

# ANÁLISE TEMPORAL DE VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS DA CULTURA DA SOJA APÓS A APLICAÇÃO DE ESTROBILURINA

Evandro Binotto Fagan<sup>1</sup>, Derblai Casaroli<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Eng. Agrônomo, Doutor em Agronomia, Professor no Centro Universitário de Patos de Minas (MG). <sup>2</sup>Eng. Agrônomo, Doutor em Agronomia, Prof. Adjunto, Setor de Engenharia de Biosistemas, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás - Campus Samambaia, Goiânia (GO).

**RESUMO:** Alguns fungicidas do grupo das estrobilurinas são reconhecidos por apresentarem um efeito de promoção do crescimento em certas espécies de plantas, os quais resultam em maior eficiência no uso de água e nitrogênio, retenção de clorofila, atraso na senescência foliar ("efeito verde"), aumento na atividade antioxidante e aumento de produtividade. Assim, objetivou-se avaliar a resposta temporal de variáveis fisiológicas de uma variedade de soja após a aplicação da estrobilurina piraclostrobina. Foi utilizada a variedade BRS-Conquista, cultivadas em vasos em casa-de-vegetação. Medidas foliares de fotossíntese líquida, respiração, condutância estomática e transpiração foram realizadas com um medidor portátil de trocas gasosas, quando a cultura atingiu o estágio V<sub>8</sub>-V<sub>9</sub>. Avaliaram-se também, a atividade da enzima nitrato redutase e a emissão de etileno. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com dois tratamentos (T<sub>1</sub>: com aplicação da estrobilurina; e T<sub>2</sub>: sem aplicação), com cinco repetições. A aplicação da estrobilurina aumentou a taxa fotossintética e a atividade da enzima nitrato redutase, sendo seus valores máximos observados no 7º e no tempo zero, dias após a aplicação (DAA), respectivamente. A condutância estomática e a transpiração aumentaram até o 3º DAA, onde observaram-se as maiores médias. A respiração foi parcialmente inibida até os 10 DAA, sendo o efeito máximo observado no 3º DAA. No entanto, a produção de etileno teve um decréscimo até o 18º DAA. A aplicação de estrobilurina piraclostrobina afeta as variáveis fisiológicas da cultura da soja, entretanto, o efeito residual varia em função da variável fisiológica estudada.

**Palavras-chave:** *Glycine max* L. Merrill, etileno, nitrato redutase, trocas gasosas.

## TEMPORAL ANALYSIS OF SOYBEAN PHYSIOLOGICAL VARIABLES AFTER STROBILURIN APPLICATION

**ABSTRACT:** Strobilurin-based fungicides are recognized for having the effect of promoting growth in some plants species, which result in more efficient in terms of water and nitrogen use, chlorophyll retention, delayed leaf senescence ("green effect"), increase in antioxidant activity and increased productivity. So, this work aimed to evaluate the time response of strobilurin pyraclostrobin application on the physiological variables of soybean plants. BRS-Conquista variety was cultivated in vases and greenhouse. In V<sub>8</sub>-V<sub>9</sub> soybean stage the net photosynthesis, respiration, transpiration and stomatal conductance were measured through gas exchanges portable equipment. Moreover the nitrate reductase enzyme activity and the ethylene emission were evaluated too. The complete randomized blocks design with two treatments (T<sub>1</sub>: strobilurin application; T<sub>2</sub>: without application) and five replications. Strobilurin application increase the photosynthesis and nitrate

reductase enzyme activity values, being the greatest value observed at 7<sup>th</sup> and zero days after the application (DAA), respectively. Stomatal conductance and respiration rate showed the best results until 3<sup>rd</sup> DAA, in which observed greatest value. Respiration was inhibited partially until 10<sup>th</sup> DAA, with the maximum effects in the 3<sup>rd</sup> DAA. However, ethylene production obtained a gradual decreasing until 18<sup>th</sup> DAA, where showed the lowest values. The strobilurin pyraclostrobin application have significant effect in soybean crop physiology, but the residual effect change according to physiologic variable studied.

**Key words:** *Glycine max* L. Merrill, ethylene, nitrate reductase, gas exchange.

## INTRODUÇÃO

A ferrugem asiática na cultura de soja tem causado prejuízos aos produtores (YORINORI et al., 2005) e estimulado pesquisas que visam o desenvolvimento de fungicidas eficientes. Entre os principais produtos de ação antifúngica destacam-se os produtos à base de estrobilurinas e triazol (SWOBIDA e PEDERSEN, 2009; FAGAN et al., 2010)

As estrobilurinas representam uma classe relativamente nova de compostos naturais produzidos por fungos da ordem Basidiomycetos, pertencente à espécie *Strobilurus tenacellus* (CLOUGH et al., 1995). Esses compostos possuem ação específica na mitocôndria, inibindo o transporte de elétrons entre os citocromos “b” e “c”, na cadeia transportadora (ANKE, 1995). Vale ressaltar que a partir da ligação do NADH acoplado ao transporte de prótons e da síntese de ATP, a respiração mitocondrial é capaz de oferecer energia suficiente para o desenvolvimento da doença pelo fungo (YAMAGUCHI e FUJIMURA, 2005), assim, a estrobilurina reduz a produção de energia e, conseqüentemente, o crescimento do fungo (LEINHOS, 1997).

A aplicação de estrobilurina tem proporcionado controle de doenças em plantas, além de alterações fisiológicas, as quais podem apresentar correlações positivas com a produtividade (GROSSMANN e RETZLAFF, 1997; FAGAN et al., 2010).

Apesar da constatação do efeito benéfico da estrobilurina na produtividade das culturas, pouco se sabe sobre o efeito da estrobilurina no metabolismo da planta.

Sauter et al. (1995) citam que as células eucarióticas, como é o caso das células vegetais, em presença de estrobilurina conseguem uma rápida desintoxicação no citoplasma, entretanto, o efeito na inibição da respiração mitocondrial acontece de modo semelhante ao dos organismos procariontes.

A maior parte das informações sobre o efeito fisiológico das estrobilurinas em plantas se refere à cultura do trigo (*Triticum aestivum* L). Nesta cultura foi observado aumento do potencial antioxidante, diminuição na produção de etileno, atraso na senescência, aumento da atividade da enzima nitrato redutase e da fotossíntese líquida, e diminuição da taxa respiratória (RETZLAFF, 1995; GROSSMAN e RETZLAFF, 1997; GLAAB e KAISER, 1999; GOODING et al., 2000; YUE-XUAN e TIEDEMANN, 2001).

No entanto, ainda não se tem dados específicos sobre o efeito desse fungicida na cultura de soja. Além disto, ainda há uma carência de informações a respeito do tempo de ação do produto no metabolismo da planta, especialmente nas medidas de trocas gasosas, na atividade da enzima nitrato redutase e na biossíntese de etileno. Esses dados podem informar o tempo de contribuição da estrobilurina no incremento da atividade fisiológica da planta, sobretudo em estádios onde a cultura da soja mais necessita de energia, como é o caso do período compreendido entre o florescimento e enchimento de grãos, onde apenas a fixação biológica não consegue manter a demanda por nitrogênio, entrando então em ação, o suprimento via a enzima nitrato redutase, isto pode ser evidenciado praticamente, pela aplicação de adubação nitrogenada via foliar

nesta fase do desenvolvimento.

Portanto, este trabalho objetivou avaliar a resposta temporal de variáveis fisiológicas de uma variedade de soja após a aplicação da estrobilurina piraclostrobina.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação (polietileno: 150  $\mu\text{m}$ ), na ESALQ/USP localizada em Piracicaba-SP (22° 41' 30" S; 47° 38' 30" W; 546 m de alt.), que apresenta um clima, segundo Köppen, do tipo Cwah (tropical de altitude e estiagem de inverno). A espécie *Glycine max* L. [Merrill], cultivar "BRS Conquista", foi cultivada em vasos de 5 L, preenchidos com LATOSSOLO VERMELHO distrófico argiloso (HEIFFIG, 2002), os quais foram dispostos em bancadas metálicas de maneira a obter um espaçamento de 0,45 m entre linhas e densidade de 18 sementes por metro linear. Ainda, foram registradas medidas de temperatura e umidade relativa do ar a partir de um par psicrométrico (termopar). As temperaturas mínima e máxima média, do período de análise (estádio  $V_8$ - $V_9$ ), foram iguais a 19,1°C e 31,5°C, respectivamente, os quais encontram-se dentro da faixa considerada ideal para o crescimento e desenvolvimento da cultura de soja (EMBRAPA, 2007).

Para a reposição de água e nutrientes foi utilizada a técnica de fertirrigação, isto foi possível após uma análise físico-hídrica e química do solo, mantendo-se o solo em torno de 80% da capacidade de campo.

Dois tratamentos foram testados: com aplicação de estrobilurina piraclostrobina e sem aplicação de estrobilurina ( $T_2$ ), com cinco repetições. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso. A aplicação da estrobilurina foi feita com um pulverizador costal com injeção de  $\text{CO}_2$ , com bico do tipo leque e pressão de 2 bar, utilizando uma dose de 0,5  $\text{L ha}^{-1}$  i.a. em um volume de calda de 200 L. Os estádios fenológicos em que foi aplicada a estrobilurina foram:  $V_8$ - $V_9$  e próximo ao florescimento ( $R_1$ ). Ainda, todas as avaliações foram realizadas no período da manhã, em

dias ensolarados, utilizando três plantas por tratamento, nas quais avaliaram-se três folhas do estrato superior, completamente expandidas e expostas a radiação solar.

Para as medidas de trocas gasosas (fotossíntese líquida, respiração, condutância estomática e transpiração) utilizou-se um medidor portátil denominado IRGA (*Infra Red Gas Analyzer*), modelo LI-6400. Estas foram feitas nos tempos: 0, 1, 3, 10 e 18 dias após a aplicação do tratamento; sendo que o tempo zero dia correspondeu a três horas após a aplicação. Além disto, foi mantido constante um nível de luz na câmara igual a 1.500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

A atividade da enzima nitrato redutase (ANR) foi constituída por amostras de folhas coletadas nos mesmos tempos das medidas de trocas gasosas. Para isto, utilizou-se a metodologia ajustada por Cataldo (1975), sendo o cálculo da atividade da enzima nitrato redutase obtido a partir da curva padrão de nitrito, ajustada de acordo com as concentrações de N na forma de  $\text{NO}_2^-$  para: 0,5; 10; 15; 20; 25  $\text{mg L}^{-1}$ . Assim,  $\text{ANR} = 5 \cdot \text{FV} \cdot 4 \cdot \text{CN} \cdot 0,5$ ; sendo ANR a atividade da enzima nitrato redutase ( $\mu\text{g N-NO}_2 \text{ g FV}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), FV a quantidade de fitomassa verde utilizada (200 mg), e CN é a concentração de nitrito ( $\text{mg L}^{-1}$ ), obtida pela equação ajustada da curva padrão, de acordo com a absorvância da amostra.

A concentração de etileno foi realizada nos tempos: 0, 7, 12 e 18 dias após a aplicação; sendo o tempo zero dia igual a três horas após a aplicação. Após a coleta das folhas, as amostras foram armazenadas em frascos de vidro, os quais tiveram suas aberturas vedadas com silicone. As amostras foram submetidas a uma temperatura de 45 °C, por 40 minutos, com o intuito de proporcionar um aumento na produção de etileno, para posterior análise quantitativa do deste gás em cromatógrafo (modelo TRACE GC Ultra). Após isto, as amostras de folhas foram retiradas dos frascos e levadas a estufa (75 °C) para a quantificação de fitomassa seca.

Os dados referentes às variáveis trocas gasosas, ANR e etileno foram

submetidos ao teste t-Student, ao nível de 5% de probabilidade, sendo as médias comparadas em cada um dos tempos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

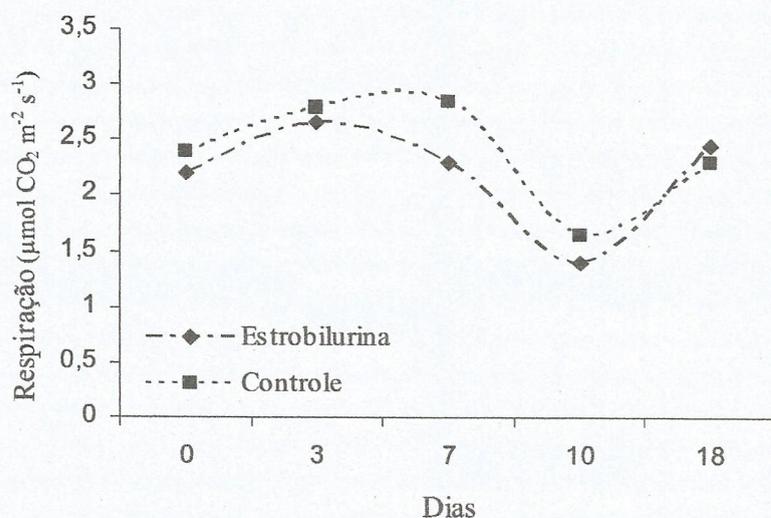
Não ocorreu incidência de doenças e pragas, portanto os efeitos observados nos tratamentos não tiveram influência destes fatores.

A aplicação da estrobilurina piraclostrobina causou inibição parcial da respiração celular até os 10 dias após a aplicação (Figura 1).

Logo após a aplicação (0 DAA) o decréscimo na taxa respiratória nas plantas que receberam a estrobilurina piraclostrobina em relação as sem aplicação foi de apenas 5%, essa diferença aumentou progressivamente de 8% aos 3 DAA até 20% aos 7 DAA, quando atingiu o maior valor (Figura 1). Aos 10 DAA o efeito da molécula decresceu, possivelmente pelo fato das

células iniciarem o processo de desintoxicação e também pela diminuição do efeito residual do produto. Neste período a diferença decresceu a 13%, diferença não mais observada a partir desse momento (Figura 1). O efeito prolongado da molécula está relacionado à liberação gradual da mesma, a qual interage com a cutícula das células, podendo também se acumular nos espaços intracelulares (WONG e WILCX, 2001).

Embora o uso da estrobilurina em plantas tenha por função o controle de fungos patogênicos e saprófitos, o mecanismo de ação do produto parece ser o mesmo em plantas e fungos. De acordo com Venâncio et al. (2004), devido ao complexo bc1, existente na cadeia transportadora de elétrons da mitocôndria persistir em todos os eucariontes, ao menos uma inibição parcial no transporte de elétrons deve ser esperada também em células de plantas após a absorção do fungicida.

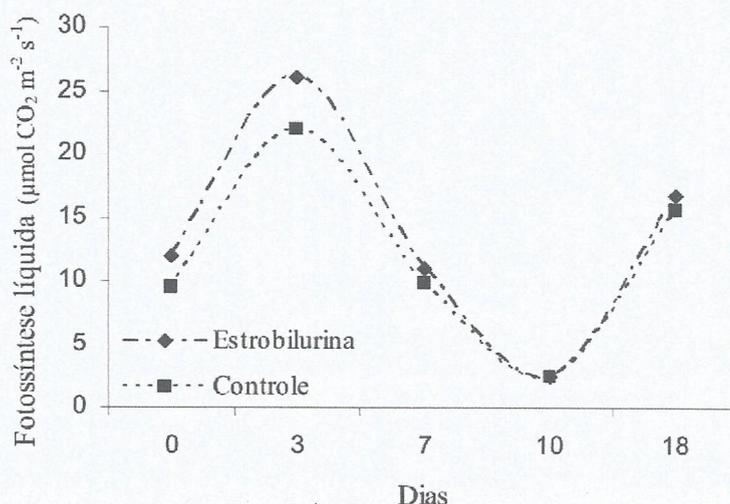


**Figura 1.** Variação relativa da respiração em soja, cultivar BRS Conquista, nos tratamentos: testemunha e com aplicação de estrobilurina piraclostrobina.

Os dados encontrados nesse trabalho confirmam essa hipótese demonstrando que existe uma inibição parcial na respiração das folhas de soja quando aplicado estrobilurina.

Analisando o tempo de ação da estrobilurina piraclostrobina na atividade

fotossintética da cultura de soja notou-se aumento apenas nos primeiros 7 dias após a aplicação (DAA). O maior incremento na fotossíntese ocorreu aos 3 DAA, com valor de 14% do tratamento que recebeu estrobilurina em relação ao controle (Figura 2).

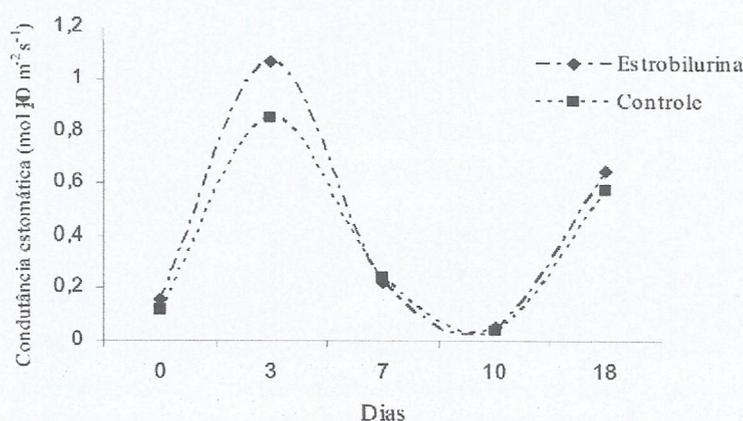


**Figura 2.** Variação relativa da fotossíntese líquida em soja, cultivar BRS Conquista, nos tratamentos: testemunha e com aplicação de estrobilurina piraclostrobina.

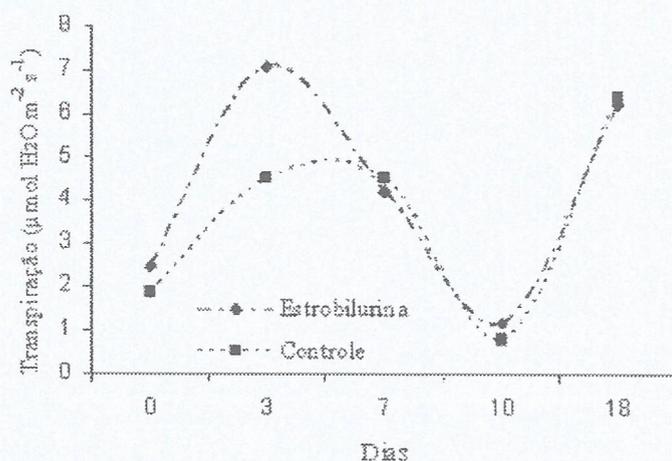
O incremento na taxa fotossintética está relacionada com a inibição parcial na respiração celular ocasionada pela estrobilurina. Como esse processo causa decréscimo no ponto de compensação de CO<sub>2</sub>, esse fenômeno eventualmente conduz a maior eficiência fotossintética nas plantas (RETZLAFF, 1995). A assimilação extra de carbono proporcionado pela aplicação de estrobilurina nos 7 primeiros dias após a aplicação é importante principalmente quando a aplicação é realizada em R<sub>1</sub> e R<sub>5,1</sub>, pois esse carbono se traduz em energia extra para

enchimento de grãos. Entretanto, esse efeito possivelmente seja refletido por maior tempo do que o observado neste trabalho devido a sua ação em outras rotas metabólicas como síntese de hormônios e atividades de enzimas responsáveis pela assimilação de nitrogênio (GROSSMANN et al., 1999; GROSSMANN e RETZLAFF, 1997).

Em relação à condutância estomática e à transpiração, a aplicação da estrobilurina piraclostrobina proporcionou incremento até os 3 DAA, período de máximo efeito da molécula para essas variáveis (Figuras 3 e 4).



**Figura 3.** Variação relativa da condutância estomática em soja, cultivar BRS Conquista, nos tratamentos: testemunha e com aplicação de estrobilurina piraclostrobina. O asterisco indica diferença estatística significativa, pelo teste t-Student, à 5%.

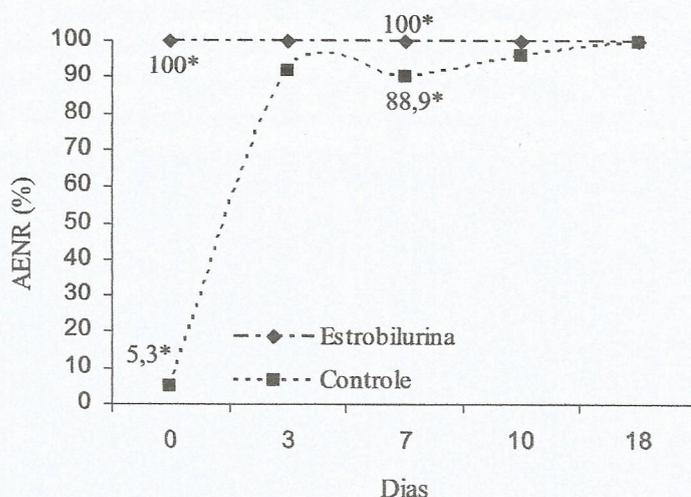


**Figura 4.** Variação relativa da transpiração em soja, cultivar BRS Conquista, nos tratamentos: testemunha e com aplicação de estrobilurina piraclostrobina. O asterisco indica diferença estatística significativa, pelo teste t-Student, à 5%.

O tratamento com aplicação de estrobilurina apresentou um valor médio para condutância estomática de  $1,08 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para o tratamento com estrobilurina versus  $0,85 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  na testemunha (Figura 3), e para transpiração os valores foram de  $1 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{O}$  contra  $4,5 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{O}$  da testemunha (Figura 4).

Analisando conjuntamente a

respiração e atividade nitrato redutase nota-se um desempenho semelhante ao longo do tempo (Figuras 1 e 5, respectivamente). Possivelmente, a relação entre as duas variáveis está no fato de que a inibição da respiração proporciona a acidificação no pH citosólico, e assim aumenta a atividade da enzima nitrato redutase (GLABB e KAISER, 1999).



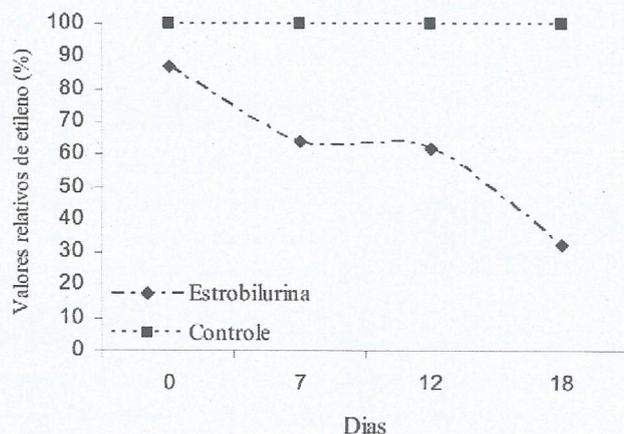
**Figura 5.** Variação relativa da atividade da enzima nitrato redutase em soja, cultivar BRS Conquista, nos tratamentos: testemunha e com aplicação de estrobilurina piraclostrobina. O asterisco indica diferença estatística significativa entre AENR, para os diferentes dias de avaliações, pelo teste t-Student, à 5%.

Em relação ao tempo de efeito do produto, observou-se que o maior incremento da atividade da enzima nitrato redutase ocorreu às três horas após a aplicação (95% maior que a testemunha), diferença que

decreceu a aproximadamente 4% aos 10 DAA (Figura 5). Os dados encontrados nesse trabalho corroboram com os observados por Köehle et al. (2002) em plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.). Os autores

pulverizaram as plantas com piraclostrobina, em doses normalmente usadas para o controle de fungos a campo (0,5 L ha<sup>-1</sup> de ingrediente ativo) e observaram que uma redução de nitrato *in vivo*, cerca de 100% durante o período noturno. Esse incremento na redução do nitrato persistiu por três noites após uma única aplicação de piraclostrobina.

O decréscimo na síntese de etileno foi progressivo, a 0 DAA (3 horas após a aplicação) foi de 12%, posteriormente os valores mantiveram-se em torno de 36% (7 e 12 DAA) atingindo o maior decréscimo aos 18 dias, com valor de 68%, período de máximo efeito do produto para essa variável (Figura 6).



**Figura 6.** Valores relativos de etileno em soja, cultivar BRS Conquista, nos tratamentos: testemunha e com aplicação de estrobilurina piraclostrobina.

No metabolismo das plantas quando uma determinada reação é afetada (como foi o caso da respiração e posteriormente da atividade nitrato redutase) existe uma repercussão imediata em reações que de certa forma dependem desta. No caso do etileno, a inibição da sua síntese tem relação com a atividade da enzima nitrato redutase. A enzima nitrato redutase possui uma rota alternativa a qual utiliza NADH e nitrito como substratos e produz óxido nítrico, este por sua vez inibe a atividade da ACC sintase e ACC oxidase, enzimas utilizadas na síntese de etileno (YAMASAKI, 1999).

A importância do decréscimo na síntese do etileno foi reportada por Abeles et al. (1992) com fator relacionado a produtividade da cultura de trigo. Para os autores o estresse por etileno aumenta a senescência foliar, conseqüentemente acelera a maturação dos grãos, diminuindo a produção de assimilados e enchimento dos mesmos. Na cultura de soja o efeito de fatores ambientais estressantes podem estimular a síntese de radicais livres e estes a atividade da ACC sintase aumentando a síntese de etileno

e assim acelerando a senescência da planta. A estrobilurina piraclostrobina age como atenuador de estresse devido a sua ação na síntese de óxido nítrico que possui efeito direto nas enzimas relacionadas a síntese de etileno. Além disso, essa molécula atua como estimulador de enzimas antioxidantes como as peroxidases (KÖEHLE et al., 2002).

## CONCLUSÕES

A aplicação da estrobilurina piraclostrobina aumenta a taxa fotossintética e atividade da enzima nitrato redutase até o 7º dia após a aplicação (DAA), com valores máximos registrados no 7º DAA para a fotossíntese e no dia da aplicação para a atividade da enzima nitrato redutase. Enquanto que para condutância estomática e a transpiração esse efeito ocorre até três dias após a aplicação, período de máximo efeito.

O decréscimo na taxa respiratória é mantida até o 7º DAA, entretanto a síntese de etileno é inibida progressivamente até o 18º DAA.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT, M. E. *Ethylene in plant biology*. San Diego: Academic Press, 1992. 234 p.

ANKE, T. The antifungal strobilurins and their possible ecological role. *Canadian Journal Botany*, Ottawa, v. 73, n. S1, p.940-945, 1995.

CATALDO, D. A.; HAROON, M.; SCHRADEV, L. E.; YOUNGS, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 6, n. 1, p.71-80, 1975.

CLOUGH, J. M.; ANTHONY, V. M.; FRAINE, P. J.; FRASER, T. E. M.; GODFREY, C. R. A.; GODWIN, J. R.; YOULE, D. The synthesis of fungicidal b-methoxyacrylates. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PESTICIDE CHEMISTRY, 8., 1995, Washington. *Proceedings...* Washington: ACS, 1995. p. 58-73.

EMBRAPA SOJA. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil 2006/07**. Londrina: EMBRAPA/CNPQ, 2007. 226 p. (EMBRAPA-Soja. Documentos, 132; Embrapa Agropecuária Oeste, 5).

FAGAN, E. B.; DOURADO NETO, D.; VIVIAN, R.; FRANCO, R. B.; YEDA, M. P.; MASSIGNAM, L. F.; OLIVEIRA, R. F.; MARTINS, K. V. Efeito da aplicação de piraclostrobina na taxa fotossintética, respiração, atividade da enzima nitrato redutase e produtividade de grãos de soja. *Bragantia*, Campinas, v. 69, n. 4, p.771-777, 2010.

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.

GOODING, M. J.; DIMMOCK, J. P. R. E.; FRANCES, J.; JONES, S. A. Green leaf area

decline of wheat flag leaves; the influence of fungicides and relationships with mean grain weight and grain yield. *Annals of Applied Biology*, Warwick, v. 136, n. 1, p.77-87, 2000.

GROSSMANN, K.; KWIATKOWSKI, J.; CASPAR, G. Regulation of phytohormone levels, leaf senescence and transpiration by the strobilurin Kresoxim-methyl in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Plant Physiology*, Stuttgart, v. 154, n. 5-6, p.805-808, 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.

HEIFFIG, L. C. **Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max*, L. Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. 85 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

KÖEHLE, H.; GROSSMANN, K.; JABS, T.; GERHARD, M.; KAISER, W.; GLAAB, J.; CONRATH, U.; SEEHAUS, K.; HERMS, S. Physiological effects of the strobilurin fungicide F 500 on plants. In: DEHNE, H. W.; GISI, U.; KUCK, K. H.; RUSSELL, P.E.; LYR, H. (Ed.). *Modern fungicides and antifungal compounds III*. Bonn: AgroConcept, 2002. cap.4, p.61-74,

LEINHOS, M. E. RANDALL, E. G.; DÜGGELIN, M.; GUGGENHEIM, R.. Development and morphology of *Ucinula necator* following treatment with the fungicides kresoxim-methyl and penconazole. *Mycological Research*, Cambridge, v. 101, n. 9, p.1033-1046, 1997.

RETZLAFF, G. Untersuchungen zur strobilurinwirkung in gramineen. *Phytomedizin*, Hamburgo, v. 25, n. 1, p.45-46, 1995.

SAUTER, H.; AMMERMAN, E.; BENOIT, R.;

- BRAND, S.; GOLD, R. E.; GRAMMENOS, W.; KOHL, H.; LORENZ, G.; MULLER, B.; ROHL, F.; SCHIRMER, U.; ESPEAKMAN, J. B.; WENDEROTH, B.; WINGERT, H. Mitochondrial respiration as a target for antifungal: lessons learned from research on strobilurins. In: DIXON, G. K.; COPING, L. G.; HOLLOMAN, D. W. (Ed). **Antifungal agents-discovery and mode of action**. Oxford: Bios, 1995. cap.2, p. 173-191.
- SWOBODA, C.; PEDERSEN, P. Effect of fungicide on soybean growth and yield. **Agronomy Journal, Madison**, v. 101, n. 2, p.352-356, 2009.
- VENÂNCIO, W. S.; RODRIGUES, M. A. T.; BEGLIOMINI, E.; SOUZA, N. L. Physiological effects of strobilurin fungicides on plants. **Publication UEPG**, Ponta Grossa, v. 9, n. 3, p.59-68, 2004.
- WONG, P. F.; WILCX, W. W. Comparative physical modes of action of azoxystrobin, mancozeb and metalaxyl against *Plasmopara viticola* (Grapevine Downy Mildew). **Plant Disease, Saint Paul**, v. 85, n. 6, p.649-655, 2001.
- YAMAGUCHI, I.; FUJIMURA, M. Recent topics on action mechanisms of fungicides. **Journal of Pesticide Science, Tokyo**, v. 30, n. 2, p.67-74, 2005.
- YAMASAKI, H.; SAKIHAMA, Y.; TAKAHASHI, S. An alternative pathway for nitric oxide production in plants: new features of an old enzyme. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 4, n. 4, p.128-129, 1999.
- YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M.; FREDERICK, R. D.; COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; HARTMAN, G. L.; GODOY, C. V.; NUNES JUNIOR, J. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. **Plant Disease, Saint Paul**, v. 89, n. 6, p.675-677, 2005.
- YUE-XUAN, W.; TIEDEMANN, A. V. Physiological effects of azoxystrobin and epoxiconazole on senescence and the oxidative status of wheat. **Pesticide Biochemistry and Physiology, San Diego**, v.71, n. 1, p.1-10, 2001.

