

Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia-preta/milho no sistema plantio direto⁽¹⁾

Marlon Evandro Müller Mai⁽²⁾, Carlos Alberto Ceretta⁽³⁾, Claudir José Basso⁽³⁾, Marcio José da Silveira⁽²⁾, Aurélio Pavinato⁽⁴⁾ e Paulo Sérgio Pavinato⁽³⁾

Resumo – Os objetivos deste trabalho foram determinar, na sucessão aveia-preta/milho, a produção de matéria seca e o acúmulo de N pela aveia-preta e sua relação com a produtividade do milho em sucessão; a influência de épocas de aplicação de N sobre os teores de N no solo e a produtividade de grãos do milho. Os tratamentos foram: 15-0-20-55, 30-0-20-40, 45-0-20-25, 0-35-20-35, 0-70-20-0, 0-0-20-70 e 0-0-0-0, correspondendo, respectivamente, às quantidades de N (kg ha⁻¹), aplicadas no perfilhamento da aveia-preta, na pré-semeadura, na semeadura e na cobertura do milho. O aumento na produção de matéria seca e de N acumulado pela aveia-preta, com as aplicações de N no seu perfilhamento, não alteraram a produtividade de grãos de milho. Apesar da aplicação de N em pré-semeadura do milho ter proporcionado maior teor de N no solo no início do desenvolvimento, a aplicação de N em cobertura propicia a obtenção de maiores produtividades de grãos.

Termos para indexação: grão, rendimento de cultura, matéria seca, nitrogênio, época de aplicação.

Management of nitrogen fertilization in the succession black oat/corn in the no-tillage system

Abstract – The objectives of this study were to evaluate, in the succession black oat/corn, the dry matter production and N accumulation by black oat and their corn productivity, the influence of applied N on soil N content and the best application time of mineral N for corn production. The treatments were: 15-0-20-55, 30-0-20-40, 45-0-20-25, 0-35-20-35, 0-70-20-0, 0-0-20-70 and 0-0-0-0, corresponding, respectively, to the amounts of N (kg ha⁻¹) applied at black oat tillering, before corn seeding, at corn seeding and corn sidedress. The increase in the dry matter production and of N accumulated in the black oat, with the applications of N in the black oat tillering, did not affect corn grain productivity. Although the application of N before corn seeding provided greater soil N content at the beginning of corn development, the application of N as sidedress provided the highest corn grain yield.

Index terms: grain, crop yield, dry matter, nitrogen, application date.

⁽¹⁾ Aceito para publicação em 20 de setembro de 2002.

Extraído da dissertação de mestrado do primeiro autor apresentada à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS. Parcialmente financiado pela Fapergs, Pronex, CNPq e SLC Agrícola Ltda.

⁽²⁾ Weisul Agrícola Ltda., Rua Dahne de Abreu, 572, CEP 98920-000 Horizontina, RS. E-mail: marlonmai@bol.com.br, mjsilveira@bol.com.br

⁽³⁾ UFSM, Dep. de Solos, Campus Universitário, Camobi, CEP 97105-900 Santa Maria, RS. Bolsista do CNPq. E-mail: ceretta@ccr.ufsm.br, cjbasso@bol.com.br, psavinato@bol.com.br

⁽⁴⁾ SLC Agrícola Ltda., Rua Dahne de Abreu, 572, CEP 98920-000 Horizontina, RS. E-mail: pavinato@terra.com.br

Introdução

Um dos aspectos determinantes do sucesso do plantio direto é a rotação de culturas capaz de produzir e manter grande quantidade de matéria seca sobre o solo por maior período. Esse é um dos motivos pelos quais as gramíneas devem compor sistemas de culturas no plantio direto. Grande parte das áreas sob plantio direto na região Sul do Brasil utilizam a aveia-preta como cobertura de inverno, antecedendo ao milho no verão. A aveia-preta propicia elevada produção de matéria seca, menor custo da semente, rápido desenvolvimento inicial, eficiência

no controle de plantas daninhas, maior resistência a doenças e facilidade na produção de sementes (Aita, 1997; Sá, 1999).

As quantidades e formas de aplicação de N no milho em sucessão à aveia-preta no plantio direto são baseadas em dados experimentais obtidos em sistemas de preparo com revolvimento do solo. Tradicionalmente, aplica-se parte do N na semeadura e o restante em cobertura, quando as plantas estão com 40 a 60 cm de altura (Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC, 1994), sendo recomendadas aplicações de doses de N 20% a 30% maiores na semeadura no sistema plantio direto (Bayer, 1993).

Pode haver ocorrência de mineralização ou imobilização líquida de N no solo, dependendo do programa de sucessão de culturas. Assim, altas relações C/N da aveia-preta podem provocar imobilização de N pelos microrganismos, causando menor produtividade do milho em sucessão à aveia-preta (Aita et al., 1994). No entanto, Sá (1997) constatou, na sucessão aveia-preta/milho, que a aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N, por ocasião do cultivo da aveia-preta, proporcionou o mesmo resultado que a aplicação de N na semeadura do milho. Isto indica que os resíduos da aveia-preta apresentavam maior conteúdo de N para ciclagem no solo, indicando menor período de imobilização e maior disponibilidade de N para o milho em sucessão.

Com o sistema plantio direto, o teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, o de N no solo são mais elevados especialmente com a introdução de leguminosas (Gonçalves et al., 2000). Nesse sistema, há possibilidade de novas alternativas de manejo da adubação nitrogenada, especialmente na sucessão gramínea/gramínea. Como exemplo, observa-se a possibilidade de aplicar na aveia-preta parte do N que seria usado na cobertura do milho em sucessão. Outra alternativa seria a aplicação do N na pré-semeadura ou na semeadura do milho, visando aumentar a sua disponibilidade no início do crescimento do milho, objetivando minimizar o efeito da imobilização pelos microrganismos (Sá, 1996).

A aplicação de N em pré-semeadura pode ser vantajosa pelo maior rendimento operacional de máquinas, pela maior facilidade de distribuição a lanço, economia de tempo e de mão-de-obra, menor custo operacional de máquinas e redução no gasto de com-

bustível, lubrificante e reparos (Ceretta, 1998). Segundo esse autor, a aplicação de N em pré-semeadura possibilita também maior flexibilidade no período da aplicação de N e uso da mão-de-obra. Além disso, altas concentrações de nutrientes nos estádios iniciais de desenvolvimento promovem um bom crescimento inicial do milho (Yamada & Abdalla, 2000). Assim, esses autores obtiveram maior produtividade com aplicação de 30 a 50 kg ha⁻¹ de N na semeadura, em relação ao manejo tradicional (semeadura + cobertura), em que se utilizou de 10 a 15 kg ha⁻¹ de N na semeadura. Por sua vez, a alta mobilidade do nitrato no solo, associada à ocorrência de períodos com intensas precipitações pluviométricas, pode causar perdas consideráveis de N comprometendo as necessidades das plantas de milho no estágio de florescimento e enchimento de grãos. Por esse motivo, Basso & Ceretta (2000) ressaltam que a aplicação de N em pré-semeadura do milho é arriscada, sendo mais seguro sua aplicação na semeadura e em cobertura.

Os objetivos deste trabalho foram determinar, na sucessão aveia-preta/milho, a produção de matéria seca e acúmulo de N pela aveia-preta e sua relação com a produtividade do milho em sucessão; a influência de épocas de aplicação de N sobre os teores de N no solo e a produtividade de grãos do milho.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado na Fazenda Paineira de propriedade da SLC Agrícola, na região do Planalto Gaúcho, Município de Coronel Bicaco, RS, nos anos agrícolas 1999/2000 e 2000/2001, em um Latossolo Vermelho distroférrico típico (Hapludox), pertencente à unidade de mapeamento Santo Ângelo (Embrapa, 1999). A análise de solo (0-20 cm) indicou a seguinte composição: argila, 810 g kg⁻¹; pH (em água), 5,5; matéria orgânica, 35 g kg⁻¹; e 13,6 e 166 mg dm⁻³ de P e K, respectivamente. O experimento foi realizado em duas áreas adjacentes que estavam sendo cultivadas sob plantio direto há seis anos. Em uma delas, foi cultivado milho e, na outra, foi cultivada soja no verão, alternando-se as áreas num programa de rotação de culturas, sendo ambas cultivadas com aveia-preta (*Avena strigosa* Schieb) no inverno. Isso permitiu que, todos os anos, houvesse a sucessão aveia-preta/milho em uma das áreas. Os tratamentos foram: 15-0-20-55, 30-0-20-40, 45-0-20-25, 0-35-20-35, 0-70-20-0, 0-0-20-70 e 0-0-0-0,

cujas seqüências de números corresponde às quantidades de N, em kg ha⁻¹, aplicadas no perfilhamento da aveia-preta (PA), na pré-semeadura do milho (PS), na semeadura do milho (SE) e em cobertura no milho (CO), respectivamente. A aplicação em pré-semeadura foi realizada a lanço aos cinco (1999) e aos quatro (2000) dias antes da semeadura, enquanto em cobertura, quando as plantas apresentavam de quatro a seis folhas desenroladas, totalizando 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio. A aplicação de N no sulco na semeadura foi efetuada através de fertilizantes formulados e em cobertura com uréia, distribuída a lanço. A dose de 90 kg ha⁻¹ de N é semelhante à utilizada pelos produtores, em áreas sem irrigação, e corresponde à recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC (1994), com base no teor de matéria orgânica e expectativa de produtividade de grãos de 3 a 6 Mg ha⁻¹. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, com parcelas de 10x50 m.

A densidade de semeadura de aveia-preta foi de 70 kg ha⁻¹ nos dois anos, utilizando-se semeadora para plantio direto. Não foi aplicado N na semeadura, mas somente a lanço no momento do perfilhamento da aveia-preta. Em 1999, foi feita aplicação de um fungicida preventivamente no período de alongamento da aveia-preta, e a dessecação da aveia foi realizada 137 dias após a semeadura. Em 2000, a aveia-preta completou o seu ciclo, sendo a dessecação realizada quatro dias antes da semeadura do milho.

A semeadura do milho, em 1999, ocorreu em 28 de outubro, 41 dias após a dessecação da aveia-preta e cinco dias após a aplicação do N em pré-semeadura, utilizando-se o híbrido triplo precoce AG 5011. Em 2000, a semeadura do milho ocorreu em 19 de dezembro, quatro dias após a dessecação das plantas invasoras e da aplicação do N em pré-semeadura, sendo utilizado o híbrido simples precoce P-30F33. Foi utilizada uma semeadora tratorizada com espaçamento entre linhas de 0,80 m e uma população de 53.000 plantas ha⁻¹. Na semeadura do milho, foram aplicados 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Em 1999, aplicou-se 250 kg ha⁻¹ da fórmula 8-30-15 + 0,4 Zn e mais 62,5 kg ha⁻¹ de K₂O (KCl). Em 2000, aplicou-se 62,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O mediante a fórmula 8-25-25. Na testemunha, foram aplicados 300 e 250 kg ha⁻¹ da fórmula 0-25-25 em 1999 e 2000, respectivamente, para equivalência de P e K dos demais tratamentos. O controle de invasoras, em pós-emergência, foi realizado através da aplicação de 5 L ha⁻¹ de um herbicida contendo a mistura de atrazina + simazine.

As determinações da produção de matéria seca e teor de N acumulado na aveia-preta foram efetuadas na floração, ou seja, aos 116 e 115 dias após a semeadura em 1999 e

2000, respectivamente. Na avaliação da produção de matéria seca e N acumulado no milho, foram coletadas, aleatoriamente, oito plantas de milho na área útil de cada parcela, no estágio de plena floração. As determinações de N na aveia-preta e no milho foram feitas de acordo com Tedesco et al. (1995). A produtividade de grãos de milho foi avaliada por meio de colheita mecanizada das oito linhas centrais de cada parcela, totalizando uma área útil de 320 m². Os grãos foram pesados com a umidade corrigida para 13% e descontadas as impurezas.

Na determinação do N mineral no solo (NO₃⁻ + NH₄⁺), as amostras foram coletadas nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm. Em 1999, a determinação de N nessas amostras foi feita imediatamente antes da semeadura do milho, enquanto em 2000, foi realizada na emergência do milho. A segunda determinação de N foi realizada por ocasião da floração do milho nos dois anos. Na obtenção da amostra composta, em 1999, foram coletadas três subamostras aleatoriamente em cada parcela, utilizando-se pá de corte de 0-20 cm e trado holandês de 20-40 cm. Considerando-se que as coletas de solo em 2000 foram feitas por ocasião da emergência do milho, as amostras foram compostas de duas subamostras em cada parcela, retirando-se o solo de um sulco transversal à linha de semeadura com aproximadamente 12 cm de largura, 80 cm de comprimento (40 cm de cada lado da linha da cultura) e 20 cm de profundidade. As subamostras foram homogeneizadas em bandejas e, posteriormente, retirou-se uma amostra composta, imediatamente acondicionada e mantida em caixa de isopor, até chegar ao laboratório para análise dos teores de N mineral, conforme Tedesco et al. (1995).

Os dados referentes à produção de matéria seca e acúmulo de N no tecido das plantas de aveia-preta e milho e a produtividade de grãos de milho foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. Foi efetuada análise de regressão entre os dados de produção de matéria seca e acúmulo de N no tecido das plantas de aveia-preta, com os dados de N aplicados por ocasião do perfilhamento da aveia-preta. Os teores de N no solo foram analisados como bifatorial (profundidade de amostragem x épocas de aplicação de N), e as médias comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Em 1999 e 2000, a aveia-preta foi cultivada em sucessão à soja, que produziu em média 3,0 Mg ha⁻¹ de grãos. Isso pode explicar por que a produção de matéria seca da aveia foi de 7,0 Mg ha⁻¹, mesmo sem

a aplicação de N (Figura 1). Além disso, efetuou-se uma aplicação de fungicida preventivamente para o controle de doenças, o que favoreceu a produção de matéria seca.

Houve resposta linear até a dose de 45 kg ha⁻¹ de N, a qual resultou em acréscimo de 15,2% e 29,9% na produção de matéria seca e no N acumulado, respectivamente, em relação à testemunha. Após a colheita da soja, a tendência é o aumento na oferta de N ao sistema, em função da decomposição dos resíduos dessa leguminosa, cuja relação C/N é inferior a 25. A aveia-preta utiliza grande parte do N disponível no solo (Sá, 1999), e a soja pode contribuir com quantidades desse nutriente que variam de 17 a 59 kg ha⁻¹ (Wiethölter, 1996).

A recomendação de adubação para gramíneas de estação fria, proposta pela Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC (1994) em relação ao teor de matéria orgânica do solo onde foi realizado o presente trabalho, é de 70 a 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Se tal recomendação fosse praticada, os custos de produção seriam indevidamente aumentados, uma vez que, mesmo sem a aplicação de N, em 1999 e 2000, a produção de matéria seca foi suficiente para proporcionar a cobertura de solo. O consórcio de gramíneas com leguminosas, ou nabo forrageiro, pode ser utilizado para maior produção de matéria seca no inverno, por causa da maior oferta de N no início do desenvolvimento da cultura em sucessão, mediante maior equilíbrio da relação C/N dos resíduos do consórcio (Aita, 1997).

A aveia-preta possui elevada capacidade de extração e acumulação de N, com valores em torno de 150 kg ha⁻¹ (Derpsch et al., 1985; Sá, 1996). Talvez essa seja uma das principais causas do surgimento de deficiência de N em gramíneas cultivadas em sucessão à aveia-preta. No presente trabalho, a aveia-preta acumulou até 110 kg ha⁻¹ de N na parte aérea. Essa quantidade foi superior à verificada por Heinzmann (1985), e semelhante ou até superior à encontrada em leguminosas (Aita et al., 2001). O seu alto potencial de produção de matéria seca pode conferir a essa espécie alta capacidade de ciclagem de N e outros nutrientes.

A determinação dos teores de N mineral realizada próximo à semeadura do milho, em 1999 e 2000, mostrou que as maiores quantidades ocorreram na camada de 0-5 cm e onde houve aplicação desse nutriente em pré-semeadura do milho (Tabela 1). Houve acréscimos de 100% a 241%, em relação à testemunha, quando foram aplicados 35 e 70 kg ha⁻¹ de N em pré-semeadura, respectivamente. O mesmo foi verifica-

do na camada de 5-10 cm, mas com porcentuais menores de acréscimo.

Quando o N foi aplicado no perfilhamento da aveia-preta, no ano de 1999, houve na profundidade de 0-5 cm, na coleta de solo realizada próximo à semeadura do milho, tendência de acréscimo no teor de N, à medida que aumentou a quantidade de N aplicado. É provável que esse resultado tenha ocorrido em virtude da mineralização da matéria orgânica do solo e do resíduo da soja cultivada anteriormente à aveia-preta ou à mineralização do N da matéria seca da aveia-preta, uma vez que as amostras de solo foram coletadas 41 dias após a dessecação da aveia-preta.

Os teores de N mineral nas camadas de 10-20 e 20-40 cm não apresentaram diferenças durante o cultivo do milho no ano agrícola 1999/2000. Em 2000/2001, a tendência de aumento no teor de N na camada de 10-20 cm em relação à testemunha ocorreu por causa do N aplicado na semeadura. Isso pode ter sido causado pela distribuição do adubo em pro-

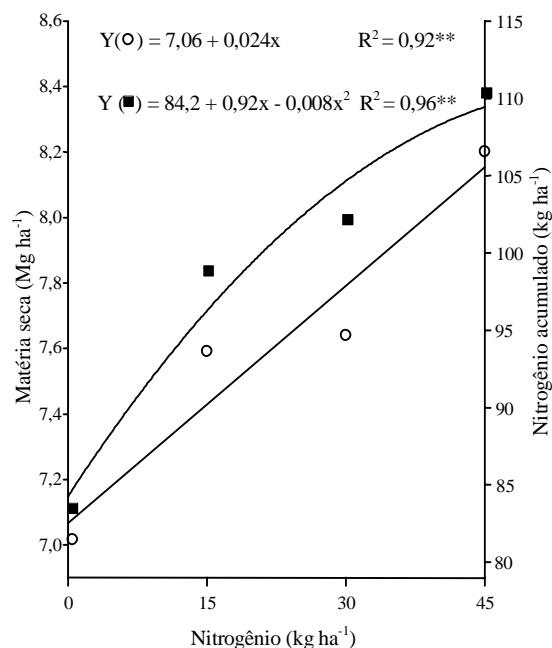


Figura 1. Produção de matéria seca (O) e quantidade de N acumulado (■) pela aveia-preta até a floração no inverno, em razão de doses de N aplicadas no perfilhamento, nos anos de 1999 e 2000. Média de oito repetições. **Significativo a 1% de probabilidade.

fundidade através da semeadora, uma vez que a coleta de solo para a determinação do N mineral foi efetuada por ocasião da emergência do milho nesse ano agrícola.

Quanto à coleta de solo realizada na floração do milho, os teores de N mineral também foram maiores e semelhantes na camada de 0-5 cm. Tal fato pode ser consequência do processo de mineralização da matéria orgânica no solo em seu novo estado de equilíbrio, pois a área estava há seis anos sob plantio direto. Pode também ter havido contribuição do N proveniente dos resíduos da aveia-preta, uma vez que na floração do milho já havia transcorrido mais de 105 dias do seu manejo. Heinzmann (1985) também observou que a aveia-preta proporcionou maior taxa de liberação de nitrato no solo na floração e no enchimento de grãos do milho que ocorreram, respectivamente, 120 e 160 dias após sua dessecação. Ceretta et al. (2002b) também obtiveram 85% de liberação de N de resíduos de aveia-preta aos 120 dias após sua dessecação.

Embora houvesse semelhança entre os tratamentos nos teores de N mineral na camada superficial do solo na floração do milho (Tabela 2), ocorreu maior

acúmulo de N na matéria seca quando sua aplicação foi feita em cobertura no milho (Tabela 3). Houve tendências de acréscimos nas quantidades de N mineral na camada de 5-10 cm, em que foram aplicadas as maiores quantidades desse nutriente em cobertura no milho. Nas camadas de 10-20 e 20-40 cm, os teores de N mineral foram inferiores, o que pode ser justificado pelos menores teores de matéria orgânica nas camadas mais profundas do solo, além da absorção pelas plantas, especialmente no estágio de florescimento. Segundo Cantarella (1993), a planta de milho absorve cerca de 50% do N que necessita após o início desse estágio. Além disso, é possível que não tenha ocorrido lixiviação de nitrato, por causa da regularidade na intensidade e distribuição das chuvas durante o cultivo do milho nos anos agrícolas de 1999/2000 e 2000/2001, o que pode ter favorecido a disponibilidade de N às plantas.

Os resultados médios obtidos nos anos agrícolas 1999/2000 e 2000/2001 revelam que o uso da adubação nitrogenada foi importante no aumento da produção de matéria seca de milho, assim como no acúmulo de N e na produtividade de grãos, demonstrando que a quantidade de N fornecida pelo sistema não é suficiente para alcançar os níveis potenciais

Tabela 1. Teores médios (mg kg⁻¹) de N mineral (NO₃⁻ + NH₄⁺) no solo, determinados mediante coletas em diferentes profundidades um dia (1999/2000) e seis dias (2000/2001) após a semeadura do milho, em quatro épocas de aplicação de nitrogênio. Coronel Bicaco, RS⁽¹⁾.

| N (kg ha ⁻¹) ⁽²⁾ | | | | Profundidade de amostragem (cm) | | | |
|---|----|----|----|---------------------------------|---------|---------|---------|
| PA | PS | SE | CO | 0-5 | 5-10 | 10-20 | 20-40 |
| Ano agrícola 1999/2000 | | | | | | | |
| 15 | 0 | 20 | 55 | 15,8Aab | 6,7Bb | 7,7Ba | 4,7Ba |
| 30 | 0 | 20 | 40 | 15,5Aab | 10,3Bab | 8,2Ba | 8,6Ba |
| 45 | 0 | 20 | 25 | 18,3Aab | 10,0Bab | 7,3Ba | 8,6Ba |
| 0 | 35 | 20 | 35 | 25,4Aa | 14,6Aab | 10,3Ba | 8,2Ba |
| 0 | 70 | 20 | 0 | 24,6Aa | 17,0Aba | 8,8Ba | 7,4Ba |
| 0 | 0 | 20 | 70 | 13,0Aab | 9,6Aab | 8,0Aa | 5,8Aa |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 11,3Ab | 9,9Aab | 6,2Aa | 6,5Aa |
| Ano agrícola 2000/2001 | | | | | | | |
| 15 | 0 | 20 | 55 | 6,5Bc | 9,8Bc | 17,9Aa | 9,1Bb |
| 30 | 0 | 20 | 40 | 6,6Bc | 10,8Abc | 14,6Aab | 10,3Aab |
| 45 | 0 | 20 | 25 | 7,5Abc | 9,3Ac | 15,1Aab | 12,2Aab |
| 0 | 35 | 20 | 35 | 13,2Ab | 16,3Aa | 16,8Aab | 15,7Aa |
| 0 | 70 | 20 | 0 | 22,5Aa | 14,7Bab | 10,7Bbc | 10,1Bab |
| 0 | 0 | 20 | 70 | 6,6Bc | 9,0Bc | 21,2Aa | 11,9Bab |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 6,6Ac | 6,5Ac | 7,4Ac | 8,0Ab |

⁽¹⁾Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade; o coeficiente de variação médio foi de 40,8% nas linhas e 39,5% nas colunas. ⁽²⁾PA: aplicado a lanço no perfilhamento da aveia-preta; PS: a lanço na pré-semeadura do milho; SE: no sulco por ocasião da semeadura do milho; CO: em cobertura, a lanço quando as plantas de milho apresentavam quatro a seis folhas desenroladas.

Tabela 2. Teores médios (mg kg⁻¹) de N mineral (NO₃⁻ + NH₄⁺) no solo, determinados mediante coletas em diferentes profundidades na floração do milho, em resposta a diferentes épocas de aplicação de nitrogênio. Coronel Bicaco, RS⁽¹⁾.

| N (kg ha ⁻¹) ⁽²⁾ | | | | Profundidade de amostragem (cm) | | | |
|---|----|----|----|---------------------------------|----------|----------|-------|
| PA | PS | SE | CO | 0-5 | 5-10 | 10-20 | 20-40 |
| Ano agrícola 1999/2000 | | | | | | | |
| 15 | 0 | 20 | 55 | 13,6Aa | 7,5Bab | 4,6Ba | 4,8Ba |
| 30 | 0 | 20 | 40 | 11,7Aa | 7,6Bab | 4,5Ca | 2,9Ca |
| 45 | 0 | 20 | 25 | 10,0Aa | 4,9Bb | 3,6Ba | 2,5Ba |
| 0 | 35 | 20 | 35 | 10,2Aa | 6,3Bab | 3,8Ba | 3,9Ba |
| 0 | 70 | 20 | 0 | 10,8Aa | 7,3Bab | 4,1BCa | 2,8Ca |
| 0 | 0 | 20 | 70 | 11,9Aa | 10,2Aa | 4,4Ba | 2,5Ba |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 10,2Aa | 5,8Bb | 3,5Ca | 3,2Ca |
| Ano agrícola 2000/2001 | | | | | | | |
| 15 | 0 | 20 | 55 | 18,6Aa | 15,9Aa | 10,0Bab | 8,5Ba |
| 30 | 0 | 20 | 40 | 20,3Aa | 14,9ABa | 10,4BCab | 9,0Ca |
| 45 | 0 | 20 | 25 | 16,9Aa | 10,4Bb | 8,3Bab | 8,5Ba |
| 0 | 35 | 20 | 35 | 15,8Aa | 11,9ABab | 12,4ABa | 8,4Ba |
| 0 | 70 | 20 | 0 | 19,0Aa | 13,0Bab | 9,4Bab | 9,4Ba |
| 0 | 0 | 20 | 70 | 16,9Aa | 11,8Bab | 8,9Bab | 9,8Ba |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 17,6Aa | 12,1Bab | 6,9Cb | 8,3Ca |

⁽¹⁾Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade; o coeficiente de variação médio foi de 32,9% nas linhas e 37,5% nas colunas. ⁽²⁾PA: aplicado a lanço no perfilhamento da aveia-preta; PS: a lanço na pré-semeadura do milho; SE: no sulco por ocasião da semeadura do milho; CO: em cobertura, a lanço quando as plantas de milho apresentavam quatro a seis folhas desenroladas.

de produtividade, embora a produtividade de 5,20 Mg ha⁻¹, obtida da testemunha, possa ser considerada alta em relação à média nacional (Tabela 3).

A produção de matéria seca de milho não foi afetada pelas doses e épocas de aplicação de N, e tampouco influenciada pelas diferenças na produção de matéria seca da aveia-preta, que foi cultivada anteriormente (Figura 1). O ganho de 3% na eficiência da adubação nitrogenada, quando 15 kg ha⁻¹ de N foram aplicados no perfilhamento da aveia-preta, em detrimento da adubação de cobertura no milho, pode ter ocorrido em virtude das vantagens na melhoria das propriedades do solo, proporcionadas pela maior produção de matéria seca da aveia-preta e a conseqüente manutenção de mais resíduos vegetais na superfície do solo, durante o cultivo do milho. Além disso, também neste caso foram retirados apenas 15 kg ha⁻¹ de N que seriam aplicados na cobertura do milho, e que foram aplicados na produção de matéria seca de aveia-preta.

As aplicações de N em cobertura foram determinantes na produtividade de grãos de milho, pois houve diminuição quando não foi aplicado N em cobertura, evidenciando que é mais segura a aplicação de N na semeadura e em cobertura, conforme também concluíram Basso & Ceretta (2000) e Ceretta et al. (2002a).

Tabela 3. Produção de matéria seca, N acumulado até a floração, produtividade de grãos de milho e eficiência do manejo de N no milho, cultivado após aveia-preta, em diferentes épocas de aplicação de N, média dos anos agrícolas 1999/2000 e 2000/2001. Média de oito repetições. Coronel Bicaco, RS⁽¹⁾.

| PA | N (kg ha ⁻¹) ⁽²⁾ | | | Matéria seca (Mg ha ⁻¹) | Acúmulo de N (kg ha ⁻¹) | Produtividade (Mg ha ⁻¹) | Eficiência do manejo de N (%) ⁽³⁾ |
|----|---|----|----|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--|
| | PS | SE | CO | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 5,20b | 55,8c | 5,20c | - |
| 15 | 0 | 20 | 55 | 7,91a | 116,6a | 7,93a | 103a |
| 30 | 0 | 20 | 40 | 7,31a | 98,3b | 7,85a | 99a |
| 45 | 0 | 20 | 25 | 7,37a | 95,8b | 7,78a | 97a |
| 0 | 35 | 20 | 35 | 7,63a | 106,6ab | 8,07a | 108a |
| 0 | 70 | 20 | 0 | 7,48a | 97,6b | 7,36b | 80b |
| 0 | 0 | 20 | 70 | 7,40a | 109,2ab | 7,87a | 100a |

⁽¹⁾Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade; o coeficiente de variação médio foi de 12,5%, 12,3% e 5,5%, para matéria seca, acúmulo de N e produtividade de grãos, respectivamente. ⁽²⁾PA: aplicado a lanço no perfilhamento da aveia-preta; PS: a lanço na pré-semeadura do milho; SE: no sulco por ocasião da semeadura do milho; CO: em cobertura, a lanço quando as plantas de milho apresentavam quatro a seis folhas desenroladas. ⁽³⁾(kg ha⁻¹ de grãos no respectivo manejo - kg ha⁻¹ de grãos da testemunha) x 100/(kg ha⁻¹ de grãos com a aplicação completa de N - kg ha⁻¹ de grãos da testemunha).

A tendência de maior acúmulo de N na parte aérea do milho ocorreu quando o N foi aplicado em cobertura, tendo inclusive proporcionado as maiores produtividades de grãos de milho (Tabela 3). Essa é a razão por que a produtividade de grãos foi menor quando todo o N que seria aplicado em cobertura foi distribuído em pré-semeadura do milho. Tal fato demonstra que mesmo havendo maior teor de N mineral no solo, por ocasião da semeadura do milho (Tabela 1), isso não se refletiu em maior absorção de N pelas plantas, provavelmente pela ocorrência de perdas por volatilização ou por imobilização.

A aplicação de N, em pré-semeadura do milho, significa maior disponibilidade desse nutriente nos estádios iniciais de desenvolvimento desta cultura. Quando 35 kg ha⁻¹ de N, que seriam aplicados em cobertura no milho, foram aplicados em pré-semeadura, houve um acréscimo de 8% na eficiência do manejo de N, embora isso tenha acontecido quando houve complementação de N em cobertura. Esse resultado revela que, quando o milho é cultivado em sucessão à aveia-preta, os 20 kg ha⁻¹ de N que foram aplicados na semeadura ou os 20 a 30 kg ha⁻¹ de N que são recomendados (Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC, 1994) podem ser insuficientes para atender às necessidades das plantas de milho nos estádios iniciais de seu desenvolvimento.

Conclusões

1. O aumento na produção de matéria seca e de N acumulado pela aveia-preta, com as aplicações de N no seu perfilhamento, não altera a produtividade de grãos de milho em sucessão.

2. Apesar da aplicação de N em pré-semeadura do milho ter proporcionado maior teor de N no solo no início do desenvolvimento dessa gramínea, a aplicação de N em cobertura propicia a obtenção de maiores produtividades de grãos.

Referências

AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: FRIES, M. R.; DALMOLIN, R. S. D. (Ed.). **Atualização em recomendação de adubação e calagem**: ênfase em plantio direto. Santa Maria: UFSM, 1997. p. 76-111.

- AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DAROS, C. O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, p. 157-165, 2001.
- AITA, C.; CERETTA, C. A.; THOMAS, A. L.; PAVINATO, A.; BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o cultivo mínimo e feijão em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 101-108, 1994.
- BASSO, C. J.; CERETTA, C. A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, p. 905-915, 2000.
- BAYER, C. Manejo da fertilidade do solo na cultura do milho. In: BRESOLIN, M. **Contribuição para a cultura do milho para o Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fundação de Ciência e Tecnologia, 1993. p. 71-93.
- CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BÜLL, L.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 147-195.
- CERETTA, C. A. Adubação nitrogenada no sistema plantio direto: sucessão aveia/milho. In: CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO, 3., 1998, Ijuí. **Anais...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1998. p. 49-62.
- CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; FLECHA, A. M. T.; PAVINATO, P. S.; VIEIRA, F. C. B.; MAI, M. E. M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia-preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, p. 163-171, 2002a.
- CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLETTI, N.; SILVEIRA, M. J. da. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 49-54, 2002b.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC (Passo Fundo, RS). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Embrapa-CNPT, 1994. 233 p.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F. X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 761-773, jul. 1985.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI/Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1999. 412 p.
- GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J. Sucessão de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, p. 153-159, 2000.
- HEINZMANN, F. X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 9, p. 1021-1030, set. 1985.
- SÁ, J. C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas = soil fertility, soil biology, and plant nutrition interrelationships**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/UFLA, 1999. p. 267-319.
- SÁ, J. C. de M. **Manejo do nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 24 p.
- SÁ, J. C. de M. Manejo do nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto. In: SIMPÓSIO DA CULTURA DO MILHO, 1997, Piracicaba. **Resumos...** Piracicaba: Esalq, 1997. p. 84-103.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.
- WIETHÖLTER, S. **Adubação nitrogenada no sistema plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1996. 44 p.
- YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho?** Piracicaba: Potafos, 2000. 5 p. (Informações Agrônomicas, 91).