

URÉIA E NITRATO DE AMÔNIO VIA PULVERIZAÇÃO FOLIAR NO TRIGO

José Salvador Simoneti Foloni¹; Fabio Rafael Echer²; José Eduardo Creste³; Guilherme Augusto Vilas-Boas⁴.

¹Eng. Agrônomo, Doutor. Pesquisador da Área de Fitotecnia. IAPAR. Rodovia Celso Garcia Cid, km 375, Caixa Postal 481, CEP. 86.001-970, Londrina - PR. E-mail: sfoloni@iapar.br

²Eng. Agrônomo, Doutorando em Agricultura. Departamento de Produção Vegetal, FCA - UNESP. Caixa Postal 237, CEP 18603-970, Botucatu-SP. E-mail: fabioecher@fca.unesp.br

³Eng. Agrônomo, Professor Doutor. Faculdade de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, UNOESTE. Rodovia Raposo Tavares, km 572. CEP 19067-175, Presidente Prudente-SP. E-mail: creste@unoeste.br

⁴Eng. Agrônomo. Empresa Belagrícola. Av. Aylton Rodrigues Alves, 460, Centro, CEP. 86.600-000, Rolândia-PR. www.belagricola.com.br

RESUMO: A lavoura de trigo é instalada com populações de plantas relativamente elevadas e espaçamentos entrelinhas de semeadura reduzidos, que fazem com que as adubações nitrogenadas de cobertura geralmente sejam feitas a lanço em área total, que em muitos casos podem levar a perdas expressivas do N aplicado. Objetivou-se com este trabalho avaliar a produtividade, a qualidade de grãos e a nutrição do trigo submetido à aplicação de N via pulverização foliar, utilizando-se as fontes uréia e nitrato de amônio. O experimento foi conduzido de abril a setembro de 2005 em Prado Ferreira-PR. Utilizou-se lavoura comercial conduzida no Sistema Plantio Direto, com o cultivar de trigo (*Triticum aestivum*) CD-104. O delineamento experimental foi em blocos completos ao acaso, com os seguintes tratamentos: ausência de aplicação de N foliar (testemunha), pulverizações com doses equivalentes a 10, 20, 30 e 40 kg ha⁻¹ de N nas fontes uréia e nitrato de amônio, com quatro repetições. A adubação nitrogenada via foliar proporcionou incrementos expressivos de produtividade e qualidade de grãos do trigo, com a melhor dose na ordem de 20 kg ha⁻¹ de N para ambos os adubos testados. A fonte uréia apresentou maior rendimento de grãos em comparação ao nitrato de amônio. Os teores de N nas folhas bandeiras no pleno florescimento da cultura foram incrementados com a adubação nitrogenada foliar, porém, não houve resposta para o N contido nos grãos.

Palavras chave: *Triticum aestivum*, Cereal de Inverno, Nutrição Mineral.

UREA AND AMMONIUM NITRATE FOLIAR SPRAYS IN WHEAT

SUMMARY: The wheat crop has been installed with high populations of plants and row spacing reduced, and nitrogen cover manures have been made dispersed on crop with possibility of excessive losses of N. The objective this work was to evaluate the yield, grains quality and nutrition level of wheat subjected to applications of N spray on leaves, using ureia and ammonium nitrate as sources. The experiment was undertaken between April and September 2005 in Prado Ferreira, Paraná State, on commercial wheat farm it worked in No-Tillage System, with the cultivar Coodetec 104 (*Triticum aestivum*). The experimental outline was complete blocks at random, with the following treatments: without N spray on leaves (control), applications N spray with quantities equivalents to 10, 20, 30 and 40 kg ha⁻¹

of N with ureia and ammonium nitrate as sources, with four repetitions. The N spray afforded expressive increments in yield and grains quality, with the best quantity for 20 kg ha⁻¹ of N with both fertilizers. The ureia was better than ammonium nitrate for yield and grains quality in wheat crop. N contents in leaves was increased with N by spray, however no response was found in the N contents in grains.

Index terms: Triticum aestivum, Winter of Cereal, Mineral Nutrition.

INTRODUÇÃO

Os fertilizantes representam cerca de 13% do custo variável de lavouras de trigo de sequeiro no Brasil, e as operações mecanizadas atingem em torno de 16% (Richetti, 2007). Portanto, para avançar no desenvolvimento da cultura tritícola, é preciso aprimorar a tecnologia de uso e aplicação de adubos, entre outros fatores.

O nitrogênio (N) é requerido em grandes quantidades pelas plantas cultivadas, e dependendo da espécie, do estágio de desenvolvimento e do órgão vegetal, o conteúdo de N-total imobilizado varia entre 2% a 5% da fitomassa seca (Marschner, 1995). No caso do trigo, a maior parte do N fornecido para as lavouras é obtido do solo e/ou de fertilizantes (Pöttker & Roman, 1998), e nos programas de adubação têm-se como padrão que as gramíneas são geralmente muito responsivas à aplicação de fertilizantes nitrogenados (Cantarella et al., 1997).

Nos manuais de adubação dos Estados do Paraná e de São Paulo, as doses de N a serem utilizadas em cobertura na cultura do trigo baseiam-se no nível de produtividade esperada e nas classes de resposta ao nutriente aplicado, que dependem da cultura antecessora, qualidade do solo, tipo de cultivar, condições de clima e de manejo. Sendo assim, são recomendados de 20 a 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura e de 20 a 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura no trigo de sequeiro (Rajj et al., 1997; Comissão, 2005).

Quanto à época de aplicação do N em cobertura, preconiza-se adicionar o adubo nitrogenado entre 30 a 40 dias após a emergência da cultura (Rajj et al., 1997; Comissão, 2005), o que coincide com a fase entre o pleno perfilhamento e o início do

alongamento dos caules do trigo (Comissão, 2005). No entanto, devido ao fato das lavouras tritícolas serem instaladas em elevadas densidades de plantas, com espaçamentos entrelinhas reduzidos (de 0,17 a 0,20 m), tem-se como padrão fazer a adubação nitrogenada a lanço em área total, sem incorporação, o que pode acarretar em perdas acentuadas de N por volatilização, dependendo da fonte utilizada e das condições ambientais (Costa et al., 2003).

As principais fontes de N disponíveis no Brasil são a uréia, o sulfato de amônio e o nitrato de amônio, porém, devido ao custo de transporte e aplicação, a uréia tem sido mais utilizada pela alta concentração de N (Braz et al., 2006; Cantarella, 2007). No entanto, o aproveitamento do N mineral fornecido via adubação no solo é normalmente em torno de 50% (Duque et al., 1985), e as perdas de N-NH₃ por volatilização na fonte uréia são relativamente elevadas, principalmente quando o adubo é adicionado a lanço sem enterrio (Rodrigues & Kiehl, 1986; Cantarella, 2007). Outro problema constatado no uso da uréia é a presença de biureto, formado a partir do tratamento térmico do adubo durante o processo de fabricação, que pode ser prejudicial às plantas (Cantarella, 2007).

A adubação foliar é baseada no fato de que as plantas podem absorver nutrientes através de tecidos da parte aérea, e a velocidade de absorção do nutriente é influenciada, entre outros fatores, pela forma com que ele se encontra na solução de pulverização (Dechen & Neves, 1988). No caso do N, as fontes preferenciais de absorção pelas folhas são a uréia, seguida pelo nitrato de amônio, e por último o sulfato de amônio (Cantarella, 2007). De acordo com Rosolem & Boaretto (1989), a aplicação de doses elevadas de N sobre o dossel das plantas pode

causar toxidez, podendo esta ser minimizada com a escolha do fertilizante nitrogenado, estágio fenológico adequado, tecnologia de pulverização e horário de aplicação.

Portanto, é possível realizar adubações nitrogenadas por meio de pulverizações em lavouras, como nos trabalhos de Sabino et al. (1993) e Sabino et al. (1994) para o algodão, Almeida et al. (2000) para o feijão e Carvalho et al. (2001) também para o algodão, buscando-se alternativas à adubação nitrogenada no solo, como forma de minimizar perdas e aumentar a eficiência operacional, principalmente no caso do trigo.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a produtividade, a qualidade dos grãos e a nutrição do trigo submetido à aplicação de N via pulverização foliar, utilizando-se as fontes uréia e nitrato de amônio.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no município de Prado Ferreira - PR, durante os meses de abril a agosto de 2005, em lavoura comercial que vinha sendo manejada no Sistema Plantio Direto (SPD) por mais de 10 anos

consecutivos, com localização geográfica das unidades experimentais definida pelas coordenadas de 23° 05' 28,41" Sul, 51° 19' 48,79" Oeste e 520 m de altitude. Na figura 1 estão apresentados os dados de precipitação pluvial, e temperaturas máximas e mínimas diárias ocorridas no município de Prado Ferreira-PR, distante a 12,45 km do campo experimental.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Escuro eutrófico (Embrapa, 1984; Embrapa, 1999), com relevo suave ondulado e boa drenagem. Foram coletadas amostras de solo em março de 2005, na profundidade de 0 a 20 cm, nas entrelinhas dos restos culturais da lavoura de soja de verão, para caracterização de atributos químicos (Raij et al., 2001) e granulométricos (Embrapa, 1997), com os seguintes resultados: pH (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹) 5,6; 34 g dm⁻³ de MO; 13 mg dm⁻³ de P resina; 28 mmolc dm⁻³ de H+Al; 3,1 mmolc dm⁻³ de K; 51 mmolc dm⁻³ de Ca; 20 mmolc dm⁻³ de Mg; 74 mmolc dm⁻³ de SB; 102 mmolc dm⁻³ de CTC; saturação por bases de 75%; 290 g kg⁻¹ de areia; 590 g kg⁻¹ de argila; e 120 g kg⁻¹ de silte.

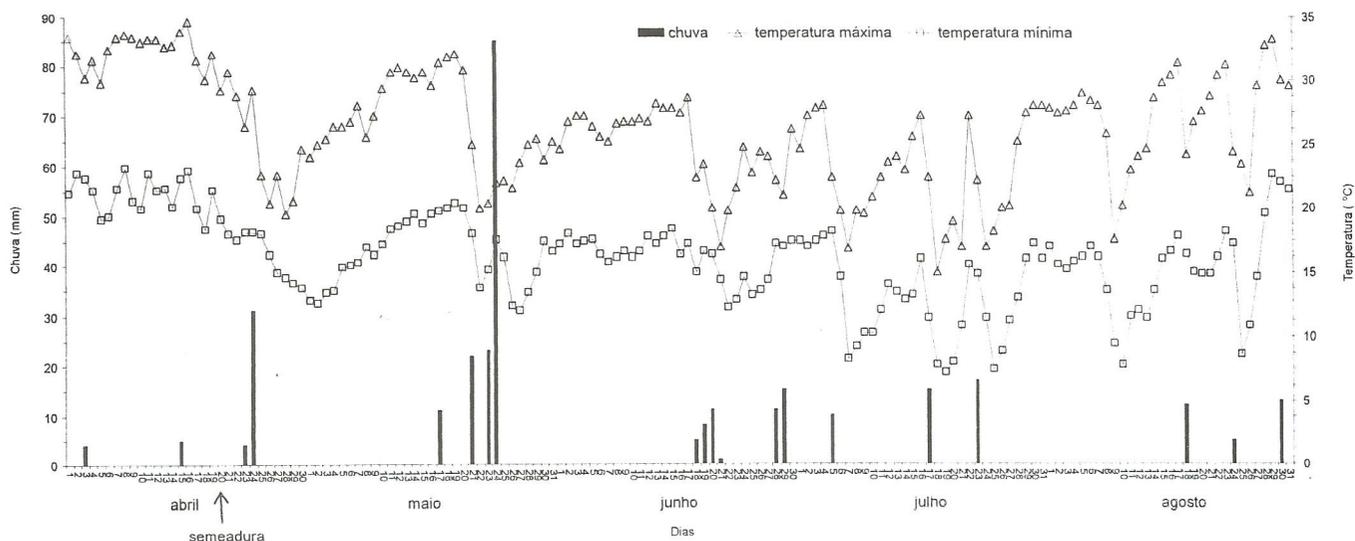


Figura 1. Precipitação pluvial, e temperaturas máximas e mínimas diárias ocorridas no decorrer da condução do experimento, em Prado Ferreira-PR.

A semeadura do trigo (*Triticum aestivum*), cultivar CD-104, foi realizada em 19/04/2005, sobre a palhada de soja, após a dessecação química da área com 1,92 kg ha⁻¹

de Glyphosate. Utilizou-se nesta operação uma semeadora motomecanizada desenvolvida para o SPD, com espaçamento entrelinhas de 0,17 m, adubação de 300 kg ha⁻¹

do formulado 10-20-10 e tratamento de sementes com fungicidas, nas doses de 60 g de Carboxin mais 60 g de Thiram por 100 kg de sementes.

Aos 22 dias após a emergência das plântulas (DAE), fez-se aplicação de 1,08 kg ha⁻¹ do herbicida 2,4-D amina para controle de invasoras de folhas largas. Aos 36 DAE fez-se a determinação do estande da cultura, com seis repetições de 2 m de linha de semeadura, escolhidas aleatoriamente, contabilizando 287 (29) caules m⁻². Aos 55 e 79 DAE fizeram-se pulverizações foliares com os fungicidas Epoxiconazole e Pyraclostrobin, nas doses de 50 g ha⁻¹ e 100 g ha⁻¹ dos ingredientes ativos, respectivamente. Aos 79 DAE foi pulverizado também 15 g ha⁻¹ do inseticida Lufenuron, em mistura de tanque com os fungicidas.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso, com quatro repetições e os seguintes tratamentos: ausência de aplicação de N foliar (testemunha), pulverizações equivalentes a 10, 20, 30 e 40 kg ha⁻¹ de N na fonte uréia e 10, 20, 30 e 40 kg ha⁻¹ de N na fonte nitrato de amônio. Cada parcela experimental foi demarcada de tal forma a conter 12 linhas de semeadura de trigo com 5 m de comprimento.

As aplicações de N foram realizadas aos 36 DAE, no intervalo entre 16h00 e 18h00. De acordo com dados da estação meteorológica de Bela Vista do Paraíso-PR, distante a 17,90 km do campo experimental, localizada a 22° 59' 48,07" Sul, 51° 11' 14,08" Oeste e 574 m de altitude, com leituras registradas as 15h00 do dia 31/05/2005, a umidade relativa do ar foi de 45%, a temperatura do momento foi de 21,6 oC, com ventos predominantes de origem nordeste com 2 m s⁻¹ de velocidade.

Na aplicação dos tratamentos experimentais, foi utilizado um equipamento de pulverização manual de precisão, pressurizado a CO₂, operando à pressão constante de 150 kPa, munido de barra com 4 bicos jato plano do tipo leque, modelo 110.04, espaçados a 0,50 m, com largura de molhamento total de 2 m. Os bicos de pulverização foram posicionados a

aproximadamente 0,5 m acima do dossel das plantas, com velocidade média de deslocamento de 1,0 m s⁻¹ e volume de calda de 400 L ha⁻¹, determinados em ensaios de calibração preliminares..

Para quantificar os teores de N foliar do trigo, foram coletadas 20 folhas bandeiras escolhidas aleatoriamente em cada parcela experimental, na fase de pleno florescimento da lavoura, seguindo metodologia de Malavolta et al. (1997).

Após a maturação fisiológica dos grãos e senescência das plantas, fez-se a colheita manual de todas as panículas presentes nas 8 linhas centrais de cada parcela experimental, desprezando-se 0,50 m de bordadura para cada extremidade das parcelas. Os grãos foram trilhados manualmente, secados ao ar, pesados e tiveram os seus teores de água determinados (Brasil, 1992), para possibilitar o cálculo de produtividade com umidade corrigida a 130 g kg⁻¹. Fez-se também a determinação do peso hectolitro (PH) dos grãos, seguindo proposta de Brasil (1992), com resultados expressos em kg hL⁻¹. Em seguida, foram retiradas alíquotas dos grãos para determinação dos teores de N, conforme Malavolta et al. (1997).

O estudo estatístico constou de análises de variância e regressão, e foram ajustadas equações lineares e quadráticas significativas até 5% de probabilidade pelo teste F, sendo escolhidas às de maior coeficiente de determinação (R²).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade de grãos do trigo apresentou resposta quadrática em razão do aumento das doses de N aplicadas via foliar, para ambas as fontes testadas, e os máximos desempenhos foram de 3.347 kg ha⁻¹ de grãos com 20 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia, e de 3.040 kg ha⁻¹ de grãos com 22 kg ha⁻¹ de N na fonte nitrato de amônio (Figura 2). Portanto, independentemente do tipo de adubo nitrogenado utilizado, a dose intermediária da ordem de 20 kg ha⁻¹ de N proporcionou os melhores resultados da lavoura tritícola.

A uréia via foliar elevou em até 40% a produtividade de grãos em relação ao tratamento testemunha (ausência de N foliar), e quando a fonte utilizada foi o nitrato de amônio o rendimento foi elevado em até 33%, quando comparado à ausência de N (Figura 2). Ou seja, os ganhos máximos obtidos com as aplicações foliares de uréia e nitrato de amônio foram da ordem de 960 e 780 kg ha⁻¹ de grãos, respectivamente, com resultados aparentemente muito positivos em termos de

relação custo - benefício.

A maior produtividade de grãos alcançada com a aplicação foliar de uréia pode ser atribuída à forma do N contido neste fertilizante, pois, segundo Taiz e Zeiger (2004), o N na forma reduzida oriundo da uréia já se encontra apto a ser incorporado em cadeias carbônicas, e não precisa ser transformado nos tecidos vegetais com gasto de energia, ao contrário do N na forma de nitrato (NO₃-) presente no nitrato de amônio.

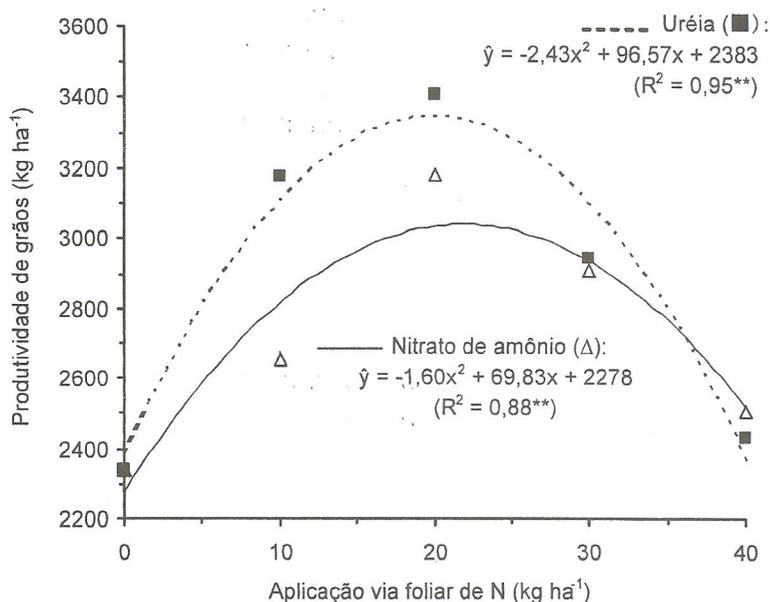


Figura 2. Produtividade de grãos de trigo em resposta à adubação nitrogenada de cobertura via pulverização foliar, com as fontes uréia (■) e nitrato de amônio (△). ** significativo a 1% de probabilidade.

A aplicação de doses excessivas de 40 kg ha⁻¹ de N via foliar prejudicou fortemente a produtividade de grãos do trigo, tanto para a uréia como para o nitrato de amônio, declinando o rendimento da cultura de tal forma a igualar-se com o tratamento testemunha (Figura 2). Estes resultados eram esperados, pois as parcelas que receberam as maiores doses de N apresentaram grande parte das folhas com sintomas visuais de forte toxicidade, poucos dias após as pulverizações. De acordo com Rosolem & Boaretto (1989), um dos maiores entraves da adubação nitrogenada via foliar em culturas agrícolas é a limitação das doses a serem ministradas, devido principalmente a toxicidade causada às plantas.

Apesar de não terem sido encontrados trabalhos na literatura sobre pulverização foliar de N em lavouras de trigo, alguns estudos abaixo relacionados para as culturas de algodão e feijão demonstram que as informações ainda são conflitantes, corroborando a necessidade de avançar na experimentação agrônoma para consolidar este modo alternativo de realizar a cobertura nitrogenada em cereais de inverno, que se mostrou promissor com o presente experimento.

Sabino et al. (1993) testaram pulverizações foliares na lavoura algodoeira que variaram de 8,64 a 17,28 kg ha⁻¹ de N com a fonte uréia, combinadas com a cobertura nitrogenada no solo com 25 kg ha⁻¹ de N, e

constaram que a aplicação foliar incrementou expressivamente a produtividade e a qualidade da pluma. Por outro lado, Sabino et al. (1994), também com pulverizações foliares de uréia no algodão, na dose de 7,2 kg ha⁻¹ de N, associadas à adubação nitrogenada de cobertura via solo com doses de 25 a 75 kg ha⁻¹ de N, observaram que o N foliar surtiu pouco efeito em comparação ao N no solo.

Carvalho et al. (2001) estudaram pulverizações foliares de uréia na lavoura algodoeira, com doses que variaram de 22,5 a 90 kg ha⁻¹ de N, divididas em aplicações seqüências por 8 semanas a partir do florescimento da cultura, e verificaram que o N foliar proporcionou forte incremento de produtividade de algodão em caroço, porém, não melhorou o rendimento de fibras.

Em outro trabalho sobre aplicações foliares de uréia no feijão, realizado por Almeida et al. (2000), com doses variando de 3,6 a 10,8 kg ha⁻¹ de N nas pulverizações, foi constatado que não houve resposta de produtividade do feijoeiro, porém, neste mesmo experimento os autores observaram que o feijão foi pouco responsivo à adubação via solo com doses da ordem de 40 kg ha⁻¹ de N.

Considerando o contexto das lavouras de trigo no Estado do Paraná, conduzidas na grande maioria das áreas em regime de sequeiro, instaladas com elevadas populações de plantas e adubações nitrogenadas de cobertura a lanço em área total (Comissão, 2005), o que configura em forte tendência de perdas do N aplicado por volatilização (Rodrigues & Kiehl, 1986; Costa et al., 2003; Cantarella, 2007), associado aos elevados custos de insumos e mecanização (Richetti, 2007), é preciso avançar no aprimoramento da aplicação de N via pulverização foliar como forma de otimizar o aproveitamento do fertilizante, em consonância com a eficiência operacional.

No que diz respeito à adubação nitrogenada na cultura do trigo via solo, existem trabalhos com os mais variados níveis de resposta de produtividade e qualidade de grãos. Com o intuito de traçar paralelos para

inferir comparações, alguns exemplos são apresentados abaixo.

Pöttker et al. (1984) conduziram lavouras de trigo em regime de sequeiro por dois anos consecutivos, e não observaram efeito positivo de doses de 40 a 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura via solo sobre a produtividade de grãos. Wendling et al. (2007) estudaram a viabilidade econômica da adubação nitrogenada de cobertura via solo no trigo de sequeiro conduzido no SPD em sucessão à soja e ao milho de verão, e constataram que os melhores resultados foram para o trigo em sucessão à soja com 3.100 kg ha⁻¹ de grãos em resposta a 35 kg ha⁻¹ de N, ao passo que a máxima produtividade do trigo em sucessão ao milho foi de somente 2.100 kg ha⁻¹ de grãos com 30 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

No experimento de Rein & Souza (1987), em lavoura de sequeiro, foi constatado que o trigo cultivado em sucessão à soja foi responsivo ao N até 30 kg ha⁻¹ em cobertura, com decréscimos de produtividade com doses mais elevadas. Em contrapartida, no trabalho de trigo irrigado realizado por Trindade et al. (2006), estudando doses de N aplicadas via solo com a fonte uréia, foi obtida produtividade máxima de 6.370 kg ha⁻¹ de grãos com a adição de 173 kg ha⁻¹ de N, porém, o melhor resultado em termos de viabilidade econômica foi obtido com 73 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

No trabalho de Frizzone et al. (1996), a produtividade de 5.075 kg ha⁻¹ de grãos de trigo, alcançada com 80 kg ha⁻¹ de N aplicados via solo na lavoura irrigada, não diferiu estatisticamente do tratamento que recebeu a dose excessiva de 160 kg ha⁻¹ de N. Em outro experimento de trigo irrigado, Freitas et al. (1994) estudaram o comportamento de cultivares de trigo submetidos a doses de N em cobertura via solo, e observaram respostas lineares positivas até 120 kg ha⁻¹ de N.

Sendo assim, considerando o nível tecnológico adotado e as condições edafoclimáticas do presente estudo, as respostas do trigo ao N foliar constatadas foram bastante favoráveis (Figura 2). Considerando que as adubações nitrogenadas de cobertura a lanço na lavoura tritícola são

suscetíveis a perdas excessivas de N (Rodrigues & Kiehl, 1986; Costa et al., 2003; Cantarella, 2007), e sendo as máximas produtividades no presente trabalho alcançadas com doses da ordem de 20 kg ha⁻¹ de N, seria muito importante que houvessem estudos para confrontar adubações via solo versus via foliar, para aferir o grau de eficiência e aproveitamento do N aplicado.

Outras questões relacionadas à adubação nitrogenada via foliar são importantes também, que seguem: a tecnologia de aplicação influencia fortemente a eficiência de aproveitamento do N pelas culturas (Rosolem & Boaretto, 1989; Cantarella, 2007); a velocidade de absorção do nutriente pelas folhas depende da forma com que ele se encontra na solução de pulverização (Dechen & Neves, 1988); as fontes preferenciais de absorção de N pelas folhas são a uréia, seguida pelo nitrato de amônio, e por último o sulfato de amônio, porém, a uréia contém biureto que pode ser prejudicial às plantas (Cantarella, 2007); as aplicações foliares de adubos nitrogenados

apresentam sérias restrições devido à elevada toxicidade, podendo ser minimizada com a escolha do estágio fenológico adequado e horário de aplicação (Rosolem & Boaretto, 1989).

Na figura 3 estão apresentados os resultados de peso hectolitro dos grãos de trigo em razão das aplicações de N foliar, nas fontes uréia e nitrato de amônio. Novamente os resultados evidenciam que o N adicionado via pulverização proporcionou forte incremento na qualidade dos grãos, com destaque para a fonte uréia na dose de 20 kg ha⁻¹ de N, seguindo praticamente a mesma tendência de resposta encontrada para a produtividade de grãos (Figura 2).

De acordo com Corrêa et al. (2006), a massa específica aparente ou peso hectolitro (PH) do trigo é um atributo dos grãos que assume elevada importância na comercialização do produto, uma vez que os preços praticados consideram esta característica como um expressivo indicativo de qualidade e rendimento na fabricação da farinha.

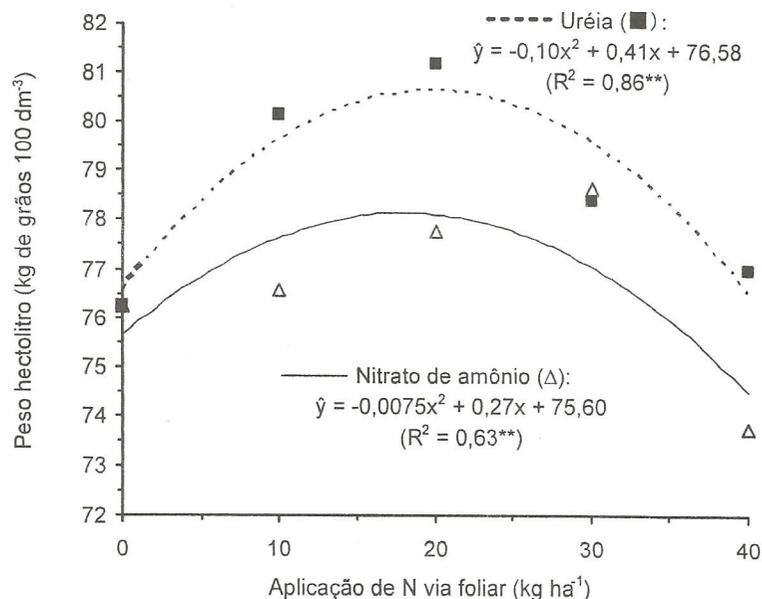


Figura 3. Peso hectolitro de grãos de trigo em resposta à adubação nitrogenada de cobertura via pulverização foliar, com as fontes uréia (■) e nitrato de amônio (Δ). ** significativo a 1% de probabilidade

No trabalho de Frizzone et al. (1996), foram constatadas reduções nos valores de PH dos grãos de trigo em razão do aumento da adubação nitrogenada. Os autores atribuíram

esta queda no índice PH à maior competição entre as plantas por foto-assimilados na fase de formação dos grãos, pois o aumento das doses de N elevou o número de panículas por

unidade de área.

Trindade et al. (2006) constataram correlação negativa entre a massa de 1.000 grãos e o número de grãos m^{-2} , ou seja, o aumento na quantidade de panículas por unidade de área fez com que os grãos ficassem mais leves. Outro fator importante a ser considerado, segundo Mallmann et al. (1994), é que grãos menores conseguem um melhor ajuste no cilindro da balança no processo de determinação do peso hectolitro, reduzindo espaços vazios e fazendo com que haja maior aglutinação dos mesmos no momento de aferição do PH, elevando os valores deste atributo de qualidade.

De acordo com Zagonel et al. (2002), a adubação nitrogenada favorece o perfilhamento nas lavouras de trigo, o que pode ser vantajoso no preenchimento de possíveis falhas de estande, compensando perdas de produtividade. Porém, o aumento excessivo na quantidade de panículas por unidade de área, por incrementar a competição por foto-assimilados, pode levar a prejuízos de produtividade e qualidade de grãos.

Não foram encontrados na literatura trabalhos sobre qualidade de grãos de lavouras de trigo submetidas à pulverização foliar de N. Porém, alguns resultados de cobertura nitrogenada via solo abaixo relacionados, podem ajudar na discussão das respostas de ajuste quadrático para as doses de N via foliar nas fontes uréia e sulfato de amônio observadas no presente estudo (Figura 3).

Trindade et al. (2006) aplicaram uréia ao solo na cobertura da lavoura de trigo, e verificaram que os valores de PH dos grãos decresceram com o aumento excessivo da adubação nitrogenada de 0 para 200 $kg\ ha^{-1}$ de

N. Por outro lado, Pöttker et al. (1984) não constataram diferença significativa no PH dos grãos de trigo com doses de até 120 $kg\ ha^{-1}$ de N via solo. Arf et al. (1999) também não observaram diferenças no PH do trigo submetido à adubação nitrogenada com 35 $kg\ ha^{-1}$ de N, em comparação à testemunha que não recebeu N.

Zagonel et al. (2002) fizeram cobertura nitrogenada via solo com doses de 0 a 135 $kg\ ha^{-1}$ de N no trigo, e verificaram incremento de 88 para 104 panículas m^{-1} , aumentou na produtividade de 1.746 para 2.623 $kg\ ha^{-1}$ de grãos, mas não foi observada alteração na massa de 1.000 grãos, que tem forte influência na composição do peso hectolitro (Corrêa et al., 2006).

Portanto, além da definição das doses de N a serem utilizadas na adubação de cobertura da lavoura tritícola, são necessários mais estudos para definir o modo de aplicação do fertilizante em função do estágio fenológico das plantas, para avançar no entendimento da estratégia de pulverização de N e suas implicações sobre os componentes de produção e qualidade de grãos do trigo.

Para os teores de N nas folhas bandeiras no pleno florescimento da cultura do trigo, houve resposta linear positiva para o nitrato de amônio via foliar, e quadrática para a uréia com efeito negativo a partir de 20 $kg\ ha^{-1}$ de N (Figura 4). De acordo com Cantarella (2007), apesar da uréia ser absorvida mais rapidamente pelas folhas em comparação ao nitrato de amônio, o que pode ter levado à maior produtividade e incrementos mais expressivos no PH do trigo (Figuras 2 e 3), o biureto presente neste fertilizante pode ter sido relativamente mais prejudicial à nutrição mineral da lavoura nas doses mais elevadas (Figura 4).

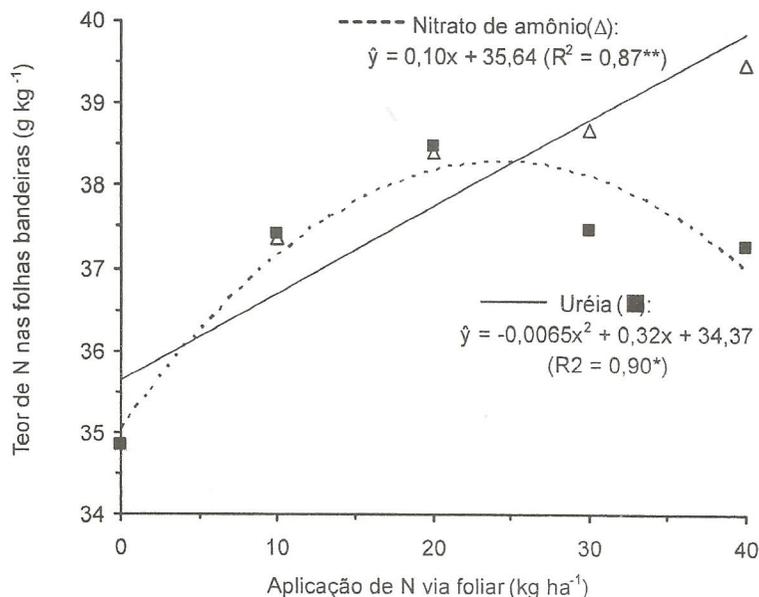


Figura 4. Teores de N nas folhas bandeiras das plantas de trigo no pleno florescimento da cultura, em resposta à adubação nitrogenada de cobertura via pulverização foliar, com as fontes uréia (■) e nitrato de amônio (Δ). * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

De acordo com Malavolta (2006), os níveis considerados adequados de N na diagnose foliar do trigo devem variar de 30 a 33 g kg⁻¹, nas folhas bandeiras no pleno florescimento da cultura. No presente experimento, os teores de N foliar variaram de 34 a 40 g kg⁻¹, estando acima da faixa de suficiência, até mesmo nas parcelas do tratamento testemunha (que não receberam cobertura nitrogenada), o que pode ser justificado pelo ambiente de produção, em que a lavoura tritícola foi instalada após a soja de verão no SPD consolidado, com adubação de semeadura de 300 kg ha⁻¹ do formulado 10-20-10.

Carvalho et al. (2001) observaram aumentos nos teores de N nas folhas de algodão em razão das doses de uréia aplicadas via foliar até 90 kg ha⁻¹ de N. Por outro lado, no trabalho de Arf et al. (1999) com adubação nitrogenada de cobertura via solo no trigo, não houve diferença significativa para os teores de N nas folhas no pleno florescimento da cultura, com doses de até 35 kg ha⁻¹ de N.

Freitas et al. (1994) testaram doses na cobertura nitrogenada via solo com diferentes genótipos de trigo, e observaram que os teores de N na diagnose foliar foram dependentes do cultivar e da quantidade de fertilizante, sendo

os máximos teores de N das folhas conferidos para a adubação intermediária da ordem de 60 kg ha⁻¹ de N, e na adubação excessiva de 120 kg ha⁻¹ de N houve redução.

Almeida et al. (2000) fizeram pulverizações foliares de uréia no feijão, e não constataram diferenças nos teores de N foliar no pleno florescimento das plantas. Pottker & Roman (1998) em trabalho com doses de N aplicadas ao solo em cobertura na lavoura de trigo, em sucessão a diversas culturas de verão, concluíram que o aumento da dose até 145 kg ha⁻¹ de N apresentaram correlação positiva com os teores de N nas folhas.

Del-Molino (1992) estudaram a influência do N na fase de enchimento de grãos do trigo, e verificaram que as folhas senescentes no final do ciclo da lavoura constituíram a principal fonte de N para a formação dos grãos, e concluíram que é fundamental que as folhas possuam quantidades adequadas de N para suprir a demanda das plantas no estágio reprodutivo. Por outro lado, no experimento de Yang et al. (2000), foi observado que o excesso de adubação nitrogenada alongou o ciclo da cultura do trigo, e resultou em lento enchimento de grãos.

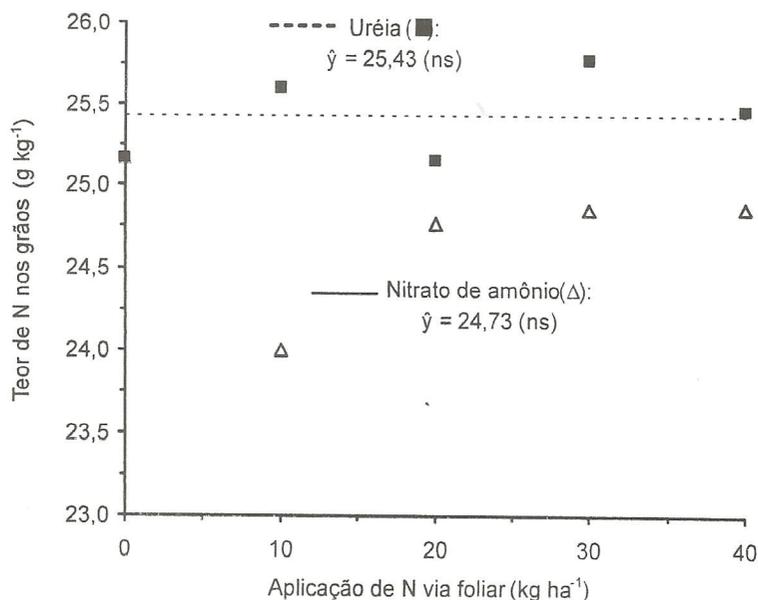


Figura 5. Teores de N nos grãos de trigo em resposta à adubação nitrogenada de cobertura via pulverização foliar, com as fontes uréia (■) e nitrato de amônio (Δ). ns: não significativo.

Observa-se na figura 5 que as adubações nitrogenadas de cobertura via foliar não influenciaram o conteúdo de N nos grãos de trigo. Estes resultados divergem dos encontrados por Pottker & Roman (1998), que observaram aumentos nos teores de N dos grãos de trigo quando foram aplicadas doses de até 145 kg ha⁻¹ de N em cobertura via solo na cultura.

Segundo relatos comumente encontrados na literatura (Malavolta, 2006; Cantarella, 2007; Marschner, 2005) o fornecimento adequado de N às plantas melhora a produtividade e qualidade de produtos agrícolas, e no caso dos grãos, a constituição protéica é totalmente dependente do aporte de N feito pelos vegetais. Portanto, em termos de qualidade de grãos, a adubação nitrogenada via foliar, apesar de ter elevado os valores de PH (Figura 3), não incrementou os níveis de N no trigo colhido (Figura 5).

CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada via pulverização foliar proporcionou incrementos expressivos de produtividade e PH dos grãos da lavoura de trigo, com a melhor dose na ordem de 20 kg ha⁻¹ de N para ambos os adubos uréia e nitrato de amônio.

A fonte uréia apresentou maior ganho de produtividade na cultura do trigo em comparação ao nitrato de amônio.

Os teores de N nas folhas bandeiras no pleno florescimento da cultura foram incrementados com a adubação nitrogenada via foliar, porém, não houve resposta para o N contido nos grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C.; CARVALHO, M.A.C.; ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Uréia em cobertura e via foliar no feijoeiro. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 57, p. 293-298, 2000.

ARF, O.; SILVA, L. S.; BUZETTI, S.; ALVES, M.C.; SÁ, M.E.; RODRIGUES, R.A.F. & HERNANDEZ, F. B. T. Efeitos na cultura do trigo da rotação com milho e adubos verdes, na presença e na ausência de adubação nitrogenada. *Bragantia*, Campinas, v. 58, p. 323-334, 1999.

BRAZ, A.J.B.P.; SILVEIRA, P.M.; KLIEMANN, H.J.; ZIMMERMANN, J.P. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em sistema de plantio direto após diferentes culturas. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v. 30, p. 193-198, 2006.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do Solo. Viçosa: SBCS/UFV, 2007. p. 376-470

CANTARELLA, H.; RAIJ, B.V.; CAMARGO, C.E.O. Adubação de cereais. In: RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim técnico 100). p. 43-50

CARVALHO, M.A.C.; PAULINO, E.B.; FURLANI-JUNIOR, E.; BUZZETTI, S.; SÁ, M.E.; ATHAYDE, M.L.F. Uso da adubação foliar nitrogenada e potássica no algodoeiro. *Bragantia*, Campinas, v. 60, p. 239-244, 2001.

Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo. Indicações técnicas da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo: trigo e triticale - 2005. Cruz Alta: FUNDACEP, 2005. 162 p.

CORRÊA, P.C.; RIBEIRO, D.M.; RESENDE, O.; BOTELHO, F.M. Determinação e modelagem das propriedades físicas e da contração volumétrica do trigo durante a secagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Viçosa, v. 10, p. 665-670, 2006.

COSTA, J.M.; OLIVEIRA, E.F. Fertilidade do solo e nutrição de plantas. *Campo Mourão: COAMO/CODETEC*, 1998. 89 p.

DECHEN, A.R.; NEVES, C.S.V.J. Aplicação foliar de nutrientes em citros. *Laranja, Cordeirópolis*, v. 9, p. 65-88, 1988.

DEL MOLINO, M. Relationship between wheat grain protein percentage and grain yield plant growth and nutrition at anthesis. *Journal Plant Nutrition*, v. 15, p. 169-178, 1992.

DUQUE, F.F.; NEVES, M.C.P.; FRANCO, A.A.;

VICTORIA, R.L.; BODDEY, R.M. The response of field grown *Phaseolus vulgaris* L. to Rhizobium inoculation and qualification of N₂ fixation using 15N. *Plant and Soil*, v.88, p.333-343. 1985.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa-SPI, Embrapa-CNPS, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Curitiba: EMBRAPA-SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984. 791 p. (Embrapa-SNLCS. Boletim Técnico, 57).

FREITAS, J.G.; CAMARGO, C.E.O.; FERREIRA FILHO, A. W.P.; PETTINELLI-JUNIOR, A. Produtividade e resposta de genótipos de trigo ao nitrogênio. *Bragantia*, Campinas, v. 53, p. 281-290, 1994.

FRIZZONE, J.A.; MELLO-JÚNIOR, A.V.; FOLEGATTI, M.V.; BOTREL, T.A. Efeito de diferentes níveis de irrigação e adubação nitrogenada sobre componentes de produtividade da cultura do trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 31, p. 425-434, 1996.

MALAVOLTA, E.A.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201p.

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. London: Academic Press, 1995. 889p.

PÖTTKER, D.; ROMAN, E.S. Efeito do nitrogênio em trigo cultivado após diferentes sucessões de culturas. *Pesquisa Agropecuária*

Brasileira, Brasília, v.33, p.501-507, 1998.

PÖTTKER, D.; FABRÍCIO, A.C.; NAKAYAMA, L.H.I. Doses e métodos de aplicação de nitrogênio para a cultura do trigo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.19, p.1197-1201, 1984.

RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomico. 2001. 285 p.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomico / Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim técnico 100).

RICHETTI, A. Estimativa do Custo de Produção de Trigo, Safra 2007, na Região Sul de Mato Grosso do Sul. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. 4p. 2007. (Comunicado Técnico 131)

RODRIGUES, M.B.; KIEHL, J.C. Volatilização de amônia após o emprego de uréia em diferentes doses e modos de aplicação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.10, p. 37-43, 1986.

ROSOLEM, C.A.; BOARETTO, A.E. Avaliação do estado nutricional das plantas cultivadas. In: BOARETTO, A.E.; ROSOLEM, C.A. (Eds.). Adubação foliar. Campinas: Fundação Cargill, 1989. p.117-144.

SABINO, J.C.; SILVA, N.M.; CARVALHO, L.H.; PETINELLI-JUNIOR, A.; SABINO, N.P.; KONDO, J.I. Aplicação de uréia em cobertura e via foliar na cultura do algodoeiro. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 18, p. 477-482, 1994.

SABINO, J.C.; SILVA, N.M.; CARVALHO, L.H.; SABINO, N.P.; KONDO, J.I.; NEPTUNE, A.M.L. Efeitos da aplicação de uréia em pulverizações na cultura do algodoeiro.

Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 17, n. 1, p. 61-66, 1993.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 3 ed. Trad. SANTAREM, E.R. Porto Alegre: ARTMED, 2004. 719 p.

TRINDADE, M.G.; STONE, L.F., HEINEMANN, A.B. Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no cerrado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Viçosa, v. 10, p.24-29, 2006.

WENDLING, A.; ELTZ, F.L.F.; CUBILLA, M.M.; AMADO, T.J.C; MIELNICZUK, J.; LOVATO, T. Recomendação de adubação nitrogenada para trigo em sucessão ao milho e soja sob sistema de plantio direto no Paraguai. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p. 985-994, 2007.

YANG, J.; ZHANG, J.; HUANG, Z.; ZHU, Q. & WANG, L. Remobilization of carbon reserves is improved by controlled soil-drying during grain filling of wheat. Crop Science, v. 40, p. 1645-1655, 2000.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W.S.; KUNZ, R.P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. Ciência Rural, Santa Maria, v. 32, p. 25-29, 2002.