracnose na cultivar BR 304 no sistema de plantio contínuo e em rotação com DAS740. A e B – BR 304 em plantio contínuo (Fotos: 29/01/2010 e 11/02/2010, respectivamente), C e D – BR 304 em sucessão a DAS740 (Fotos: 29/01/2010 e 11/02/2010, respectivamente). Fotos obtidas na safra 2009/2010 em Sete Lagoas, MG.

Baixos valores de AACPD foram observados para as cultivares resistentes, plantadas continuamente na mesma área ou em rotação, em todas as safras. Ao contrário, elevado valor de AACPD foi verificado no tratamento baseado no plantio contínuo da BR 304 em todas as safras, ocorrendo um aumento de 34,01% na safra de 2009/2010 em relação à safra de 2007/2008. O plantio alternado da BR 304 com as cultivares resistentes 1G150 e DAS740 permitiu uma redução de 54 e 58%, respectivamente, no valor de AACPD na safra de 2007/2008, quando comparado ao seu plantio contínuo. Na safra de 2009/2010 a redução foi de 75% na severidade da antracnose para BR 304 quando em rotação com DAS740. Houve uma redução de 54,84% na AACPD do plantio alternado entre BR 304 e DAS740, na safra de 2009/2010 em relação à safra 2007/2008 (Figura 4). Esses resultados demonstram a eficiência da rotação de genes no manejo da antracnose do sorgo.

Todos os isolados de *C. sublineolum* inoculados em casa de vegetação foram virulentos à BR 304, o que justifica a alta severidade da doença. Tais resultados estão de acordo com os obtidos por Casela e Guimarães (2005) em avaliação da rotação de genes, no qual verificaram que a constituição genética da população de *C. sublineolum* foi determinada pela manutenção de restos culturais entre plantios. Tal fato ocorre porque *C. sublineolum* pode sobreviver por períodos prolongados como micélio em restos de cultura na superfície do solo, por até 18 meses, além da produção de esclerócios em colmos secos, em cultivares suscetíveis, que também permite ao patógeno sobreviver na ausência do hospedeiro (CASELA et al., 1998; CASELA; FREDERIKSEN, 1993; ALI; WARREN, 1992; WARREN, 1986).



**Figura 4.** Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para as cultivares BR 304 (altamente suscetíveis à antracnose), 1G150 e DAS740 (resistentes à antracnose) em plantio contínuos e alternados. A) safra 2007/2008 B) safra 2009/2010.

Para que o sistema de rotação de genes tenha eficiência, é importante que a associação de virulência aos híbridos ou às cultivares seja avaliada previamente, uma vez que populações com virulência a dois ou mais genótipos de sorgo dificultam a utilização dessa estratégia devido à sobrevivência do patógeno em restos culturais. Em contrapartida, como foi observado quando se alternou o híbrido BR 304, que é altamente

suscetível, com híbridos resistentes, e na ausência de associação de virulência, essa estratégia poderá ser usada com eficácia. Nos próximos trabalhos deverão ser incluídas avaliações de produção, pois, considerando o potencial de perdas dessa doença e a eficiência dessa estratégia de manejo, é esperado um aumento significativo na produção de grãos e forragens em genótipos suscetíveis plantados em sistema de rotação.

## Considerações Finais

A estratégia de rotação de genes demonstrou elevada eficiência na redução da intensidade da antracnose do sorgo em híbridos suscetíveis, podendo ser indicada como um dos componentes de manejo desta doença. Esta estratégia tem como principais vantagens preservar os genes de resistência na planta ao direcionar alterações na população do patógeno, resultando em maior durabilidade da resistência, não causar impactos negativos ao meio ambiente e contribuir para a redução do custo de produção para o agricultor, devido à ausência ou à redução da utilização do controle químico, constituindo-se, portanto, em uma estratégia viável e ecologicamente correta.

## Agradecimentos

A FAPEMIG e a Monsanto pelo suporte financeiro do projeto e a Fapemig pela concessão de bolsa de pós-doutorado de Dagma Dionísia da Silva no período de 2009 a 2011.

## Referências

- ADUGNA, A. Alternate approaches in deploying for disease resistance in crop plants. **Asian Journal of Plants Sciences**, v. 3, p. 618-623, 2004.
- ALI, M. E.; WARREN, H. L. Anthracnose of sorghum. In: MILLIANO, W. A. J. de; FREDERIKSEN, R. K.; BENGSTON, G. D. **Sorghum and millets diseases: a second world review**. Pantacheru, India: ICRISAT, 1992. p. 203-208.
- CASELA, C. R.; GUIMARÃES, F. B. Rotação de genes no manejo da resistência a doenças. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 13, p. 321-349, 2005.
- CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S.; BRANÇÃO, N. Variabilidade e estrutura de virulência em *Colletotrichum graminicola* em sorgo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 357 – 361, 1996.
- CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S.; SANTOS, F. G. Associação de virulência de *Colletotrichum graminicola* à resistência genética em sorgo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 23, p. 143-146, 1998.
- CASELA, C. R.; PINTO, N. F. J. A.; OLVEIRA, E.; FERREIRA, A. S. Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench): controle de doenças. In: VALE, F. X. R. do; ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Controle de doenças de plantas**. Viçosa, MG: UFV, 1997. p. 1025-1064.
- CASELA, C. R.; FREDERIKSEN, R. A. Survival of *Colletotrichum graminicola* sclerotia in sorghum stalk residue. **Plant Disease**, St. Paul, v. 77, p. 825-827, 1993.
- CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S.; SANTOS, F. G. Differences in competitive ability among races of *Colletotrichum graminicola* in mixtures. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 217-219, 2001.
- CARDWEL, K. F.; HEPPELRY, P. R.; FREDERIKSEN, R. A. Pathotypes of *Colletotrichum graminicola* and transmission of sorghum anthracnose. **Plant Disease**, St. Paul, v. 73, p. 255-257, 1989.
- COSTA, R. V.; COTA, L. V.; RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D.; LANZA, F. B. **Controle químico da antracnose do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 177).
- CRILL, P.; KHUSH, G. S. **Effective and stable control of rice blast with monogenic resistance**. Taipei: Food and Fertilizer Technology Center, 1979. 13 p. (FFTC. Extension Bulletin, 128).
- SILVA, D. D.; CASELA, C. R.; CASTRO, H. A.; SANTOS, F. G.; FERREIRA, A. S. Diversidade populacional de *Colletotrichum sublineolum*, em seis localidades no Brasil. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 34, n. 2, p. 149-155, 2008.
- SOGLIO, F. K. D. Manejo de doenças na perspectiva da transição agroecológica. In: STADNIK, M. J.; TALAMINI, V. (Ed.). **Manejo ecológico de doenças de plantas**. Florianópolis: UFSC, Centro de Ciências Agrárias, 2004. p. 1-16.

SHARMA, H. L. A technique for identifying and rating resistance to foliar diseases of sorghum under field conditions. **Proceeding Indian Academy Science**, New Delhi, v. 42, p. 278-283, 1983.

WARREN, H. L. Foliar disease-leaf anthracnose. In: FREDERIKSEN, R. A. (Ed.). **Compendium of sorghum diseases**. Texas: American Phytopathological Society, 1986. p. 10-11.

### Circular Técnica, 148

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:  
**Embrapa Milho e Sorgo**  
**Endereço:** Rod. MG 424 km 45 Caixa Postal 151  
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG  
**Fone:** (31) 3027 1100  
**Fax:** (31) 3027 1188  
**E-mail:** sac@cnpms.embrapa.br  
1ª edição  
1ª impressão (2010): on line

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



### Comitê de Publicações

**Presidente:** Antônio Carlos de Oliveira.  
**Secretário-Executivo:** Elena Charlotte Landau.  
**Membros:** Flávio Dessaune Tardin, Eliane Aparecida Gomes, Paulo Afonso Viana, João Herbert Moreira Viana, Guilherme Ferreira Viana e Rosângela Lacerda de Castro.

### Expediente

**Supervisão editorial:** Adriana Noce.  
**Revisão de texto:** Antonio Claudio da Silva Barros.  
**Tratamento das ilustrações:** Tânia Mara A. Barbosa.  
**Editoração eletrônica:** Tânia Mara A. Barbosa.