

Manejo da adubação nitrogenada e influência no crescimento da aveia preta e na produtividade do milho em plantio direto

Maria Anita Gonçalves da Silva*, Simone Maria Altoé Porto, Anny Rosi Mannigel, Antonio Saraiva Muniz, José de Deus Viana da Mata e Alberto Yuji Numoto

Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.

*Autor para correspondência: E-mail: magsilva@uem.br

RESUMO. A aveia preta é responsiva à adubação nitrogenada, a qual propicia aumento de biomassa e acúmulo de N, o qual poderá ser aproveitado pelo milho em sucessão. O trabalho foi realizado em Campo Mourão, Estado do Paraná, e teve como objetivo avaliar a resposta da aveia à adubação nitrogenada e a produtividade do milho cultivado em sucessão. Os tratamentos consistiram na aplicação de nitrogênio (120 kg ha^{-1}), tendo como fonte o sulfato de amônio, como a seguir: T1: (24-90-30); T2 (0-90-30); T3 (144-0-0); T4: (0-0-0), onde a adubação foi feita respectivamente na semeadura da aveia preta (SA), em pré-semeadura do milho, na aveia dessecada (PS) e na semeadura do milho (SM). No tratamento 1, a aveia recebeu somente a adubação nitrogenada na semeadura (24 kg ha^{-1}) e no tratamento 2, a aveia não foi adubada; somente o milho recebeu adubação com N. No tratamento 3, a aveia recebeu uma adubação nitrogenada básica na semeadura (24 kg ha^{-1}), mais $120 \text{ kg de N ha}^{-1}$, antecipado do milho, o que fez um total de 144 kg N ha^{-1} . Os resultados permitiram concluir que, durante dois anos, aveia adubada com 144 kg ha^{-1} de N na semeadura possibilitou maior produção de massa seca, a qual influenciou positivamente na absorção de N e na produtividade do milho; não foi observada diferença na produtividade do milho submetido à adubação nitrogenada no início do cultivo (120 kg ha^{-1}) ou quando aplicado todo N na semeadura da aveia adubada (144 kg ha^{-1}).

Palavras-chave: rotação de cultura, nitrogênio, *Zea mays*.

ABSTRACT. Management of nitrogen fertilization in the growth of black oat and corn yield in a no-tillage system. The black oat is a crop that responds well to nitrogen fertilization, resulting in biomass increase and accumulation of N, which can then be used in succession by corn. The experiment was accomplished in Campo Mourão, Paraná state, over two agricultural years and this study had as its objective to evaluate the response of oats to nitrogen fertilization, as well as the yield of corn cultivated in succession. The treatments consisted of nitrogen application (120 kg ha^{-1}) on the oats, through ammonium sulfate, as follows: 24-90-30; 0-90-30; 144-0-0; 0-0-0; these sequences of numbers correspond to N applied in the sowing of black oats (SA), N in pre-sowing of corn (PS), and N in the sowing of corn (SM). In the treatment one, the oat received only the nitrogen fertilizer in sowing of 24 kg ha^{-1} and in the treatment two, the oat was not fertilized, but the corn received it. In the treatment three, the oat received a nitrogen fertilizer basic in sowing of 24 kg ha^{-1} , as well it received 120 kg N of corn , that made of 144 kg N ha^{-1} . The results led to the conclusion that the oats fertilized with 144 kg ha^{-1} of N during sowing obtained a larger production of dry mass, as well it increased the N content and corn yield; the corn has not difference of yield when submitted to the nitrogen fertilizer in the beginning of the cultivation (120 kg ha^{-1}) or when the fertilizer was applied all in the oats sowing (144 kg ha^{-1}).

Key words: crop rotation, nitrogen, *Zea mays*.

Introdução

A rotação de culturas, em plantio direto, contribui para o aumento nos teores de matéria orgânica superficial, e também possui a capacidade de reciclagem dos nutrientes em profundidade, como o nitrato e sulfato, cuja percolação torna mais difícil a disponibilidade, principalmente às culturas com sistema radicular mais superficial.

Na Região Sul do Brasil, incluindo o Estado o

Paraná, a maior parte da área plantada é sob plantio direto e uma das culturas mais incluídas no sistema de rotação no inverno é a aveia preta. O interesse pela aveia preta ocorre devido à sua rusticidade, pela grande produção de fitomassa, ao rápido crescimento inicial e cobertura do solo, pela facilidade de produção de sementes e a um menor custo de produção.

O desempenho favorável do plantio direto está

associado, dentre outros fatores, à quantidade e qualidade dos resíduos aportados ao solo superficialmente, com redução da erosão, melhoria na qualidade física, química e da atividade biológica. De acordo com Bayer et al. (2000), o sucesso do sistema depende da produção e da manutenção de fitomassa sobre o solo o maior tempo possível, assim como da liberação de nutrientes em superfície. Da mesma forma, a correção da sua acidez superficial, segundo Hayatsu e Kosuge (1993) e Kreutzer (1995), torna eficiente o processo de nitrificação e a disponibilização do N no sistema.

O crescimento e a produção de biomassa da aveia preta são limitados pela baixa concentração de nitrogênio no solo. Por isso, a adubação nitrogenada torna-se importante, quando se quer utilizar a cultura como uma cobertura de inverno; a disponibilidade de nitrogênio estimula o crescimento e a atividade radicular e tem reflexos positivos na absorção de outros nutrientes e na produção de fitomassa da aveia (BEN et al., 1998; BORTOLINI et al., 2002). Além disso, pode haver a liberação e um aproveitamento do N da aveia para a cultura sucessora, por meio da mineralização do resíduo.

Porém, considerando que a aveia possui uma relação C/N variável entre 35 a 49:1, o aproveitamento do nitrogênio pela cultura de verão, em sucessão, pode ser pequeno, pois o resíduo mais fibroso induz a uma imobilização microbiana do nutriente (VAUGHAN et al., 2000; LARA CABEZAS, 2005). Tal fato evidencia a importância da manutenção da adubação nitrogenada na cultura de verão, como o milho.

Uma forma de acelerar a decomposição da palhada da cultura de inverno e a liberação de N para a cultura de verão é reduzir a relação C/N, por meio da adição de nitrogênio na aveia, em pré-semeadura do milho. Essa técnica, entretanto, tem propiciado menores rendimentos do milho, comparativamente ao método tradicional de fertilização, no qual o N é aplicado na semeadura e em cobertura, como exposto por Ceretta et al. (2002a e b). Segundo os autores, a produtividade do milho diminuiu à medida que se retirou o nitrogênio que seria aplicado em cobertura no milho, para aplicá-lo antecipadamente, no perfilhamento da aveia.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a importância da adubação nitrogenada, na semeadura, para o crescimento da aveia preta, bem como verificar a influência da produção de biomassa e do N absorvido pela aveia na produtividade do milho, cultivado em sucessão.

Material e métodos

O experimento foi realizado durante dois anos, de 2003 a 2005, em área experimental da Fazenda da Coamo, em Campo Mourão, Estado do Paraná, em Latossolo Vermelho distroférrico, com 600 g kg⁻¹ de argila, cujas características químicas de 0-10 cm são: pH (CaCl₂)=5,1; pH (H₂O)=5,7; H⁺+Al³⁺=4,28 cmol_cdm⁻³; Al³⁺=0,00 cmol_cdm⁻³; Ca²⁺=4,38 cmol_cdm⁻³; Mg²⁺=1,67 cmol_cdm⁻³; K⁺=0,33 cmol_cdm⁻³; P=18 mg dm⁻³; C=22,5 g dm⁻³; as características de 10-20 cm são: pH (CaCl₂)=4,9; pH (H₂O)=5,5; H⁺+Al³⁺=4,61 cmol_cdm⁻³; Al³⁺=0,10 cmol_cdm⁻³; Ca²⁺=4,06 cmol_cdm⁻³; Mg²⁺=1,61 cmol_cdm⁻³; K⁺=0,26 cmol_cdm⁻³; P=11 mg dm⁻³; C=20,5 g dm⁻³.

A aveia preta em sistema plantio direto foi semeada em duas safras agrícolas, em maio de 2003 e maio de 2004 e teve adubação básica na semeadura com 8-20-20 (300 kg ha⁻¹), nas doses de 24 kg de N, 60 kg de P₂O₅ e 60 kg de K₂O, conforme Rajj et al. (1996). A densidade populacional da aveia foi de 45 a 60 plantas por metro linear, num espaçamento de 15 cm entre linhas.

No ano de 2003, a aveia foi dessecada com aplicação de herbicida à base de *Glyphosate* (2,0 L ha⁻¹), quando 50% das plantas encontravam-se no estágio do grão leitoso (100 dias após semeadura); no ano seguinte, quando 75% das plantas encontravam-se no mesmo estágio (130 dias após semeadura).

No estágio de grão leitoso, amostras de aveia foram coletadas de uma área representativa de 1,0 m², colocadas em estufa a 65°C até peso constante, para determinação da massa seca.

O milho (cv. Pioneer 30P70, no primeiro ano e híbrido Garra da Syngenta, no segundo ano) foi semeado em outubro de 2003 e novembro de 2004 e adubado na semeadura com 120 kg ha⁻¹ de N (sulfato de amônio) e P e K nas doses de 60 e 30 kg ha⁻¹, usando a fórmula 0-20-10 (300 kg ha⁻¹) nos dois anos. As sementes foram distribuídas em seis linhas espaçadas de 0,80 m, em área de parcela de 40 m² (10 x 4), e foram consideradas as quatro linhas centrais para fins de avaliação de produtividade e componentes de produção. As plantas corresponderam a uma densidade populacional média de 56.800 e 57.000 plantas ha⁻¹.

Os tratamentos constaram da aplicação de N (sulfato de amônio) na aveia preta e no milho, como a seguir, T1: (24-90-30); T2 (0-90-30); T3 (144-0-0); T4: testemunha sem adubação. A adubação nitrogenada foi feita respectivamente na semeadura da aveia preta (SA), em pré-semeadura do milho, na aveia dessecada (PS) e na semeadura do milho (SM). No tratamento 1, a aveia recebeu somente a adubação nitrogenada na semeadura (24 kg ha⁻¹); no tratamento

2, a aveia não foi adubada e somente o milho recebeu adubação com N. No tratamento 3, a aveia recebeu uma adubação nitrogenada básica na semeadura (24 kg ha⁻¹), mais 120 kg de N ha⁻¹, antecipado do milho, o que fez um total de 144 kg N ha⁻¹.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições, totalizando 16 parcelas, distribuídas em área de 10 x 4 m (40 m²).

A massa seca da aveia, o acúmulo de N e S e a produtividade do milho foram determinados na época da colheita. A concentração de N (MALAVOLTA et al., 1997) e de S (EMBRAPA, 1999) foi determinada nas folhas coletadas abaixo da espiga, em dez plantas escolhidas aleatoriamente nas parcelas.

Nos dois anos, a produtividade do milho foi avaliada por meio de colheita mecânica nas quatro linhas centrais da parcela (32 m²) e extrapolados para área de 1,0 ha, com uma estimativa de 55.000 plantas. Os grãos, separados da espiga, foram pesados e corrigidos para umidade de 13%.

Para a análise de variância dos resultados de matéria seca da aveia, matéria seca do milho e conteúdos de N e S no milho, foi utilizado o programa estatístico SAS (2000).

Resultados e discussão

Produção de massa seca da aveia e do milho e produtividade do milho

No primeiro ano de cultivo, a maior produção de massa seca e maior produtividade do milho ocorreram quando a adubação nitrogenada foi feita antecipada, em pré-semeadura, na palhada da aveia não adubada e na semeadura do milho (0-90-30), como na Figura 1A. Os resultados corroboram com Arf et al. (2007), os quais referem-se a uma melhor produção de massa seca e produtividade do milho, quando toda a adubação nitrogenada foi realizada na semeadura ou de forma parcelada, na semeadura e em cobertura. De acordo com os autores, a produção de massa seca do milho, com N na semeadura, por dois anos, foi respectivamente de 8740 e 7592 kg ha⁻¹. A produtividade foi de 7719 e 6686 kg ha⁻¹.

As produtividades do milho, no primeiro ano foram maiores às descritas por Santos et al. (2007), que relatam para o milho, uma produção de 7043 kg ha⁻¹, para a cultivar AG 1051 e de 6865 kg ha⁻¹ para a AG 9010, quando todo o nitrogênio (120 kg ha⁻¹) foi aplicado na semeadura.

Por outro lado, no segundo ano, a produção de massa seca e a produtividade do milho foram semelhantes, independente da época de aplicação

do N (Figura 1B). A produção de grãos do milho, após a aveia preta, foi menor à encontrada por Silva et al. (2007) e Silva et al. (2008a e b) para milho irrigado, a qual chegou a 12,0 e 12,6 t ha⁻¹, com N de 100 e 180 kg ha⁻¹ em cobertura, no terceiro ano de estudo.

Nos dois anos de estudo, a antecipação de toda a adubação nitrogenada do milho, realizada na semeadura da aveia (144-0-0), apresentou maior crescimento e maior produção de massa seca de aveia (Figura 1A e B), semelhante ao descrito por Mai et al. (2003), Santi et al. (2003) e Silva et al. (2008a e b), os quais, neste caso, encontraram uma produção de massa seca da aveia, quando recebeu 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura, de 3,6 a 8,3 ton ha⁻¹, em três cultivos sucessivos. Entretanto, Luz et al. (2008) não verificaram melhor produção de massa seca da aveia, em dois cortes, quando recebeu N até 150 kg ha⁻¹. A produção média de massa seca da aveia, de acordo com os autores, nos dois cortes, foi de 723 kg ha⁻¹, sem irrigação e de 1781, quando irrigada.

Durante dois anos, a produtividade do milho, após a aveia adubada com 144 kg ha⁻¹ de N ou com 24 kg ha⁻¹ de N, foi semelhante, possivelmente porque o nutriente não foi disponibilizado à planta, provavelmente pela sua imobilização no solo. De forma análoga, em outros trabalhos nos quais foi feita adubação nitrogenada na aveia com doses até 30 kg ha⁻¹, não houve aproveitamento de N liberado da aveia para o milho, sem expressar aumento na produtividade de grãos (MAI et al., 2003; AMADO et al., 2002). Amado et al. (2003) encontraram maior produção de milho adubado com 160 kg ha⁻¹ de N após pousio, cuja produtividade foi de 7.500 kg ha⁻¹, comparativamente à produtividade do milho, após aveia adubada com 40 a 240 kg ha⁻¹ de N, cujos valores foram de 3.400 e 5.000 kg ha⁻¹.

Os resultados de massa seca do milho, no segundo ano, foram semelhantes aos reportados por Giacomini et al. (2004) em solos arenosos do Rio Grande do Sul; por outro lado, foram maiores que os encontrados por Aita et al. (1994), cuja produção de massa seca do milho (XL 560), após aveia preta, em solos do Rio Grande do Sul, foi de 4089 e 4544 kg ha⁻¹, durante dois anos de estudo.

A produtividade do milho, no segundo ano, foi mais baixa em função da menor quantidade de chuvas; porém assemelhou-se aos resultados citados por Da Ros e Aita (1996), Bortolini et al. (2000) e Aita et al. (2001). As doses de N utilizadas por Bortolini et al. (2000), em solo arenoso do Rio

Grande do Sul, em plantio direto, estiveram entre 60 e 160 kg N ha⁻¹ no milho, após rotação com 100% de aveia preta.

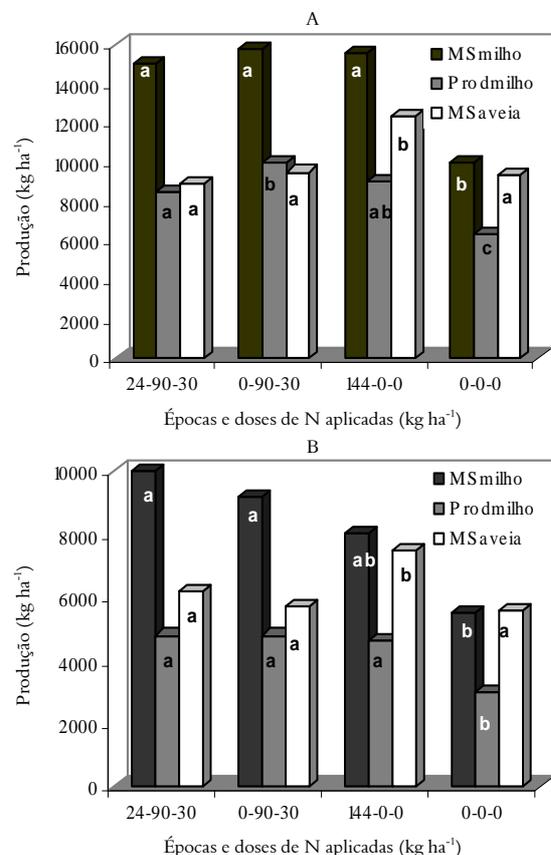


Figura 1. Produção de massa seca do milho e da aveia e produtividade do milho, submetidos ao manejo da adubação nitrogenada, respectivamente na semeadura da aveia, em pré-semeadura do milho e na semeadura do milho, no ano de 2003/2004 (A) e 2004/2005 (B).

Letras diferentes, para o mesmo parâmetro, apresentaram significância em nível de 1,0% para o milho (CV=8,02%) e 5,0% para a aveia (CV=4,12%), no primeiro ano. No segundo ano, letras diferentes, para o mesmo parâmetro, apresentaram significância em nível de 1,0% para o milho (CV=7,57%) e 1,0% para a aveia (CV=7,70%).

Segundo Santi et al. (2003), a adubação nitrogenada na aveia aumentou, de forma quadrática, a produção de matéria seca e aumentou, de forma linear, a quantidade de N acumulado na sua fitomassa; a produção máxima de matéria seca foi de 7171 kg ha⁻¹, com a dose de 180 kg ha⁻¹ de N. Além disso, a aveia apresentou elevado potencial de ciclagem de nutrientes. Em outros trabalhos realizados em plantio direto, onde a aveia não foi adubada, a produção de matéria seca foi inferior (3900, 4417 e 3784 kg ha⁻¹), como citado por Gonçalves et al. (2000); Aita et al. (2001) e Da Ros e Aita (1996).

Correlação entre N e S absorvidos e a produtividade do milho

A concentração de N e S foliar, no estágio do florescimento, apresentou melhor correlação com a

produtividade do milho (Tabela 1), comparativamente às concentrações dos nutrientes encontradas na parte aérea e grãos, após a colheita.

Tabela 1. Correlações entre produtividade do milho e concentração de N e S, nas folhas, no florescimento, na parte aérea vegetativa (caule, folhas, palha e sabugo) e nos grãos, na época da colheita, durante dois anos agrícolas.

Parâmetros avaliados	Folhas ⁽¹⁾		Parte aérea ⁽²⁾		Grãos ⁽²⁾	
	S	N	S	N	S	N
Correlação teor	0,75	0,88	0,75	0,77	0,75	0,76
Correlação teor	0,90	0,80	ns	ns	0,74	0,93
Teor médio (g kg ⁻¹)	1,11	23,64	0,43	5,46	0,78	13,29
Teor médio (g kg ⁻¹)	1,13	23,63	0,21	6,31	0,62	14,19
Eficiência de uso do nutriente (EUN)	0,36	7,64	0,71	8,83	1,26	21,41
Eficiência de uso do fertilizante (EUF)	0,02	0,56	0,04	0,65	0,08	1,56

⁽¹⁾ folhas coletadas no florescimento; ⁽²⁾ época da colheita; (EUN) = kg nutriente absorvido t⁻¹ grãos produzidos; EUF = kg nutriente absorvido kg⁻¹ fertilizante aplicado.

Os grãos apresentaram uma alta eficiência de uso dos nutrientes (EUN) ou o N e o S concentraram-se mais nos grãos do que na parte vegetativa da planta (Tabela 1). De forma semelhante, nos grãos também foi observada maior eficiência no uso do fertilizante nitrogenado (EUF), comparativamente à parte vegetativa, porque apresentaram mais N e S para cada kg de fertilizante aplicado. O nitrogênio presente nos grãos foi maior que a quantidade do nutriente aplicada pelo fertilizante (sulfato de amônio), o que significa que parte do nutriente foi absorvida da reserva do solo.

No florescimento, os teores foliares de N foram inferiores aos de Gomes et al. (2007) e semelhantes a Silva Cruz et al. (2008), em milho sob semeadura direta, consorciado com braquiária, em Latossolo Amarelo de Alagoas; os de S, menores que os referidos por Heinrichs et al. (2002) e Caires et al. (2006), em milho após aveia preta, os quais citam teores de S de 1,8 a 2,0 g kg⁻¹.

Na colheita, os teores de N na planta e nos grãos foram semelhantes aos encontrados por Wolschick et al. (2003). Por outro lado, os teores de N nos grãos foram muito superiores aos de Zotarelli et al. (2003), em milho após tremoço e aveia preta, em solo argiloso do Paraná.

A concentração de S nos grãos de milho foi inferior àquelas encontradas por Heinrichs et al. (2002) e Rheinheimer et al. (2005).

Acúmulo de N e S pelo milho após aveia preta

O conteúdo médio de N (Figura 2A) e de S (Figura 2B) nos grãos e na planta inteira de milho (caule, folhas, palha e sabugo), foi maior quando a adubação nitrogenada foi aplicada no início do desenvolvimento da cultura. Dessa forma, o tratamento que mais acumulou N e S nos grãos e na

planta foi aquele em que a adubação nitrogenada foi feita em pré-semeadura e na semeadura do milho, cultivado em sucessão à aveia não-adubada (0-90-30), seguida do tratamento onde todo o N foi aplicado na semeadura da aveia, reforçando que o milho aproveitou o N absorvido pela aveia no inverno. A relação N/S em torno de 10:1 foi mantida. De acordo com Marschner (1995), e Fancelli e Dourado Neto (2003), uma relação N/S maior que 10:1, pode acarretar em acúmulo de N não-protéico, principalmente $N-NO_3^-$, forma não assimilada pela planta.

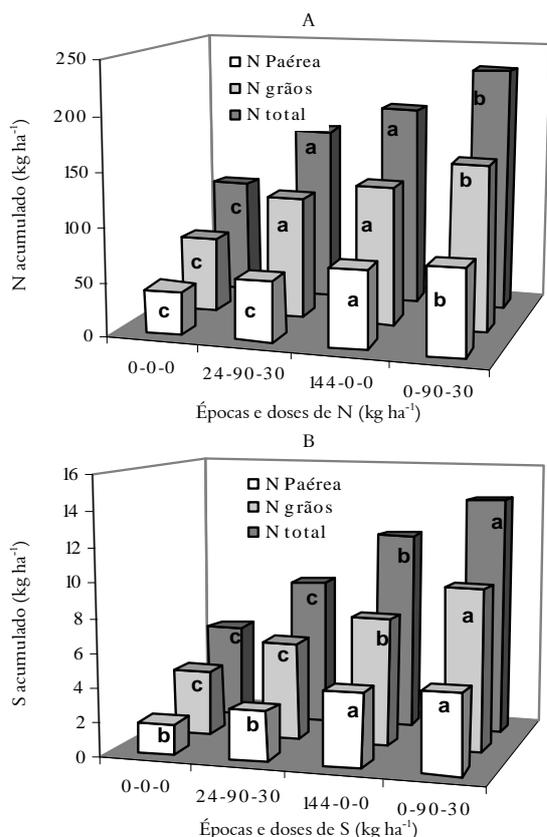


Figura 2. Acúmulo médio de nitrogênio (A) e enxofre (B) pelo milho, submetido a manejos de adubação nitrogenada com sulfato de amônio, respectivamente na semeadura da aveia, em pré-semeadura e na semeadura do milho. Média de dois anos. Letras minúsculas iguais, para o mesmo parâmetro, são significativas pelo teste de Tukey a 1,0 % de probabilidade.

O N médio acumulado nos grãos de milho, quando o fertilizante foi aplicado no início do seu desenvolvimento (0-90-30), esteve próximo a 150 kg ha⁻¹ e na planta inteira de milho, o conteúdo de N na parte aérea foi próximo a 50 kg ha⁻¹, semelhantes aos citados por Duete et al. (2008), os quais variaram entre 80 a 140 kg ha⁻¹ nos grãos e entre 30 a 50 kg ha⁻¹ na planta inteira.

O S médio acumulado nos grãos e parte aérea

do milho no tratamento 0-90-30 foi próximo a 10 kg ha⁻¹ e 4 kg ha⁻¹.

O acúmulo médio total de N (250 kg ha⁻¹) e S (15 kg ha⁻¹) no milho foi maior aos citados por Carvalho et al. (2007) e por Heinrichs et al. (2002), estes últimos na fase de estilo-estigmas, durante dois anos; os autores obtiveram no primeiro ano uma quantidade acumulada de 222 kg ha⁻¹ de N e, no segundo ano, de 89 kg ha de N. O S acumulado foi de 16 kg ha⁻¹ e 10 kg ha⁻¹, nos dois anos estudados. Para Da Ros et al. (2003), o acúmulo de N nos grãos e na palha de milho foi de 137,3 e 57,0 kg ha⁻¹, após adubação nitrogenada na dose de 120 kg ha⁻¹.

Conclusão

A aveia adubada com 144 kg ha⁻¹ de N na semeadura obteve maior produção de massa seca, a qual influenciou positivamente na absorção de N e na produtividade do milho.

Não foi encontrada diferença na produtividade do milho, submetido à adubação nitrogenada (120 kg ha⁻¹) no início do cultivo, ou quando aplicada toda na semeadura da aveia adubada (144 kg ha⁻¹).

Referências

- 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**, v. 18, n. 1, p. 101-108, 1994.
- AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DA ROS, C. O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no Rio Grande do Sul e Santa Catarina adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 1, p. 241-248, 2002.
- AMADO, T. J. C.; SANTI, A.; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta - Influência na decomposição de resíduos, liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 1085-1096, 2003.
- ARF, O.; FERNANDES, R. N.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; ANDRADE, J. A. C. Manejo do solo e época de aplicação do nitrogênio no desenvolvimento e rendimento do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 2, p. 211-217, 2007.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T. J. C.; MARTIN-NETO, L.; FERNÁNDEZ, S. V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 54, p. 101-109, 2000.

- BEN, J. R.; PÖTTKER, D.; FONTANELI, R. S.; WIETHÖLTER, S. Resposta da aveia preta à adubação nitrogenada em semeadura direta sobre pastagens nativas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 4, p. 723-730, 1998.
- BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Efeito de resíduos de plantas jovens de aveia preta em cobertura no crescimento inicial do milho. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 6, n. 1, p. 83-88, 2000.
- BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L. Sistemas de aplicação de nitrogênio e seus efeitos sobre o acúmulo de N na planta de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 2, p. 361-366, 2002.
- CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A. Calagem superficial e cobertura da aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 1, p. 87-98, 2006.
- CARVALHO, L. B.; BIANCO, S.; PITELLI, R. A.; BIANCO, M. S. Estudo comparativo do acúmulo de massa seca e macronutrientes por plantas de milho var. Br 106 e Braquiária plantaginea. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 293-301, 2007.
- 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**, v. 26, n. 1, p. 163-172, 2002a.
- CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; DIEKOW, J.; AITA, C.; PAVINATO, P. S.; VIEIRA, F. C. B.; VENDRUSCULO, E. R. O. Nitrogen fertilizer split-application for corn in no-till succession to black oats. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 3, p. 549-554, 2002b.
- DA ROS, C. O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, n. 1, p. 135-140, 1996.
- DA ROS, C. O.; SALET, R. L.; PORN, R. L.; MACHADO, J. N. C. Disponibilidade do nitrogênio e produtividade do milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, p. 799-804, 2003.
- DUETE R. R. C.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C.; TRIVELIN, P. C. O.; AMBROSANO, E. J. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (N¹⁵) pelo milho em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 161-171, 2008.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa-Solos, 1999.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Milho: estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: Esalq/USP, 2003.
- GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; CHIAPINOTTO, I. C.; HUBNER, S. J. A. P.; MARQUES, M.; CADORE, F. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. II. Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 4, p. 740-751, 2004.
- GOMES, R. F.; SILVA, A. G.; ASSIS, L. A.; PIRES, F. R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 931-938, 2007.
- 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**, v. 24, n. 1, p. 153-159, 2000.
- HAYATSU, M.; KOSUGE, N. Effects of urea fertilization and liming on nitrification in Cerrados soils (Brazil). Tokyo. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 39, p. 367-371, 1993.
- HEINRICHS, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FANCELLI, A. L. Produção e estado nutricional do milho em cultivo intercalar com adubos verdes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 1, p. 225-230, 2002.
- KREUTZER, K. Effects of forest liming on soil processes. **Plant and Soil**, v. 168/169, p. 447-470, 1995.
- LARA CABEZAS, W. A. R.; ARRUDA, M. R.; CANTARELLA, H.; PAULETTI, V.; TRIVELIN, P. C. O.; BENDASSOLLI, J. A. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura e em cobertura na cultura do milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 2, p. 215-226, 2005.
- LUZ, P. H. C.; HERLING, V. R.; BRAGA, G. J.; NOGUEIRA FILHO, J. C. M.; FARIA, L. A.; LIMA, C. G. Resposta da aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) á irrigação por aspersão e adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 421-426, 2008.
- MAI, M. E. M.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; SILVEIRA, M. J.; PAVINATO, A.; PAVINATO, P. S. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia-preta-milho no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 1, p. 125-131, 2003.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Orlando: Academic Press, 1995.
- RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996.
- RHEINHEIMER, D. S.; ALVAREZ, J. W. R.; OSORIO FILHO, B. D.; SILVA, L. S.; BORTOLUZZI, E. C. Resposta de culturas à aplicação de enxofre e a teores de sulfato num solo de textura arenosa sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 562-569, 2005.
- SANTI, A.; AMADO, T. J. C.; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta: I. Influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 1075-1083, 2003.

- SANTOS, M. M.; GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; FERREIRA, L. R.; MELO, A. V.; FONTANETTI, A. Espaçamento entre fileiras e adubação nitrogenada no milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 4, p. 527-533, 2007.
- SAS Institute. **System for information**. Version 8.0. Cary: SAS Institute, 2000.
- SILVA, A. A.; SILVA, P. R. F.; SUHRE, E.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M. L.; RAMBO, L. Sistemas de cobertura de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 928-95, 2007.
- SILVA, A. A.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L.; PIANA, A. T.; STRIEDER, M. L.; JANDREY, D. B.; ENDRIGO, P. C. Produtividade do milho irrigado em sucessão a espécies inverniais para a produção de palhas e grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 8, p. 987-993, 2008a.
- SILVA, A. A.; SILVA, P. R. F.; MINETTO, T.; STRIEDER, M. L.; JANDREY, D. B.; ENDRIGO, P. C. Desempenho agrônômico e econômico do milho irrigado em sucessão à espécies inverniais de cobertura de solo e/ou para produção de grãos. **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, p. 620-627, 2008b.
- SILVA CRUZ, S. C.; PEREIRA, F. R. S.; BICUDO, S. J.; ALBUQUERQUE, A. W.; SANTOS, J. R.; MACHADO, C. G. Nutrição do milho e da *Braquiaria decumbens* cultivados em consórcio em diferentes preparos do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 5, p. 733-739, 2008.
- ZOTARELLI, L.; CARDOSO, E. G.; PICCININ, J. L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; TORRES, E.; ALVES, B. J. R. Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD 502 para a avaliação do conteúdo de nitrogênio no milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 9, p. 1117-1122, 2003.
- VAUGHAN, J. D.; HOYT, G. D.; WOLLUM, A. G. Cover crop nitrogen availability to conventional and no-till corn: Soil mineral nitrogen corn nitrogen status and corn yield. **Communication of Soil Science and Plant Analysis**, v. 31, n.7-8, p. 1017-1041, 2000.
- WOLSCHICK, D.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; JADOSKI, S. O. Adubação nitrogenada na cultura do milho no sistema plantio direto em ano com precipitação pluvial normal e com “el nino”. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p. 461-468, 2003.

Received on January 23, 2008.

Accepted on July 5, 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.