

Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura no desempenho agrônômico de genótipos de trigo¹

Forms of urea and nitrogen levels in top dressing in the agronomic performance of wheat genotypes

André Mateus Prando^{2*}; Claudemir Zucareli³; Vanoli Fronza⁴;
Manoel Carlos Bassoi⁵; Fábio Álvares de Oliveira⁵

Resumo

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de doses de adubação nitrogenada em cobertura, provenientes de diferentes formas de ureia, em genótipos de trigo, no sistema de semeadura direta. Os genótipos de trigo desenvolvidos pela EMBRAPA (cultivares BRS 208 e BRS Pardela e linhagem IWT 04008) foram avaliados em três experimentos independentes em Ponta Grossa-PR na safra de 2008. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 4, com quatro repetições. Avaliou-se três formas de ureia (ureia convencional, ureia com inibidor de urease e ureia protegida) com quatro doses de N (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) aplicadas em cobertura no início do perfilhamento. O incremento das doses de N em cobertura, independentemente da forma de ureia utilizada, favorece a massa seca da folha bandeira, o número de espigas m⁻² e a produtividade, porém reduz o peso do hectolitro. A forma de ureia aplicada em cobertura não interfere nas características agrônômicas dos genótipos avaliados. Os cultivares BRS 208 e BRS Pardela foram os mais produtivos e apresentaram grãos com maior teor de N que a linhagem IWT 04008.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L., inibidor de urease, ureia protegida, adubação nitrogenada

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of nitrogen fertilization in top dressing from various forms of urea in wheat genotypes on no-till system. Wheat genotypes developed by EMBRAPA (cultivars BRS 208 and BRS Pardela and line IWT 04008) were evaluated in three independent experiments in Ponta Grossa, State of Paraná, Brazil in 2008. Three forms of urea were evaluated (conventional urea, urea with urease inhibitor and protected urea) with four levels of N (0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹) applied in top dressing in early tillering. Randomized block design, in a 3 x 4 factorial experiment, with four replications were used. The increase in the levels of nitrogen in any form of urea used, increase the dry mass of the flag leaf, the number of spikes m⁻² and yield, but reduces hectoliter mass. The form of urea applied in top dressing does not influence the agronomic characteristics of the evaluated genotypes. Cultivars BRS 208 and BRS Pardela were more productive and had higher N content grain than line IWT 04008.

Key words: *Triticum aestivum* L., urease inhibitor, protected urea, nitrogen fertilization

¹ Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada à Universidade Estadual de Londrina, UEL, Londrina, PR.

² Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UEL, Londrina, PR. E-mail: andre.mateus@hotmail.com

³ Prof. Adjunto do Deptº de Agronomia, UEL, Londrina, PR. E-mail: claudemir@uel.br

⁴ Pesquisador Embrapa Soja/Epamig, Uberaba, MG. E-mail: vanoli@cnpso.embrapa.br

⁵ Pesquisadores Embrapa Soja, Londrina, PR. E-mail: bassoi@cnpso.embrapa.br; falvares@cnpso.embrapa.br

* Autor para correspondência

Introdução

A produção do trigo é definida em função do cultivar utilizado, da quantidade de insumos, das técnicas de manejo empregadas (TEIXEIRA FILHO et al., 2007) e das condições ambientais. O desenvolvimento e a crescente utilização de novas cultivares de alto potencial produtivo tem implicado no uso mais frequente de insumos, dentre os quais se destaca a adubação nitrogenada (ZAGONEL et al., 2002).

A adubação nitrogenada de cobertura é uma das mais importantes práticas de manejo, pois afeta o crescimento e o desenvolvimento das plantas, melhorando a sua produtividade (SANGOI et al., 2007). Além disso, os cultivares de trigo atuais com porte reduzido, maior tolerância ao acamamento e maior potencial produtivo, podem ser mais beneficiadas com o acréscimo da adubação nitrogenada de cobertura (FORNASIERI FILHO, 2008).

O nitrogênio (N) é o nutriente exigido em maior quantidade pela cultura do trigo, e a fertilização nitrogenada é fundamental para o aumento da produtividade. No entanto, a dose de nitrogênio utilizada deve ser baseada na expectativa de rendimento, altura das plantas e na fertilidade do solo. Doses muito baixas limitam a produtividade e quando muito elevadas podem causar acamamento de plantas, dificultando a colheita e reduzindo a produtividade (ZAGONEL et al., 2002).

A ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado no Brasil. Do ponto de vista agrícola, a ureia tem como vantagens o teor elevado de nitrogênio (45%), o menor custo de transporte, a alta solubilidade, a menor corrosividade, a compatibilidade com inúmeros outros fertilizantes e defensivos, a alta taxa de absorção foliar, a disponibilidade imediata para as plantas e a facilidade de manipulação, além de causar menor acidificação no solo (YANO; TAKAHASHI; WATANABE, 2005;

MALAVOLTA, 2006). No entanto, possui como característica desfavorável as elevadas perdas por volatilização e estas são aumentadas pela presença de palhada sobre o solo e pela falta de chuva para a sua incorporação (CANTARELLA et al., 2008).

Atualmente, quase 100% das lavouras de trigo do Brasil são implantadas no sistema de plantio direto (CONAB, 2009). No entanto, a cobertura vegetal presente na superfície reduz o contato da ureia com o solo, diminuindo a adsorção de NH_4^+ aos colóides orgânicos e inorgânicos e, com isso, facilitando a volatilização de amônia (COSTA; VITTI; CANTARELLA, 2003; CANTARELLA et al., 2008). Sendo assim, a eficiência do uso do nitrogênio no cultivo do trigo em semeadura direta na palha é menor do que no sistema de plantio convencional (GOLIK et al., 2003). O aumento no aproveitamento da adubação nitrogenada pode ser obtido por vários meios, dentre eles destaca-se a utilização de doses e épocas adequadas, a aplicação de modo correto, usando a fonte mais apropriada às condições do solo e água, a rotação de culturas, o uso de inibidores de urease e da nitrificação (MALAVOLTA, 2006).

A utilização de fertilizantes mais eficientes, também chamados “fertilizantes de eficiência aumentada”, é uma das estratégias para se reduzir a importação de fertilizantes e maximizar a produção. Atualmente, existem no mercado produtos a base de ureia com aditivos que aumentam a sua eficiência, além de permitir a realização da adubação nitrogenada sem necessidade de chuva ou de umidade. Como exemplo de aditivos têm-se os inibidores de urease e os polímeros, porém, estes ainda necessitam de estudos para comprovação da sua eficiência e definição das doses adequadas.

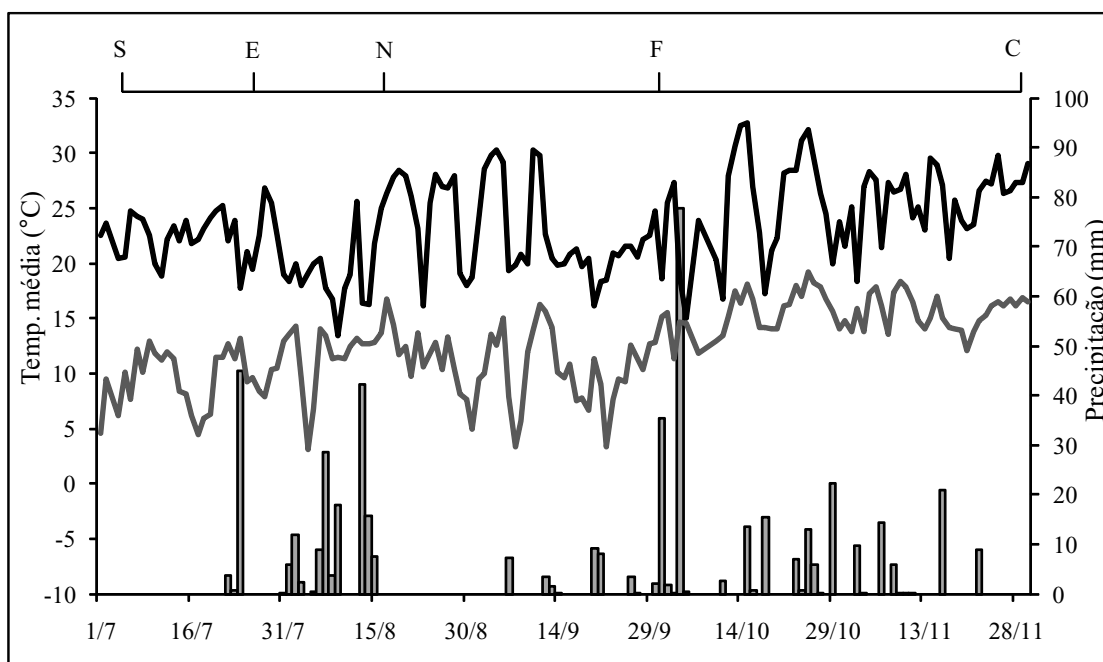
Portanto, o objetivo foi avaliar o efeito de doses de adubação nitrogenada em cobertura, provenientes de diferentes formas de ureia, sobre o desenvolvimento e o desempenho produtivo de genótipos de trigo no sistema de semeadura direta.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido a campo, durante o ano agrícola de 2008, no município de Ponta Grossa, localizado no Planalto Sul do Paraná, que se encontra a 25° 09' latitude Sul, 50° 06' longitude Oeste de Greenwich, com altitude de 800 m. O solo da área experimental é classificado como Cambissolo Háplico distrófico. O clima da região, segundo

a classificação de Köppen, é Cfb, ou seja, Clima temperado propriamente dito, temperatura média no mês mais frio abaixo de 18 °C, com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22 °C e sem estação seca definida (CAVIGLIONE, et al., 2000). Os dados de temperaturas máxima e mínima diárias e precipitação durante o período de cultivo são apresentados na Figura 1.

Figura 1. Temperaturas máxima e mínima diárias (°C) e precipitação (mm) em Ponta Grossa-PR, no período de 01/07/2008 a 30/11/2008. S: semeadura, E: emergência, N: adubação nitrogenada de cobertura, F: Florescimento, C: colheita.



Fonte: Elaboração dos autores.

Avaliou-se três genótipos de trigo desenvolvidos pela EMBRAPA (cultivares BRS 208 e BRS Pardela e linhagem IWT 04008 introduzida do México), em três experimentos independentes. O delineamento experimental utilizado em cada experimento foi de blocos casualizados, no esquema fatorial 3 x 4, com quatro repetições. Foram avaliadas três formas de ureia na adubação nitrogenada de cobertura (ureia convencional, ureia com inibidor de urease – SuperN® e ureia de liberação lenta – Kim Coat®) em quatro doses de N (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹). A parcela

experimental foi constituída por 10 linhas, com seis metros de comprimento e com espaçamento entre linhas de 20 cm. Foi considerada como área útil de cada parcela experimental as seis linhas centrais, desprezando-se 0,75 m nas extremidades, totalizando 5,4 m².

Os genótipos utilizados são todos de ciclo médio (cerca de 60 a 70 dias da emergência ao espigamento) e apresentam características contrastantes de altura de plantas, capacidade de perfilhamento, potencial produtivo e qualidade

industrial do grão. O cultivar BRS 208 apresenta altura média de 89 cm, é moderadamente resistente ao acamamento, pertence à classe comercial Trigo Pão, perfilhamento médio, potencial produtivo mais limitado e elevada rusticidade (boa tolerância ao alumínio tóxico do solo, ampla adaptação e boa resposta em solos de baixa fertilidade) (BASSOI et al., 2007). O cultivar BRS Pardela apresenta altura média de 79 cm, é resistente ao acamamento, pertence à classe comercial Trigo Melhorador, apresenta boa capacidade de perfilhamento e elevado potencial produtivo, sendo indicada para solos de fertilidade média e alta (BASSOI et al., 2007). A linhagem IWT 04008 introduzida do CIMMYT (Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo), localizado no México, pela Embrapa Soja, apresenta altura média de 93 cm, é moderadamente resistente ao acamamento pertence à classe comercial Trigo Pão, elevado potencial produtivo e baixa capacidade de perfilhamento.

A área experimental é manejada no sistema de plantio direto, sendo que a cultura anterior foi a soja. Previamente à instalação dos experimentos foram

coletadas amostras de solo da área experimental para análise química. A adubação de nitrogênio, fósforo e potássio (N-P-K) na semeadura foi realizada conforme os resultados da análise de solo (Tabela 1), seguindo as Indicações Técnicas da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale para o Estado do Paraná (FRONZA; CAMPOS; RIEDE, 2008). Foram aplicados 20 kg ha⁻¹ de N, 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 50 kg ha⁻¹ de K₂O na semeadura (250 kg ha⁻¹ da fórmula 8-20-20).

As sementes foram tratadas com o fungicida Baytan® (Triadimenol), na dose de 3 mL kg⁻¹ de semente, e com o inseticida Gaucho® (Imidacloprid), na dose de 1 mL kg⁻¹ de semente. Realizou-se a semeadura direta no dia 09/07/08, com uma semeadora-adubadora de parcelas, visando a obtenção de uma densidade de aproximadamente 325 plantas m⁻². A maioria das plântulas emergiram 20 dias após a semeadura, em virtude da estiagem nesse período. A adubação de cobertura foi realizada 19 dias após a emergência das plântulas, correspondendo ao início do perfilhamento.

Tabela 1. Atributos químicos do solo da área experimental das camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm de profundidade, em Ponta Grossa-PR, na safra 2008.

Profun. cm	pH CaCl ₂	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Al ⁺³	H + Al	CTC	V %
				cmol _c dm ⁻³				
00-10	5,57	5,78	2,04	0,19	0,02	4,39	12,39	64,50
10-20	5,03	5,88	2,08	0,16	0,04	5,93	14,05	57,75
20-40	4,66	6,04	1,96	0,09	0,16	6,69	14,77	55,63

Profun. cm	C g dm ⁻³	P	B	S	Zn	Cu	Mn	Fe
					mg dm ⁻³			
00-10	12,86	12,57	0,78	8,34	3,00	72,60	27,78	31,67
10-20	13,50	6,09	0,45	27,99	2,03	73,50	28,73	34,27
20-40	11,44	3,02	0,41	53,13	1,29	67,22	21,73	30,19

Fonte: Elaboração dos autores.

Os tratos culturais foram efetuados de acordo com as Indicações Técnicas da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale para o Estado do Paraná (FRONZA; CAMPOS; RIEDE, 2008). Durante a condução do experimento aplicou-se uma vez o

inseticida Engeo Pleno® (Tiametoxam + Lambda-Cialotrina) na dose de 0,05 L ha⁻¹. Utilizou-se fungicidas no aparecimento dos primeiros sintomas de doenças, sendo a área experimental monitorada semanalmente. Assim, foi realizada uma aplicação

de Bayfidan® (Triadimenol), na dose de 0,3 L ha⁻¹ e duas aplicações de Rival® (Tebuconazole), na dose de 0,75 L ha⁻¹.

Para análise foliar visando a determinação do teor de nitrogênio nas folhas coletou-se aleatoriamente no início do florescimento, 30 folhas bandeira na área útil de cada parcela. Essas 30 folhas foram lavadas, secadas em estufa de circulação de ar a 65 °C e pesadas para determinação da massa seca e, posteriormente, as folhas foram moídas para determinação do teor de nitrogênio, seguindo a metodologia descrita por Kjeldahl (MALAVOLTA, 2006). A quantidade de nitrogênio acumulada na folha bandeira foi obtida pela multiplicação do teor de nitrogênio na folha bandeira, número de espigas por metro quadrado e a massa seca da folha bandeira.

Avaliou-se o ciclo, em dias, da emergência das plântulas ao espigamento (quando as parcelas apresentaram mais de 50% das plantas com as espigas expostas acima da folha bandeira). Determinou-se a altura média medindo-se do nível do solo ao ápice das plantas (sem considerar as aristas) na área útil de cada parcela após a maturação. Estimou-se de forma visual a porcentagem de plantas acamadas (com inclinação superior a 45°) em cada parcela.

O número de espigas m⁻² foi determinado pela contagem das espigas de uma das seis linhas da área útil da parcela definida aleatoriamente.

A colheita foi realizada no dia 25/11/08, no estágio de maturação completa, utilizando-se uma colhedora de parcelas Wintersteiger®. O trigo colhido foi limpo e secado até atingir massa constante para determinação da produtividade, corrigido a 13% de umidade. Para determinação dos componentes do rendimento (comprimento da espiga, número de espiguetas e número de grãos por espiga) coletou-se, ao acaso, 20 espigas na área útil da parcela, antes da colheita.

A massa de 1000 grãos foi determinada mediante contagem eletrônica e pesagem de duas sub-amostras de 500 grãos de cada parcela.

O teor de nitrogênio nos grãos foi estabelecido seguindo a metodologia de Kjeldahl, utilizando uma amostra de 0,2 gramas de grãos moídos e com granulometria inferior a 0,2 mm (MALAVOLTA, 2006). A quantidade de nitrogênio acumulada no grão foi obtida pelo produto do teor de nitrogênio e a produtividade.

O peso do hectolitro (kg hL⁻¹) dos grãos de trigo foi determinado pela pesagem, em balança eletrônica de uma amostra com volume conhecido (225 mL) obtido no aparelho Dalle Molle® e o resultado foi transformado na unidade padrão (kg hL⁻¹).

A análise exploratória dos dados foi realizada para verificar o atendimento das pressuposições da análise de variância, também foi realizado a relação entre o maior e menor resíduo antes de se proceder à análise conjunta. Os dados foram submetidos à análise de variância. As médias de formas de ureia foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%, e os dados de doses foram submetidos à análise de regressão até o 2° grau.

Resultados e Discussão

O efeito de genótipos foi altamente significativo ($p < 0,01$) para todas as características avaliadas, com exceção do número médio de espiguetas por espiga que foi significativo a 5%, conforme dados apresentados na Tabela 2. Esses resultados demonstram que há diferença entre os genótipos para as características avaliadas, nas condições ambientais de Ponta Grossa-PR. Além disso, reforçam o fato de que os genótipos avaliados são contrastantes agronomicamente, o que é desejável em estudos de respostas à formas e doses de fertilizantes (SANGOI et al., 2007).

Tabela 2. Resumo da análise de variância (Prob. > F) para as características avaliadas em genótipos de trigo, em função de formas de ureia e doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, em Ponta Grossa-PR, na safra 2008.

F.V.	ESP	ALT	EM	COE	NE	NGE	MFB
BL(GEN)	0,008**	0,340 ^{ns}	0,363 ^{ns}	0,182 ^{ns}	0,201 ^{ns}	0,005**	0,004**
GEN	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**	0,019*	0,000**	0,000**
DOSE	0,161 ^{ns}	0,564 ^{ns}	0,000**	0,498 ^{ns}	0,600 ^{ns}	0,389 ^{ns}	0,000**
FORMA	0,129 ^{ns}	0,730 ^{ns}	0,784 ^{ns}	0,741 ^{ns}	0,092 ^{ns}	0,515 ^{ns}	0,298 ^{ns}
DO*FO	0,723 ^{ns}	0,081 ^{ns}	0,982 ^{ns}	0,333 ^{ns}	0,207 ^{ns}	0,079 ^{ns}	0,290 ^{ns}
GEN*DO	0,935 ^{ns}	0,152 ^{ns}	0,901 ^{ns}	0,948 ^{ns}	0,894 ^{ns}	0,586 ^{ns}	0,650 ^{ns}
GEN*FO	0,781 ^{ns}	0,162 ^{ns}	0,701 ^{ns}	0,978 ^{ns}	0,744 ^{ns}	0,769 ^{ns}	0,524 ^{ns}
GEN*DO*FO	0,721 ^{ns}	0,081 ^{ns}	0,913 ^{ns}	0,262 ^{ns}	0,851 ^{ns}	0,269 ^{ns}	0,788 ^{ns}
CV (%)	2,0	2,9	11,6	3,6	3,5	5,8	7,6

F.V.	NFB	NGR	NAF	NAG	MMIL	PROD	PH
BL(GEN)	0,141 ^{ns}	0,979 ^{ns}	0,009	0,443 ^{ns}	0,142 ^{ns}	0,009**	0,411 ^{ns}
GEN	0,002**	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**
DOSE	0,177 ^{ns}	0,066 ^{ns}	0,001**	0,000**	0,296 ^{ns}	0,000**	0,000**
FORMA	0,823 ^{ns}	0,948 ^{ns}	0,836 ^{ns}	0,969 ^{ns}	0,875 ^{ns}	0,646 ^{ns}	0,254 ^{ns}
DO*FO	0,552 ^{ns}	0,540 ^{ns}	0,561 ^{ns}	0,450 ^{ns}	0,379 ^{ns}	0,562 ^{ns}	0,055 ^{ns}
GEN*DO	0,940 ^{ns}	0,504 ^{ns}	0,689 ^{ns}	0,973 ^{ns}	0,610 ^{ns}	0,557 ^{ns}	0,000**
GEN*FO	0,776 ^{ns}	0,640 ^{ns}	0,910 ^{ns}	0,368 ^{ns}	0,482 ^{ns}	0,141 ^{ns}	0,272 ^{ns}
GEN*DO*FO	0,867 ^{ns}	0,059 ^{ns}	0,716 ^{ns}	0,282 ^{ns}	0,838 ^{ns}	0,904 ^{ns}	0,076 ^{ns}
CV (%)	27,9	8,4	30,7	10,6	2,3	7,3	0,6

^{ns}, ** e *: não significativo e significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

BL: bloco, GEN: genótipo, DO: dose de N, FO: forma de ureia, CV: coeficiente de variação, ESP: dias até o espigamento, ALT: altura de plantas, EM: espigas m², COE: comprimento da espiga, NE: número de espiguetas por espiga, NGE: número de grãos por espiga, MFB: massa de 30 folhas bandeira, NFB: teor de nitrogênio foliar, NGR: teor de nitrogênio no grão, NAF: nitrogênio acumulado foliar, NAG: nitrogênio acumulado no grão, MMIL: massa de mil grãos, PROD: produtividade, PH: peso do hectolitro.

Fonte: Elaboração dos autores.

Os resultados de porcentagem de acamamento não foram submetidos à análise estatística e não foram apresentados, em virtude da não ocorrência de acamamento nas parcelas avaliadas. Segundo Zagonel et al. (2002) a não ocorrência de acamamento mesmo nas parcelas com maiores doses de nitrogênio é devido as condições meteorológicas mais amenas com poucos ventos fortes somado a menor altura de plantas.

O cultivar BRS Pardela apresentou menor comprimento médio de espiga e menor número de grãos por espiga, porém, com maior massa de mil grãos, massa seca da folha bandeira e acúmulo de

nitrogênio na folha bandeira (Tabela 3). A linhagem IWT 04008 apresentou maior teor de N na folha bandeira, porém, menor teor e acúmulo de N no grão, o que demonstra que este genótipo não é tão eficiente, quanto os cultivares BRS 208 e BRS Pardela em translocar o N armazenado nas folhas para os grãos. Segundo Sangoi et al. (2007), os cultivares de trigo diferem na sua capacidade de emissão de perfilhos, no seu ciclo, na arquitetura e no potencial produtivo, e estas diferenças podem interferir na capacidade de absorção, de assimilação e de conversão de nitrogênio para a produção de grãos.

Tabela 3. Valores médios para as características avaliadas em genótipos de trigo, em Ponta Grossa-PR, na safra 2008.

Genótipos	ESP (dias)	ALT (cm)	EM (esp. m ⁻²)	COE (cm)	NE	NGE	MFB (g)
BRS 208	74,7 a	105,8 b	340 a	7,75 b	16,66 a	43,16 b	2,45 b
Pardela	70,9 b	90,5 c	353 a	6,89 c	16,34 b	39,72 c	3,04 a
IWT 04008	70,9 b	109,1 a	299 b	8,56 a	16,42 ab	44,99 a	2,17 c

Genótipos	NFB (g kg ⁻¹)	NGR (g kg ⁻¹)	NAF (kg ha ⁻¹)	NAG (kg ha ⁻¹)	MMIL (g)	PROD (kg ha ⁻¹)	PH (kg hL ⁻¹)
BRS 208	17,41 b	26,05 a	0,49 b	119,14 a	39,48 b	4571 a	79,56 c
Pardela	18,16 b	26,75 a	0,64 a	120,20 a	40,21 a	4495 a	80,56 b
IWT 04008	21,19 a	23,55 b	0,46 b	93,67 b	38,12 c	3974 b	82,05 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ESP: dias até o espigamento, ALT: altura de plantas, EM: espigas m⁻², COE: comprimento da espiga, NE: número de espiguetas por espiga, NGE: número de grãos por espiga, MFB: massa de 30 folhas bandeira, NFB: teor de nitrogênio foliar, NGR: teor de nitrogênio no grão, NAF: nitrogênio acumulado foliar, NAG: nitrogênio acumulado no grão, MMIL: massa de mil grãos, PROD: produtividade, PH: peso do hectolitro.

Fonte: Elaboração dos autores.

O cultivar BRS 208 apresentou massa de mil grãos significativamente menor que o cultivar BRS Pardela (Tabela 3). A BRS 208 mesmo considerada rústica e de menor resistência ao acamamento que a BRS Pardela (BASSOI et al., 2007), ainda apresentou produtividade semelhante a este cultivar, os quais foram superiores a da linhagem IWT 04008. Provavelmente, a semelhança no rendimento entre os cultivares BRS Pardela e BRS 208 seja consequência da compensação entre os componentes do rendimento, como número de grãos por espiga, que foi superior no cultivar BRS 208.

O efeito de doses foi altamente significativo ($p < 0,01$) para espigas m⁻², massa seca da folha bandeira, produtividade, nitrogênio acumulado na folha bandeira e no grão e peso hectolitro (Tabela 2). Para todas essas características foi observado efeito linear, sendo este crescente para espigas m⁻², massa seca da folha bandeira, produtividade, nitrogênio acumulado na folha bandeira e no grão e decrescente para peso do hectolitro, em função do incremento das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura (Figura 2).

O incremento nas doses de N proporcionou maior massa seca da folha bandeira (Figura 2). Em

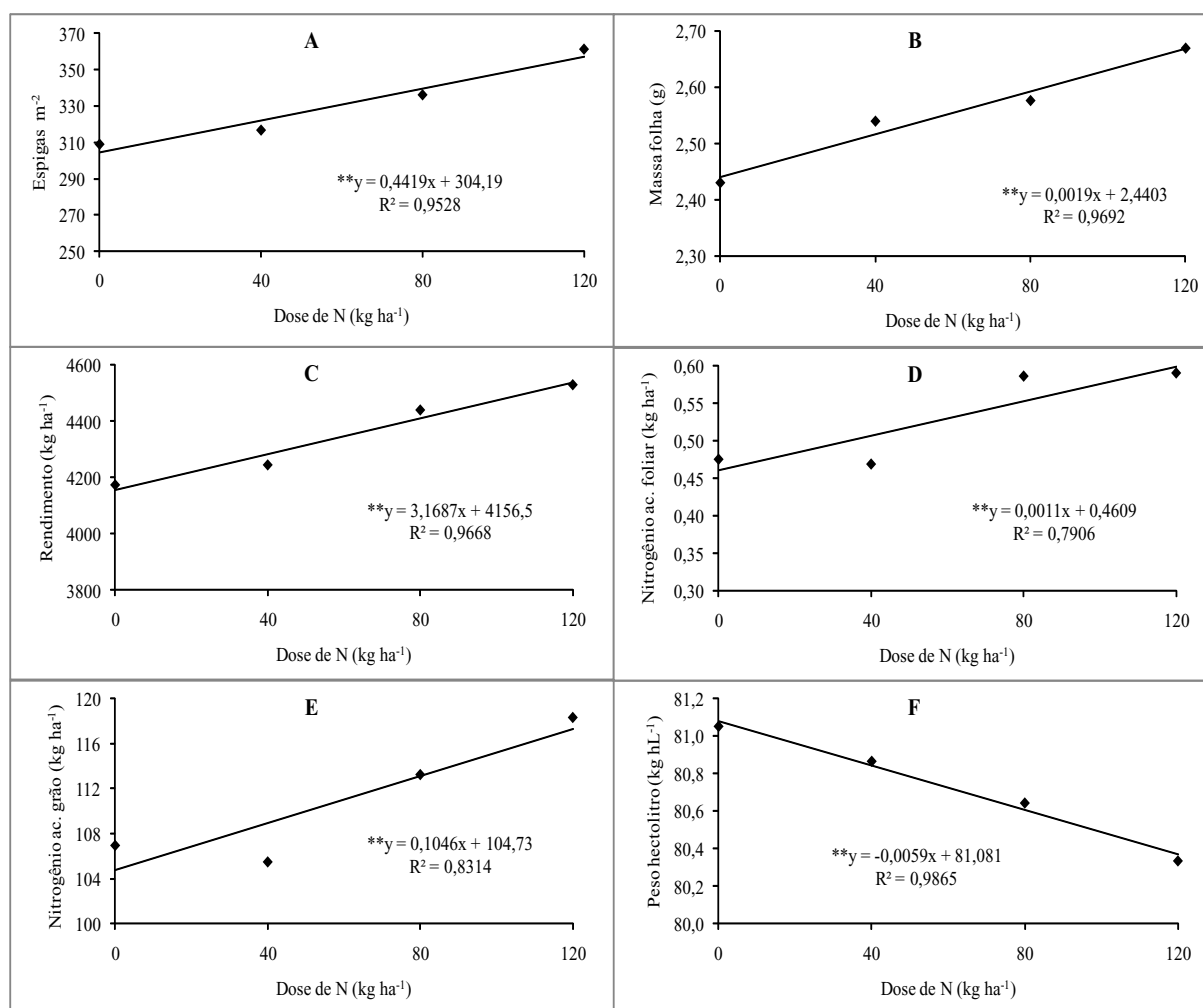
geral, a média na dose máxima foi 10% superior a testemunha e apresentou correlação significativa e positiva com a produtividade, ($r = 0,47$). A massa da folha bandeira, além de se correlacionar positivamente com a produtividade, é um indicativo da massa seca total da planta e, parte dessa massa é transferida para os grãos e outra parte fica na área, na forma de palhada, que contribui com a proteção do solo e, ainda pode fornecer N e outros nutrientes às culturas subsequentes. Embora não observado diferença no teor de nitrogênio da folha bandeira, o acúmulo desse nutriente aumentou linearmente com incremento das doses aplicadas em cobertura. Segundo Malavolta (2006) o nitrogênio é o maior responsável pela vegetação, refletindo no aumento da área foliar e, conseqüentemente, no aumento da massa por planta. Portanto, o manejo adequado do N na cultura do trigo e outras gramíneas é mais um item importante a ser considerado para aumentar os benefícios da semeadura direta às culturas subsequentes. Esses benefícios devidos ao aumento da fitomassa, então, também deveriam ser considerados ao se avaliar a viabilidade econômica da aplicação de maiores doses de N em cobertura na cultura do trigo. Isso porque, efeitos diretos na produtividade do trigo nem sempre se manifestam

em intensidade suficiente ou não se mostram viáveis economicamente quando apenas o trigo é considerado e não o sistema de cultivo como um todo.

O rendimento médio de grãos foi de 4347 kg ha⁻¹ sendo superior a média nacional de 2482 kg ha⁻¹ e a do Estado do Paraná de 2778 kg ha⁻¹ no ano de 2009 (CONAB, 2009). O incremento das doses de N aumentou também o número de espigas m⁻², que foi o principal componente que contribuiu para o aumento na produtividade, com correlação positiva significativa ($r = 0,50$). Segundo

Almeida et al. (2002) e Valério et al., (2009), a adubação nitrogenada é importante para a emissão, desenvolvimento e sobrevivência dos perfilhos e estes tem grande participação no rendimento. Esses resultados corroboram com os obtidos por Zagonel et al. (2002), que observaram que a produtividade de grãos de trigo aumentou com o incremento da dose de nitrogênio até a dose de 90 kg ha⁻¹ e, este aumento foi dado em função do incremento do número de espigas m⁻², uma vez que o número de espiguetas por espiga e a massa de 1000 grãos não foram alterados pela aplicação do nutriente.

Figura 2. Espigas m⁻² (A), massa seca de 30 folhas bandeira (B), produtividade (C), Nitrogênio acumulado na folha bandeira (D), Nitrogênio acumulado no grão (E) e peso do hectolitro (F) em genótipos de trigo, em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, em Ponta Grossa-PR, na safra 2008; * e ** significativo a 5% e a 1% pelo teste t.



Fonte: Elaboração dos autores.

Não foi possível determinar a máxima resposta agrônômica para produtividade em função do aumento das doses de N, visto que o efeito foi linear. No Estado do Paraná a dose de N em cobertura indicada para o trigo após a cultura da soja é de 30 a 60 kg ha⁻¹ (FRONZA; CAMPOS; RIEDE, 2008), valor este abaixo da dose de N máxima aplicada neste experimento. Trindade et al. (2006) no experimento de trigo irrigado no cerrado, com os cultivares EMBRAPA 22 e EMBRAPA 42 em sistema de plantio direto após a cultura da soja, obtiveram a produtividade máxima estimada de 6370 kg ha⁻¹ na dose de 173 kg ha⁻¹. Tornase evidente a necessidade de mais estudos com diferentes cultivares e condições edafoclimáticas para a identificação da máxima resposta e indicação de doses adequadas de adubação nitrogenada de cobertura na cultura do trigo.

O teor de nitrogênio no grão não foi alterado significativamente pelas doses de N (Tabela 2), contudo, o nitrogênio acumulado no grão aumentou linearmente com o incremento das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura (Figura 2). Esse aumento linear foi devido ao acréscimo no rendimento com a manutenção dos teores de nitrogênio no grão. Destaca-se, no tratamento onde não foi aplicado nitrogênio em cobertura e com a aplicação de apenas 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura, que o nitrogênio acumulado e, conseqüentemente extraído, foi de 106 kg ha⁻¹. Com isso, mais de 85 kg ha⁻¹ de nitrogênio absorvidos pela planta não foram provenientes da adubação mineral. Esse nitrogênio pode ter sido oriundo, principalmente, dos restos culturais da soja e da mineralização da matéria orgânica do solo. Assim, estudos visando quantificar esse balanço de nitrogênio no solo devem ser realizados, buscando quantificar o nitrogênio na sucessão das culturas.

O peso do hectolitro reduziu linearmente com o incremento das doses de N (Figura 2). Esse resultado pode estar associado ao aumento da produtividade, uma vez que foi observada correlação negativa entre essas características, embora tenha ficado

acima do valor mínimo para classificação como tipo 1 que é de 78 kg hL⁻¹ (FRONZA; CAMPOS; RIEDE, 2008). A redução no peso do hectolitro com o incremento das doses de adubação nitrogenada também foi observada por Trindade et al. (2006) com os cultivares EMBRAPA 22 e EMBRAPA 42. Segundo Frizzone et al. (1996), a redução do PH pode ser atribuída à maior competição entre grãos por fotoassimilados, uma vez que o incremento das doses de N proporcionam um aumento no número de espigas m⁻² e no número de grãos m⁻². Embora não detectada diferença estatística na massa de mil grãos, o aumento no número de grãos m⁻² pode ter produzido grãos menos densos e, conseqüentemente, menor peso do hectolitro. De fato, o número de espigas m⁻² e a produtividade apresentaram correlação significativa negativa com o peso do hectolitro ($r = -0,44$ e $-0,52$, respectivamente).

Não foi observado efeito significativo das formas de ureia em nenhuma das características analisadas, da mesma forma que para a interação genótipo e formas de ureia (Tabela 2). A ureia com inibidor de urease e a ureia protegida não proporcionaram melhores resultados para as características avaliadas quando comparadas à ureia (Tabela 4). A ausência de diferença entre as formas, deve-se provavelmente, a pequena amplitude de diferença observada pelo efeito de doses e também pela condição meteorológica, que após a adubação de cobertura, ocorreu um período de 18 dias sem chuva (Figura 1). O período sem precipitação pluvial após a adubação nitrogenada favoreceu as perdas de nitrogênio por volatilização, pois ocorre a hidrólise da ureia na superfície. Mesmo os fertilizantes de eficiência aumentada dependem da ocorrência de chuvas suficientes para incorporá-los no solo, sendo preconizado que estes apresentam boa eficiência até sete dias sem chuva após a sua aplicação (CANTARELLA et al., 2008). Pereira et al. (2009) no cultivo de milho safrinha no cerrado após a cultura da soja, também não observaram diferença estatística na produtividade na dose de N de 80 kg ha⁻¹ da ureia comum, ureia com inibidor de urease

e ureia de liberação lenta. No entanto observaram que a ureia comum apresentou maior porcentagem de volatilização de amônia comparado a ureia com inibidor e de liberação lenta.

As diversas avaliações demonstraram a mesma eficiência entre as formas de nitrogênio testadas, o que pode ser interessante para recomendação de adubação nitrogenada em cobertura, já que a ureia convencional é a de menor custo. Corroborando com Yano, Takahashi e Watanabe (2005), que não observaram diferença nas avaliações realizadas em três fontes de nitrogênio (ureia, nitrato de amônia e sulfato de amônia), com isso a ureia foi a fonte de nitrogênio mais vantajosa.

A interação entre genótipo e dose foi significativa apenas para o peso do hectolitro (Tabela 2). A linhagem IWT 04008 apresentou peso do hectolitro superior a BRS Pardela, e esta superior a BRS 208 em todas as doses, com exceção no tratamento sem aplicação de N em cobertura (Tabela 5). O incremento das doses de N não influenciou o peso do hectolitro do cultivar BRS Pardela, mas reduziu o peso do hectolitro para o cultivar BRS 208 e para a linhagem IWT 04008. As interações entre os fatores (genótipo, dose e forma de ureia), (dose e forma de ureia) não foi significativa para as características avaliadas (Tabela 2).

Tabela 4. Valores médios para as características avaliadas em trigo, em função das formas de ureia aplicadas em cobertura, em Ponta Grossa-PR, na safra 2008.

Formas	ESP (dias)	ALT (cm)	EM (esp. m ⁻²)	COE (cm)	NE	NGE	MFB (g)
UC	71,8	101,7	328	7,75	16,42	42,43	2,57
UI	72,4	102,1	333	7,74	16,62	42,96	2,57
UP	72,2	101,7	331	7,71	16,38	42,48	2,52

Formas	NFB (g kg ⁻¹)	NGR (g kg ⁻¹)	NAF (kg ha ⁻¹)	NAG (kg ha ⁻¹)	MMIL (g)	PROD (kg ha ⁻¹)	PH (kg hL ⁻¹)
UC	19,23	25,39	0,54	111,16	39,30	4365	80,82
UI	18,97	25,44	0,53	111,19	39,21	4363	80,67
UP	19,23	25,53	0,52	110,65	39,29	4312	80,68

UC: ureia convencional, UI: ureia com inibidor de urease, UP: ureia com polímero, ESP: dias até o espigamento, ALT: altura de plantas, EM: espigas m², COE: comprimento da espiga, NE: número de espiguetas por espiga, NGE: número de grãos por espiga, MFB: massa de 30 folhas bandeira, NFB: teor de nitrogênio foliar, NGR: teor de nitrogênio no grão, NAF: nitrogênio acumulado foliar, NAG: nitrogênio acumulado no grão, MMIL: massa de mil grãos, PROD: produtividade, PH: peso do hectolitro.

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 5. Valores médios para o peso do hectolitro, equações de regressão e coeficiente de determinação (R²), em função da interação de genótipos de trigo e doses de N aplicadas em cobertura, em Ponta Grossa-PR, na safra 2008.

Gen\Doses	0	40	80	120	Equações de Regressão	R ²
BRS 208	80,1 b	79,9 c	79,2 c	79,0 c	y = -0,0103x + 80,18	0,9419
BRS Pardela	80,5 b	80,5 b	80,9 b	80,4 b	-	-
IWT 04008	82,5 a	82,2 a	81,9 a	81,7 a	y = -0,0072x + 82,482	0,9843

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Gen: Genótipo.

Fonte: Elaboração dos autores.

Conclusões

Os cultivares BRS 208 e BRS Pardela são mais produtivos e apresentam maior teor de N no grão do que a linhagem IWT 04008.

A forma de ureia aplicada em cobertura não interfere nas características agrônômicas do trigo em condições de ausência de precipitação após a adubação de cobertura.

O incremento das doses de N aplicadas em cobertura, independentemente do genótipo avaliado e da forma de ureia utilizada, influencia positivamente a massa seca da folha bandeira, o número de espigas m⁻², a produtividade, o nitrogênio acumulado na folha bandeira e no grão, com influência negativa sobre o peso do hectolitro do trigo.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos do primeiro autor, à Embrapa e à Fundação Meridional de Apoio à Pesquisa Agropecuária, pelo apoio na condução dos experimentos.

Referências

ALMEIDA, M. L.; SANGOI, L.; TRENTIN, P. S.; GÁLIO, J. Cultivares de trigo respondem diferentemente à qualidade da luz quanto à emissão de afilhos e acumulação de massa seca. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 377-383, 2002.

BASSOI, M. C.; BRUNETTA, D.; TAVARES, L. C. V.; MIRANDA, L. C.; BECKERT, O. P.; SCHEEREN, P. L.; MIRANDA, M. Z.; RIEDE, C. R.; CAMPOS, L. A. C.; SHIOGA, P. S.; SCHOLZ, M. B. S.; OKUYAMA, L. A.; POLA, J. N.; AZAMBUJA, J. R. S. *Cultivares de trigo Embrapa e Iapar*. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 68 p. (Embrapa Soja. Documentos, 282).

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; CONTIN, T. L. M.; DIAS, F. L. F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R. B.; QUAGGIO, J. A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 65, n. 4, p. 397-401, 2008.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. *Cartas climáticas do Paraná*. Londrina : IAPAR, 2000. CD. Disponível em: <<http://www.iapar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 16 fev. 2011.

COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. *Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento*. 2009. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/12graos_08.09.pdf>. Acesso em: 02 out. 2009.

COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH₃ de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa v. 27, n. 4, p. 631-637, 2003.

FORNASIERI FILHO, D. *Manual da cultura do trigo*. Jaboticabal: Funep, 2008. 338 p.

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, n. 6, p. 425-434, 1996.

FRONZA, V.; CAMPOS, L. A. C.; RIEDE, C. R. (Org.). *Informações técnicas para a safra 2008: trigo e triticale*. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 147p. (Embrapa Soja Documentos, 301).

GOLIK, S. I.; CHIDICHIMO, H. O.; PÉREZ, D.; PANE, L. Acumulación, removilización, absorción postantesis y eficiencia de utilización de nitrógeno en trigo bajo diferentes labranzas y fertilizaciones, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 38, n. 5, p. 619-626, 2003.

MALAVOLTA, E. *Manual de nutrição de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

PEREIRA, H. S.; LEÃO, A. F.; VERGINASSIII, A.; CARNEIRO, M. A. C. Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1685-1694, 2009.

SANGOI, L.; BERNS, A. C.; ALMEIDA, M. L.; ZANIM, C. G.; SCHWEITZER, C. Características agrônômicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1564-1570, 2007.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZZETTI, S.; ALVAREZ, R. C. F.; FREITAS, J. G.; ARF, O.; SÁ, M. E. Resposta de cultivares de trigo irrigados por aspersão ao nitrogênio em cobertura na região do Cerrado. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 29, n. 3, p. 421-425, 2007.

TRINDADE, M. G.; STONE, L. F.; HEINEMANN, A. B.; CÃNOVAS, A. D.; MOREIRA, J. A. A. Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 24-29, 2006.

VALÉRIO, I. P.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; BENIN, G.; MAIA, L. C.; SILVA, J. A. G.; SCHMIDT, D. M.; SILVEIRA, G. Fatores relacionados à produção e desenvolvimento de afilhos em trigo *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 30, p. 1207-1218, 2009. Suplemento 1.

YANO, G. T.; TAKAHASHI, H. T.; WATANABE, T. S. Avaliação de fontes de nitrogênio e épocas de aplicação em cobertura para o cultivo do trigo. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 26, n. 2, p. 141-148, 2005.

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