

Eficiência da translocação de nutrientes em plantas

Translocation efficiency of nutrients in plants

Ernane Nogueira Nunes^{1*}, Ykesaky Terson Dantas Fernandes¹, Itacy Nildon de Araújo Montenegro¹, Carlos Antônio Belarmino Alves¹, Jacob Silva Souto²

Resumo: As plantas são organismos que sobrevivem retirando CO₂ e água da atmosfera e do solo além dos minerais presentes no mesmo. Os nutrientes minerais adentram no organismo vegetal através das raízes advindos da solução do solo. Outros organismos, como algumas espécies de fungos e bactérias fixadoras de nitrogênio, frequentemente contribuem para a aquisição de nutrientes pelas plantas. Os usos de nutrientes minerais e orgânicos, adicionados aos solos pelos modelos de produção da atualidade, vêm crescendo com o desenvolvimento da agricultura moderna e dos métodos cada vez mais rápidos de identificar e quantificar deficiências nutricionais nos solos e nas plantas. Para seu crescimento e desenvolvimento as espécies vegetais variam em sua exigência nutricional de espécie para espécie e de cultivar para cultivar. O presente trabalho se propõe a levantar as principais referências a respeito da eficiência e da translocação de nutrientes, propondo alguns questionamentos e alertando para a falta de pesquisa na área. Enquanto áreas como o melhoramento genético avançam muito rapidamente a área da compreensão da nutrição caminha a passos curtos.

Palavras chave: Nutrição mineral, Produção vegetal, Plantas.

Abstract: The plants are organisms that survive removing water and CO₂ from the atmosphere and soil minerals in addition to it. Mineral nutrients they enter the organism through plant roots coming from the soil solution. Other organisms, such as some species of fungi and nitrogen-fixing bacteria often contribute to nutrient acquisition by plants. The uses of mineral nutrients and organic soil added to by the production models of today, have been growing with the development of modern agriculture and increasingly rapid methods to identify and quantify nutrient deficiencies in soils and plants. For their growth and development plant species vary in their nutritional requirements from species to species and cultivar to cultivar. The present paper aims to identify the main references about the efficiency and translocation of nutrients, proposing some questions and alerting to lack of research in the area. While areas such as breeding advancing very quickly, the area of understanding of nutrition hiking small steps.

Keywords: Mineral nutrients, Vegetable production, Plants.

INTRODUÇÃO

As plantas são organismos autotróficos que sobrevivem retirando CO₂ e água da atmosfera e água e nutrientes minerais do solo (MARENCO & LOPES, 2011). Os nutrientes minerais são adquiridos primariamente na forma de íons inorgânicos e entram no organismo vegetal predominantemente através do sistema radicular em concentrações muito baixas, advindos da solução do solo (MALAVOLTA, 2006).

Além disso, outros organismos, como algumas espécies de fungos e bactérias fixadoras de nitrogênio, frequentemente contribuem para a aquisição de nutrientes pelas plantas. Depois de absorvido, os íons são transportados para as diversas partes da planta, onde são assimilados e utilizados em importantes funções biológicas (FAQUIN, 2005).

Os usos de nutrientes minerais e orgânicos, adicionados aos solos pelos modelos de produção da atualidade, vêm crescendo com o desenvolvimento da agricultura moderna, e dos métodos cada vez mais rápidos

de identificar e quantificar deficiências nutricionais nos solos e nas plantas. Para seu crescimento e desenvolvimento as espécies vegetais variam em sua exigência nutricional de espécie para espécie e de cultivar para cultivar.

Muitos são os mecanismos relacionados às características morfológicas e fisiológicas da planta e contribuem para o uso eficiente dos nutrientes (ROZANE et al., 2007).

Um sistema radicular extensivo que alcance distancia maiores, uma alta relação entre raízes e parte aérea, a habilidade do sistema radicular em modificar a rizosfera para seu favor, maiores ou menores eficiências de absorção ou de utilização dos nutrientes disponíveis e a capacidade de manter o metabolismo normal com o baixo teor de nutrientes nos tecidos, além de uma alta taxa fotossintética (Fageria & Baligar 1991), fazem das plantas sistemas complexos e bastante eficientes. Mas que poderiam apresentar rendimentos econômicos melhores, se grande parte das características ótimas estivessem presentes.

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 02/12/2013; aprovado em 14/12/2013

¹Programa de pós graduação em Agronomia/CCA/UFPB, Areia – PB, Brasil. ernanenn@gmail.com

²Professor do curso de Engenharia Florestal/UFCG, Patos – PB, Brasil.

Mesmo com tanta eficiência, uma das principais limitações para a agricultura atual, em mais da metade das terras cultivadas nos trópicos, reside na baixa fertilidade dos solos que são, em sua maioria, ácidos e com deficiências generalizadas de nutrientes, principalmente fósforo (GOEDERT, 1983).

Nos últimos anos, a busca de uma agricultura com menor consumo energético, menores quantidades de produtos químicos e ecologicamente sustentável tem estimulado a pesquisa a identificar mecanismos responsáveis pela maior eficiência nutricional (TOMAZ *et al.*, 2003).

Há um grande número de definições para eficiência nutricional, muitas vezes confusas, aliado ao fato de que não há consenso sobre quais características devem ser mais valorizadas para o estudo da eficiência nutricional (CLARK e DUNCAM, 1991).

Segundo Baligar e Fageria (1998) a eficiência nutricional em plantas pode estar relacionada a eficiência de absorção, translocação e utilização de nutrientes.

O presente trabalho se propõe a levantar as principais referências a respeito da eficiência e da translocação de nutrientes, propondo alguns questionamentos e alertando para a falta de pesquisa na área. Enquanto áreas como o melhoramento genético avançam muito rapidamente, a área da compreensão da nutrição caminha a passos curtos.

REVISÃO DE LITERATURA

Existem muitos fatores que influenciam na produtividade biológica das plantas, gerando assim menores produtividades econômicas (BELTRÃO; FIDELIS FILHO; OLIVEIRA, 2008). Inserido nestes fatores, temos como um limitante muito influente as eficiências/deficiências nutricionais.

O termo eficiência nutricional está relacionado com a capacidade de absorção que as plantas apresentam em extrair nutrientes da solução nutritiva do solo. Algumas produzem extenso sistema radicular, enquanto outras têm alta taxa de absorção por unidade de comprimento de raiz, ou seja, alto influxo de nutrientes (ROZANE *et al.*, 2007); de transporte que indica a capacidade da planta em converter o nutriente absorvido em matéria seca; de uso ou utilização que segundo Gerloff & Gabelman (1983) é a capacidade de uma planta redistribuir e reutilizar os elementos minerais de um órgão mais velho e senescente caracteriza a eficiência de uso no metabolismo do processo de crescimento.

Este processo pode ser chamado de eficiência de utilização. Lauchli (1987) complementa que a eficiência de uso de um nutriente é definida como a relação entre a concentração do nutriente no tecido e a produção,

enquanto para Graham (1984), eficiência é a habilidade de um genótipo em fornecer altas produções num ambiente deficiente no nutriente em estudo.

O termo eficiência nutricional é utilizado para caracterizar espécies de plantas, genótipos e cultivares em sua capacidade de absorver e utilizar nutrientes. A eficiência nutricional está também relacionada à produção econômica por unidade de fertilizante aplicado, e pode estar relacionada à eficiência de absorção, translocação e utilização de nutrientes (Baligar & Fageria, 1998). O significado de eficiência nutricional ainda é matéria de discussão. Por essa razão, diversos equívocos podem ser cometidos em relação ao aumento de produtividade, caso não sejam bem identificados os mecanismos para incremento na aquisição e utilização do nutriente (GOURLEY *et al.*, 1994).

O conceito de eficiência na utilização de um nutriente inclui processos nos quais as plantas absorvem, translocam, acumulam e utilizam melhor esse nutriente para a produção de matéria seca ou grãos, em condições normais ou adversas (MARTINEZ *et al.*, 1993; POZZA, 2004).

Absorção é a entrada do nutriente na célula e o transporte é o movimento do nutriente no mesmo órgão no qual ocorreu a absorção ou para outro órgão. A absorção e o transporte são dois processos diferentes e podem acontecer concomitantemente. Para que o nutriente entre no citoplasma, é preciso que atravesse a cutícula foliar, a parede celular e a plasmalema. (BOARETTO *et al.* 2003).

Translocação refere-se ao movimento ou à transferência do íon do local de absorção na raiz para outro Ponto qualquer, dentro ou fora da raiz (FAQUIN, 1995; MALAVOLTA *et al.*, 1997). Índice de translocação refere-se ao movimento ou à transferência do íon da raiz para a parte aérea da planta, sendo representado pela porcentagem da quantidade total absorvida que foi transferida para a parte aérea (ABICHEQUER & BOHMEN, 1998).

Principais nutrientes para as plantas

Para exercer as diversas funções acima citadas os vegetais necessitam de diversos elementos químicos, nos quais podemos dividir em minerais e não minerais. Dentro dos minerais temos os macronutrientes, que são utilizados pelas plantas em quantidades maiores e micronutrientes, que são utilizadas em quantidades muito pequenas.

Podemos dividir ainda mais os micronutrientes em compostos aniônicos, que ao se dissociarem liberam cargas negativas (⁻) e os catiônicos que liberam cargas positivas (⁺). Na atualidade os pesquisadores da área afirmam que são dezessete elementos e em alguns casos o silício, sódio e selênio, que são de fundamental importância como mostra a tabela 1.

Tabela 1 – Elementos essenciais para os vegetais e suas principais formas disponíveis para os mesmos.

Elemento	Símbolo na tabela periódica dos elementos	Formas disponíveis para os vegetais
Não minerais		
Carbono	C	CO ₂
Oxigênio	O	O ₂ , H ₂ O
Hidrogênio	H	H ₂ O
Minerais		
Macronutrientes		
Nitrogênio	N	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺
Fósforo	P	H ₂ PO ₄ , HPO ₄ ²⁻
Potássio	K	K ⁺
Cálcio	Ca	Ca ²⁺
Magnésio	Mg	Mg ²⁺
Enxofre	S	SO ₄ ²⁻
Micronutrientes Aniônicos		
Boro	B	H ₃ BO ₃
Molibdênio	Mo	MoO ₄ ²⁻
Cloro	Cl	Cl ⁻
Micronutrientes Catiônicos		
Cobre	Cu	Cu ⁺ , Cu ²⁺
Ferro	Fe	Fe ²⁺ , Fe ³⁺
Manganês	Mn	Mn ²⁺
Zinco	Zn	Zn ²⁺
Níquel	Ni	Ni ²⁺

Algumas características dos principais nutrientes

Nitrogênio

O nitrogênio é o elemento mineral que as plantas exigem em maiores quantidades. Ele é indispensável à vida, uma vez que participam na constituição de ácidos nucleicos, aminoácidos e proteínas (TAIZ & ZEIGER, 2009).

A mais importante fonte de nitrogênio é a atmosfera, onde cerca 78% do ar atmosférico são constituídos por nitrogênio livre na forma de gás, mas a maioria dos seres vivos é incapaz de aproveitá-lo no seu metabolismo (MARENCO & LOPES, 2011). No ciclo do nitrogênio participam bactérias, algas azuis e fungos.

Nem todo solo é rico neste elemento, sendo necessário utilizar de materiais ricos em matéria orgânica como esterco e compostos, no vegetal se estiver em pequenas quantidades às folhas perdem o seu brilho natural, em casos mais acentuados deixam as folhas totalmente amareladas. Já em excesso principalmente em frutos com muita polpa, tendem a diminuir a resistência da mesma, contribuindo para um maior aumento das perdas pós colheita.

Fósforo

Depois do nitrogênio, o fósforo é o principal elemento limitante do crescimento dos vegetais. O fósforo está presente no solo nas formas orgânicas e inorgânicas, mas sendo necessário que aconteça uma mineralização da

forma orgânica, pois ele somente é assimilado na forma inorgânica.

O fósforo desempenha um papel chave no metabolismo das células vegetais, sendo responsável em oferecer elementos que vão auxiliar na fotossíntese e respiração, síntese e degradação de substâncias (TAIZ & ZEIGER, 2009).

As plantas deficientes em fósforo apresentam crescimento reduzido e geralmente coloração verde escura, devido ao acúmulo de pigmentos como antocianinas. As folhas também ficam necróticas e tendem a cair, juntamente com flores e frutos (MARENCO & LOPES, 2011).

Potássio

Grande parte do potássio presente no solo está retida na forma de minerais associados a outros minerais ou com compostos como argila. A disponibilidade do potássio depende do intemperismo desses minerais associados.

Nas plantas o potássio participa importantemente na regulação osmótica das células vegetais. Na sua ausência as plantas começam a sofrer necroses nas folhas mais velhas. Algumas folhas tendem a curvar-se, formando um sintoma bastante característico na cultura da banana como cabeça de cavalo.

Caulas também podem ficar fracas e tombarem. Em milho a deficiência de potássio enfraquece as raízes, deixando a planta susceptível a ataque de fungos e podridão de raízes. O potássio além de influenciar na

produtividade dos vegetais também auxilia no sistema de defesa dos mesmos (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Cálcio

O cálcio encontra-se no solo em equilíbrio em três formas permutáveis entre si: Ca fixo trocável e solúvel. É absorvido como íon Ca^{2+} e seu teor no solo varia principalmente em função do material de origem e do grau de intemperização (MARENCO & LOPES, 2011).

O cálcio participa nas células vegetais, como um elemento de extrema importância na síntese de tecidos da parede celular e auxiliando as divisões celulares (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Em pós colheita de frutas é bastante utilizado na forma de cloreto de cálcio para que ao ligar-se com as pectinas da parede celular, forme o pectato de cálcio e juntos, fortaleçam as paredes celulares das mesmas, deixando os frutos mais resistentes a ataque de pragas e danos físicos diminuindo as perdas pós colheita.

Magnésio

O teor de magnésio no solo varia em função do material de origem, tipo de argila e textura do solo. Por exemplo, as rochas basálticas peridotitas e dolomitas e as argilas clorita, vermiculita e ilitas são ricas em magnésio (MARENCO E LOPES, 2011).

Nas células vegetais os íons de magnésio têm um papel importante específico na ativação de enzimas envolvidas na respiração, fotossíntese e síntese de DNA e RNA. Um sintoma característica da deficiência desse mineral é clorose entre as nervuras foliares, ocorrendo primeiramente nas folhas mais velhas (TAIZ & ZEIGER, 2009)

Pesquisas na área

Em pesquisas recentes avaliando a variabilidade dos índices de colheita de nutrientes e sua relação com a produção de grãos em genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), Araújo e Teixeira (2012), identificaram que os índices de colheita indicam intensa translocação de N e P para os grãos.

Segundo Pinto et al (2011) em estudos com translocação de N, P, K, Mg e S em mudas de eucalipto (*Eucalyptus spp.*), na fase de muda, nutrientes como N e P são importantes para o rápido crescimento radicular do eucalipto, uma vez que eles são os que mais alteram a produção de raízes quando fornecidos em quantidades insuficientes (Clarkson, 1985).

O K e o P são nutrientes com maior incidência de deficiência nos plantios de eucaliptos (Silveira et al., 2004), sendo indicados como os mais limitantes ao seu crescimento em várias regiões florestais do Brasil. Barros et al. (1990) ressaltam que a necessidade de K aumenta com o acúmulo de biomassa e, portanto, com a idade do eucalipto.

Grandes quantidades de macronutrientes são acumuladas e exportadas durante a exploração florestal por meio da parte aérea do eucalipto. Entre os macronutrientes, o cálcio é um dos mais exportados em maior quantidade dos sítios florestais com a remoção da madeira, principalmente quando a casca não é removida, uma vez que 50 % ou mais do cálcio total está alocado na casca (Morais, 1988; Reis & Barros, 1990; Grespan et al., 1998).

Embora esse nutriente seja requerido em baixos teores pelo eucalipto, muitas vezes em solos e, ou, subsolos de muitas áreas de Cerrado, esses teores não são atingidos. Nessas condições, a adubação com o Mg resulta em respostas positivas ao crescimento das plantas, e isso não apenas na fase de mudas, uma vez que grande quantidade tanto de Mg quanto de cálcio pode ser exportada da área pela exploração florestal (Neves et al., 1990).

O comportamento do enxofre no solo assemelha-se ao do P, pois sua forma inorgânica predominante é o sulfato, que é também é adsorvido pelos óxidos de Fe e Al. Por isso, nos solos tropicais de regiões úmidas, o S pode ser um nutriente a limitar o crescimento das plantas (Barros & Comerford, 2002). Em relação à cultura do eucalipto, os efeitos do enxofre podem ser acentuados (Furtini Neto, 1988), principalmente nos plantios efetuados em áreas do Cerrado, geralmente deficientes em enxofre, para o qual se têm obtido respostas significativas em crescimento (Barros et al., 1997).

E para concluir resultados encontrados por Gondim, et al, (2010), em estudo realizado para testar a Eficiência nutricional do milho cv. BRS 1030 submetido à omissão de macronutrientes em solução nutritiva, concluiu que a omissão de macronutrientes na nutrição de plantas de milho promove diminuição na produção de massa seca da parte aérea e na eficiência de absorção de nutrientes, tendo em vista que a omissão de P, Ca, Mg e S na nutrição de plantas resulta em maior eficiência de utilização, comparado com as plantas nutridas adequadamente, e que as plantas deficientes retranslocam os nutrientes, tentando manter seu conteúdo na parte aérea em relação aos demais órgãos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos perceber a importância da nutrição mineral para as plantas, tendo em vista que o homem muitas vezes é obrigado a produzir em locais altamente deficientes em minerais, mas que ele precisa produzir para sobreviver. É muito interessante conhecer as partes do vegetal responsáveis peça assimilação e translocação dos nutrientes, para aprofundar estudos e pesquisas de melhoramento da eficiência da utilização dos adubos químicos, como complementos ou no uso racional de solos já mineralmente equilibrados, a fim de diminuir os problemas de solo, ocasionados pelo uso irracional de adubos químicos maximizando as produtividades e garantindo mais alimentos para a população.

Atualmente as pesquisas avançam tentando solucionar os problemas nutricionais em plantas, mas muitos dos processos de absorção e utilização dos minerais pelas plantas, ainda não foram explicados totalmente ou ainda nem foram descobertos, sendo um grande passo para uma utilização racional e uma maior produção de alimentos.

A cada dia cresce os adeptos pela produção orgânica, tentando utilizar somente os nutrientes encontrados no próprio solo, ou com a utilização de adubos ricos em matéria orgânica, como esterco de animais, cobertura morta, adubação verde.

Todas estas técnicas podem ajudar a alcançar um maior rendimento das produções agrícolas, mas não podemos ser radicais em achar que somente isto é a solução. Como foi exposto anteriormente, a solução é conhecer o vegetal, conhecer os minerais e todos os seus processos de absorção e translocação, entender também os seus ciclos biogeoquímicos. É investir nas pesquisas dentro dessas linhas, para em parceria com as técnicas acima citadas, conseguirmos produzir maiores quantidades, com qualidade e seguros para os consumidores, garantindo assim a sobrevivência da raça humana na Terra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL 2011: **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP, Consultoria e Comércio, 2011. 355-358p.
- ABICHEQUER, A.D. & BOHNEN, H. Eficiência de absorção, translocação e utilização de fósforo por variedades de trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:21-26, 1998.
- ARAÚJO, Adelson Paulo; TEIXEIRA, Marcelo Grandi. Variabilidade dos índices de colheita de nutrientes em genótipos de feijoeiro e sua relação com a produção de grãos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p.137-146, fev. 2012.
- BALIGAR, V.C., FAGERIA, N.K. **Plant nutrient efficiency: towards the second paradigm**. 1998.
- BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. & NOVAIS, R.F. Nutrição e adubação de eucalipto. **Inf. Agropec.**, 18:70-75, 1997.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. & NEVES, J.C.L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F., eds. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG, **Folha de Viçosa**, 1990. p.127-186.
- BARROS, N.F. & COMERFORD, N.B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V. & COSTA, L.M., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, **Folha de Viçosa**, 2002. v.2. p.487-592.
- BELTRÃO, Napoleão Esberard de Macêdo; FIDELIS FILHO, José; OLIVEIRA, Maria Isaura Pereira de. Estimativa da Respiração de uma Comunidade de Plantas, Via Valores Primários (Área Foliar e Fitomassa). **Circular Técnica 122 Embrapa Algodão**, Campina Grande, n. , p.1-10, jun. 2008.
- BOARETTO, Antonio Eneidi; MURAOKA, Takashi; BOARETTO, Rodrigo Marcelli. Absorção e translocação de micronutrientes, aplicados via foliar, pelo citrus. **Revista Laranja**, Cordeirópolis, v. 24, n. 1, p.177-197, 2003.
- CLARK, R.B. and DUNCAM RR. 1991. Improvement of plant mineral nutrition through breeding. **Field Crop Res.** 27: 219-246.
- CLARKSON, D.T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: ROSAND, P.C., ed. **Reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos trópicos**. Ilhéus, CEPLAC/SBCS, 1985. p.45-75.
- FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. Growth and mineral nutrition of field crops. 2.ed. **New York: Marcel Dekker**, 1991. 624p.
- FAQUIN, Valdemar. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 186 p.
- GERLOFF, G.C. & GABELMAN, W.H. Genetic basis of inorganic plant nutrition. In: Laüchli, A.; Bielecki, R.L. (Eds.). **Inorganic plant nutrition. Encyclopedia of Plant Physiology**. Berlin, New York, Tokyo: Springer-Verlag, v.15B, p.453-486, 1983.
- FURTINI NETO, A.E. Efeito do enxofre no crescimento e assimilação de nitrogênio por diferentes espécies de eucalipto. Lavras, **Escola Superior de Agricultura de Lavras**, 1988. 95p. (Tese de Mestrado).
- GRESPLAN, S.L.; DIAS, L.E. & NOVAIS, R.F. Crescimento e parâmetros cinéticos de absorção de amônio e nitrato por mudas de Eucalyptus spp submetidas a diferentes relações amônio/nitrato na presença e ausência de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:667-674, 1998.
- GOEDERT, W. J. Management of Cerrado soils of Brazil: a review. **Journal Soil Science**, v. 34, p.405-428, 1983.
- GONDIM, F. A. *et al.* Pre-treatment with H₂O₂ in maize seeds: effects on germination and seedling acclimation to

- salt stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 22, n. 02, p. 103-112, 2010.
- GOURLEY, C.J.P.; ALLAN, D.L.; RUSSELLE, M.P. Plant nutrient efficiency: a comparison of definitions and suggested improvement. **Plant and Soil, The Hague**, v.158, n.1, p.29-37, Jan. 1994.
- GRAHAM, R.D. Breeding for nutrition characteristics in cereals. In: TINKER, P.B.; LAUCHLI, A.(Eds.). **Advances in plant nutrition**. New York: praeger, p. 57-102, 1984.
- LAUCHLI, A. Soil science in the next twenty five years: does a biotechnology play a role? **Soil Science Society of American Journal, Madison**, v.51,p.1405-1409,1987.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: **Princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba, POTAFOS, 1997. 319p.
- MARENCO, Ricardo A.; LOPES, Nei Fernandes. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2011. 486 p.
- MARTINEZ, H.E.P.; NOVAIS, R.F.; SACRAMENTO, L.V.S. & RODRIGUES, L.A. Comportamento de variedades de soja cultivadas sob diferentes níveis de fósforo: II. Translocação do fósforo absorvido e eficiência nutricional. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 17:239-244, 1993.
- MORAIS, E.J. Crescimento e eficiência nutricional de espécies de eucalipto em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais. Viçosa, MG, **Universidade Federal de Viçosa**, 1988. 56p. (Tese de Mestrado).
- NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M. & NOVAIS, R.F. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F., eds. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG, **Folha de Viçosa**, 1990. p.99-126.
- PINTO, Sheila Isabel do Carmo et al. EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE CLONES DE EUCALIPTO NA FASE DE MUDAS CULTIVADOS EM SOLUÇÃO NUTRITIVA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p.523-533, mar. 2011.
- POZZA, A.A.A. Silício em mudas de caféiro: efeito na nutrição mineral e na suscetibilidade à cercosporiose em três variedades. Lavras, **Universidade Federal de Lavras**, 2004. 89p. (Tese de Doutorado).
- REIS, M.G.F. & BARROS, N.F. Ciclagem de nutrientes em plantio de eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F., eds. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG, **Folhas de Viçosa**, 1990. p.265-301.
- ROZANE, Danilo Eduardo et al. Eficiência de absorção, transporte e utilização de macronutrientes por porta enxertos de caramboleira, cultivados em soluções nutritivas. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 4, p.1020-1026, ago. 2007.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; GONÇALVES, A.N. & MOREIRA, A. Evaluation of the nutritional status of eucalypts: visual and foliar diagnoses and their interpretation. In: GONÇALVES, J.L.M., ed. **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba: IPEF, 2004. p. 85- 111.
- TOMAZ MA, SILVA SR, SAKIYAMA NS, MARTÍNEZ HEP. Eficiência de absorção, translocação e uso de cálcio, magnésio e enxofre por mudas enxertadas de *Coffea arabica* L. 2003. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 27: 885-892.