

Aplicação de estrobilurina na cultura do milho: alterações fisiológicas e bromatológicas

Strobilurin application on maize crop: physiological and bromatological changes

*Kamilla Alves Barbosa¹, Evandro Binotto Fagan², Derblai Casaroli²,
Sabrina de Carvalho Canedo³, Walquiria Fernanda Teixeira⁴*

¹ Graduanda do curso de Ciências Biológicas-Bacharelado, Centro Universitário de Patos de Minas, MG. e-mail: kamillaalves18@yahoo.com

² Professor Doutor do Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas, MG.

³ Bióloga, Centro Universitário de Patos de Minas, MG.

⁴ Mestranda em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Uberlândia.

Resumo: O milho é, mundialmente, um dos cereais mais utilizados para alimentação humana e animal. Entretanto, alguns problemas fitossanitários, como o ataque de fungos patogênicos, afetam o potencial produtivo desta cultura. Para tanto, fungicidas precisam ser utilizados para garantir o sucesso da lavoura. Atualmente, alguns fungicidas à base de estrobilurina têm tanto efeito de combate ao patógeno quanto efeito fisiológico, favorável, às plantas. O presente trabalho objetivou avaliar efeitos fisiológicos e bromatológicos em plantas de milho, após a aplicação foliar da estrobilurina piraclostrobina, associada a diferentes doses de nitrogênio. O experimento foi conduzido em campo, na área experimental da ESALQ/USP, Piracicaba/SP. A cultura utilizada foi o milho (*Zea mays* L.) híbrido DKB 330, cultivado sob sistema de irrigação por pivô central. O experimento foi constituído por sete tratamentos: T₁N (sem fungicida + 30 kg ha⁻¹ N); T₂N (Sem fungicida + 60 kg ha⁻¹ N); T₃N (Sem fungicida+ 90 kg ha⁻¹ N); T₄NP (Piraclostrobina + tebuconazole + 30 kg ha⁻¹ N); T₅NP (Piraclostrobina + tebuconazole + 60 kg ha⁻¹ N); T₆NP (Piraclostrobina + tebuconazole + 90 kg ha⁻¹ N) e T₇NA (Azoxystrobin + ciproconazole + 90 kg ha⁻¹ N). Foram realizadas medidas fonométricas, fisiológicas e bromatológicas. Os resultados obtidos mostram que a aplicação de estrobilurina piraclostrobina proporcionou um incremento médio na atividade da enzima nitrato redutase de 56% e um aumento na produtividade de 8 sacas ha⁻¹ a cada 30 kg de N adicionado ao solo quando comparados aos tratamentos sem aplicação. As variáveis de massa seca, proteína bruta e estrato etéreo não sofreram alteração. Assim, concluiu-se que a aplicação foliar de estrobilurina piraclostrobina, na cultura do milho, ocasiona um incremento da atividade metabólica desta cultura e, conseqüentemente, um aumento na produtividade de grãos, no entanto, não promove alterações nas variáveis bromatológicas.

Palavras-chave: Piraclostrobina; nitrato redutase; produtividade; *Zea mays* L

Abstract: Corn is globally one of the most commonly used grains for feed and food. However, some disease problems, like the attack of pathogenic fungi, affect the potential of this crop. To avoid so, fungicides must be used to ensure the success of the crop. Currently, some fungicides based on strobilurins have an effect to combat the pathogen as well as a physiological effect, favorable to plants. This study aimed to evaluate physiological effects and nutritional qualities of corn plants after leaf application of pyraclostrobin, with different levels of nitrogen. The experiment was carried out in the experimental area of the ESALQ/USP, Department of Plant Production, in Piracicaba/SP, Brazil. The treatments were: T₁N (without fungicide + 30 kg ha⁻¹ N); T₂N (without fungicide + 60 kg ha⁻¹ N); T₃N (without fungicide + 90 kg ha⁻¹ N); T₄NP (Pyraclostrobin + tebuconazole + 30 kg ha⁻¹ N); T₅NP (Pyraclostrobin + tebuconazole + 60 kg ha⁻¹ N); T₆NP (Pyraclostrobin + tebuconazole + 90 kg ha⁻¹ N); and T₇NA (Cyproconazole Azoxystrobin + 90 kg ha⁻¹ N). The *Zea mays* L. hybrid DKB 330 was cultivated with irrigation. The measures were phenometric and bromatological variables. The results show that the application of pyraclostrobin provided an average increase in nitrate reductase activity of 56% and a productivity of 8 bags ha⁻¹ every 30 kg of N added to soil as compared to treatments without application. The variables of dry matter, crude protein and ether layer remained unchanged. Thus, it was concluded that foliar application of pyraclostrobin, in corn, causes an increase in metabolic activity of this culture and, consequently, an increase in grain yield. However, it does not promote changes in nutritive value variables.

Keywords: Pyraclostrobin; nitrate reductase; productivity; *Zea mays* L.

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie cultivada em grande parte do mundo. Segundo dados da CONAB (2009) na safra 08/09 a produção mundial foi de 791,28 milhões de toneladas. A resposta para essa elevada produção é o grande consumo mundial, destinado a diversos fins. A área que apresenta maior consumo é a alimentação animal, destacando-se também o uso para a alimentação humana e industrial (EMBRAPA, 2008).

Por ser um dos cereais de maior importância econômica no mundo, o milho é uma das espécies vegetais mais estudadas. Constantemente programas de melhoramento estão buscando novos procedimentos para a obtenção de variedades mais produtivas e economicamente rentáveis.

Apesar de sua importância e elevada produtividade, a produção de milho sempre enfrentou sérios problemas com pragas e doenças no cultivo de campo. A interferência de doenças relacionadas com fungos resulta em perdas significativas na qualidade e produtividade dos grãos (EMBRAPA, 2009).

Como alternativa para o controle de tais doenças a aplicação de fungicidas à base de estrobilurina piraclostrobina tem sido bastante eficaz. Além de seu efeito fungicida, também tem demonstrado efeitos fisiológicos nas plantas, mostrando um aumento na taxa fotossintética, redução da respiração mitocondrial, regulação hormonal, aumento da atividade da enzima nitrato redutase, acréscimo na produtividade, maior assimilação de carbono (C) e nitrogênio (N), diminuição na taxa de síntese de etileno retardando a senescência e o favorecendo o acúmulo de fitomassa seca e produção de grãos (FAGAN, 2007; RODRIGUES, 2009).

Alguns trabalhos (STORY *et al.*, 2003; RODRIGUES, 2009) vêm sendo realizados para uma maior compreensão dos efeitos fisiológicos causados pela ação da estrobilurina em plantas. No entanto, a grande maioria está relacionada à soja (*Glycine max* L. Meril) (FAGAN, 2007) e o trigo (*Triticum aestivum* L.) (BUFFARA, 2008).

Na cultura do milho não existem trabalhos que comprovem o efeito das estrobilurinas nas variáveis fenométricas e fisiológicas, bem como seu efeito no enchimento de grãos e na qualidade bromatológica de sementes dessa cultura. Dessa forma esse trabalho se alicerça na hipótese de que o aumento da atividade fisiológica ocasionada pelo balanço positivo de C e N poderia aumentar o teor de proteína e óleo nas sementes.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar na cultura do milho, os efeitos fisiológicos ocasionados pela aplicação de estrobilurina piraclostrobina, com o auxílio de análises fenométricas, fisiológicas e bromatológicas.

Material e Métodos

O experimento de campo foi instalado na área experimental do Campus da ESALQ/USP do Departamento de Produção Vegetal no município de Piracicaba/SP sob sistema de pivô central em 2009. As coordenadas geográficas de Piracicaba são: 22°41'30" de latitude Sul, 47°38'30" de longitude Oeste e 546 m de altitude. O solo é classificado como Latossolo vermelho distrófico argiloso (HEIFFIG, 2002). O clima do local segundo a classificação de W. Köppen pertence ao tipo Cwah (tropical de altitude com estiagem de inverno). Nesta região a precipitação média anual é de 1257 mm (SENTELHAS; PEREIRA, 2000), e a temperatura média anual gira em torno de 21,4°C.

Utilizou-se a espécie *Zea mays* L. híbrido DKB 330. A semeadura foi realizada no mês de novembro do ano de 2009, no espaçamento de 0,90 m entre linhas com densidade de seis sementes por metro. Posteriormente, aos 20 dias após a emergência realizou-se o desbaste para obtenção da população final de 66.000 plantas ha⁻¹.

O experimento foi constituído por 28 parcelas, com 7 m de comprimento por 4,50 m de largura cada (cinco linhas), com área de 31,50 m² cada. O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso constituído por sete tratamentos (Tabela 1) e quatro repetições. A aplicação dos fungicidas foi realizada no estágio VT (emissão de pendão). As doses de 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ N foram realizadas na semeadura, no estágio V₃ (três folhas completamente desenvolvidas) e durante a aplicação dos fungicidas.

Tabela 1. Tratamentos [T₁N (Sem fungicida + 30 kg ha⁻¹ N) T₂N (Sem fungicida + 60 kg ha⁻¹ N), T₃N (Sem fungicida+ 90 kg ha⁻¹ N), T₄NP (Piraclostrobina + tebuconazole + 30 kg ha⁻¹ N) T₅NP (Piraclostrobina + tebuconazole + 60 kg ha⁻¹ N), T₆NP (Piraclostrobina + tebuconazole + 90 kg ha⁻¹ N) e T₇NA (Azoxystrobin + ciproconazole + 90 kg ha⁻¹ N)], milho híbrido DKB 330. Piracicaba, ESALQ/USP-SP, 2010.

Tratamento	Fungicida	***Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)
T ₁ N	Sem aplicação	30
T ₂ N	Sem aplicação	60
T ₃ N	Sem aplicação	90
T ₄ NP	*Piraclostrobina + tebuconazole	30
T ₅ NP	Piraclostrobina + tebuconazole	60
T ₆ NP	Piraclostrobina + tebuconazole	90
T ₇ NA	**Azoxystrobin + ciproconazole	90

* Dose e volume de calda: 0,5 L. ha⁻¹ em um volume de 200L

** Dose e volume de calda: 0,3 L. ha⁻¹ em um volume de 200L

*** Fonte de N, uréia (45% N)

A atividade da enzima nitrato redutase foi programada para três horas após a aplicação, e posteriormente, 1, 3, 7 e 14 dias após a aplicação, coletando-se a última folha completamente desenvolvida e expandida a sol, seguindo a metodologia proposta por Cataldo (1975).

Assim as folhas foram cortadas em pedaços pequenos, das quais foram colocados 200 mg em tubos de ensaio de 15 ml com tampas, que continham 4 mL de KNO₃ 0,25 M em tampão fosfato. Os tubos de ensaio foram envolvidos em papel de alumínio e mantidos em banho-maria a 35° C, e durante 2 h agitados de 5 em 5 minutos. Logo após foi pipetado 1 mL da solução de cada tubo de ensaio para balão volumétrico de 50 mL para cada um dos respectivos tratamentos, evitando pedacinhos de folhas. Em seguida foi colocado H₂O destilada até completar 25 mL do balão e, a seguir, 1 mL de ácido sulfanílico. Esta 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 completado o volume a 50 mL com H₂O destilada. A leitura foi realizada depois de 10 e antes de 30 minutos no Espectrofotômetro, o qual foi ajustado ao valor zero com água destilada, a uma leitura de 540 nm.

A estimativa da atividade da enzima nitrato redutase foi obtida pela curva padrão de nitrito (NO₂⁻), ajustada de acordo com as concentrações de N na forma de NO₂⁻ de 0, 5, 10, 15, 20 e 25 µg L⁻¹. A partir das absorvâncias, ajustou-se o gráfico (concentração x leitura) obtendo-se a equação de regressão linear ($y = ax + b$). De acordo com esses dados procede-se o cálculo da atividade da enzima nitrato redutase de acordo com a equação [1].

$$ANR = 5 \cdot FV \cdot 4 \cdot CN \cdot 0,5 \quad [1]$$

em que: ANR refere-se à atividade da enzima nitrato redutase em $\mu\text{g N-NO}_2 \text{ g de fitomassa verde}^{-1} \text{ h}^{-1}$, FV é a quantidade de fitomassa verde colocada no tubo de ensaio (200 mg), CN é a concentração de nitrito (mg L^{-1}) obtida pela equação ajustada pela curva padrão de acordo com a absorvância da amostra, e os valores 5, 4 e 0,5 foram utilizados na correção dos valores para $\mu\text{g N-NO}_2$ por g de fitomassa verde por hora.

Após a colheita das plantas foram realizadas avaliações de produção e de bromatologia segundo Silva (1991). Para determinação da produtividade foi realizada a colheita das três fileiras centrais, eliminando-se 0,5 m das bordas iniciais e finais de cada parcela, contabilizada a quantidade de grãos colhidos por parcela, que posteriormente foi extrapolada para 1 ha, a umidade foi ajustada a 13%.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e medidas comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5 % de probabilidade de erro.

Resultados e discussão

O incremento médio na atividade da enzima nitrato redutase foi de 17,5% a cada 30 kg de N adicionado ao solo (Figura 1).

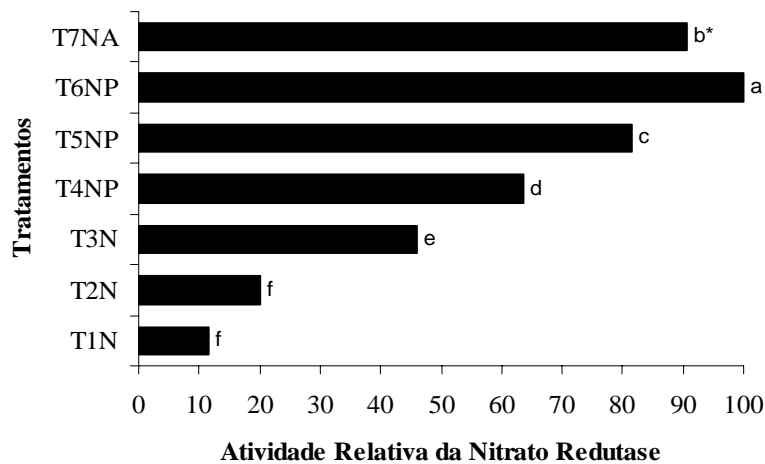


Figura 1. Atividade da enzima nitrato redutase na cultura de milho submetido aos tratamentos com fungicidas e doses de N: [T₁N (Sem fungicida + 30 kg ha⁻¹ N) T₂N (sem fungicida + 60 kg ha⁻¹ N), T₃N (sem fungicida+ 90 kg ha⁻¹ N), T₄NP (Piraclostrobina + tebuconazole + 30 kg ha⁻¹ N) T₅NP (Piraclostrobina + tebuconazole + 60 kg ha⁻¹ N), T₆NP (Piraclostrobina + tebuconazole + 90 kg ha⁻¹ N) e T₇NA (Azoxytrobina + ciproconazole + 90 kg ha⁻¹ N)] contabilizado a partir de 3 horas após a aplicação dos fungicidas (8 folhas). As doses de 30, 60, 90 kg ha⁻¹ N foram realizadas na semeadura e durante a aplicação dos fungicidas. Genótipo: DKB-330. ESALQ/USP. Safra 2009/2010.

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A aplicação de estrobilurina piraclostrobina proporcionou um acréscimo médio de 56% em relação aos tratamentos sem aplicação (Figura 1). Nota-se o efeito da estrobilurina piraclostrobina no aumento da atividade da enzima nitrato redutase, tornando-a mais eficiente quando ocorre adição de doses de N no solo.

A estrobilurina atua diretamente na respiração celular inibindo o transporte de elétrons na mitocôndria, o que ocasiona um decréscimo no pH citosólico, refletindo em um aumento na atividade da enzima nitrato redutase (GLAAB; KAISER, 1999). A atividade da enzima nitrato redutase proporciona aumento da assimilação de nitrato, disponibilizando maior quantidade de nitrogênio para a produção de proteína (NAGEL *et al.*, 2001).

O acréscimo de 30 kg ha⁻¹ N aumentou a produtividade em 10 sacas ha⁻¹ (Figura 2). Quando foi realizada a combinação da aplicação de N e estrobilurina piraclostrobina esse aumento foi acrescido em média 8 sacas ha⁻¹ em cada dose correspondente com testemunha sem aplicação.

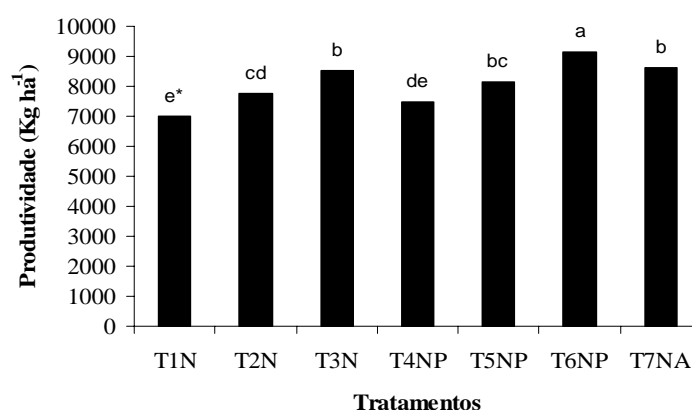


Figura 2. Produtividade (kg ha⁻¹) de grãos na cultura de milho submetido aos tratamentos com fungicidas e doses de N: [T₁N (Sem fungicida + 30 kg ha⁻¹ N) T₂N (sem fungicida + 60 kg ha⁻¹ N), T₃N (sem fungicida+ 90 kg ha⁻¹ N), T₄NP (Piraclostrobina + tebuconazole + 30 kg ha⁻¹ N) T₅NP (Piraclostrobina + tebuconazole + 60 kg ha⁻¹ N), T₆NP (Piraclostrobina + tebuconazole + 90 kg ha⁻¹ N) e T₇NA (Azoxystrobin + ciproconazole + 90 kg ha⁻¹ N)] contabilizado a partir de 3 horas após a aplicação dos fungicidas (8 folhas). As doses de 30, 60, 90 kg ha⁻¹ N foram realizadas na semeadura e no estágio V₄. Genótipo: DKB-330. Safra 2009/2010.

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

Pode-se então inferir que o incremento no metabolismo do nitrogênio, devido ao aumento da atividade da enzima nitrato redutase, aliado ao aumento da fotossíntese líquida, auxilia na potencialização da produtividade de grãos de plantas de milho tratadas com estrobilurina piraclostrobina.

Nota-se pela Figura 1 que ocorreu um aumento na assimilação de nitrogênio via

enzima nitrato redutase, o que disponibilizaria maior quantidade de nitrogênio para a produção de proteína (NAGEL *et al.*, 2001). Porém, esse incremento não ocasionou alterações na porcentagem de proteína bruta dos grãos; os valores permaneceram com média de 7,60 % (Figura 3). Os valores obtidos estão de acordo com os encontrados por Domingos (2008), o qual não verificou efeito no teor de proteína bruta nos grãos (9,49 %) quando foram utilizadas doses crescentes de N.

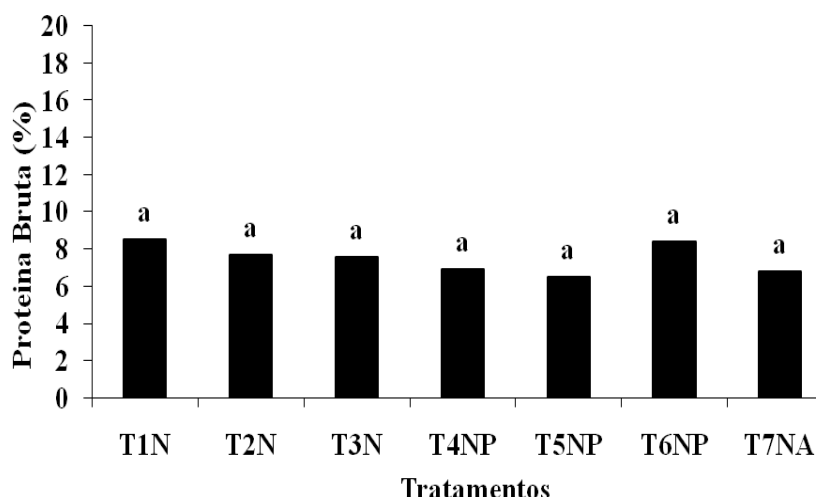


Figura 3. Proteína bruta de grãos na cultura de milho submetido aos tratamentos com fungicidas e doses de N: [T₁N (sem fungicida + 30 kg ha⁻¹ N) T₂N (Sem fungicida + 60 kg ha⁻¹ N), T₃N (sem fungicida+ 90 kg ha⁻¹ N), T₄NP (Piraclostrobina + tebuconazole + 30 kg ha⁻¹ N) T₅NP (Piraclostrobina + tebuconazole + 60 kg ha⁻¹ N), T₆NP (Piraclostrobina + tebuconazole + 90 kg ha⁻¹ N) e T₇NA (Azoxystrobin + ciproconazole + 90 kg ha⁻¹ N)]. Genótipo: DKB-330. Safra 2009/2010.

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

O teor de óleo (extrato etéreo) não foi afetado pela aplicação da estrobilurina piraclostrobina aliada a doses de nitrogênio; os valores médios foram de 4,36 % (Figura 4). O aumento na produção de açúcar ocasionada pelo incremento na atividade fotossintética pode ser evidenciado pela elevação da produtividade (Figura 2), o que é uma característica comum em plantas tratadas com estrobilurina piraclostrobina (FAGAN, 2007).

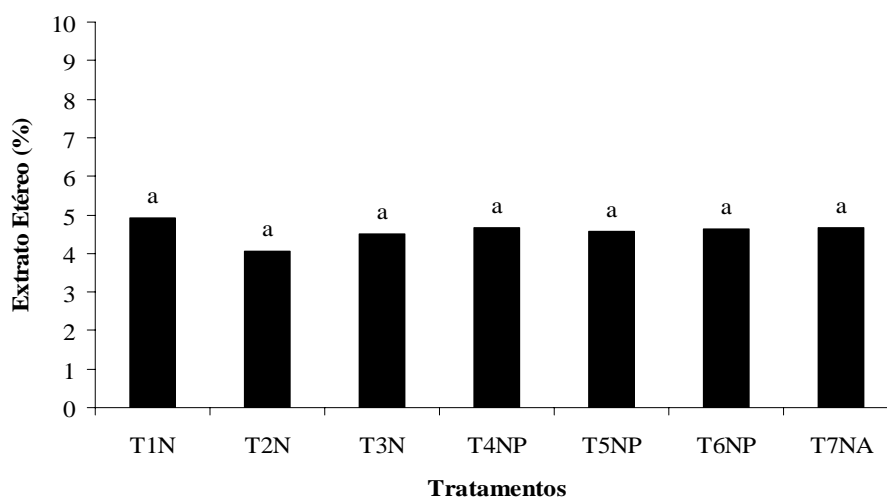


Figura 4. Extrato etéreo de grãos na cultura de milho submetido aos tratamentos com fungicidas e doses de N: [T1N (sem fungicida + 30 kg ha⁻¹ N) T2N (sem fungicida + 60 kg ha⁻¹ N), T3N (sem fungicida + 90 kg ha⁻¹ N), T4NP (Piraclostrobina + tebuconazole + 30 kg ha⁻¹ N) T5NP (Piraclostrobina + tebuconazole + 60 kg ha⁻¹ N), T6NP (Piraclostrobina + tebuconazole + 90 kg ha⁻¹ N) e T7NA (Azoxystrobin + ciproconazole + 90 kg ha⁻¹ N)]. Genótipo: DKB-330. Safra 2009/2010.

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

Esse comportamento pode proporcionar uma maior reserva de açúcares que são translocados para os grãos, os quais podem ser transformados em lipídios de reserva (triglicerídeos) medidos pelo teor de extrato etéreo. Porém, esses acréscimos não repercutiram na translocação para os grãos e a transformação em óleo, como pode ser verificado na Figura 4.

Conclusão

A aplicação da estrobilurina piraclostrobina associada a doses de nitrogênio aplicado ao solo na cultura o milho, variedade híbrido DKB-330, aumenta a atividade da enzima nitrato redutase e a produtividade de grãos. Porém, não ocasionam alterações nos teores de proteína bruta e extrato etéreo.

Referências

BUFFARA, M.A. **Efeito Fisiológico da Estrobilurina Piraclostrobina na Produtividade da Cultura do Trigo (*Triticum aestivum*):** Manejo da Ferrugem da Folha. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, v. 9, p. 59-68, 2008.

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. 2009. Disponível em <www.conab.gov.br>. Acesso em: 03 Ago. 2010.

DOMINGOS, A.M.F. **Eficiência de fontes de nitrogênio e enxofre na composição Químico-Bromatológica e algumas características agrônômicas da cultura de milho (*Zea mays* L.) em sistema de plantio direto**. 2008. 129p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Cultivo do milho**. 2008. Sete Lagoas. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_2ed. Acesso em: 10 de Fev.2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Núcleo de pesquisa em Fitossanidade**. 2009. Sete Lagoas. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/nucleos/nfit/apresenta.php>. Acesso em: 08 de out.2010

FAGAN, E.B. **A cultura da soja: modelo de crescimento e aplicação de estrobilurina**. 2007. 84p. Dissertação (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

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.

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

NAGEL, L.; BREWSTER, R.; REIDELL, W.E.; REESE, R.N. Cytokinin regulation of flower and pod set in soybeans. **Annals of Botany**. London, v. 88, p.27-31, 2001.

RODRIGUES, M.A.T. **Avaliação do efeito fisiológico do efeito de fungicidas na cultura da soja**. 2009. 193p. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, Universidade de São Paulo, 2009.

SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A.R. A maior estiagem de século? **Notícias Piracema**, Piracicaba, v. 6, n. 50, p. 1, 2000.

SILVA D.J. **Análise de Alimentos**. Métodos Químicos e Biológicos. Viçosa, UFV, 1991.

STORY, W.V.; RODRIGUES, M.A.T.; BEGLIOMINI, E.; SOUZA, N.L.; **Physiological Effects of Strobilurin Fungicides on Plants**. *Ciências Exatas da Terra*, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, v. 9, p. 59-68, dez. 2003.