

Adubação nitrogenada e qualidade dos restos vegetais de milho e aveia preta¹

Nitrogen fertilization and quality of pearl millet and black oat residues

José Salvador Simoneti Foloni², Rodrigo Arroyo Garcia³,
Carlos Sérgio Tiritan⁴, Alex Sandro José da Silva⁵

¹ Centro de Ciências Agrárias, Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE.

² Pesquisador Doutor. Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR. Rodovia Celso Garcia, km 375. Cep: 86047-902, CP: 481, Londrina-PR. Email: sfoloni@iapar.br

³ Doutorando. Departamento de Produção Vegetal - FCA, UNESP, Botucatu-SP.

⁴ Professor Doutor. Centro de Ciências Agrárias, Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE, Presidente Prudente-SP.

⁵ Graduando em Agronomia. Centro de Ciências Agrárias, Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE, Presidente Prudente-SP.

Recebido: 22/07/2008

Aceito: 18/12/2008

Resumo: *Objetivou-se com este trabalho avaliar a produção de massa seca, o teor e acúmulo de N, e a relação C/N de restos vegetais de duas gramíneas de cobertura, uma tropical C₄ (milho) e outra de clima temperado C₃ (aveia preta), em resposta à adubação nitrogenada. Conduziu-se o experimento em casa de vegetação com solo de textura média, corrigido e adubado com P, K e micronutrientes. Os tratamentos foram constituídos de duas gramíneas de cobertura, aveia preta (*Avena strigosa*) e milho (*Pennisetum glaucum*), submetidas a quatro níveis de adubação nitrogenada, equivalentes a 0, 50, 100 e 200 mg dm⁻³ de N. Aos 50 dias após a emergência determinou-se a massa seca da parte aérea, e os teores de N e C dos restos vegetais. O milho apresentou maiores valores de massa seca em função do aumento da adubação nitrogenada. No entanto, doses elevadas de N ocasionaram tendência de aumento nos teores de N da aveia preta e decréscimo no milho. A adubação nitrogenada antecipada em gramíneas de cobertura com vias fotossintéticas distintas pode alterar a manutensão de resíduos vegetais na superfície do solo e liberação de nutrientes.*

Palavras-chave: *plantas de cobertura, relação c/n, sistema plantio direto.*

Abstract: *The objective of this research was to evaluate shoot growth, nitrogen level and accumulation of millet and black oat plants affected by N doses in sowing. The experiment was conducted in greenhouse with a portion of soil classified as a Dystrofferic Red Argissol. The treatments consisted of the millet and black oat cultivation in four N doses (0, 50, 100 and 200 mg dm⁻³) in sowing. Fifty days after seedling emergence the shoot dry matter was determined, and also carbon and nitrogen levels. Millet shoot dry matter showed higher values as affected by N increasing. However, the same behavior*

did not occurred for the N level in the tissues; In the highest dose, falling tendency for millet and increasing for black oat were observed. Early nitrogen fertilization in C₃ and C₄ species may affect differently plant residues maintenance on soil surface and nutrients release.

Key-words: cover crops, c/n ratio, no-tillage system.

Introdução

Uma das características primordiais para a seleção de espécies de cobertura do solo é a capacidade de acumular nitrogênio (N) na massa seca, seja pela fixação de N₂ atmosférico e/ou pela absorção do nutriente no solo (OLIVEIRA *et al.*, 2002). Em trabalho desenvolvido por Ceretta *et al.* (2002), a adubação nitrogenada em pré-semeadura na aveia preta elevou as quantidades de massa seca produzidas e o N acumulado na parte aérea. Heringer & Moojen (2002) notificaram que doses elevadas de N, na ordem de 450 mg dm³, proporcionaram ao milho produções de até 20000 kg ha⁻¹ de massa seca. Contudo, a dinâmica da mineralização do N em sistemas de produção agrícola depende da natureza do N-orgânico, da relação C/N dos restos vegetais, da quantidade de N no sistema, do grau de contato da massa seca com os colóides do solo, assim como da temperatura, aeração e disponibilidade hídrica (SILGRAM & SHEPHERD, 1999).

Dentre as espécies vegetais cultivadas, existem as do grupo das gramíneas (família Poaceae), tais como o milho, trigo, sorgo, aveia preta, milho, etc., que se caracterizam pela grande demanda por N, alta capacidade de produzir matéria vegetal e elevada reciclagem de nutrientes (CANTARELLA *et al.*, 1997). No entanto, de acordo com classificação de Tesar (1984), algumas gramíneas apresentam via fotossintética C₃, como é o caso da aveia preta (*Avena strigosa*), e outras têm via fotossintética C₄, como por exemplo, o milho africano (*Pennisetum glaucum*), e esta diferenciação fisiológica influencia fortemente a dinâmica do N contido na massa seca.

Segundo Taiz e Zeiger (2002), nas espécies de via fotossintética C₄, o NO₃⁻ é reduzido e assimilado nas células do mesófilo foliar e o CO₂ é incorporado nas células da bainha dos feixes vasculares, o que aumenta a eficiência fisiológica deste grupo de plantas, em relação às espécies C₃, no que diz respeito à utilização da energia luminosa para assimilar N. Além disso, nas plantas C₄ menos de 10% do N total das folhas são comprometidos na formação da enzima RuBPCarboxilase (Rubisco), e de 2% a 5% na formação da enzima PEP-carboxilase, enquanto que nas plantas C₃ a Rubisco imobiliza de 20% a 30% do N total contido nos tecidos foliares (MARSCHNER, 1995).

De acordo com Marschner (1995), dependendo da espécie, do estágio de desenvolvimento e do órgão vegetal, o conteúdo de N-total requerido para o máximo desenvolvimento das plantas varia entre 2% a 5% da fitomassa seca.

Contudo, segundo Pimentel (1998), a enzima Rubisco representa aproximadamente 50% do total de proteínas solúveis contidas nas folhas de plantas C_3 , contra menos de 10% nas plantas C_4 , e por isso há maior disponibilidade de N para a formação de novos tecidos vegetais em plantas C_4 , ao passo que nas plantas C_3 a Rubisco funciona como uma reserva de N solúvel foliar.

Dessa forma, é preciso considerar que a dinâmica do N contido na fitomassa de gramíneas de cobertura apresenta-se de forma distinta em espécies C_3 e C_4 , podendo caracterizar diferenças significativas na disponibilização do N para lavouras subseqüentes, assim como no manejo de restos vegetais em sistemas de rotação de culturas.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a produção de massa seca, o teor e acúmulo de N, e a relação C/N de restos vegetais de duas gramíneas de cobertura, uma tropical C_4 (milheto) e outra de clima temperado C_3 (aveia preta), em resposta à adubação nitrogenada.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Centro de Ciências Agrárias/UNOESTE. Utilizou-se uma porção de solo agrícola, coletada de 0 a 20 cm de profundidade de um Argissolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 1999), de textura média (760 g kg^{-1} de areia, 180 g kg^{-1} de argila e 60 g kg^{-1} de silte). A porção de solo foi seca ao ar e tamizada em peneira com malha de 2 mm, sendo, em seguida, retiradas amostras para caracterização de atributos químicos, conforme Raij *et al.* (2001): pH ($CaCl_2$) 5,4; 2,8 g dm^{-3} de MO; 7,0 mg dm^{-3} de P_{resina} ; 19,0 mmol $_c$ dm^{-3} de H+Al; 1,1 mmol $_c$ dm^{-3} de K; 17,0 mmol $_c$ dm^{-3} de Ca; 8,0 mmol $_c$ dm^{-3} de Mg; 26,1 mmol $_c$ dm^{-3} de SB; 45,1 mmol $_c$ dm^{-3} de CTC e 58 % de saturação por bases (V). O teor de água na capacidade de campo de amostras do solo desestruturado (peneirado) foi de 172 g kg^{-1} , determinado na tensão de -0,01 MPa no aparelho extrator de Richards, conforme Embrapa (1997).

A porção de solo recebeu calcário dolomítico (CaO: 28%, MgO: 20% e PRNT: 95%) para correção da saturação por bases a 70% (RAIJ *et al.*, 1996). Em seguida, o solo foi mantido por 30 dias em sacos plásticos com teor de água próximo à capacidade de campo, e foi novamente seco ao ar, para receber adubação de 120 mg dm^{-3} de K e 150 mg dm^{-3} de P, com as fontes cloreto de potássio e superfosfato simples, respectivamente.

No dia da sementeira das espécies de cobertura, fez-se também uma adubação nos vasos por meio da água de irrigação, com os micronutrientes B, Zn, Mo, Mn e Cu, na dose de 1 mg dm^{-3} , utilizando-se as fontes H_3BO_3 , $ZnCl_2$, H_2MoO_4 , $MnCl_2$ e $CuCl_2$, respectivamente. Os vasos utilizados no experimento continham 18 dm^3 , e o solo foi acomodado de tal forma para que sua densidade permanecesse próxima de 1,3 g cm^{-3} .

Na montagem do experimento, as doses de N foram misturadas em todo o

volume de solo dos vasos, no dia da semeadura das gramíneas de cobertura, utilizando-se a fonte nitrato de amônio. Foram cultivadas plantas de milho (*Pennisetum glaucum*, cv. BN-2) e aveia preta (*Avena strigosa*, cv. comum), que são gramíneas de cobertura de vias fotossintéticas C₄ e C₃, respectivamente, segundo classificação de Tesar (1984). Fez-se a semeadura a três centímetros de profundidade e após a emergência foram deixadas 5 plantas por vaso. A temperatura da casa de vegetação foi mantida entre 22 a 28°C durante todo o experimento, e a umidade relativa do ar entre 70 a 90%. Durante a condução das plantas, o teor de água do solo foi monitorado e quando necessário fez-se a reposição da água evapotranspirada até próximo à capacidade de campo.

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições, no esquema fatorial 2 x 4, com os seguintes tratamentos: duas gramíneas de cobertura (aveia preta e milho) submetidas a quatro níveis de adubação nitrogenada, equivalentes a 0, 50, 100 e 200 mg dm⁻³ de N.

Aos 50 dias após a emergência, fez-se a coleta da parte aérea das plantas que foram cortadas rente à superfície do solo, na altura do colo. Em seguida, as plantas foram secas em estufa de aeração forçada a 60 °C até atingirem massa constante, e tiveram seus valores determinados. Alíquotas de todo material seco das gramíneas foram amostradas para a determinação dos teores de N (MALAVOLTA *et al.*, 1997) e de C (TEDESCO *et al.*, 1995). Deste modo, foi possível calcular o acúmulo de N e a relação C/N do material vegetal produzido.

Os dados foram submetidos à análise de variância através do programa Sisvar. Com interação significativa, realizou-se o seu desdobramento, utilizando-se o teste t, a 5 %, para comparar os efeitos da espécie vegetal dentro de cada dose de nitrogênio, e análise de regressão para verificar o efeito da adubação nitrogenada dentro de cada espécie utilizada. Adotou-se como critério para escolha do modelo a magnitude dos coeficientes de regressão significativos a 5 % pelo teste F.

Resultados e Discussão

Houve efeito significativo de todas as causas de variação nas variáveis analisadas (Tabela 1). Sendo assim, a adubação nitrogenada em gramíneas utilizadas como plantas de cobertura, com vias fotossintéticas distintas, pode influenciar na disponibilização de N para as culturas subsequentes e na manutenção de resíduos na superfície do solo.

Tabela 1. Análise de variância e coeficiente de variação (C.V.) para matéria seca, teor de N, acúmulo de N e relação C/N das espécies vegetais, em função da adubação nitrogenada.

Causas de variação	Matéria seca	Teor de N	Acúmulo de N	Relação C/N
Espécie ⁽¹⁾	** ⁽³⁾	**	**	**
Dose de N ⁽²⁾	**	*	**	**
Espécie x dose	**	**	**	**
C.V.	5,81	8,51	6,49	7,23

⁽¹⁾ uso do teste t a 5% de probabilidade para comparar espécies dentro de cada dose de N.

⁽²⁾ uso do teste F a 5% de probabilidade para verificar efeito das doses de N dentro de cada espécie.

⁽³⁾ ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

Tanto a gramínea de clima temperado C₃ (aveia preta) como a tropical C₄ (milheto) tiveram suas massas secas incrementadas com o aumento da adubação nitrogenada, contudo, a maior dose de N proporcionou ao milheto acréscimos de até 2,8 vezes em relação à ausência de adubo nitrogenado. Para a aveia preta, esse ganho foi de 1,7 (Figura 1).

Mesmo assumindo que as culturas gramíneas de maneira geral apresentam alta demanda por N (CANTARELLA *et al.*, 1997), no entanto, de acordo com argumentação de Lazenby (1981), as gramíneas tropicais C₄, como a cana-de-açúcar, milho, sorgo, braquiárias, milheto, etc., são mais eficientes no aproveitamento do N para produção vegetal, e respondem a níveis relativamente mais elevados deste nutriente, do que as gramíneas de clima temperado C₃, tais como o trigo, triticale, azevém, centeio, aveia preta, etc.

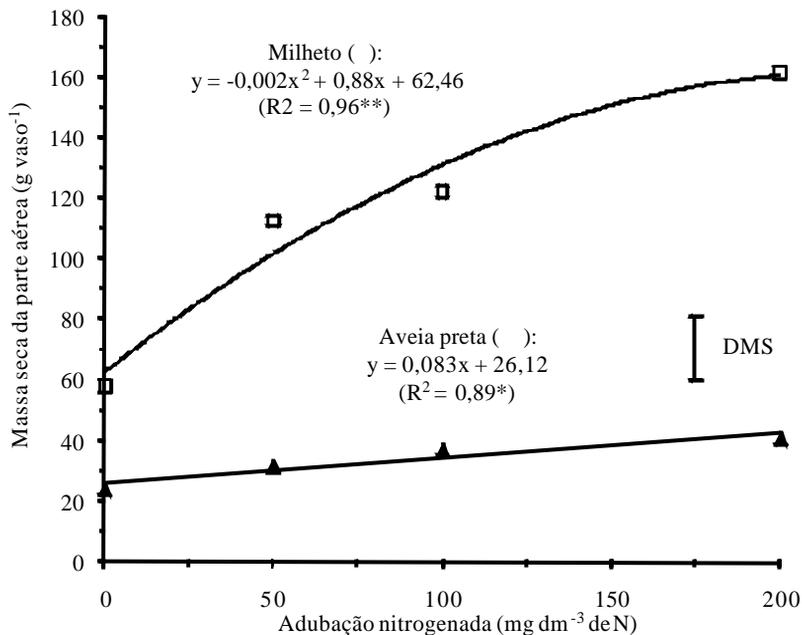


Figura 1. Massa seca da parte aérea do milheto e aveia preta, aos 50 dias após a emergência, em função da adubação nitrogenada. **** significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. DMS: diferença mínima significativa a 5% pelo teste t.

Apesar de ter havido grande produção de matéria seca do milheto em função da adição de N no solo, o mesmo não ocorreu para os teores de N nos restos vegetais desta gramínea tropical, com tendência de queda a partir da maior dose de adubo nitrogenado aplicada na sementeira (Figura 2). Isso pode ser explicado pelo “efeito diluição”, pois os ganhos de massa seca do milheto foram expressivos (Figura 1).

Por outro lado, os resultados obtidos com a aveia preta foram inversos. Apesar dos menores incrementos de massa seca, os teores de N na matéria vegetal desta gramínea C_3 foram superiores em comparação ao milheto, o que era esperado. No entanto, doses elevadas de adubo nitrogenado por ocasião da sementeira da aveia preta proporcionaram tendência de aumento nos teores de N no tecido vegetal das plantas (Figura 2).

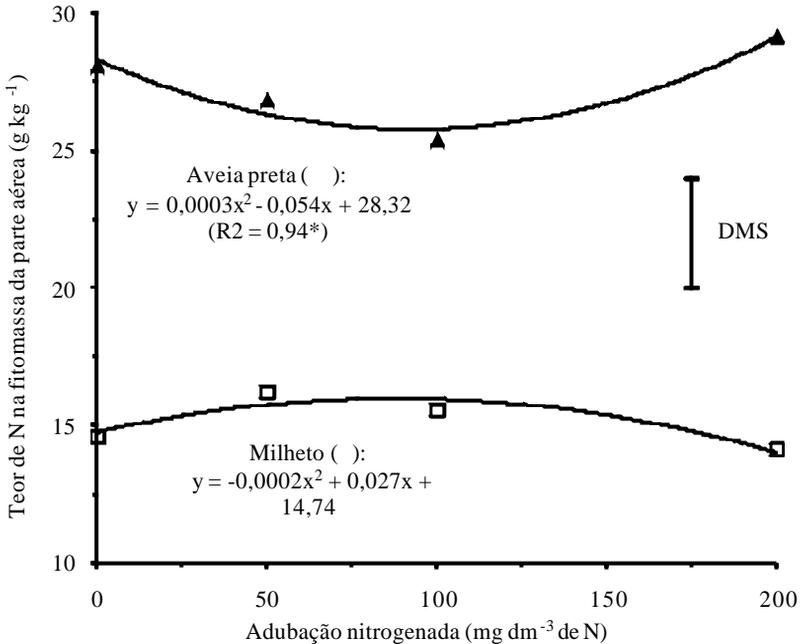


Figura 2. Teor de N da parte aérea do milho e aveia preta, aos 50 dias após a emergência, em função da adubação nitrogenada. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. DMS: diferença mínima significativa a 5% pelo teste t.

De acordo com Pimentel (1998), nas plantas C_3 , como é o caso da aveia preta, existe a necessidade de grandes investimentos de N na formação das enzimas Rubisco, que representam aproximadamente 50% do total de proteínas solúveis presentes nas folhas, acarretando geralmente em maiores teores de N nos tecidos e menores relações C/N dos restos vegetais. Em contrapartida, nas espécies C_4 , por serem mais eficientes na fixação de CO_2 , há maior disponibilização de N para a formação de novos tecidos vegetais, levando, de maneira geral, a reduções nos teores de N da fitomassa, o que é comumente denominado de “efeito diluição”. Portanto, no presente trabalho foram observados teores de N relativamente reduzidos nos restos vegetais do milho, provavelmente em razão da maior capacidade de produção de massa seca por unidade de N absorvido pelas plantas (Figuras 1 e 2).

Em outro trabalho desenvolvido por Rosolem *et al.* (2005), avaliou-se a disponibilização de NH_4^+ dos restos vegetais de seis espécies de cobertura (aveia preta, milho, triticale, crotalaria juncea, braquiária e sorgo), em função

da simulação de chuva, e constataram-se lixiviações variando de 2,5 a 9,5 kg ha⁻¹ de NH₄⁺ somente com a ação da água das chuvas, sem que houvesse decomposição biológica dos resíduos vegetais. Neste trabalho, os autores puderam dividir as culturas de cobertura em dois grupos distintos: de um lado as espécies C₃ (triticale, aveia preta e crotalária juncea), com maior disponibilização de NH₄⁺; e do outro as gramíneas tropicais C₄ (braquiária, milho e sorgo), com lixiviações relativamente menores de NH₄⁺.

Portanto, no trabalho de Rosolem *et al.* (2005), houve mais N prontamente disponível por unidade de matéria vegetal nas palhadas das espécies C₃ do que nas C₄. Constatações que de certa forma corroboram os resultados obtidos neste experimento, em que foram observados maiores teores de N nos restos vegetais da gramínea C₃ aveia preta do que na gramínea C₄ milho, para todos os níveis de adubação nitrogenada estudada (Figura 2).

Os acúmulos de N na massa seca do milho e da aveia preta também foram significativamente incrementados em função do aumento da adubação nitrogenada (Figura 3). Contudo, a gramínea tropical milho, apesar de ter apresentado teores muito menores de N nos restos vegetais do que a aveia preta foi muito mais capacitada em extrair N do solo.

As espécies C₄ apresentam maior eficiência fisiológica no aproveitamento da energia luminosa em relação às C₃, e comprometem menos N para a formação dos complexos enzimáticos de fixação do CO₂, sobrando mais N para a formação de novos tecidos (TAIZ & ZEIGER, 2002; PIMENTEL, 1998; MARSCHNER, 1995). Sendo assim, a gramínea C₄ milho teve maior capacidade para aproveitar o N adicionado via adubação, pois foi mais apta fisiologicamente para crescer (Figuras 1 e 2). Em contrapartida, a gramínea C₃ aveia preta pode ter comprometido grandes quantidades de N para a formação de enzimas Rubisco, além da menor capacidade de fixação de C, justificando o menor crescimento vegetativo (Figura 1), e por conseqüência, menor extração de N do solo (Figura 3), independentemente da resposta à adubação nitrogenada.

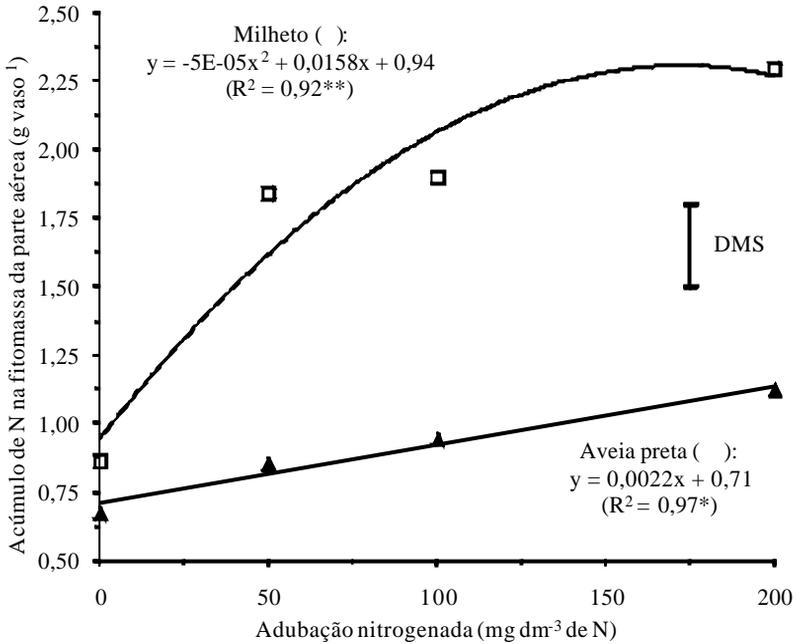


Figura 3. Acúmulo de N na parte aérea do milho e aveia preta, aos 50 dias após a emergência, em função da adubação nitrogenada. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. DMS: diferença mínima significativa a 5% pelo teste t.

As relações C/N das duas gramíneas de cobertura sofreram alterações em função da adubação nitrogenada (Figura 4).

De acordo com Alvarenga *et al.* (2001), os restos vegetais de plantas cultivadas podem ser agrupados em duas classes, uma de decomposição rápida e outra mais lenta, sendo bem aceito um valor de relação C/N em torno de 25 como referência, ou seja, restos vegetais com relação C/N maior que 25 geralmente apresentam forte imobilização de N e velocidade de decomposição relativamente baixa, ao contrário de resíduos com relação C/N menor que 25, que têm grande mineralização de N e rápida decomposição.

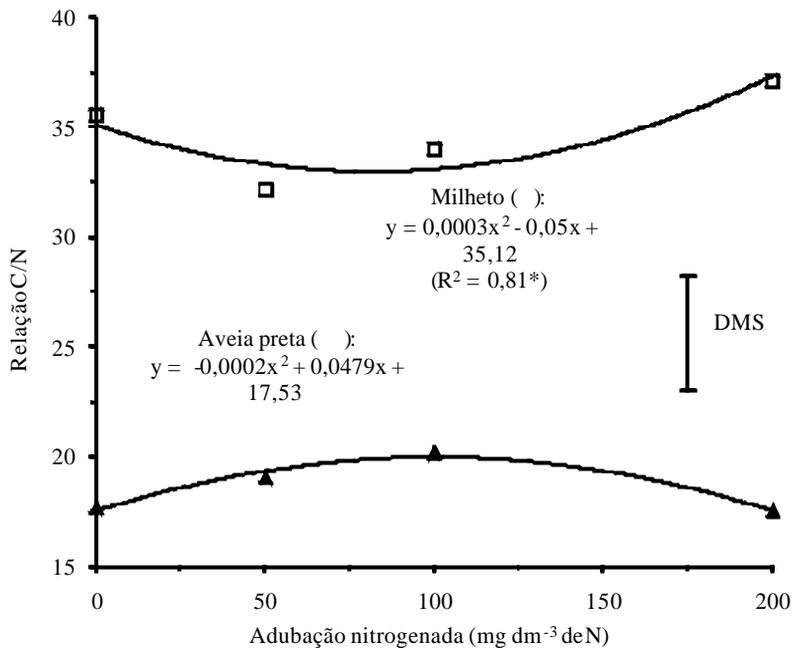


Figura 4. Relação C/N da fitomassa do milho e da aveia preta, aos 50 dias após a emergência, em função da adubação nitrogenada. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. DMS: diferença mínima significativa a 5% pelo teste t.

Portanto, independentemente da resposta à adubação nitrogenada, a relação C/N dos restos vegetais da aveia preta variou em torno de 15 a 20, ao passo que a do milho foi da ordem de 30 a 40 (Figura 4), evidenciando, em termos de manejo, que a gramínea tropical C_4 teria maior imobilização de N e menor velocidade de decomposição da cobertura morta, mesmo apresentado alta capacidade de acumular N na fitomassa (Figura 3), ao contrário da gramínea de clima temperado C_3 .

Observa-se também na figura 4 que doses elevadas de N, da ordem de 200 mg dm^{-3} , aumentaram a relação C/N da fitomassa do milho, enquanto que o excesso de adubação nitrogenada tornou a relação C/N da palhada da aveia preta mais estreita. De acordo com Marschner (1995), o NO_3^- e o NH_4^+ são as formas inorgânicas de N mais absorvidas pelos vegetais, no entanto, Raij (1991) destaca que em solos bem drenados e pouco ácidos, a nitrificação é intensa e o NO_3^- passa a ser a forma mais absorvida pelas plantas. Segundo Salisbury e Ross (1992), o NO_3^- absorvido em excesso, que não é prontamente metabolizado nos tecidos vegetais, pode ser acumulado nos vacúolos das células foliares, o

que depende basicamente das quantidades absorvidas deste nutriente, além das condições ambientais e da eficiência fisiológica da espécie em questão.

Sendo assim, observa-se na figura 2 que a aveia preta apresentou aumento expressivo no teor de N da massa seca na condição em que se usou a maior dose de adubo nitrogenado, equivalente a 200 mg dm⁻³ de N, enquanto que o teor de N da palhada do milho foi reduzido neste mesmo nível de adubação, o que refletiu no cálculo das relações C/N dos restos vegetais (Figura 4). Desta maneira, provavelmente a gramínea C₃ de clima temperado deve ter absorvido N em excesso e acumulado proporções relativamente elevadas deste nutriente nos vacúolos das células foliares, devido à sua capacidade fotossintética relativamente menor em comparação ao milho, baseando-se na argumentação de Salisbury & Ross (1992).

Em termos de manejo de restos vegetais e de rotação de culturas, apesar do milho ter apresentado maior incremento na produção de massa seca e maior acúmulo de N em resposta à adubação nitrogenada (Figuras 1 e 3), pode haver retardamento na disponibilização de N da cobertura morta desta gramínea tropical C₄ devido à relação C/N relativamente alta (Figura 4), visto que este índice influencia a nutrição da cultura sucessora em sistema plantio direto (AITA & GIACOMINI, 2003). No caso da aveia preta, os resultados obtidos foram inversos, ou seja, a dose mais elevada de adubo nitrogenado proporcionou incremento no teor de N e redução na razão C/N da palhada produzida (Figuras 2 e 4), deixando evidente a possibilidade de se fazer antecipações de aplicação de N no cultivo de gramíneas de cobertura C₃, o que seria teoricamente menos problemático em relação às gramíneas de cobertura C₄, em termos de velocidade de disponibilização do N para lavouras subseqüentes. No entanto, o manejo da adubação nitrogenada dessas gramíneas deve ser adotado com o intuito de solucionar possíveis limitações do sistema, sejam elas relacionadas à quantidade de resíduos mantidos na superfície do solo ou na reciclagem e velocidade de liberação de nutrientes para a cultura sucessora.

Conclusões

O milho foi mais responsivo à adubação nitrogenada do que a aveia preta na produção de fitomassa. Doses elevadas de adubo nitrogenado ocasionaram tendência de aumento dos teores de N na aveia preta e decréscimo no milho, com conseqüente alteração na relação C/N.

O manejo da adubação nitrogenada em gramíneas de cobertura com vias fotossintéticas distintas pode proporcionar resultados diferenciados quanto à manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo e liberação de nutrientes.

Referências

- AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.4 p.601-612, 2003.
- ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, n.208 p.25-36, 2001.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B.Van; CAMARGO, C.E.O. Adubação de Cereais. In: 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 Agrônomo e Fundação IAC, 1996. p.43-50.
- 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, p.163-171, 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999. 412p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Pesquisa do Solo. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.
- HERINGER, I.; MOOJEN, E.L. Potencial produtivo, alterações da estrutura e qualidade da pastagem de milheto submetida a diferentes níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.875-882, 2002.
- LAZENBY, A. Nitrogen relationships in grassland ecosystems. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 14., 1981. Lexington: **Proceedings** Westview Press, 1981. p.56-63.
- MALAVOLTA, E.A.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 201p.
- MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.
- OLIVEIRA, T.K.de; CARVALHO, G.J.de; MORAES, R.N.de S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1079-1087, 2002.
- PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Rio de Janeiro: EDUR, 1998. 159p.
- 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 Agrônomo e Fundação IAC, 1996. 285p.
- RAIJ, B.Van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

- RAIJ, B.Van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, 1991. 343p.
- ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Leaching of Nitrate and Ammonium from cover crop straws as affected by rainfall. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.36, n.7-8, p.819-831, 2005.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. Belmont: Wadsworth, 1992. 682p.
- SILGRAM, M.; SHEPHERD, M.A. The effects of cultivation on soil nitrogen mineralization. **Advances in Agronomy**, v.65, p.267-311, 1999.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2002. 90p.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, planta e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.
- TESAR, M.B. **Physiological basis of crop growth and development**. Madison: American Society of Agronomy, 1984. 341p.