

Adubação nitrogenada em estádios fenológicos em cevada, cultivar ‘MN 698’

Nitrogen fertilization at different growth stages in barley, cultivar ‘MN 698’

Anderson Fernando Wamser^I Claudio Mario Mundstock^{II}

RESUMO

A contribuição de cada componente do rendimento para a formação do rendimento de grãos em cevada é afetada pela época da suplementação nitrogenada na cultura. O objetivo do presente trabalho foi determinar os estádios fenológicos mais críticos para a suplementação nitrogenada em cevada, cultivar ‘MN 698’. Foram conduzidos quatro experimentos a campo em três locais do Rio Grande do Sul (Eldorado do Sul, Encruzilhada do Sul e Victor Graeff), entre os anos agrícolas de 2000 e 2001. Testaram-se duas doses de N (30/40kg ha⁻¹ e 60/80kg ha⁻¹) aplicadas em seis estádios de desenvolvimento do colmo principal (CP): (a) emergência das plântulas, (b) emissão da 2^a/3^a folha, (c) emissão da 4^a/5^a folha, (d) emissão da 6^a/7^a folha, (e) emissão da 8^a/9^a folha e (f) emborrachamento. Foram avaliados o rendimento de grãos e os componentes do rendimento. Os resultados indicaram que, em condições de baixa matéria orgânica no solo, as maiores respostas em rendimentos de grãos são observadas entre a emissão da 3^a folha e a emissão da 9^a folha do CP. Dentro deste período, os estádios de emissão da 3^a e 7^a folhas do CP, correspondendo ao início e final do afilhamento, são os mais críticos para a suplementação nitrogenada na cultura. Em condições de médio teor de matéria orgânica do solo, a época de aplicação de N não afetou sensivelmente o rendimento de grãos.

Palavras-chave: *Hordeum vulgare* L., adubação nitrogenada, estádios fenológicos.

ABSTRACT

The yield component contribution in the grain yield in barley is affected to growth stage for nitrogen supplementation. The objective of present study was to determine the critical growth stages for nitrogen fertilization in barley, cultivar MN 698. Four field experiments were carried out in

Eldorado do Sul, Encruzilhada do Sul and Victor Graeff (RS), Brazil, in 2000 and 2001. Two N rates (30/40kg ha⁻¹ and 60/80kg ha⁻¹) were applied in six growth stages of main shoot (MS): (a) plant emergence, (b) 2nd/3rd leaf emergence, (c) 4th/5th leaf emergence, (d) 6th/7th leaf emergence, (e) 8th/9th leaf emergence and, (f) boot stage. Grain yield and yield components were analyzed. For low soil organic matter the better grain yield were observed when the N was applied at 3rd to 9th leaf emergence. The 3rd and 7th leaf emergence stages, correspondent to begging and final tiller emergence, were critical to nitrogen fertilization in barley plants. For medium soil organic matter, the time of supplementation of N not affected sensibly the grain yield.

Key words: *Hordeum vulgare* L., nitrogen fertilization, growth stages.

INTRODUÇÃO

A adubação nitrogenada é uma prática usada quando o solo possui restrita capacidade em fornecer a quantidade de nitrogênio (N) exigida pela cultura ao longo do seu desenvolvimento. No entanto, somente parte do N suplementado através de fertilizantes é utilizada pela planta. A eficiência agrônômica da adubação nitrogenada depende de condições edáficas e meteorológicas e também de características de planta, como a taxa de absorção e a eficiência de utilização do nutriente. A eficiência do uso de N (NUE) em cereais, notoriamente, pode ser influenciada pelo genótipo (MUURINEN et al., 2006). KOLCHINSKI & SCHUCH (2002) E KOLCHINSKI & SCHUCH (2003), trabalhando

^IEstação Experimental de Caçador, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI). Rua Abílio Franco, 1500, Bairro Bom Sucesso, CP 591, 89500-000, Caçador, SC, Brasil. E-mail: afwamser@epagri.sc.gov.br. Autor para correspondência.

^{II}Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Av. Bento Gonçalves, 7712, CP 776, 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil.

com épocas de aplicação e doses de N, respectivamente, não encontraram diferenças na NUE para quatro cultivares de aveia. MUURINEN et al. (2006) encontraram significativo aumento da NUE com o lançamento de novas cultivares de aveia e trigo entre os anos de 1909 e 2002, sendo que, nas cultivares mais modernas, não houve diferenças na NUE. Entretanto, para a cevada cervejeira, esses mesmos autores não encontraram diferenças na NUE entre as cultivares lançadas durante este período. As poucas diferenças na NUE para cevada cervejeira se devem, provavelmente, ao fato de que o melhoramento desta envolve a seleção para genótipos de baixo teor de proteína no grão (MUURINEN et al., 2006), característica desejável a indústria cervejeira.

Práticas de manejo, como época e método de aplicação e tipo de adubo, também podem afetar a eficiência agrônômica da adubação nitrogenada em plantas cultivadas (ANGHINONI, 1986). A variação na época de aplicação de N, dentro das práticas de manejo de cereais de estação fria, constitui-se em interessante método para a maximização da eficiência da adubação nitrogenada, com possíveis conseqüências sobre o rendimento de grãos (MUNDSTOCK, 1999). Seu princípio consiste em fornecer a quantidade necessária nos estádios de maior demanda de N pela planta. Estes estádios estão relacionados, principalmente, com a época de formação das estruturas que vão dar origem aos componentes do rendimento.

O rendimento de grãos, em cereais de estação fria, é composto pelo número de espigas área⁻¹, número de grãos espiga⁻¹ e massa de grão. Ao longo da ontogênese da cultura, o início da formação e a concretização do potencial destas estruturas, ou seja, a quantidade final de cada componente do rendimento, ocorrem em diferentes estádios fenológicos (MCMASTER, 1997). Cada componente do rendimento, dessa forma, tem resposta diferenciada à suplementação nitrogenada de acordo com o estágio fenológico em que esta é realizada, sendo alguns favorecidos em detrimento a outros. Esta resposta diferenciada pode ser utilizada para explorar as interações que favoreçam a eficiência da adubação nitrogenada e o aumento no rendimento de grãos. Para tanto, é necessário estabelecer os estádios fenológicos da cultura, em que a aplicação de N propicie as melhores interações.

O presente trabalho teve como objetivos determinar, dentro do ciclo da cevada, o período de resposta em rendimento de grãos à aplicação de N e determinar, dentro deste período, os estádios fenológicos críticos à aplicação de N, nos quais se observam os maiores rendimentos de grãos.

MATERIAL E MÉTODOS

Três experimentos foram realizados no ano de 2000, o primeiro na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), no município de Eldorado do Sul (RS), o segundo no Campo Experimental de Cevada da Companhia Brasileira de Bebidas (CEC/AmBev), no município de Encruzilhada do Sul (RS), e o terceiro no Campo Experimental Norte da Companhia Brasileira de Bebidas (CEN/AmBev), no município de Victor Graeff (RS). Um experimento foi realizado no ano de 2001, no CEN/AmBev. Os solos das áreas experimentais de Eldorado do Sul, Victor Graeff e Encruzilhada do Sul foram caracterizados como Argissolo Vermelho distrófico típico, Latossolo Vermelho distrófico típico e Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, respectivamente (EMBRAPA, 1999). Os atributos químicos dos solos das áreas experimentais são apresentados na tabela 1.

Os tratamentos testados consistiram na combinação de seis épocas de aplicação e duas doses de N na forma de uréia (45% de N). As aplicações de N foram realizadas de acordo com a escala de desenvolvimento do colmo principal (CP) proposta por HAUN (1973), nos seguintes estádios: a) 0.1 (emergência das plântulas); b) 2.1 (emissão da 3ª folha); c) 4.1 (emissão da 5ª folha); d) 6.1 (emissão da 7ª folha); e) 8.1 (emissão da 9ª folha) e f) emborrachamento. O experimento conduzido em Victor Graeff, no ano de 2001, apresentou as épocas de aplicação de N de acordo com os seguintes estádios de desenvolvimento: a) 0.1 (emergência das plântulas); b) 1.1 (emissão da 2ª folha); c) 3.1 (emissão da 4ª folha); d) 5.1 (emissão da 6ª folha); e) 7.1 (emissão da 8ª folha) e f) emborrachamento. Em Victor Graeff, no ano de 2000, não houve aplicação de N por ocasião da emissão da 3ª folha (3.1 da escala Haun). Em Eldorado do Sul, as doses testadas de N foram 40 e 80kg ha⁻¹. Em Encruzilhada do Sul e em Victor Graeff, utilizaram-se as doses de 30 e 60kg ha⁻¹. A menor dose de N foi aplicada de forma única nos seis estádios de desenvolvimento. A maior dose de N foi aplicada de forma única nos seis estádios de desenvolvimento ou parcelada, sendo 40 ou 30kg ha⁻¹ no momento da emergência e 40 ou 30kg ha⁻¹ nos demais estádios de desenvolvimento. Em todos os locais foi utilizado um tratamento controle, sem aplicação de N.

A cultivar de cevada utilizada nos experimentos foi a "MN 698", apresentando ciclo de 140 dias (90 dias da sementeira ao espigamento), estatura de 70-80cm e moderada resistência ao acamamento (CAIERÃO & SPEROTTO, 2006). A sementeira direta foi realizada nos dias 23/06/2000 em

Tabela 1 - Atributos químicos dos solos de amostras retiradas antes da instalação dos experimentos.

Ano	Local ⁽¹⁾	pH (H ₂ O)	P (Mehlich-1)	K (Mehlich-1)	MO ⁽²⁾	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	V ⁽³⁾
		-----mg dm ⁻³ -----			---%---	-----cmol _c dm ⁻³ -----			---%---
2000	EEA	5,3	6,6	238	2,1 (B) ⁽⁴⁾	0,1	3,9	1,5	56
	CEN	5,6	26,0	> 202	3,8 (M)	0,1	5,4	2,5	70
	CEC	5,4	47,0	160	2,3 (B)	0,1	4,6	1,5	63
2001	CEN	6,0	> 52,0	> 202	4,5 (M)	0,1	7,0	3,4	80

⁽¹⁾EEA = Eldorado do Sul, CEN = Victor Graeff, CEC = Encruzilhada do Sul.

⁽²⁾MO = matéria orgânica, ⁽³⁾V = saturação por bases, ⁽⁴⁾Interpretação do teor de MO no solo: B = baixo; M = médio (SOCIEDADE, 2004).

Eldorado do Sul, 18/05/2000 e 31/05/2001 em Victor Graeff, e 18/07/2000 em Encruzilhada do Sul, utilizando semeadora em linha, na densidade correspondente a 250 sementes aptas metro⁻². As culturas antecessoras foram o milho em Eldorado do Sul e a soja em Encruzilhada do Sul e Victor Graeff.

A adubação de base foi feita com fósforo e potássio, em Eldorado do Sul, com a aplicação em linha de 90kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 45kg ha⁻¹ de K₂O, nas formas de superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. Em Encruzilhada do Sul e em Victor Graeff, a adubação de base consistiu na aplicação de 50kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60kg ha⁻¹ de K₂O, nas formas de superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. Demais práticas de manejo foram realizadas de acordo com as Recomendações da Comissão de Pesquisa de Cevada para o cultivo de cevada cervejeira em 1999 e 2000 (COMISSÃO, 1999).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Cada parcela foi constituída de 11 linhas com 5m de comprimento e 17cm entre linhas. Na colheita, foi avaliado o rendimento de grãos em todos os locais. Em Eldorado do Sul, foram avaliados também os componentes do rendimento número de espigas área⁻¹, número de grãos espiga⁻¹ e massa de grão. As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância pelo teste de F. Quando alcançada significância estatística (P≤0,05), as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan, em nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As produtividades médias de grãos em Eldorado do Sul e Encruzilhada do Sul foram menores que as obtidas em Victor Graeff (Tabela 2). Os solos das áreas de Eldorado do Sul e Encruzilhada do Sul apresentaram teor baixo de matéria orgânica do solo e, conseqüentemente, possuíam menor capacidade de disponibilizar N à cultura, em relação ao teor médio

observado nas áreas de Victor Graeff (Tabela 1). A menor capacidade dos solos de Eldorado do Sul e Encruzilhada do Sul de disponibilizarem N às plantas resultou em maiores variações na produtividade de grãos, em relação a Victor Graeff, possibilitando determinar o período e os estádios críticos à adubação nitrogenada nestes locais.

De forma geral, o período da emissão da 3ª folha à emissão da 9ª folha correspondeu ao de maior resposta à adubação nitrogenada em Eldorado do Sul e Encruzilhada do Sul (Tabela 2). Este período foi semelhante ao encontrado por BREDEMEIER & MUNDSTOCK (2001) em trigo e por MUNDSTOCK & BREDEMEIER (2001) em aveia. A aplicação de N nos estádios iniciais do desenvolvimento da cultura é importante para o rendimento, sendo que a formação de espiguetas é incrementada (FRANK & BAUER, 1996). Este efeito foi visualizado em Eldorado do Sul através do número de grãos espiga⁻¹ (Figura 1B). Houve aumento do número de grãos espiga⁻¹ com a aplicação única da menor dose de N e fracionada da maior dose de N na emissão da 3ª folha do CP, se comparado com o tratamento de N aplicado na emergência das plântulas. Assim, há vantagens quando o fornecimento de N ocorre em estádios mais próximos ao início da formação das espiguetas, que começa na emissão da 5ª ou 6ª folha do CP (MCMMASTER, 1997). Para a aplicação de N coincidindo com este estádio, houve menor resposta no incremento de grãos espiga⁻¹. É possível que a não-aplicação de N até este estádio tenha induzido a planta a formar menor número de espiguetas espiga⁻¹, ajustando-se à menor disponibilidade de N no solo.

A disponibilidade inicial de N também é importante para a produção de colmos por área através do incremento na emissão de afilhos (LONGNECKER et al., 1993; GROHS et al., 2001). Porém, houve menor número de espigas área⁻¹ com as aplicações iniciais de N até a emissão da 5ª folha do CP em relação aos estádios posteriores, até a emissão da 9ª folha do CP (Figura 1A). A aplicação de N até a emissão da 3ª folha

Tabela 2 - Rendimento de grãos de cevada em função da aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cultura da cevada, para Eldorado do Sul (2000), Encruzilhada do Sul (2000) e Victor Graeff (2000 e 2001).

Tratamentos ¹	Rendimento de grãos			
	Eldorado do Sul	Encruzilhada do Sul	Victor Graeff	
			2000	2001
	----- kg ha ⁻¹ -----			
Testemunha	750d	910cd	2380d	2500de
Aplicação única de 30/40 kg ha ⁻¹ de N				
Emergência	1350c	800d	3110bc	2870abc
Emissão da 2 ^a /3 ^a folha	1930ab	1460ab	---	2950abc
Emissão da 4 ^a /5 ^a folha	1680bc	1470ab	3430abc	2830bc
Emissão da 6 ^a /7 ^a folha	2200ab	1230bcd	3180abc	2960abc
Emissão da 8 ^a /9 ^a folha	1760bc	1240bcd	3190abc	2720cd
Emborrachamento	1330c	930cd	2980c	2490de
Aplicação única de 60/80 kg ha ⁻¹ de N				
Emergência	1770bc	910cd	3730ab	2960abc
Emissão da 2 ^a /3 ^a folha	1920b	1490ab	---	2990abc
Emissão da 4 ^a /5 ^a folha	2180ab	1390abc	3680ab	3150a
Emissão da 6 ^a /7 ^a folha	2360a	1700ab	3460abc	2970abc
Emissão da 8 ^a /9 ^a folha	1200cd	1460ab	3340abc	3100ab
Emborrachamento	1710bc	850d	2980c	2240e
Aplicação parcelada de 60/80 kg ha ⁻¹ de N (30/40 kg ha ⁻¹ de N na emergência)				
Emissão da 2 ^a /3 ^a folha	2170ab	1200cd	---	3037ab
Emissão da 4 ^a /5 ^a folha	2050ab	1710ab	3790a	2990abc
Emissão da 6 ^a /7 ^a folha	2440a	1770a	3610abc	2860abc
Emissão da 8 ^a /9 ^a folha	2050ab	1760a	3750ab	2890abc
Emborrachamento	1970ab	1410abc	3430abc	2830bc
Média	1820	1320	3390	2850

¹Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

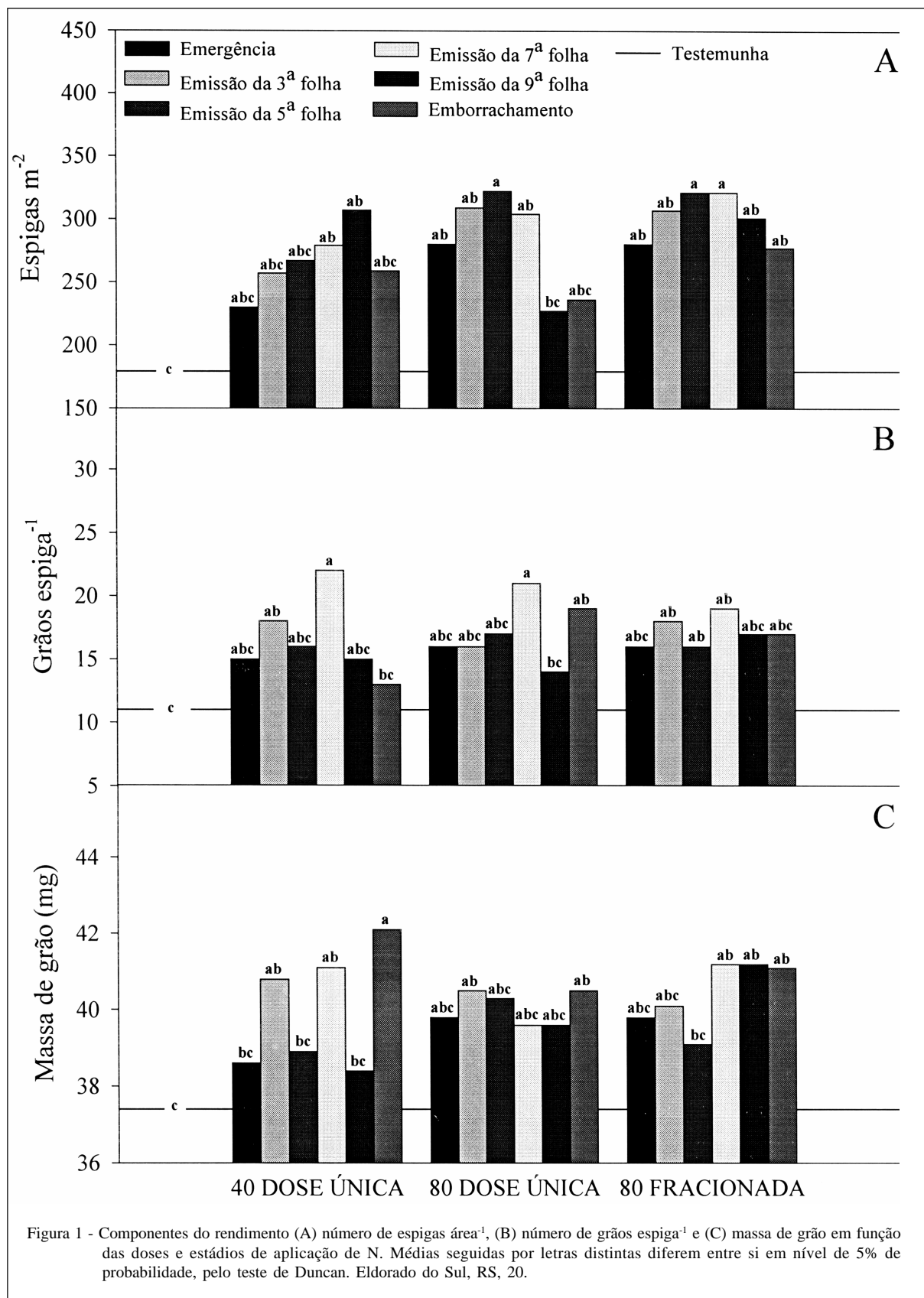
do CP pode ter produzido maior número de colmos, porém o suprimento inicial de N não foi suficiente para atender à demanda no período de alongamento dos entrenós, intensificando a competição entre os colmos e a senescência dos mesmos.

A aplicação de N no final do afilhamento, emissão da 7^a folha do CP, favoreceu a consolidação do número de espigas área⁻¹ e o número de grãos espiga⁻¹ (Figura 1A e 1B). Como a falta de N até este estádio pode diminuir a emissão de afilhos (LONGNECKER et al., 1993), o efeito do N se deu, possivelmente, sobre a maior sobrevivência dos colmos formados. O N minimiza os efeitos da forte competição que existe entre os colmos a partir deste estádio, já que, durante o alongamento dos entrenós, há extrema competição por recursos do ambiente (GARCÍA DEL MORAL et al., 1984), favorecendo o desenvolvimento dos colmos presentes no final do afilhamento (MUNDSTOCK & BREDEMEIER, 2001).

O maior número de grãos espiga⁻¹, com a aplicação de N no final do afilhamento, pode ser

atribuído ao aumento no número de flores diferenciadas e à diminuição do aborto floral. O número de espiguetas formadas não foi determinado, mas provavelmente não foi afetado pelo N, pois neste estádio a espiguetas terminal já está formada, não havendo possibilidade do incremento deste componente (MCMMASTER, 1997). Como após a formação da espiguetas terminal ocorre a diferenciação floral (WILLIAMS, 1966) e, posteriormente, o ajuste do número de flores, pelo aborto floral (MCMMASTER, 1997), provavelmente estes dois processos foram responsáveis pelo aumento de grãos observado. Assim, a disponibilidade de N neste período pode ter aliviado a competição interna existente para o alongamento dos entrenós e para a formação da inflorescência, auxiliando o desenvolvimento desta e diminuindo o aborto de flores.

As respostas com a aplicação no período de alongamento dos entrenós (emissão da 9^a folha) mostram a possibilidade de se obter incrementos no rendimento de grãos em estádios tardios, como observado nos ambientes estudados. Os acréscimos



podem ser atribuídos ao aumento da sobrevivência de afilhos, que resultou na consolidação de elevado número de espigas área⁻¹ (Figura 1A). A resposta fisiológica é similar àquela discutida quando o N é aplicado no final do afilhamento. Neste período, a emissão de afilhos já foi encerrada, mas a disponibilidade de N aumenta a sobrevivência dos colmos existentes mesmo que o processo de alongamento dos entrenós já esteja em andamento. Nem sempre este comportamento é observado (RAMOS et al., 1995), mas ele mostra que, na emissão da 9ª folha do CP, ainda não está fixado o número de afilhos que possuem potencial para produzirem espigas, contradizendo GARCÍA DEL MORAL et al. (1984), que não observaram aumentos na sobrevivência de afilhos com a aplicação de N neste estágio.

As aplicações de N próximas ao final do ciclo vegetativo da cultura (emborrachamento) não incrementaram o rendimento de grãos, como observado em todos os locais. Somente a massa de grão foi favorecida (Figura 1C). As plantas que recebem N neste estágio possuem área foliar ativa por mais tempo, aumentando a produção de fotoassimilados e a duração do período de enchimento de grãos (MCMASTER, 1997).

A necessidade em N pela planta em dois estádios de desenvolvimento da cultura faz com que se obtenha benefícios com o parcelamento de N, como também observado por ZEBARTH & SHEARD (1992). Os dados obtidos em Eldorado do Sul e Encruzilhada do Sul, no ano de 2000, confirmam esta exigência, segundo os quais a aplicação de N na emergência e na emissão da 7ª folha do CP proporcionaram os maiores rendimentos de grãos (Tabela 2).

Quando houve maior potencial de suprimento de N pelo solo (médio teor de matéria orgânica), como observado em Victor Graeff, nos anos de 2000 e 2001, houve poucas diferenças em rendimento de grãos entre os estádios de aplicação de N (Tabela 2). Neste caso, a suplementação de N pode ser suficiente para a produção de número adequado de espiguetas e de afilhos e se estende para consolidar o rendimento de grãos, através da diminuição da mortalidade de colmos e do incremento do número de flores. O parcelamento de N neste caso tem pouco efeito no incremento de rendimento de grãos.

CONCLUSÕES

Dentro do ciclo da cevada cv. "MN 698", o período de maior resposta à suplementação nitrogenada ocorre entre a emissão da 3ª e da 9ª folha do CP. Dentro deste período, o início e o final do afilhamento são os

estádios mais críticos à aplicação de N, devido à maior exigência de N pela planta para formação e concretização dos componentes do rendimento número de colmos área⁻¹ e número de grãos espiga⁻¹.

Em condições de elevado potencial de suprimento de N pelo solo, os estádios fenológicos para a suplementação nitrogenada possuem menor importância na formação do rendimento de grãos.

AGRADECIMENTOS E APRESENTAÇÃO

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Companhia Brasileira de Bebidas (AmBev), pelo suporte financeiro.

Parte da Dissertação de Mestrado apresentada pelo primeiro autor ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

REFERÊNCIAS

- ANGHINONI, I. Adubação nitrogenada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: SANTANA, M.B.M. **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC/SBSC, 1986. p.1-18.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Estádios fenológicos do trigo para a adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.2, p.317-323, 2001.
- CAIERÃO, E.; SPEROTTO, A.L. Barley cultivar MN 698, high malting quality for the state of Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.1, p.279-281, 2006.
- COMISSÃO DE PESQUISA DE CEVADA. **Recomendações técnicas da Comissão de Pesquisa de Cevada para o cultivo de cevada cervejeira em 1999 e 2000**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. V.1. 71p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412p.
- FRANK, A.B.; BAUER, A. Temperature, nitrogen, and carbon dioxide effects on spring wheat development and spike numbers. **Crop Science**, Madison, v.36, n.3, p.659-665, 1996.
- GARCÍA DEL MORAL, L.F. et al. Tillering dynamics of winter barley as influenced by cultivar and nitrogen fertilizer: a field study. **Crop Science**, Madison, v.24, n.1, p.179-181, 1984.
- GROHS et al. O padrão de afilhamento em cevada afetado pela disponibilidade de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 21., 2001, Guarapuava. **Anais e ata...** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 2v.
- HAUN, J.R. Visual quantification of wheat development. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, n.1, p.116-119, 1973.
- KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B. Produtividade e utilização de nitrogênio em aveia em função de épocas de aplicação do nitrogênio. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.8, n.2, p.117-121, 2002.

- KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B. Eficiência no uso do nitrogênio por cultivares de aveia branca de acordo com a adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.6, p.1033-1028, 2003.
- LONGNECKER, N. et al. Leaf emergence, tiller growth, and apical development of nitrogen-deficient spring wheat. **Crop Science**, Madison, v.33, n.1, p.154-160, 1993.
- MCMASTER, G.S. Phenology, development and growth of the wheat (*Triticum aestivum* L.) shoot apex: a review. **Advances in Agronomy**, Madison, v.59, p.63-118, 1997.
- MUNDSTOCK, C.M. **Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo**. Porto Alegre: ed. Autor, 1999. 228p.
- MUNDSTOCK, C.M.; BREDEMEIER, C. Disponibilidade de nitrogênio e sua relação com o afilamento e o rendimento de grãos de aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.2, p.205-211, 2001.
- MUURINEN, S. et al. Breeding effects on nitrogen use efficiency of spring cereals under northern conditions. **Crop Science**, Madison, v.46, n.1, p.561-568, 2006.
- RAMOS, J.M. et al. Barley response to rate and timing in a Mediterranean environment. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.125, n.2, p.175-182, 1995.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 400p.
- WILLIAMS, R.F. Development of the inflorescence in Gramineae. In: MILTHORPE, F.L.; IVINS, J.D. (Eds). **The growth of cereals and grasses**. London: Butterworth, 1966. p.74-87.
- ZEBARTH, B.J.; SHEARD, R.W. Influence of rate and timing of nitrogen fertilization on yield and quality of hard red winter wheat in Ontario. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.72, n.1 p.13-19, 1992.