

# APLICAÇÃO DE DIFERENTES ESTROBILURINAS NA CULTURA DA SOJA

## APPLICATION OF DIFFERENT STROBILURIN ON THE SOYBEAN CROP

Luís Henrique Soares<sup>1</sup>; Evandro Binotto Fagan<sup>2</sup>; Derblai Casaroli<sup>2</sup>, Daniel Moreira de Andrade<sup>1</sup>; André Luís Soares<sup>1</sup>; Karla Vilaça Martins<sup>3</sup> & Fábio Júnior da Rocha<sup>1</sup>

### RESUMO

A soja é uma das culturas de maior importância econômica no Brasil, embora tenha enfrentado diversos problemas, principalmente referente a doenças. Fungicidas de efeito fisiológico têm sido utilizados com duas finalidades: controle de fungos e aumento da produtividade de culturas. O objetivo do trabalho foi avaliar a atividade da enzima nitrato redutase, o acúmulo de matéria seca e a produtividade da cultura da soja em função da aplicação de diferentes fungicidas a base de estrobilurina. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, sendo três tratamentos (T<sub>1</sub>; testemunha, T<sub>2</sub>; Piraclostrobina e T<sub>3</sub>; Azoxistrobina) e sete repetições. A aplicação de Piraclostrobina proporcionou maior incremento na atividade da enzima nitrato redutase, maior acúmulo de fitomassa seca e maior produtividade em relação a testemunha e ao tratamento em que foi aplicado Azoxistrobina. O tratamento com Piraclostrobina proporcionou incremento de 1184,6 e 615,9 kg ha<sup>-1</sup> em relação a testemunha e o tratamento em que foi aplicado Azoxistrobina, respectivamente.

**Palavras-chave:** *Glycine max* L. Merrill, efeito fisiológico, fitomassa seca, produtividade.

---

<sup>1</sup> Graduando em Agronomia, Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), Patos de Minas – MG. E-mail para contato: [luishenriqueagro@hotmail.com](mailto:luishenriqueagro@hotmail.com)

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Professor, Doutor, Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), Patos de Minas – MG. E-mail: [evbinotto@yahoo.com.br](mailto:evbinotto@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Mestranda em Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), Piracicaba – SP. E-mail: [karlaagro@yahoo.com.br](mailto:karlaagro@yahoo.com.br)

## ABSTRACT

Soybean is a very important crop to the Brazilian economy, however has showed some problem, mainly diseases. Fungicides, with physiological effect, have been used with two finalities: control of diseases and improve the crop production. The aim of this study was to evaluate the activity of nitrate reductase, dry matter accumulation and yield of soybean according to application of different strobilurin fungicides. Experimental design used was a randomized block, with three treatments (T<sub>1</sub>: control; T<sub>2</sub>: Pyraclostrobin; T<sub>3</sub>: Azoxystrobin) and seven replications. Pyraclostrobin application showed greatest increase of nitrate reductase activity, dry matter accumulation and productivity, when compared with the control and Azoxystrobin.

**Key words:** *Glycine max* L. Merrill, physiological effect, dry matter, productivity.

## INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é uma espécie pertencente a família Fabaceae originária do norte da China. Atualmente, esta cultura é uma das principais fontes de proteína vegetal. Seus grãos são utilizados para o preparo de rações, farelos, sabão, cosméticos, resinas, tintas, solventes, biodiesel e óleo de soja (HIRAOKA, 2008).

A soja é uma cultura de clima tropical, cuja produção é mais concentrada nos Estados Unidos (EUA) e Brasil, devido às condições climáticas favoráveis ao seu cultivo. No Brasil, a soja é a cultura com maior área cultivada e, atualmente, encontra-se em expansão principalmente nas regiões Centro-Oeste e Norte. Segundo dados da Companhia Nacional de

Abastecimento (CONAB, 2010) na safra 2009/2010 foram cultivados 24 milhões de hectares com produção de 68,7 milhões de toneladas, sendo o Mato Grosso o maior estado produtor de Brasil, com cerca de 27% da produção nacional, seguido do Paraná. Em nível mundial, na safra 2008/2009 foram colhidas 210,6 milhões de toneladas deste grão em 96,3 milhões de hectares plantadas (CONAB, 2010).

Diante da grande demanda de desenvolvimento de novas tecnologias agrícolas, cada vez mais, tem-se implantado novas práticas de cultivo em benefício das culturas, com o intuito de melhorar os níveis de produtividade e qualidade dos grãos, reduzindo os custos de produção e impactos ambientais.

A utilização de produtos químicos para o controle de doenças tem se tornado uma prática constante nas áreas cultivadas com soja, principalmente aqueles utilizados no controle de doenças fúngicas (DALLAGNOL et al., 2006). Dentre estes tem se destacado fungicidas do grupo dos benzimidazóis, triazóis e das estrobilurinas. Tais fungicidas têm apresentado eficiência no controle de várias doenças que atacam a cultura da soja, principalmente míldio (*Peronospora manshurica*), oídio (*Microspheera diffusa*), antracnose (*Colletotrichum dematium*), crestamento foliar (*Cercospora kikuchii*), septoriose (*Septoria glycines*) mancha alvo (*Corynespora asiicola*) e a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) (BALARDIN, 2002).

Embora haja diversos grupos de fungicidas disponíveis no mercado, o uso das estrobilurinas tem aumentado nos últimos anos, não apenas pela sua eficiência no controle de doenças, mas também pelo efeito fisiológico proporcionado em plantas (KÖEHLE et al., 2002; VENÂNCIO et al., 2004; FAGAN, 2007). Pesquisadores relataram que após a aplicação de estrobilurina as plantas apresentaram alterações fisiológicas que vão desde o aumento no teor de clorofila, incremento na assimilação de nitrogênio via enzima nitrato

redutase, alteração no ponto de compensação de CO<sub>2</sub>, diminuição da síntese de etileno até defesa a estresses bióticos e abióticos que, conseqüentemente repercutiram em aumentos significantes no rendimento das culturas (GROSSMANN; RETZLAFF, 1997; GLAAB; KAISER, 1999; RODRIGUES, 2009).

Portanto o presente trabalho tem por objetivo avaliar a atividade da enzima nitrato redutase, variáveis fenométricas e a produtividade da cultura da soja em função da aplicação de fungicidas a base de estrobilurina.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de novembro de 2009 a abril de 2010 na Escola Agrotécnica Afonso Queiroz, Campus II do Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM, a qual se localiza no município de Patos de Minas, MG, Brasil. O local apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 18°34' S (latitude Sul), 46°31' W (longitude Oeste) e 815 m de altitude. Patos de Minas, segundo a classificação de Köppen, apresenta um clima tropical de altitude (Cwa), com precipitação média anual em torno de 1400 mm (SOUZA et al., 2005), sendo a temperatura média anual igual a 21,1 °C; a máxima anual 27,8 °C; e a

mínima anual 16,3° C, conforme dados da Estação Meteorológica de Sertãozinho (EPAMIG) localizada no município de Patos de Minas-MG.

Utilizou-se a cultura da soja, variedade RB L.8307 RR, cultivada em condição de campo, com a população de 14 plantas por metro linear e espaçamento entre fileiras de 0,45 m, totalizando um estande final de 311.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Na semeadura foi utilizada a adubação de 25 kg ha<sup>-1</sup> de N (Uréia), 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. 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 sementes.

O controle de pragas e plantas daninhas foi realizado de acordo com a incidência durante todo o ciclo da cultura. Para o controle de plantas daninhas foi feito a aplicação de Glifosato (3 L ha<sup>-1</sup>) durante o estágio V<sub>4</sub>. Para o controle de insetos foi realizadas duas aplicações de Methomyl (0,5 L ha<sup>-1</sup>) nos estádios V<sub>7</sub> e R<sub>1</sub>.

O delineamento experimental adotado foi o de Blocos ao Acaso. O ensaio experimental foi constituído por 3 tratamentos (Tabela 2), com 7 repetições. As parcelas tinham cinco linhas de 6 m de comprimento e 0,45 m de largura, totalizando 10,8 m<sup>2</sup>; assim, a área experimental total foi de 226,8 m<sup>2</sup>.

**TABELA 1.** Descrição dos tratamentos aplicados na cultura de soja, cultivar RB L.8307 RR. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas - MG, 2010.

Tratamento	Descrição	Dose (L ha <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	Estádio de aplicação
T <sub>1</sub>	TESTEMUNHA	-	-
T <sub>2</sub>	PIRACLOSTROBINA <sup>2</sup> + EPOXICONAZOLE <sup>3</sup>	0,5	R <sub>1</sub> <sup>7</sup> e R <sub>5.1</sub> <sup>8</sup>
	ASSIST <sup>6</sup>	0,5	
T <sub>3</sub>	AZOXISTROBINA <sup>4</sup> + CIPROCONAZOLE <sup>5</sup>	0,3	R <sub>1</sub> e R <sub>5.1</sub>
	NIMBUS <sup>6</sup>	0,5	

<sup>1</sup> Calda: 200 L ha<sup>-1</sup>; <sup>2,3</sup> 133 e 50 g L<sup>-1</sup>, respectivamente; <sup>4,5</sup> 200 e 80 g L<sup>-1</sup>, respectivamente; <sup>6</sup> Óleo mineral para aumentar a eficiência de absorção do fungicida; <sup>7,8</sup> Início da floração e vagens com 10% da granação, respectivamente (FHER e CAVINESS, 1977).

O bico utilizado nas barras do pulverizador para a aplicação dos

tratamentos foi o modelo XR1100015, marca Spray System<sup>®</sup>, com pressão de

serviço de 2 bar.

Foram avaliadas a atividade da enzima nitrato redutase, o acúmulo de fitomassa seca e a produtividade.

A análise da atividade de nitrato redutase foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Cataldo et al. (1975) e programada para 1, 2, 3 e 7 dias após a primeira aplicação (DAA) e 2, 3, 7 e 16 dias após a segunda aplicação. As amostras foram constituídas de folhas completamente expandidas retiradas da porção superior da planta. A determinação da atividade se baseia na produção de  $\text{NO}_2^-$  durante a incubação de discos ou corte de folhas em presença de  $\text{NO}_3^-$  (MULDER et al., 1959).

Depois de colhidas, as folhas foram picadas, e destas foram colocados 200 mg em tubos de ensaio contendo 4 ml de  $\text{KNO}_3$ . Os tubos de ensaio foram envolvidos em papel de alumínio e mantidos em banho Maria a 35 °C durante 2 h, agitando-se de 5 em 5 min. Depois foi pipetado 1 mL da solução de cada tubo de ensaio para balão volumétrico de 50 mL com a numeração dos respectivos tratamentos, evitando pedacinhos de folhas. Logo após colocou-se  $\text{H}_2\text{O}$  destilada até completar 25 mL do balão e, a seguir, 1 mL de ácido sulfanílico. Essa solução foi mantida em repouso de 5 a 10 min. Posteriormente foi adicionado 1

mL de alfa-naftalamina e 1 mL do tampão de acetato de sódio e completou-se o volume a 50 mL com  $\text{H}_2\text{O}$  destilada. A leitura foi realizada depois de 10 e antes de 30 minutos no espectrofotômetro, o qual foi ajustado ao zero com água destilada e comprimento de onda de 560 nm.

O cálculo da atividade da enzima nitrato redutase (ANR) foi obtida a partir da curva padrão de nitrito ajustada de acordo com as concentrações de N na forma de  $\text{NO}_2^-$  de: 0,5; 10; 15; 20; 25  $\text{mg L}^{-1}$ . Foi ajustado o gráfico (concentração x leitura) e calculado a equação de regressão. De acordo com esses dados procedeu-se de acordo com a Equação 1.

$$ANR = 5.FF.4.CN.0,5 \quad [1]$$

em que: a ANR refere-se a atividade da nitrato redutase em  $\text{mg N-NO}_2 \text{ g de fitomassa fresca}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , FF é a quantidade de fitomassa fresca colocada no tubo de ensaio (200 mg) e CN é a concentração de nitrito ( $\text{mg L}^{-1}$ ) obtida pela equação ajustada pela curva padrão de acordo com a absorbância da amostra.

Para obtenção dos dados de fitomassa seca foi coletada uma planta de cada parcela aos 15 e 13 DAA nos estádios  $R_1$  e  $R_{5,1}$  respectivamente. No momento da coleta das plantas foi realizada a separação

de folhas, caule e vagens. Posteriormente estes órgãos foram separados em sacos de papel individualizados, identificados e levados à estufa de secagem de ventilação forçada de ar a 65° C, até peso constante para a determinação da fitomassa seca. O somatório de todos os órgãos resulta na fitomassa seca total das plantas. As pesagens foram realizadas em balança digital com precisão de 0,001 grama.

A área foliar (AF) foi determinada pelo método de discos (FAGAN, 2005), que consistiu da retirada de 40 discos em folhas aleatórias, com auxílio de um vazador com área de 0,9672 cm<sup>2</sup> conforme Equação 2.

$$AF = \frac{AD.FSF.ND}{FSD} \quad [2]$$

em que: AD é a área do disco em cm<sup>2</sup>, FSF – fitomassa secas de folhas (g), ND – número de discos e FSD – fitomassa seca de discos (g).

Para determinação da produtividade foram coletadas as 3 linhas centrais de cada parcela eliminando 0,5 m em cada borda. Com base na massa de grãos obtida nesta área foi feito uma regra de três para obtenção da produtividade por hectare. A análise de massa de 1000 grãos foi realizada de acordo com a metodologia descrita na Regras para a Análise de

Sementes (BRASIL, 2009).

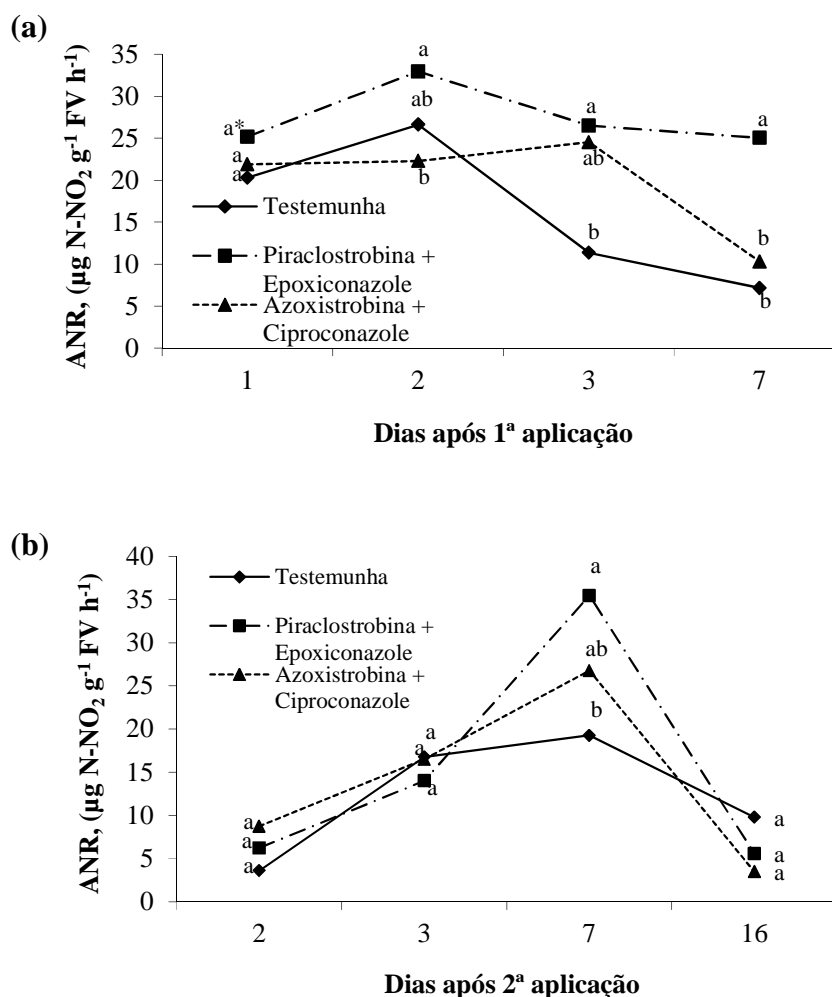
Nos resultados experimentais foi realizada análise de variância e as médias dos tratamentos foram submetidas ao teste de comparação de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de estrobilurina proporcionou incremento na atividade da enzima nitrato redutase em relação a testemunha. Os maiores incrementos foram observados aos 2, 3 e 7 dias após a primeira aplicação (Figura 1a). A aplicação de Piraclostrobina proporcionou aumentos de 24 e 47% em relação a testemunha e ao tratamento que recebeu aplicação de Azoxistrobina + Ciproconazole, respectivamente aos 2 DAA e 250 e 146% aos 7 DAA (Figura 1a). O pico máximo de absorção de nitrogênio da cultura da soja acontece durante o período de pleno florescimento (R<sub>1</sub>) (WYCH; RAINS, 1978), comportamento que explica a maior diferença observada entre os tratamentos. Portanto, acréscimo na absorção de nitrogênio durante essa fase pode ser fundamental no acúmulo de energia e posterior remobilização para os grãos (RODRIGUES, 2009).

Na segunda aplicação, o aumento foi observado apenas aos 7 DAA. Para as outras análises (2, 3 e 16 DAA) não foi observado diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos. Os incrementos foram de  $16,19 \mu\text{g N-NO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ FV h}^{-1}$  para o tratamento que recebeu a aplicação de Piraclostrobina + Epoxiconazole e  $7,5 \mu\text{g N-NO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ FV h}^{-1}$  para o aplicação de Azoxistrobina + Ciproconazole em relação a testemunha, ou seja, 84 e 39 % a mais em relação a testemunha, respectivamente (Figura 1b). Esse desempenho é devido a menor atividade da enzima neste estágio e, portanto, torna-se mais difícil observar a diferença entre os tratamentos. A assimilação de nitrogênio é um processo vital que controla o desenvolvimento e crescimento de plantas e tem efeitos

marcantes sobre a produção de fitomassa seca e produtividade de grãos (REIS, 2007). Durante o enchimento de grãos a redução de nitrato e a fixação biológica de nitrogênio da cultura da soja declinam devido a inversão de dreno. Nesta fase a planta prioriza o translocação de energia para os grãos e diminui a quantidade de fotoassimilados translocados para as raízes, ocasionando decréscimo na assimilação de nitrogênio. Este processo também é considerado como um mecanismo de controle da senescência em soja (GUFFY et al., 1992; FERGUNSON et al., 2007). Portanto, técnicas que visem aumentar a atividade da enzima nitrato redutase, aliados ao aumento na fotossíntese líquida potencializam a produtividade de grãos de soja (FAGAN, 2007).



**Figura 1.** Valores da atividade da enzima nitrato redutase ( $\mu\text{g N-NO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ FV h}^{-1}$ ) aos 1, 2, 3 e 7 DAA no estágio R<sub>1</sub> (a) e aos 2, 3, 7 e 16 DAA no estágio R<sub>5.1</sub> (b) na cultura da soja, cultivar RB L.8307 RR nos seguintes tratamentos: testemunha (T<sub>1</sub>), Piraclostrobina + Epoxiconazole (T<sub>2</sub>) e Azoxistrobina + Ciproconazole (T<sub>3</sub>). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), Patos de Minas – MG, 2010.

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Os resultados encontrados neste trabalho corroboram com Fagan (2007) que, trabalhando com a cultura da soja, observou incrementos na atividade da enzima nitrato redutase após a aplicação de um produto a base de estrobilurina Piraclostrobina quando aplicado no estágio

R<sub>1</sub>. Trabalhos realizados por Rodrigues (2009) com a cultura da soja em diferentes safras e diferentes fungicidas a base de estrobilurina mostram que a atividade da enzima nitrato redutase sofre incremento após a aplicação de Piraclostrobina. Entretanto, nota-se que quando foi aplicado Azoxistrobina o incremento

observado é menor em relação a aplicação de Piraclostrobina. Koehle et al. (2002) observaram incremento na absorção *in vivo* de nitrato. Entretanto, 7 DAA a concentração de nitrato nas folhas foi reduzido por cerca de 10%, indicando que este foi remobilizado para metabolismos mais complexos.

Segundo Koehle et al. (2002) o incremento na atividade da enzima nitrato redutase deve-se ao modo de ação das estrobilurinas. O pH citosólico exerce forte modulação sobre a atividade da enzima nitrato redutase (KAISER; BRENDLE-BEHNISCH, 1995). A aplicação de estrobilurina proporciona inibição parcial da cadeia transportadora de elétrons e com isso diminuição da produção de ATP. A diminuição na quantidade de ATP influencia diretamente no pH citosólico, pois ocorre decréscimo na atividade da ATPase, diminuindo o bombeamento de  $H^+$  para o meio apoplasto. A acidificação do citoplasma aumenta a atividade da nitrato redutase (ANR). Mais especificamente, a alteração do pH afeta a proteína 14-3-3 presente no complexo CoMo da nitrato redutase (VENÂNCIO et al., 2004). Essa hipótese é confirmada por Glaab; Kaiser (1999) que trabalhando com discos de espinafre tratados com estrobilurinas observaram maior atividade

da enzima nitrato redutase quando o pH citosólico se manteve em torno de 4,8.

O nitrato é a principal forma que as plantas absorvem nitrogênio. Mesmo para a soja, cultura que realiza a fixação biológica, a absorção do nitrogênio via nitrato redutase não é descartada, visto que o processo de fixação biológica é um gasto dispendioso de energia. Segundo Taiz; Zeiger (2010), para cada elétron transferido da Fe-proteína para a MoFe-proteína são consumidos 2 ATPs. Para reduzir uma molécula de  $N_2$  são necessários oito elétrons e, portanto, 16 ATPs.

O incremento na absorção de nitrogênio via nitrato redutase provavelmente ocasionou aumento no teor de clorofila e desta forma possíveis incrementos na fotossíntese líquida, que resultou em maior acúmulo de fitomassa seca (Figura 2 e 3). Embora a concentração de nitrogênio na planta represente apenas 3% da massa seca total de uma planta, Levin et al. (1989) afirmam que a deficiência deste elemento é altamente limitante para o crescimento e produtividade das culturas, pois este é controlador de diversos processos tais como, distribuição de matéria seca pela planta e assimilação de carbono através da fotossíntese. Segundo Lawlor (2002), o

papel do nitrogênio na produção de fitomassa seca e, conseqüentemente, remobilização para os grãos, está diretamente relacionado com a fotossíntese, pois a energia dos fótons é convertida em energia química, armazenada em ATP e metabólitos secundários, primeiramente o NADH, o qual é utilizado na síntese de assimilados de carbono e nitrogênio, particularmente carboidratos e aminoácidos. Taiz & Zeiger (2010) afirmam que uma rápida assimilação de CO<sub>2</sub> requer grande quantidade de cloroplastos, principalmente complexo clorofila proteína captadora de luz (LHCP), transporte de elétrons e NADP<sup>+</sup> reduzido como componentes do tilacóide.

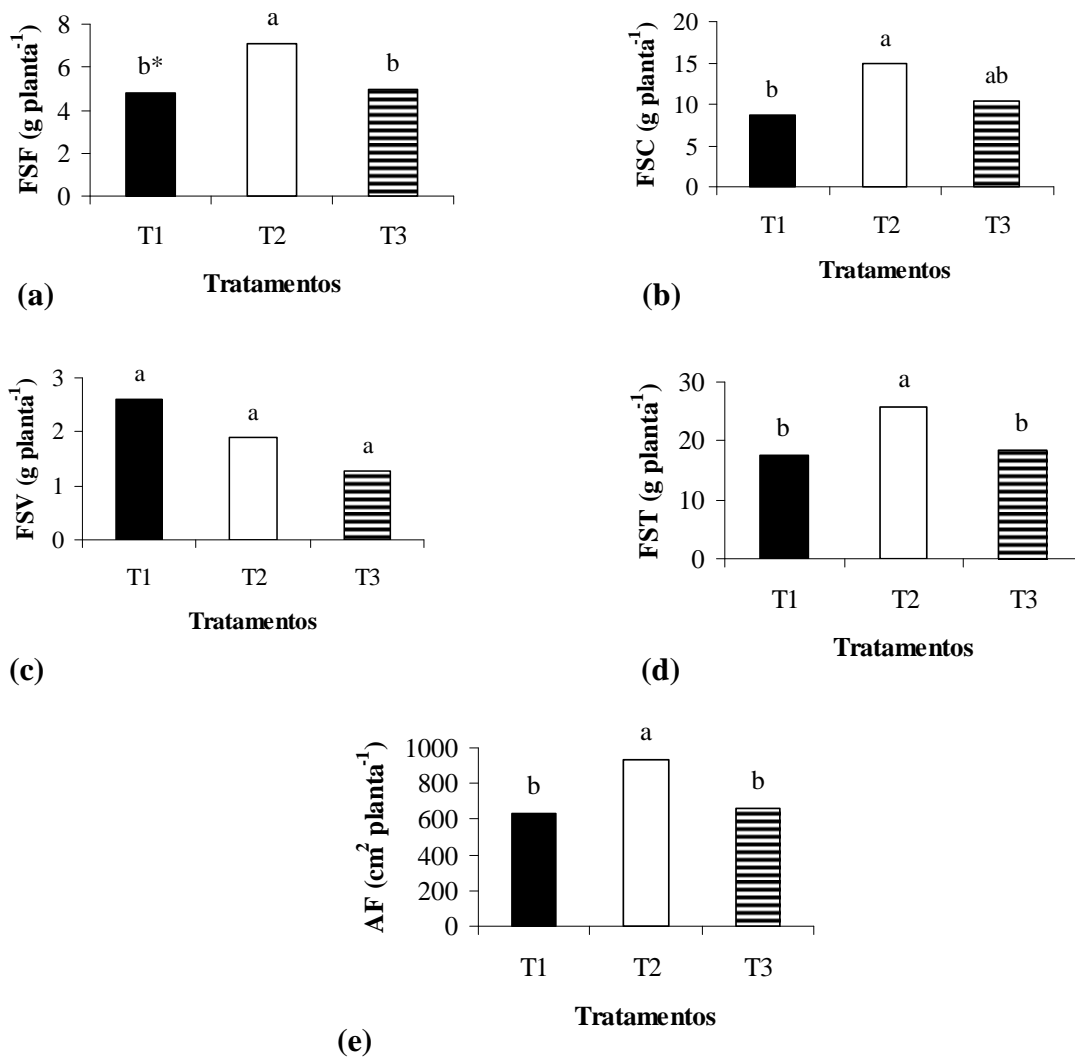
Os dados apresentados nas figuras 2 e 3 mostram que a aplicação de estrobilurina incrementa a produção de fitomassa seca, tanto quando aplicada no estágio R<sub>1</sub> quanto R<sub>5,1</sub> para todas as variáveis analisadas, entretanto nota-se que a aplicação de estrobilurina Piraclostrobina é mais eficiente em relação a Azoxistrobina.

O incremento de fitomassa seca de folhas (FSF) foi em média 2,31 g e 2,1 g em relação a testemunha e a aplicação de Azoxistrobina + Ciproconazole, respectivamente, para a primeira aplicação e 5,1 g e 5,66 g para a segunda aplicação.

Esse aumento proporcionou maior área foliar do tratamento que foi aplicado Piraclostrobina + Epoxiconazole em relação aos demais tratamentos (Figura 2e e 3e) e, conseqüentemente mais área fotossintética. Assim a maior taxa fotossintética das plantas proporcionou maior incremento de fitomassa seca de caule (FSC) (Figura 2b e 3b) e desta forma maior fitomassa seca total (FST) que foi de 8,2 g e 7,56 g (Figura 2d) para a primeira aplicação e 25,91 g e 24,92 g (Figura 3d) para a segunda aplicação quando aplicou estrobilurina Piraclostrobina + Epoxiconazole em relação a testemunha e ao tratamento que foi aplicado Azoxistrobina + Ciproconazole, respectivamente. Para a maioria das culturas o incremento de fitomassa seca de caule pode ser uma característica importante, uma vez que essa energia é remobilizada para os grãos no período de sua formação. Outro fator é que em períodos de estresse, a energia acumulada no caule pode ser remobilizada para suprir o déficit, principalmente em períodos de alta demanda de fotoassimilados, como é o caso do enchimento de grãos. Os dados de fitomassa seca de vagens (FSV) apresentaram diferença estatisticamente significativa apenas após a segunda aplicação. Em média, a aplicação de

Piraclostrobina + Epoxiconazole apresentou valores de FSV superiores em 12 g e 10,01 g (Figura 3c) quando aplicou estrobilurina Piraclostrobina em relação a

testemunha e ao tratamento que foi aplicado Azoxistrobina + Ciproconazole, respectivamente.



**Figura 2.** Valores de fitomassa seca de folhas (FSF, g planta<sup>-1</sup>) (a), fitomassa seca de caule (FSC, g planta<sup>-1</sup>) (b), fitomassa seca vagens (FSV, g planta<sup>-1</sup>) (c), fitomassa seca total (FST, g planta<sup>-1</sup>) (d) e área foliar (AF, cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) (e) em plantas de soja, cultivar RB L.8307 RR aos 15 DAA no estágio R<sub>1</sub> nos seguintes tratamentos: testemunha (T<sub>1</sub>), Piraclostrobina + Epoxiconazole (T<sub>2</sub>) e Azoxistrobina + Ciproconazole (T<sub>3</sub>). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), Patos de Minas – MG, 2010.

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

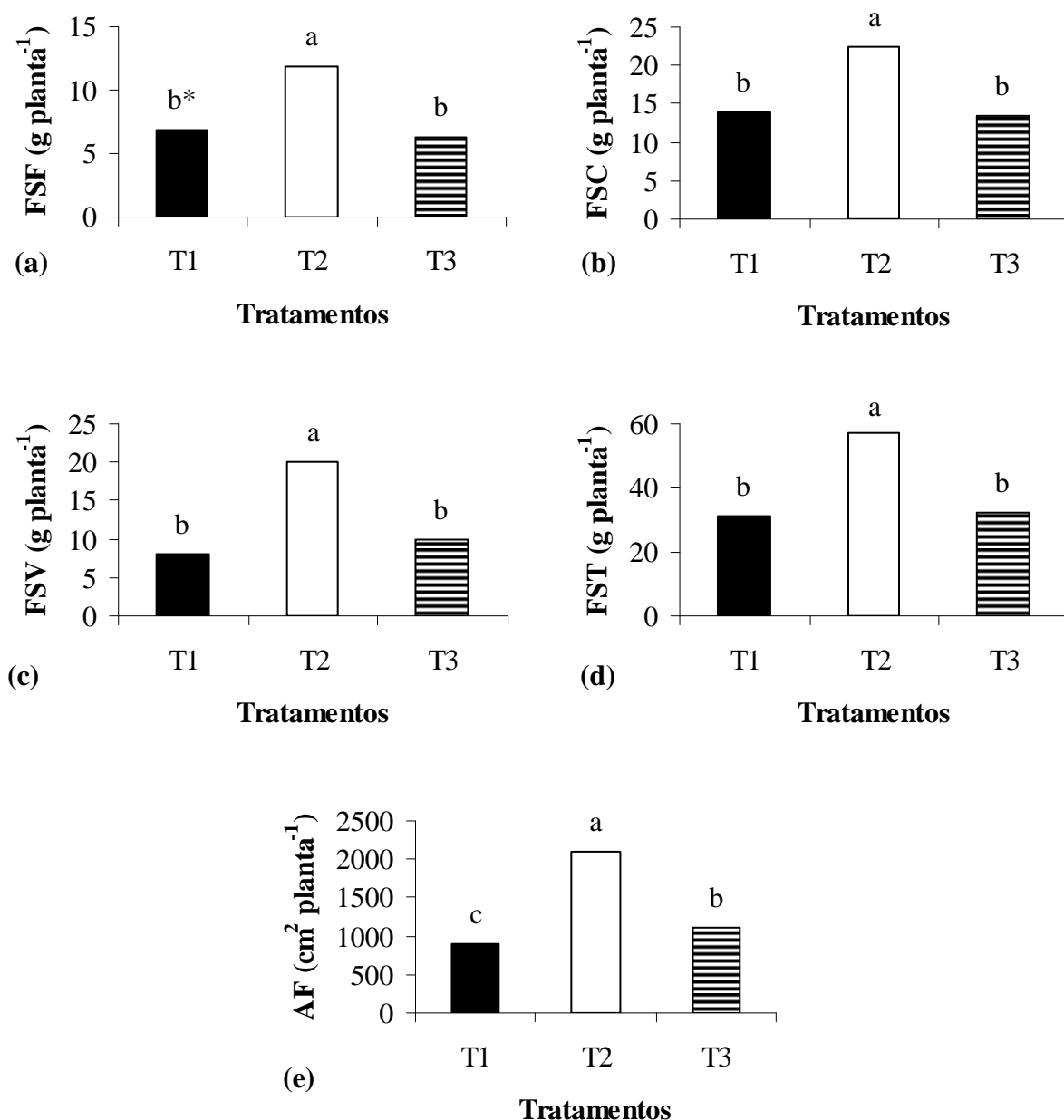
Segundo Fagan (2007), o incremento de fitomassa seca das plantas tratadas com estrobilurina Piraclostrobina ocorre devido ao aumento da atividade fisiológica das mesmas. Este autor ainda afirma que a possível causa do incremento de fitomassa seca está associado ao aumento da fotossíntese líquida e diminuição da respiração e ao aumento da assimilação de nitrogênio (atividade da enzima nitrato redutase).

Segundo Evans (1989) a produção de fitomassa seca pelas culturas em geral está ligada principalmente a disponibilidade de nitrogênio, juntamente com a maior assimilação de CO<sub>2</sub> pela fotossíntese. O incremento na atividade da nitrato redutase (maior assimilação de nitrogênio) ligado a uma maior área foliar provavelmente proporcionou aumento na área fotossintética que ocasionou incremento na fotossíntese líquida e conseqüentemente maior produção de açúcares que posteriormente serão translocados para órgãos drenos em crescimento, neste caso o enchimento de grãos.

O aumento de fitomassa seca e de AF durante o enchimento de grãos é relatado por Nelson (1986) como sendo um dos principais fatores que influenciam no aumento da produtividade da cultura de

soja. Já Board; Modali (2005) ressaltam que o acúmulo de fitomassa seca a partir do estágio R<sub>1</sub> e durante o R<sub>5</sub> é um componente importante para estimar a produtividade da cultura da soja, principalmente devido a maior interceptação de radiação solar e particionamento de fotoassimilados para os órgãos reprodutivos, o que auxilia na otimização da produtividade. Portanto, o uso de fungicidas a base de estrobilurina pode ser um fator importante no aumento de produtividade da cultura de soja, por propiciar o maior acúmulo de fitomassa seca.

Em muitas culturas, no florescimento, em torno de 20% ou mais da massa vegetativa consiste de açúcares remobilizados e não produzidos pela fotossíntese. Esse processo afeta a dinâmica de crescimento das plantas, principalmente em períodos onde a demanda de energia excede o suprimento (VAN KEULER; WOLF, 1986). Portanto, para a cultura da soja o acúmulo de fitomassa seca no caule pode ser uma importante característica, pois parte desta fitomassa pode ser remobilizado para os grãos durante a sua formação, principalmente em períodos de estresse e, portanto, constitui-se num fator importante para determinar a produtividade final de grãos.



**Figura 3.** Valores de fitomassa seca de folhas (FSF, g planta<sup>-1</sup>) (a), fitomassa seca de caule (FSC, g planta<sup>-1</sup>) (b), fitomassa seca vagens (FSV, g planta<sup>-1</sup>) (c), fitomassa seca total (FST, g planta<sup>-1</sup>) (d) e área foliar (AF, cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) (e) em plantas de soja, cultivar RB L.8307 RR aos 13 DAA no estágio R<sub>5,1</sub> nos seguintes tratamentos: testemunha (T<sub>1</sub>), Piraclostrobina + Epoxiconazole (T<sub>2</sub>) e Azoxistrobina + Ciproconazole (T<sub>3</sub>). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), Patos de Minas – MG, 2010.

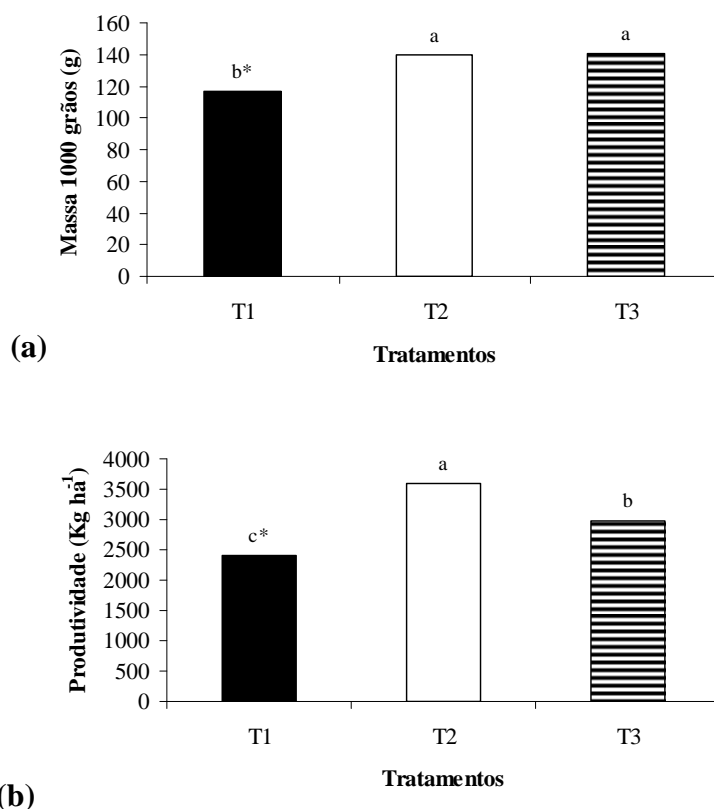
\* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Os valores de massa de 1000 grãos foram estatisticamente diferente em relação

a testemunha quando aplicou estrobilurina Piraclostrobina (T<sub>2</sub>) e Azoxistrobina (T<sub>3</sub>),

entretanto os produtos a base de estrobilurina não diferiram estatisticamente. Estes valores foram de 22,9 g para o tratamento que recebeu a aplicação de Piraclostrobina + Epoxiconazole e 23,6 g para o Azoxistrobina + Ciproconazole a mais em relação a testemunha (Figura 4a). Estes resultados corroboram com Gooding et al. (2000), os quais testando diferentes fungicidas observaram que a aplicação de estrobilurina em trigo promoveu o incremento da massa de 1000 grãos. Este efeito está ligado a um aumento da atividade da enzima nitrato redutase e a um possível incremento da fotossíntese líquida que resultou no maior enchimento de grãos.

A produtividade foi maior nos tratamentos que receberam a aplicação de estrobilurina. Entretanto aplicação de Piraclostrobina se mostrou mais eficiente em relação a esta variável. Os valores foram de 1184,6 kg ha<sup>-1</sup> e 615,9 kg ha<sup>-1</sup> a mais quando aplicou estrobilurina Piraclostrobina em relação a testemunha e ao tratamento que foi aplicado Azoxistrobina + Ciproconazole, respectivamente (Figura 4b). O incremento na produtividade esta ligado principalmente ao aumento na atividade da enzima nitrato redutase, área foliar e fitomassa seca total, que possibilitou maior translocação de açúcares para os órgãos dreno (grãos).



**Figura 4.** Valores de massa de 1000 grãos (g) (a) e de produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) (b) de soja, cultivar RB L.8307 RR nos seguintes tratamentos: testemunha (T<sub>1</sub>), Piraclostrobina + Epoxiconazole (T<sub>2</sub>) e Azoxistrobina + Ciproconazole (T<sub>3</sub>). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), Patos de Minas – MG, 2010.

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Estes resultados corroboram com Fagan (2007) que trabalhando com a aplicação de estrobilurina Piraclostrobina observou incremento na produtividade de soja, variedade M-SOY 8008 RR, de 4 e 10 sacas ha<sup>-1</sup> em relação a testemunha absoluta e a testemunha relativa (aplicação de triazol), respectivamente. Rodrigues (2009) observou depleção na produtividade de soja de 10 e 19 sacas ha<sup>-1</sup> para os tratamentos testemunha e aplicação de triazol,

respectivamente em relação a aplicação de Piraclostrobina. Trabalhos realizados com trigo têm demonstrado incrementos na produtividade nas plantas tratadas com fungicida a base de estrobilurina, mesmo em cultivos com pequeno aparecimento de doenças (JORGENSEN et al., 1999; JONES; BRYSON, 1998).

Grossmann et al. (1999) relatam que o aumento na produtividade também pode estar ligado ao fato da estrobilurina

favorecer a síntese de citocinina. A citocinina é grupo de hormônios vegetais que promovem a divisão celular e tem um papel importante na regulação de vários processos biológicos associados com crescimento, metabolismo e desenvolvimento de plantas. Pelo fato desses processos estarem associados com o aumento da demanda de fotoassimilados uma ligação da partição de fotoassimilados e da relação fonte e dreno tem sido especulada por alguns autores (ROITSCH; EHNESS, 2000; LARA et al., 2004). Lara et al. (2004) tem sugerido que as citocininas regulam a atividade de uma enzima denominada de invertase extracelular. Esta enzima tem papel crucial na regulação fonte dreno e no suprimento de carboidratos para os órgãos drenos, sendo considerado um modulador na atividade dreno devido sua ação na quebra da sacarose em hexoses (frutose e glicose), o que conduz uma elevada absorção desses carboidratos nos órgãos drenos e conseqüentemente maior fluxo no floema.

Embora a aplicação de Piraclostrobina, em média, tenha se mostrado superior em todas as variáveis analisadas, não existem trabalhos que expliquem esta superioridade. Provavelmente este efeito está relacionado a diferenças nos metabólitos produzidos

após a degradação das moléculas. Certamente os compostos formados após a degradação da Piraclostrobina, apresentam influência diferente sobre o potencial fisiológico dos tecidos, que torna as plantas mais produtivas em relação as plantas tratadas com Azoxistrobina (KOEHLER *et al.*, 2002). Em relação a aplicação de Azoxistrobina, estes efeitos ainda não foram constatados. Portanto, novos trabalhos devem ser realizados procurando evidenciar estes fatores.

## CONCLUSÕES

A aplicação de estrobilurina Piraclostrobina proporcionou maior incremento na atividade da enzima nitrato redutase, maior acúmulo de fitomassa seca e maior produtividade em relação a testemunha e ao tratamento que foi aplicado estrobilurina Azoxistrobina.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALARDIN, R. S. **Doenças da Soja**. Santa Maria: Edição do Autor, 2002. 100p.

BOARD, J.E.; MODALI, H. Dry matter accumulation predictors for optimal yield in soybean. **Crop Science**, Madison, v.45, p.1790-1799, 2005.

- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Determinações adicionais – peso de mil sementes. In: **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, 2009.
- 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**, Athens, v.6, p.71-80, 1975.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. 2010. Disponível em [www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br). Acesso em 10 ago. 2010.
- DALLAGNOL, L.J., NAVARINI, L., UGALDE, M.G., BALARDIN, R.S., CATELAM, R. Utilização de Acibenzolar-S-Methyl para controle de doenças foliares da soja. **Summa Phytopathologica**, v.32, n.3, p.255-259, 2006.
- EVANS, J.R. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C<sub>3</sub> plants. **Oecologia**, Berlin, v.78, 1989, p.9-19.
- FAGAN, E.B. **A cultura da soja: modelo de crescimento e aplicação de estrobilurina**. 2007. 84f. Dissertação (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura, ESALQ/USP, Piracicaba, 2007.
- FAGAN, E.B. **Regime de irrigação e densidade de frutos na produção do meloeiro hidropônico**. 2005, 79f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, 2005.
- FERGUNSON, B.R.; SHAPIRO, C.A.; DOBERMANN, A.R.; WORTMANN, C.S. **Fertilizer recommendations for soybeans**. Published by University of Nebraska-Lincoln extension, Institute of Agriculture and natural Resources, p.1-4, 2007. Disponível em: <http://www.ianrpubs.unl.edu/epublic/live/g859/build/g859.pdf>. Acesso em: 10 de ago. 2010.
- FHER, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Iowa: Agricultural Experimental Station, 1977. 81p.
- GLAAB, J.; KAISER, W.M. Increased nitrate reductase activity in leaf tissues after application of the fungicide Kresoxim-methyl. **Planta**, Berlin, v. 207, 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, 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*). **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, 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**, Oxford, v.50, p.11-20, 1997.

GUFFY, R.D.; VASILAS, B.L.; HESKETH, J.D. Nitrogen partitioning and net photosynthesis in genotypes differing in seed filling duration and source. **Biotronics**, Fukuoka, v.21, p.1-10, 1992.

HIRAOKA, N.K. **A importância do uso da soja na alimentação**. 2008. 40f. Produção. Didático-Pedagógica. Assis Chateaubriand, 2007.

JONES, D.R.; BRYSON, R.J. **Physiological effects of strobilurins and plant activators in relation to yield of winter wheat**. London, UK: Home Grown Cereals Authority Project Report, n.164, 1998.

JORGENSEN, L.N.; HENRIKSEN, K.E.; NIELSEN, G.C. Adjusting thresholds for *Septoria* control in winter wheat using strobilurins. In: GINKEL, M.V.; MCNAB, A.; KRUPINSKI. **Septoria and Stagonospora diseases of control: a compilation of global research**. México: CIMMYT, 1999. p.173-175.

KAISER, W.M.; BRENDLE-BEHNISCH, E. Acid-modulation of nitrate reductase in leaf tissues. **Planta**, Berlin, 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.; GISI, U.; KUCK, K.H.; RUSSELL, P.E.; LYR, H. (Ed.) **Modern Fungicides and Antifungal Compounds III**. Andover, 2002. p. 61–74.

- LARA, M.E.B.; GARCIA, M.G.; FÁTIMA, T.; EHNESS R.; LEE, T.K.; PROELS, R.; TANNER, W.; ROITSCH, T. Extracellular invertase is an essential component of cytokinin-mediated delay of senescence. **The Plant Cell**, Rockville, v.16, p.1276-1287, 2004.
- LAWLOR, D.W. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.53, n.370, p.773-787, 2002.
- LEVIN, S.A.; MOONEY, H.A.; FIELD, C. The dependence of plant root: shoot ratios on internal nitrogen concentration. **Annals of Botany**, London, v.151, p.135-143, July 1989.
- MULDER, E.G.; BOXMA, R.; VAN VENN, W.L. The effect of molybdenum and nitrogen deficiencies on nitrate reduction in plant tissue. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.10, p.335-355, 1959.
- NELSON, L.R. Defining the seed-filling period in soybeans to predict yield. **Crop Science**, Madison, v.26, p.132-135, 1986.
- REIS, A.R. **Metabolismo do nitrogênio e estado nutricional do cafeeiro (*Coffea arabica*)**. 2007. 80f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura, ESALQ/USP, Piracicaba, 2007.
- RODRIGUES, M. A.T. **Avaliação do efeito fisiológico do efeito de fungicidas na cultura da soja**. 2009. 193f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura, ESALQ, Piracicaba, 2009.
- ROITSCH, T.; EHNESS, R. Regulation of source/sink relations by cytokinins. **Plant Growth Regulation**, Netherlands, v.32, p.359-367, 2000.
- SOUZA, D.V. DE; CABRAL, J. B. P.; LOPES, R. M.; REIS, M.A.S.; OLIVEIRA, S.F. **Análise pluviométrica da carta topográfica de Patos de Minas referente ao período de 1978 a 2003**. Anais da 57ª Reunião Anual da SBPC - Fortaleza, CE - Julho/2005.
- TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Plant Physiology**. Sinauer Assoc. Inc, Sunderland Ma, USA, 5 ed., 2010, 782 p.
- VAN KEULER, H.; WOLF, J. **Modelling of agricultural production: weather, soils**

**and crops.** Pudoc, Wageningen, 1986, 478p.

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.

WYCH, R.D.; RAINS, D.W. Nitrate absorption and acetylene reduction by soybeans during reproductive development. **Plant Physiology**, Washington, v.62, p.443-448, 1978.