



Bragantia

ISSN: 0006-8705

editor@iac.sp.gov.br

Instituto Agronômico de Campinas

Brasil

Fagan, Evandro Binotto; Dourado Neto, Durval; Vivian, Rafael; Franco, Roberta Brancher; Yeda, Matheus Pizzinato; Massignam, Luis Fernando; Oliveira, Ricardo Ferraz de; Martins, Karla Vilça
Efeito da aplicação de piraclostrobina na taxa fotossintética, respiração, atividade da enzima nitrato
redutase e produtividade de grãos de soja

Bragantia, vol. 69, núm. 4, diciembre, 2010, pp. 771-777

Instituto Agronômico de Campinas

Campinas, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90818712001>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

ÁREAS BÁSICAS

EFEITO DA APLICAÇÃO DE PIRACLOSTROBINA NA TAXA FOTOSSINTÉTICA, RESPIRAÇÃO, ATIVIDADE DA ENZIMA NITRATO REDUTASE E PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE SOJA ⁽¹⁾

EVANDRO BINOTTO FAGAN ⁽²⁾; DURVAL DOURADO NETO ⁽²⁾; RAFAEL VIVIAN ⁽²⁾;
ROBERTA BRANCHER FRANCO ⁽³⁾; MATHEUS PIZZINATO YEDA ⁽³⁾;
LUIS FERNANDO MASSIGNAM ⁽³⁾; RICARDO FERRAZ DE OLIVEIRA ⁽²⁾;
KARLA VILAÇA MARTINS ⁽⁴⁾

RESUMO

Com objetivo de avaliar o efeito da aplicação da piraclostrobina em variáveis fisiológicas e fenométricas da cultura de soja, realizou-se um experimento de campo entre novembro de 2005 e maio de 2006. Foram realizadas avaliações de taxa fotossintética e respiração. Também foi avaliada a atividade da enzima nitrato redutase, massa de mil grãos e produtividade. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com três tratamentos (T₁ - sem aplicação de fungicida, T₂ - duas aplicações da piraclostrobina e T₃ - duas aplicações de tebuconazol - triazol) com quatro repetições. A aplicação da piraclostrobina ocasionou incremento na taxa fotossintética. A atividade da enzima nitrato redutase foliar somente foi incrementada pela aplicação de estrobilurina nos 15 dias após a primeira aplicação. As plantas tratadas com estrobilurina tiveram o acréscimo de 7% e 8% na massa de mil grãos e de 1080 e 468 kg ha⁻¹ na produtividade quando comparado à testemunha sem aplicação e ao tratamento com triazol (tebuconazol) respectivamente. Os resultados indicam que a piraclostrobina (estrobilurina) afeta a taxa de assimilação de carbono e de nitrogênio na cultura de soja, o que é refletido na produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Glycine max*, taxa de assimilação líquida, incremento de fitomassa.

ABSTRACT

EFFECT OF PYRACLOSTROBIN APPLICATION ON THE PHOTOSYNTHESIS RATE, RESPIRATION, NITRATE REDUCTASE ACTIVITY AND PRODUCTIVITY OF SOYBEAN CROP

With the aim to evaluate the effect of the pyraclostrobin application on physiological and phenometric variables in soybean crop, a field experiment was carried from November 2005 to May 2006. Evaluations of photosynthesis and respiration were taken, as well as nitrate reductase activity, 1000 seeds mass and soybean productivity. The statistical design was complete randomized blocks with three treatments (T₁: no fungicide application; T₂: two applications of pyraclostrobin and T₃: two applications of tebuconazole - triazol) and four replications. The pyraclostrobin application raised the photosynthesis rate. The leaf nitrate reductase activity just raised after 15 days from first application of pyraclostrobin. Plants treated with strobilurin (T2) showed increase of 7 and 8% in 1000 seeds mass and 1080 and 468 kg ha⁻¹ in the soybean productivity when compared to T₁ and T₃, respectively. The results indicate that pyraclostrobin (strobilurin) application affects carbon and nitrogen assimilation in soybean crop that is reflected on the grain yield.

Key words: *Glycine max*, carbon net assimilation rate, dry mass increment.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 24 de abril de 2008 e aceito em 30 de março de 2010.

⁽²⁾ Departamento de Produção Vegetal, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Caixa Postal 9, 13418-900 Piracicaba (SP). E-mail: evbinotto@yahoo.com.br (*) Autor correspondente: dourado@esalq.usp.br; rfolivei@esalq.usp.br; agrovivian@yahoo.com.br.

⁽³⁾ Graduandos de Engenharia Agrônômica, ESALQ/USP, Piracicaba (SP).

⁽⁴⁾ Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas (MG). E-mail: karlaagro@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

Na cultura de soja (*Glycine max* L. Merrill), a interferência de fatores bióticos e abióticos na assimilação de carbono e de nitrogênio na fase reprodutiva são os principais determinantes da produtividade de grãos. Essa é a fase em que a cultura está com elevada atividade fisiológica, alcançando a máxima taxa de assimilação de carbono e nitrogênio (NELSON-SREIBER e SCHWEITZER, 1985). Técnicas de manejo que possibilitem a maximização dessas variáveis fisiológicas são de grande interesse por pesquisadores da área.

Por ocasião do aparecimento da ferrugem asiática a utilização de fungicidas do grupo das estrobilurinas, vem se tornando alternativa para incrementar a atividade fisiológica de plantas neste estágio fenológico (CLOUGH et al., 1995). Pelo fato de tal produto ser aplicado na fase reprodutiva, seu efeito benéfico em variáveis fisiológicas tem sido correlacionado com a produtividade e qualidade de grãos (GROSSMANN e RETZLAFF, 1997).

Foi constatado que o uso de fungicidas à base de estrobilurina na cultura do trigo ocasiona aumentos na atividade da enzima nitrato redutase (KAISER e BRENDLE-BEHNISCH, 1995) e diminuição na síntese de etileno (GROSSMANN e RETZLAFF, 1997). BRYSON et al. (2000) ainda ressaltam que estrobilurina incrementa a taxa fotossintética e diminui a respiração celular. Seu efeito é também correlacionado à maior tolerância da planta a estresses abióticos devido à sua ação no metabolismo do ácido abscísico e de enzimas antioxidantes (GROSSMANN et al., 1999).

Além dos efeitos fisiológicos citados, DIMMOCK e GOODING (2002) ressaltam que a estrobilurina incrementa o período de atividade fotossintética nas folhas de trigo, crescendo a qualidade e o teor de nitrogênio dos grãos. O aumento da qualidade de grãos pode ser benéfico para o processo de germinação de sementes.

Fungicidas à base de estrobilurina afetam as variáveis fenométricas, fisiológicas e bioquímicas das culturas. Essa hipótese fundamenta-se em trabalhos realizados com trigo em que a aplicação de estrobilurina ocasionou incremento da retenção foliar da planta e aumento na produtividade de grãos (BRYSON et al., 2000) e com feijão em que houve acréscimo de produtividade de até 97% (RAVA, 2002), entretanto, pouco se sabe sobre o efeito da estrobilurina na cultura da soja, no que diz respeito à sua interação na taxa de assimilação de carbono e nitrogênio e consequentemente na produtividade e qualidade de grãos.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de um fungicida à base da piraclostrobina (estrobilurina) na taxa fotossintética, respiração, atividade da enzima nitrato redutase, massa de mil grãos e produtividade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em Piracicaba, SP (22° 41' 30" de latitude Sul, 47° 38' 30" de longitude Oeste e 546 m de altitude) sob sistema de pivô central. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico argiloso (HEIFFIG, 2002). O clima do local, segundo a classificação de W. Köppen pertence ao tipo Cwa – tropical de altitude com estiagem de inverno. Nesta região, a precipitação pluvial média anual é de 1257 mm (SENTELHAS e PEREIRA, 2000), com temperatura média de 21,4 °C.

As condições meteorológicas ocorridas foram favoráveis ao crescimento e desenvolvimento da cultura. Em relação à temperatura do ar, os valores mínimos foram em média 20 °C, situando-se acima do valor crítico para a cultura da soja (10 °C, segundo BROWN, 1960), exceto dos 110 aos 130 dias para a segunda época de cultivo, enquanto os valores máximos foram em média de 32 °C, mantendo-se abaixo do valor máximo limitante para a cultura (acima de 35 °C, segundo CAMARGO et al., 1971).

A radiação solar global incidente não foi limitante, pois se manteve acima do limite trófico da cultura (8,4 MJ m⁻² dia⁻¹), com valores médios de 17 MJ m⁻² dia⁻¹.

Os valores de precipitação pluvial variaram entre as duas épocas de cultivo. A precipitação acumulada na primeira época de cultivo foi de 740,9 mm (344,2 mm no estágio vegetativo e 396,7 mm no estágio reprodutivo) e na segunda época de cultivo, o valor acumulado foi de 447 mm (300,5 mm no estágio vegetativo e 146,5 mm no estágio reprodutivo). Os valores acumulados de precipitação pluvial mantiveram-se dentro da faixa de 450 a 800 mm, considerada ideal por CARTTER e HARTWING (1962), embora estes valores sejam variáveis de acordo com as condições climáticas de cada região.

A espécie utilizada foi a *Glycine max* L. Merrill, variedade cultivada M-SOY 8008 RR. A semeadura foi realizada em 16 de novembro de 2005, no espaçamento de 0,45 m entre linhas com densidade de 28 sementes por metro linear. Posteriormente, aos 20 dias após a emergência realizou-se o desbaste para obtenção da população final de 300.000 plantas ha⁻¹.

Antes da semeadura, realizou-se a análise de solo, em que foi baseada a adubação da cultura. De acordo com a análise, foi necessário realizar apenas a adubação de manutenção. Na adubação de base, foram aplicados 250 kg da formulação NPK, 00-20-20, totalizando a dose de 60 kg ha⁻¹ de K₂O e 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Foi realizada a adubação foliar com Cobalto e Molibdênio na dose de 200 mL ha⁻¹ no estágio V₅, segundo a escala fenológica proposta por FEHR e CAVINESS (1977).

As sementes foram tratadas com 150 g de *Bradirizobium japonicum* e *Bradirizobium elkanii* + turfa

a cada 50 kg de sementes. Posteriormente, efetuou-se a aplicação de carbendazim na dose de 200 mL para cada 100 kg de semente.

Para o controle de plantas daninhas nos estágios iniciais de desenvolvimento da cultura utilizaram-se os herbicidas pré-emergentes, flumetsulan ($1,0 \text{ L ha}^{-1}$) + pendimethalin ($1,5 \text{ L ha}^{-1}$), logo após a semeadura. Durante o desenvolvimento da cultura o controle de plantas daninhas foi realizado através de capina manual entre os estádios V_3 e R_1 .

O experimento foi composto por 12 parcelas, cada uma com 7 m de comprimento por 2,25 m de largura (5 linhas) e área de $15,75 \text{ m}^2$. A área total do experimento foi de 189 m^2 . O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso constituído por três tratamentos e quatro repetições. As pulverizações com fungicidas foram realizadas utilizando-se pulverizador costal com injeção de CO_2 . A barra utilizada continha 2,25m de comprimento, com quatro bicos do tipo leque, a pressão constante de 2 bar.

Os tratamentos constaram de T_1 - testemunha absoluta; T_2 - tratamento para verificar o efeito fisiológico de duas aplicações da estrobilurina piraclostrobina (Estádio R_1 e $R_{5,1}$) na dose de $0,5 \text{ L ha}^{-1}$ de i.a para uma calda de 200 L ha^{-1} ; T_3 - Testemunha relativa-tratamento para verificar o efeito (duas aplicações da triazol tebuconazol a primeira no estágio R_1 e a segunda em $R_{5,1}$) na depleção da doença e na produtividade ($0,5 \text{ L ha}^{-1}$ de i.a para uma calda de 200 L ha^{-1}).

A primeira aplicação dos fungicidas foi realizada no estágio R_1 (56 dias após a semeadura) e a segunda, no estágio $R_{5,1}$ (77 dias após a semeadura).

As determinações de trocas gasosas foram realizadas por meio de um sistema aberto portátil de trocas gasosas, IRGA (*Infra Red Gas Analyzer*), modelo LI-6400 (Li-cor®), sempre nas folhas do estrato superior, completamente expandidas e totalmente expostas à radiação solar.

Durante as medições, a folha selecionada em cada planta foi colocada dentro da câmara selada do equipamento, não suprida por ar externo sob $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ da densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF). Para as medidas de respiração, a DFFF do equipamento foi desligada ($0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). O tempo de equilíbrio entre as medidas de fotossíntese e a respiração foliar foi de 5 minutos e o valor máximo de déficit de pressão de vapor em que foram realizadas as medidas foi de 1,8 kPa e temperatura do ar média de 30°C . As determinações de fotossíntese e respiração foram realizadas aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a primeira aplicação, entre 9 e 11 horas da manhã, em dias ensolarados, em duas plantas por parcela.

No momento da coleta das plantas, foi realizada a separação de suas folhas, caule, vagens e raízes. Posteriormente, estes órgãos foram colocados em sacos de papel individualizados, identificados e levados à estufa de secagem de ventilação forçada de ar a 65°C , até massa constante para a determinação da fitomassa seca. O somatório de todos os órgãos resultou na fitomassa seca total das plantas. As pesagens de fitomassa foram realizadas em balança digital com precisão de 0,001 g. De acordo com dados ajustados na análise de crescimento, calculou-se o crescimento relativo de vagens (*Frvagens*) através da relação entre fitomassa total e fitomassa de vagens.

Durante a coleta das plantas, foi determinada a área foliar (AF, $\text{m}^2 \text{ planta}^{-1}$) por intermédio de um integrador de área (modelo Li-3100C, Li-cor®). O índice de área foliar (IAF, $\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$) foi calculado pela relação entre a área foliar e a área de domínio da planta em relação ao solo ($\text{AS} - 0,0346 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$).

$$\text{IAF} = \frac{\text{AF}}{\text{AS}}$$

A massa de mil grãos foi realizada no laboratório de sementes, de acordo com as regras de análises de sementes, sendo selecionados aleatoriamente mil grãos e pesados em balança digital de 0,001 g (BRASIL, 1992).

A colheita foi realizada em 28 de maio de 2006, quando as plantas estavam no estágio R_9 . A produtividade de grãos foi realizada através da colheita de três fileiras centrais, eliminando-se 0,5m das bordas iniciais e finais de cada parcela.

Os valores obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, quando significativo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira aplicação da estrobilurina piraclostrobina ocasionou aumento significativo na fotossíntese líquida relativa (Figura 1a) até a última data de avaliação (17 DAA), porém na segunda aplicação, somente não ocorreu aumento da fotossíntese aos 13 DAA.

O efeito da estrobilurina piraclostrobina pode ser considerado como imediato, pois em torno de 3 horas após a primeira aplicação, a taxa fotossintética das plantas tratadas com a estrobilurina piraclostrobina cresceu 3% e 10% em relação ao T_1 e T_3 respectivamente (Figura 1a). Essa diferença foi mais acentuada aos 7 DAA, com incremento de 17% a 56% em comparação ao T_3 e T_1 respectivamente (Figura 1a). Os resultados deste trabalho corroboram com os estudos realizados por BECK et al. (2002), que observaram elevada atividade

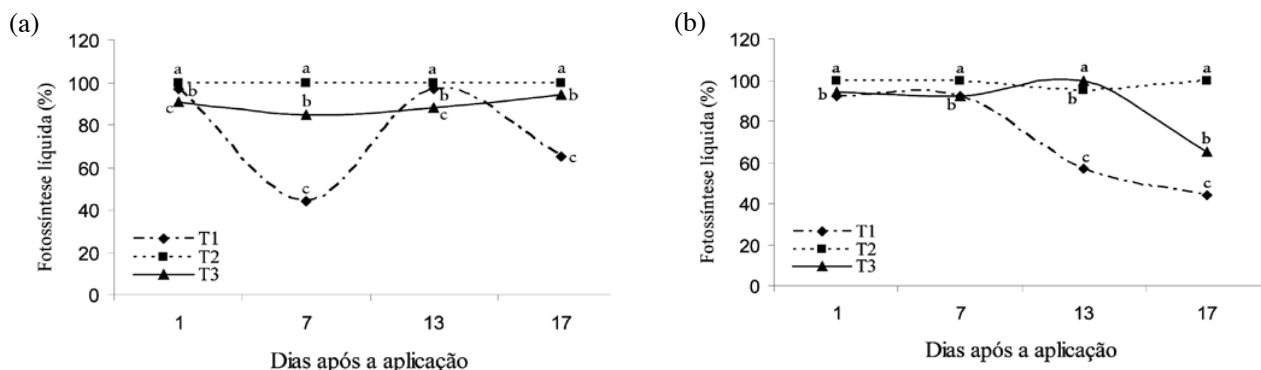


Figura 1. Variação relativa da fotossíntese líquida em soja, cultivar M-SOY 8008 RR, nos tratamentos: testemunha (T₁); com aplicação da estrobilurina piraclostrobina (T₂); e com aplicação de tebuconazol (triazol) (T₃). As avaliações foram realizadas após a primeira (a) e segunda aplicação (b). A primeira e a segunda aplicação foram realizadas em R₁ e R_{5,1}, respectivamente, na dose de 0,5 L ha⁻¹ de i.a para uma calda de 200 L ha⁻¹. Valor máximo de fotossíntese para 100% foi de 34,3 μmol m⁻² s⁻¹. Piracicaba (SP), 2006. Médias seguidas de letras iguais no mesmo dia não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

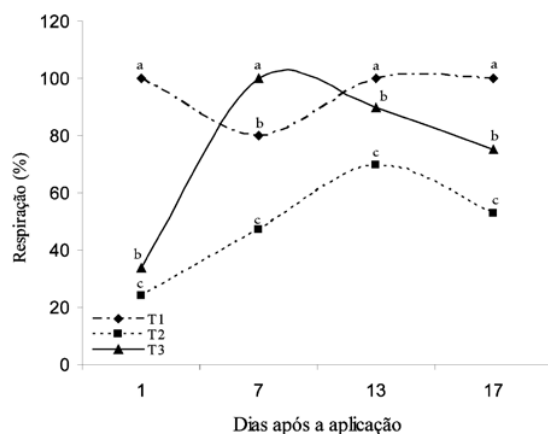


Figura 2. Variação relativa da respiração em soja, cultivar M-SOY 8008 RR, nos tratamentos: testemunha (T₁); com aplicação da estrobilurina piraclostrobina (T₂); e com aplicação de tebuconazol (triazol) (T₃). As avaliações foram realizadas após a primeira (a) e segunda aplicação (b). A primeira e a segunda aplicação foram realizadas em R₁ e R_{5,1}, respectivamente, na dose de 0,5 L ha⁻¹ de i.a para uma calda de 200 L ha⁻¹. Valor máximo de respiração para 100% foi de 7,5 μmol m⁻² s⁻¹. Piracicaba (SP), 2006. Médias seguidas de letras iguais no mesmo dia não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

fotossintética em cultivares de trigo tratadas com estrobilurina sobre condições de campo.

Na segunda aplicação, a taxa fotossintética de plantas tratadas com a estrobilurina piraclostrobina não apresentou efeito significativo ($P > 0,05$) apenas na análise realizada aos 13 DAA (Figura 1b). O aumento da taxa fotossintética das plantas nas plantas tratadas com a estrobilurina piraclostrobina foi constatado na literatura por GROSSMANN e RETZLAFF (1997). Esses autores

citam que o aumento na fotossíntese líquida está ligado às alterações no ponto de compensação de CO₂, o que favorece a absorção de CO₂ em oposto à sua liberação pela respiração. Esse efeito pode ser explicado pela inibição transitória da respiração da planta quando tratada com fungicidas a base da estrobilurina piraclostrobina.

Observou-se um decréscimo da respiração no tratamento que recebeu a estrobilurina piraclostrobina (Figura 2). O maior decréscimo foi no primeiro dia após a aplicação de T₂ (1 DAA), com redução em torno de 76% em relação ao T₁ e 10% em relação ao T₃. Nas análises posteriores, essa diferença foi menos acentuada, apesar de ter sido mantida até os 17 DAA (Figura 2). Possivelmente, segundo KÖEHLE et al. (2002) além de agir diretamente na cadeia transportadora de elétrons, a estrobilurina piraclostrobina atua como moderador de estresses bióticos e abióticos por participar no metabolismo do ácido nítrico e de hormônios de estresse como é o caso do ácido abscísico. Assim, o decréscimo na respiração nas plantas com estrobilurina pode ser um fator importante, pois diminui o desperdício de energia da planta para o metabolismo de manutenção, o qual é aumentado em condições de estresse.

Segundo AZCON-BIETO e OSMOND (1983), a respiração de plantas envolve, principalmente, a oxidação de açúcares para formação de metabólitos secundários e energia na forma de ATP. De acordo com os autores, sob ação de fatores adversos especialmente a temperatura, a respiração de crescimento é menos sensível do que a de manutenção. Desse modo, a ação da estrobilurina piraclostrobina possivelmente seja mais intensa sobre a respiração de manutenção e com menor atuação sobre o crescimento. Essa ação possivelmente influencie de forma direta na produção de fitomassa, pelo fato de aumentar a taxa de fotossíntese líquida da planta.

Contudo, o incremento de fitomassa seca em plantas não requer apenas o incremento de carbono pelo aumento da fotossíntese, como foi observado na figura 1, mas também pela disponibilidade de nitrogênio. A limitação de nitrogênio em plantas C_3 é acompanhada pela diminuição da taxa fotossintética por unidade de área em folhas maduras, principalmente devido à redução considerável da partição de nitrogênio para a síntese de enzimas relacionadas com a fotossíntese, como é o caso da rubisco (EVANS, 1989).

Na cultura de soja, a fase crítica para produção de grãos é situada entre os estádios R_1 e R_6 . Nesse período, a planta de soja revela a máxima atividade fotossintética (HARDMANN e BRUN, 1971; HARDY e HAVELKA, 1971); assim, o aumento da fotossíntese nesses estádios pode resultar em aumentos de produtividade, mesmo porque os carboidratos produzidos na parte aérea pela fotossíntese também disponibilizam energia para os processos de absorção de nutrientes pelas plantas, especialmente o nitrogênio. Neste contexto, TOURAINE et al. (1992) trabalhando em soja com adição de malato, constataram que no momento em que este foi adicionado praticamente dobrou a taxa de absorção de NO_3^- , demonstrando desta forma a relação entre a disponibilidade energética e a absorção de nitrogênio.

A atividade da enzima nitrato redutase (ANR) foi superior nas plantas em que foi aplicado a estrobilurina piraclostrobina (Figura 3). Exceto ao 0 DAA, em todas as análises houve incremento da atividade da enzima nitrato redutase (Figura 3). Os maiores acréscimos proporcionados pela aplicação da estrobilurina piraclostrobina foi observado ao 1 DAA, com superioridade de 87 e 68% e aos 3 DAA

com incrementos de 72 e 75% em relação ao T_1 e T_3 , respectivamente (Figura 3).

Entretanto, após a segunda aplicação, a utilização da estrobilurina piraclostrobina não ocasionou efeito na ANR. Esse processo poderia ser explicado, pelo fato que a assimilação de NO_3^- via enzima nitrato redutase atinge o máximo durante o florescimento e decresce quando ocorre o início do desenvolvimento dos grãos (SCHWEITZER e HARPER, 1985).

A assimilação de nitrogênio (N) na cultura de soja é realizada por meio da fixação biológica e da atividade da enzima nitrato redutase. A última pode perfazer até 70% do N necessário para a planta, dependendo das características de fertilidade do solo (FERGUNSON et al., 2007). Portanto, o aumento na capacidade da planta em assimilar N no período de florescimento pode proporcionar acréscimo no teor de proteína foliar (THIBODEAU e JAWORSKI, 1975). Assim, o acúmulo de proteína neste estágio pode se tornar uma fonte importante de N durante a fase de enchimento de grãos (SCHWEITZER e HARPER, 1985), quando a absorção de N pela planta decresce significativamente.

Na soja, a maior demanda de nitrogênio é compreendida do início do florescimento até o período final de enchimento de grãos. Desse modo, incrementos no metabolismo do nitrogênio, devido ao aumento da atividade da enzima nitrato redutase, aliado ao aumento da fotossíntese líquida, auxiliam na potencialização da produtividade de grãos de plantas de soja tratadas com estrobilurinas.

O aumento da taxa fotossintética e da atividade da enzima nitrato redutase nas folhas foi a provável causa do

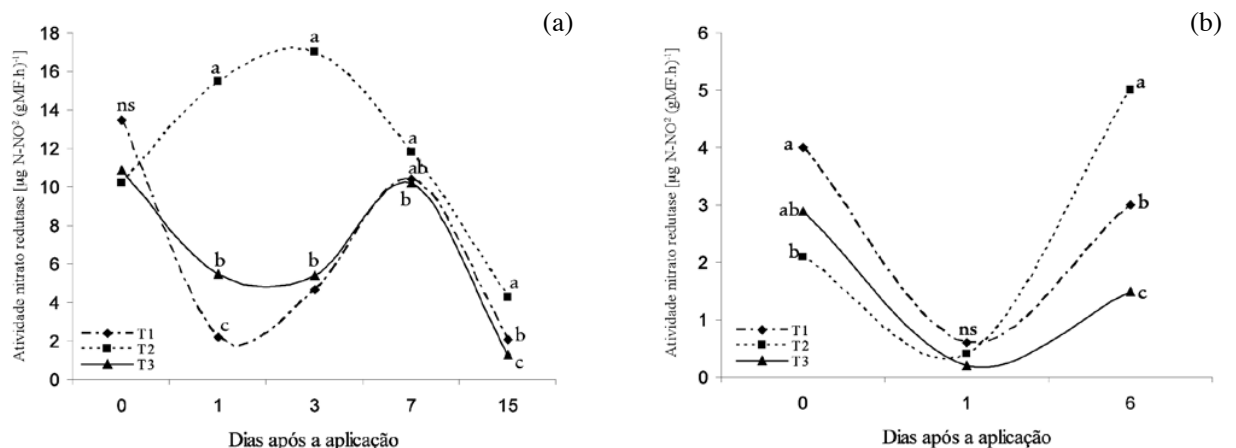


Figura 3. Valores da atividade da enzima nitrato redutase (ANR) em soja, cultivar M-SOY 8008 RR, nos tratamentos: testemunha (T_1); com aplicação da estrobilurina piraclostrobina (T_2); e com aplicação de tebuconazol (triazol) (T_3). As avaliações foram realizadas após a primeira (a) e segunda aplicação (b). A primeira e a segunda aplicação foram realizadas em R_1 e $R_{5,1}$ respectivamente, na dose de $0,5 \text{ L ha}^{-1}$ de i.a para uma calda de 200 L ha^{-1} . Piracicaba (SP), 2006. Médias seguidas de letras iguais no mesmo dia não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns: diferença não significativa.

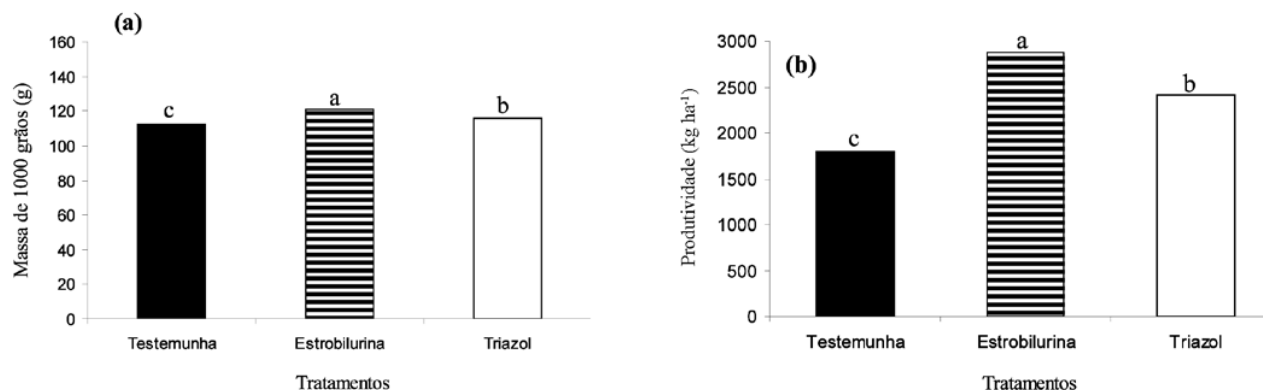


Figura 4. Massa de 1000 grãos (a) e produtividade de soja (b), cultivar M-SOY 8008 RR, nos tratamentos: testemunha (T_1); com aplicação da estrobilurina piraclostrobina (T_2); e com aplicação de tebuconazol (triazol) (T_3). As avaliações foram realizadas após a primeira (a) e segunda aplicação (b). A primeira e a segunda aplicação foram realizadas em R_1 e $R_{5,1}$, respectivamente, na dose de 0,5 L ha⁻¹ de i.a para uma calda de 200 L ha⁻¹. Piracicaba (SP), 2006. Médias seguidas de letras iguais no mesmo dia não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

incremento no crescimento de grãos do tratamento T_2 em relação aos demais. O tratamento T_2 foi superior em 7% e 8% comparado aos tratamentos T_1 e T_3 , respectivamente (Figura 4a). Assim, o aumento da disponibilidade de carbono nas vagens e da atividade da enzima nitrato redutase nas folhas pode ter sido uma das causas do acréscimo de produtividade de 1080 e 468 kg ha⁻¹ em comparação ao T_1 e T_3 , respectivamente (Figura 4b). Esse efeito também foi observado em trigo por GOODING et al. (2000), que ressaltam o efeito benéfico da estrobilurina piraclostrobina no crescimento e massa de mil grãos.

Segundo MUNIER-JOLAIN et al. (1998), a duração da taxa de crescimento dos grãos de soja diminui se a atividade fotossintética da planta não for suficiente para manter seu enchimento. Desta forma, a partir dos dados avaliados neste trabalho sugere-se que o aumento da disponibilidade de fotoassimilados foi a possível causa do maior enchimento de grãos.

No tratamento com a estrobilurina piraclostrobina foi observado incremento na massa de mil (Figura 4a) e na produtividade grãos (Figura 4b).

4. CONCLUSÕES

1. A aplicação da estrobilurina piraclostrobina na cultura de soja, variedade cultivada M-SOY 8008 RR, no estágio fenológico R_1 e $R_{5,1}$ incrementa a taxa fotossintética nos dois períodos de aplicação.

2. A taxa respiratória decresce após a aplicação da estrobilurina (estádio fenológico $R_{5,1}$).

3. O aumento da atividade da enzima nitrato redutase foliar somente é observado quando a estrobilurina é aplicada no florescimento e não no período de enchimento de grãos.

4. Também ocorre aumento na massa de mil grãos e incremento na produtividade de 1080 e 468 kg ha⁻¹ em relação ao tratamento sem aplicação e ao tratamento com aplicação de tebuconazol (triazol), respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio financeiro na realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

- AZCON-BIETO, J.; OSMOND, C.B. Relationship between photosynthesis and respiration. The effect carbohydrate status on the rate of CO₂ production by respiration in darkened and illuminated wheat leaves. **Plant Physiology**, v.71, p.574-581, 1983.
- BECK, C.; OERKE, E.C.; DEHNE, H.W. Impact of strobilurins on physiology and yield formation of wheat. **Meded Rijksuniv Gent Fak Landbouwk Toegep Biol Wet**, v.67, p.181-187, 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- BROWN, D.M. Soybean ecology. I. Development – temperature relationships from controlled environment studies. **Agronomy Journal**, v.52, p.493-496, 1960.
- 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 righton Crop Protection Conference - Pests and Diseases, 2000, Farnham. **Proceedings...** Farnham: British Crop Protection Council, 2000. p.739-747.

- CAMARGO, A.P.; CHIARINI, J.V.; DONZELI, P.L.; SICHMANN, W. **Zoneamento da aptidão ecológica para a cultura da soja, girassol e amendoim no Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, INSTIOLES, 1971. 35p.
- CARTER, J.L.; HARTWING, E.E. The management of soybeans. In: NORMAN, A.G. (Ed.). **The soybean**. New York: Academic, 1962.
- CLOUGH, J.M.; ANTHONY, V.M.; FRAINE, de 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, D.C. **Proceedings...** Washington, D.C.: ACS, 1995. p.58-73.
- DIMMOCK, J.P.R.E.; GOODING, M.J. The effects of fungicides on rate and duration of grain filling in winter wheat in relation to maintenance of flag leaf green area. **Journal of Agricultural Science**, v.138, p.1-16, 2002.
- EVANS, J.R. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C_3 plants. **Oecologia**, v.78, p.9-19, 1989.
- FERGUNSON, B.R.; SHAPIRO, C.A.; DOBERMANN, A.R.; WORTMANN, C.S. **Fertilizer recommendations for soybeans**. University of Nebraska-Lincoln Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, 2007. p.1-4. Disponível em: <http://www.ianrpubs.unl.edu/epublic/live/g859/build/g859.pdf>. Acesso em 10/10/2007.
- FHER, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Iowa: Agricultural Experimental Station, Special Report, 1977. 81p.
- 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**, v.136, 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**, v.154, p.805-808, 1999.
- GROSSMANN, K.; RETZLAFF, G. Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin kresoxim methyl in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Pesticide Science**, v.50, p.11-20, 1997.
- HARDMANN, L.L.; BRUN, W.A. Effect of atmospheric carbon dioxide enrichment at different developmental stages on growth and yield components of soybeans. **Crop Science**, v.11, p.886-888, 1971.
- HARDY, R.W.F.; HAVELKA, U.D. Photosynthate as a major factor limiting nitrogen fixation by field grown legumes with emphasis on soybeans. In: NUTMAN, P.S. (Ed.). **Symbiotic nitrogen fixation in plant**, Cambridge: University Press, 1971. p.421-439. (IBP 7)
- HEIFFIG, L.C. **Plasticidade da cultura da soja (Glycine max, L. Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. 85f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- KAISER, W.M.; BRENDLE-BEHNISCH, E. Acid-base-modulation of nitrate reductase in leaf tissues. **Planta**, v.196, p.1-6, 1995.
- 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.; GISL, U.; KUCK, K.H.; RUSSELL, P.E.; LYR, H. (Ed.). **Modern fungicides and antifungal compounds III**. Andover, 2002. p. 61-74.
- NELSON-SCREIBER, B. M.; SCHWEITZER, L. E. Limitations on leaf nitrate reductase activity during flowering and pod fill in soybean. **Plant Physiology**, v.80, p.454-458, 1985.
- RAVA, C.A. Eficiência de fungicidas no controle da antracnose e mancha angular do feijoeiro comum. **Summa Phytopathologica**, v.28, p.65-69, 2002.
- SCHWEITZER, L.E.; HARPER, J.E. Effect of multiple factor source-sink manipulation on nitrogen and carbon assimilation by soybean. **Plant Physiology**, v.78, p.57-60, 1985.
- SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A.R. A maior estiagem do século? **Notícias Piracema**, v.6, p.1, 2000.
- THIBODEAU, P.S.; JAWORSKI, E.G. Patterns of nitrogen utilization in the soybean. **Planta**, v.127, p.133-147, 1975.
- TOURAINÉ, B.; MULLER, B.; GRIGNON, C. Effect of phloem-translocated malate on NO_3^- uptake by roots of intact soybean plants. **Plant Physiology**, v.99, p.1118-1123, 1992.

