

Adubação com NPK e o estado nutricional de 'citrumelo' por medida indireta de clorofila¹

Fertilization with NPK and the state nutritional of 'citrumelo' by indirect measure of the chlorophyll

Diego Wyllyam do Vale^{2*} e Renato de Mello Prado³

Resumo - A leitura SPAD se correlaciona com o teor de nitrogênio e com a produção de matéria seca das plantas, podendo ainda ser utilizada para avaliação do estado nutricional em porta-enxerto cítrico. Objetivou-se avaliar o efeito das doses de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) sobre a medida indireta de clorofila no porta-enxerto 'citrumelo'. Decorridos 20 dias a partir da data da sementeira do limoeiro, foi instalado o experimento, seguindo um delineamento inteiramente aleatorizado em esquema fatorial $3 \times 3 + 1$, sendo 3 doses de N, P e K (920 mg dm^{-3} , 790 mg dm^{-3} e 100 mg dm^{-3} , respectivamente). Os tratamentos foram: D1 = metade da dose recomendada; D2 = a dose recomendada; e D3 = duas vezes a dose recomendada e uma testemunha (sem adubação). Quatro meses após a emergência das plântulas dos porta-enxertos de limoeiro, efetuou-se a avaliação indireta do teor de clorofila. Além disso, determinou-se a matéria seca e a concentração de N, P e K das plantas. Houve interação da concentração do N, P e K com a leitura SPAD das plantas. A alta correlação da leitura SPAD com a concentração de N nas plantas e com a produção de matéria seca indica que a medida indireta da clorofila é adequada para a avaliação do estado nutricional de nitrogênio em plantas de 'citrumelo'.

Palavra-chaves - *Citrus limonia*. Concentração de N. Nutrição. Efeito do nitrogênio.

Abstract - The SPAD values of the leaves have correlation with nutrients content and dry matter production and could be used for evaluation of the nutritional state in citrus rootstock. The aim of this work was to evaluate the effect of the rates of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) on the indirect measure of chlorophyll in the lemon tree citrus rootstock of 'citrumelo'. After 20 days from sowing of the plants, the experiment was installed, in a randomized design factorial project $3 \times 3 + 1$, being three rates of N, P e K (920 mg dm^{-3} , 790 mg dm^{-3} and 100 mg dm^{-3} , respectively), with three replications. The treatments were: D1 = half of the recommend rate; D2 = the recommend rate; e D3 = two times the recommend rate and one control (without fertilization). Four months after the emergency, were determined the SPAD values, dry matter yield and the N, P and K content of the plants. Interaction between N, P and K content with SPAD values the plants were found. SPAD values with N content and with the dry mass yield of the plants the citrus rootstock were encountered, indicating that the indirect measure of chlorophyll is adequate for the evaluation of the nitrogen content of 'citrumelo' plants.

Key words - Limonia Citrus. N content. Plant nutrition.

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 10/04/2008; aprovado em 25/03/2009

Parte da Monografia do primeiro autor apresentada ao Departamento de Solos e Adubos da Universidade Estadual Paulista

²Eng. Agrônomo, Pós-Graduando em Produção Vegetal, Depto de Solos e Adubos, Universidade Estadual Paulista – FCAV/UNESP. Rod. Paulo Donato Castellane s/n, CEP 14884-900 Jaboticabal (SP). diegodwv@yahoo.com.br

³Eng. Agrônomo, D. Sc., Professor do Depto. de Solos e Adubos, Universidade Estadual Paulista – FCAV/UNESP. Rod. Paulo Donato Castellane s/n, CEP 14884-900 Jaboticabal (SP). Bolsista do CNPQ. rmprado@fcav.unesp.br

Introdução

O N é o nutriente mais exigido pelas mudas de citrus (MAGALHÃES, 2006). Este nutriente desempenha importante função estrutural, participando de compostos orgânicos vitais para a vida das plantas é um dos constituintes dos aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, nucleotídeos, coenzimas, hexoaminas, entre outras (MALAVOLTA et al., 1998).

Silveira et al. (2003) relataram que doses baixas de N prejudicam o crescimento e a produtividade e altas doses incrementam os custos de produção e causam prejuízos ao meio ambiente pela lixiviação de nitrato. Portanto, o uso adequado do nitrogênio proporciona melhorias no estado nutricional das plantas associado à alta produção de matéria seca. Para verificar o estado nutricional de porta-enxerto cítrico pode ser utilizado o método direto da análise nutricional do N nos tecidos das plantas ou outros métodos indiretos, sendo o mais promissor deles o da medida indireta da clorofila.

Para medida indireta da clorofila é utilizado o clorofilômetro SPAD, que quantifica o teor de N na planta de forma não destrutiva, pois mede apenas a intensidade de luz na faixa do 650 nm que é refletida pela folha. Por isso, pode ser uma ferramenta importante na determinação da necessidade de complementação de adubação nitrogenada (DIDONET, 2005). Outra vantagem desse método é que o diagnóstico não é afetado pelo consumo de luxo, visto que a planta não produz clorofila acima da sua necessidade (MALAVOLTA et al., 1998). Além disso, é um método rápido, barato e preciso na determinação do estado nutricional de plantas (PENG et al., 1993) e não há necessidade de adquirir reagentes químicos para a análise (PIEKIELEK; FOX, 1992).

Boas et al. (2002) complementam que ao estudar a relação da adubação nitrogenada no desenvolvimento de plantas de videira e a leitura SPAD, observaram que a utilização do clorofilômetro deve ser criteriosa, definindo somente um tipo de folha a ser amostrada e tomando mais de uma medida por folha.

Devido às grandes vantagens do uso do clorofilômetro, pesquisas estão utilizando esta ferramenta para diagnosticar o estado nutricional do N em várias culturas como o arroz (PENG et al., 1993), feijão (DIDONET et al., 2005), citrus (DECARLOS NETO et al., 2002) e milho (ARGENTA et al., 2001). Entretanto, existem fatores tais como disponibilidade de N, idade e teor de água na planta, densidade de plantas, cultivar, disponibilidade de outros nutrientes e estresse ambiental que podem afetar a precisão do diagnóstico do N por esse método. Isto ocorre devido à interferência na intensidade da cor verde da folha e da leitura SPAD (BLACKMER et al., 1994).

É pertinente ressaltar o efeito do cultivar na interferência da leitura SPAD, pois Decarlos Neto et al. (2002) observaram diferenças nas leituras quando compararam tangerinas cleópatra e Sunki. Assim, Malavolta et al. (1998) reforçam a importância de isolar a variedade a ser amostrada para diagnóstico da concentração do N.

Lavres Júnior et al. (2005) avaliando o efeito da omissão dos macronutrientes na leitura SPAD em mamoneira observaram que o N, P, K, Ca, Mg e S afetaram a leitura SPAD, no entanto, segundo esses autores a leitura SPAD deve ser recomendada apenas para aferir o estado nutricional de N nessas plantas, pois apresenta alta correlação com a clorofila nas plantas.

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência das doses de N, P e K no teor de clorofila em plântulas do porta-enxerto de 'citrumelo'.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido em viveiro telado em Jaboticabal (21° 15' de latitude e 48° 19' de longitude, a uma altitude de 605 metros). O clima é do tipo subtropical-mesotérmico, ou seja, com verão úmido e inverno seco e temperatura média de 22 °C.

As laterais do viveiro são fechadas por tela com malha de 1 mm². As bancadas que dão suporte às mudas são elevadas 0,30 metros do solo, seguindo as indicações de Carvalho e Laranjeira (1994). O experimento foi desenvolvido na fase de produção de "seedlings", utilizando 'citrumelo' (*Citrus paradisi* x *Poncirus trifoliata*).

Os porta-enxertos foram cultivados em tubetes (diâmetro interno e altura de 28 e 123 mm, respectivamente), com furos na parte basal, preenchidas com substrato inerte (casca de pinus, vermiculita, de granulometria fina), considerada uma unidade experimental.

Após 20 dias da data da semeadura do limoeiro, foi instalado o experimento, seguindo delineamento inteiramente aleatorizado em esquema fatorial 3x3, sendo 3 doses de N, P e K com três repetições. As doses de N, K e P foram de 920 mg dm⁻³, 790 mg dm⁻³ e 100 mg DM⁻³, respectivamente. As doses padrões do nitrogênio (nitrato de amônio) e do potássio (cloreto de potássio) corresponderam, proporcionalmente, às indicadas por Ruschel et al. (2004) para fase de produção de "seedlings" e a dose de fósforo (superfosfato triplo) foi utilizada segundo Boaventura (2003).

No momento da semeadura o substrato apresentava a condutividade elétrica e pH de 0,08 dS m⁻¹ e 5,3, respectivamente.

As adubações foram realizadas via fertirrigação aumentando a concentração dos nutrientes da solução com o crescimento das mudas, distribuídas em quinze semanas, da seguinte forma: n1=2%, n2=2%, n3=2%, n4=5%, n5=5%, n6=5%, n7=5%, n8=8%, n9=8%, n10=8%, n11=10%, n12=10%, n13=10%, n14=10%, n15=10%. Em cada semana, as doses foram divididas em duas aplicações.

Foi realizada uma aplicação de 0,5 g de cálcio por planta na forma de sulfato de cálcio. Os micronutrientes foram fornecidos através de pulverizações mensais com solução: B = 0,2; Mn = 0,5 e Zn = 0,6 (g L⁻¹) segundo Bernardi et al. (2000). O Fe também foi fornecido via fertirrigação na dose 2 mL por tubete de uma solução contendo 0,45 mg de Fe L⁻¹ Fe- EDDHA (ácido etilenodiamina – de N, N¹ – [2 – hidroxifenil acético]).

Quatro meses após a emergência dos porta-enxertos, efetuou-se a determinação indireta do teor de clorofila, com uso do clorofilômetro SPAD-502 (Soil-Plant Analysis Development Section, Minolta Câmera CO.; Osaka, Japan). Para essa leitura considerou-se a média de três leituras na parte mediana da primeira folha totalmente expandida, em cada planta da unidade experimental, suficiente para estabelecer ótima relação do N e a leitura SPAD em porta-enxerto de citrus, reforçando a necessidade da padronização (BOAS et al., 2002). Posteriormente, as plantas foram lavadas, colocadas em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar com temperatura entre 65 a 70 °C, até atingir peso constante, quando foram pesadas para a determinação da matéria seca total (parte aérea e raiz). O material vegetal foi triturado em moinho (peneira com diâmetro de malha de 1mm) e submetido à determinação da concentração de nitrogênio na massa seca total, segundo Bataglia et al. (1983).

As análises de variância foram realizadas utilizando o programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 1996). Quando o teste F foi significativo efetuou-se, ainda, a regressão polinomial pelo programa estatístico ESTAT (1994).

Resultados e discussão

Apenas o fornecimento do N afetou significativamente a leitura SPAD (Tabela 1). A aplicação do N incrementou sua concentração no tecido das plantas (Figura 1A) que refletiu na leitura SPAD (Figura 1B).

Observou-se também que houve interação significativa entre as doses de N x P x K e diferença entre os tratamentos, influenciando a leitura SPAD (Tabela 1). Portanto a aplicação de N, P e K (30,02 unidades SPAD) promoveram aumento de cerca de quatro vezes na leitura SPAD se comparada à testemunha (6,02 unidades SPAD).

Tabela 1– Resumo da análise de variância (quadrado médio) para medida indireta de clorofila (leitura SPAD), no porta-enxerto ‘citrumelo’ em função da aplicação de N, P e K

Causas de variação	G.L.	QM
Nitrogênio (N)	2	3756,12**
Fósforo (P)	2	26,52 ns
Potássio (K)	2	9,30 ns
N x P	4	35,30 ns
N x K	4	90,50 ns
P x K	4	107,40 ns
P x N x K	8	125,48 *
Tratamentos	26	36,17**
Tratamentos x Testemunha	1	1507,90**
Blocos	2	229,18 ns
Resíduo	54	52,94
C.V. (%)		19,5

** - * e ns - Significativo a 1% e a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente

A relação da leitura SPAD e do teor de N é atribuída principalmente ao fato de 50 a 70% do N total das folhas ser integrante de compostos associadas aos cloroplastos e ao conteúdo de clorofila das folhas (CHAPMAN; BARRETO, 1997).

Decarlos Neto et al. (2002) observaram efeitos semelhantes relatando ocorrer correlação positiva com a aplicação de N na leitura SPAD e na concentração de N em plantas de porta-enxertos cítrico. A alta correlação das doses de N e sua concentração na planta para a cultura do citrus é amplamente relatada (CARVALHO et al., 2000 e REESE; KOO, 1975).

A aplicação de P proporcionou efeito quadrático na concentração de N, apontando a dose de P igual a 50 mg dm⁻³ como suficiente para proporcionar alta concentração de N (Figura 1C). O efeito positivo da interação P x N na medida indireta da clorofila possivelmente deve-se ao papel do P na nutrição das plantas, participando do ATP, beneficiando o processo ativo de absorção do N (MALAVOLTA et al., 1989) com reflexos na leitura SPAD.

Rosolem e Marcelo (1998) em um experimento avaliando o efeito da calagem e da adubação fosfatada na cultura da soja observaram efeito quadrático à adubação fosfatada na concentração de N no sistema radicular de plantas de soja quando a saturação por bases estava em 50%, corroborando com os resultados obtidos neste estudo. Stamford et al. (1999) em cultivo de Jacatupé

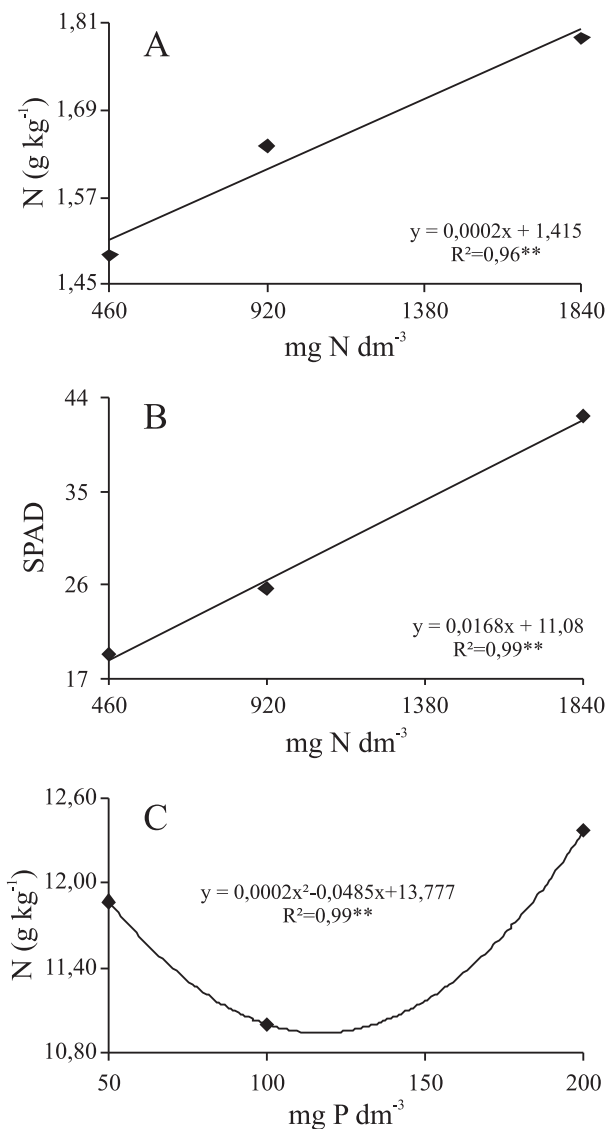


Figura 1 – Efeito da aplicação de nitrogênio no teor de N (A), na leitura SPAD (B) e da aplicação de P no teor de N (C) em porta-enxerto ‘citrumelo’

(*Pachyrhizus erosus* L.) observaram efeito quadrático da aplicação de P na concentração de N na planta.

Segundo Serrano et al. (2004), a aplicação no substrato de adubo formulado com liberação lenta de N, P e K aumentou de forma linear os teores foliares de N do porta-enxerto cravo cultivado durante 227 dias após a semeadura, diferindo dos resultados obtidos nesse estudo, onde a adubação fosfatada proporcionou efeito quadrático na concentração de N. Tal efeito pode ser explicado pela diferença de idade das plantas neste experimento (120 dias após a semeadura) e devido ao maior crescimento em função da adubação fosfatada, promovendo o efeito de diluição no teor de N no porta-enxerto de ‘citrumelo’,

uma vez que a aplicação de N promoveu aumento linear no acúmulo de N ($y = 0,0038x + 3,675$ $R^2 = 0,99^{**}$).

A relação positiva do teor de N e a leitura SPAD (Figura 2A) também foi obtida por Waskom et al. (1996) na cultura do milho, e por Girardi et al. (2004) que avaliaram a aplicação de nitrogênio em plantas de ‘citrumelo’, com um ano de idade, observaram aumento no teor de N de 21,7 até 24,1 g kg⁻¹ que refletiu na leitura SPAD de 73,5 para 79,1. Salienta-se que a leitura SPAD obtida no presente trabalho atingiu 42,19, valor inferior ao obtido por Girardi et al. (2004). Essa diferença nos valores SPAD possivelmente se deve às idades distintas das plantas (BLACKMER et al., 1994).

Houve efeito linear da adubação nitrogenada na matéria seca da planta ($y = 0,1026x + 544,07$ $R^2 = 0,98^{**}$), indicando que pode ocorrer respostas favoráveis matéria seca dos porta-enxertos de ‘citrumelo’ a aplicação de N acima 1840 mg dm⁻³. Esta resposta positiva do citrus à aplicação de N é amplamente relatada na literatura (BERNARDI et al., 2000; SCIVITTARO et al., 2004).

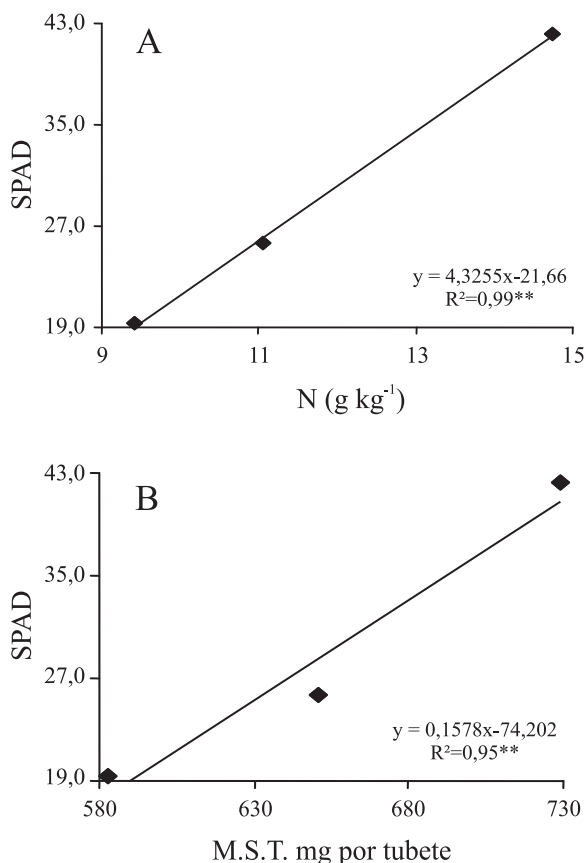


Figura 2 – Relação entre a concentração de N e leitura SPAD das plantas (A) e a relação da matéria seca da planta total (M.S.T.) e a leitura SPAD (B) em porta-enxerto ‘citrumelo’

Observou-se que o teor de N correlacionou com o valor SPAD (Figura 2A) que refletiu na massa seca da planta (Figura 2B). Resultados semelhantes foram encontrados por Decarlos Neto et al. (2002) em experimento conduzido com porta-enxerto de ‘citrumelo’. Argenta et al. (2002) também observaram correlações entre as leituras do clorofilômetro com o teor foliar de N e o rendimento na cultura do milho.

Conclusão

A medida indireta do teor de clorofila é adequada para a avaliação do estado nutricional de nitrogênio e estimativa da produção de matéria seca de plantas de ‘citrumelo’.

Agradecimentos

À FAPESP pela bolsa de iniciação científica concedida (Processo: 2005/00787-4) ao primeiro autor.

Referências

- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da. Adubação nitrogenada em milho implantado em semeadura direta após aveia-preta. **Ciência Rural**, v. 31, n. 03, p. 715-722, 2001.
- ARGENTA, G. et al. Parâmetros de planta como indicadores de nitrogênio na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 04, p. 519-527, 2002.
- BATAGLIA, O.C. et al. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. p. 48. (Boletim técnico, 78).
- BERNARDI, A. C. C.; CARMELLO, Q. A. C.; CARVALHO, S. A. Desenvolvimento de mudas de citros cultivadas em vaso em resposta à adubação NPK. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 04, p. 733-738, 2000.
- BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 25, n. 09-10, p. 1791-1800, 1994.
- BOAS, R. L. V.; GODOY, L. J. G.; PANTANO, S. C. Índice Relativo de Clorofila: um indicativo auxiliar no manejo do nitrogênio em Videira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Anais...** Belém: EMBRAPA-DOT/CNPq, 2002. p. 18-22.
- BOAVENTURA, P. S. R. **Demanda por nutrientes de porta-enxertos e mudas cítricas produzidas em substrato em ambiente protegido**. 2003. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Instituto Agronômico de Campinas, Campinas.
- CARVALHO, S. A.; LARANJEIRA, F. F. Protótipo de viveiro de mudas certificadas e borbulheiras sob telado à prova de afídeos do Centro de Citricultura-IAC. **Laranja**, v. 15, n. 02, p. 213-220, 1994.
- CARVALHO, S. A.; MATTOS JUNIOR, D.; SOUZA, M. Efeito do KNO₃ nos teores de macronutrientes na matéria seca total de porta-enxertos cítricos produzidos em bandejas. **Bragantia**, v. 59, n. 01, p. 89-94, 2000.
- CHAPMAN, S. C.; BARRETO, H. J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, v. 89, n. 4, p. 557-562, 1997.
- DECARLOS NETO A. et al. Crescimento de porta-enxertos de citros em tubetes influenciados por doses de N. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 01, p. 199-203, 2002.
- DIDONET, A. D.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro irrigado: uso do clorofilômetro. **Bioscience Journal**, v. 21, n. 03, p. 103-111, 2005.
- ESTAT - **Sistema de análises estatísticas**. Jaboicabal: Departamento de Ciências Exatas, FCAV-UNESP, 1994.
- GIRARDI, E. A.; MOURÃO FILHO, F. A. A. Crescimento inicial de laranja “Valencia” sobre dois porta-enxertos em função da adubação nitrogenada no plantio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 01, p. 117-119, 2004.
- LAVRES JUNIOR, J. et al. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 02, p. 145-151, 2005.
- MAGALHAES, A. F. J. **Nutrição Mineral Adubação dos Citros Irrigados**. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2006. 12 p. (Circular Técnico, 79).
- MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989. p. 292.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: POTAFOS, 1998. p. 319.
- PENG, S.; GARCIA, F.V.; LAZA, R.C.; CASSMAN, K.G. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter’s estimate of rice leaf nitrogen concentration. **Agronomy Journal**, v. 85, n. 02, p. 987-990, 1993.
- PIEKIELEK, W. P.; FOX, R. H. 1992. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. **Agronomy Journal**, v. 84, n. 03, p. 59-65, 1992.
- REESE, R. L.; KOO, R. C. J. Effects of N and K fertilization on leaf analysis, tree size and yield of three major Florida orange cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 100, n. 01, p. 195-198, 1975.
- ROSOLEM, C. A.; MARCELLO, C. S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. **Scientia agricola**, v. 55, n. 03, p. 448-455, 1998.
- RUSCHEL, J. et al. Concentrações foliares do porta-enxerto limoeiro “citrumelo” em função da adubação N, P, K, Ca e S. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 05, p. 501-506, 2004.

SAS INSTITUTE. **The SAS-system for windows**: release 6.11 (software). Cary: Statistical Analysis System Institute, p. 1-4, 1996.

SERRANO, L. A. P. et al. Efeito de sistemas de produção e doses de adubo de liberação lenta no estado nutricional de porta-enxerto cítrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 03, p. 524-528, 2004.

SCIVITTARO, W. B. et al. Adubação nitrogenada na formação de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo' em tubetes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26 n. 01, p. 131-135, 2004.

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso de clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 09, p. 1083-1087, 2003.

STAMFORD, N. P. et al. Effect of phosphorus, potassium and magnesium fertilization on yam bean inoculated with bradyrhizobium and growing in an alic Latosol soil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 10, 1999.

WASKOM, R. M. et al. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. **Communications in Soil Science an Plant Analysis**, v. 27, n. 03, p. 545-560, 1996.