

EFEITO DA URÉIA COM INIBIDOR DE UREASE NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.)¹

André Luiz Alvarenga Garcia², Lilian Padilha³, Antônio Wander Rafael Garcia², Antônio Nazareno Guimarães Mendes⁴, Carlos Henrique Siqueira de Carvalho³

(Recebido: 1º de setembro de 2009; aceito: 26 de outubro de 2010)

RESUMO: Os fertilizantes à base de uréia podem sofrer perdas significativas de nitrogênio para a atmosfera. Isso devido à transformação da uréia em amônia, na presença da urease, produzida por microrganismos do solo. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito da combinação da uréia com o inibidor de urease NBPT [N-(n-butil) tiofosfórico triamida, na absorção do nitrogênio e no desenvolvimento de mudas de cafeeiro. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, num esquema fatorial. Foram avaliadas três doses de N-uréia na presença e ausência do NBPT, divididas em dois parcelamentos. Foram ainda consideradas duas épocas de fornecimento de água: antes e após a adubação nitrogenada. Três tratamentos adicionais foram incluídos: testemunha sem nitrogênio; 7,2 g de N-uréia (em uma única aplicação) com e sem NBPT. Quatro meses após o segundo parcelamento foram avaliados a produção total de matéria seca (MS) e o nitrogênio absorvido. A utilização do NBPT favoreceu o aumento da MS e do nitrogênio absorvido, proporcionalmente, à dose de N aplicada. O fornecimento de água, antes ou após a cobertura com o adubo, não influenciou nenhuma das características. A testemunha teve comportamento inferior a todos os outros tratamentos. Foi observado que a aplicação de 7,2 g N-uréia foi realizada em dose única causou a morte das plantas no segundo dia após aplicação do adubo sem o NBPT, e no sexto dia quando a uréia estava associada ao inibidor. Mudas de cafeeiro conduzidas em vasos e adubadas com uréia-NBPT aproveitam de maneira mais eficiente o N disponibilizado. Elas apresentam um ganho de 18% na produção de matéria seca das e aumento de 32% no N absorvido.

Palavras-chave: Nitrogênio, perdas por volatilização, NBPT.

EFFECT OF UREA WITH UREASE INHIBITOR ON THE GROWTH OF COFFEE SEEDLINGS (*Coffea arabica* L.)

ABSTRACT: The urea-based fertilizers may suffer significant losses of nitrogen to the atmosphere. This is due to the transformation of urea to ammonia in the presence of urease produced by soil microorganisms. The aim of this study was to evaluate the effect of the combination of urea with urease inhibitor NBPT [N-(n-butyl) thiophosphoric triamide, nitrogen absorption and development of coffee seedlings. The experiment was conducted in a greenhouse in a factorial design. We evaluated three doses of N-urea in the presence and absence of NBPT divided into two installments. Were also considered two periods of water supply: before and after fertilization. Three additional treatments were included: control without nitrogen, 7.2 g of urea-N (in a single application) with and without NBPT. Four months after the second installment we evaluated the total production of dry matter (DM) and nitrogen absorbed. The use of NBPT favored the increase of DM and nitrogen absorbed proportionally to the dose of N applied. The supply of water before or after covering the fertilizer did not influence any features. The control sample behaved less than all other treatments. It was observed that application of 7.2 g N-urea performed in a single dose caused plant mortality on the second day after application of fertilizer without NBPT, and on the sixth day when urea was associated with an inhibitor. Potted Coffee seedlings fertilized with urea-NBPT exploit the N available more efficiently. They have an 18% gain in dry matter production and a 32% increase in the N absorbed.

Keywords: Nitrogen, losses by volatilization, NBPT.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Malavolta, Yamada e Aroaldo (1981), dentre os elementos mais exigidos pela cultura do cafeeiro (*Coffea* spp), o nitrogênio (N) é o que mais se destaca, tanto pelas quantidades extraídas como

por serem exportadas pelos frutos. Eles afirmam que o N é o macronutriente que proporciona maior resposta em termos de produtividade das plantas de café, sendo também o de maior demanda para o desenvolvimento inicial de mudas em viveiros e nos plantios no campo.

¹Parte da Dissertação de Mestrado submetida, pelo primeiro autor, à Universidade Federal de Lavras/ UFLA.
²Pesquisadores da Fundação Procafé – Alameda do Café, nº 1000, Bairro Jardim Andere; 37026-400, Varginha-MG - garcialmg@gmail.com, procafe@varginha.com.br

³Pesquisadores da Embrapa Café - 37026-400, Varginha, MG - lilian.padilha@embrapa.br, carlos.embrapa@uol.com.br

⁴Professor Associado do Departamento de Agricultura/DAG - UFLA – Caixa Postal 3037, Lavras, MG, naza@dag.ufla.br

Com 45% a 46% de N em forma amídica na sua composição, a uréia corresponde a 60% do N empregado na agricultura do Brasil (CABEZAS; YAMADA, 2000). Isso se deve às vantagens do baixo custo de transporte, uma vez que apresenta alta concentração de N, alta solubilidade, baixa corrosividade e facilidade de mistura com outras fontes. Seu processo de fabricação é baseado na reação do CO₂ com o NH₃ sob condições de elevada temperatura e pressão.

Grande quantidade de N aplicada em superfície pode ser perdida do solo por volatilização de amônia (NH₃). Resultante do equilíbrio entre NH₃ na fase gasosa e na solução, a volatilização é um processo físico acompanhado de reações químicas que provocam perdas elevadas de N no solo. Em condições não favoráveis para a solubilização e difusão para camadas mais profundas do solo, a uréia permanece na superfície sofrendo a ação da urease (TRIVELIN; LARA-CABEZAS; BOARETTO, 1994). A urease é uma enzima produzida por microorganismos de solo, que por meio de reações químicas quebra a molécula da uréia em gás carbônico, água e NH₃, sendo esse último liberado para a atmosfera. Segundo Kieling e Furigo Junior (2002), a urease possui especificidade absoluta ou exclusiva, pois atua somente sobre determinado composto, nesse caso, a uréia, mas em nenhum de seus derivados. As perdas de NH₃ por volatilização em ecossistemas agrícolas são resultantes da interação entre fatores de manejo, de solo e clima (SANTOS; VALE; SANTOS, 1991).

Além de ser essencial às funções vitais na planta, a água é de fundamental importância para o transporte de nutrientes no sistema solo-planta. Grandes quantidades de chuvas após a aplicação da uréia proporcionam o movimento do adubo para camadas mais profundas no perfil do solo, reduzindo as perdas de nitrogênio pela volatilização. Por outro lado, se a quantidade de chuvas for insuficiente para a solubilização completa do adubo, pode ocorrer a sua dissolução parcial na superfície do solo potencializando as perdas do N na forma amônia (FRENEY et al., 1992).

Cabezas e Yamada (2000) registraram, na aplicação de uréia, perdas de N por volatilização superiores a 30% em plantio convencional (aplicação superficial sobre o solo) e acima de 70% em sistema

de plantio direto (aplicação sobre a palhada), em latossolo vermelho-amarelo (arenoso) e latossolo vermelho-escuro, em uma mesma safra agrícola. Solos com altos teores de matéria orgânica apresentam maior atividade da enzima urease e, conseqüentemente, maiores perdas.

Investimentos têm sido realizados para o desenvolvimento de novas técnicas, de natureza física ou química que permitam o melhor aproveitamento do N fornecido às plantas. Dentre os novos produtos, pode ser citado o composto químico NBPT [N-(n-butil) tiosfórico triamida que, quando misturado ao grânulo da uréia, inativa temporariamente a ação da enzima urease. Durante o tempo em que o inibidor estiver aderido à uréia, ele promove a ocupação do local de ação da urease não permitindo ação dessa enzima (KOLODZIEJ, 1994; MOBLEY; HAUSINGER, 1989). Como a urease não irá atuar na molécula de uréia, essa não será hidrolisada, evitando assim, perdas por volatilização da amônia. O tempo de inibição da urease propiciado pelo NBPT pode variar, em média, de sete a quatorze dias, estando esse período diretamente correlacionado à concentração do inibidor misturado à uréia.

As perdas por volatilização do N foi avaliada para o milho safrinha por Pereira et al. (2009). Eles testaram a aplicação das doses de 40 ou 80 kg ha⁻¹ de N, utilizando a uréia comum ou a uréia revestida com polímeros. Eles também estudaram a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de uréia associada ao inibidor de urease. Neste trabalho, os tratamentos com uréia revestida e uréia associada ao inibidor de urease reduziram a volatilização de N em torno de 50 % em relação à uréia comum, o que refletiu em maiores produtividades. Verificou-se também maior atividade da urease nos tratamentos com aplicação de uréia comum.

Realizou-se, o presente trabalho, para avaliar o desempenho do inibidor de urease (NBPT), no desenvolvimento de mudas de café plantadas em vasos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido, em casa de vegetação, na Fazenda Experimental da Fundação Procafé/ MAPA em Varginha, região sul de Minas Gerais, durante os anos de 2005 e 2006. Mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) da cultivar Acaia IAC

474-19 foram plantadas em vasos de plástico com capacidade de 10 L, dispostos em bancadas a 1,2 m de altura, onde permaneceram durante 285 dias até a data de avaliação.

As mudas utilizadas no ensaio foram obtidas a partir da semeadura em substrato, com areia peneirada e lavada. Cinco meses após a semeadura, as mudas atingiram o estágio fenológico de terceiro par de folhas verdadeiras (15/10/2005). Nesse momento elas foram transplantadas para os vasos, após a lavagem e poda da região apical do sistema radicular, para garantir um bom pegamento das mesmas. Para cada vaso transplantaram-se quatro mudas e após sete dias foi realizado um desbaste, mantendo-se três plantas por vaso. Os vasos foram preenchidos com latossolo vermelho-amarelo de textura média do horizonte B peneirado, ao qual foram misturados 4 kg de superfosfato simples e 1 kg de cloreto de potássio em cada 1.000 L de solo (GARCIA, 2005). Não foi adicionado material orgânico, objetivando eliminar a fonte de nitrogênio do composto. Os micronutrientes zinco e boro foram fornecidos via foliar, conforme as recomendações de Garcia (2005).

Até a aplicação dos tratamentos, o fornecimento de água foi realizado a cada três dias na fase inicial após o transplântio, reduzindo esse intervalo até o momento em que as plantas já apresentavam altura média de 40 cm e cinco pares de ramos plagiotrópicos, em que o fornecimento foi diário.

O experimento foi elaborado em esquema fatorial, em que os tratamentos consistiram da combinação de três fatores: doses de N, fertilizantes nitrogenados e irrigação. Foram testadas as doses de 0,9, 1,8 e 3,6 g de N (na forma de uréia) por vaso, parceladas em duas aplicações. O primeiro parcelamento dos fertilizantes foi realizado 20 dias após o transplântio da muda para o vaso e o segundo, 60 dias após a primeira aplicação. Os fertilizantes nitrogenados testados foram uréia associada ou não ao inibidor de urease (NBPT). A formulação comercial contendo o NBPT recebe o nome comercial Super N. A distribuição dos grânulos dentro dos vasos foi feita a 5 cm do colo das plantas, de maneira que o adubo não entrasse em contato direto com o mesmo.

Para o fator irrigação isso foi realizado em duas maneiras: a) os tratamentos receberam água

logo após a cobertura com o adubo e a irrigação continuou a ser realizada normalmente; b) os tratamentos receberam água dois dias antes da aplicação do fertilizante e mantidos por um período de sete dias, sem irrigação. Esse processo visou simular condições em que as perdas de nitrogênio por volatilização ocorrem em maior intensidade. Após o sétimo dia, a irrigação passou a ser realizada normalmente.

O experimento foi ainda acrescido de três tratamentos adicionais sendo: uma testemunha que não recebeu adubação nitrogenada e aplicação de uréia, em dose única de 7,2 g N/ vaso, com e sem a adição do inibidor de urease.

As fontes de N testadas neste experimento foram constituídas pela mesma uréia contendo ou não o NBPT, e apresentavam a concentração de 43,5 % de N, em suas constituições.

As características avaliadas no experimento foram: massa seca total (MS) e nitrogênio absorvido (teor de N determinado na análise química da planta inteira x MS). As avaliações foram realizadas em única época, quatro meses após a segunda aplicação dos fertilizantes. As plantas foram retiradas dos vasos, e com o auxílio de água corrente, a parte aérea e o sistema radicular foram lavados sobre peneiras para evitar a perda de material vegetal. As plantas foram secas em estufa de circulação forçada de ar, à 70° C, até peso constante e, posteriormente, pesadas em balança eletrônica para determinação da produção de MS.

O experimento foi instalado no delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial, com três repetições. Cada parcela experimental foi constituída de quatro vasos, com três plantas cada. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão. As comparações foram feitas pelo teste Fisher para os fatores fertilizantes nitrogenados e formas de irrigação. Para o fator doses escolheu-se um modelo de regressão com base no coeficiente de ajuste da curva (R^2). Foi realizada também, a análise do contraste entre a testemunha e o fatorial. Os tratamentos adicionais não foram incluídos na análise estatística devido à morte das plantas. A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa Sisvar (Sistema de Análise de Variância), versão 4.0 (FERREIRA, 2000). Adotou-se o nível de significância de 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as características de massa de matéria seca e N absorvido, a análise de variância permitiu detectar diferenças significativas entre os tratamentos, ao nível de 1% de probabilidade, quando foram avaliados os efeitos isolados dos fatores dose e fonte do fertilizante. Não houve interação entre esses fatores. Quando o fornecimento de água foi realizado antes ou após a aplicação do adubo não houve efeito sobre o acúmulo de MS e N absorvido. O contraste realizado entre a testemunha e o fatorial foi significativo ao nível de 5% e 1% para MS e N absorvido.

Foi constatado um incremento significativo na massa de matéria seca (MS) e no nitrogênio absorvido pelas plantas quando utilizada a uréia associada ao inibidor de urease NBPT.

A massa de matéria seca das plantas foi tanto maior quanto maior a dose de fertilizante aplicada. O modelo ajustado para o incremento de 0,9 a 3,6 g de N por vaso foi linear ($R^2 = 0,90$) (Figura 1).

Assim como foi observado por Haag e Malavolta (1960), em plantas conduzidas em solução nutritiva, o fornecimento de nitrogênio proporcionou respostas significativas na produção de MS. Independentemente da associação do inibidor de urease ao adubo, a função representada pela produção de massa seca foi crescente em função da dose de

N fornecida (Figura1). A quantidade de nitrogênio absorvido pelas plantas foi tanto maior quanto maior a dose de fertilizante aplicada. O modelo ajustado foi linear, com um R^2 de 96,8% (Figura 2).

A testemunha que não recebeu N produziu menor quantidade de massa de matéria seca e absorveu menos N quando comparada aos demais tratamentos. O N é um constituinte importante para a célula vegetal, pois participa de aminoácidos e de ácidos nucléicos, e sua deficiência rapidamente inibe o crescimento vegetal. A acentuada deficiência de N, foi observada pela clorose e queda das folhas com baixo desenvolvimento de plantas da testemunha. A clorose das folhas é um reflexo da degradação da clorofila, ocorrendo um predomínio dos carotenóides, pigmentos esses de coloração amarelada, mascarados na presença de clorofila (TAÍZ; ZEIGER, 2004). A produção de massa da matéria seca pela testemunha foi de apenas 49 g, sendo equivalente a 25% do total de 190 g acumuladas pelas plantas que receberam 0,9 g de N por vaso, e 20% daquelas que receberam 3,6 g, por vaso de N (Figura 1).

Assim como o observado para o acúmulo de matéria seca, o nitrogênio absorvido pelas plantas do tratamento testemunha foi de 0,6 g por parcela, o equivalente a 23% do acumulado pelas plantas que receberam 0,9 g por vaso de N, e apenas 11% das plantas adubadas com 3,6 g por vaso de N (Figura 2).

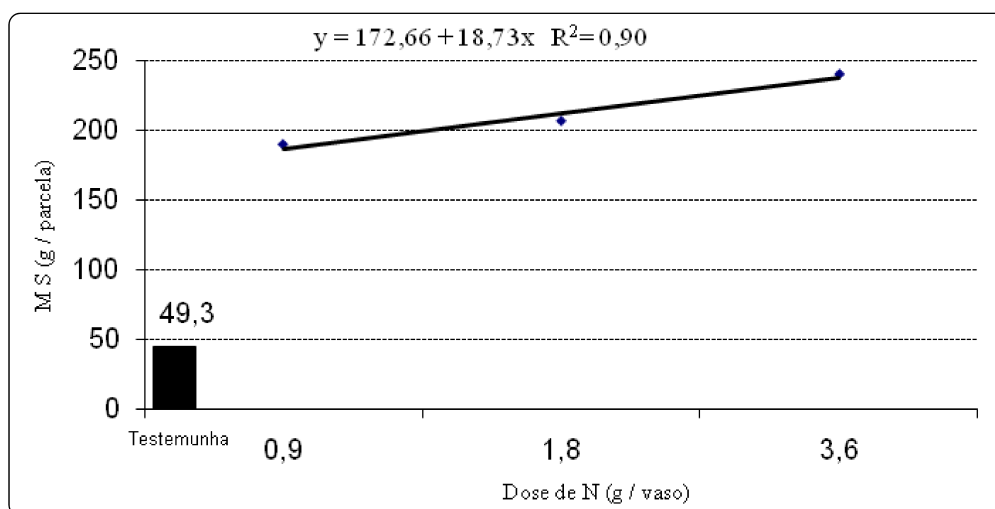


Figura 1 – Massa seca (MS) de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Acaiaí IAC 474-19, adubadas com diferentes doses de nitrogênio.

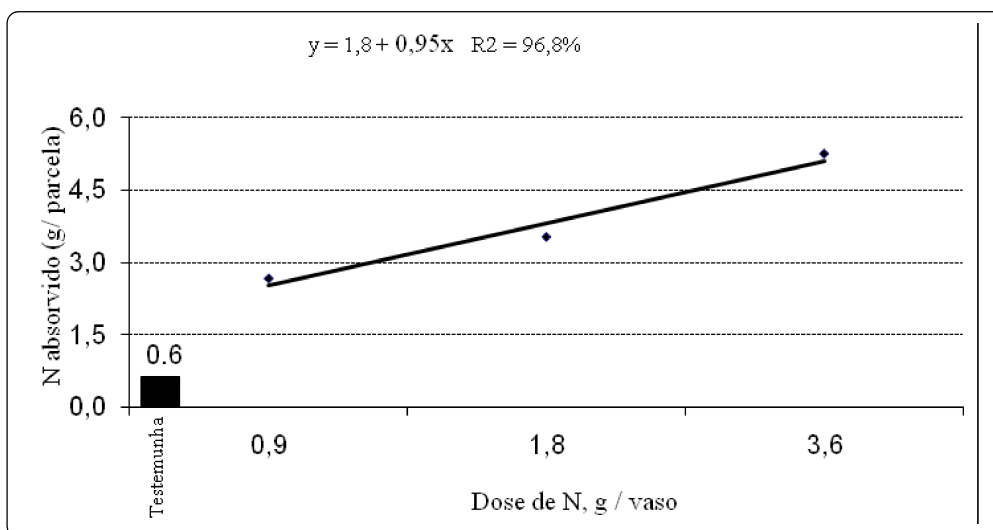


Figura 2 – Nitrogênio absorvido (MS x teor de N) em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Acaíá IAC 474-19, adubadas com diferentes doses de nitrogênio.

Pelos valores médios de massa seca e do nitrogênio absorvido pelas plantas, verifica-se que os tratamentos que receberam o fertilizante com o inibidor de urease, foram superiores aos tratamentos que receberam somente uréia (Tabela 1). O teor de N médio, detectado pela análise foliar foi de 1,72 g.kg⁻¹ para as plantas adubadas somente com uréia, e 2,05 g.kg⁻¹ para as plantas que receberam esse adubo associado ao inibidor de urease. Houve um aumento de 17,7% na massa de matéria seca das plantas adubadas com uréia mais inibidor e um aumento de 32% no nitrogênio absorvido por elas (Tabela 1). Esses incrementos foram calculados pelos incrementos ocorridos com adição de NBPT, considerando-se os valores respectivos à uréia como 100%. Provavelmente, esses ganhos são devido à redução de perdas de N por volatilização, já que esse inibidor reduz a velocidade de hidrólise da uréia, possibilitando um maior aproveitamento do nitrogênio. Além disso, também favorece uma menor concentração de N-NH₃ na superfície do solo e reduz o potencial de volatilização do N, proporcionando o transporte de uréia para camadas mais profundas no perfil do solo (CHRISTIANSON; BYRNES; CARMONA, 1990).

Independentemente das fontes e doses do fertilizante, o fornecimento de água, antes ou logo

após a aplicação do adubo nitrogenado não influenciou, significativamente, a massa de matéria seca e o nitrogênio absorvido pelas plantas (Tabela 2). Isso pode ter ocorrido em função da ausência de material vegetal sobre o solo, possibilitando o contato direto do grânulo com o solo. Nesse caso, a umidade ainda existente no solo dos vasos, dois dias após o corte da irrigação, parece ter sido suficiente para promover a difusão dos fertilizantes aplicados em cobertura.

A aplicação de 7,2 g de N, em dose única, realizada nos tratamentos adicionais provocou queima, com escurecimento da região do colo e das folhas mais baixas, resultando na morte das plantas. Quando foi aplicada apenas a uréia, as plantas morreram após 24 h. A uréia associada ao inibidor na dose de 7,2 g também resultou na morte das plantas. Porém, esse processo foi iniciado apenas seis dias após a sua aplicação, e ocorreu de maneira aleatória em mais da metade das plantas da parcela. De acordo com Byrnes (2000), o NBPT ocupa o local de atuação da urease e inativa esta enzima, retardando o início e a velocidade da dissociação da uréia. Esse atraso, provavelmente, foi o responsável pela morte de menor número de plantas somente seis dias após a aplicação da uréia + NBPT, pois a solubilização mais lenta do adubo propiciou uma concentração menor de N na solução do solo.

Tabela 1 – Efeito do NBPT, associado à uréia sobre a massa seca e N absorvido em cafeeiros (*Coffea arabica* L.) da cultivar Acaiá IAC 474-19.

Fertilizantes	Massa seca (g/planta)	N absorvido (g/planta)
Uréia	16,6 a	0,29 a
Uréia + inibidor de uréase	19,5 b	0,39 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Fisher, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2 – Efeito do modo de irrigação sobre a massa seca e N absorvido em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Acaiá IAC 474-19.

Modos de irrigação	Matéria seca (g / planta)	N absorvido (g / planta)
Antes da cobertura	18,6	0,34
Após a cobertura	17,5	0,34

4 CONCLUSÃO

O uso de NBPT associado à uréia em cafeeiros (*Coffea arabica* L.) conduzidos em vasos, promove maior aproveitamento do N com ganho de 18% na produção de matéria seca das plantas e de 32% no N absorvido por elas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BYRNES, P. B. Liquid fertilizers and nitrogen solutions. In: _____. **International fertilizer development center**. Alabama: Kluwer Academic, 2000. p. 20-24.

CABEZAS, L.; YAMADA, T. Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho. **Informações Agronômicas**, Botucatu, n. 91, p. 1-5, 2000.

CHRISTIANSON, C. B.; BYRNES, B. H.; CARMONA, G. A comparison of the sulfur and oxygen analogs of phosphoric triamide urease inhibitors in reducing urea hydrolysis and ammonia volatilization. **Fertilizer Research**, London, v. 26, p. 21-27, 1990.

FERREIRA, D. R. Análise estatística do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 225-258.

FRENEY, J. R. et al. Factors controlling ammonia loss from trash covered sugarcane fields fertilized with urea. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 31, p. 341-349, 1992.

GARCIA, A. W. R. Nutrição de cafeeiros. In: MATIELLO, J. B. et al. (Ed.). **Cultura do café no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bom Pastor, 2005. p. 89-150.

HAAG, H. P.; MALAVOLTA, E. Efeito das deficiências dos macronutrientes no crescimento e na composição química do cafeeiro cultivado em solução nutritiva. **Revista da Agricultura**, Piracicaba, v. 35, n. 4, p. 273-289, 1960.

KIELING, D. D.; FURIGO JUNIOR, A. **Enzimas**: aspectos gerais. Florianópolis: UFSC, 2002. 13 p.

KOŁODZIEJ, A. F. The chemistry of níquel-containing enzymes. **Progress in Inorganic Chemistry**, New York, v. 41, p. 493-598, 1994.

MALAVOLTA, E.; YAMADA, T.; AROALDO, J. **Nutrição e adubação do cafeeiro**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1981. 226 p.

MOBLEY, H. L. T.; HAUSINGER, R. P. Microbial ureases: significant, regulation, and molecular characterization. **Microbiology Reviews**, Cambridge, v. 53, p. 85-108, 1989.

PEREIRA, H. S. et al. Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 33, p. 1685-1694, 2009.

SANTOS, A. R.; VALE, F. R.; SANTOS, J. A. G. Avaliação de parâmetros cinéticos da hidrólise da uréia em solos do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 15, p. 309-313, 1991.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fotossíntese: as reações luminosas. In: _____. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 139-172.

TRIVELIN, P. C. O.; LARA CABEZAS, W. A. R.; BOARETTO, A. E. Dinâmica do nitrogênio de fertilizantes fluidos no sistema solo-planta. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. (Coord.). **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: Potafos, 1994. p. 314-330.