

## PARCELAMENTO DE NITROGÊNIO NA ADUBAÇÃO DOS CITROS

André Alencar Giorgetti<sup>1</sup>; Gustavo Spadotti Amaral Castro<sup>2</sup> e Mauricio Antonio Cuzato Mancuso<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Monsanto do Brasil Ltda – Avenida João Naves de Ávila, 1331, sala 515, piso 3, Bairro Tibery, Uberlândia, MG. E-mail: andre.giorgetti@monsanto.com

<sup>2</sup>Embrapa Macapá – Rodovia Juscelino Kubitschek, km 05, nº 2600, CEP 68903-419, Macapá, AP. E-mail: gustavo.castro@embrapa.br

<sup>3</sup>University of Arkansas – Department of Plant Pathology, 495 North Campus Drive, Plant Sciences Building, ZIP 72701, Fayetteville, Arkansas, USA. E-mail: mmancuso@email.uark.edu

*RESUMO: A citricultura representa um grande papel na economia brasileira. Hoje somos o líder mundial no ranking dos maiores produtores. A produção brasileira está sedimentada em grandes grupos exportadores de suco de laranja e muitos pequenos e médios produtores que representam um grande volume. A importância do nitrogênio (N) para os citros é evidente. O N tem papel fundamental no desenvolvimento da planta e grande reflexo na produtividade. Por ser um componente caro na adubação, muitos produtores chegam a realizar doses menores de N do que as requeridas pelas recomendações. Fato que desencadeia, não de imediato, uma queda gradativa do volume da copa e a redução na produtividade. As recomendações realizadas para o parcelamento do N nas adubações são afirmadas por trabalhos científicos realizados há certo tempo e para regiões centralizadas, como o Estado de São Paulo. O momento que a planta mais necessita do N, muitas vezes culmina com o período de chuvas, lixiviando o nutriente e reduzindo os ganhos do produtor pelo capital investido. Novos métodos estão sendo utilizados para avaliar a necessidade de N pela planta e como pode ser feito o parcelamento do nutriente sem haver perdas na produtividade de acordo com o potencial do pomar.*

*PALAVRAS-CHAVE: citricultura; análise de seiva; adubação.*

### NITROGEN-SPLIT APPLICATION TO CITRUS

*ABSTRACT: The citrus production market has an expressive importance the Brazilian economy. Brazil is the biggest orange producer in the world, and has the production settled in great exporting groups of orange juice and many other small and medium producers. The element nitrogen (N) has a fundamental role in orange production, being responsible for plant development and increments in productivity. Due to the fact that nitrogen is an expensive fertilizer, it is common for farmers to apply less amounts than those required by the crop recommendations bulletins. This fact triggers, not immediately, a gradual decrease of the canopy density, with consequent decrease on productivity rates. N split application recommendations are based on scientific works carried in the past, mainly in São Paulo State. The moment that plants require N often corresponds to the rainy season in Brazil, which leads to nutrient leaching and consequent reduction on the producer's income. New fertilization methods have been used to evaluate the need for N by citrus plants and the methods of applying the nutrient in order to reduce losses and maintain high productivity levels.*

*KEY WORDS: citrus production; sap analysis; fertilization.*

## INTRODUÇÃO

A cultura do citros, assim como a maioria das frutíferas, é bastante responsiva ao uso de fertilizantes e seu balanço no solo. A qualidade dos frutos é resultado do aspecto nutricional que a planta se encontra, podendo interferir diretamente no seu peso, tamanho e conservação pós-colheita.

Suprir as necessidades nutricionais da planta, no momento correto, requer um conhecimento muito dedicado à cultura, pois a demanda da planta varia de acordo com seu estágio fenológico, idade, sanidade e condições climáticas.

De acordo com Malavolta et al. (1996), muitos aspectos relativos a nutrição e adubação dos citros necessitam de mais pesquisas. Daquela época aos dias de hoje, muitos pesquisadores contribuíram com trabalhos referentes à adubação dos citros (Legaz et al., 1995; Fidalski e Stentel, 2006; Boaretto et al., 2007; Martinez-Alcantara et al., 2009; Mattos Junior et al., 2010). Muitos desses trabalhos nos deram aporte para compreender a adubação dos citros de acordo com diferentes nutrientes.

Entre os macronutrientes utilizados pela planta, o nitrogênio (N) é o mais estudado, seja pelo seu alto valor, alta probabilidade de resposta ou por ser o elemento que apresenta maior dinâmica de disponibilidade e perdas no sistema, sejam elas por lixiviação, volatilização e imobilização, além de sua elevada demanda pela cultura.

O N tem papel fundamental no desenvolvimento dos citros, influenciando no crescimento, florescimento, produção e qualidade dos frutos (Natale e Marchal, 2002). Além da importância no desenvolvimento da planta, é o elemento mais caro em toda adubação, sendo muitas vezes utilizadas quantidades menores que o necessário para viabilizar a aplicação, o que acarreta na chamada “fome por N”.

Outro aspecto de interesse sobre o N é que, devido a sua dinâmica na natureza, as perdas são normalmente elevadas, com consequente contaminação do ambiente. De acordo com Natale e Marchal (2002), há relatos na literatura indicando diferenças na cinética de absorção de nitrogênio sob diferentes formas de adubo, podendo mostrar que uma dada fonte de fertilizante é mais bem aproveitada pelas plantas, correndo um menor risco de ser lixiviada no solo, podendo, por consequência, contaminar o ambiente (lençóis freáticos).

Por ser um nutriente caro e de grande importância para a cultura dos citros, sua utilização deve ser de forma consciente, levando em conta aspectos como a demanda da planta e dinâmica do nutriente no solo e ambiente, viabilizando, assim, a utilização de fertilizantes nitrogenados para a produção de citros.

Diante do exposto, o objetivo da presente revisão de literatura é reunir o maior número de experiências que objetivaram o parcelamento de fertilizantes nitrogenados de acordo com a demanda da planta, no caso as laranjeiras, buscando formas racionais para utilização deste insumo, de modo que mensurem elevação de produtividade e qualidade de frutos, melhorando a capitalização do produtor citrícola e preservando a sustentabilidade socioambiental da área.

### **Citricultura no Brasil e no mundo**

A citricultura ganha cada vez mais espaço no cenário agrícola mundial. Nos últimos seis anos, o crescimento foi de quase 17%, alcançando cerca de 7,63 milhões de hectares (Neves, 2011). Dentre as diversas cultivares e gêneros que a citricultura abrange, a produção de laranja sempre teve a maior representatividade. Hoje ocupa cerca de 55% da área total de produção de toda citricultura, sendo que em 1979 chegou a ocupar cerca de 65% dessa área. Esse decréscimo foi devido à perda de espaço para tangerinas e mandarinas em alguns dos grandes pólos de produção citrícola (Califórnia, Mediterrâneo e Ásia).

O perfil dos grandes pólos de produção citrícola é diferenciado pelas exigências locais e oportunidades de mercado, compondo uma mistura entre produção de suco, consumo doméstico *in natura* e exportação da fruta *in natura*. No Brasil, 70% da produção são destinadas para o processamento e produção de suco (IBGE, 2011). Já na China, na safra 2008/09, 94% da sua produção são voltadas para o consumo doméstico *in natura* (FAO, 2011).

Com a produção citrícola voltada em sua maioria para o cultivo da laranja para processamento, o Brasil ocupa hoje a primeira posição no ranking dos maiores produtores. Os Estados Unidos, que liderou esse ranking por muitos anos, ocupa a segunda posição desde a safra de 1981/82, quando ocorreu uma sequência de geadas que atingiu a Flórida, principal região produtora de laranja dos Estados Unidos (Camargo e Francisco, 2011). Após essa safra a produção brasileira praticamente dobrou e, com as perdas anuais de produção dos Estados Unidos, hoje a produção brasileira é mais que o dobro da produção americana, vindo seguido de outros grandes produtores como a China, Índia, México, Egito, Espanha, Indonésia, Irã e Paquistão, que juntos produzem praticamente o mesmo volume das produções brasileiras e americanas somadas. Os 111 países na sequência produzem praticamente o mesmo que o volume brasileiro (Neves, 2011).

No Brasil, a produção de laranja se concentra na região sudeste, especificamente no estado de São Paulo, que sozinho detém 70% da área com cultivo de laranja no Brasil. Os

outros estados produtores vêm crescendo consideravelmente. O estado do Paraná, que sempre teve uma produção considerável, quadruplicou a área de produção de laranja da década de 90 até hoje. Bahia e Sergipe praticamente dobraram suas áreas citrícolas nesse mesmo período, estados como Goiás, Pará, Amapá e Acre dobraram seus plantios de citros (Agriannual, 2010). Como o foco do estado de São Paulo está na produção de suco de laranja, o aumento do poder aquisitivo do brasileiro garantiu com que outras regiões produtoras aumentassem suas áreas produtivas gradativamente, atendendo, assim, a grande demanda de frutos consumidos *in natura* pela população do Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

Apesar do crescimento de área produtiva nessas regiões, a área total brasileira diminuiu cerca de 8% desde os anos 90. Porém a quantidade de caixas colhidas não acompanhou essa redução, ao invés disso, a produção teve um aumento de 22%, salientando um impressionante ganho de produtividade (Neves, 2011). Na década de 90 a média nacional era de 380 caixas por hectare, hoje a média saltou para 475 caixas por hectare. Resultado das novas técnicas de plantio, manejo e adensamento de pomar e pela inserção de tecnologias em toda a cadeia.

A tendência mundial em todos os cultivos é aumentar a produtividade por área. Encargos como mão-de-obra, transporte e insumos estão cada vez mais caros, elevando o padrão de exigência em toda a cadeia produtiva de modo que queda de qualidade e perdas, tanto durante o ciclo da cultura, como em sua tecnologia de pós-colheita, sejam inaceitáveis, elevando os ganhos por mesma unidade de área, garantindo a competitividade do setor. Para se ter uma ideia, no Brasil, em outubro de 1994, o salário mínimo era de R\$ 70, no início de 2011 estava R\$ 510, um aumento de 628%. Neste mesmo período, o preço da caixa de laranja destinada à indústria foi de R\$ 2,92 para R\$ 7,70, um acréscimo de apenas 253% (IBGE, 2011). Essa diferença é fortemente sentida no setor, pois ainda depende intensamente da mão-de-obra para realização da colheita manual.

Outro encargo que gera preocupação da cadeia citrícola, ano após ano, é o preço dos fertilizantes. Em 2006 eram necessárias 48 caixas de laranja para pagar uma tonelada de fertilizante, em 2009 essa troca passou para 95 caixas. O aumento do preço do fertilizante e a dificuldade de crédito no mercado foram responsáveis por uma redução de aproximadamente 6,3% do uso de fertilizantes nas áreas produtoras de laranja em relação ao ano passado (ANDA, 2011).

Este fato é notadamente preocupante, visto que a redução do uso de fertilizantes pode, muitas vezes, não ser percebida em curto prazo, pela alta capacidade de absorção de

nutrientes da cultura. Contudo, no médio prazo, ou mesmo em anos com deficiência hídrica, podem ocorrer reduções drásticas na produtividade da cultura, minando a receita do produtor que acaba descapitalizado, forçando novos cortes de gastos nas safras seguintes. Tal constatação já foi observada em outros segmentos do agronegócio, sempre com consequências trágicas para o produtor rural.

A pressão pelo aumento de produtividade e pela redução dos custos de produção gera uma alta demanda por pesquisas e, conseqüentemente, novas práticas culturais, culminando no melhor aproveitamento dos insumos devido ao entendimento das necessidades das plantas, suprindo as mesmas no momento correto. Por esses motivos, o estudo do parcelamento dos fertilizantes na cultura da laranja passa, obrigatoriamente, pelo maior e melhor entendimento dos ciclos e das demandas da planta gerando, conseqüentemente, acréscimos de produtividade.

### **Funções do nitrogênio na planta**

Os nutrientes são divididos em macro e micronutrientes referentes à utilização pela planta. Os macronutrientes são requeridos em quantidades elevadas pelo fato deles fazerem parte de moléculas essenciais para o vegetal, ou seja, possuem um papel estrutural (Epstein e Bloom, 2005). O N e o fósforo (P) possuem forte papel estrutural fazendo parte dos nucleotídeos, os quais formam os ácidos nucléicos (DNA e RNA). Além disso, o N está presente nos aminoácidos que formam as proteínas e na própria molécula de clorofila (Novais et al., 2007).

O N fornecido em quantidades adequadas favorece o crescimento, a brotação e a frutificação (Bellé, 2008), regula a taxa fotossintética e a síntese de carboidratos (Kato, 1986), o peso específico das folhas, a produção de biomassa total e a alocação de carbono em diferentes órgãos na planta (Lea-Cox et al., 2001).

Os citros armazenam grande quantidade de N na biomassa, que pode ser redistribuída, principalmente, para órgãos em desenvolvimento como folhas e frutos (Fenille et al., 2004; Mattos Junior et al., 2003).

O decréscimo do suprimento de N pode não afetar a produção de frutos imediatamente, porém, quando fornecido em quantidade inferior à exportada pelas colheitas, as plantas sofrerão com gradativa perda de volume de copa e folhas, podendo prejudicar a produtividade da planta nos próximos ciclos (Ragonha, 2010).

Os sintomas de deficiência ou excesso de N nas plantas são de fácil visualização. Geralmente a deficiência resulta em folhas novas verde-pálidas, tornando-se amarelo-esverdeadas quando crescem, vegetação rala e ausência ou poucos frutos de cor pálida (Malavolta et al., 1994).

Os sintomas detectados visualmente ocorrem quando a deficiência já provocou danos à planta, podendo prejudicar a produção. Outros métodos como análise de folha periodicamente e a medida indireta de clorofila (leitura SPAD) podem auxiliar na correção da deficiência antes da mesma ser prejudicial. Segundo Souza (2010), a medida indireta da clorofila apresenta alta correlação com as doses de N aplicadas, justificando a eficiência do aparelho.

O excesso de N também causa danos às plantas. Segundo Malavolta et al. (1994), grandes quantidade de N podem gerar um crescimento geral exuberante, com folhas verde-escuras, grandes e grossas, maior succulência dos tecidos, maior suscetibilidade a enfermidades e menor resistência ao frio. Essas características podem também deixar a planta mais suscetível a doenças e insetos-pragas (Bellé, 2008).

### **Épocas de aplicação do nitrogênio**

A adubação nitrogenada nos citros pode ser dividida em três fases: produção de mudas, formação (até 5 anos) e produção. Cada uma dessas fases recebe uma representa uma condição diferente de diagnóstico e recomendação de adubação.

A produção de mudas de citros é uma fase que ocorre dentro de viveiros telados e uma grande preocupação dos produtores de mudas é desenvolver uma muda sadia no menor tempo possível, podendo assim vender as mudas prontas e utilizar a estrutura para mais produção. A fertirrigação com a nutrição adequada pode reduzir o tempo de produção de mudas, garantindo mudas de alta qualidade (Ruschel et al., 2004). O parcelamento do N e K é importante nessa fase, pois devido ao pequeno volume de substrato que as mudas estão inseridas e a irrigação constante, pode ocorrer a lixiviação desses nutrientes (Boaretto et al., 1999).

O fornecimento dos nutrientes na fase de produção de mudas encontra informações de literatura divergentes. Segundo Mattos Junior. et al. (2010), existem trabalhos que fornecem boa base para o fornecimento de N, P, K e Ca, porém, para o fornecimento de micronutrientes, pouco foi publicado (Ferrarezi et al., 2007; Mattos Junior et al., 2008). Contudo, dentre os elementos mais estudados, o que nos fornece resultados mais controversos

é, de certo, o N. Os diferentes tamanhos dos recipientes que constituem a unidade experimental e perdas do N por lixiviação e volatilização da amônia podem explicar os diferentes resultados nos experimentos publicados (Boaventura et al., 2004), dificultando conclusões precisas, e restringindo o poder da ciência na tomada de decisão pelo produtor rural.

Quanto ao parcelamento no suprimento de N na produção de mudas, muitas variáveis estão envolvidas para um manejo adequado. A constante mudança de substratos implica em condições diferentes no manejo. Milner (2002) salienta que o uso de substratos substituindo o solo tem a grande desvantagem da baixa capacidade tampão, significando baixa tolerância a erros na irrigação e fertirrigação.

O parcelamento dos nutrientes deve ser monitorado com medidores de condutividade elétrica (CE) e pH, afim de não gerar condições adversas que influenciarão negativamente a produção da muda. Segundo Soares et al. (2005), o sistema radicular é o órgão mais sensível a salinidade do meio, podendo ocorrer queda na taxa de crescimento das mudas.

Em viveiros comerciais de mudas de citros, o monitoramento da CE e pH da solução de fertirrigação é feito de maneira constante. A pressão por doenças e alto nível de exigência atribuído aos produtores levou os viveiristas a alcançarem um nível tecnológico elevado, sendo que hoje em dia a maioria já utiliza fertirrigação na produção de mudas com excelente controle da nutrição das mudas.

A fase de formação do pomar compreende do plantio da muda até o quinto ano. As análises de solo não indicam teores de N presentes devido à alta dinâmica que o mesmo apresenta e, portanto, as recomendações de adubação de N são de acordo com a idade da planta (Quaggio et al., 2010). Já as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  para adubação são recomendadas de acordo com as análises de solo.

O parcelamento do fornecimento de N e K durante a formação da planta é semelhante. Segundo Quaggio et al. (2010), pode-se dividir em parcelas iguais de setembro até março, parcelando de três a seis vezes. Em plantas mais jovens, o parcelamento deve ser maior que plantas já atingindo os cinco anos de idade.

Em condições tropicais, a ocorrência de chuvas e a conseqüente maior umidade no solo ocorrem de setembro a março, podendo variar de ano para ano. Por esse motivo que a recomendação de adubação nitrogenada ocorre durante essa época, possibilitando as reações envolvendo o N no solo e a conseqüente absorção do nutriente pelas plantas.

Após os cinco anos de idade, a planta já entra na fase de produção. As recomendações de adubação de N irão, a partir desse momento, tomar como base as análises de folha e a produtividade do pomar, levando em conta a quantidade de N exportado pela colheita dos frutos.

A época de adubação para pomares em produção também é no período das águas, onde a demanda por nutrientes nos citros é maior no início da primavera, época onde ocorrem os fluxos mais intensos de vegetação e se estende até o início do outono. No início do outono, os citros deve apresentar boa reserva e equilíbrio dos nutrientes para a floração e posterior fixação dos frutos (Bustan e Goldschmidt, 1998).

Segundo Fidalski e Auler (1997), a adubação nitrogenada em laranjeiras deve ser parcelada em três vezes, de 15 de setembro a 15 de fevereiro nas condições do oeste do Paraná, coincidindo com as estações das chuvas.

Durante o período das águas, as aplicações de N podem ser perdidas devido ao processo de lixiviação do nutriente. Além disso, as perdas de N por lixiviação de  $\text{NO}_3^-$  têm maior possibilidade de ocorrer em solos com textura mais arenosa. Por esse motivo, Quaggio et al. (2010) recomendam o parcelamento entre três a quatro aplicações no ano, adequando a demanda de nutrientes em diferentes períodos de desenvolvimento dos citros (do florescimento à maturação do fruto). Além disso, os mesmos autores recomendam aplicar de 30 a 40% na época do florescimento e o restante entre outubro a março do ano seguinte.

Em pomares de produção comercial, destacadamente dentro do estado de São Paulo, o modelo de adubação dividida em três aplicações é seguido pela maioria dos produtores. Essa ação possibilita o parcelamento não só da adubação, mas também do uso de máquinas e capital investido, reduzindo drasticamente o risco de perdas por lixiviação na ocorrência de fortes chuvas, características desta região. Porém, é necessário analisar o comportamento climático de cada safra agrícola e também as condições específicas do pomar para tomada de decisão no momento do parcelamento da adubação.

O florescimento dos citros ocorre na presença de estresse hídrico ou sob temperaturas baixas (Castro et al., 2001). Dependendo do local e das condições específicas do ano, essas duas condições ambientais podem agir em conjunto ou não. Ribeiro et al. (2003) relatam que, no Estado de São Paulo, a região centro-norte recebe ação da deficiência hídrica para o florescimento, a região centro-sul recebe o estímulo das baixas temperaturas; já a região central pode receber a ação dos dois fatores para o florescimento de laranjeiras.



Analisando o fluxo de seiva de laranjeiras, Souza (2010) mostrou que as concentrações de N na seiva se comportam de forma similar, até mesmo nos tratamentos que não receberam adubações. Segundo a autora, a análise de seiva foi a técnica que melhor refletiu o parcelamento da adubação e, também, foi a mais afetada por parâmetros climáticos como precipitação e temperatura, quando comparada com a análise foliar.

No mesmo trabalho, observa-se que a concentração do N na planta é maior em dois períodos, nos meses de outubro-novembro e no mês de abril, mesmo em plantas que não receberam adubações nitrogenadas, indicando a importância do nutriente nessas épocas para a planta. Mesmo com estes resultados, Souza (2010) evidenciou a necessidade de uma análise específica para cada condição do pomar antes de qualquer tomada de decisão.

Diferentemente do observado para as análises de seiva, quando os teores de N das análises foliares forem superiores ao nível considerado excessivo, recomenda-se diminuir a dose ou não aplicar o último parcelamento da adubação do ano (Quaggio et al., 2010).

### **Quantidades de nitrogênio no parcelamento**

Em viveiros de produção de mudas, não existe um consenso sobre as quantidades do N nos parcelamentos devido às inúmeras divergências que ocorrem nos experimentos (Milner, 2002).

Para condições brasileiras, Boaventura et al. (2004) recomenda a adubação em fertirrigação para mudas cítricas nas seguintes proporções: 918 mg.dm<sup>-3</sup> de N; 184 mg.dm<sup>-3</sup> de P e 876 mg.dm<sup>-3</sup> de K. Contudo, a adubação de N pode ser dividida em três vezes, sendo duas na fertirrigação e uma sólida na fase de muda pronta, na forma de uréia (Schafer et al., 2006).

Scivittaro et al. (2004) concluíram que a aplicação semanal de 0,37 g.L<sup>-1</sup> de N, como uréia ou nitrato de cálcio, conferiram o máximo crescimento de mudas de limoeiro 'Cravo', contudo evidenciou-se um efeito benéfico da segunda fonte, potencializado pelo fornecimento de Ca para as mudas.

Na adubação de formação, Quaggio et al. (2010) dividem os parcelamentos de N de acordo com a idade da planta, sendo que quanto mais nova, maiores deverão ser os parcelamentos (Tabela 4).

Seguindo as recomendações desta tabela, a dose de 400 g por planta, recomendada para pomares de laranjeiras entre 3 a 4 anos, propiciou a máxima produção de frutos (Boaretto et al., 2007). Os mesmos autores também concluíram que aproximadamente 35% do N

proveniente das adubações foram exportados pelos frutos, justificando o aumento das doses do N nas adubações em função dos anos.

Em pomares de produção, as dosagens de N recomendadas por Quaggio et al. (2010) são de 30 a 40% no início do florescimento e o restante de outubro a março do ano seguinte. Malavolta et al. (1994) recomendam a aplicação no períodos de maior exigência: depois da colheita e início da vegetação e no florescimento e no crescimento do fruto.

A eficiência de absorção do N por em pomares de citros, varia entre 25% e 50% do N aplicado (Mattos Junior et al., 2008), mostrando que grande parte do nutriente é perdido devido as condições climáticas. Contudo, aplicações parceladas de N durante o ano podem conferir valores maiores que 50% de aproveitamento do nutriente (Lea-Cox et al., 2001), evidenciando esta ser uma operação fundamental do ponto de vista socioambiental, preservando as finanças do produtor rural e o ambiente de produção.

O manejo da adubação nitrogenada pode variar de acordo com a região, devido ao país possuir dimensões continentais, diferindo quanto ao clima, radiação solar e tipos de solo. Neste enfoque, para o cultivo no Estado da Bahia, deve-se dividir o parcelamento em quatro épocas: setembro a outubro; novembro a janeiro; fevereiro a março e abril a maio. As quantidades no parcelamento são de 10%, 60%, 20% e 10%, das doses totais recomendadas segundo análises foliares, tudo via fertirrigação (Magalhães, 2006).

Quiñones et al. (2007) indicam que o melhor aproveitamento de N pelos citros está entre dezembro e janeiro, com aproveitamento cerca de 20% superior nesses dois meses quando comparado ao período de setembro a março.

Martinez-Alcántara et al. (2009) mostraram que porcentagens de N fornecidas em épocas diferentes podem ser benéficas para certas variedades em função da época de maturação (precoce, meia-estação e tardias), alterando a qualidade dos frutos nas diferentes variedades.

Souza (2010) mostra na análise de seiva em plantas de citros que o pico maior da concentração de N foi no mês de abril e a concentração do nutriente na folha foi maior no mês de dezembro, independente das dosagens utilizadas. Analisando-se os dados deste trabalho, e levando em conta apenas as recomendações tradicionais, estaremos perdendo o aproveitamento de N pela planta, pois os dados mostram que a maior exigência do nutriente não ocorre quando os pomares são adubados com a maior porcentagem de N (primeira parcela entre setembro e outubro com cerca de 40% do N total).

Por fim, nas condições do experimento de Souza (2010), o ideal seria aplicar as maiores porcentagens do N total no mês de abril e a segunda maior porcentagem no mês de novembro, fugindo das recomendações padrão. A análise da seiva contribui muito para a detecção do momento de maior exigência da cultura, visto que a translocação do N acumulado nas folhas é mais lento do que a elevação dos teores observados na seiva, garantindo maior agilidade para a tomada de decisão quanto ao momento adequado do parcelamento de N.

### Fontes de nitrogênio

O N é um nutriente que apresenta uma grande dinâmica e maiores interações com o ambiente, devido às inúmeras reações que ocorrem no solo, muitas vezes ocasionadas pelos micro-organismos que tem sua ação afetada por condições diversas (temperatura e umidade como exemplo). Além disso, pode ser perdido por várias rotas (Cantarella e Montezano, 2010).

A maior parte do N presente no solo está na matéria orgânica, que normalmente pode representar cerca de 95% do N total do solo (Cantarella e Montezano, 2010). Uma exclusividade do N é ser o único nutriente químico que pode ser absorvido em duas formas distintas, tanto na forma de ânion  $\text{NO}_3^-$ , como na forma de cátion  $\text{NH}_4^+$  (Yamada e Abdalla, 2000).

Também pode ser absorvido como  $\text{N}_2$  por auxílio de bactérias fixadoras. A fixação biológica do N é um processo bioquímico onde o N atmosférico é incorporado diretamente às plantas após ser transformado em amônia. Essa reação é realizada por microrganismos do solo, em associação ou não com plantas superiores. Dentre os tipos de associação para fixação biológica do  $\text{N}_2$  do ar atmosférico destacam-se: fixação de  $\text{N}_2$  por leguminosas, fixação de  $\text{N}_2$  por Poáceas (gramíneas) e fixação por algas, importante para o cultivo de arroz (Vitti e Heirinchs, 2007). Portanto, o N disponível as plantas, é suprido pela fixação biológica, mineralização da matéria orgânica e adição de fertilizantes nitrogenados (Trivelin, 2000).

O balanço do N no sistema solo-planta-atmosfera é dado pela diferença entre ganhos e perdas no sistema. As perdas do N podem ocorrer através da absorção pelas culturas, volatilização, lixiviação, erosão e imobilização biológica (Yamada e Abdalla, 2000).

Além de perdas para o sistema, os fertilizantes nitrogenados solúveis podem acarretar danos ambientais quando, por exemplo, há contaminação de lençóis freáticos por  $\text{NO}_3^-$  lixiviado (Shaviv, 2001). Isso porque a forma de nitrato, com carga negativa, dificulta a sua adsorção aos colóides do solo, tornando o elemento extremamente móvel.

Diversos adubos utilizados comercialmente contêm o N em diferentes formas, apresentando diferentes concentrações do mesmo em cada fertilizante (Tabela 1). A amônia sintética ( $\text{NH}_3$ ) é um dos fertilizantes mais utilizados para suprir as necessidades de N, uma pequena porcentagem é suprida por nitrato de sódio e/ou potássio natural, cinamida de cálcio e outras fontes menores (Vitti e Heirinchs, 2007). Os mesmo autores comentam, ainda, que a partir da amônia sintética pode-se gerar diversos fertilizantes utilizados na agricultura: a uréia [ $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ]; o nitrato de amônio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ); o sulfato de amônio [ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ] e o fosfato de amônio ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ).

**Tabela 1** – Porcentagem de nutrientes nos adubos nitrogenados comerciais.

Fertilizantes	Forma do N	Teor de nutriente (%)			
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S
Uréia	Amídica	45-46			
Nitrato de amônio	Amoniacal e nítrica	33			
Sulfato de amônio	Amoniacal	21			23
Nitrocálcio	Amoniacal e nítrica	21-28			
DAP	Amoniacal	16-18	42-48		
MAP	Amoniacal	11	52		
Amônia anidra	Amoniacal	82			
Uran	Amídica, amoniacal e nítrica	28-32			
Nitrato de sódio	Nítrica	16			
Nitrato de cálcio	Nítrica	15-16			
Nitrato de potássio	Nítrica	13		46	
Nitrosulfato	Amoniacal e nítrica	26			15
Nitrofosfatos	Amoniacal e nítrica ou nítrica	13-26	6-34		

Fonte: Cantarella, 2007.

Atualmente, a adubação nitrogenada em citros é fundamentada em fertilizantes solúveis, como o nitrato de amônio, o sulfato de amônio e a uréia (Girardi e Mourão Filho, 2004). O uso dos fertilizantes solúveis se dá devido às condições de manejo dos citros atual, visando um melhor aproveitamento dos nutrientes mesmo com baixas umidades no solo.

A uréia é o fertilizante mais utilizado, não só em citros, como em diversas culturas (Cantarella et al., 2003). Caracteriza-se como granulado sólido e apresenta cerca de 45% do N e na forma amídica. Apresenta alta solubilidade, baixa corrosividade, além da alta taxa de absorção foliar. Apesar da eficiência comprovada da uréia no suprimento do N nas culturas, perdas consideráveis por volatilização de  $\text{NH}_3$  são observadas, independente do tipo de solo

em que houve a aplicação (Stone e Moreira, 2001). Isso porque a uréia é hidrolisada muito rapidamente por enzimas do grupo das ureases, fazendo, com que ocorra elevação do pH do solo (Terman, 1979). A taxa de hidrólise da uréia é altamente variável, sendo a temperatura, a umidade e pH do solo e, principalmente, a presença de restos vegetais no solo, os principais fatores que contribuem para o aumento da taxa da atividade da urease nos solos (Giacomini et al., 2006). Outro problema a ser mencionado é a alta higroscopicidade da uréia, o que restringe o tempo e as condições de armazenamento da mesma. Se houver umidade, ocorre degradação e dissolução do grânulo de uréia aplicado ao solo, melhorando sua eficiência de aproveitamento pela cultura (Melgar et al., 1999). Deve ser, preferivelmente, aplicado incorporado ao solo, reduzindo ainda mais suas perdas.

O sulfato de amônio apresenta baixa higroscopicidade, boas propriedades físicas, estabilidade química, boas características agrônômicas, teores de enxofre (24%), além de cerca de 21% de N na forma amoniacal (Byrnes, 2000). Sua desvantagem é a reação no solo gerar acidez, podendo ser problemática em solos tropicais (Kunz, 2001). Devido ao preço elevado do sulfato de amônio, esta fonte ainda é pouco utilizada, mesmo com os benefícios supracitados.

A acidificação do solo devido à adubação nitrogenada é bastante conhecida e deriva das reações que produzem  $H^+$  (nitrificação) e da perda de cátions para camadas mais profundas, acompanhando o ânion  $NO_3^-$  (Teixeira et al., 2001).

Fertilizantes contendo N nítrico, tais como o sulfato de amônio e o nitrato de amônio, não estão sujeitos a perdas de N por volatilização de  $NH_3^-$ , quando aplicados a solos ácidos, como os que predominam no Brasil (Cantarella e Montezano, 2010). Henning e Coltro (2009) constataram em experimentações que o pH do solo apresenta um decréscimo proporcional de acordo com a dose de N aplicado ao solo.

Para possibilitar a aplicação do N em condições de menor umidade no solo, o nitrato de amônio vem substituindo a uréia e o sulfato de amônio por ter uma higroscopicidade maior, podendo aplicar antes das estações das chuvas e do florescimento das laranjas (Fidalski e Auler, 1997).

Quando aplicado na superfície do solo de pomares citrícolas, o nitrato de amônia tem a redução de 44% de perdas de  $NO_3^-$  por lixiviação quando comparado a ureia (Cantarella et al., 2003). Contudo, a possível utilização do nitrato de amônio como material explosivo, ainda limita a sua utilização em larga escala.

### **Alternativas para a redução das perdas de nitrogênio**

A mistura de substâncias que inibam a ação da uréase junto ao fertilizante é uma alternativa para minimizar as perdas de nitrogênio aplicado no sistema. Alguns metais, como Cu e Hg, além de micronutrientes como Cu e B, há muito tempo vem sendo testados. No entanto, a eficiência dessas substâncias ainda não é totalmente garantida (Kiss e Simihaian, 2002).

Outra substância com efeito inibidor é o tiofosfato de N-n-butil triamida. Esta, análoga à uréia, comercialmente conhecida como NBPT, vem se mostrando bastante eficiente na inibição da atividade da urease, principalmente em baixas concentrações. Após a aplicação ao solo, este se transforma em sua forma análoga de hidrogênio – NBPTO – ainda mais efetiva, sendo capaz de reduzir em até 53% as perdas por volatilização nos solos, devido à redução na taxa de hidrólise da uréia (Bremner et al, 1991). A eficiência deste inibidor é indiretamente proporcional à temperatura, ou seja, temperaturas muito elevadas tendem a mascarar o efeito do inibidor. Além do mais, o pH e o teor de matéria orgânica também influenciam na atividade do NBPT – em solos com pH mais elevado e menores teores de matéria orgânica houve maior eficiência do produto, uma vez que estes estão sujeitos a maiores perdas de  $\text{NH}_3$  por volatilização (Watson et al., 1994).

Ensaio de campo também comprovam a eficiência do NBPT. Cantarella et al (2008), comparando as produtividades de grãos e a porcentagem de volatilização de  $\text{NH}_3$  na cultura do milho, mostraram que nos tratamentos onde houve incorporação de NBPT à uréia, a taxa de volatilização foi na faixa de 12%, enquanto no tratamento onde aplicou-se apenas a uréia, essa perda foi de 62%. Tais resultados proporcionaram acréscimo de 13% na produtividade de grão da cultura, comparativamente ao tratamento onde se aplicou apenas uréia.

Inibidores de urease, associados a inibidores de nitrificação podem, também, contribuir para a redução de perdas tanto por volatilização de  $\text{NH}_3$  quanto por lixiviação de nitrato. A dicianodiamida (DCD), um dos principais inibidores da nitrificação, é um composto que também pode ser utilizado como fonte de N, por apresentar cerca de 5–10% de N, e por liberar lentamente o nutriente (Slagen e Kerkhoff, 1984). Assim como o NBPT, tem mostrado resultados satisfatórios quanto à diminuição nas perdas de  $\text{NH}_3$  por volatilização, lixiviação de  $\text{NO}_3^-$ , e como consequência, um melhor aproveitamento do N pelas culturas.

O que não se sabe, porém, é se o uso do NBPT associado ao DCD pode interferir na capacidade de inibição da urease do NBPT. Nastri et al. (2000) comprovaram que houve

aumento da volatilização de  $\text{NH}_3$  com essa associação entre os inibidores, e isso levou a uma diminuição da eficiência da fonte nitrogenada aplicada. Por outro lado, num ensaio onde foi adicionado apenas o inibidor DCD à uréia, não foi notado o mínimo efeito na volatilização de  $\text{NH}_3$  (Banerjee et al., 2002).

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

O parcelamento do N na cultura dos citros leva em consideração a necessidade da cultura pela sua fenologia e os riscos de lixiviação decorrente do período chuvoso. Entretanto, faltam experimentos sobre o parcelamento de N na citricultura em nível de campo, com longa duração e repetibilidade. Além disso, dos poucos estudos que existem, a maior parte deles foi realizado na região sudeste do país, impossibilitando a extrapolação precisa para as demais regiões produtoras. Assim sendo, métodos mais modernos de avaliação, como a leitura SPAD, análise de seiva e extração de solução do solo, são técnicas promissoras para experimentações e estudos para o parcelamento do N e o seu aproveitamento pela planta, podendo ser empregados em novos experimentos nas mais diversas áreas citricultoras do Brasil.

### REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL 2010: **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: AgraFNP, 2010. 520 p.
- ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Estatísticas: principais indicadores do setor de fertilizantes**. Disponível em <<http://www.anda.org.br/estatisticas.aspx>>. Acesso em: 26 agosto de 2011.
- BANERJEE, B.; PATHAK, H.; AGGARWAL, P.K. Effects of dicyandiamide, farmyard manure and irrigation on crop yield and ammonia volatilization from an Alluvia Soil Under a rice (*Oryza sativa* L.) – wheat (*Triticum aestivum* L.) **Cropping System, Biology and Fertility of Soils**, v.36, n.3, p.207-214, 2002.
- BELLÉ, C. **Citricultura**. Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Weatphalen, 51p., 2008.
- BOARETTO, A.E.; SCHIAVINATTO NETO, P.; MURAOKA, T.; TRIVELIN, P.C.O.; BISSANI, C.A. Eficiência da aplicação de  $^{15}\text{N}$ -uréia no solo e nas folhas de laranjeiras jovens. **Laranja**, Cordeirópolis, v.20, p.477-498, 1999.
- BOARETTO, R.M.; MATTOS JUNIOR, D.; TRIVELIN, P.C.O.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A.E. Acúmulo de nutrientes e destino do nitrogênio ( $^{15}\text{N}$ ) aplicado em pomar jovem de laranja. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.3, p.600-605, 2007.

BOAVENTURA, P.R.R.; QUAGGIO, J.A.; ABREU, M.F.; BATAGLIA, O.C. Balanço de nutrientes na produção de mudas cítricas cultivadas em substrato. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p.300-305, 2004.

BREMNER, J.M.; MCCARTY, G.W.; HIGUCHI, T. Persistence of the inhibitory effects of phosphoroamides on urea hydrolysis in soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.22, n.15, p.1519-1526, 1991.

BUSTAN, A.; GOLDSCHMIDT, E.E. Estimating the cost of flowering in a grapefruit tree. **Plant Cell and Environment**, v.21, p.217-224, 1998.

BYRNES, B.H. Liquid fertilizers and nitrogen solutions. In: INTERNATIONAL FERTILIZER DEVELOPMENT CENTER. **Fertilizer Manual**. Alabama: Klumer Academic, 2000. cap. 2, p. 20-44.

CAMARGO, F.P.; FRANCISCO, V.L.F.S. Estimativa de safra de laranja no estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v.41, n.5, 2011.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.); **Fertilidade do Solo**, SBCS, Viçosa, 2007.

CANTARELLA, H.; MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J.A.; RIGOLIN, A.T. Fruit yield of Valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.67, p.215-223, 2003.

CANTARELLA, H.; MONTEZANO, Z.F. Nitrogênio e enxofre. **Boas Práticas Para o Uso Eficiente de Fertilizantes**, Piracicaba, v.2, p.5-46, 2010.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; CONTIN, T.L.M.; DIAS, F.L.F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R.B.; QUAGGIO, J.A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agricola**, v.65, p.397-401, 2008.

CASTRO, P.R.C.; MARINHO, C.S.; PAIVA, R.; MENEGUCCI, J.L.P. Fisiologia da produção dos citros. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.209, p.26-38, 2001.

EPSTEIN, E; BLOOM, A.J. Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. Sunderland, **Sinauer Associates**, 2.ed, p. 308. 2005.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **World food situation**. Rome: FAO, 2011. Disponível em: <<http://www.fao.org/worldfoodsituation/wfs-home/en/>>. Acesso em: 29 de agosto de 2011.

FARQUHARSON, R.; BALDOCK, J. Concepts in modelling N<sub>2</sub>O emissions from land use. **Plant and Soil**, Amsterdam, v.309, n.1-2, p.147-167, 2008.



FERRAREZI, R.S.; BATAGLIA, O.C.; FURLANI, P.R.; SCHAMMASS, E.A. Iron sources for citrus rootstock development grown on pine bark/vermiculite mixed substrate. **Scientia Agricola**, v.64, n.5, p.520-531, 2007.

FIDALSKI, J.; AULER, P.A.M. Levantamento nutricional de pomares no Noroeste do Paraná. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.40, p.443-451, 1997.

FIDALSKI, J.; STENZEL, N.M.C., Nutrição e produção da laranjeira ‘folha murcha’ em porta-enxertos e plantas de cobertura permanente na entrelinha. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, 2006.

GIACOMINI, S.J.; JANTALIA, C.P.; AITA, C.; URQUIAGA, S.S.; ALVES, B.J.R. Emissão de óxido nitroso com a aplicação de dejetos líquidos de suínos em solo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.11, p.1653-1661, 2006.

GIRARDI, E.A.; MOURÃO FILHO, F.A.A. Crescimento inicial de laranjeira ‘valência’ sobre dois porá-enxertos em função da adubação nitrogenada no plantio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.117-119, 2004.

HENNING, S.; COLTRO, S. Alterações de pH em função da aplicação de fertilizantes fosfatados contendo nitrogênio. **Cascavel**, v.2, n.4, p.149-153, 2009.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de dados agregados: SIDRA**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 28 de agosto de 2011.

KATO, T. Nitrogen metabolism and utilization in citrus. **Horticultural Reviews**, v.8, p.181-216, 1986.

KISS, S.; SIMIHAÏAN, M. **Improving efficiency of urea fertilizers by inhibition of soil urease activity**. Klumer Academic Publishers, Doordrech, 417p., 2002.

KUNZ, K. The value of ammonium sulfate. In: Workshop manejo de fertilizantes nitrogenados e sulfatados na agricultura. **Anais...** Piracicaba, p. 70, 2001.

LEA-COX, J.D., SYVERTSEN J.P.; GRAETZ D.A. 2001. Springtime <sup>15</sup>Nitrogen uptake, partitioning and leaching losses from young bearing Citrus trees of differing nitrogen status. **Journal America Society Horticulture Science**, v.126, p.242-251.

LEGAZ, F.; SERNA, M.D.; PRIMO-MILO, E. Mobilization of the reserve N in citrus. **Plant and Soil**, v.173, p.205-210, 1995.

MAGALHÃES, A.F.J. **Nutrição Mineral Adubação dos Citros Irrigados**. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2006. 12 p. (Circular Técnico, 79).

MALAVOLTA, E.; LIMA FILHO, O.F.; PICCINI, C.R.; CASALE, H. A adubação dos citros no Brasil - O estado da arte. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS, NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO, 4., 1996. Bebedouro. **Anais...** Bebedouro-SP : Fundação Cargill 1996. p.1-14.

MALAVOLTA, E.; PRATES, H.S.; CASALE, H.; LEÃO, H.C. Seja o doutor dos seus citros. **Potafos**, arquivo do agrônomo n° 4, informações agrônômicas n°65, 1994.

MARTINEZ-ALCÁNTARA, B.; QUIÑONES, A.; PRIMO-MILLO, E.; LEGAZ, F. Efecto del aporte estacional del abono nitrogenado em cítricos. **Vida Rural**, Dossier cítricos, p.38-43, 2009.

MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; ALVA, A.K. Nutrient content of biomass components of Hamlin sweet orange trees. **Scientia Agricola**, v.60, p.155-160, 2003.

MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R.M.; CORRÊA, E.R.L.; ABREU, M.F.; CARVALHO, S.A. Disponibilidade de boro em substrato para produção de porta-enxertos de citros em fase de sementeira. **Bragantia**, v.67, p.983-989, 2008.

MATTOS JUNIOR, D.; RAMOS, U.M.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, P.R. Nitrogênio e cobre na produção de mudas de citros em diferentes porta-enxertos. **Bragantia**, Campinas, v.69, m.1, p.135-147, 2010.

MELGAR, R.; CAMOZZI, M.E.; FIGUEROA, M.M. **Guia de fertilizantes, enmiendas y productos nutricionales**. Pergamino: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária, 1999. 260p.

MILNER, L. Manejo de irrigação e fertirrigação em substratos. In: FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C.; ABREU, C.A.; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J.A.; MINAMI, K. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p.45-51. ( Documentos, 70).

NASTRI, A.; TODERI, G.; BERNATI, E.; GOVI, G. Ammonia volatilization and yield response from urea applied to wheat with urease (NBPT) and nitrification (DCD) inhibitors. **Agrochimica**, v.44, n.5-6, p.231-239, 2000.

NATALE, W.; MARCHAL, J. Absorção e redistribuição de nitrogênio (<sup>15</sup>N) em *Citrus mitis* B1. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.21, n.1, p.183-188, 2002.

NEVES, M.F. et al. **O retrato da citricultura brasileira**. Markestrat, 137p., 2011.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F. Fertilidade do solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1017 p. 2007.

QUAGGIO, J.A.; MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R.M. **Citros, Boas Práticas Para o Uso Eficiente de Fertilizantes**, Piracicaba, v.3, p.373-405, 2010.

QUIÑONES, A.; MARTINEZ-ALCÁNTARA, B.; PRIMO-MILLO, E.; LEGAZ, F. Fertilización de los cítricos em Riego a goteo (i): N, P y K. **Levante Agrícola**, p.380-385, 4º trimestre, 2007.

RAGONHA, E. **Adubação nitrogenada na cultura dos citros**, 2010, 50p., monografia (Especialização em Manejo do Solo) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Bebedouro.

RIBEIRO, R.V.; MACHADO, E.C.; OLIVEIRA, R.F.; PIMENTEL, C. High temperature effects on the response of photosynthesis to light in sweet orange plants infected with *Xylella fastidiosa*. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v.15, p.89-97, 2003.

RUSCHEL, J., CARMELLO, Q.A.de C., BERNARDI, A.C.de C., CARVALHO, S.A., MATTOS JÚNIOR, D. Leaf nutrient contents of rangpur lime rootstock as affected by N, P, K, Ca and S Fertilization. **Scientia agricola**, v.61, p.501-506, 2004.

SCHAFER, G.; SOUZA, P.V.D.; KÖLLER, O.C.; SCHWARZ, S.F. Desenvolvimento vegetativo inicial de porta-enxertos cítricos cultivados em diferentes substratos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.6, 2006.

SCIVITTARO, W.B.; OLIVEIRA, R.P.; RADMANN, E.B. Doses de fertilizantes de liberação lenta na formação do porta-enxerto 'Trifoliata'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.520-523, 2004.

SHAVIV, A. Advances in controlled-release fertilizers. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.71, p. 1-49, 2001.

SLAGEN, J.H.G.; KERKHOFF, H. Nitrification inhibitors in agriculture and horticulture: a literature review. **Fertilizer Research**, v.5, p.1-76, 1984.

SOARES, J.L.N.; ESPÍNDOLA, C.R.; CASTRO, S.S. Alteração física e morfológica em solos cultivados sob sistema tradicional de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.1005-1014, 2005.

SOUZA, T.R. **Monitoramento do estado nutricional de plantas cítricas e da solução do solo em sistema de fertirrigação**. 2010, 146 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.3, p.473-481, 2001.

TEIXEIRA, L.A.J; NATALE, W.; RUGGIERO, C. Alterações em alguns atributos químicos do solo decorrentes da irrigação e adubação nitrogenada e potássica em bananeira após dois ciclos de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.684-689, 2001.

TERMAN, G.L. Volatization losses of nitrogen as ammonia from surface-applied fertilizers, organic amendments, and crop residues. **Advances in Agronomy**, v.31, p.189-223, 1979.

TRIVELIN, P.C.O. **Utilização do nitrogênio pela cana-de-açúcar: Três casos estudados com o uso do traçador <sup>15</sup>N**. 2000. 143 f. Livre-Docência (Especialidade/Disciplina: Isótopos

Estáveis) Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

VITTI, G.C.; HEINRICHS, R. Formas tradicionais e alternativas de obtenção e utilização do nitrogênio e do enxofre: uma visão holística. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S.; VITTI, C.G. (Eds.). **Nitrogênio e Enxofre na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: IPNI Brasil, cap. 4, p.109-160, 2007.

WATSON, C.J.; MILLER, H.; POLAND, P.; KILPATRICK, D.J.; ALLEN, M.B.D.; GARRET, M.K.; CHRISTIANSON, C.B. Soil properties and the ability of the urease inhibitor N-(n-butyl)thiophosphoric triamide (nBTPT) to reduce ammonia volatilization from surface-applied urea. **Soil Biology and Biochemistry**, v.26, p.1165-1171, 1994.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho? **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.91, p.1-5, set. 2000. (Informações Agronômicas, 91).