

Fontes e doses de nitrogênio na adubação de semeadura do trigo no Paraná



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Soja
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 8

Fontes e doses de nitrogênio na adubação de semeadura do trigo no Paraná

*José Salvador Simoneti Foloni
Manoel Carlos Bassoi
Adilson de Oliveira Junior
Cesar de Castro
Autores*

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass, s/n, acesso Orlando Amaral, distrito da Warta,
Caixa Postal 231, CEP 86001-970, Londrina, PR
Telefone: (43) 3371 6000 - Fax: (43) 3371 6100
www.embrapa.br/soja
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Ricardo Vilela Abdelnoor*

Secretário-Executivo: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Membros: *Adeney de Freitas Bueno, Adônis Moreira, Alvari Antonio Balbinot Junior, Claudio Guilherme Portela de Carvalho, Eliseu Binneck, Fernando Augusto Henning, Liliâne Márcia Mertz Henning e Norman Neumaier*

Supervisão editorial: *Vanessa Fuzinatto Dall´Agnol*

Normalização bibliográfica: *Ademir Benedito Alves de Lima*

Editoração eletrônica: *Thais Cavalari Rosa*

Fotos da capa: *José Salvador Simoneti Foloni*

1ª edição

On line (2014).

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Soja

Foloni, José Salvador Somoneti

Fontes e doses de nitrogênio na adubação de semeadura do trigo no Paraná
[recurso eletrônico]: / José Salvador Simoneti Foloni et al. – Londrina: Embrapa
Soja, 2014.

(Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Soja, ISSN : 2178-1680
; n.8).

1. Trigo-Adubação-Nitrogênio. I. Bassoi, Manoel Carlos. II. Adilson de Oliveira
Junior. III. Cesar de Castro. IV. Título. V. Série.

CDD: 633.11098162 (21.ed).

© Embrapa 2014

Sumário

Resumo.....	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos.....	11
Resultados e Discussão.....	16
Considerações Finais.....	30
Referências.....	31

Fontes e doses de nitrogênio na adubação de semeadura do trigo no Paraná

*José Salvador Simoneti Foloni*¹

*Manoel Carlos Bassoi*²

*Adilson de Oliveira Junior*³

*Cesar de Castro*⁴

Resumo

Objetivou-se com este trabalho avaliar a aplicação de N nos sulcos de semeadura do trigo, a partir de diferentes doses com as fontes ureia, ureia tratada com inibidor de urease (ureia + NBPT) e nitrato de amônio, em comparação à adubação nitrogenada de cobertura, em duas localidades representativas das macrorregiões tritícolas (MRTs) 1 e 3 do Paraná. Os experimentos foram conduzidos na safra de 2011, em Ponta Grossa (MRT 1) e Londrina (MRT 3). Ambos foram instalados no delineamento em blocos completos ao acaso, no esquema fatorial 3x3x2 mais dois tratamentos complementares, da seguinte forma: ureia, ureia + NBPT e nitrato de amônio com as doses de 20, 40 e 80 kg ha⁻¹ de N na semeadura, combinadas com 0 e 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura; mais dois tratamentos complementares, sem N-adubo (semeadura e cobertura) e somente 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura. O nitrato de amônio é a fonte nitrogenada mais segura para aplicação nos sulcos de semeadura do trigo. Há risco significativo de toxicidade às plantas quando a ureia é utilizada na adubação de base da lavoura. O NBPT minimiza o impacto negativo da ureia. Indica-se aplicar de

¹ Eng. Agrônomo, D.Sc., pesquisador da Embrapa Soja, Londrina/PR

² Eng. Agrônomo, Ph.D., pesquisador da Embrapa Soja, Londrina/PR

³ Eng. Agrônomo, D. Sc., pesquisador da Embrapa Soja, Londrina/PR

⁴ Eng. Agrônomo, D.Sc., pesquisador da Embrapa Soja, Londrina/PR

20 a 40 kg ha⁻¹ de N na adubação de semeadura do trigo. O modo de aplicação de N influencia fortemente o acamamento. Os máximos rendimentos de grãos são alcançados com doses de N relativamente baixas. As características edafoclimáticas das macrorregiões tritícolas 1 e 3 do Paraná influenciam o manejo do N.

Palavras-chave: triticultura, ureia, NBPT, nitrato de amônio, fertilizantes nitrogenados.

Sources and levels of nitrogen applied in the wheat sowing in Paraná state, Brazil

Abstract

The objective was to evaluate the application of N in wheat sowing with different levels of urea, urea + NBPT (urease inhibitor) and ammonium nitrate, comparing with the topdressing nitrogen fertilization, in two sites of wheat macro-regions (WMR) 1 and 3 of Paraná, Brazil. The experiments were carried out during 2011 agricultural year in Ponta Grossa (WMR 1) and Londrina (WMR 3). Two experiments were designed as randomized complete block, and the treatments were arranged in a 2x3x3 factorial design with four replications, as follows: urea, urea + NBPT and ammonium nitrate applied with the levels of 20, 40 and 80 kg ha⁻¹ N in sowing, and were combined with the presence and absence of topdressing fertilization with 80 kg ha⁻¹ N; and two additional treatments without N-fertilizer and only 80 kg ha⁻¹ N in topdressing. Ammonium nitrate is the safest nitrogen source for application in wheat sowing. There is significant risk of toxicity to plants when urea is used in crop sowing fertilization. NBPT reduces the negative impact of urea. The recommendation is 20 to 40 kg ha⁻¹ N in wheat sowing fertilization. The way to apply of N influences the lodging of the wheat plants. The maximum grain yield is obtained with N rates relatively low. The soil and climatic characteristics of the wheat macro-regions 1 and 3 of Paraná influence the management of N.

Index terms: wheat cultivation, urea, NBPT, ammonium nitrate, nitrogen fertilizers.

Introdução

Nas últimas safras no Paraná, análises econômicas têm apontado para o forte impacto dos fertilizantes no custo de produção do trigo, com destaque para as fontes nitrogenadas (HIRAKURI, 2012; CONAB, 2013; SEAB, 2014). Diante desse cenário, têm sido corriqueiras as discussões sobre a necessidade de aumentar a eficiência de uso do nitrogênio (N) na triticultura.

De maneira geral, à medida que se aumenta o aporte de N nas lavouras graníferas há redução do índice de aproveitamento do adubo, considerando-se neste cálculo a quantidade de grãos colhidos por unidade de nutriente aplicado (CANTARELLA & MONTEZANO, 2010). Ou seja, potencializar os efeitos da adubação nitrogenada, na grande maioria dos casos, não significa simplesmente fornecer mais N às plantas.

No que se refere ao modo de aplicação de N, preconiza-se para o trigo no Estado do Paraná aumentar a dose do fertilizante nitrogenado nos sulcos de semeadura, alegando maior eficiência de uso nessas condições (CBPTT, 2013). Porém, quantidades relativamente elevadas de N-mineral nas linhas da cultura recorrentemente causam injúrias às sementes e plântulas, devido ao aumento do potencial osmótico na solução do solo (efeito salino), associado ou não à toxicidade gerada pela absorção excessiva do nutriente pelos tecidos em formação (TISDALE et al., 1985; GRANT & BAILEY, 1999).

Apesar de haver limitação ao aumento da dose de N na semeadura do trigo, são frequentes as indicações para que se adote esta modalidade de aplicação, com o objetivo de favorecer o crescimento inicial e o perfilhamento das plantas. Por exemplo, Wiethölter (2011) relata que quando o trigo é instalado sobre a palhada de milho, e especialmente quando há abundância de restos culturais, é fundamental antecipar todo ou parte expressiva do N-adubo que seria aplicado em cobertura, pois, o prejuízo à lavoura pode ser irreversível em razão da forte imobilização do nutriente no processo de mineralização da palhada.

No que diz respeito às fontes nitrogenadas, no Brasil utilizam-se basicamente as que contêm N solúvel na forma amídica (ureia), amoniacal e/ou nítrica (CANTARELLA & MONTEZANO, 2010). Contudo, a ureia [CO(NH₂)₂] tem sido a mais empregada por causa do baixo custo, o qual é decorrente da elevada eficiência industrial e do baixo dispêndio com frete (alta concentração de N por quilo de adubo) (CANTARELLA, 2007; CANTARELLA & MONTEZANO, 2010).

Embora tenha baixo custo, há problemas agrônômicos no manejo da ureia. Esta fonte tem a sua eficiência reduzida quando aplicada a lanço em período seco sobre a palhada no sistema plantio direto (SPD), principalmente por causa de perdas por volatilização do N na forma de amônia (NH₃) (CANTARELLA, 2007).

A eficiência de uso do N pode ser incrementada com fontes de baixa solubilidade, de liberação controlada ou aditivadas com inibidores, ou seja, há fertilizantes que mantêm o N em formas menos sujeitas a perdas, também denominados de “Fertilizantes de Eficiência Aumentada” (FEA). No entanto, Cantarella & Montezano (2010) ressaltam que entre os FEAs, os de liberação lenta/controlada têm apresentado preços elevados no Brasil, de duas a oito vezes superiores aos dos fertilizantes convencionais, inviabilizando o uso para grande parte dos agricultores.

Os fertilizantes aditivados, por sua vez, têm sido mais aceitos pelos produtores nacionais por apresentarem preços mais próximos aos das fontes convencionais. Nesse contexto, tem-se empregado basicamente duas classes de aditivos: os inibidores de urease e de nitrificação (CANTARELLA, 2007; CANTARELLA & MONTEZANO, 2010).

Devido ao fato de a ureia ser amplamente utilizada no Brasil, a comercialização de inibidores da enzima urease vem sendo alavancada nos últimos anos (CANTARELLA & MONTEZANO, 2010). Entre os inibidores disponíveis destaca-se o fosfato de N-n-butiltriamida (NBPT), que retarda a hidrólise da ureia por poucos dias a semanas, dependendo das condições de umidade e temperatura

do solo (CANTARELLA, 2007; CHIEN et al., 2009; CANTARELLA & MONTEZANO, 2010).

Caso haja intenção de aplicar ureia nos sulcos de semeadura da cultura, é preciso ter precaução, pois, no processo de transformação do N-amídico em N-amoniaco pode haver acúmulo do gás amônia (NH₃) no volume de solo próximo às sementes e plântulas, e este gás pode ser intensamente tóxico. Contudo, se a ureia for tratada com NBPT, a conversão de N-amídico em N-NH₃ e N-NH₄⁺ tende a ser mais lenta, o que pode reduzir o potencial de dano à lavoura na sua fase inicial (GRANT & BAILEY, 1999; KARAMANOS et al., 2003).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a aplicação de N nos sulcos de semeadura do trigo, a partir de diferentes doses com as fontes ureia, ureia tratada com inibidor de urease (ureia + NBPT) e nitrato de amônio, em comparação à adubação nitrogenada de cobertura, em duas localidades representativas das macrorregiões tritícolas (MRTs) 1 e 3 do Paraná.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos na safra 2011 em fazendas experimentais da Embrapa, em Ponta Grossa (MRT 1), em regime de sequeiro, e em Londrina (MRT 3), sob irrigação por aspersão. As localizações geográficas dos experimentos foram as seguintes: (1) Ponta Grossa: 25° 09' 15" sul, 50° 05' 14" oeste e 866 m de altitude; e (2) Londrina: 23° 11' 09" sul, 51° 10' 23" oeste e 551 m de altitude. Ambos os experimentos foram instalados sobre palhada de soja em áreas manejadas no SPD. Em Londrina a área vinha sendo conduzida com a sucessão soja/trigo, e em Ponta Grossa com a rotação de soja e milho no verão, e trigo e aveia-preta no inverno.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima de Londrina é do tipo Cfa, caracterizado como subtropical úmido, com verões quentes e chuvosos, geadas pouco frequentes e sem estação seca definida. Em Ponta Grossa é do tipo Cfb, tipicamente temperado, com

temperaturas amenas no verão, invernos chuvosos e com expressivo risco de geada (IAPAR, 2012). Na Figura 1 estão apresentados os dados diários de precipitação pluvial e de temperaturas máxima e mínima, coletados no decorrer da condução dos experimentos. Em Londrina a lavoura foi instalada no segundo decêndio de abril, e em Ponta Grossa no segundo decêndio de junho.

O solo de Ponta Grossa foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico de textura média, e o de Londrina como Latossolo Vermelho distroférico de textura argilosa (EMBRAPA, 2006; BHERING & SANTOS, 2008). As áreas apresentavam qualidade de solo satisfatória para o cultivo de trigo (CBPTT, 2011). Foram realizadas amostragens na camada de 0-20 cm de profundidade para caracterização de atributos químicos (PAVAN et al., 1992) e granulométricos (EMBRAPA, 1997), para Ponta Grossa e Londrina, respectivamente, a saber: 5,64 e 5,42 de pH em CaCl₂; 23,78 e 16,50 g dm⁻³ de C; 10,41 e 28,52 mg dm⁻³ de P; 2,89 e 3,89 cmolc dm⁻³ de H + Al; 0,21 e 0,53 cmolc dm⁻³ de K; 4,18 e 6,12 cmolc dm⁻³ de Ca; 1,56 e 2,18 cmolc dm⁻³ de Mg; 8,84 e 12,72 cmolc dm⁻³ de CTC; 67,31 e 69,42% de saturação por bases (V); 698 e 196 g kg⁻¹ de areia; 38 e 86 g kg⁻¹ de silte; 264 e 718 g kg⁻¹ de argila.

Utilizou-se a cultivar BRS Tangará instalada com 300 sementes viáveis m⁻² e espaçamento entre linhas de 0,20 m, proporcionando estande adequado para a cultura. O manejo fitossanitário (plantas daninhas, pragas e doenças), adubação (P e K) e demais tratamentos culturais foram baseados nas indicações da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale - CBPTT (2011) e AGROFIT (2011). Em Londrina utilizou-se irrigação por meio de equipamento autopropelido munido de barras e ponteiros aspersoras. O manejo foi realizado para repor a água evapotranspirada ao longo de todo o ciclo da lavoura, de acordo com monitoramento diário e desenvolvimento fenológico do trigo (CBPTT, 2011).

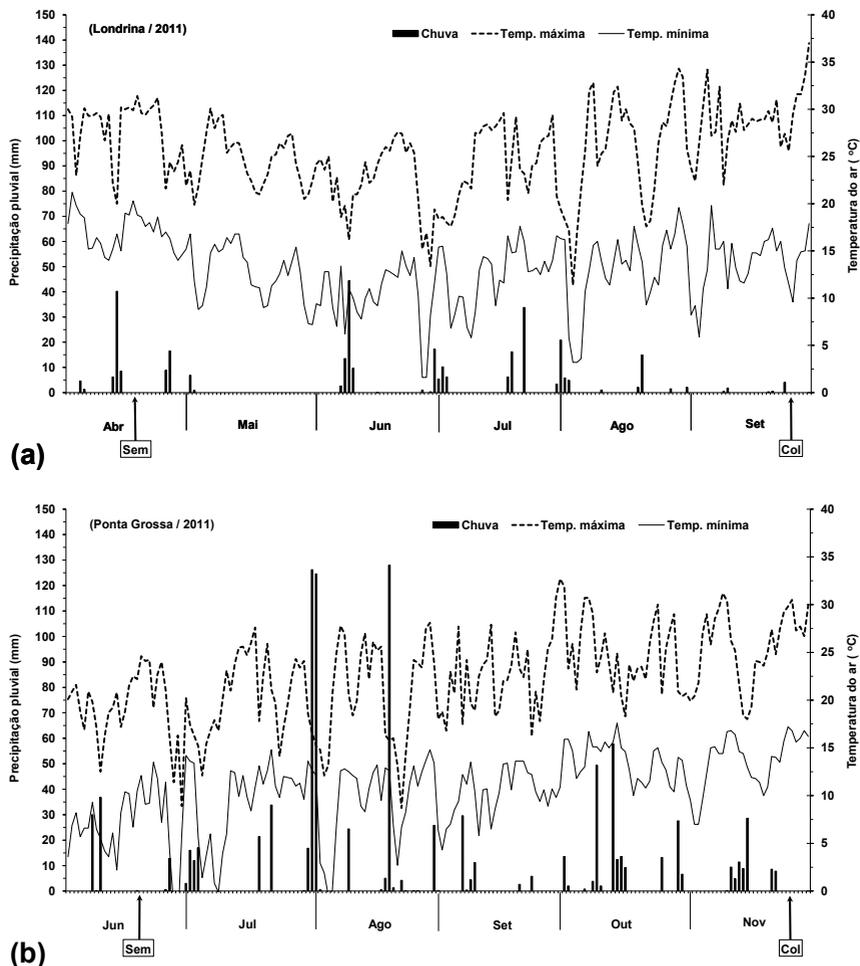


Figura 1. Dados diários de precipitação pluviométrica e temperaturas máxima e mínima coletados no decorrer da condução dos experimentos em Londrina/PR (a) e Ponta Grossa/PR (b), na safra 2011. Sem: semeadura; Col: colheita.

Ambos os experimentos foram instalados no delineamento em blocos completos ao acaso, no esquema fatorial $3 \times 3 \times 2$ mais dois tratamentos complementares, com quatro repetições, da seguinte forma: três fontes nitrogenadas aplicadas nos sulcos de semeadura do trigo, sendo a

ureia, ureia + NBPT e nitrato de amônio, com as doses de 20, 40 e 80 kg ha⁻¹ de N, combinados com a adubação nitrogenada de cobertura com 0 e 80 kg ha⁻¹ de N com a fonte ureia; mais dois tratamentos complementares, sendo um de ausência de N na semeadura e na cobertura (sem N-adubo), e outro de ausência de N na semeadura e 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura (ureia).

As parcelas foram constituídas por dez linhas de lavoura espaçadas a 0,2 m por 6,0 m de comprimento, totalizando 12 m², e a área útil das mesmas foi composta pelas seis linhas centrais por 5,0 m de comprimento, descartando-se 0,5 m de lavoura nas extremidades longitudinais.

No tratamento de ureia mais inibidor de urease foi utilizado o ingrediente ativo N-n-butiltriamida (NBPT), na concentração de 450 mg de NBPT por quilo de fertilizante, a partir do produto comercial Agrotain®. Para as adubações de semeadura, definiram-se as doses de P₂O₅ (Superfosfato triplo) e K₂O (Cloreto de potássio) a partir das análises dos solos e das recomendações da CBPTT (2011). As doses de P e K foram misturadas previamente às doses de N para compor os adubos formulados NPK, de acordo com os tratamentos experimentais. A adubação de cobertura foi realizada no início do perfilhamento da cultura, entre os estádios 22 a 23 da escala de Zadoks et al. (1974), com aplicação a lanço sobre a palhada em toda a área das parcelas. Esta operação foi programada em ambos os locais (Londrina e Ponta Grossa) para que ocorresse quando houvesse oferta hídrica suficiente, para possibilitar a dissolução e infiltração da ureia no solo, favorecendo o aproveitamento do fertilizante pelas plantas.

Foi quantificado o número de plantas emergidas por unidade de área (estande inicial) quando as mesmas encontravam-se com duas a três folhas desdobradas, equivalente aos estádios fenológicos 12 e 13 da escala de Zadoks et al. (1974). Para tanto, fizeram-se amostragens em três pontos ao acaso na área útil das parcelas utilizando-se gabaritos que demarcavam três segmentos de linha de lavoura de 0,5 m (1,5 m/subamostra), totalizando 0,9 m² por parcela.

Para avaliar o acamamento do trigo foram atribuídas notas de 0 a 100% por meio de avaliação visual na área útil das parcelas, por ocasião da colheita. Foram consideradas como plantas acamadas aquelas que se encontravam com inclinação dos colmos inferior a 45° em relação à superfície do solo (PENCKOWSKI et al., 2009).

Somente no experimento conduzido em Londrina, após a maturação fisiológica dos grãos, foram realizadas amostragens para coletar a parte aérea das plantas, as quais foram cortadas rente à superfície do solo em três pontos ao acaso na área útil das parcelas, totalizando 0,6 m² por parcela. O material vegetal foi submetido à secagem em estufa de aeração forçada a 60 °C até atingir massa constante e, em seguida, foram realizadas pesagem e trilhagem dos grãos. De posse da biomassa seca (MS) da parte aérea das plantas e MS dos grãos, calculou-se o índice de colheita (IC) por meio da seguinte equação: $IC = MS \text{ dos grãos} / (MS \text{ da parte aérea} + MS \text{ dos grãos})$.

Fez-se a colheita mecanizada dos grãos da área útil das parcelas por meio de colhedora automotriz desenvolvida para experimentação agrícola, e calculou-se a produtividade com teor de água corrigido a 130 g kg⁻¹.

No estudo estatístico, para avaliar as interações entre as fontes e as doses de N aplicadas na semeadura, assim como para as comparações entre as doses de N na semeadura e/ou em cobertura, consideraram-se os tratamentos experimentais como variáveis qualitativas, os quais foram submetidos à análise de variância e ao teste F ($p \leq 0,05$), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fez-se também análise de regressão para parte dos dados gerados, e foram ajustadas equações a partir da significância do coeficiente da regressão e do teste F, ambos a 5% de probabilidade, em consonância com os maiores valores do coeficiente de determinação (R²).

Resultados e Discussão

Houve prejuízo significativo ao estande inicial do trigo em decorrência da fonte e da dose de N aplicadas nos sulcos de semeadura (Figura 2). Além disso, a intensidade do prejuízo variou em razão do ambiente de cultivo.

Para o experimento conduzido no solo argiloso com irrigação em Londrina (Figura 2a), as fontes ureia e ureia + NBPT comprometeram a população inicial de plantas com 80 kg ha⁻¹ de N, quando comparadas ao nitrato de amônio. Na outra situação, no solo de textura média no sequeiro em Ponta Grossa, houve redução da população de plantas a partir de 40 kg ha⁻¹ de N, porém, apenas para a ureia (Figura 2b).

Verifica-se na Figura 2 o seguinte quadro geral: (1) Para a dose de 20 kg ha⁻¹ de N aplicada na semeadura, nenhuma das fontes nitrogenadas causou problema ao estande do trigo, para ambos os locais estudados; (2) Com 40 kg ha⁻¹ de N, para o ambiente de cultivo de solo argiloso com irrigação em Londrina, não houve diferença de nível dano à cultura, comparando-se as fontes ureia, ureia + NBPT e nitrato de amônio; porém, no experimento conduzido no solo de textura média no sequeiro em Ponta Grossa, o inibidor de urease NBPT reduziu significativamente o efeito deletério da ureia sobre o estande da lavoura; e (3) Por último, com 80 kg ha⁻¹ de N, somente o nitrato de amônio mostrou-se seguro para compor fertilizantes NPK a serem ministrados nas linhas de semeadura, independentemente do ambiente de cultivo.

Fica evidente, portanto, que há limites para o uso da ureia e da ureia + NBPT na adubação de base do trigo. Para reforçar essas observações, há os relatos de Grant & Bailey (1999) e de Karamanos et al. (2003), em que ressalta-se que a ureia, quando aplicada na instalação da lavoura, pode gerar elevadas quantidades do gás tóxico NH₃ no volume de solo próximo às sementes, com forte potencial de dano. O tratamento com NBPT, por sua vez, tende a retardar as transformações químicas da ureia e, por consequência, pode minimizar os problemas decorrentes do excesso de NH₃.

Wiethölter (2011) também alerta sobre os riscos de se usar ureia na adubação de base do trigo. O autor reforça que esse adubo deve ser mantido a uma distância mínima de 2,5 cm em relação às sementes, com restrições também quanto à dose a ser ministrada.

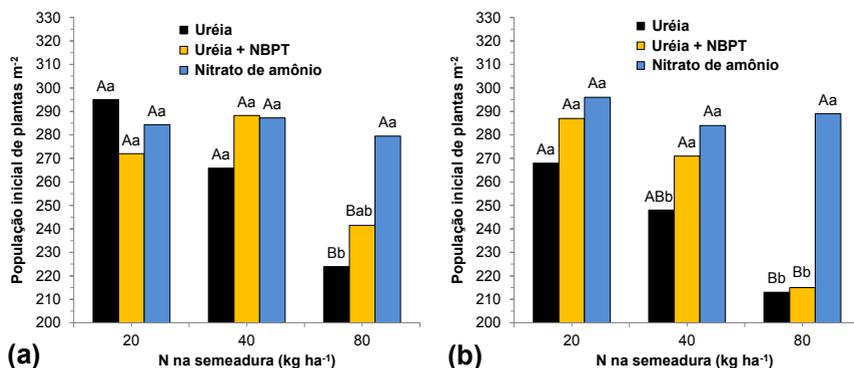


Figura 2. População inicial de plantas de trigo em lavouras conduzidas em Londrina/PR sob irrigação (a) e em Ponta Grossa/PR em regime de sequeiro (b), em razão da adubação nitrogenada na semente com as fontes ureia, ureia + NBPT e nitrato de amônio, com as doses de 20, 40 e 80 kg ha⁻¹ de N, na safra 2011. Letras maiúsculas nas colunas comparam doses para cada fonte de N, e minúsculas comparam fontes dentro de cada dose, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV(a) = 10,63%; CV(b) = 13,48%.

Há questionamentos sobre a salinidade dos fertilizantes utilizados no presente estudo. Segundo Wiethölter (2011), para quantificar este atributo considera-se como referência o valor 100 para o sal nitrato de sódio (NaNO₃). Dessa forma, tem-se o índice salino de 75,4 para a ureia e de 104,7 para o nitrato de amônio. Reafirma-se, portanto, que as injúrias proporcionadas pela ureia ao estande do trigo (Figura 2), provavelmente ocorreram em razão do efeito tóxico do gás NH₃ e/ou do excesso de absorção de N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ (GRANT & BAILEY, 1999; KARAMANOS et al., 2003), visto que a salinidade do nitrato de amônio é superior a da ureia.

Apesar de haver limitações para o uso de fertilizantes nitrogenados nas linhas de semente da lavoura, são frequentes os argumentos

sobre a importância do N para o desenvolvimento inicial do trigo. Para exemplificar, tem-se a explanação de Wiethölter (2011), na qual se enfatiza que quando o trigo é instalado sobre a palhada de milho no SPD, e especialmente quando há abundância de restos culturais, convém antecipar todo ou parte expressiva do N que seria aplicado em cobertura, pois, os prejuízos à lavoura podem ser irreversíveis em decorrência da forte imobilização do nutriente no processo de mineralização da palhada. Há também a recomendação da CBPTT (2013), para a triticultura no Estado do Paraná, em que se indica aumentar a dose de fertilizante nitrogenado na semeadura da lavoura, visando elevar a eficiência de uso do N-adubo.

Na Figura 3 estão apresentados os resultados de acamamento do trigo em função do modo de aplicação de N (semeadura versus cobertura). Foram consideradas as médias das três fontes nitrogenadas adicionadas na semeadura, para cada dose de N, comparando-as com a adubação nitrogenada de cobertura.

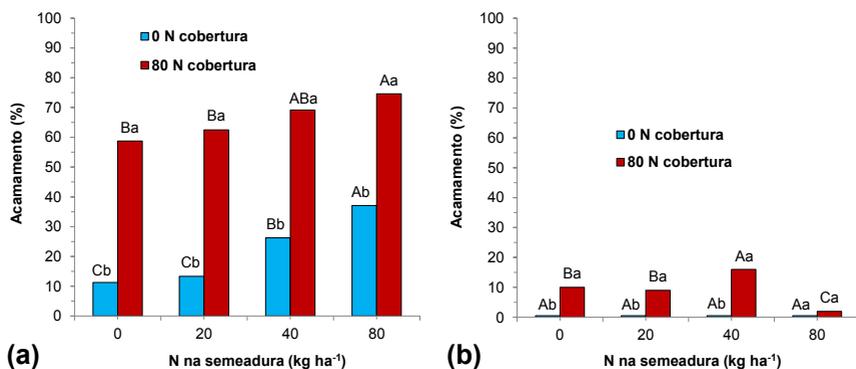


Figura 3. Acamamento da lavoura de trigo por ocasião da colheita em Londrina/PR sob irrigação (a) e em Ponta Grossa/PR em regime de sequeiro (b), em razão da adubação nitrogenada na semeadura com 0, 20, 40 e 80 kg ha⁻¹ de N, combinada com a adubação de cobertura com 0 e 80 kg ha⁻¹ de N, na safra 2011. Letras maiúsculas nas colunas comparam doses de N na semeadura, e minúsculas comparam doses de N em cobertura, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados da adubação nitrogenada de semeadura foram calculados a partir da média das três fontes de N em estudo. CV(a) = 22,71%; CV(b) = 84,17%.

Em termos de ambiente de cultivo, o acamamento foi expressivamente maior em Londrina no solo argiloso com irrigação, em relação à lavoura conduzida em Ponta Grossa no solo de textura média no sequeiro, independentemente do modo de aplicação e da dose de N (Figura 3).

Do ponto de vista conceitual, além do aporte de N via adubação, há disponibilização de N a partir da mineralização da matéria orgânica (MO) do solo e da palhada no SPD. Além disso, a dinâmica de transformação do N-orgânico em N-mineral é fortemente influenciada por fatores ambientais (CANTARELLA, 2007; WIETHÖLTER, 2011).

Sendo assim, em regiões quentes, quando não há restrições de outros fatores ambientais, a taxa de mineralização do N-orgânico tende a ser alta, ao passo que há inibição parcial desse processo em locais com temperaturas mais baixas (CANTARELLA, 2007; PIRES et al., 2011; WIETHÖLTER, 2011).

Os experimentos do presente trabalho foram realizados em duas regiões tritícolas distintas em termos de clima (CBPTT, 2013), a saber: (1) Ponta Grossa (Macrorregião tritícola 1): caracterizada como fria, úmida e de altitudes elevadas, com alto risco de geada, abrangendo o centro-sul e sudeste do Paraná; e (2) Londrina (Macrorregião tritícola 3): definida como quente, moderadamente seca e de baixas altitudes, com baixo risco de geada, compreendendo basicamente o norte do Paraná.

Partindo do princípio de que o excesso de N aumenta a ocorrência de acamamento no trigo, discute-se a seguinte questão: (1) em ambientes quentes, por exemplo, quando a oferta hídrica é satisfatória, a mineralização do N-orgânico é rápida, fazendo com que as plantas cresçam exageradamente, favorecendo o acamamento; e (2) O inverso é verdadeiro, ou seja, em regiões frias a mineralização do N-orgânico é mais lenta, acarretando em menor oferta de N-mineral às plantas, minimizando o acamamento.

Para corroborar a argumentação supracitada, tem-se o trabalho de Penckowski et al. (2009), no qual determinadas cultivares de trigo são

classificadas como suscetíveis ao acamamento na macrorregião tritícola 3 do Paraná (ambiente relativamente quente), e como resistentes ao acamamento na macrorregião tritícola 1 (ambiente relativamente frio).

Voltando ao presente estudo, nota-se na Figura 1 que as temperaturas médias diárias em Londrina, onde o acamamento foi elevado, foram expressivamente mais altas do que em Ponta Grossa, onde o acamamento foi insignificante em termos agrônômicos, mesmo nas situações em que a lavoura recebeu 160 kg ha^{-1} de N, somando-se as adubações de semeadura e cobertura (Figura 3).

Outros fatores como a cultivar, manejo do solo, doença, época de semeadura, etc., podem afetar o grau de resposta do trigo à adubação nitrogenada, assim como, o acamamento. Para exemplificar, Wiethölter (2011) enfatiza que em semeaduras antecipadas há tendência de aumento do período vegetativo da lavoura de trigo e, por consequência, as plantas podem se tornar mais acamadoras.

Neste trabalho, reforçando a argumentação de Wiethölter (2011), o trigo semeado em abril em Londrina, além da possibilidade de ter recebido maior aporte de N-nativo do SPD (MO do solo e palhada), pode ter sofrido aumento do seu período vegetativo devido à antecipação da semeadura, quando comparado ao trigo semeado em junho em Ponta Grossa (Figuras 1 e 3).

No experimento de Espindula et al. (2010), foram avaliadas as doses de 40, 60, 80, 100 e 120 kg ha^{-1} de N, aplicadas totalmente na semeadura do trigo ou parceladamente (semeadura e cobertura), para as cultivares BRS 210 e TBIO Pioneiro, classificadas como resistente e moderadamente suscetível ao acamamento, respectivamente. Constatou-se que o N aplicado em cobertura intensificou fortemente o acamamento da TBIO Pioneiro, em relação ao N na semeadura.

Pesquisadores têm salientado que o acamamento limita o uso de doses mais elevadas de N para se alcançar o máximo potencial produtivo

do trigo, e as principais estratégias para minimizar este entrave têm sido o uso de cultivares resistentes e/ou a aplicação de redutor de crescimento (ZAGONEL et al., 2007; PIRES et al., 2011; WIETHÖLTER, 2011; PRANDO et al., 2013). Nesse contexto, o modo de aplicação do fertilizante nitrogenado pode contribuir para minimizar o problema, por meio do incremento do N na semeadura em detrimento do N em cobertura (Figura 3).

Na Figura 4 estão apresentados os resultados de produtividade do trigo, somente para a comparação entre fontes e doses de N aplicadas na semeadura. Tem-se o seguinte cenário: (1) Para o experimento realizado em Londrina no solo argiloso com irrigação, não houve diferença entre as fontes nitrogenadas na semeadura; (2) Verificou-se em Londrina que a dose de 20 kg ha⁻¹ de N foi suficiente para a lavoura alcançar a máxima produtividade de grãos, da ordem de 5.400 a 5.500 kg ha⁻¹; (3) Em Ponta Grossa, o aporte de 20 kg ha⁻¹ de N na adubação de base também proporcionou o máximo rendimento da cultura, ou seja, doses maiores foram desnecessárias; (4) Em Ponta Grossa, não houve diferença de resposta entre as fontes nitrogenadas para adubações de até 40 kg ha⁻¹ de N na semeadura; (5) Em Ponta Grossa, na lavoura que recebeu 80 kg ha⁻¹ de N na semeadura, somente o nitrato de amônio mostrou-se seguro; e (6) Em Ponta Grossa, apesar de ter havido redução de produtividade do trigo que recebeu 80 kg ha⁻¹ de N com a fonte ureia, o inibidor de urease NBPT minimizou significativamente este efeito negativo.

Na Figura 5 estão expostas as comparações entre os modos de aplicação de N (semeadura e cobertura), para a produtividade de grãos. Nesses cálculos foram consideradas as médias das três fontes de N ministradas na semeadura do trigo. No experimento conduzido em Londrina, verificou-se que a adubação nitrogenada não contribuiu para incrementar o rendimento da cultura, em nenhuma das situações testadas. Ou seja, somente o N-nativo do SPD foi suficiente para proporcionar o máximo desempenho da lavoura. Ainda em Londrina, houve forte queda de produtividade devido ao excesso de N-adubo, nas

situações com 40 kg ha⁻¹ de N na semeadura mais 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura, e com 80 kg ha⁻¹ de N na semeadura mais 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

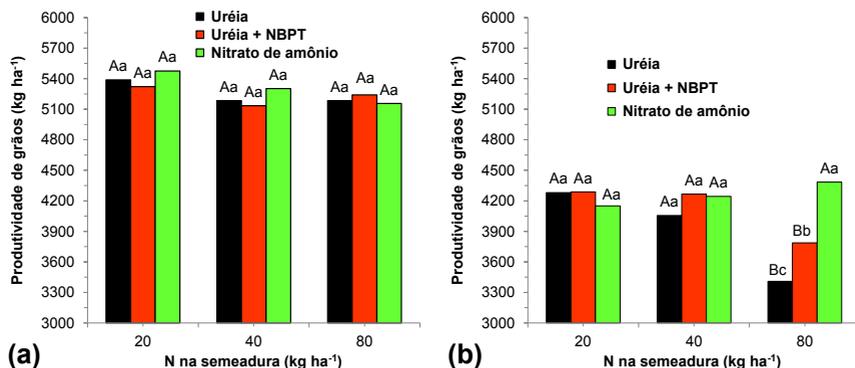


Figura 4. Produtividade de grãos de lavoura de trigo em Londrina/PR sob irrigação (a) e em Ponta Grossa/PR em regime de sequeiro (b), em razão da adubação nitrogenada na semeadura com as fontes ureia, ureia + NBPT e nitrato de amônio, com as doses de 20, 40 e 80 kg ha⁻¹ de N, na safra 2011. Letras maiúsculas nas colunas comparam doses para cada fonte de N, e minúsculas comparam fontes dentro de cada dose, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV(a) = 4,97%; CV(b) = 6,90%.

Para o trigo conduzido em Ponta Grossa (Figura 5b), no que diz respeito ao modo de aplicação de N, somente a adubação de cobertura foi suficiente para que ocorresse a máxima produtividade de grãos. Ou seja, o N na semeadura não foi necessário. Além do mais, ao contrário do que foi constatado em Londrina, o N-adubo em Ponta Grossa foi fundamental para incrementar o rendimento do trigo, independentemente do modo de aplicação.

Observa-se também na Figura 5b que a adubação nitrogenada na semeadura em Ponta Grossa, acima de 40 kg ha⁻¹ de N, foi prejudicial à lavoura. Reafirma-se, portanto, que é necessário ter cautela quanto ao N adicionado na adubação de base do trigo, em determinadas condições de cultivo. Para finalizar, tal como aconteceu em Londrina, houve redução significativa de produtividade quando o trigo recebeu

doses elevadas de fertilizantes nitrogenados, da ordem de 120 a 160 kg ha⁻¹ de N, somando-se a semeadura e cobertura. Fica evidente, portanto, que há forte interação entre ambiente de produção e manejo da adubação nitrogenada, não somente em termos de ajuste da dose a ser ministrada, mas também no que diz respeito ao modo de aplicação do fertilizante.

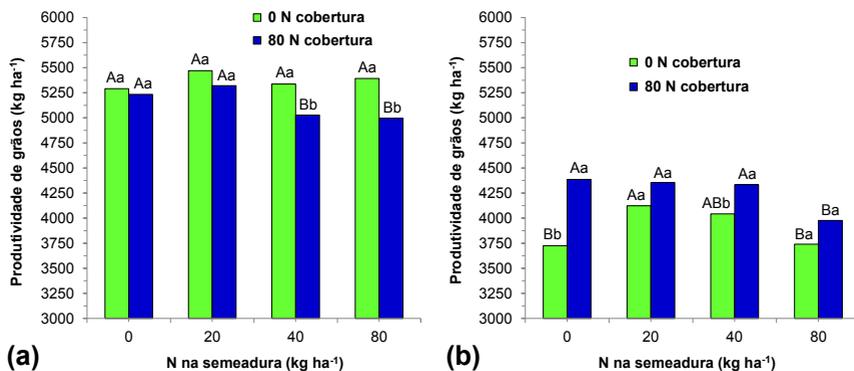


Figura 5. Produtividade de grãos de trigo em Londrina/PR sob irrigação (a) e em Ponta Grossa/PR em regime de sequeiro (b), em razão da adubação nitrogenada na semeadura com 0, 20, 40 e 80 kg ha⁻¹ de N, combinada com a adubação de cobertura com 0 e 80 kg ha⁻¹ de N, na safra 2011. Letras maiúsculas nas colunas comparam doses de N na semeadura, e minúsculas comparam doses de N em cobertura, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados da adubação nitrogenada de semeadura foram calculados a partir da média das três fontes de N em estudo. CV(a) = 4,58%; CV(b) = 7,97%.

No experimento conduzido por Prado et al. (2013), avaliou-se o manejo da adubação nitrogenada na lavoura de trigo nas safras de 2008 e 2009 em Londrina/PR, em áreas conduzidas no SPD sobre palhada de soja, em condições de cultivo similares às do presente trabalho. Verificou-se prejuízo significativo de rendimento de grãos em decorrência do aporte de N. Ou seja, a adubação nitrogenada causou decréscimos de produtividade da ordem de 35 e 49 kg ha⁻¹ de grãos para cada 10 kg ha⁻¹ de N adicionados, nas safras de 2008 e 2009, respectivamente, em comparação à lavoura que não recebeu N. Nesse sentido, concluiu-se que a adubação nitrogenada no trigo, além de aumentar o custo de produção, prejudicou o desempenho da cultura.

Em outro trabalho realizado por Espindula et al. (2010), foram testadas as doses de 40, 60, 80, 100 e 120 kg ha⁻¹ de N, aplicadas totalmente na semeadura do trigo ou parceladamente (semeadura e cobertura), para as cultivares BRS 210 e TBIO Pioneiro. Demonstrou-se que a aplicação de N em cobertura, para todas as doses testadas, não incrementou o rendimento de grãos de ambas as cultivares.

A partir da análise conjunta dos resultados apresentados nas Figuras 2 e 4, conclui-se que o nitrato de amônio foi a fonte de N mais segura para aplicação nos sulcos de semeadura. Sendo assim, foram ajustadas equações de regressão somente para esta fonte, com o intuito de avaliar as doses de N na semeadura, combinadas ou não com a adubação de cobertura (Figura 6).

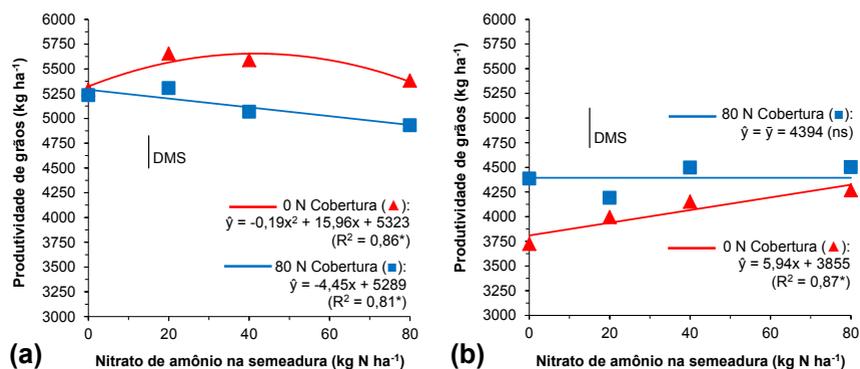


Figura 6. Produtividade de grãos de lavoura de trigo em Londrina/PR sob irrigação (a) e em Ponta Grossa/PR em regime de sequeiro (b), em razão da adubação nitrogenada na semeadura com a fonte nitrato de amônio, com 0, 20, 40 e 80 kg ha⁻¹ de N, combinada com a adubação de cobertura com 0 (▲) e 80 (■) kg ha⁻¹ de N, na safra 2011. * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ns: não significativo. DMS: Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV(a) = 4,87%; CV(b) = 7,18%.

Em Londrina, as maiores produtividades de grãos foram alcançadas com adubações na faixa de 20 a 40 kg ha⁻¹ de N na semeadura, e ausência de N em cobertura (Figura 6a). Por outro lado, em Ponta Grossa o destaque foi para a adubação de cobertura, ou seja, o

maior rendimento foi obtido com a lavoura que não recebeu N na semeadura, mas teve aporte de 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura (Figura 6b).

Diante dessa discrepância de resposta, entende-se que é preciso buscar novos critérios para o manejo do N. Por exemplo: (1) no Estado de São Paulo, são utilizados os conceitos de nível de produtividade esperada e de classe de resposta para calibrar as doses de N para o trigo (CANTARELLA, 2007); (2) nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, as doses de N são definidas em razão do teor de MO do solo e da palhada da cultura antecessora (CBPTT, 2013).

Há na atualidade uma recomendação excessivamente generalista para a adubação nitrogenada do trigo no Paraná. Existem somente duas classes de resposta na tabela, a saber: (1) Para o trigo após soja, deve-se utilizar de 10 a 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura e de 30 a 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura; e (2) Para o trigo após milho, são necessários de 25 a 50 kg ha⁻¹ de N na semeadura e de 30 a 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura (CBPTT, 2013).

No sentido oposto ao da generalidade, há explicações que apontam para a complexidade de fatores, ou seja, que evidenciam a importância de se abranger diferentes interações agrônomicas para aprimorar o manejo do N. Por exemplo, Wiethölter (2011) enfatiza que em regiões tritícolas relativamente quentes e de baixas altitudes, representadas no presente trabalho por Londrina, quando o trigo é antecedido pela soja, deve-se restringir a aplicação de N a, no máximo, 40 kg ha⁻¹ (entre semeadura e cobertura), independentemente do teor de MO do solo. Por outro lado, em regiões frias e de elevadas altitudes, semelhantes à Ponta Grossa, quando o potencial de rendimento de grãos é elevado (acima de 4.000 kg ha⁻¹), muitas vezes são necessárias doses de N maiores que as indicadas nas tabelas de adubação, para todas as faixas de MO do solo.

No presente estudo, as maiores produtividades de grãos em Londrina foram alcançadas com no máximo 40 kg ha⁻¹ de N na semeadura, sem

adição de N em cobertura (Figuras 5 e 6). De maneira inversa, em Ponta Grossa, os maiores rendimentos do trigo foram obtidos com 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura, sem aporte de N na semeadura (Figuras 5 e 6). Esses dados corroboram a argumentação de Wiethölter (2011), sobre a interação entre ambiente de produção e manejo do N na cultura do trigo.

Há outros resultados que também apontam para a interação entre ambiente de produção e manejo do N: (1) Prando et al. (2013) realizaram experimentos em Londrina nas safras de 2008 e 2009, e notaram que apenas 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura foram suficientes para que o trigo atingisse as máximas produtividades em ambos os anos, em cultivos após soja no SPD; concluiu-se que o N em cobertura não foi necessário, e que o N-nativo do SPD foi suficiente para suprir praticamente toda a demanda da cultura; e (2) Prando et al. (2012) conduziram outro experimento em Ponta Grossa na safra de 2008, no qual foram avaliados genótipos de trigo submetidos a fontes e doses de N, e foi verificado que houve expressivo incremento de produtividade em resposta à adição de N-adubo, para a média geral de genótipos e fontes nitrogenadas.

Evidencia-se, portanto, que é necessário reformular o programa de adubação nitrogenada para o trigo paranaense. Essas mudanças devem contemplar conceitos como o da distinção edafoclimática das regiões tritícolas, classes de resposta ao N para genótipos, níveis de produtividade esperada, palhada da cultura antecessora, entre outros.

Na Figura 7 estão apresentados os resultados de biomassa seca (MS) da parta aérea das plantas de trigo e os índices de colheita (IC), avaliados somente para o experimento realizado em Londrina. Nesses cálculos foram consideradas as médias das três fontes de N ministradas na semeadura. Os maiores incrementos de MS ocorreram com adubações da ordem de 20 a 40 kg ha⁻¹ de N na semeadura, sem adição de N em cobertura.

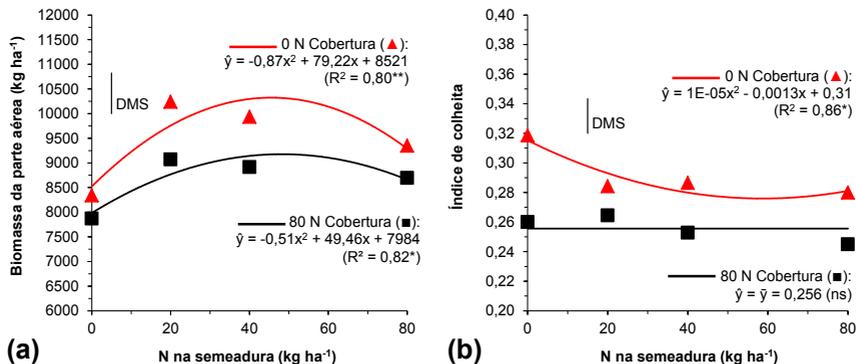


Figura 7. Biomassa seca da parte aérea de plantas de trigo por ocasião da colheita (a) e índice de colheita (b) de lavoura conduzida em Londrina/PR sob irrigação, em razão da adubação nitrogenada na sementeira com 0, 20, 40 e 80 kg ha⁻¹ de N, combinada com a adubação de cobertura com 0 (Δ) e 80 (■) kg ha⁻¹ de N, na safra 2011. ** e * significativos a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ns: não significativo. DMS: Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados da adubação nitrogenada de sementeira foram calculados a partir da média das três fontes de N em estudo. CV(a) = 11,29%; CV(b) = 9,58%.

O máximo desempenho da lavoura foi alcançado com adubações relativamente baixas, tanto para a produtividade de grãos como para o acúmulo de MS das plantas (Figuras 5, 6 e 7). Ou seja, a capacidade fisiológica do trigo não foi limitada pela oferta de N-adubo. Este experimento foi conduzido em ambiente irrigado, em um solo de alta fertilidade, como adequado manejo fitossanitário, no SPD consolidado, com uma cultivar de expressivo potencial produtivo (BRS Tangará) e em um ano de normalidade climática. Sendo assim, questiona-se: Quais fatores ambientais teriam limitado a lavoura? Qual seria a capacidade fisiológica real do trigo, em termos de produção de matéria vegetal (grãos + parte aérea)?

As gramíneas (família Poaceae) são caracterizadas pela alta demanda por N. Porém, algumas possuem via fotossintética C3, como é o caso do trigo, e outras via fotossintética C4, como o milho. Essa diferenciação influencia fortemente a responsividade da lavoura ao N

(TESAR, 1984). Gramíneas C4 possuem maior eficiência fisiológica para aproveitar a energia luminosa, em relação às C3. Portanto, as C4 comprometem menos N na formação do complexo enzimático de fixação do CO₂, sobrando mais N para a formação de novos tecidos (MARSCHNER, 1995; PIMENTEL, 1998; TAIZ & ZEIGER, 2002).

O índice de colheita (IC) pode ser compreendido como uma medida de eficiência fisiológica da lavoura (Figura 7b). Refere-se ao montante de fotoassimilados imobilizado em estruturas da parte aérea das plantas por quilo de grãos produzido. Neste trabalho, o IC máximo foi alcançado com o trigo que não recebeu adubação nitrogenada. Ou seja, o N-adubo estimulou preferencialmente a produção de biomassa da parte aérea das plantas, em detrimento dos grãos. Além disso, o trigo que recebeu N em cobertura apresentou IC significativamente menor.

Os valores de IC corroboram os resultados de acamamento (Figuras 3a e 7b). Significa que o aporte de N estimulou o crescimento exagerado do dossel das plantas, de tal forma que a lavoura acamou. Esses dados remetem ao argumento de que o acamamento limita o uso de doses mais elevadas de N para que trigo possa alcançar o seu máximo potencial produtivo (ZAGONEL et al., 2007; PIRES et al., 2011; WIETHÖLTER, 2011; PRANDO et al., 2013). Portanto, cabem algumas indagações: A baixa resposta da lavoura ao N aconteceu em razão do uso de biótipo inadequado de trigo (IC baixo)? A cultivar utilizada possui elevada eficiência de aproveitamento do N-nativo no SPD? Os valores de IC podem ser utilizados para selecionar genótipos de trigo resistentes ao acamamento e/ou responsivos ao N?

A MS da parte aérea das plantas também serve para calcular o montante de N imobilizado na lavoura. Segundo Cantarella (2007), para produtividades entre 2.000 a 6.000 kg ha⁻¹ de trigo, são necessários, em média, 29 kg de N por tonelada de MS das plantas e 20 kg de N por tonelada de grãos. No presente estudo, a lavoura em Londrina produziu, em média, 9 toneladas de MS por hectare, e rendimento médio de 5.300 kg ha⁻¹ de grãos (Figuras 5 e 7). Portanto, foram

acumulados 261 kg ha⁻¹ de N na parte aérea das plantas e 104 kg ha⁻¹ de N nos grãos, totalizando 365 kg ha⁻¹ de N na lavoura de trigo.

Diante dessa expressiva demanda por N, deduz-se que o N-nativo do SPD foi responsável por suprir mais que 300 kg ha⁻¹ de N para a lavoura, visto que a adubação com 40 kg ha⁻¹ de N na semeadura foi suficiente para que o trigo pudesse atingir a sua máxima produção de matéria vegetal (parte aérea + grãos). Desse modo, afirma-se: O trigo comportou-se como um grande reciclador de N (Figuras 5 e 7).

Antes de fazer explanações sobre a dinâmica do N no SPD, é pertinente abordar o manejo de solos ácidos. São inquestionáveis os benefícios da calagem e gessagem, contudo, é possível ampliar o volume de solo a ser explorado pelas raízes por meio da genética.

Nesse sentido, ressalta-se que a cultivar utilizada no presente estudo, a BRS Tangará, possui elevada tolerância ao alumínio tóxico do solo (BASSOI et al., 2010). Entende-se que o crescimento radicular em subsuperfície eleva a capacidade de reciclagem de nutrientes da cultura. Sendo assim, no que diz respeito à cultivar utilizada no experimento, tolerante à acidez, deduz-se que houve expressiva capacidade de extração de N em camadas mais profundas do solo.

Para efeito de contextualização, argumenta-se que no Brasil as doses de N ministradas nas lavouras são relativamente modestas, quando comparadas com as utilizadas em outros países considerados modernos na agricultura (EUA, Canadá, Japão, Inglaterra, etc.). Justifica-se que o baixo aporte de N ocorre em razão dos altos preços dos fertilizantes, associados ao elevado risco e à baixa rentabilidade da atividade agrícola no âmbito nacional (CANTARELLA & MONTEZANO, 2010). Portanto, o cenário atual nos aponta uma sentença: Há que se buscar permanentemente o máximo retorno econômico em termos de manejo do N, assim como, evitar o uso abusivo de fertilizantes nitrogenados.

Considerações Finais

1. O nitrato de amônio é a fonte nitrogenada mais segura para aplicação nos sulcos de semeadura do trigo;
2. Há risco significativo de toxicidade às plantas quando a ureia é utilizada na adubação de base da lavoura, dependendo da dose e do ambiente de cultivo;
3. O inibidor de urease NBPT minimiza o impacto negativo da ureia na adubação de semeadura, contudo, não a ponto de igualá-la ao nitrato de amônio em termos de segurança;
4. Indica-se aplicar de 20 a 40 kg ha⁻¹ de N na adubação de semeadura do trigo, considerando-se o rendimento de grãos e a qualidade de estande da lavoura;
5. O modo de aplicação de N influencia fortemente o acamamento, ou seja, a adubação de cobertura intensifica o problema;
6. Em geral, os máximos rendimentos de trigo são alcançados com adubações nitrogenadas relativamente baixas, mesmo quando a lavoura atinge produtividades expressivas da ordem de 5.300 kg ha⁻¹ de grãos;
7. As características edafoclimáticas das macrorregiões tritícolas 1 e 3 do Paraná influenciam consideravelmente o manejo da adubação nitrogenada, tanto para o modo de aplicação como para a dose de N.

Referências

- AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 10 jan. 2011.
- BASSOI, M.C.; RIEDE, C.R.; CAMPOS, L.A.C.; TAVARES, L.C.V.; SHIOGA, P.S.; MIRANDA, L.C.; SCHOLZ, M.B. dos S.; BECKERT, O.P.; OKUYAMA, L.A.; MACHADO, J.C.; SCHEEREN, P.L.; POLA, J.N.; SERA, G.H.; MIRANDA, M.Z. de; AZAMBUJA, J.R.S. de; DENGLER, R.U. **Cultivares de trigo Embrapa e Iapar**. Londrina: Embrapa Soja. 2010. 60 p. (Embrapa Soja. Documentos, 321)
- BHERING, S.B.; SANTOS, H.G. dos. (Ed.). **Mapa de solos do estado do Paraná**: legenda atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Curitiba: Embrapa Florestas; Londrina: IAPAR, 2008. 74 p.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. 375-470 p.
- CANTARELLA, H.; MONTEZANO, Z.F. Nitrogênio e enxofre. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI - Brasil, 2010. p. 5-46.
- CBPTT. COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE. **Informações técnicas para trigo e triticale**: safra 2011. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 176 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Sistema de Produção, 9)
- CBPTT. COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE. **Informações técnicas para trigo e triticale**: safra 2014. Londrina: Fundação Meridional, 2013. 235 p.

CHIEN, S.H.; PROCHNOW, L.I.; CANTARELLA, H. Recent developments of fertilizer production and use to improve nutrient efficiency and minimize environmental impacts. **Advances in Agronomy**, v. 102, p. 267-322, 2009.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Trigo no Brasil: série histórica**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 11 abr. 2013.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, Brasília: Sistemas de Informações, 2006. 306 p.

ESPINDULA, M.C.; ROCHA, V.S.; SOUZA, L.T. de; SOUZA, M.A. de; GROSSI, J.A.S. Efeitos de reguladores de crescimento na elongação do colmo de trigo Efeitos de reguladores de crescimento na elongação do colmo de trigo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, p. 109-116, 2010.

GRANT, C.A.; BAILEY, L.D. Effect of seed-placed urea fertilizer and N-(n-butyl) thiophosphoric triamide (NBPT) on emergence and grain yield of barley. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 79, p. 491-496, 1999.

HIRAKURI, M.H. **Avaliação econômica da produção de trigo nos Estados do Paraná e de Santa Catarina, para a safra de 2012**. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 13 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 92).

IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas climáticas do Estado do Paraná**. Disponível em: <<http://www.iapar.br>>. Acesso em: 11 nov. 2012.

KARAMANOS, R.E.; HARAPIAK, J. T.; FLORE, N.A; STONEHOUSE, T.B. Use of N-(n-butyl) thiophosphoric triamide (NBPT) to increase

safety of seed-placed urea. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 84, p. 105-116, 2004.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.

PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F.; ZEMPULSKI, H. C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. C. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. Londrina: IAPAR, 1992. 40 p. (IAPAR. Circular Técnica, 76).

PENCKOWSKI, L.H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C. Nitrogênio e redutor de crescimento em trigo de alta produtividade. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, p. 473-479, 2009.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Rio de Janeiro: EDUR, 1998. 159 p.

PIRES, J.L.F.; CUNHA, G.R. da; DALMAGO, G.A. ; PASINATO, A. ; Santi, A. ; PEREIRA, P.R.V.S. ; SANTOS, H.P. ; SANTI, A.L. Integração de práticas de manejo no sistema de produção de trigo. In: PIRES, J.L.F.; VARGAS, L.; CUNHA, G.R. da. (Org.). **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. v. 1, p. 77-114.

PRANDO, A.M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; BASSOI, M.C.; OLIVEIRA, F.A. de. Formas de uréia e doses de nitrogênio em cobertura no desempenho agrônômico de genótipos de trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 621-632, 2012.

PRANDO, A.M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, F.A. de; OLIVEIRA JUNIOR, A. Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 34-41, 2013.

SEAB. Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Paraná. **Informações sobre a cultura do trigo**. Disponível em: <[http:// www.seab.pr.gov.br](http://www.seab.pr.gov.br)>. Acesso em: 19 ago. 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. (ed.). **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2004. 719 p.

TESAR, M. B. **Physiological basis of crop growth and development**. Madison: American Society of Agronomy, 1984. 341 p.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D.; HAVLIN, J.L. **Soil fertility and fertilizers**. 5. ed. New York: Macmillan Publishing Company, 1985. 634 p.

WIETHÖLTER, S. Fertilidade do solo e a cultura do trigo no Brasil. In: PIRES, J.L.F.; VARGAS, L.; CUNHA, G.R. da. **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. p.135-185.

ZADOKS, J.C.; CHANG, T.T.; KONZAK, C.F.A. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, v. 14, p. 415-421, 1974.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C. Doses e épocas de aplicação de redutor de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. **Planta Daninha**, v. 25, p. 331-339, 2007.