

Efeito Fisiológico da Aplicação de Fungicida em Cana-de-Açúcar

*K. V. Martins, *D. Dourado Neto, **E. B. Fagan, ***D. Medeiros, ****C. T. de Almeida, *****F. J. A. de Arruda, *A. P. Schwantes, *T. Tezotto

RESUMO

Além do controle de doenças, com a utilização de fungicidas a base de estrobilurina Piraclostrobina, tem-se observado em campo efeitos fisiológicos que têm proporcionado aumento em produtividade mesmo em regiões onde não ocorre a incidência de doenças. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi caracterizar as respostas fisiológicas, relacionadas à assimilação de dióxido de carbono (CO₂) e a produtividade dos colmos da cultura de cana-de-açúcar após a aplicação de fungicida a base de estrobilurina Piraclostrobina. O trabalho foi conduzido na Fazenda Cruzeiro do Morumbi, em Guariba, SP. O delineamento experimental utilizado foi em faixas contendo três tratamentos: T1: Testemunha, T2: uma aplicação de fungicida e T3: duas aplicações de fungicida. Verificou-se uma menor incidência de doenças e maior atividade da peroxidase e catalase das plantas que receberam aplicação do fungicida. Além disso, a aplicação do fungicida promoveu o aumento da temperatura de folhas. Esses efeitos fisiológicos se manifestaram de forma positiva em características morfológicas, como por exemplo, na maior produção de cana-de-açúcar apresentada pelas plantas tratadas com o fungicida.

Palavras-chave: Enzimas; Transpiração; Eficiência do uso de água; Produtividade

* Universidade de São Paulo (USP), Campus Luiz de Queiroz, Piracicaba - SP.

** Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), Patos de Minas - MG.

*** Basf, São Paulo - SP.

**** UNICAMPO, São Paulo - SP.

***** Fazenda Cruzeiro do Morumbi, São Paulo - SP.

SUMMARY

In addition to disease control with the use of strobilurin pyraclostrobin-based fungicides, some physiological effects were observed in the field that have provided an increase in crop yield in regions where the disease incidence doesn't occur. Thus, the objective of this study was to characterize the physiological responses, related to the assimilation of carbon dioxide (CO₂) and productivity of stems, of sugar cane to the application of a fungicide based on strobilurin pyraclostrobin. The work was conducted at Cruzeiro do Morumbi Farm, Guariba, São Paulo State. The experimental design was in bands with three treatments: T1: Control, T2: one application of fungicide and T3: two applications of fungicide. There was lower incidence of disease and higher activity of peroxidase and catalase in plants that received the fungicide. Furthermore, the fungicide application promoted an increase in leaf temperature. These physiological effects manifest positively in morphological characteristics such as, for example, higher yield in sugarcane in plants treated with the fungicide.

Keywords: Enzymes; Transpiration; Water Use Efficiency; Yield

INTRODUÇÃO

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), na safra 2013/2014, a cultura da cana-de-açúcar continuará em expansão. A previsão é que o Brasil tenha um acréscimo na área de 408 mil hectares, equivalendo a 4,8% em relação à safra 2012/2013. Os estados com maiores áreas de expansão devem ser São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Paraná e Mato Grosso do Sul.

A sustentabilidade do setor é devido à utilização de práticas agrícolas que favorecem o acúmulo de biomassa e a produtividade dos colmos e, também pode ser influenciada por fatores inerentes ao sistema de produção e ao ambiente de cultivo. A incidência de doenças é um dos fatores determinantes da produtividade agrícola da cultura.

A aplicação de produtos a base de estrobilurinas tem se mostrado bastante eficaz no controle de doenças, como por exemplo, a ferrugem alaranjada, causada pelo fungo *Puccinia kuehnii* (W. Krüger) E.J. Butler. No entanto, além do controle de doenças, estudos têm demonstrado que o uso de fungicidas a base de estrobilurina tem proporcionado aumento de produtividade, mesmo em locais onde não há incidência de doenças. Esse efeito tem sido atribuído às alterações fisiológicas ocasionadas pelo fungicida, as quais têm favorecido o crescimento e desenvolvimento da cultura (GROSSMANN; RETZLAFF, 1997; BRYSON; LEANDRO; JONES, 2000).

Na cultura de trigo, observou-se alterações fisiológicas decorrentes da aplicação de estrobilurinas, como por exemplo, aumento do potencial antioxidante, incremento da atividade da enzima nitrato reductase, da fotossíntese líquida, diminuição da taxa respiratória, inibição da síntese de etileno e atraso da senescência das folhas (GROSSMANN; RETZLAFF, 1997; GLAAB; KAISER, 1999; WU; TIEDEMANN, 2001). Mais recentemente, também foram observados os efeitos fisiológicos decorrentes da aplicação de estrobilurinas, na cultura de milho (DOURADO NETO *et al.*, 2005) e de soja (FAGAN, 2007; RODRIGUES, 2009).

Assim, a hipótese deste estudo é que os fungicidas a base de estrobilurina Piraclostrobina também promovam

alterações fisiológicas na cultura de cana-de-açúcar com consequente incremento no acúmulo de biomassa e na produtividade dos colmos. Para verificar a hipótese objetivou-se estudar as respostas fisiológicas, relacionadas à assimilação de dióxido de carbono (CO_2) e a produtividade dos colmos, da cultura de cana-de-açúcar após a aplicação de fungicida a base de estrobilurina Piraclostrobina.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no período de novembro de 2012 a março de 2013 na Fazenda Cruzeiro do Morumbi, localizada no município de Guariba, no estado de São Paulo em Latossolo Vermelho Argiloso. Foi utilizada a cultivar RB-86-7515 (soqueira do segundo corte no espaçamento de 1,5 m entre linhas).

O delineamento experimental adotado foi em faixas, constituído por três tratamentos (4 hectares cada) e cinco pontos de avaliação dentro de cada tratamento, totalizando 15 pontos de amostragem. Para cada tratamento considerou-se uma bordadura de 30 m. Os tratamentos foram: T0 - Testemunha; T1 - 1 aplicação do fungicida estrobilurina Piraclostrobina (183 g ha^{-1}), e T2 - Piraclostrobina (183 g ha^{-1}). Utilizou-se do fungicida comercial 1 L ha^{-1} que foi pulverizado sobre a cultura da cana-de-açúcar no 3º mês após a brotação.

A primeira aplicação foi realizada no dia 19 de dezembro de 2012 (tratamentos 2 e 3), e a segunda no dia 20 de janeiro de 2013 (tratamento 3). Utilizou-se avião Embraer 202 (tanque com capacidade de 850 litros de calda) com um volume de calda de 30 L ha^{-1} . No momento da aplicação a temperatura média era de 26°C , umidade relativa do ar de 61% e velocidade do vento de $3,5 \text{ km.hora}^{-1}$.

O complexo de doenças foi avaliado aos 90 dias após a primeira aplicação, através de escala diagramática de severidade de doenças de cana-de-açúcar, proposta por Amorim *et al.*, 1987. A atividade da enzima peroxidase e catalase foi realizada aos 37 dias após a primeira aplicação, em amostras de folhas completamente expandidas, retiradas da porção superior da planta (folha +1) em 30 plantas por tratamento. Para determinação da atividade da enzima

peroxidase, utilizou-se método proposto por Allain *et al.* (1974). Para determinação da atividade da enzima catalase, utilizou-se a metodologia proposta por Chance e Maehly (1955).

Para determinar o índice Spad na folha foi utilizado medidor portátil de clorofila (clorofilômetro marca Minolta, modelo SPAD-502), que permite leituras instantâneas do teor relativo de clorofila na folha sem destruí-la, o índice Spad foi determinado aos 37 dias após a primeira aplicação em 30 plantas por tratamento.

As avaliações de trocas gasosas foram realizadas aos 37 dias após a primeira aplicação, por meio de um sistema fechado portátil de trocas gasosas, IRGA (Infra Red Gas Analyzer), modelo LI-6400 (Li-cor®), sempre nas folhas do estrato superior (folha +1), completamente expandidas e totalmente expostas à radiação solar, para essa avaliação utilizou-se 15 plantas por tratamento.

A avaliação de massa de matéria seca de colmo de plantas de cana-de-açúcar foi realizada aos 90 dias após a primeira aplicação. Foram coletadas 12 plantas em cada ponto. A determinação foi feita pela obtenção da massa das plantas em cada ponto, com balança tipo célula de carga, graduada em 200 g. A produtividade da cana-de-açúcar foi calculada por meio da massa de todos os colmos industrializáveis por parcela e da área ocupada por cada parcela.

A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa SAS® (SAS/STAT, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O controle da Ferrugem alaranjada foi 34% maior nas plantas de cana-de-açúcar que receberam duas aplicações de estrobilurina Piraclostrobina aos 90 dias após a primeira aplicação, em comparação ao tratamento Testemunha (Tabela 1). O maior controle foi observado nas plantas que receberam duas aplicações de estrobilurina Piraclostrobina, seguido do tratamento com uma aplicação e do tratamento Testemunha, respectivamente (Tabela 1).

Além do controle de doenças fúngicas, como por exemplo, a Ferrugem alaranjada, a utilização do fungicida ocasionou alterações fisiológicas na cana-de-açúcar, assim como observado

por Fagan (2007) e Martins (2010) na produtividade e acúmulo de massa de matéria seca de soja.

Na cultura da cana-de-açúcar, a aplicação de estrobilurina Piraclostrobina aumentou a atividade das enzimas antioxidantes peroxidase e catalase (Tabela 1) em 311,51% e 334,60% respectivamente, nas plantas que receberam uma aplicação do fungicida. As atividades das enzimas seguiram o mesmo comportamento, isso porque, existe uma ação conjunta da peroxidase e catalase, que reduz o risco de formação dos radicais OH^\cdot (radical hidroxila), que é de elevada reatividade (SCANDALIOS, 1993).

Um exemplo de produção de radicais livres está relacionado ao processo fotossintético, principalmente em casos de excesso de luminosidade. A produção de enzimas como a peroxidase e a catalase representa uma defesa bioquímica utilizada pelas plantas, que destrói os radicais livres.

A concentração de CO_2 no interior das células do mesófilo (Ci) durante a fotossíntese foi $46,23 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1} (\text{ar})^{-1}$ menor no tratamento que recebeu duas aplicações de estrobilurina Piraclostrobina quando comparado com a Testemunha (Tabela 1). Portanto, é possível inferir que a estrobilurina Piraclostrobina tornou a carboxilação mais eficiente em plantas de cana-de-açúcar.

A condutância estomática e a transpiração foram menores nas plantas de cana-de-açúcar tratadas com estrobilurina Piraclostrobina. Com relação, a fotossíntese também se observa valores superiores nas plantas tratadas com estrobilurina Piraclostrobina, no entanto não foi observada diferença estatística para essas variáveis (Tabela 1).

No entanto, pode-se inferir que o uso da Piraclostrobina foi eficiente na redução da perda de água pelo processo transpiratório, pois a quantidade de água perdida para o ambiente foi menor quando comparada ao tratamento Testemunha, sem que compromettesse a absorção de CO_2 para a fotossíntese.

A temperatura da folha foi maior nos tratamentos com duas aplicações de estrobilurina Piraclostrobina, caracterizando assim um efeito de aquecimento.

Tabela 1 - Severidade de doenças aos 90 dias após a primeira aplicação. Atividade das enzimas peroxidase (POD, $\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \mu\text{g}$ (proteína) $^{-1}$) e catalase (CAT, $\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \mu\text{g}$ (proteína) $^{-1}$) aos 37 dias após a primeira aplicação. Fotossíntese líquida (μmol (CO_2), $\text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), Concentração interna de CO_2 (μmol CO_2 , mol (ar) $^{-1}$), Condutância estomática (mmol (H_2O), $\text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), Transpiração (mmol (H_2O), $\text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) e Temperatura da folha ($^{\circ}\text{C}$), aos 37 dias após a primeira aplicação. Toneladas de cana-de-açúcar (segundo corte) por hectare (TCH, $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$) aos 90 dias após a primeira aplicação, variedade cultivada RB-86-7515. Fazenda Cruzeiro do Morumbi (talhão 1 - zona 5), Guariba (SP). Safra 2012/2013

Variáveis	T1: Testemunha	T2: 1 aplicação	T3: 2 aplicações
Severidade de doenças	5,1 a	4,6 a	3,8 b
Atividade da peroxidase	110,23 b	453,61 a	224,53 a
Atividade da catalase	3,15 c	13,69 a	7,19 b
Índice Spad	39,8 a	40,9 a	40,3 a
Fotossíntese líquida	11,52 a	12,78 a	13,99 a
Concentração interna de CO_2	283,11 a	266,33 ab	236,88 b
Condutância estomática	0,24 a	0,21 a	0,18 a
Transpiração	2,89 a	2,87 a	2,71 a
Temperatura	27,51 b	28,01 b	28,75 a
Toneladas de cana por hectare	81,78 b	90,84 ab	93,22 a

* Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha não diferem entre si ao nível de significância de 10% pelo teste de Tukey

Isso pode ser explicado pela baixa taxa transpiratória dessas plantas. O efeito do aquecimento foliar foi mais acentuado em plantas que receberam duas aplicações de estrobilurina Piraclostrobina, nessas plantas a temperatura foi em média de $1,23^{\circ}\text{C}$ maior quando comparadas ao tratamento Testemunha (Tabela 1).

Os efeitos fisiológicos se traduziram em características morfológicas apresentadas pelas plantas de cana-de-açúcar tratadas com estrobilurina Piraclostrobina. A biomassa de colmo de plantas de cana-de-açúcar que receberam duas aplicações de estrobilurina Piraclostrobina foi 11,44 toneladas por hectare maior quando comparada ao tratamento Testemunha aos 90 dias após a primeira aplicação (Tabela 1).

CONCLUSÕES

Observa-se além do controle da ferrugem alaranjada, alterações fisiológicas nas plantas que receberam aplicação do fungicida quando comparadas às plantas do tratamento Testemunha.

Esses efeitos fisiológicos contribuíram para maior produtividade de colmos apresentada pelas plantas tratadas com a estrobilurina Piraclostrobina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAIN, C.C.; POON, L.S.; CHAN, C.S.; RICHMOND, W.; FU, P.C. Enzymatic determination of total serum cholesterol. **Clinical Chemical**, Baltimore, n.20, p.470-475, 1974.
- AMORIM, L., BERGAMIN FILHO, A., CARDOSO, C., MORAES, V.A., FERNANDES, C.R. Metodologia de avaliação da ferrugem da cana-de-açúcar (*Puccinia melanocephala*). **Boletim Técnico Copersucar**, Piracicaba, v. 39, p. 13-16, 1987.
- BRYSON, R.J.; LEANDRO, L.; JONES, D.R. The physiological effects of kresoxim-methyl on wheat leaf greenness and the implication for crop yield. In: Proceedings of the 10th on crop protection conference - pests and diseases, 2000. **Proceedings...** Farnham: British Crop Protection Council, 2000. p.739-747.
- CHANCE, B.; MAEHLY, A.C. Assay

of catalases and peroxidases. **Methods in Enzymology**, San Diego, v.2, p.764-775, 1955.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanha-mento de safra brasileira: cana-de-açúcar**. Brasília, 2013. 19p. (1^o levantamento).

DOURADO NETO, D.; OLIVEIRA, R.F.; BEGLIOMINI, E.; RODRIGUES, M.A.T. F500 em soja e milho: efeitos fisiológicos comprovados. **Atualidades Agrícolas BASF S.A.**, São Paulo, p.12-16, 2005.

FAGAN, E.B. **A cultura da soja: modelo de crescimento e aplicação de estrobilurina**. 2007.84 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

GLAAB, J.; KAISER, W.M. Increased nitrate reductase activity in leaf tissues after application of the fungicide Kresoxim-methyl. **Planta**, Berlin, v.207, n.3, p.442-448, 1999.

GROSSMANN, K.; RETZLAFF, G. Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin Kresoxim-methyl in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Pesticide Science**, Oxford, v.50, n.1, p.11-20, 1997.

MARTINS, K.V. **Caracterização fisiológica e influência das folhas senescentes do estrato inferior na produtividade da cultura de soja**. 2011. 78p. Dissertação (Mestre em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

RODRIGUES, M.A.T. **Avaliação do efeito fisiológico do uso de fungicidas na cultura da soja**. 2009. 198p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

SCANDALIOS, J.G. Oxygen stress and superoxide dismutase. **Plant Physiology**, Washington, v.101, p.7-12, 1993.

WU, X.Y.; TIEDEMANN, A. von. Physiological effects of Azoxystrobin and Epoxiconazol on senescence and the oxidative status of wheat. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v.71, n.1, p.1-10, 2001.