

Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico⁽¹⁾

Clayton Giani Bortolini⁽²⁾, Paulo Regis Ferreira da Silva⁽³⁾, Gilber Argenta⁽⁴⁾ e Everton Leonardo Forsthofer⁽⁴⁾

Resumo – O rendimento de grãos de milho é influenciado pela disponibilidade de nitrogênio (N) no solo durante o ciclo de desenvolvimento da planta. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da adubação nitrogenada em pré-semeadura e do regime hídrico no rendimento de grãos e nos componentes de rendimento em cultivo de milho sob semeadura direta após aveia-preta. O experimento foi conduzido em Eldorado do Sul, RS, no ano agrícola de 1998/99. Os tratamentos constaram da aplicação de um nível de irrigação adequado às exigências da cultura, e outro, com excesso hídrico; e de sete sistemas de aplicação de N em milho: 0-30-150, 150-30-0, 75-30-75, 0-30-60, 60-30-0, 30-30-30 e 0-30-0, correspondendo, respectivamente, às quantidades de N (kg ha⁻¹) aplicadas em pré-semeadura (no momento de dessecação da aveia-preta), na semeadura e em cobertura do milho. Com a antecipação da aplicação de N da cobertura para a época de pré-semeadura, o rendimento de grãos de milho foi menor em relação ao obtido com a aplicação na época convencional, principalmente sob alta disponibilidade hídrica e com elevada dose de adubação nitrogenada. O componente mais associado ao rendimento de grãos de milho foi o número de grãos por espiga.

Termos para indexação: *Zea mays*, *Avena strigosa*, plantio direto.

Effects of nitrogen application and water availability on grain yield of corn cultivated after black oat

Abstract – Corn grain yield is dependent on nitrogen (N) availability during plant development. The aim of this work was to evaluate the effects of N application in presowing and water availability on grain yield and on yield components of corn, cultivated in no-tillage system after black oat. The experiment was carried out in Eldorado do Sul, State of Rio Grande do Sul, Brazil, in the 1998/99 growing season. Treatments consisted of two levels of water, one being adequate to the necessity of corn plant and the other with excessive water availability and seven systems of N application: 0-30-150, 150-30-0, 75-30-75, 0-30-60, 60-30-0, 30-30-30 e 0-30-0, corresponding to the quantity of N (kg ha⁻¹) applied in presowing (immediately after oat desiccation), at sowing and at broadcasting of corn, respectively. With total N anticipation of the broadcasting to the presowing of corn, grain yield was reduced, principally with higher water availability and higher N dose. The number of kernels per ear was the yield component more associated with corn grain yield.

Index terms: *Zea mays*, *Avena strigosa*, direct sowing.

⁽¹⁾ Aceito para publicação em 25 de outubro de 2000.

Extraído da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS.

⁽²⁾ UFRGS, Faculdade de Agronomia (FA), Caixa Postal 776, CEP 91501-970 Porto Alegre, RS. Bolsista da Capes.
E-mail: plantas@vortex.ufrgs.br

⁽³⁾ UFRGS, FA, Dep. de Plantas de Lavoura. Bolsista do CNPq.
E-mail: paulo.silva@vortex.ufrgs.br

⁽⁴⁾ UFRGS, FA. Bolsista do CNPq. E-mail: plantas@vortex.ufrgs.br

Introdução

O nitrogênio é o elemento que mais freqüentemente limita o rendimento de grãos de milho (Muzilli & Oliveira, 1982), mas também é o que proporciona as maiores respostas de rendimento de grãos da cultura.

As recomendações de adubação nitrogenada para o milho na Região Sul do Brasil são baseadas no teor de matéria orgânica do solo e na expectativa de rendimento de grãos a ser obtido. O método de aduba-

ção nitrogenada tradicionalmente recomendado preconiza a aplicação de parte da dose de N na semeadura e o restante quando a planta apresenta de quatro a oito folhas expandidas. No sistema de semeadura direta (SSD) está sendo avaliado o método de adubação nitrogenada em pré-semeadura do milho, o qual consiste na antecipação da aplicação do N de cobertura do milho para o momento da dessecação da aveia-preta cultivada no inverno (Sá, 1996). Este método tem por objetivo eliminar a possível deficiência de N no início de desenvolvimento da planta e a redução que geralmente se verifica no rendimento de grãos de milho (Sá, 1996). A redução nos teores de N do solo na presença da palha de aveia-preta é devida a sua alta relação C/N, a qual provoca imobilização do N do solo pela ação de microrganismos durante a decomposição dos resíduos.

Sá (1996) e Ceretta (1997) mostraram vantagens do uso do método de adubação nitrogenada em pré-semeadura em relação ao utilizado convencionalmente. Porém, em trabalhos posteriores, em que se verificaram maiores índices de precipitação pluvial do que nos primeiros estudos, o rendimento de grãos de milho foi menor quando o N foi aplicado em pré-semeadura do que na época convencional (Diekow et al., 1998; Basso, 1999). Os autores atribuíram esta redução do rendimento de grãos de milho à perda de N por lixiviação, fato que diminuiu seu aproveitamento pela planta.

O rendimento de grãos de milho apresenta três componentes essenciais: número de espigas por planta, número de grãos por espiga e peso de grãos. A definição destes componentes é determinada pelas condições de desenvolvimento da planta de milho em cada estágio de diferenciação. A avaliação dos componentes do rendimento de grãos de milho permite obter um indicativo da disponibilidade de N durante o seu ciclo de desenvolvimento.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicação de N na época de pré-semeadura, em relação ao método de adubação nitrogenada atualmente recomendado, em situações de adequada e excessiva disponibilidade hídrica, quanto ao rendimento de grãos e aos componentes de rendimento de milho, cultivado sob plantio direto após aveia-preta.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Eldorado do Sul, RS, no ano agrícola 1998/99. A análise do solo (0-20 cm) da área experimental, classificado como Argissolo Vermelho distrófico típico (Embrapa, 1999), indicou a seguinte composição: argila 28 g kg⁻¹, pH (em água) 5,2 e teores de P, K e MO de 16 mg L⁻¹, 134 mg L⁻¹ e 2,6 g kg⁻¹, respectivamente. A área experimental vem sendo cultivada em sistema de semeadura direta há quatro anos. Nos cultivos de inverno, a espécie utilizada foi sempre a aveia-preta; e nos de verão, nas safras 1994/95, 1995/96, 1996/97 e 1997/98, as culturas foram milho, soja, milho e milho, respectivamente.

Os tratamentos constaram da aplicação de dois níveis de suplementação hídrica (parcelas principais) e de sete sistemas com doses e épocas de aplicação de N (subparcelas) na cultura do milho. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, dispostos em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Utilizou-se um nível com adequada disponibilidade hídrica, conforme as necessidades da cultura do milho, para manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo, e outro, com disponibilidade hídrica considerada excessiva (50% superior à capacidade de campo), para provocar percolação de água no perfil do solo. A adubação nitrogenada foi aplicada na época de pré-semeadura do milho (no mesmo dia da dessecação da aveia-preta), na semeadura do milho e em cobertura, em duas doses iguais, nos estádios de quatro a cinco e de sete a oito folhas expandidas, compondo os seguintes tratamentos: 0-30-150, 150-30-0, 75-30-75, 0-30-60, 60-30-0, 30-30-30 e 0-30-0. Os valores numéricos referem-se às quantidades de N (kg ha⁻¹) aplicadas, respectivamente, em pré-semeadura, semeadura e em cobertura.

A aveia-preta foi semeada em semeadura direta, em maio de 1998, e recebeu somente adubação nitrogenada de cobertura (60 kg ha⁻¹ de N), sendo dessecada em 16 de setembro de 1998, quando 50% das plantas estavam em floração plena, utilizando-se o herbicida glyphosate, na dose de 540 g ha⁻¹ de ingrediente ativo.

A cultivar de milho utilizada foi a Braskalb XL214, híbrido simples, de ciclo precoce, semeada manualmente, em 30 de setembro de 1998, em linhas espaçadas de 0,7 m. Aos 22 dias após emergência, realizou-se desbaste, objetivando a densidade de 62.000 plantas ha⁻¹. A adubação de base consistiu da aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N, 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 120 kg ha⁻¹ de K₂O, tendo como fonte a fórmula 5-20-20. Com exceção do N da semeadura, todo o N aplicado teve a uréia como fonte.

O milho recebeu suplementação hídrica por aspersão. A estimativa da quantidade adequada de água em cada estágio de desenvolvimento foi baseada em experimentos realizados com esta cultura anteriormente no local (Bergamaschi & Guadagnin, 1990). A lâmina de água aplicada em cada rega foi determinada através da necessidade média diária da cultura para um dado estágio de desenvolvimento, multiplicada pelo número de dias de intervalo desde a última aplicação, descontando-se a precipitação pluvial verificada no período (Figura 1). No tratamento com excesso hídrico, foi aplicada uma quantidade de água 50% maior em relação ao nível com adequada disponibilidade hídrica. O objetivo deste tratamento foi provocar percolação de água no perfil do solo, simulando anos com excesso de precipitação pluvial. O momento de aplicação da irrigação foi determinado com auxílio de três conjuntos de tensiômetros, sendo iniciado quando estes marcavam $-0,04$ MPa.

Por ocasião da dessecação da aveia-preta avaliou-se o rendimento de massa seca (MS) e a relação C/N da parte aérea da planta, de acordo com métodos descritos em Tedesco et al. (1985).

O rendimento de grãos de milho foi obtido extrapolando-se a produção de grãos da área útil da subparcela para um hectare, considerando-se a umidade padrão de 13%. Os componentes do rendimento avaliados foram número de espigas por planta, peso de 1.000 grãos e número de grãos por espiga. Obteve-se o número de espigas por planta pela razão entre o número de espigas colhidas e o número de plantas existentes na área útil da subparcela. O peso

de 1.000 grãos foi avaliado pela contagem manual de 400 grãos, pesagem e correção da umidade para 13%, e por regra de três simples, extrapolado para 1.000 grãos. O número de grãos por espiga foi determinado pela razão entre o número de grãos existentes na subparcela, obtido da divisão do peso de grãos total da subparcela pelo peso de um grão, e número de espigas da área útil da subparcela.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

O rendimento médio de massa seca (MS) da aveia-preta como cobertura de solo no inverno, avaliado por ocasião da dessecação, foi de $5,7$ t ha^{-1} . A relação C/N deste material foi alta (35,4). Em trabalho realizado no mesmo local, Argenta (1998) obteve rendimento e relação C/N da MS muito próximos aos referidos, sendo de $6,5$ t ha^{-1} e 36,0, respectivamente. A elevada quantidade de palha de aveia-preta, com alta relação C/N, pode provocar imobilização do N do solo e diminuir a sua disponibilidade para as plantas de milho cultivado em sucessão, principalmente no início do desenvolvimento e, conseqüentemente, reduzir o rendimento de grãos.

Com relação a rendimento de grãos, não houve interação entre níveis de suplementação hídrica e sistema de aplicação de nitrogênio. A disponibilidade hídrica e doses e épocas de aplicação de nitrogênio foram significativas (Tabela 1). A adequada disponibilidade hídrica proporcionou aumento no rendimento de grãos de 7,3% em relação à excessiva disponibilidade hídrica, correspondendo a um incremento de grãos de 580 kg ha^{-1} .

Observou-se maior rendimento de grãos ($1,1$ t ha^{-1}) na maior dose de N (180 kg ha^{-1}), quando o N foi aplicado na época recomendada, em relação ao N aplicado em pré-semeadura (Tabela 1). Quando se aplicou 50% da dose de N de cobertura na pré-semeadura (90 kg ha^{-1}), a resposta do rendimento de grãos foi intermediária à obtida nos tratamentos com aplicação de todo o N em pré-semeadura ou em cobertura. Apesar de não ter havido diferença significativa na menor dose de N (90 kg ha^{-1}) entre as épocas de aplicação, foi observado um aumento de 580 kg ha^{-1} com a aplicação do N na época convencional. O rendimento de grãos na dose de 180 kg ha^{-1} de N

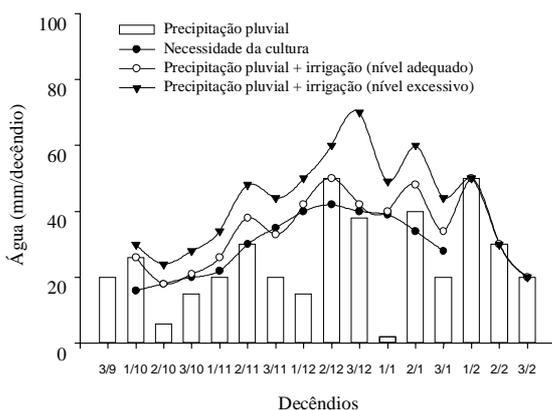


Figura 1. Precipitação pluvial, quantidade de água correspondente à necessidade da cultura e quantidade de água aplicada de forma adequada e excessiva durante o ciclo de desenvolvimento do milho. Eldorado do Sul, RS, 1998/99.

em pré-semeadura foi semelhante ao obtido na dose de 90 kg ha⁻¹ aplicados na época recomendada.

O rendimento de grãos de milho está diretamente relacionado à disponibilidade de N no solo e a sua

absorção pela planta (Muzilli & Oliveira, 1982). Por eliminar a deficiência de N no início de desenvolvimento das plantas, a aplicação de adubo nitrogenado em pré-semeadura do milho proporcio-

Tabela 1. Rendimento de grãos, número de espigas por planta, peso de 1.000 grãos e número de grãos por espiga de milho em razão de dose e época de aplicação de nitrogênio (N), em regimes de adequada e excessiva disponibilidade hídrica. Eldorado do Sul, RS, 1998/99⁽¹⁾.

Nitrogênio (kg ha ⁻¹) ⁽²⁾		Nível de disponibilidade hídrica ⁽³⁾		
PS	COB	Adequado	Excessivo	Média
Rendimento de grãos de milho (t ha ⁻¹)				
0	150	9,47	9,41	9,44a
150	0	8,41	8,08	8,25bc
75	75	9,39	8,86	9,12ab
0	60	8,45	7,91	8,18bc
60	0	8,47	6,73	7,60c
30	30	7,96	7,88	7,92c
0	0	6,92	5,90	6,41d
Média		8,44A	7,86B	
Número de espigas por planta				
0	150	0,95	0,99	0,97bc
150	0	0,98	0,97	0,98abc
75	75	0,98	0,97	0,97abc
0	60	0,98	1,01	0,99ab
60	0	0,97	1,00	0,99abc
30	30	0,99	1,01	1,00a
0	0	0,96	0,96	0,96c
Média		0,97	0,98	
Peso de 1.000 grãos (g)				
0	150	278	279	279a
150	0	290	269	279a
75	75	278	277	278ab
0	60	272	259	265c
60	0	278	269	274abc
30	30	269	275	272abc
0	0	269	264	266bc
Média		276	270	
Número de grãos por espiga				
0	150	552	546	549a
150	0	517	495	506ab
75	75	534	540	537a
0	60	505	507	506ab
60	0	514	441	478b
30	30	479	469	474b
0	0	422	401	411c
Média		503	485	

⁽¹⁾Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade; os coeficientes de variação do rendimento de grãos, número de espigas por planta, peso de 1.000 grãos e número de grãos por espiga foram de 3,4%, 0,7%, 1,8% e 1,9%, respectivamente, relativos à disponibilidade hídrica e de 12,5%, 2,3%, 3,8% e 8,1%, respectivamente, relativos a doses e épocas de aplicação de nitrogênio. ⁽²⁾PS: pré-semeadura do milho (momento da dessecação da aveia-preta), COB: cobertura (duas aplicações, em doses iguais, com milho nos estádios de quatro a cinco e de sete a oito folhas expandidas). ⁽³⁾Adequada: umidade do solo próxima à capacidade de campo; excessiva: 50% superior à adequada, para promover percolação de água no perfil do solo.

naria maior rendimento de grãos do que na época convencional, como observado por Sá (1996), no Estado do Paraná. Porém, nas condições de realização do referido experimento, ocorreu deficiência hídrica durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, havendo, conseqüentemente, muito pouca perda de N por lixiviação.

No presente trabalho, com a aplicação da maior dose de N (180 kg ha^{-1}) em pré-semeadura o rendimento de grãos de milho foi 14% inferior ao obtido com a aplicação em cobertura (época convencional), na média dos dois níveis de disponibilidade hídrica. Resposta semelhante foi observada por Basso (1999), com situações onde ocorreram maiores índices de precipitação pluvial em relação ao observado por Sá (1996).

A maioria do N do solo está na forma de nitrato, que é altamente móvel, o que facilita o transporte, através do fluxo de massa. A quantidade de N perdida por lixiviação é causada por seu teor na solução do solo e pela quantidade de água percolada no perfil do solo (White, 1987). Este fato explica a maior perda de N verificada com a maior dose aplicada.

Uma das maneiras de se minimizar a perda de N por lixiviação é realizar a adubação nitrogenada no momento em que a planta necessita em maior quantidade, o que ocorre quando ela está nos estádios de quatro a oito folhas (Mundstock & Silva, 1989).

O rendimento de grãos de milho depende dos componentes número de espigas por planta, número de grãos por espiga e peso de 1.000 grãos. Quanto aos três componentes também não se observou interação entre níveis de disponibilidade hídrica e sistemas de aplicação de nitrogênio. Foram significativos apenas os efeitos de sistemas de aplicação de N (Tabela 1).

Quanto aos níveis de disponibilidade hídrica não foram observadas diferenças significativas, a 5% de probabilidade, em relação aos três componentes. Porém, a 7% de probabilidade, observou-se que o número de grãos por espiga foi maior nos tratamentos com nível adequado em relação aos com excesso hídrico, na média de doses e épocas de aplicação de nitrogênio.

Embora significativas, as diferenças dos efeitos de doses e épocas de aplicação de N no número de espigas por planta e no peso de 1.000 grãos foram de

pequena magnitude. Dos componentes do rendimento, o número de grãos por espiga foi o que mais variou em razão de sistemas de aplicação de nitrogênio. É importante observar que o número de grãos por espiga obtido com aplicação de 180 kg ha^{-1} de N em pré-semeadura foi igual ao obtido com aplicação de 90 kg ha^{-1} na época convencional, evidenciando resposta similar à verificada quanto a rendimento de grãos.

A definição do número de grãos por espiga ocorre durante o período de florescimento, após a exteriorização do pendão e dos estigmas da espiga (Hanway, 1963), sendo muito influenciada pelo fluxo de fotoassimilados que ocorre durante este período. Quando não limitado por outros fatores, a maior disponibilidade de N aumenta o potencial da planta em diferir maior número de grãos por espiga. Segundo Karlen et al. (1988), existem dois picos de absorção de N pela planta de milho: o primeiro, no período vegetativo, e o segundo, no enchimento de grãos, quando são determinados o número final e o tamanho de grãos. A maior necessidade de N no período de enchimento de grãos evidencia os maiores valores numericamente observados no número de grãos por espiga, nos tratamentos com aplicação de N em cobertura, em relação à realizada em pré-semeadura.

Conclusões

1. A antecipação da dose total de N de cobertura para a pré-semeadura do milho é prejudicial ao rendimento de grãos dessa cultura, principalmente em situações com alta disponibilidade hídrica e com aplicação de elevada dose desse nutriente.

2. Dos componentes do rendimento, o número de grãos por espiga é o que está mais associado ao rendimento de grãos em razão da dose e época de aplicação de nitrogênio.

Referências

- ARGENTA, G. **Manejo do nitrogênio em milho implantado em semeadura direta, em dois ambientes**. Porto Alegre : UFRGS, 1998. 108 p. Dissertação de Mestrado.
- BASSO, C. J. **Épocas de aplicação de nitrogênio para milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura**

- de solo, no sistema plantio direto.** Santa Maria : UFSM, 1999.76 p. Dissertação de Mestrado.
- BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M. R. **Agroclima da Estação Experimental Agronômica da UFRGS.** Porto Alegre : UFRGS, 1990. Não paginado.
- CERETTA, C. A. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia milho, no sistema plantio direto. In: FRIES, M. R.; DALMOLIN, R. S. D. (Coord.). **Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto.** Santa Maria : Pallotti, 1997. p.112-124.
- DIEKOW, J.; CERETTA, C. A.; PAVINATTO, P. É possível antecipar toda a adubação nitrogenada do milho no sistema plantio direto? In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2., 1998, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p.163-166.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília : Embrapa-SPI, 1999. 412 p.
- HANWAY, J. J. Growth stages of corn (*Zea mays*). **Agronomy Journal**, Madison, v. 55, n. 5, p. 487-491, 1963.
- KARLEN, D. L.; FLANNERY, R. L.; SALDER, E. J. Aerial accumulation and partitioning of nutrient by corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, n. 2, p. 232-242, 1988.
- MUNDSTOCK, C. M.; SILVA, P. R. F. da. **Manejo da cultura do milho.** Porto Alegre : UFRGS, 1989.76 p.
- MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E. L. Nutrição e adubação. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (Londrina, PR). **O milho no Paraná.** Londrina, 1982. p. 88-104. (Circular, 29).
- SÁ, J. C. M. **Manejo do nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto.** Passo Fundo : Aldeia Norte, 1996. 24 p.
- TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre : UFRGS, 1985.188 p. (Boletim Técnico, 5).
- WHITE, R. E. Leaching. In: WILSON, J. R. (Ed.). **Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems.** Wallingford : CAB International, 1987. p. 193-211.