

ÍNDICES DE NITROGÊNIO E DE CRESCIMENTO DO TOMATEIRO EM SOLO E EM SOLUÇÃO NUTRITIVA¹

Cláudio Pagotto Ronchi²
Paulo Cezar Rezende Fontes³
Paulo Roberto Gomes Pereira³
Júlio Cezar Silveira Nunes²
Hermínia Emília Prieto Martinez³

RESUMO

O objetivo dos experimentos foi determinar os índices de nitrogênio (leitura SPAD e teores de nitrato na seiva e de nitrogênio orgânico na matéria seca da folha acima do primeiro cacho) e de crescimento (altura de planta, diâmetro do caule, área e peso da folha acima do primeiro cacho) no início da fase reprodutiva do tomateiro, cultivado em solo e em solução nutritiva. O delineamento nos dois experimentos foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. No primeiro, o tomateiro foi transplantado em vaso contendo 3,0 L de solo adubado com cinco doses de N (0, 100, 200, 400 e 800 mg/dm³). No segundo, o tomateiro foi transplantado em vaso contendo 8 L de solução nutritiva com as doses de N de 0, 4, 8, 12 e 16 mmol/L. Aos 37 e 42 dias após o transplante, no início do florescimento do primeiro cacho, os experimentos em solução nutritiva e em solo foram, respectivamente, encerrados. Nestas ocasiões, foram determinados a altura da planta, o diâmetro do caule, a área e o peso da folha acima do primeiro cacho (FAC), o teor de N-NO₃ na seiva do pecíolo e o índice SPAD da FAC. Em seguida, as plantas foram colhidas, separadas em folhas e caule, secas e pesadas. Na matéria seca da FAC foi determinado o teor de N-orgânico. Os índices de nitrogênio (IN) e de crescimento (IC), associados a 99,9% da máxima produção de matéria seca da parte aérea, em ambos os substratos, são apresentados. Os IC foram

¹ Aceito para publicação em 12.04.2001.

² Aluno do curso de mestrado em Fitotecnia da UFV. E-mail: e33179@alunos.ufv.br

³ Departamento de Fitotecnia da UFV. 36571-000 Viçosa, MG. E-mail: pacerefo@mail.ufv.br (bolsista do CNPq).

maiores em plantas que cresceram em solução nutritiva que naquelas que cresceram no solo; o inverso foi verificado nos IN, exceto o teor de N-orgânico. Propõe-se que a altura da planta possa ser usada no prognóstico da produção de matéria seca da parte aérea e que o peso da matéria fresca e a área da FAC possam ser utilizados na estimativa do estado nutricional de nitrogênio do tomateiro.

Palavras-chaves: *Lycopersicon esculentum*, tomate, análise foliar, SPAD, diagnóstico, nitrato na seiva do pecíolo.

ABSTRACT

NITROGEN AND GROWTH INDICES OF TOMATO PLANTS IN SOIL AND NUTRIENT SOLUTION

The objective of the experiments was to determine nitrogen (SPAD value, petiole sap N-NO₃ and organic N in the leaf above the first cluster dry matter) and crop growth indices (plant height, stem diameter, area and weight of the leaf adjacent to the first cluster) at the beginning of the tomato plant reproductive phase, in soil and nutrient solution. The experiments were arranged in a randomized complete block design with four replications. In the first experiment, tomato plant was grown in soil, in 3 L pot, with five N rates (0, 100, 200, 400 and 800 mg/dm³). In the second one, tomato plant was grown in nutrient solution at N rates of 0, 4, 8, 12 and 16 mmol/L, being 80% as N-NO₃. At the beginning of the tomato plant reproductive phase, 37 and 42 days after transplantation time, the experiments in nutrient solution and soil were finished, respectively. At those times, plant height, stem diameter, area and weight of the leaf above the first cluster (LAC), SPAD value and petiole sap N-NO₃ were evaluated. The plant was then harvested, separated in leaves and stem, dried, ground and weighed. Organic nitrogen contents were determined in LAC dry matter. Nitrogen (NI) and crop growth indices (CI) associated to 99.9% of the maximum tomato shoot dry matter, at both substrata, were presented. CI values were higher in plants grown in nutrient solution than in soil; the inverse was observed for NI but not for organic-N. It is proposed that plant height be utilized to predict shoot dry weight and it is also proposed that both FAC dry matter weight and area can be utilized to estimate tomato nitrogen nutritional status.

Key words: *Lycopersicon esculentum*, leaf analysis, SPAD, diagnosis, petiole sap nitrate.

INTRODUÇÃO

A aplicação de doses supra-ótimas de nitrogênio na cultura do tomateiro resulta em crescimento vegetativo excessivo (7), maior incidência de ataque de alguns patógenos (12), atraso na maturação dos frutos e redução na produtividade (3, 13), além de aumentar a probabilidade de contaminação do lençol freático. Devido a tais problemas, é necessário manejar corretamente a fertilização nitrogenada na cultura.

Ajuste no programa de fertilização nitrogenada pode ser conseguido por correto monitoramento e diagnóstico do estado nutricional das plantas

(3, 14) que envolvem, tradicionalmente, a análise dos teores de N na matéria seca e posterior interpretação dos resultados, utilizando-se valores padrões ou níveis críticos. A utilização da análise foliar de forma rotineira apresenta limitações, como o tempo gasto entre a tomada das amostras e a obtenção dos resultados, além de o custo ser relativamente alto.

Dentre as técnicas mais recentes, com potencial para realizar o diagnóstico do estado nutricional em nitrogênio das culturas de forma rápida e com baixo custo, destacam-se as análises da concentração de nitrato na seiva dos pecíolos (5, 8, 11, 24) e da intensidade do verde das folhas, por meio de aparelhos portáteis (1, 9, 23), assumindo que haja correlação positiva entre a intensidade do verde com os teores de clorofila e destes com as concentrações de N. Em 12 espécies, houve correlação entre a intensidade do verde e o teor de clorofila (17) e deste com a concentração de nitrogênio na folha (9).

Os recentes avanços no aperfeiçoamento dos medidores portáteis tornaram mais fácil a determinação do teor de clorofila ou a intensidade do verde das folhas, possibilitando a sua utilização como critério de avaliação do estado nutricional nitrogenado das plantas (7). Um destes é o medidor SPAD-502. Leituras SPAD obtidas em folhas apresentaram correlação positiva com a suficiência de N em diversas culturas (1, 7, 17, 21, 28).

Para o diagnóstico do estado nutricional do tomateiro, é comum a utilização da primeira folha acima de cada cacho, no momento de seu florescimento (7, 19). Mesmo havendo padronização da folha amostrada e do estágio fisiológico da planta na época da amostragem, pode haver influência de outros fatores como genótipo, práticas culturais (7), tipo de solo (9), disponibilidade de nitrogênio e, provavelmente, substrato sobre os valores dos níveis críticos dos índices de nitrogênio, pois tais fatores influenciam a taxa de crescimento da planta da qual depende a taxa de absorção do nitrogênio (6). Ademais, a concentração de $N-NO_3$ no meio afeta a proporção em que ele é reduzido na raiz (18) e, conseqüentemente, a sua concentração na seiva do pecíolo.

Como parte da agricultura de precisão, utilizando sensoriamento remoto, tem sido investigada a correlação entre determinadas características da planta e a reflexão da luz no dossel (27) e desta com o estado nutricional em nitrogênio. Há poucos dados na literatura sobre a relação existente entre a dose adequada de nitrogênio e o correspondente valor de determinadas características de crescimento do tomateiro, as quais, talvez, também possam ser usadas como índices indiretos para o diagnóstico do estado nutricional em nitrogênio e capacidade produtiva do tomateiro em condições em que apenas o nitrogênio é o fator limitante.

No diagnóstico ou na interpretação do significado do valor de qualquer índice de nitrogênio ou de características de crescimento de plantas é necessário que haja valores considerados referenciais ou índices,

determinados em estágio fisiológico específico da planta. Assim, este trabalho teve por objetivo determinar os índices de nitrogênio e de características de crescimento no início da fase reprodutiva do tomateiro cultivado em solo e em solução nutritiva.

MATERIAL E MÉTODOS

Plantas de tomate, cultivar Santa Clara, foram cultivadas, simultaneamente, em solo e em solução nutritiva, em estufa, em dois experimentos, no delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições. No experimento em solução nutritiva, as sementes foram semeadas em caixas tendo como substrato areia lavada. A partir do quinto dia após a emergência até a transferência das mudas para a solução nutritiva, as plantas foram irrigadas com solução de Steiner (30) a "meia força". No experimento no solo, as plantas foram produzidas em bandejas contendo substrato apropriado. No momento do transplante, em ambos os experimentos, as mudas iniciavam a formação da terceira folha.

No experimento em solução nutritiva, os tratamentos constaram de cinco doses de N: 0, 4, 8, 12 e 16 mmol/L, utilizando-se 80% do N na forma de N-NO₃ e 20% na forma N-NH₄, sendo utilizados os sais p. a. (NH₄)₂SO₄, KNO₃, Ca(NO₃)₂.4H₂O e NaNO₃. A solução nutritiva continha 2; 5,5; 4,5; 2 e 4 mmol/L de P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, sendo utilizados MgSO₄.7H₂O, KH₂PO₄, K₂SO₄ e CaCl₂.2H₂O. As concentrações de micronutrientes seguiram as recomendações de Hoagland e Arnon (10). Os vasos plásticos, com capacidade de oito litros de solução nutritiva, receberam uma muda de tomate. O nível da solução foi completado diariamente, com água desmineralizada e pH ajustado para 5,5, não tendo havido troca das soluções.

No experimento no solo, foram utilizadas cinco doses de N: 0, 100, 200, 400 e 800 mg/dm³ de solo, na forma de sulfato de amônio, o que foi aplicado uniformemente em todo o solo de cada vaso, individualmente. Para o enchimento dos vasos de 3,0 L utilizou-se solo peneirado que recebeu calcário dolomítico (PRNT 92%), na dose de 2,0 g/dm³ de solo, além de P e K, nas doses de 435 e 100 mg/dm³, recomendadas por Ribeiro (22), na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, misturados ao solo. Após o transplante, o solo foi mantido com umidade próxima à capacidade de campo. Cada vaso recebeu uma muda.

Em duas épocas, foram medidos a altura da planta, região compreendida entre o colo e a gema apical, e o diâmetro do caule, medido a 1 cm abaixo das folhas cotiledonares. Em solução, as épocas foram 20 e 37 dias após o transplante (DAT); em solo, 25 e 42 DAT.

Aos 37 e 42 DAT, no início do florescimento do primeiro cacho, os experimentos em solução nutritiva e solo, respectivamente, foram encerrados. Nestas ocasiões, foram determinados o teor de N-NO₃ na seiva do pecíolo e o índice SPAD, ambos na primeira folha acima do primeiro cacho (FAC). A seiva foi coletada, após o esmagamento do pecíolo, diretamente sobre o medidor portátil equipado com microeletrodo sensível ao N-NO₃, da Horiba, Inc., e as leituras SPAD foram feitas com o medidor portátil SAPD-502, da Minolta.

Em seguida, as plantas foram colhidas, sendo determinados a área e o peso da FAC, além dos pesos das folhas restantes e do caule, cuja soma forneceu o peso da parte aérea. Para a determinação do peso da matéria seca, o material vegetal foi colocado em estufa de circulação forçada, à temperatura de 65 °C, até peso constante. Na matéria seca da FAC (limbo + pecíolo), após digestão sulfúrica, foram determinados os teores de N-orgânico (N-org), utilizando-se o reagente de Nessler, segundo JACSON (15). Na matéria seca das folhas restantes foram determinados os teores de P, Mg, Mn, Zn, Cu, Fe, S, K, Ca e B.

Em ambos os experimentos, os dados de cada variável dependente foram submetidos à análises de variância e de regressão, utilizando-se o programa SAEG (25). Foram ajustadas equações (linear, raiz quadrada e quadrática, cúbica, potencial, exponencial, hiperbólica, logarítmica e cúbico-raiz) relacionando os valores de cada variável dependente com as doses de nitrogênio, escolhendo-se a de maior R², com significado biológico e com os coeficientes significativos a 1% de probabilidade. A resolução da derivada primeira da equação escolhida, igualada a zero, propiciou o valor da variável independente com a qual a produção de matéria seca foi máxima. A partir da dose necessária para a obtenção de 99,9 % da produção máxima de matéria seca da parte aérea, foram calculados os valores dos índices de nitrogênio e das características de crescimento de cada variável.

Escolheu-se o índice de 99,9% com o objetivo de obter alto valor de referência que propiciará menor incidência de falsos negativos (decidir não adubar quando a adubação fosse necessária) e maior incidência de diagnósticos verdadeiros negativos (decidir não adubar quando a adubação não fosse necessária). Tal decisão precisa ser comum na produção de hortaliças em que o preço do N é baixo em relação ao produto colhido.

Também foi calculada a eficiência de utilização de nitrogênio com base em Siddiqi e Glass (29), dividindo-se o peso da matéria seca da parte aérea pela concentração de N-orgânico na matéria seca da FAC, obtidos com a dose de N necessária à obtenção de 99,9% da produção máxima de matéria seca. Determinou-se, ainda, a relação (linear, raiz quadrada e quadrática, cúbica, potencial, exponencial, hiperbólica, logarítmica e

cúbico-raiz) entre os valores dos índices SPAD, teor de N-NO₃ na seiva do pecíolo, peso da matéria fresca e área foliar da FAC (variáveis independentes) com os teores de N-orgânico nas folhas amostradas (variável dependente), escolhendo-se aquela de maior R² e lógica biológica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As produções máximas de matéria seca (MS) do caule e das folhas do tomateiro cultivado no solo foram, respectivamente, de 6,74 e 15,04 g/planta, obtidas com as doses de N de 125 e 194 mg/dm³. Os valores correspondentes em solução nutritiva foram de 9,84 e 16,18 g/planta, com 4,02 e 5,17 mmol/L, indicando que para a produção da mesma quantidade de MS a folha exigiu mais N que o caule. As produções máximas de matéria seca na parte aérea (MSPA) foram de 21,67 e 25,75 g/planta, tendo sido obtidas com as doses de N aplicadas no solo de 172 mg/dm³ e em solução nutritiva de 6,35 mmol/L, respectivamente. Segundo Marschner (18), a redução na produção de matéria seca de plantas submetidas à doses elevadas de sulfato de amônio no solo pode ser devido ao aumento na disponibilidade de NH₄, que reduz a absorção de cátions, podendo ser tóxico à planta; ao excesso de sulfato, que reduz a absorção de MoO₄⁻ e à acidificação do solo, que reduz a disponibilidade de micronutrientes. Em solução nutritiva, os excessos de Na e NH₄ podem diminuir o crescimento da planta pela redução na absorção de cátions e devido, também, ao efeito tóxico do NH₄. Doses excessivas de N-NO₃ reduzem ou suprimem a formação de aminoácidos importantes para o crescimento do tomateiro e provocam acúmulo de N-NO₃ nos tecidos e mudanças no pH celular (20). Outros autores também encontraram efeito negativo de doses elevadas de N sobre a produção de matéria seca pelo tomateiro cultivado em vasos contendo solução nutritiva (5), areia e solo (9). Dependendo dos procedimentos experimentais, os valores da produção de matéria seca na parte aérea do tomateiro, por ocasião do florescimento, podem variar. Assim, em solução nutritiva, no início do surgimento dos botões florais, foram obtidos 4,2 g de matéria seca na parte aérea do tomateiro (26) e 31,5 g para a parte aérea e raiz, em plantas oito dias mais velhas (5). No solo, foi obtido o valor de 50 g/planta, quando todo o primeiro cacho já estava completamente florido (4).

As produções de matéria seca da parte aérea por unidade de N adicionado ao solo e à solução foram de 42,0 e 39,0 mg/g, respectivamente, e as eficiências de utilização de N na parte aérea, calculadas com base em Siddiqi e Glass (29), foram de 12,38 e 13,77 g/dag/kg, em solo e em solução, indicando que as plantas crescendo

em solução nutritiva utilizaram mais eficientemente o N absorvido, talvez pela maior disponibilidade de água e de outros nutrientes em solução.

As características de crescimento da planta, como área e peso das matérias fresca e seca da FAC, diâmetro do caule e altura de plantas, foram influenciadas positivamente pelas doses de nitrogênio nos dois substratos (Quadro 1), e os índices das características de crescimento obtidos com a dose de N para 99,9% da produção máxima de matéria seca da parte aérea foram maiores em solução do que em solo (Quadro 2). Das características, o peso da matéria fresca e a área foliar da FAC podem ser usados para estimar o valor do teor de N-org na matéria seca da FAC, com base nas relações significativas ocorridas entre tais características mostradas no Quadro 3. No solo e em solução nutritiva, os coeficientes de correlação entre a altura do tomateiro e o peso de matéria seca da parte aérea foram de 0,789 e 0,915, respectivamente. A altura do tomateiro foi medida 17 dias antes da determinação do peso da matéria seca, que ocorreu aos 42 e 37 dias após o transplante, respectivamente, parecendo indicar que a altura pode ser utilizada para o prognóstico da produção de matéria seca, devendo ser testado no campo, considerando a produção de frutos.

O tomateiro pode ser avaliado visualmente por técnicos treinados, mas pessoas não acostumadas com a cultura podem utilizar os índices enumerados no Quadro 2, de forma isolada ou combinada, para avaliar o seu desenvolvimento, considerando a possível interferência de local nos valores. Também é preciso avaliar a utilidade das características de crescimento e de outras como índices de prognóstico e de diagnóstico utilizando a produção de frutos como referência, pois a maior produção de matéria seca na parte aérea nem sempre corresponde à maior produção de frutos do tomateiro (7).

Aumentando-se a dose de N no solo e na solução, o teor de N-NO₃ na seiva do pecíolo aumentou (Figura 1). Nas plantas crescendo no solo e na solução nutritiva, os índices de N-NO₃ na seiva foram de 1.283 e 285 mg/L, respectivamente (Quadro 2), indicando que houve menor diluição do NO₃ na seiva talvez devido a menor redução de NO₃ na raiz ou menor quantidade de água nos vasos da planta. Hochmuth (11) aponta 1.000 a 1.200 mg/L de N-NO₃ como faixa de suficiência para o tomateiro da fase de transplante até o aparecimento do segundo cacho; Coltman (2) aponta o valor de 1.091 mg/L para o tomateiro em início de frutificação, a campo; e Guimarães et al. (8) obtiveram para o tomateiro crescendo em vaso, em dois solos, os níveis críticos de 2.581 e 2.616 mg/L de N-NO₃ na seiva.

QUADRO 1 - Equações relacionando características de crescimento do tomateiro (Y) com doses de N (X) em solo (mg/dm³) e em solução nutritiva (mmol/L)

Características	Equações	R ²
Cultivo em solo		
Peso matéria seca da parte aérea (g/planta)	$Y = 7,263 + 2,259**X^{1/2} - 0,0933**X - 3,66E-4**X^{3/2}$	0,996
Peso matéria seca das folhas (g/planta)	$Y = 4,353 + 1,521**X^{1/2} - 0,0532**X - 6,39E-5**X^{3/2}$	0,994
Peso da matéria seca do caule (g/planta)	$Y = 2,910 + 0,738**X^{1/2} - 0,0402**X + 4,29E-4**X^{3/2}$	0,999
Peso da matéria seca da FAC (g)	$Y = 0,662 + 0,00106**X - 4,42E-7**X^2 - 1,14E-9**X^3$	0,882
Peso da matéria fresca da FAC (g)	$Y = 3,348 + 0,00809**X + 2,94E-4**X^2 - 4,54E-8**X^3$	0,951
Área foliar da FAC (cm ²)	$Y = 61,061 + 0,320**X + 0,00105**X^2 - 1,54E-6**X^3$	0,931
Diâmetro do caule aos 25 DAT ¹ (cm)	$Y = 0,662 + 0,0272**X^{1/2} - 0,00252**X + 4,24E-5**X^{3/2}$	0,996
Diâmetro do caule aos 42 DAT (cm)	$Y = 0,741 + 0,0136**X^{1/2} - 9,61E-4**X + 6,18E-6**X^{3/2}$	0,994
Altura da planta aos 25 DAT (cm)	$Y = 35,680 + 1,139**X^{1/2} - 0,040**X - 5,47E-4**X^{3/2}$	0,996
Altura da planta aos 42 DAT (cm)	$Y = 64,088 + 0,727**X^{1/2} + 0,152**X - 0,00645**X^{3/2}$	0,995
Cultivo em solução nutritiva		
Peso mat. seca da parte aérea (g/planta)	$Y = 0,993 + 19,636**X^{1/2} - 3,893**X$	0,989
Peso matéria seca das folhas (g/planta)	$Y = 0,406 + 15,966**X^{1/2} - 4,889**X + 0,404**X^{3/2}$	0,998
Peso da matéria seca do caule (g/planta)	$Y = 0,387 + 10,860**X^{1/2} - 3,784**X + 0,358**X^{3/2}$	0,998
Peso da matéria seca da FAC (g)	$Y = 0,155 + 0,789**X^{1/2} - 0,165**X$	0,893
Peso da matéria fresca da FAC (g)	$Y = 0,946 + 3,581**X^{1/2} + 0,543**X - 0,223**X^{3/2}$	0,913
Área foliar da FAC (cm ²)	$Y = 18,784 - 28,829**X^{1/2} + 108,01**X - 20,724**X^{3/2}$	0,863
Diâmetro do caule aos 20 DAT (cm)	$Y = 0,414 + 0,470**X^{1/2} - 0,151**X + 0,0129**X^{3/2}$	0,990
Diâmetro do caule aos 37 DAT (cm)	$Y = 0,437 + 0,359**X^{1/2} - 0,0611**X - 0,00141**X^{3/2}$	0,974
Altura da planta aos 20 DAT (cm)	$Y = 20,680 + 22,839**X^{1/2} - 3,704**X$	0,990
Altura da planta aos 37 DAT (cm)	$Y = 29,984 + 43,711**X^{1/2} + 1,921**X - 1,693**X^{3/2}$	0,999

¹Dias após o transplantio; ** significativo a 1%.

QUADRO 2 - Índices de nitrogênio e de características de crescimento do tomateiro cultivado em solo e solução nutritiva, associados a 99,9% da produção máxima de matéria seca da parte aérea

Características	Substrato	
	Solo	Solução
De crescimento		
Peso matéria seca das folhas totais (g/planta)	14,84	16,12
Peso da matéria seca do caule (g/planta)	6,69	9,54
Peso da matéria seca da FAC ¹ (mg)	814,00	1.098,00
Peso da matéria verde da FAC (g)	5,19	9,69
Área foliar da FAC (cm ²)	132,00	291,00
Diâmetro do caule, 1ª amostragem (mm)	690,00	849,00
Diâmetro do caule, 2ª amostragem (mm)	772,00	929,00
Altura da planta, 1ª amostragem (cm)	42,60	54,40
Altura da planta, 2ª amostragem (cm)	84,50	123,60
De nitrogênio		
N-NO ₃ na seiva do pecíolo da FAC (mg/L)	1.283,00	285,00
Índice SPAD na FAC ¹	41,26	27,76
N-orgânico na matéria seca da FAC (dag/kg)	1,75	1,87

¹Primeira folha acima do primeiro cacho.

QUADRO 3 - Relação entre o teor de N-orgânico na matéria seca (dag/kg) com a leitura SPAD, com o teor de N-NO₃ na seiva do pecíolo (mg/L), com o peso da matéria fresca (g) e com a área foliar (cm²) da folha acima do primeiro cacho (FAC), em solo e solução nutritiva

Equações	Substrato	R ²
SPAD = X		
Y = N-org = 1 / (2,631 - 0,0530X)	Solo	0,569
Y = N-org = 1 / (2,188 - 0,0616X)	Solução	0,829
Teor de N-NO₃ na seiva = X		
Y = N-org = 0,253 + 0,0527√X + 0,000149X	Solo	0,654
Y = N-org = -0,858 + 0,159√X - 0,00109X	Solução	0,816
Peso da matéria fresca da FAC = X		
Y = N-org = -26,293 + 22,579√X - 4,289X	Solo	0,552
Y = N-org = 0,231 + 0,488X - 0,0236X ²	Solução	0,475
Área foliar da FAC = X		
Y = N-org = -0,560 + 0,0254X - 0,0000335X ²	Solo	0,699
Y = N-org = 0,203 + 0,0173X - 0,0000247X ²	Solução	0,563

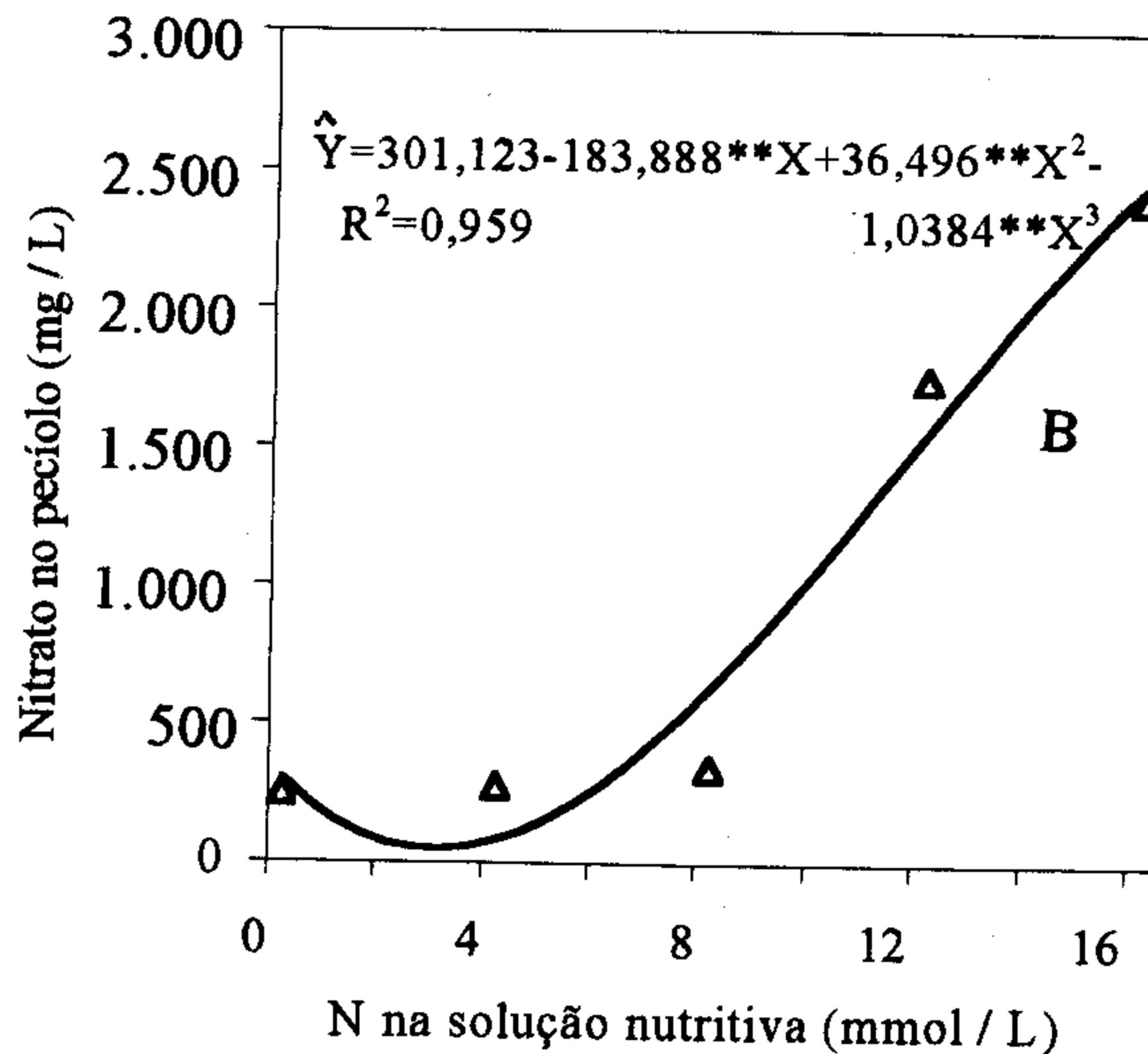
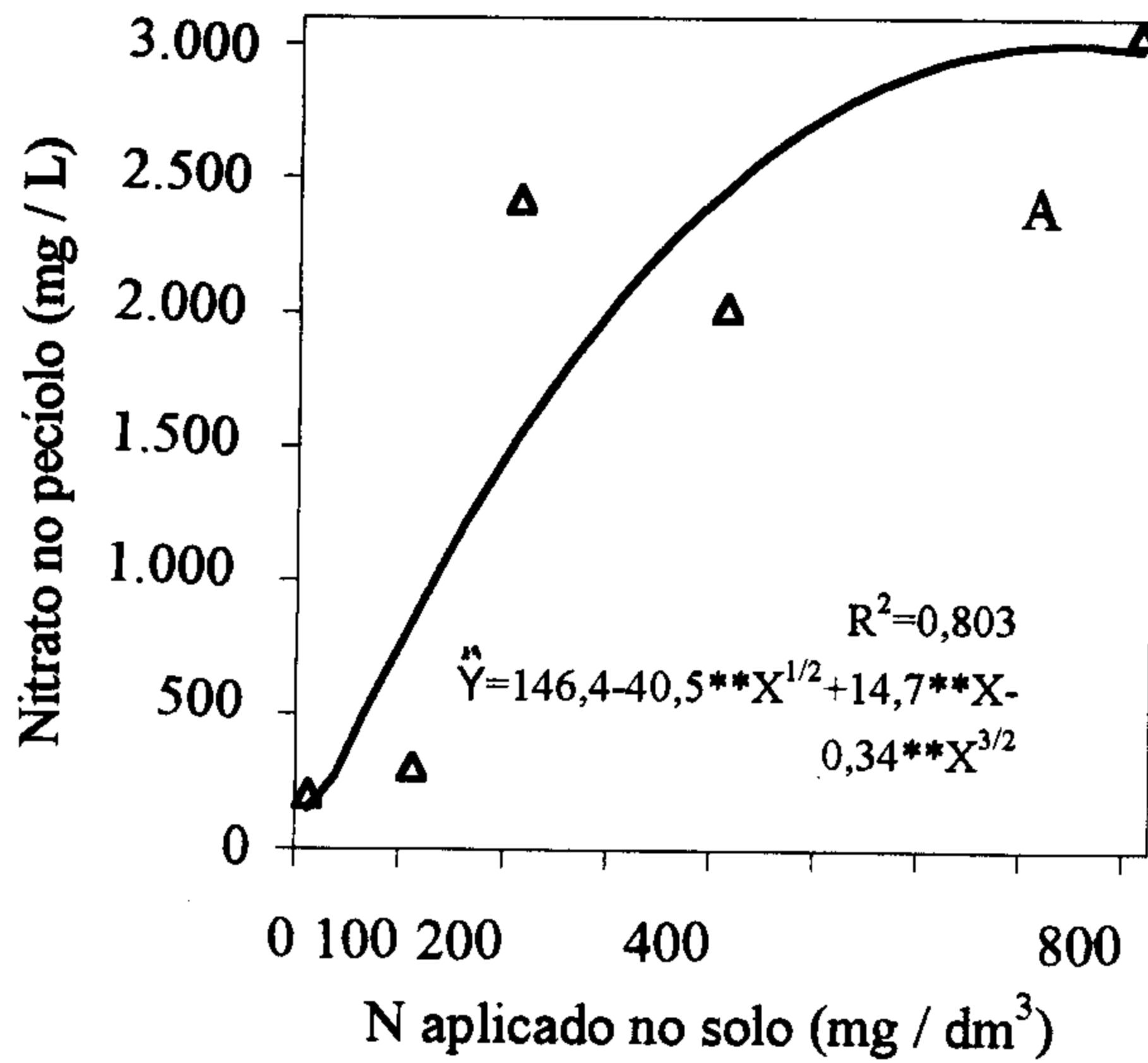


FIGURA 1 - Teor de nitrato (N-NO_3) na seiva do pecíolo da folha acima do primeiro cacho do tomateiro, em função de doses de N aplicadas no solo (A) e na solução nutritiva (B).

No solo e em solução nutritiva, o teor de N-orgânico (N-org) na matéria seca da FAC, determinado aos 42 e 37 dias após o transplante (DAT), respectivamente, elevou-se com o aumento da dose de N (Figura 2), atingindo os valores máximos de 4,53 e 4,41 dag/kg, respectivamente. Entretanto, os teores de N-org na matéria seca da FAC, associados à dose de N para 99,9% da máxima produção de matéria seca da parte aérea, foram mais baixos, 1,75 e 1,87 dag/kg, em solo e solução, respectivamente (Quadro 2). Huett et al. (14) e Mills e Jones Jr. (19), de modo amplo, citam como adequados os valores de 5,0 e 4,0 dag/kg. Mais especificamente, Guimarães et al. (9), nos dois solos, utilizando o critério de 99% da produção máxima de matéria seca da parte aérea, em vaso, indicam como índice de suficiência os valores 3,43 e 5,43 de N-org na matéria seca do limbo foliar do tomateiro no estágio de abertura das flores do primeiro cacho, valores estes com o parcelamento do N ao longo do desenvolvimento da planta, diferentemente do presente trabalho, em que o N foi aplicado apenas uma única vez, antes do transplante das mudas. Talvez seja possível manter o tomateiro com menor teor de N nas folhas (1,75 e 1,87 dag/kg de matéria seca, em solo e solução) ao longo do ciclo, com adições periódicas de N. Tal possibilidade precisa ser avaliada em experimento de maior duração.

Com a menor dose de N foi, também, menor a leitura SPAD tanto no solo como em solução, constatando-se que limitado fornecimento de N decresce a intensidade do verde ou, talvez, o teor de clorofila das folhas. As doses de N influenciaram de maneira diferente os valores da leitura SPAD medidas em plantas no solo e na solução (Figura 3). No solo, o valor máximo da leitura atingiu 43,4 com a dose de N de 352 g/dm³; na solução não foi atingido o ponto de máximo, sendo apenas 29,9 o maior valor obtido com a maior dose aplicada.

Os índices SPAD na FAC de tomateiro crescendo no solo e na solução foram 41,3 e 27,8, respectivamente (Quadro 2). No solo e na solução, a diferença entre os valores do índice SPAD obtidos nas plantas não adubadas e adubadas com a dose ótima de N foi 11, indicando capacidade do índice de discriminar plantas mal nutridas. Porém, em ambos os substratos, a diferença entre os valores do índice obtidos com a dose ótima e com a maior dose de N foi relativamente pequena, duas unidades, mostrando menor capacidade discriminatória na faixa de maior disponibilidade de N.

Considerando a relação linear entre o índice SPAD e o teor de clorofila em folhas do tomateiro (9), determinou-se no presente trabalho que, em solo, a FAC tinha 75,54 micrograma/cm² de clorofila, teor 164 % maior que o verificado em folha de tomateiro crescido em solução nutritiva. O menor valor do índice SPAD nas plantas em solução pode ser atribuído, em parte, à maior expansão foliar. Também é provável que os

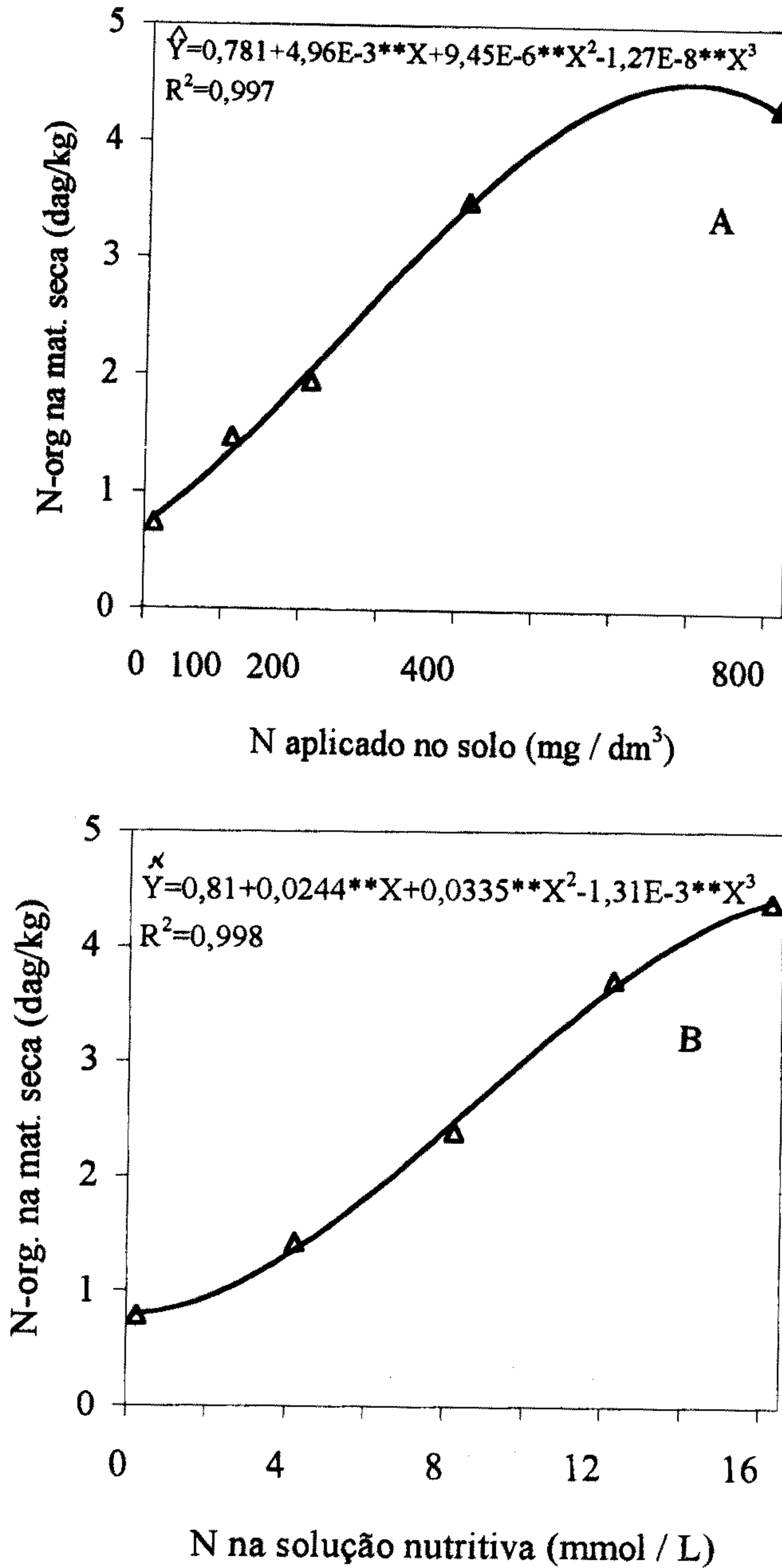


FIGURA 2 - Teor de N-org na matéria seca da folha acima do primeiro cacho do tomateiro, em função de doses de N aplicadas no solo (A) e na solução nutritiva (B).

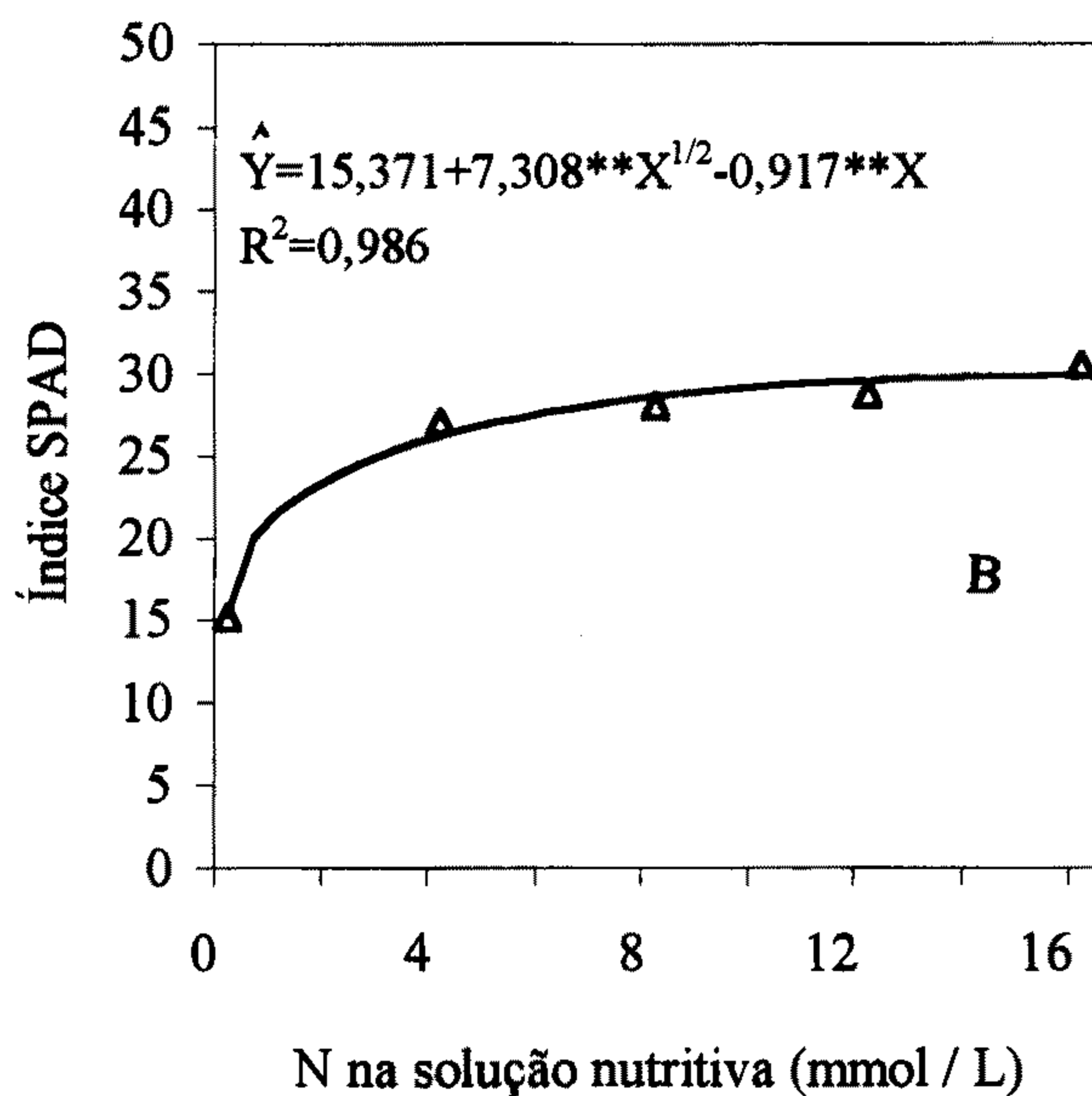
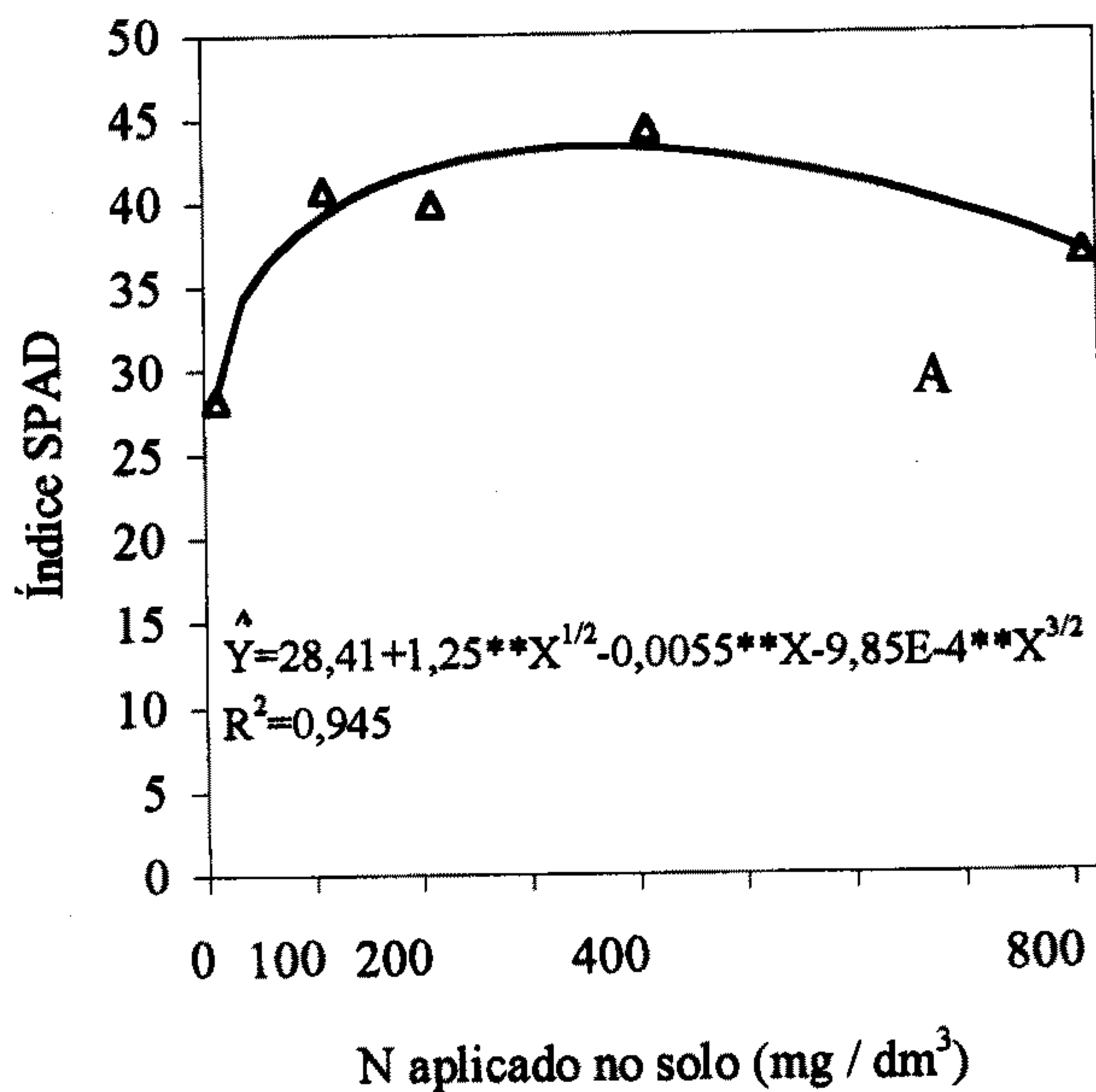


FIGURA 3 - Leitura SPAD realizada na folha acima do primeiro cacho do tomateiro, em função de doses de N aplicadas no solo (A) e na solução nutritiva (B).

menores teores de determinados nutrientes nas folhas possam ter contribuído para a redução na intensidade do verde das folhas das plantas crescidas em solução. Com a dose de N responsável pela máxima produção de matéria seca da parte aérea, os teores de P, Mg, Mn, Zn, Cu, Fe, S e K na matéria seca das folhas foram maiores 152, 20, 74, 33, 45, 18, 18 e 278%, respectivamente, nas plantas cultivadas no solo que na solução nutritiva. O oposto foi verificado em relação ao Ca e no B, que atingiram concentrações 33 e 24%, respectivamente, maiores nas plantas crescidas em solução que em solo. Lavon et al. (16) mostraram que deficiências parciais de Ca e de Mg resultaram em menor teor de clorofila nas folhas.

A concentração de N-orgânico na folha de tomateiro crescendo em solo ou em solução nutritiva, de determinação demorada e com manuseio de ácidos concentrados, pode ser estimada a partir da leitura SPAD ou do teor de N-NO₃ na seiva do pecíolo da FAC pelas equações listadas no Quadro 3.

Assim, considerando os resultados aqui apresentados, pode-se propor que a capacidade do tomateiro produzir matéria seca pode ser avaliada com base nos índices de N e de crescimento enumerados no Quadro 2. É preciso avaliar no campo a utilidade das características de crescimento e de outras como índices de prognóstico e de diagnóstico, utilizando a produção de frutos como referência, pois a maior produção de matéria seca na parte aérea nem sempre corresponde a maior produção de frutos do tomateiro (7).

CONCLUSÕES

1) Os índices de crescimento foram maiores em plantas que cresceram em solução nutritiva que aquelas que cresceram no solo; o inverso foi verificado com os índices de nitrogênio, exceto o teor de N-orgânico.

2) O peso da biomassa fresca e a área da folha adjacente ao cacho podem ser utilizados para estimar o estado nutricional de nitrogênio do tomateiro.

3) A altura da planta pode ser utilizada no prognóstico da produção de matéria seca da parte aérea.

REFERÊNCIAS

1. BLACKMER, T.M. & SCHEPERS, J.S. Use of a chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. *Journal Production Agriculture*, 8:56-60, 1995.
2. COLTMAN, R.R. Sampling considerations for nitrate quick tests of greenhouse grown tomatoes. *Journal American Society Horticulture*, 112: 922-7, 1987.
3. COLTMAN, R.R. Yields of greenhouse tomatoes managed to maintain specific petiole sap nitrate level. *HortScience*, 23: 148-51, 1988.

4. FAYAD, J.A. Absorção de nutrientes, crescimento, produção do tomateiro cultivado em condições de campo e de estufa. Viçosa, UFV, 1998. 81p. (Tese de mestrado).
5. FONTES, P.C.R.; GOMES, J.M.; PEREIRA, P.R.G. & MARTINEZ, H.E.P. Nível crítico de N-NO₃ em pecíolos de tomateiro extraído por diferentes métodos. *Horticultura Brasileira*, 13:11-3, 1995.
6. FONTES, P.C.R. & GUIMARÃES, T.G. Manejo dos fertilizantes nas culturas de hortaliças cultivadas em solo, em ambiente protegido. *Informe Agropecuário*, 20 (200-201): 36-44, 1999.
7. 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. Viçosa, UFV, 1998. 184p. (Tese de doutorado).
8. GUIMARÃES, T.G.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G.; ALVAREZ V., V.H. & MONNERAT, P.H. Determinação dos teores de nitrogênio na seiva do tomateiro por meio de medidor portátil. *Horticultura Brasileira*, 16: 144-51, 1998.
9. GUIMARÃES, T.G.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G.; ALVAREZ V., V.H. & MONNERAT, P.H. Teores de clorofila determinados pela metodologia convencional e por medidor portátil, suas correlações e a relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiros, cultivados em dois tipos de solos. *Bragantia*, 58: 209-16, 1999.
10. HOAGLAND, D.A. & ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soil. Berkeley, California Agric. Exp. Sta., 1950. 347p. (Circular nº 347).
11. HOCHMUTH, G.J. Sufficiency ranges for nitrate-nitrogen and potassium for vegetable petiole sap quick tests. *HortTechnology*, 4: 218-22, 1994.
12. HOFFLAND, E.; JEGER, M.J. & BEUSICHEM, L.V. Effect of nitrogen supply rate on disease resistance in tomato depends on the pathogen. *Plant and Soil*, 218: 239-47, 2000.
13. HUETT, D. O. & DETTMANN, B. Effect of N on growth, fruit quality and nutrient uptake of tomatoes grown in sand culture. *Australian Journal Experimental Agriculture*, 28: 391-9, 1988.
14. HUETT, D.O.; MAIER, N.A.; SPARROW, L.A. & PIGGOTT, T.J. Vegetables. In: Reuter, D. J. & Robinson, J. B. (eds.). *Plant analysis: an interpretation manual*. 2nd ed. Collingwood, Australia, CSIRO, 1997. p. 385-464.
15. JACSON, M.L. *Soil chemical analysis*. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1958. 498p.
16. LAVON, R.; SALOMON, R. & GOLDSCHMIDT, E.E. Effects of K, Mg, and Ca deficiencies on nitrogen constituents and chloroplast components in citrus leaves. *Journal American Society Horticulture Science*, 124: 158-62, 1999.
17. MARQUARD, R.D. & TIPTON, J.L. Relationship between extractable chlorophyll and an in situ method to estimate leaf greenness. *HortScience*, 22:1327, 1987.
18. MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. London, Academic Press, 1995. 889p.
19. MILLS, H.A. & JONES JR, J.B. *Plant analysis handbook II*. Athens, Georgia, USA, MicroMacro Publishing, 1996. 422 p.
20. MOHAMED, A.; EL-SOKKARY, I. & TUCKER, T. Growth and chlorophyll, mineral, mineral, and total amino acid composition of tomato and wheat plants in relation to nitrogen and iron nutrition. II. Chlorophyll content and total amino acid composition. *Journal Plant Nutrition*, 10: 713-31, 1987.
21. PIEKIELEK, W.P. & FOX, R.H. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. *Agronomy Journal*, 84: 59-65, 1992.
22. RIBEIRO, A.C. Recomendação de calagem e adubação de substratos para mudas, covas e canteiros. In: Ribeiro, C.A., Guimarães, P.T.E. & Alvarez V., V.H. (eds.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. Viçosa, UFV, 1999. p. 263.

23. RODRIGUES, F.A.; FONTES, P.C.R.; MARTINEZ, H.E.P. & PEREIRA, P.R.G. Nível crítico do índice SPAD na folha da batateira, em solução nutritiva. *Horticultura Brasileira*, 18: 764-65, 2000.
24. RODRIGUES, F.A.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G. & MARTINEZ, H.E.P. Crescimento e teor crítico de N-NO₃ na seiva da batateira cultivada em solução nutritiva. *Horticultura Brasileira*, 18: 766-7, 2000.
25. SAEG. Sistema de análise estatística e genética. UFV. Versão 7.1. Viçosa, Fundação Arthur Bernardes, UFV, 1997.
26. SAMPAIO, R.A., FREITAS, J.A., YUPANQUIL, F.F.R.; FONTES, P.C.R., MARTINEZ, H.E.P. & PEREIRA, P.R.G. Níveis críticos de N-NO₃ e N-orgânico em pecíolos de tomateiro de crescimento determinado. *Revista Ceres*, 42: 444-52, 1995.
27. SELLERS, P.J. Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration. *International Journal Remote Sensing*, 6: 1335-72, 1985.
28. SHAPIRO, C.A. Using a chlorophyll meter to manage nitrogen applications to corn with high nitrate irrigation water. *Communications Soil Science Plant Analysis*, 30: 1037-49, 1999.
29. SIDDIQI, M.Y. & GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. *Journal of Plant Nutrition*, 4: 289-302, 1981.
30. STEINER, A. A. The universal nutrient solution. In: *International Congress on Soilless Culture*, 6, 1984. Proceedings...Luntenen, ISOSC, 1984. p. 633-49.