

# Nitrogênio e redutor de crescimento em trigo de alta produtividade

Luis Henrique Penckowski<sup>1</sup>, Jeferson Zagonel<sup>2\*</sup> e Eliana Cuéllar Fernandes<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Setor de Herbologia, Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, Castro, Paraná, Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias e de Tecnologia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Av. Carlos Cavalcanti, 4748, 84030-900, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. <sup>3</sup>Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: jefersonzagonel@uol.com.br

**RESUMO.** Visando avaliar os efeitos da aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl, em diferentes épocas e doses de nitrogênio, na cultivar de trigo Avante, realizou-se um experimento em Castro, Estado do Paraná, no delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições. Os tratamentos constaram da aplicação de 100 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl entre o primeiro e o segundo nó visível, o segundo e o terceiro nó visível, aplicação sequencial de metade da dose entre o primeiro e o segundo nó visível e metade entre o segundo e o terceiro nó visível e testemunha sem aplicação. As doses de nitrogênio em cobertura foram 90, 135, 180 e 225 kg ha<sup>-1</sup>. Foram avaliados estande, número de perfilhos, altura de plantas, diâmetro do colmo, acamamento, teor de nitrogênio nas folhas, componentes da produção e produtividade. O trinexapac-ethyl reduziu a altura das plantas e a porcentagem de acamamento. A aplicação entre o primeiro e o segundo nó visível e entre o segundo e o terceiro nó visível promoveram aumento da produtividade de grãos. O aumento da dose de nitrogênio aumentou o teor do nutriente na planta e causou maior acamamento, mas sem efeitos nos componentes de produção e na produtividade.

**Palavras-chave:** *Triticum aestivum* L., acamamento, giberelinas, Trinexapac-ethyl.

**ABSTRACT. Nitrogen and growth reducer in high yield wheat.** An experiment was established in Castro, Paraná State, with the objective of evaluating the effect of trinexapac-ethyl applied at different times and in varied nitrogen rates, on the Avante wheat cultivar. The experimental design consisted of completely randomized blocks, in a 4x4 factorial scheme, with four repetitions. The treatments consisted of 100 g ha<sup>-1</sup> of trinexapac-ethyl applied between the first and second visible node, second and third visible node, sequential application of half the rate between first and second visible nodes and half between second and third visible nodes, and control (without application). The nitrogen rates were 90, 135, 180 and 225 kg ha<sup>-1</sup>. The study evaluated the stand; tiller number and plant height; stem diameter; lodging; nitrogen content in leaves; yield and components. Trinexapac-ethyl reduced plant height and lodging percentage. The application between the first and second visible nodes and between the second and third visible nodes promoted improved yield. The rise in the nitrogen rate increased the nutrient content in the plant and caused greater lodging, but without effect in the yield components and productivity.

**Key words:** *Triticum aestivum* L., lodging, gibberellin, Trinexapac-ethyl.

## Introdução

A produção final da cultura do trigo é definida em função da cultivar, da quantidade de insumos utilizada e das técnicas de manejo empregadas (ZAGONEL et al., 2002a). Com relação à quantidade de insumos utilizada, o nitrogênio é um dos nutrientes absorvidos em maior quantidade pela cultura do trigo (DA ROS et al., 2003). As exigências de N nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, apesar de serem pequenas, são importantes para promover rápido desenvolvimento inicial e definir a produção potencial (FANCELLI; DOURADO NETO, 1996). Esse nutriente é também o que mais onera o

custo de produção no cultivo de cereais. Assim, existe grande interesse no desenvolvimento de cultivares e práticas de manejo que proporcionem maior absorção de N do solo e maior alocação para os grãos (SCHUCH et al., 2000).

A quantidade de N a ser utilizada tem relação com a altura das plantas e a fertilidade do solo. Em solos com alta quantidade de matéria orgânica, as doses podem ser menores (MUNDSTOCK, 1983). Para trigo cultivado após soja, a quantidade de nitrogênio aplicado pode ser menor do que a utilizada após gramíneas. Em média, são usados de 30 a 60 kg ha<sup>-1</sup> do nutriente, e as menores doses são

recomendadas para as cultivares de porte alto e/ou para solos de alta fertilidade (SILVA; GOTTO, 1990). Entretanto, algumas cultivares podem responder até 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em condições de clima favorável e solo de alta fertilidade (FREITAS et al., 1994; BRAZ et al., 2006).

Para cultivares de trigo com alto potencial de produtividade, a quantidade de nitrogênio aplicada na região dos Campos Gerais, no Estado do Paraná, é superior à recomendada. As doses de N variam de 90 a 140 kg ha<sup>-1</sup>, e a média aplicada é de 120 kg ha<sup>-1</sup>, sendo aplicados 20 a 30 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e o restante, 90 a 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, aplicado a lanço. Essa recomendação se aplica às cultivares que apresentam moderada resistência ao acamamento e alto potencial de rendimento de grãos (PAULETTI; COSTA, 2002).

No entanto, o uso de altas doses de nitrogênio pode resultar no aumento da altura de plantas, com conseqüente acamamento que, quando ocorre na fase de enchimento de grãos, limita a translocação de carboidratos nas plantas. Na colheita, as plantas acamadas estão mais suscetíveis a doenças e germinação dos grãos da espiga, têm qualidade dos grãos diminuída, além de as espigas não serem alcançadas pela barra de corte das colhedoras, resultando em perdas de produtividade e qualidade do produto colhido (RODRIGUES et al., 2003; ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Então, o acamamento é um dos fatores que podem limitar a produção de grãos de trigo de modo expressivo, principalmente na Região Sul do Brasil (RODRIGUES; VARGAS, 2002), dependendo da intensidade e do estágio de desenvolvimento da planta em que ocorre (RODRIGUES et al., 2003).

Entre as estratégias de uso de altas doses de nitrogênio em trigo, e para minimizar os riscos de acamamento, estão o uso de cultivares de porte baixo ou a aplicação de redutores de crescimento. Os redutores de crescimento são compostos químicos, aplicados exogenamente, que regulam o alongamento da haste, com a inibição da biossíntese das giberelinas ou liberação de etileno (RAJALA; PELTONEN-SAINIO, 2001), sem diminuição da produtividade (RADEMACHER, 2000). Vários redutores de crescimento têm sido usados em cereais de inverno, entre os quais se destaca o trinexapac-ethyl, que reduz a altura das plantas de trigo e cevada, evitando seu acamamento (RODRIGUES et al., 2003).

O trinexapac-ethyl atua nas plantas reduzindo a alongação dos entre nós no estágio vegetativo; interfere no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico (HECKMAN et al., 2002;

RAJALA; PELTONEN-SAINIO, 2001), pela inibição da enzima 3 $\beta$ -hidroxilase (NAKAYAMA et al., 1990), reduzindo drasticamente o nível do ácido giberélico ativo (GA<sub>1</sub>) e, assim, aumentando acentuadamente seu precursor biossintético imediato GA<sub>20</sub> (DAVIES, 1987). A provável causa da inibição do crescimento das plantas é a queda no nível do ácido giberélico ativo GA<sub>1</sub>, que atua na alongação dos entre nós (RADEMACHER, 2000). Esse redutor de crescimento também inibe parcialmente o transporte de elétrons na mitocôndria, diminuindo a respiração celular, indicando outro local potencial de ação para o trinexapac-ethyl (HECKMAN et al., 2002).

Em experimento realizado na Argentina por Lozano e Leaden (2001), para avaliar redutores de crescimento em modelos de alta produtividade no cultivo do trigo, observou-se que as plantas tratadas com trinexapac-ethyl (dose cheia e sequencial) apresentaram diminuição da altura de plantas. As aplicações nos estádios de um a três nós provocam mudanças na densidade de espigas, promovendo desenvolvimento dos perfilhos e aumento da produção. Os tratamentos com o redutor aplicado no início da alongação do colmo provocaram mudanças na sua anatomia, aumentando o diâmetro e espessura da parede celular. No Brasil, Zagonel et al. (2002b) realizaram experimento visando avaliar doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem o trinexapac-ethyl na cultivar de trigo OR-1, de porte baixo. O produto promoveu redução substancial da altura das plantas, pela diminuição dos quatro entre nós, sem, entretanto, afetar o diâmetro do caule e a massa seca das plantas. A aplicação do trinexapac-ethyl resultou em plantas com entre nós mais curtos, maior número de espigas por metro e incremento da produtividade. O acréscimo da dose de nitrogênio promoveu aumento da altura das plantas, do número de espigas por metro e da produtividade.

Um fator que merece destaque com relação aos redutores de crescimento é a época de aplicação, visto que a redução da altura de plantas está associada ao estado de crescimento do trigo no momento da aplicação do trinexapac-ethyl. Aplicações em estádios de crescimento anteriores ao recomendado (o primeiro e o segundo nó visível) pouco afetam a altura das plantas, pois o efeito redutor vai ocorrer principalmente nos primeiros entre nós, que, por natureza, já são curtos. Aplicações tardias reduzem sensivelmente o tamanho das plantas, pois o efeito ocorre sobre os entre nós superiores, mais longos, como o pedúnculo, e podem retardar o espigamento, o que, dependendo das condições, provoca prejuízos na produtividade

(RODRIGUES et al., 2003). O momento correto de aplicação do trinexapac-ethyl é entre o primeiro e o segundo nó perceptível, na dose de 100 a 125 g ha<sup>-1</sup>, mas essa recomendação é ampla e não distinta em relação ao porte das cultivares, que podem responder de maneira diferencial em relação à dose do produto (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do trinexapac-ethyl aplicado em diferentes épocas e de quatro doses de nitrogênio nas características agrônômicas, componentes de produção e produtividade da cultivar de trigo Avante.

### Material e métodos

O experimento foi desenvolvido no ano de 2003, no Campo Demonstrativo e Experimental da Fundação ABC, no município de Castro, Estado do Paraná, a uma Latitude de 24°51'44,35" S, Longitude de 49°56'0,40"W e altitude de 1.030 m. O solo no local é um Latossolo Bruno distrófico, típico A proeminente, textura argilosa (Embrapa, 2006), cuja análise, para a camada de 0 a 20 cm, revelou os resultados: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,0; Ca<sup>++</sup> = 39,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 15,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K = 2,1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; P = 28,0 mg dm<sup>-3</sup>; M.O. = 51 g dm<sup>-3</sup>; H + Al = 58 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al<sup>+++</sup> = 0,0; CTC = 14,7; V% = 49; argila = 606 g kg<sup>-1</sup>; silte = 117 g kg<sup>-1</sup>; areia = 277 g kg<sup>-1</sup>.

Utilizou-se o sistema de plantio direto, sendo a soja a cultura anterior. O trigo foi semeado no dia 15/6/2003, na densidade de 75 sementes por metro. A emergência das plantas ocorreu em 25/6/2003. A adubação constituiu da aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na semeadura. As parcelas foram compostas de 30 fileiras de trigo de 6,0 m de comprimento, espaçadas de 0,17 m. Consideraram-se como área útil as 24 fileiras centrais das parcelas, desprezando-se 0,50 m em cada extremidade.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com 16 tratamentos dispostos em esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições. Os tratamentos constaram das combinações dos fatores épocas de aplicação de redutor de crescimento (sem aplicação; uma aplicação entre o primeiro e o segundo nó visível, corresponde ao estágio 31 da escala de Zadocks et al. (1974); uma aplicação entre o segundo e o terceiro nó visível, corresponde ao estágio 32 da escala de Zadocks et al. (1974) e duas aplicações sequenciais: a primeira entre o primeiro e o segundo nó visível e a segunda entre o segundo e o terceiro nó visível e de doses de nitrogênio (90, 135, 180 e 225 kg ha<sup>-1</sup>), na forma de uréia, aplicadas em cobertura, no início do perfilhamento correspondente ao estágio 30 da escala de Zadocks et al. (1974).

O trinexapac-ethyl foi aplicado na dose de 100 g ha<sup>-1</sup>, por meio de pulverizador costal, à pressão constante de 206,85 kPa, pelo CO<sub>2</sub> comprimido, com pontas de jato leque XR11002 VS e espaçadas de 0,5 m. A velocidade de aplicação foi de 5,5 km h<sup>-1</sup>, resultando em volume de calda de 130 L ha<sup>-1</sup>.

Na fase de antese foram avaliados a altura de plantas, comprimento dos entrenós e diâmetro do caule pela coleta de dez plantas por parcela. As avaliações de acamamento foram realizadas nas fases de antese e pré-colheita do trigo, atribuindo notas de zero (sem acamamento) até 100% (parcela toda acamada). Considerou-se como planta acamada aquela que se encontrava com inclinação igual ou inferior a 45° em relação ao solo.

Para a avaliação do teor de nitrogênio na folha, foram coletadas 30 folhas-bandeira por parcela, que foram levadas para análise no Laboratório de Solo e Bromatologia da Fundação ABC. O método utilizado foi o de DUMAS (OSBORNE; VOOGT, 1986).

A produtividade foi determinada pela produção de parte da área útil de cada parcela (6,12 m<sup>2</sup>), corrigindo a umidade para 13%. O número de plantas, de perfilhos e de espigas foi determinado em uma área de 0,50 m<sup>2</sup>, escolhida ao acaso dentro de cada parcela.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando significativas, as diferenças entre as médias das épocas de aplicação do trinexapac-ethyl foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As doses de nitrogênio foram analisadas por regressão polinomial.

### Resultados e discussão

A precipitação pluvial no decorrer do experimento foi de 484,4 mm, bem distribuída desde a emergência até a maturação, e não ocorreram variações bruscas de temperatura, propiciando condições adequadas ao desenvolvimento da cultura e à aplicação do redutor, que tem seu efeito minimizado em condições de deficiência hídrica (RODRIGUES et al., 2003; MATYSIAK, 2006).

As características avaliadas e apresentadas nas tabelas subsequentes foram influenciadas pela aplicação de trinexapac-ethyl e pelas doses de nitrogênio. Porém, não ocorreram interações significativas entre os tratamentos com o trinexapac-ethyl e o nitrogênio para todas as variáveis analisadas.

O diâmetro do colmo é uma característica importante e que deve ser levada em consideração quando se está estudando acamamento de plantas, visto que a resistência ao acamamento é função

direta do nível de espessamento dos tecidos da base da planta e inversamente proporcional à altura desta (RODRIGUES et al., 2003). No presente trabalho, o diâmetro do colmo, tanto do 1º como do 2º entre nós, não foi afetado pelo redutor de crescimento, independentemente da época de aplicação, nem pelas doses de nitrogênio (Tabela 1).

**Tabela 1.** Efeito do trinexapac-ethyl e do nitrogênio no diâmetro do colmo do primeiro entre nós (DC<sub>1</sub>) e do segundo entre nós (DC<sub>2</sub>), no comprimento do primeiro entre nós (C<sub>1</sub>) e do segundo entre nós (C<sub>2</sub>) na cultivar de trigo Avante.

Tratamentos	Características agrônômicas			
	DC <sub>1</sub> (mm)	DC <sub>2</sub> (mm)	C <sub>1</sub> (cm)	C <sub>2</sub> (cm)
Redutor de Crescimento				
Testemunha	2,70 a	2,86 a	7,03 a	10,42 a
Trinexapac-ethyl (1º- 2º nó) <sup>1</sup>	2,53 a	2,83 a	6,10 b	9,18 b
Trinexapac-ethyl (2º- 3º nó) <sup>2</sup>	2,53 a	2,82 a	6,44 b	8,70 c
Trinexapac-ethyl sequencial	2,48 a	2,79 a	6,19 b	9,43 b
Adução nitrogenada em cobertura	DC <sub>1</sub> (mm)	DC <sub>2</sub> (mm)	C <sub>1</sub> (cm)	C <sub>2</sub> (cm)
90 kg	2,68	2,83	6,34	9,44
135 kg	2,51	2,82	6,53	9,63
180 kg	2,49	2,76	6,44	9,22
225 kg	2,56	2,88	6,46	9,41
Regressão	ns	ns	ns	ns
C.V.	40,0	11,0	18,5	14,6

Médias dos tratamentos com trinexapac-ethyl seguidas da mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; <sup>1</sup>Aplicação entre 1º e 2º nó perceptível; <sup>2</sup>Aplicação entre 2º e 3º nó perceptível; ns = não-significativo.

Resultado similar foi observado por Zagonel et al. (2002b) que, ao avaliarem a aplicação de trinexapac-ethyl em diferentes densidades de plantas e doses de nitrogênio, não observaram alteração do diâmetro do caule na cultivar OR-1 com a aplicação do redutor de crescimento.

Em estudos na Argentina realizados por Lozano e Leadon (2001), foi verificado maior espessamento do tecido esclerenquimático, o que resultou em aumento do diâmetro do colmo, após a aplicação de trinexapac-ethyl, em duas cultivares de trigo. No entanto, foi verificado também que esse espessamento pode ser observado na parte

interna do colmo, o que pode ter ocorrido no presente trabalho.

O comprimento tanto do primeiro como do segundo entre nós foram influenciados pelos tratamentos com o trinexapac-ethyl, que reduziu o comprimento de ambos (Tabela 1). O primeiro entre nós diminuiu pela aplicação do redutor, mas sem influência da época de aplicação, enquanto a aplicação sequencial do redutor promoveu maior redução do segundo entre nós, quando comparada à aplicação única, independentemente da época de aplicação. A redução dos entre nós está ligada diretamente à suscetibilidade ou resistência ao acamamento. Diversos autores, avaliando o trinexapac-ethyl em cultivares de trigo e cevada em diferentes locais, concluíram que este redutor diminui de forma significativa o comprimento dos entre nós (LOZANO; LEADON, 2001) e na cultura da soja diminui a altura de plantas (LINZMEYER JÚNIOR et al., 2008).

As doses de nitrogênio não influenciaram o comprimento dos entre nós, o que também foi constatado por Zagonel et al. (2002a e b), mostrando que nem sempre há alongamento dos entre nós em função da adição do nitrogênio.

A altura da folha-bandeira expressa o comprimento dos entre nós, exceto o último. No presente trabalho, o comprimento do colmo entre o último nó e a inserção da espiga (pedúnculo) diminuiu pela aplicação de trinexapac-ethyl, principalmente para a aplicação sequencial (Tabela 2).

Essa é uma observação importante, pois aplicações mais tardias de trinexapac-ethyl, após o terceiro nó, podem resultar em encurtamento acentuado do pedúnculo, fazendo com que a espiga fique retida na bainha da folha-bandeira, o que resultará em problemas na antese e, conseqüentemente, na produtividade do trigo.

**Tabela 2.** Efeito do trinexapac-ethyl e do nitrogênio no comprimento do pedúnculo (CP), no acamamento durante a fase de florescimento (Acam. F) e de pré-colheita (Acam. PC), na altura de plantas (Alt.) e nitrogênio foliar (N Foliar) na cultivar de trigo Avante.

Tratamentos	Variáveis				
	CP (cm)	Acam. F (%)	Acam. PC (%)	Alt. (cm)	N Foliar (g kg <sup>-1</sup> )
Redutor de crescimento					
Testemunha	18,11 a	9,68 a	55,31 a	84 a	41,5 a
Trinexapac-ethyl (1º- 2º nó) <sup>1</sup>	15,54 b	0,93 b	14,68 b	78 b	42,1 a
Trinexapac-ethyl (2º- 3º nó) <sup>2</sup>	13,08 d	0,00 b	4,37 b	76 b	41,3 a
Trinexapac-ethyl sequencial	14,14 c	0,00 b	11,56 b	77 b	41,6 a
Adução nitrogenada em Cobertura	CP (cm)	Acam. F (%)	Acam. PC (%)	Alt. (cm)	N Foliar (g kg <sup>-1</sup> )
90 kg	15,56	1,66	9,33	78	40,6
135 kg	15,71	3,23	22,35	79	41,3
180 kg	14,88	2,35	22,05	78	42,5
225 kg	14,67	3,33	32,00	79	42,0
Regressão	L*	ns	L*	ns	Q**
C.V.	20,4	261,9	94,2	4,2	3,3

Médias dos tratamentos com trinexapac-ethyl seguidas da mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; <sup>1</sup>Aplicação entre 1º e 2º nó perceptível; <sup>2</sup>Aplicação entre 2º e 3º nó perceptível; ns = não-significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrático; CP = 16,42 - 0,006x (R<sup>2</sup> = 0,60); Acam. PC = - 1,88 + 0,13x (R<sup>2</sup> = 0,38); N Foliar = 36,30 + 0,054x - 0,0001x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup> = 0,88).

O nitrogênio e redutores de crescimento afetam a altura de plantas. Os resultados da Tabela 2 demonstraram que o redutor de crescimento, independentemente da época em que foi aplicado, promoveu diminuição da altura das plantas, com redução mais acentuada para a aplicação entre o segundo e o terceiro nó, visto que aplicação mais tardia afeta os entre nós que se formam mais tarde, os mais longos. Resultados similares de redução de altura foram observados por outros autores (LOZANO; LEADEN, 2001; ZAGONEL; FERNANDES, 2007; MATYSIAK, 2006) que confirmaram a redução no comprimento dos entre nós com o uso do trinexapac-ethyl.

A altura de plantas não foi influenciada pelo aumento das doses de nitrogênio (Tabela 2). No entanto, Zagonel et al. (2002a), avaliando o efeito de doses de nitrogênio sobre a altura de plantas, verificaram que o aumento da dose de nitrogênio aumentou a altura de plantas. Isso mostra, que a menor dose utilizada no presente experimento, já influenciou as plantas, a ponto de atingirem sua altura máxima com 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, visto que os autores acima citados trabalharam com doses menores de N.

Tanto redutores de crescimento como a adubação nitrogenada podem influenciar o crescimento de plantas e, dessa forma, têm efeito no acamamento (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). O acamamento na fase de florescimento do trigo foi pouco pronunciado, porém foi possível observar (Tabela 2) diferenças principalmente entre a testemunha e os tratamentos com redutor de crescimento. Na fase de florescimento, as parcelas-testemunha já apresentavam plantas acamadas, o que não ocorreu com os tratamentos do trinexapac-ethyl. Na fase de pré-colheita, ocorreu maior incidência de plantas acamadas, sendo possível verificar que o trinexapac-ethyl reduziu o número delas, mas sem diferenças entre as épocas de aplicação. O menor acamamento verificado para os tratamentos com trinexapac-ethyl se deve à menor altura de plantas (Tabela 2) e também à lignificação da parede celular que o produto causa (LOZANO; LEADEN, 2001), fatores que, em conjunto, conferem maior resistência da planta ao acamamento. Trabalhos recentes com trinexapac-ethyl também demonstraram redução de acamamento em diversas situações de níveis de adubação nitrogenada, densidade de plantas e cultivares (MATYSIAK, 2006;

BERTI et al., 2007; ZAGONEL; FERNANDES, 2007), o que corrobora os resultados do presente trabalho.

O aumento da dose de nitrogênio não afetou o acamamento das plantas na fase de florescimento do trigo (Tabela 2). O acamamento somente foi influenciado na fase de pré-colheita, quando o aumento da dose de nitrogênio promoveu aumento linear do número de plantas acamadas, resultados similares aos obtidos por Zagonel et al. (2002a) e Rodrigues et al. (2003), e mostra que há efeito do N no acamamento e daí a necessidade do uso de redutores de crescimento em conjunto com altas doses de N.

O teor de nitrogênio nas folhas não foi influenciado pela aplicação do trinexapac-ethyl (Tabela 2). As doses de nitrogênio ocasionaram mudanças no teor de nitrogênio foliar, com resposta quadrática e ponto de máxima em 180 kg ha<sup>-1</sup> de N. O teor de nitrogênio na folha é um parâmetro adequado para avaliar possíveis deficiências ou excesso deste nutriente, quando avaliados na fase de antese do trigo. Os níveis do nutriente encontrados nas folhas variam de 20 a 34 g kg<sup>-1</sup> (PAULETTI, 2004) e, no presente trabalho, os valores obtidos foram superiores, indicando que, na menor dose aplicada (90 kg ha<sup>-1</sup> de N), as plantas estavam supridas de N.

Para os componentes da produção, os tratamentos com trinexapac-ethyl não influenciaram o número de plantas por metro quadrado, número de perfilhos, número de espigas, número de grãos por espiga e massa de 1.000 grãos, sendo que todos os componentes mostraram resultados similares entre a aplicação ou não do redutor, independentemente da época em que foi aplicado. O redutor promoveu aumento do número de espiguetas por espigas, especialmente em aplicação única (Tabela 3). Zagonel e Fernandes (2007) não observaram efeito do trinexapac-ethyl sobre o número de espigas por metro e espiguetas por espigas em três cultivares de trigo. Porém Zagonel et al. (2002a) verificaram que a aplicação de trinexapac-ethyl promoveu efeito positivo no número de perfilhos por planta, número de espigas por metro, número de espiguetas por espiga e massa de 1.000 grãos. Essa variabilidade dos resultados dos componentes da produção, em relação ao trinexapac-ethyl, provavelmente se deve ao conjunto das variações edafoclimáticas de cada local com a cultivar utilizada.

**Tabela 3.** Efeitos do trinexapac-ethyl e do nitrogênio no número de plantas por m<sup>2</sup> (Estande), perfilhos por planta (Perf.), espigas por m<sup>2</sup> (Es m<sup>-2</sup>), espiguetas por espigas (Ep Es<sup>-1</sup>), grãos por espiguetas (G Ep<sup>-1</sup>), massa de 1.000 grãos (MMG) e produtividade (Prod.) na cultivar de trigo Avante.

Tratamentos	Componentes da produção e produtividade						
	Estande	Perf.	Es m <sup>-2</sup>	Ep Es <sup>-1</sup>	G Ep <sup>-1</sup>	MMG	Prod.
Redutor de crescimento	(n°)	(n°)	(n°)	(n°)	(n°)	(g)	(kg ha <sup>-1</sup> )
Testemunha	425 a	2,5 a	625 a	14,0 b	1,89 a	37,5 a	5725 b
Trinexapac-ethyl (1°- 2° nó) <sup>1</sup>	423 a	2,5 a	656 a	16,1 a	1,92 a	36,5 a	6234 a
Trinexapac-ethyl (2°- 3° nó) <sup>2</sup>	431 a	2,3 a	648 a	16,4 a	1,93 a	36,7 a	6221 a
Trinexapac-ethyl sequencial	422 a	2,2 a	645 a	15,3ab	1,97 a	37,2 a	6015 ab
Adução nitrogenada em cobertura	Estande	Perf.	Es m <sup>-2</sup>	Ep Es <sup>-1</sup>	G Ep <sup>-1</sup>	MMG	Prod.
		(n°)	(n°)	(n°)	(n°)	(g)	(kg ha <sup>-1</sup> )
90 kg	428	2,3	627	16,3	1,94	37,0	5827
135 kg	426	2,3	639	16,1	1,92	36,8	6160
180 kg	435	2,5	661	15,9	1,90	36,5	6025
225 kg	428	2,3	645	16,0	1,89	37,6	6183
Regressão	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V.	7,8	17,0	5,6	5,3	9,8	5,3	9,4

Médias dos tratamentos com trinexapac-ethyl, seguidas da mesma letra nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; <sup>1</sup>Aplicação entre 1° e 2° nó perceptível; <sup>2</sup>Aplicação entre 2° e 3° nó perceptível; ns = não-significativo.

Os componentes de produção não foram afetados pelo aumento das doses de nitrogênio (Tabela 3) porque o suprimento de nitrogênio para a cultivar foi adequado com a menor dose utilizada (90 kg ha<sup>-1</sup>). Somado ao fato de que as condições climáticas no decorrer do experimento foram favoráveis para o desenvolvimento das plantas, isso resultou na exteriorização plena dos componentes da produção.

O objetivo principal do uso de redutores de crescimento é a redução do acamamento. No entanto, ao estudarem esse efeito, vários autores observaram que, independentemente da ocorrência do acamamento, o trinexapac-ethyl promove aumento da produtividade (LOZANO; LEADEN, 2001; MATYSIAK, 2006; BERTI et al., 2007; ZAGONEL; FERNANDES, 2007). No presente trabalho, o trinexapac-ethyl também promoveu aumento de produtividade, tanto para a aplicação entre o primeiro e o segundo nó como entre o segundo e o terceiro nó visível, mas não para a aplicação sequencial (Tabela 3). Esse aumento de produção causado pelo trinexapac-ethyl é atribuído às mudanças na arquitetura foliar das plantas, especialmente da angulação da folha-bandeira, que fica mais ereta (LOZANO; LEADEN, 2001). Estes autores observaram aumento médio de 27% na produção de duas cultivares em função do uso do trinexapac-ethyl e correlacionam o aumento às mudanças acima mencionadas.

Assim, a maior produtividade observada, no presente trabalho, resultado da aplicação do trinexapac-ethyl, pode ser atribuída em parte às mudanças na altura de plantas, com conseqüente alteração da arquitetura das plantas, e em parte pela redução do acamamento (Tabela 2). Tanto para as mudanças de altura/arquitetura das plantas como para acamamento, não houve resposta à época de aplicação do trinexapac-ethyl.

O aumento da dose de nitrogênio não promoveu ganho na produtividade de trigo (Tabela 3), e a dose de 90 kg ha<sup>-1</sup> foi suficiente para garantir a exteriorização da produtividade máxima da cultura. Essa é a dose recomendada de nitrogênio na região em que foi realizado o presente trabalho (PAULETTI; COSTA, 2002).

Deve-se destacar, ainda, que a produtividade média do experimento esteve próxima de 6.000 kg ha<sup>-1</sup>, sendo superior às obtidas pelos autores citados neste trabalho. Isso indica que o clima e o manejo são decisivos na determinação da produtividade e que a resposta do trigo ao trinexapac-ethyl independe da produtividade. Indica também que a dose de N utilizada e recomendada para a região supre as necessidades do trigo, não sendo necessário uso de doses maiores.

## Conclusão

O trinexapac-ethyl reduz o comprimento dos entre nós, a altura das plantas e a porcentagem de acamamento, independentemente da época de aplicação, mas a aplicação única, nas fases do primeiro e segundo nós visíveis ou do segundo e terceiro nós visíveis, promove aumento do número de espiguetas e da produtividade de grãos.

O aumento da dose de nitrogênio aumenta o teor do nutriente na planta e promove maior acamamento, porém sem efeito nos componentes de produção e na produtividade, indicando que a menor dose utilizada (90 kg ha<sup>-1</sup> de N) atende as exigências das plantas e permite expressar o seu potencial produtivo.

## Referências

BERTI, M.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Produtividade de cultivares de trigo em função do trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio. *Scientia Agraria*, v. 8, n. 2, p. 127-134, 2007.

- BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em sistema plantio direto após diferentes culturas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 2, p. 193-198, 2006.
- DA ROS, C. O.; SALET, R. L.; PORN, R. L.; MACHADO, J. N. C. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, p. 799-804, 2003.
- DAVIES, P. J. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. In: DAVIES, P. J. (Ed.). **Plant hormones and their role in plant growth and development**. The Netherlands: Kluwer Academic, 1987. p. 1-23.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2006.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Cultura do milho: aspectos fisiológicos e manejo da água. **Informações Agrônomicas**, v. 73, n. 1, p. 1-4, 1996.
- FREITAS, J. G.; CAMARGO, C. E. O.; PEREIRA FILHO, A. W. P.; PERTINELLI JUNIOR, A. Produtividade e resposta de genótipos de trigo ao nitrogênio. **Bragantia**, v. 53, n. 2, p. 229-234, 1994.
- HECKMAN, N. L.; ELTHON, T. E.; HORST, G. L.; GAUSSOIN, R. E. Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. **Crop Science**, v. 42, n. 2, p. 423-427, 2002.
- LINZMEYER JUNIOR, R.; GUIMARÃES, V. F.; SANTOS, D.; BENCKE, M. H. Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 373-379, 2008.
- LOZANO, C. M.; LEADEN, M. I. **Novedades sobre el uso de reguladores de crecimiento en trigo**. Jornadas de actualización profesional: Trigo 2001, p. 34-35, 2001.
- MATYSIAK, K. Influence of trinexapac-ethyl on growth and development of winter wheat. **Journal of Plant Protection Research**, v. 46, n. 2, p. 133-143, 2006.
- MUNDSTOCK, C. M. **Cultivo dos cereais de estação fria: trigo, cevada, aveia, centeio, alpiste, triticale**. Porto Alegre: NBS, 1983.
- NAKAYAMA, K.; KAMIAY, Y.; KOBAYASHI, M.; ABE, H.; SAKURAI, A. Effects of a plant-growth regulator, prohexadione, on the biosynthesis of gibberellins in cell-free systems derived from immature seeds. **Plant Cell Physiology**, v. 31, n. 8, p. 1183-1190, 1990.
- OSBORNE, D. R.; VOOGT, P. **Análisis de los nutrientes de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1986.
- PAULETTI, V.; COSTA, L. C. **Calibração de doses de nitrogênio para trigo em plantio direto**. Castro: [s.n.], 2002. (Relatório interno Fundação ABC).
- PAULETTI, V. **Nutrientes: teores e interpretações**. Castro: [s.n.], 2004.
- RAJALA, A.; PELTONEN-SAINIO, P. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. **Agronomy Journal**, v. 5, n. 93, p. 936-943, 2001.
- RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, n. 1, p. 501-531, 2000.
- RODRIGUES, O.; DIDONETE, A. D.; TEIXEIRA, C. C. M.; ROMAM, S. E. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. (Circular técnica, 14).
- RODRIGUES, O.; VARGAS, R. **Efeito de redutor de crescimento cycocel e de altas doses de adubação nitrogenada em trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 23p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 7).
- SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N.; MAIA, M. S. Vigor de sementes de populações de aveia preta: II - Desempenho e utilização de nitrogênio. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 1, p. 121-127, 2000.
- SILVA, D. B.; GOTTO, W. S. Resposta do trigo de sequeiro ao nitrogênio, após soja precoce, na região do Alto Paranaíba, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 9, p. 1401-1405, 1990.
- ZADOKS, J. C.; CHANG, T. T.; KONZAK, C. F. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, v. 14, n. 6, p. 415-421, 1974.
- ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P. Efeito de regulador de crescimento na cultura do trigo submetido a diferentes doses de nitrogênio e densidades de plantas. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 471-476, 2002a.
- 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**, v. 32, n. 1, p. 25-29, 2002b.
- 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, n. 2, p. 331-339, 2007.

Received on March 7, 2008.

Accepted on March 31, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.