

Efeitos fisiológicos e produtividade de grãos decorrentes da aplicação de fungicidas em híbrido de milho transgênico

Viviane Moreira Alves⁽¹⁾; Renata Leandra Almeida Castro⁽²⁾; Ernane Miranda Lemes⁽³⁾; Maria Cristina Sanches⁽⁴⁾; Nayara Lima Baute⁽²⁾; Fabrício Silva de Souza⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Diretora de Pesquisa, UDI Pesquisa e Desenvolvimento, Uberlândia, Minas Gerais; viviane.moreira@udipesquisa.com; ⁽²⁾ Mestranda, Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), Universidade Federal de Uberlândia (UFU); ⁽³⁾ Doutorando, ICIAG, UFU; ⁽⁴⁾ Professora Titular do Instituto de Biologia, INBIO, UFU; ⁽⁵⁾ Pesquisador, UDI Pesquisa e Desenvolvimento.

RESUMO: A aplicação de fungicidas é uma prática regular no manejo da cultura do milho para obtenção de seu máximo potencial produtivo. As estimativas de trocas gasosas foliares, associada com medições de fluorescência da clorofila *a*, são importantes indicadores fisiológicos para a avaliação do desempenho fotossintético do milho. Neste sentido, o presente estudo teve por objetivo estudar as respostas fisiológicas do milho a diferentes fungicidas. O experimento foi conduzido a campo durante o outono de 2015 em Uberlândia, MG, com quatorze tratamentos fungicidas (Abacus, Aproach Prima, Azimut, Unizeb Gold, Prisma, Prevenil, e combinações), aplicados duas vezes, e um tratamento testemunha (sem aplicação de fungicida) em híbrido de milho transgênico. Foram realizadas avaliações de trocas gasosas foliares com o analisador de gás IRGA (A: assimilação de CO₂; E: transpiração foliar; gs: condutância estomática; ci: carbono intercelular; e relações, A/E: eficiência instantânea do uso da água; A/gs: eficiência intrínseca do uso da água; A/ci: eficiência em carboxilação), e os rendimentos quânticos efetivo e potencial do fotossistema II com medidor de fluorescência modulado (MiniPAM). Os dados foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$), posteriormente ao atendimento das pressuposições deste modelo matemático ($p > 0,01$), e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Skott-Knott ($p < 0,05$). Não foram encontradas diferenças entre os tratamentos fungicidas para as variáveis de trocas gasosas e suas relações, ou para os rendimentos quânticos do fotossistema II. No entanto, os tratamentos que incluíam combinações de fungicidas com Unizeb Gold apresentaram produção de grãos (kg ha⁻¹) superiores aos demais tratamentos.

Termos de indexação: IRGA, MiniPAM, produção de grãos.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura agrícola de grande importância para a história da humanidade,

a alimentação animal e uma importante matéria prima para a indústria e a economia mundial (Fussell, 2004; Bonavi, 2013). Por ser uma cultura de condução relativamente fácil, podendo ser praticada até mesmo em agricultura familiar, e por ser uma opção no sistema de rotação de culturas nas extensas áreas do cerrado, o milho se tornou uma cultura chave na agricultura brasileira, cuja produção nacional já superior a 60 Mton (CONAB, 2016). Contudo, para este cereal expressar todo o seu potencial produtivo a lavoura precisa ser conduzida livre de estresses como as doenças foliares, e entre estas, as doenças fúngicas são as mais prejudiciais (Sabato et al., 2014). A aplicação de fungicidas é, então, uma prática comum para o controle dessas doenças e, consequentemente, para a manutenção da integridade da lavoura.

É reconhecido que muitos produtos fitossanitários podem interferir na dinâmica dos fotossistemas que podem se associar a grupos químicos, metais tóxicos e outras substâncias que afetam sua atividade e o rendimento da fotossíntese (Giardi et al., 2001; Frankart et al., 2003; Geoffroy et al., 2004; Kanungo & Joshi, 2014). Diversas medidas experimentais estão disponíveis para o estudo do comportamento do sistema fotossintético de uma planta e de suas alterações com a aplicação de produtos fitossanitários. A avaliação dos mecanismos de trocas gasosas foliares e da fluorescência da clorofila *a*, podem ser utilizados como parâmetros para a compreensão da performance fotossintética de uma planta (Nelson e Cox, 2005; Baker, 2008).

Desse modo, o presente estudo teve como objetivo estudar as respostas fisiológicas e a produção de grãos do milho em diferentes tratamentos fungicidas.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na Estação Experimental da UDI Pesquisa e Desenvolvimento em Uberlândia, MG, entre março a maio de 2015. O híbrido transgênico (DKB 340 VTPRO2) foi semeado em espaçamento de 0,5 m com 3,5

sementes por metro linear e adubação de plantio com 380 kg de NPK 08-28-16 por hectare. Os tratamentos fungicidas estudados estão descritos na **tabela 1**.

Tabela 1 – Tratamentos fungicidas aplicados no milho.

TRATAMENTOS	DOSE (mL-g ha ⁻¹)
Testemunha	-
Abacus HC ¹	380
Aproach Prima ²	450
Azimut ²	500
Nativo ³	750
Unizeb Gold ²	1500
Helmstar Plus + Prisma ²	400 + 300
Helmstar Plus+Prisma+Prevenil ²	400+300+2000
Abacus HC + Unizeb Gold ¹	380 + 1500
Aproach Prima + Unizeb Gold ²	450 + 1500
Azimut + Unizeb Gold ²	500 + 1500
Nativo + Unizeb Gold ³	750 + 1500
Helmstar Plus+Prisma+Unizeb Gold ²	400+300+1500
Abacus HC + Prevenil ¹	380 + 2000

¹ adição de Break-Thru a 0,3% v/v; ² adição de Nimbus a 0,5% v/v; ³ adição de Áureo a 0,25% v/v.

Foi utilizada ponta tipo leque com indução de ar para aplicação dos produtos fitossanitários. Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos casualizado com 4 repetições. Os tratamentos fungicidas foram aplicados duas vezes, nos estádios fenológicos V9 e R1. As avaliações fisiológicas foram realizadas durante o período da manhã aos 2, 10, 20 e 30 dias após a segunda aplicação dos tratamentos. A temperatura média e umidade relativa do ar durante as avaliações foram aproximadamente 26 °C e 70%, respectivamente.

Avaliações Fisiológicas

Trocas Gasosas: A assimilação de CO₂ (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{CO}_2$), transpiração foliar (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{H}_2\text{O}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{H}_2\text{O}$) e o carbono intercelular (ci , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{CO}_2$) foram avaliados com um medidor de trocas gasosas (IRGA – Infrared Gas Analyser – modelo LCpro-SD da ADC BioScientific Ltda). Utilizou-se sobre a câmara um canhão de luz artificial configurado em 1200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de radiação fotossinteticamente ativa. As leituras foram realizadas em folhas completamente desenvolvidas em duas plantas por repetição. As relações de eficiência instantânea do uso da água (A/E), eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s) e eficiência em carboxilação (A/Ci) foram calculadas a partir dos dados obtidos pelo IRGA.

Fluorescência da Clorofila a: A fluorescência da clorofila *a* no fotossistema II (FSII), em condições de luz e escuro adaptado, foram avaliadas com um analisador de fluorescência modulada da clorofila *a*

(Mini-PAM da Walz), configurado com um pulso luz saturante. As análises foram feitas com amostras à luz e adaptadas ao escuro (Genty et al, 1989). A condição de escuro adaptado foi estabelecida após 30 minutos de escuro simulado com presilhas metálicas nas folhas (DLC-8). Nesta condição, foi avaliado o *rendimento quântico potencial* do FSII após um pulso de saturação luminosa. As amostras à luz foram avaliadas com a câmara Holder 2030-B do próprio aparelho. Nesta condição, foi avaliado o *rendimento quântico efetivo* do FSII após um pulso de saturação luminosa.

Área Abaixo da Curva de Progressão

A área abaixo da curva de progressão (AACP) das variáveis fisiológicas estudadas para os quatro dias de avaliação foi calculada segundo Campbell e Madden, (1990). A AACP é um modelo matemático que sumarizar os dados registrados em diferentes épocas em um único valor, a AACP, o que possibilita uma melhor avaliação conjunta dos dados, e permite observar as tendências de resposta dos diferentes tratamentos estudados.

Análise Estatística

Os dados obtidos para AACP foram submetidos às pressuposições do modelo de ANAVA (normalidade dos resíduos, por Shapiro-Wilk; homogeneidade das variâncias, por Levene; aditividade de blocos, por Tukey) a 0,01 de significância (SPSS 17, 2008), e nenhuma transformação matemática dos dados foi necessária. Após o atendimento das pressuposições, os dados foram submetidos à ANAVA e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Skott-Knott ($p < 0,05$) (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A AACP das variáveis avaliadas pelo IRGA (ci , g_s , A , E) e suas relações (A/ci , A/g_s , A/E), e pelo MiniPAM (FSII claro, FSII escuro) não diferiram entre os tratamentos fungicidas estudados no milho (**tabela 2**).

Tabela 2 – Amplitude de variação das AACP das variáveis fisiológicas estudadas em diferentes tratamentos fungicidas no milho.

Variável	Varição	Probab. ($p < 0,05$)
ci	35,32 – 53,18	0,64
g_s	1,43 – 1,68	0,50
E	0,09 – 0,13	0,41
A	13,41 – 16,41	0,25
A/ci	0,21 – 0,70	0,41
A/g_s	94,01 – 105,40	0,67
A/E	5,88 – 6,49	0,52

FSII claro	0,09 – 0,15	0,28
FSII escuro	0,25 – 0,29	0,24

A observação de incrementos fisiológicos em plantas após a aplicação de fungicidas, especialmente fungicidas do grupo das estrobilurinas, é regularmente relatada na literatura (Zhang et al. 2010; Kanungo & Joshi, 2014). Outros efeitos positivos da aplicação de fungicidas em plantas também são observados, como maior eficiência do uso do nitrogênio pela planta (Ruske et al., 2003), ao aumento de atividade antioxidante (Wu & Von Tiedemann, 2002), e o atraso da senescência foliar (Venâncio et al., 2003), que podem contribuir para incrementar a produtividade das culturas.

No entanto, resultados de produção indiferentes à aplicação de estrobilurinas também têm sido relatados no milho e em outras culturas (Byamukama et al., 2013; Mahoney & Gillard, 2014). Segundo Nasson et al. (2007), as respostas fisiológicas à aplicação de fungicidas é complexa, e mais estudos são necessários para elucidar as reais consequências fisiológicas da aplicação de fungicidas, mesmo em plantas que não estão sendo atacadas por fungos.

A produtividade de grãos de milho (kg ha^{-1}) foi diferente entre os tratamentos fungicidas avaliados (tabela 3).

Tabela 3 – Produtividade de grãos de milho para diferentes tratamentos fungicida.

Tratamento	Prod. (kg ha^{-1})
Testemunha	4733,55 A
Abacus HC	5450,49 A
Aproach Prima	5140,73 A
Azimut	5399,69 A
Nativo	5500,53 A
Unizeb Gold	4843,36 A
Helmstar Plus + Prisma	5204,10 A
Helmstar Plus+Prisma+Prevenil	5509,35 A
Abacus HC + Unizeb Gold	5733,77 B
Aproach Prima + Unizeb Gold	5957,43 B
Azimut + Unizeb Gold	6827,51 B
Nativo + Unizeb Gold	5836,60 B
Helsmtar Plus+Prisma+Unizeb Gold	6131,64 B
Abacus HC + Prevenil	4947,72 A

¹ Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Skott-Knott ($p < 0,05$).

Os tratamentos fungicidas com combinações que incluíam Unizeb Gold apresentaram produtividade superior em relação aos demais tratamentos. Esta característica pode ser atribuída à composição do fungicida Unizeb Gold, que possui zinco (mancozebe) e manganês, que é essencial à produção de clorofila.

CONCLUSÕES

Não são observadas alterações fisiológicas no milho com a aplicação de fungicidas ou combinações.

A aplicação de Unizeb Gold em combinação com outros fungicidas aumenta a produtividade de grãos do milho.

REFERÊNCIAS

BAKER, N.R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. *Annu. Rev. Plant Biology*, 2008. v. 59, p. 89-113.

BONAVI, D. 2013. Maize: Origin, Domestication, and its Role in the Development of Culture. Cambridge University Press. 601 p.

BYAMUKAMA, E.; ABENDROTH, L.J.; ELMORE, R.W.; ROBERTSON, A.E. Quantifying the effect of Pyraclostrobin on grain-fill period and kernel dry matter accumulation in maize. Online. *Plant Health Progress*, 2013. doi:10.1094/PHP-2013-1024-02-RS.

CAMPBELL, C.L. & MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York. J. Wiley & Sons. 1990.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acessado: 29 de julho de 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&>

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: **Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria**, 45, 2000. Anais... São Carlos, SP: SIB, p. 255-258.

FRANKART, C.; EULLAFFROY, P.E VERNET, G. Comparative effects of four herbicides on non-photochemical fluorescence quenching in *Lemna minor*. *Environmental and Experimental Botany*, 2003. v. 49, p. 159-168.

FUSSELL, B. 2004. **The Story of Corn**. University of New Mexico Press, 367 p.

GENTY, B.; BRIANTAIS, J.M.; BAKER, N.R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1989. v. 990, n. 1, p. 87-92.

GEOFFROY, L.; FRANKART, C.; EULLAFFROY, P. Comparison of different physiological parameter responses in *Lemna minor* and *Scenedesmus obliquus* exposed to herbicide flumioxazin. *Environmental Pollution*, 2004. v. 131, p. 233-241.

GIARDI, M.T.; KOBLÍZEK, M.; MASOJÍDEK, J. Photosystem II-based biosensors for the detection of

pollutants. **Biosensors & Bioelectronics**, 2001. v. 16, p. 1027-1033.

KANUNGO, M.; JOSHI, J. Impact of Pyraclostrobin (F-500) on crop plants. **Plant Science Today**, Trivandrum, n. 1, v. 3, p. 174-178, 2014.

MAHONEY, K.J. & GILLARD, C.L. Plant health and yield of dry bean not affected by strobilurin fungicides under disease-free or simulated hail conditions. **Canadian Journal of Plant Science**, 2014. 94(8): 1385-1389.

NASON, M.A.; FARRAR, J.; BARTLETT, D. Strobilurin fungicides induce changes in photosynthetic gas exchange that do not improve water use efficiency of plants grown under conditions of water stress. **Pest Management Science**, 2007. 63: 1191-1200.

NELSON, D.L. E COX, M.M. **Lehninger Principles of Biochemistry**. 4th ed. New York: Worth, 2005. 1200 p.

RUSKE, R.E., GOODING, M.J.; JONES, S.A. The effects of triazole and strobilurin fungicide programmes on nitrogen uptake, partitioning, remobilization and grain N accumulation in winter wheat cultivars. **Journal of Agricultural Science**, 2003. 140:395-407.

SABATO, E.O; NICÉSIO, F.J.A. PINTO; FERNANDES, F.T. Identificação e controle de doenças do milho. 2ed., Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2013. 145p.

SPSS. **SPSS Statistics 17.0**. Command Syntax Reference. Chicago, IL: SPSS Inc. 2008.

VENÂNCIO, W.S.; RODRIGUES, M.A.T.; BEGLIOMINI, E.; SOUZA, N. Physiological effects of strobilurin fungicides on plants. **Publ. UEPG**, 2003. 9:59-68.

WU, Y. & VON TIEDEMANN, A. Impact of fungicides on active oxygen species and antioxidant enzymes in spring barley (*Hordeum vulgare* L.) exposed to ozone. **Environmental Pollutant**, 2002. 116:37-47.

ZHANG, Y.J.; ZHANG, X.; CHEN, C.J.; ZHOU, M.G.; WANG, H.C. Effects of fungicides JS399-19, azoxystrobin, tebuconazole, and carbendazim on the physiological and biochemical indices and grain yield of winter wheat. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 2010. 98, pp. 151-157



XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

"Milho e Sorgo: inovações,
mercados e segurança alimentar"
