



Índices de nitrogênio nas folhas de tomateiro em função do nitrogênio e da adubação orgânica¹

Nitrogen index in leaves of tomato plants as a function of nitrogen and organic fertilization

Magna Maria Macedo Ferreira^{2*} e Paulo Cezar Rezende Fontes³

Resumo - Os índices de nitrogênio constituem importantes ferramentas para avaliar o estado nutricional das plantas. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de doses de N, em ausência e presença da adubação orgânica, sobre os teores de $N-NO_3^-$ na seiva e na matéria seca do pecíolo e de N-total na matéria seca do limbo de folhas de tomateiro, e estabelecer os seus níveis críticos em diferentes fases do ciclo da cultura. Para tanto, foi realizado um experimento na Horta do Fundão, da UFV, no período de 13 de novembro de 1998 a 11 de fevereiro de 1999. As doses de N aplicadas foram 0, 110, 220, 440 e 880 kg ha⁻¹ e as doses de adubo orgânico na forma de esterco curtido de bovino foram 0 e 8 t ha⁻¹, em base seca. O experimento seguiu o delineamento em blocos ao acaso no arranjo fatorial 5x2, com quatro repetições. No experimento foram amostradas as folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5, nas épocas de ocorrências das anteses. Na seiva dos pecíolos foram determinadas as concentrações de $N-NO_3^-$. Na matéria seca dos pecíolos foram determinadas as concentrações de $N-NO_3^-$; na matéria seca do limbo, determinaram-se os teores de N-total. As doses de N aumentaram os teores deste elemento, tanto na ausência quanto na presença da adubação orgânica, em todas as folhas amostradas. Estes teores decresceram com o desenvolvimento das plantas. Concluiu-se que os índices de nitrogênio na seiva e na matéria seca de folhas de tomateiro para o estabelecimento do “status” nutricional variam com a quantidade de N aplicada no solo e a idade da planta, sendo sugerido, pela praticidade, a utilização da concentração de $N-NO_3^-$ na seiva do pecíolo para a determinação dos níveis críticos desses índices, tornando-se necessário padronizar a idade fisiológica das folhas amostradas.

Palavras-chave - Adubação nitrogenada. Análise foliar. *Lycopersicon esculentum*. Nitrato na seiva. Tomate.

Abstract - The N indexes constitute an important tool to evaluate the nutritional state of the plants. Consequently, the objective of this study was to evaluate the effects of N doses, with and without organic fertilization, on the $N-NO_3^-$ contents in the sap and in the dry matter of petiole and total N in the dry matter of the limb of tomato plants, and to establish the critical levels in different phases of the cycle of the culture. For this and, an experiment was done in the Horta do Fundão of the UFV, in the period of November 13, 1998 to February 11, 1999. The N doses applied were 0, 110, 220, 440 and 880 kg ha⁻¹ and the doses of organic fertilizer in the form of bovine hardened manure were 0 and 8 t ha⁻¹, in dry base. The experiment was done in randomized blocks arranged in a 5 x 2 factorial design, with four replications. The opposite leaves were used in experiment for efflorescence 1, 3 and 5 during anthesis times. The $N-NO_3^-$ from the petioles sap and dry matter; the total N contents were determined from the dry matter of the limb. The N doses increased the contents of N, with and without organic fertilization, in all the leaves sampled. These contents decreased with the development of the plants. It was concluded the indexes of N in the sap and in the dry matter of tomato plants leaves for the establishment of the nutritional status vary with the amount of applied N in the soil and the age of the plant; it was suggested the use of the concentration of $N-NO_3^-$ in the sap of the petiole for the determination of the critical levels of those indexes is necessary to standardize the physiologic age of the leaves collected.

Key words - Foliar analysis. *Lycopersicon esculentum*. Nitrogen fertilization. Sap nitrate. Tomato.

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 25/03/2011 e aprovado em 09/08/2011

²Pesquisadora da Embrapa Algodão, magna@cnpa.embrapa.br

³Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, pacerefo@ufv.br

Introdução

O correto manejo da fertilização nitrogenada na cultura do tomateiro proporciona adequado crescimento das plantas e boas produções em termos de quantidade e qualidade, além de reduzir os custos de produção e os riscos de contaminação do ambiente (GUIMARÃES *et al.*, 1998; HE *et al.*, 1999; DZIDA; JAROSZ, 2005). Entretanto, na prática, o nitrogênio é aplicado no solo, muitas vezes, de forma empírica e em quantidades excessivas, uma vez que nesta cultura os fertilizantes nitrogenados apresentam um custo relativamente baixo quando comparados a outros insumos agrícolas (ANDERSEN *et al.*, 1999b).

Os processos que afetam a disponibilidade de nitrogênio no solo, como a lixiviação e a volatilização, e as dificuldades em prever a demanda deste nutriente pela planta do tomateiro tornam difícil a otimização das doses de fertilizantes nitrogenados nesta cultura (SCAIFE; STEVENS, 1983; ANDERSEN *et al.*, 1999a).

Recomendação de adubação nitrogenada na cultura do tomateiro pode ser feita com base na análise dos tecidos foliares da planta (COLTMAN, 1988; CHRISTOU *et al.*, 2003). No entanto, é importante ressaltar que a análise do teor de N na matéria seca de folhas proporciona o diagnóstico da nutrição nitrogenada da planta até o momento da tomada da amostra (SARRO *et al.*, 1985), podendo, com restrições, ser usada como índice prognóstico. As idades da planta e folha e a posição em que a amostra vai ser tomada são fatores importantes no momento da amostragem.

Estudando o desenvolvimento e a acumulação de nitrogênio no tomateiro, Halbrooks e Wilcox (1980) afirmaram que a concentração de N-total é maior nos tecidos foliares do que nos tecidos dos frutos ou dos caules. Segundo Coltman (1988), a concentração de N-NO_3^- na matéria seca da folha inteira é a variável mais apropriada à determinação do “status” de nitrogênio no tomateiro. Já outros autores têm sugerido que a avaliação do “status” de nitrogênio pode ser feita pela determinação da concentração de N-NO_3^- na matéria seca dos pecíolos (GOMEZ-LEPE; ULRICH, 1974; MASON; WILCOX, 1982; LORENZ; TYLER, 1983; CHRISTOU *et al.*, 2003).

Em razão dos elevados custo e tempo gasto, a determinação de N-NO_3^- na matéria seca de folhas de tomateiro somente deveria ser feita quando análises de outros nutrientes também forem necessárias. Caso contrário, as determinações podem ser feitas na seiva dos pecíolos, cujos resultados são mais rápidos e, segundo Westcott *et al.* (1988) e Christou *et al.* (2003) apresentam elevada correlação com as determinações feitas na matéria seca dos mesmos.

Em um programa de manejo de nutrientes, a análise química da seiva xilemática representa importante ferramenta no monitoramento da performance da cultura (OLSEN; LYONS, 1994; OLIVEIRA *et al.*, 2003), fornecendo informação sobre o “status” nutricional da planta em determinado instante (JESCHKE; PATE, 1995; BIALCZYK *et al.*, 2004) e sendo de imediata aplicação quando utilizada como base nas correções da fertilidade do solo durante o ciclo cultural. Como oferece a possibilidade de realizar diagnósticos precoces, rápidos e precisos, pode proporcionar grandes vantagens em termos econômicos (SCAIFE; STEVENS, 1983; SARRO *et al.*, 1985; YAMAMOTO; MATSUMARU, 2005; YAMAMOTO; MATSUMARU, 2006), apresentando alta correlação com a produção e a qualidade dos frutos (TABER, 2001).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de doses de nitrogênio, em ausência e presença da adubação orgânica, sobre os teores de N-NO_3^- na seiva e na matéria seca do pecíolo e de N-total na matéria seca do limbo de folhas de tomateiro, e estabelecer os seus níveis críticos em diferentes fases do ciclo da cultura, na época de primavera-verão.

Material e métodos

Foi desenvolvido um experimento no período de primavera-verão, instalado em área localizada na Horta do Fundão, pertencente à Universidade Federal de Viçosa, cujas coordenadas geográficas são: 20° e 44' de latitude sul, 42°, 50' e 40' de longitude oeste e 650 m de altitude. Foram avaliados os efeitos de doses de nitrogênio e da adubação orgânica sobre os teores de N-NO_3^- na seiva e na matéria seca do pecíolo e os teores de N total na matéria seca do limbo de folhas de tomateiro cv. Santa Clara, de hábito de crescimento indeterminado. O experimento foi conduzido no campo no período de 13 de novembro de 1998 a 11 de fevereiro de 1999.

O experimento foi conduzido em um ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO câmbico cujas características químicas foram: N mineral ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) = 0,14 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; P = 21 mg dm^{-3} ; K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} e H + Al = 51; 0,9; 0,0; 0,3 e 3,3 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente, e pH (em H_2O) = 4,3. A análise granulométrica do solo foi a seguinte: 50% de argila, 16% de silte e 34% de areia. A amostra de solo para a determinação dessas características foi retirada antes da aplicação dos tratamentos, e resultou da coleta de 120 amostras simples na profundidade de 0 a 0,20 m.

Os tratamentos foram constituídos de cinco doses de nitrogênio, em presença ou não de adubação orgânica. Foram testadas as doses de N correspondentes a 0, 110, 220,

440 e 880 kg ha⁻¹. A fonte desse nutriente foi o nitrocálcio (20% de N e 20% de CaO). As doses foram parceladas da seguinte maneira: 10% no momento do transplante, nos sulcos, e 15% aos 21, 35, 49, 63, 77 e 91 dias após o transplante (DAT), em cobertura, ao lado das plantas, em meia-lua. Os dois níveis de adubação orgânica foram 0 e 8 t ha⁻¹ de esterco curtido de bovino (base seca) com a seguinte caracterização química: umidade = 44%; matéria orgânica = 22,16; N, P, K, Ca e Mg = 10,63; 10,20; 20,81; 30,18 e 10,83 g kg⁻¹. Neste adubo orgânico, a expectativa de mineralização do N para a cultura é de no máximo 50%, considerando o ciclo do tomateiro na época de condução do presente experimento (GUIMARÃES, 1998). Os tratamentos foram distribuídos no delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 2, com quatro repetições, perfazendo 40 unidades experimentais ou parcelas. As áreas total e útil de cada parcela foram de 14 m² e 5 m², respectivamente. Os espaçamentos foram nas entrelinhas de 1,0 m e, entre plantas, 0,5 m.

Em função da análise do solo, foi determinada a necessidade de calagem dos experimentos. A calagem foi realizada em 21 de outubro de 1998, aplicando-se calcário dolomítico (PRNT=100%; 38,16% de CaO e 14,00% de MgO), a lanço, de forma a elevar para 70% a saturação de bases, fazendo-se a sua incorporação por meio de uma aração e duas gradagens.

As irrigações por sulco foram realizadas quando necessárias, em complementação ao volume de água precipitado pelas chuvas.

Em cinco plantas por parcela, as amostragens das folhas foram realizadas na época da abertura das flores do primeiro, terceiro e quinto cachos, respectivamente, aos 35, 57 e 85 dias após o transplantio (DAT), no período da manhã, entre 7 h e 9 h. Até a primeira amostragem (35 DAT), tinham sido adicionadas ao solo as seguintes quantidades de N: 0,0; 27,5; 55,0; 110,0 e 220,0 kg ha⁻¹. Até a segunda (57 DAT), 0,0; 60,5; 121,0; 242,0 e 484,0 kg ha⁻¹; e, até a terceira, 0,0; 93,5; 187,0; 374,0 e 748,0 kg ha⁻¹. As folhas foram acondicionadas em saco de plástico e levadas ao laboratório, onde foram colocadas sob refrigeração. Em seguida, seções de 1 cm de comprimento foram retiradas da base dos pecíolos e maceradas em “espremedor de alho” para extração da seiva, que foi coletada com o auxílio de micropipeta e analisada em medidor de nitrato portátil (C-141 Cardy Nitrate Meter – HORIBA, INC.), equipado com microeletrodo sensível ao N-NO₃⁻.

No laboratório, os pecíolos dos quais foram retiradas as seções de 0,01 m foram separados do limbo foliar, sendo ambos os materiais, separadamente, acondicionados em sacos de papel, secos em estufa em circulação forçada de ar a 70°C até atingir massa constante, moídos em moinho tipo Wiley com peneira de 20 mesh e armazenados. Na matéria

seca do pecíolo, após a extração com água em banho-maria a 45°C por 1 hora, foram determinadas as concentrações de N-NO₃⁻ por colorimetria, em espectrofotômetro a 410 nm (CATALDO *et al.*, 1975). Também foram determinados, após digestão sulfúrica, os teores de N-total na matéria seca do limbo, utilizando-se o reagente de Nessler (JACKSON, 1982).

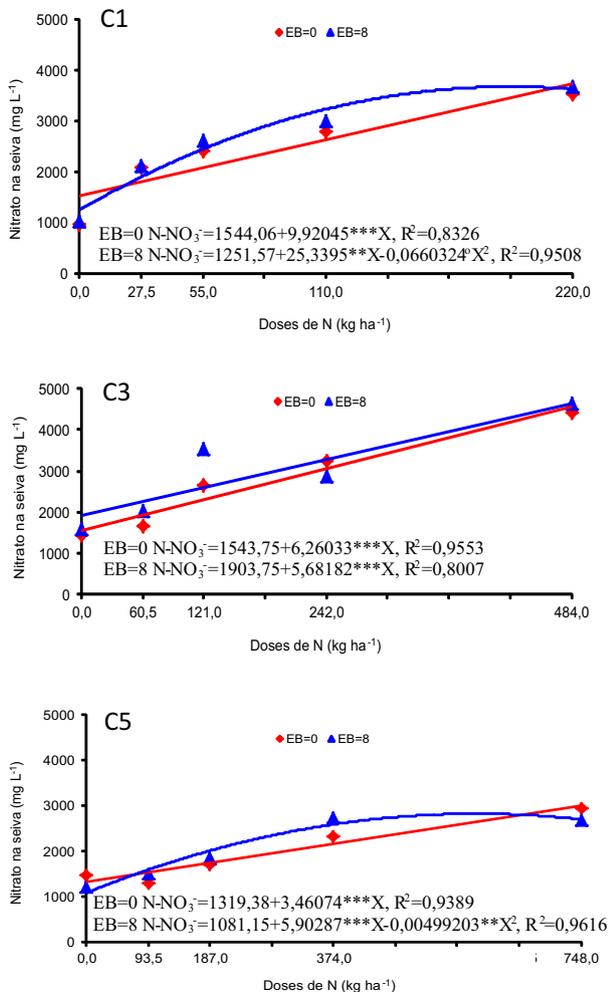
Na análise estatística foi utilizado o programa SAEG 5,0 da Universidade Federal de Viçosa. Os dados de teores de N-NO₃⁻ na seiva e na matéria seca do pecíolo e de N-total na matéria seca do limbo, chamados de índices de nitrogênio, foram submetidos às análises de variância e de regressão, relacionando-os às doses efetivamente aplicadas de N, nos dois níveis de adubação orgânica testados. Os modelos de regressão testados foram: lineares, quadráticos e raiz-quadráticos. Escolheu-se o modelo com base no significado biológico, na significância dos coeficientes de regressão até 10% de probabilidade, pelo teste t, e no maior coeficiente de determinação.

Nas duas doses de adubo orgânico, calcularam-se os níveis críticos dos índices de nitrogênio, utilizando-se a respectiva dose de N responsável pela produção equivalente a frutos extra AA (PEAA) de máxima eficiência econômica (MEE). Essas doses foram 355,2 e 310,2 kg ha⁻¹ de N com as doses 0 e 8 t ha⁻¹ de adubo orgânico, respectivamente.

Resultado e discussão

Os teores de N-NO₃⁻ na seiva e na matéria seca do pecíolo e os teores de N-total na matéria seca do limbo do tomateiro foram influenciados pelas doses de N em todas as amostragens e com adição do adubo orgânico (Figuras 1, 2 e 3).

Na primeira amostragem, os teores de N-NO₃⁻ na seiva (Figura 1, C1), variando entre 963 e 3.525 mg L⁻¹ para os tratamentos que receberam de 0 a 220 kg ha⁻¹ de N, foram ligeiramente inferiores aos encontrados por Guimarães (1998), que encontrou valores variando entre 2.580 e 4.030 mg L⁻¹ de N-NO₃⁻ na folha oposta ao primeiro cacho florescido do tomateiro híbrido Débora-Plus, cultivado na mesma época e no mesmo local do presente experimento. Já Hochmuth (1994), trabalhando com tomateiro nas condições tropicais da Flórida, em que todo o N foi aplicado antes do plantio, obteve teores de N-NO₃⁻ variando entre 600-800 mg L⁻¹ na seiva do pecíolo na fase de antese do primeiro cacho, ou seja, bem inferiores aos encontrados no presente experimento. É importante ressaltar que os valores encontrados por Hochmuth (1994) foram obtidos por meio de testes colorimétricos, ao contrário do presente estudo, em que as concentrações de N-NO₃⁻ na seiva foram

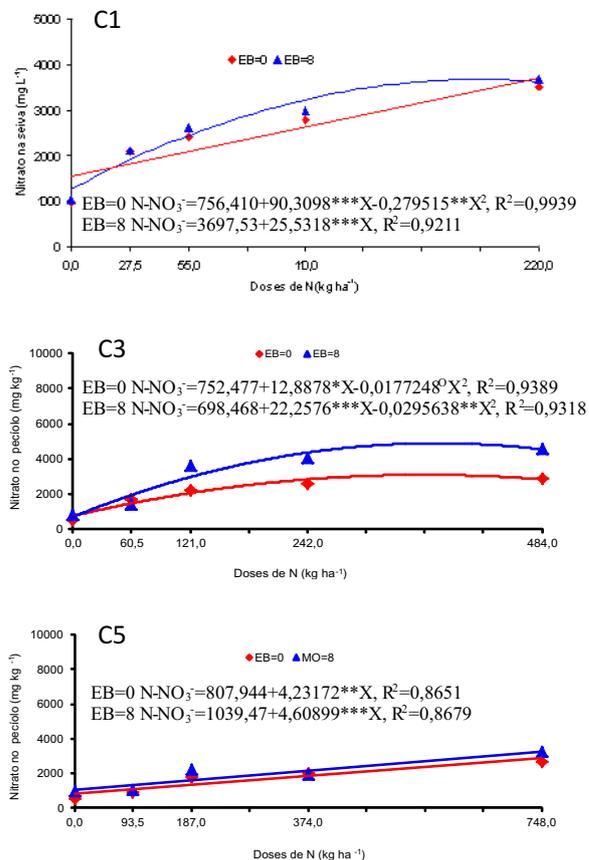


°, ** e *** Significativos a 10, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 1 - Teores de N-NO₃⁻ na seiva dos pecíolos das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e de esterco curtido de bovino (EB, em t ha⁻¹).

determinadas por método potenciométrico. Guimarães (1998) encontrou valores variando de 550 a 2.410 e 300 a 1.870 mg L⁻¹ de N-NO₃⁻ na segunda e terceira amostragens, respectivamente, com a dose de 500 kg ha⁻¹, ou seja, inferiores aos do presente experimento.

Para Coltman (1987, 1988), a concentração apropriada de N-NO₃⁻ na seiva do pecíolo de folhas recentemente maduras do tomateiro está em torno de 1100 a 1200 mg L⁻¹. Segundo o autor, valores acima dessa faixa, como ocorreu no presente experimento, podem causar redução na produção comercializável. Ikeda (1995) sugeriu que as concentrações de N-NO₃⁻ na seiva do pecíolo das folhas imediatamente abaixo dos cachos parecem apropriadas entre 700 e 2.200 mg L⁻¹ durante o estágio de desenvolvimento dos frutos dos mesmos e 1.200 a 2.700

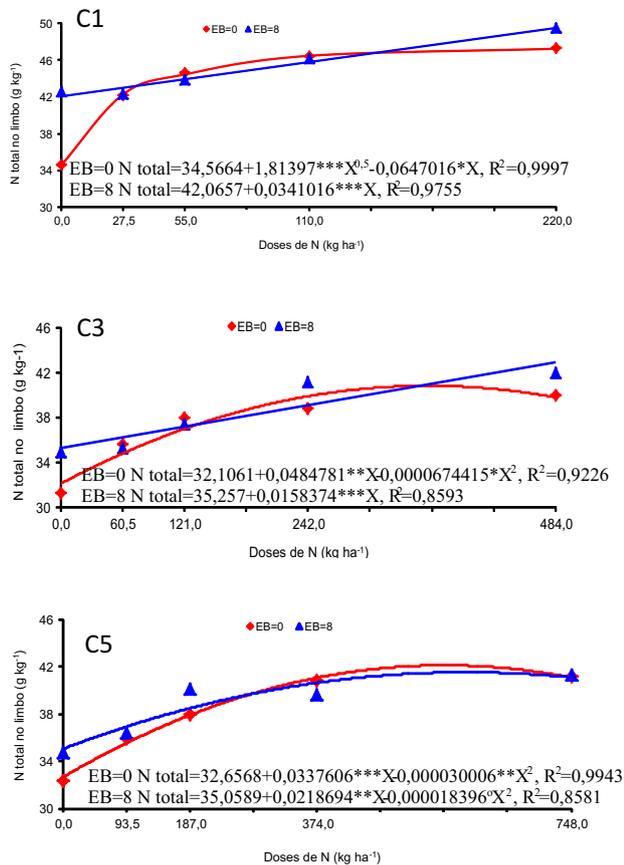


°, *, ** e *** Significativos a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 2 - Teores de N-NO₃⁻ na matéria seca dos pecíolos das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e de esterco curtido de bovino (EB, em t ha⁻¹).

mg L⁻¹ durante a colheita. Já He *et al.* (1999) afirmam que o valor dessa variável nas folhas imediatamente abaixo dos cachos superiores deve ser mantido acima de 500 mg L⁻¹ durante o amadurecimento dos respectivos frutos. Segundo esses autores, a taxa de frutificação e o peso médio dos frutos foram significativamente diminuídos durante as estações de primavera a verão quando a concentração de N-NO₃⁻ na seiva do pecíolo da folha imediatamente abaixo do terceiro cacho caiu abaixo de 500 mg L⁻¹ e decresceu continuamente com o amadurecimento dos frutos deste. Desta forma, suficiente quantidade de N disponível deve estar presente na solução do solo ou do sistema hidropônico a fim de satisfazer os requerimentos nutricionais do tomateiro para o seu crescimento e desenvolvimento (HE *et al.*, 1999).

Os teores de N-NO₃⁻ mais elevados na seiva, observados nas duas primeiras amostragens, nas quais o tomateiro tinha recebido de 0 a 220 kg ha⁻¹ e de 0 a 484 kg ha⁻¹, respectivamente, deve-se, provavelmente, a maior



o, *, ** e *** Significativos a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 3 - Teores de N-total na matéria seca dos limbos das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e de esterco curtido de bovino (EB, em t ha⁻¹).

disponibilidade de N no solo, causada pela adubação de plantio e de cobertura, e ao fato do tomateiro cv. Santa Clara somente apresentar taxa maior de crescimento a partir de 45 dias após o transplantio, conforme observações de Fayad (1998).

Os valores de N-NO₃⁻ na seiva sem adição de N (Figura 1) ficaram pouco acima da faixa de suficiência encontrada por Hochmuth (1994) no tomateiro, que é 800 a 1000 mg L⁻¹ de N-NO₃⁻ na seiva do pecíolo das folhas opostas aos cachos 2, 3, 4 e 5 e bem acima dos valores encontrados por Andersen *et al.* (1999a) para tomateiro não adubado com N, os quais foram 107 e 316 mg L⁻¹ de N-NO₃⁻ na seiva do pecíolo da 5^a ou 6^a folha a partir do ápice da planta, sete e treze semanas depois do transplantio, respectivamente. Estes valores mais altos encontrados no presente experimento indicam que havia disponibilidade de N no solo, provavelmente devido às adubações nitrogenadas anteriores. Nas três amostragens,

onde as plantas de tomateiro receberam respectivamente de 0 a 220 kg ha⁻¹, 0 a 484 kg ha⁻¹ e 0 a 748 kg ha⁻¹ de N, os teores de N-NO₃⁻ na seiva das plantas adubadas com adubo orgânico mostraram-se ligeiramente superiores aos das não adubadas (Figura 1) devido, provavelmente, à mineralização do N orgânico do esterco curtido de bovino e aos benefícios que a matéria orgânica proporciona ao solo como, por exemplo, o aumento na retenção de água.

As doses de N promoveram aumento no teor de N-NO₃⁻ da matéria seca do pecíolo, nas três amostragens, onde as plantas de tomateiro receberam respectivamente de 0 a 220 kg ha⁻¹, 0 a 484 kg ha⁻¹ e 0 a 748 kg ha⁻¹ de N, e nos dois níveis de adubação orgânica, sendo que os maiores aumentos foram verificados nas duas primeiras amostragens, C1 (0 a 220 kg ha⁻¹ de N) e C3 (0 a 484 kg ha⁻¹ de N) (Figura 2). Guimarães (1998) e Guimarães *et al.* (1998) ao trabalharem com o tomateiro híbrido Débora-Plus e com a cv. Santa Clara, respectivamente, também verificaram aumento no teor de N-NO₃⁻ na matéria seca do pecíolo com o aumento das doses de N no solo. Em todos os tratamentos com N, os valores maiores de N-NO₃⁻ na matéria seca do pecíolo foram observados nas folhas opostas ao primeiro cacho florescido (C1), os quais tinham recebido até o momento da tomada da amostra de 0 a 220 kg ha⁻¹ de N; e os valores de C3 (0 a 484 kg ha⁻¹ de N) foram maiores do que os de C5 (0 a 748 kg ha⁻¹ de N) (Figura 2).

A exemplo do ocorrido com o teor de N-NO₃⁻ na seiva, o N proveniente dos 25% da fertilização nitrogenada que foram aplicados até o momento da primeira amostragem pode ser o responsável pela ocorrência de valores mais elevados nas folhas opostas ao primeiro cacho florescido. Nas três amostragens, onde as plantas de tomateiro receberam respectivamente de 0 a 220 kg ha⁻¹, 0 a 484 kg ha⁻¹ e 0 a 748 kg ha⁻¹ de N, os teores de N-NO₃⁻ na matéria seca dos pecíolos das plantas adubadas com adubo orgânico mostraram-se ligeiramente superiores aos das não adubadas (Figura 2) devido, provavelmente, à mineralização do esterco de bovino utilizado.

As concentrações de N-total na matéria seca do limbo das folhas opostas aos cachos recém-florescidos aumentaram com as doses de N, nas três amostragens, onde as plantas de tomateiro receberam respectivamente de 0 a 220 kg ha⁻¹, 0 a 484 kg ha⁻¹ e 0 a 748 kg ha⁻¹ de N, e nos dois níveis de adubação orgânica (Figura 3), conforme também constatado por Guimarães (1998), Guimarães *et al.* (1998), Andersen *et al.* (1999b) e Sainju *et al.* (2000). Em todos os tratamentos, os valores maiores de N total foram observados nas folhas opostas ao primeiro cacho florescido (C1), onde as plantas receberam de 0 a 220 kg ha⁻¹ de N e, nas folhas opostas ao terceiro e quinto cachos florescidos, onde as plantas receberam de 0 a 484 kg ha⁻¹ de N e 0 a 748 kg ha⁻¹ de N (C3 e C5, respectivamente), os

teores foram semelhantes (Figura 3). O fato do teor de $N-NO_3^-$ na matéria seca do pecíolo e de N-total na matéria seca do limbo das folhas opostas ao primeiro cacho florescido (C1), onde as plantas receberam de 0 a 220 kg ha⁻¹ de N, apresentarem os valores maiores (Figuras 2 e 3) demonstra que as concentrações de N nos tecidos foliares do tomateiro decrescem com o crescimento e desenvolvimento da planta, conforme constatado por Hochmuth (1994), Locascio *et al.* (1997), Guimarães (1998), Guimarães *et al.* (1998) e Christou *et al.* (2003). Esse decréscimo pode ser explicado pelo acúmulo de matéria seca lignificada, pois a absorção deste nutriente pelas raízes parece ser constante durante o ciclo da cultura (TANAKA *et al.*, 1974).

Os níveis críticos dos índices de nitrogênio encontram-se na Tabela 1.

Os níveis críticos de N-total na matéria seca das folhas opostas ao primeiro e quinto cachos florescidos (Tabela 1), onde as plantas de tomateiro receberam

Tabela 1 - Níveis críticos dos índices de nitrogênio na seiva e na matéria seca das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) do tomateiro, na ausência e na presença de esterco curtido de bovino (EB, t ha⁻¹)

Folha amostrada	Índices de nitrogênio					
	N-NO ₃ ⁻ na seiva		N-NO ₃ ⁻ na matéria seca		N-total na matéria seca	
	EB=0	EB=8	EB=0	EB=8	EB=0	EB=8
	-----g L ⁻¹ -----		---- mg kg ⁻¹ ----		----- g kg ⁻¹ -----	
C1 (35 DAG) ^{1/}	2.581	3.014	7.140	6.027	40,63	40,52
C3 (57 DAG)	2.983	3.044	2.778	3.975	30,97	30,84
C5 (85 DAG)	2.549	2.432	2.311	2.469	40,09	40,01

^{1/} Período, em Dias Após a Germinação, em que a folha foi amostrada.

respectivamente de 0 a 220 kg ha⁻¹ e 0 a 748 kg ha⁻¹ de N, estão dentro das faixas encontradas por Hochmuth (1994), as quais foram 40,00-60,00 g kg⁻¹ de N-total para o período entre o transplântio e a antese do segundo cacho e 40,00-50,00 g kg⁻¹ de N-total para o período entre as antes do segundo e do quinto cachos. Todos os valores encontrados estão acima de 20,8 g kg⁻¹ de N total, valor estabelecido por Andersen *et al.* (1999b), abaixo do qual considera-se que a planta está com deficiência de N. Os níveis críticos de N-total na matéria seca do limbo das folhas do tomateiro apresentaram os menores valores na amostragem intermediária, onde as plantas de tomateiro receberam de 0 a 484 kg ha⁻¹ de N, realizada por ocasião do florescimento do terceiro cacho, sem ou com adição de adubo orgânico ao solo (Tabela 1).

Conclusões

A aplicação de N, com e sem adubação orgânica, resultou em aumento nos teores de $N-NO_3^-$ na seiva e na matéria seca do pecíolo e de N-total na matéria seca do limbo de folhas de tomateiro.

Os valores dos índices de nitrogênio decresceram com o desenvolvimento das plantas, independente da adubação orgânica.

Para o estabelecimento dos níveis críticos dos índices de nitrogênio, deve-se padronizar a idade fisiológica das folhas amostradas.

Para as condições climáticas de Viçosa-MG, os níveis críticos de $N-NO_3^-$ na seiva do pecíolo variam de 2.432 a 3.044 mg L⁻¹ e, na matéria seca, 2.311 a 7.140 mg kg⁻¹, dependendo da folha amostrada e da adubação orgânica. Para N-total na matéria seca do limbo os valores variam de 30,84 a 40,63 g kg⁻¹.

Pela praticidade, o melhor índice a ser usado para o estabelecimento de níveis críticos de nitrogênio é o teor de $N-NO_3^-$ na seiva do pecíolo.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos funcionários da Horta do Fundão da Universidade Federal de Viçosa que viabilizaram a execução do experimento.

Literatura científica citada

- ANDERSEN, P. C. *et al.* Relationships of nitrogenous compounds in petiole sap of tomato to nitrogen fertilization and the value of these compounds as a predictor of yield. **HortScience**, v. 34, n. 2, p. 254-258, 1999a.
- ANDERSEN, P. C. *et al.* Carbon and nitrogen budgets in spring and fall tomato crops. **HortScience**, v. 34, n. 3, p. 648-652, 1999b.
- BIALCZYK, J.; LECHOWSKI, Z.; DZIGA, D. Composition of the xylem sap of tomato seedlings cultivated on media with HCO₃⁻ and NO₃⁻ or NH₄⁺. **Plant and Soil**, v. 263, n. 1/2, p. 265-272, 2004.
- CATALDO, D.A. *et al.* Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 6, p. 71-80, 1975.
- CHRISTOU, M. *et al.* Nitrate measurements in processing tomato leaves by a quick test. **Acta Horticulturae**, n. 613, p. 177-180, 2003.
- COLTMAN, R. R. Yield and sap nitrate responses of fresh market field tomatoes to simulated fertigation with nitrogen. **Journal of Plant Nutrition**, v. 10, p. 1699-1704, 1987.

- COLTMAN, R. R. Yields of greenhouse tomatoes managed to maintain specific petiole sap nitrate levels. **HortScience**, v. 23, n. 1, p. 148-151, 1988.
- DZIDA, K.; JAROSZ, Z. Effect of different levels of nitrogen fertilization and additional foliage feeding on the yield and some elements in leaves and fruits of tomato. *Annales Universitatis Mariae Curie Skodowska Sectio EEE*, **Horticultura**, v. 15, p. 51-58, 2005.
- FAYAD, J. A. **Absorção de nutrientes, crescimento e produção de frutos pelo tomateiro em campo e estufa**. 1998. 89 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- FONTES, P. C. R. *et al.* Nível crítico de $N-NO_3^-$ em pecíolos de tomateiro extraído por diferentes métodos. **Horticultura Brasileira**, v. 13, n. 1, p. 11-13, 1995.
- GERALDSON, C. M.; TYLER, K. B. Plant analysis as an aid in fertilizing vegetable crops. In: WESTERMAN, R. L. (Ed.) **Soil Testing and Plant Analysis**. 3.ed. Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America, 1990. p.549-562.
- GOMEZ-LEPE, B. E.; ULRICH, A. Influence of nitrate on tomato growth. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 99, n. 1, p. 45-49, 1974.
- GUIMARÃES, T. G. **Nitrogênio no solo e na planta, teor de clorofila e produção do tomateiro, no campo e na estufa, influenciados por doses de nitrogênio**. 1998. 184 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- GUIMARÃES, T. G. *et al.* Determinação dos teores de nitrogênio na seiva do tomateiro por meio de medidor portátil. **Horticultura Brasileira**, v. 16, n. 2, p. 144-151, 1998.
- HALBROOKS, M. C.; WILCOX, G. E. Tomato plant development and elemental accumulation. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 105, n. 6, p. 826-828, 1980.
- HE, Y. *et al.* Effect of restricted supply of nitrate on fruit growth and nutrient concentrations in the petiole sap of tomato cultured hydroponically. **Journal of Plant Nutrition**, v. 22, n. 4&5, p. 799-811, 1999.
- HOCHMUTH, G. J. Efficiency ranges for nitrate-nitrogen and potassium for vegetable petiole sap quick tests. **HortTechnology**, v. 4, p. 218-222, 1994.
- HUETT, D. O. Fertilizer nitrogen and potassium studies with Flora-Dade tomatoes grown with trickle irrigation and polyethylene mulch covered beds on Krasnozern soils. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 33, p. 221-226, 1993.
- IKEDA, H. Development of new nutrition diagnosis methods for horticultural crops. Research Reports for National Science Research Foundation for 1992-1994 (Research B), 1995.
- JACKSON, M. L. *Análisis químico de suelos*. 1. ed. Barcelona: Ediciones Omega, 1982. 662 p.
- JESCHKE, W. D.; PATE, J. S. Mineral nutrition and transport in xylem and phloem of *Banksia prionotes* (Proteaceae), a tree with dimorphic root morphology. **Journal of Experimental Botany**, v. 46, p. 895-905, 1995.
- LOCASCIO, S. J. *et al.* Nitrogen and potassium application scheduling effects on drip-irrigated tomato yield and leaf tissue analysis. **HortScience**, v. 32, n. 2, p. 230-235, 1997.
- LORENZ, O. A.; TYLER, K. B. Plant tissue analysis of vegetable crops. In: REISENAUER, H. M. (Ed.). *Soil and plant tissue testing in California*. Berkeley: University of California, 1983. p.24-29
- MASON, S. C.; WILCOX, G. E. Nitrogen status evaluation of tomato plants. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 107, n. 3, p. 483-486, 1982.
- MINOTTI, P. L. Whole leaves versus petioles for assessing the nitrogen status of tomatoes. **HortScience**, v. 24, n. 1, p. 84-86, 1989.
- OLIVEIRA, M. N. S. *et al.* Variação diurna e sazonal do pH e composição mineral da seiva do xilema em tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 1, p. 10-14, 2003.
- OLSEN, J. K.; LYONS, D. J. Petiole sap nitrate is better than N-total nitrogen in dried leaf for indicating nitrogen status and yield responsiveness of *Capsicum* in subtropical Australia. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 34, p. 835-843, 1994.
- SAINJU, U. M. *et al.* Tillage, cover cropping, and nitrogen fertilization influence tomato yield and nitrogen uptake. **HortScience**, v. 35, n. 2, p. 217-221, 2000.
- SARRO, M. J.; CADAHIA, C.; CARPENA, O. Balance iónico en savia como índice de nutrición del tomate. Nueva metodología analítica aplicable "in situ". **Anales de Edafología y Agrobiología**, v. 64, n. 5-6, p.799-812, 1985.
- SCAIFE, A.; STEVENS, K. L. Monitoring sap nitrate in vegetable crops: comparison of test strips with electrode methods, and effects of time of day and leaf position. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 14, p. 761-771, 1983.
- TABER, H. G. Petiole sap nitrate sufficiency values for fresh market tomato production. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, n. 6, p. 945-959, 2001.
- TANAKA, A.; FUJITA, K.; KIKUCHI, K. Nutrient-physiological studies on the tomato plant. I. Outline of growth and nutrient absorption. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 20, n. 1, p. 57-68, 1974.
- WESTCOTT, M. P. *et al.* Sap analysis for diagnosis of nitrate accumulation in cereal forages. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 29, n. 9-10, p. 1355-1363, 1998.
- YAMAMOTO, F.; MATSUMARU, T. Actual proof of top-dressed nitrogen method based on nitrate diagnosis with petiole sap of tomato in farmers greenhouses. **Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 77, n. 4, p. 413-418, 2006.
- YAMAMOTO, F.; MATSUMARU, T. Nitrogen application rates for greenhouse tomato based on real-time diagnosis of petiole sap: effects of soil nitrate contents before cultivation. **Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 76, n. 6, p. 825-831, 2005.