

CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE MUDAS DE PINHÃO MANSO INFLUENCIADOS PELA SUBSTITUIÇÃO DO POTÁSSIO PELO SÓDIO¹

INÊZ PEREIRA DA SILVA^{2*}, CLEBER LÁZARO RODAS³, EWERTON DILELIS FERREIRA³,
JANICE GUEDES DE CARVALHO³

RESUMO - Devido à crise do petróleo e à preocupação com o meio ambiente, a demanda mundial por biocombustíveis tem-se expandido rapidamente nos últimos anos, por isso o pinhão manso tem despertado a atenção dos pesquisadores para o desenvolvimento de pesquisas sobre a espécie. O objetivo do trabalho foi verificar os efeitos do fornecimento de Na em substituição à nutrição potássica no crescimento e na nutrição de mudas de pinhão manso. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando-se solução nutritiva. Empregou-se o delineamento inteiramente casualizado em cinco proporções de substituição do K pelo Na: 100% (T1); 75% (T2); 50% (T3); 25% (T4) e 0% (T5). Assim, as concentrações (em mM) de K:Na nos respectivos tratamentos foram: T1 = 0:6,0; T2 = 1,5:4,5; T3 = 3,0:3,0; T4 = 4,5:1,5; T5 = 6,0:0. As fontes de K e Na utilizadas foram KNO₃ e NaNO₃, respectivamente. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias avaliadas pelo teste Scott & Knott, a 5% de probabilidade. As variáveis de crescimento e nutrição mineral de mudas de pinhão manso são influenciadas pela substituição do K pelo Na, variando de acordo com a característica estudada. O Na substitui, parcialmente, o K na nutrição de mudas de pinhão manso, e constitui uma estratégia para diminuir as doses dos fertilizantes potássicos aplicados.

Palavras-chave: *Jatropha curcas* L. Biocombustível. Nutrição mineral. Adubação potássica.

GROWTH AND NUTRITION OF PHYSIC NUT SEEDLINGS INFLUENCED BY THE REPLACEMENT OF POTASSIUM BY SODIUM

ABSTRACT - Due to the oil crisis and concern about the environment, global demand for biofuels has expanded rapidly in recent years, so the physic nut has attracted the attention of researchers for the development of research on this specie. The aim of the present work was to verify the effects of the supply of Na to replace potassium nutrition on growth and nutrition of physic nut seedlings. The experiment was conducted in greenhouse conditions using nutrient solution. We used the completely randomized design in five proportions of replacing K by Na: 100% (T1), 75% (T2), 50% (T3), 25% (T4) and 0% (T5). Thus, the concentrations (in mM) of K:Na in the treatments were: T1 = 0:6.0; T2 = 1.5:4.5; T3 = 3.0:3.0; T4 = 4.5:1.5; T5 = 6.0:0. The sources of K and Na used were KNO₃ and NaNO₃, respectively. Data were subjected to analysis of variance and means evaluated at Scott & Knott test at 5% probability. The growth and mineral nutrition variables of physic nut seedlings are influenced by the substitution of K by Na, varying according to the characteristic studied. Na replaces partially the K nutrition of physic nut seedlings and establishing a strategy to reduce the doses of K fertilizer applied.

Keywords: *Jatropha curcas* L. Biofuel. Mineral nutrition. Potassium fertilization.

*Autor para correspondência.

¹Recebido para publicação em 24/07/2012; aceito em 14/02/2014

²EPAMIG-CTNM, Rodovia MGT, 122, km 155 - Caixa Postal 12, Zona Rural, 39525-000, Nova Porteirinha-MG; inezps@yahoo.com.br

³Departamento de Ciência do Solo, UFLA, Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras-MG; cleberrodas@yahoo.com.br; ewertondilelis@yahoo.com.br; janicegc@dcs.ufla.br

INTRODUÇÃO

Devido à crise do petróleo e à preocupação com o meio ambiente, a demanda mundial por biocombustíveis tem-se expandido rapidamente nos últimos anos, por isso o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) tem despertado a atenção dos pesquisadores para o desenvolvimento de pesquisas sobre a espécie.

O Brasil apresenta condições propícias para se tornar um dos maiores produtores de biodiesel do mundo, por dispor de solo e clima adequados ao cultivo de oleaginosas, sendo que, parte dessa área não é favorável ao plantio de gênero alimentício (MIRAGAYA, 2005).

O pinhão manso é apontado como uma planta capaz de se desenvolver e produzir em terrenos marginais e atuar na recuperação de áreas degradadas. Segundo Arruda et al. (2004) e Oliveira et al. (2010), essa cultura pode ser considerada uma opção agrícola para a região nordeste, por ser uma espécie exigente em insolação e com forte resistência à seca.

O potássio (K) é um dos nutrientes mais deficitários, para a maioria dos solos do Brasil, com isso há necessidade de se incorporar altas quantidades deste nutriente no solo, no entanto, os sais de K apresentam elevados custos de aquisição, com isso a possibilidade de substituí-lo por outras fontes mais econômicas é uma boa opção (LOPES et al., 2012).

O K tem inúmeras funções na planta, atuando, principalmente, na ativação de vários sistemas enzimáticos, participando na regulação osmótica, na manutenção de água na planta por meio de controle da abertura e fechamento dos estômatos, fotossíntese e translocação de fotossintatos e outros (ERNANI et al., 2007).

O excesso de sais, dentre os mais preocupantes, o sódio (Na), promove a retenção de água no solo, tornando-a cada vez menos acessível às plantas; além disso, íons em excesso, podem interferir no metabolismo do protoplasma. A habilidade das plantas em sobreviver sob condições salinas é importante para sua distribuição geográfica e para a agricultura nas regiões salinizadas (FREIRE et al., 2010). Apesar de não ser um elemento essencial, o Na, vem despertando a atenção pelo papel na nutrição de plantas em substituir o K parcialmente em algumas funções. Pesquisa realizada por Almeida (2009) concluiu que o Na substituiu em parte o K na nutrição do *Eucalyptus grandis*, possibilitando a economia nas doses de K aplicadas nessa cultura.

Segundo Yoshida e Castaneda (1965) quando a disponibilidade de K à planta é diminuída percebe-se com maior evidência os efeitos benéficos do Na na substituição parcial do K e no crescimento das plantas. Como é apresentado na literatura é necessário que se tenha um mínimo necessário de K para o desenvolvimento das plantas, pois existem enzimas que são ativadas apenas pelo K (MARSCHNER, 1995).

Objetivou-se, no presente trabalho, verificar os efeitos do fornecimento de Na em substituição à nutrição potássica no crescimento e na nutrição de mudas de pinhão manso.

MATÉRIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras-MG. As plantas de pinhão manso utilizadas no experimento foram propagadas via sementes e germinadas em bandeja utilizando como substrato a areia. Quando as mudas apresentaram porte propício para seu transplantio, foram transferidas para solução nutritiva completa de Hoagland e Arnon (1950), com 25% de sua força iônica sob aeração constante, para um período de adaptação de 10 dias. Durante a condução do experimento, a força iônica da solução foi aumentada gradativamente. Após o período de adaptação, as plantas foram transplantadas para vasos com capacidade para três litros de solução nutritiva, e foram aplicados os tratamentos. Os vasos foram previamente pintados, em sua superfície externa, com tinta de cor alumínio. Como suporte para a fixação da planta no vaso foi utilizado uma tampa de isopor. As soluções nutritivas foram trocadas quinzenalmente.

As soluções estoques dos nutrientes foram preparadas com reagentes p.a. e água destilada. As soluções nutritivas foram preparadas com água deionizada e, durante o intervalo de renovação das soluções, o volume dos vasos foi completado, sempre que necessário, utilizando-se água deionizada.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, com um vaso por parcela, quatro repetições e cinco tratamentos. Os tratamentos foram constituídos por cinco proporções de substituição do K pelo Na na solução de Hoagland e Arnon (1950): 100% (T1); 75% (T2); 50% (T3); 25% (T4) e 0% (T5). Assim, as concentrações (em mM) de K:Na nos respectivos tratamentos foram: T1 = 0:6,0; T2 = 1,5:4,5; T3 = 3,0:3,0; T4 = 4,5:1,5; T5 = 6,0:0. As fontes de K e Na utilizadas foram KNO₃ e NaNO₃ puras para análise (p.a.), respectivamente, sendo assim, mesmo na utilização de fontes diferentes, a concentração de N manteve-se equilibrada.

Após 11 meses de cultivo nos tratamentos, as plantas foram colhidas e avaliadas quanto à sua altura, diâmetro do caule e número de folhas. Em seguida, as plantas foram divididas em folha, caule e raiz, sendo os mesmos lavados em água corrente e destilada, após, o material foi seco em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65-70°C, até que apresentasse massa constante. O material vegetal foi pesado em balança de precisão para a determinação da massa da matéria seca.

Segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997), os teores de nitrogênio foram determi-

nados pelo método Micro Kjeldahl. No extrato, obtido por digestão nitroperclórica, foram dosados o fósforo por colorimetria, o potássio por fotometria de chama, os teores de cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco por espectrofotometria de absorção atômica e os de enxofre total por turbidimetria. Os teores de boro foram determinados pelo método colorimétrico da curcumina com digestão por via seca.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias avaliadas pelo teste Scott & Knott, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação do desenvolvimento das mudas, que contemplou o número de folhas, diâmetro de caule e altura de plantas, verificou-se que o mesmo

foi significativamente influenciado pelos efeitos dos tratamentos (Figura 1). Notou-se que nos tratamentos onde não houve substituição do K pelo Na e na proporção de 50% de cada nutriente, T5 e T3, respectivamente, as plantas apresentaram, na avaliação da altura, maiores valores, quando comparadas aos demais tratamentos, enfatizando-se que, no tratamento onde houve a total substituição do K pelo Na (T1), houve diminuição de 48,45% na altura de plantas em relação ao tratamento com 100% de K aplicado em solução, corroborando com os resultados encontrados por Freire et al. (2010). Assim como na avaliação da altura de plantas, o número de folhas diminuiu com a aplicação somente do Na à uma taxa de 72,09% em relação à média dos demais tratamentos. Para o diâmetro de caule, os tratamentos não diferiram entre si, resultando em uma média de 2,29 cm.

Korndörfer (2006) cita que, de maneira geral, os sintomas de toxicidade de Na estão associados à redução no crescimento e na produção, além do amarelecimento e murchamento das plantas.

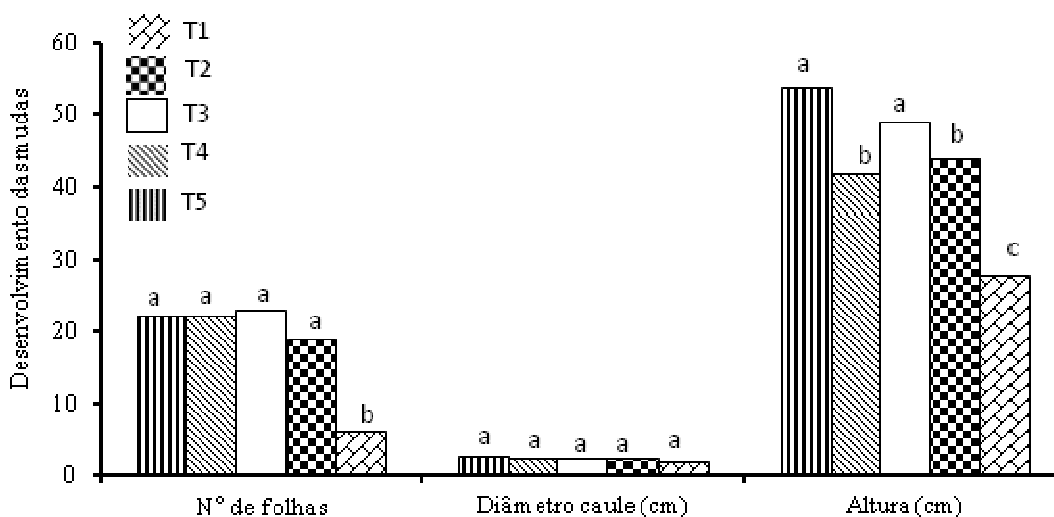


Figura 1. Desenvolvimento das mudas de pinhão manso, em função das proporções de Na:K fornecidas na solução nutritiva, sendo, 100% : 0% (T1); 75% : 25% (T2); 50% : 50% (T3); 25% : 75% (T4); e 0% : 100% (T5). Dentro de cada característica avaliada, médias seguidas de letras iguais não diferem entre si (Scott Knott, $P < 0,05$).

Observou-se que, no tratamento onde não houve substituição do K pelo Na, houve maior acréscimo de massa de matéria seca do caule, comparado aos demais tratamentos. Oliveira et al. (2010), trabalhando com crescimento do pinhão manso em função da salinidade da água de irrigação, concluíram que as plantas sofrem atraso na fase inicial de crescimento quando submetidas às condições de estresse salino.

Quanto à avaliação da massa seca foliar, notou-se que, a aplicação total de K não diferiu estatisticamente da sua substituição de 50% e 25% pelo Na,

apresentando médias maiores que os demais tratamentos. A massa de matéria seca da raiz diminuiu com a aplicação somente do Na à uma taxa de 56,05% em relação à média dos demais tratamentos.

Segundo Saturnino et al. (2005), o pinhão manso emite raízes profundas, podendo tolerar solos ácidos e salinos. Esses mesmos autores salientam que, há um possível efeito benéfico do Na na nutrição da planta.

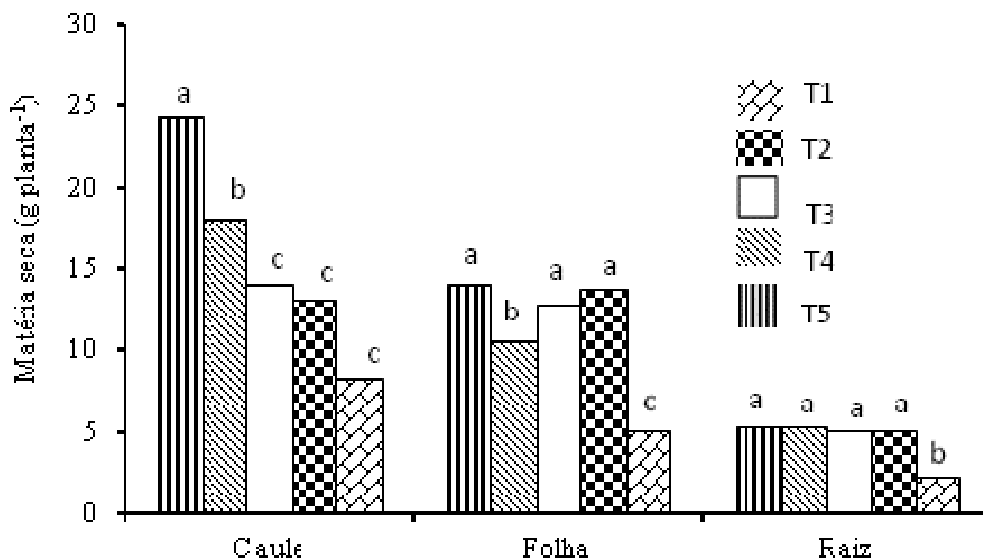


Figura 2. Produção de massa seca de caule, folha e raiz em mudas de pinhão manso, em função das proporções de Na:K fornecidas na solução nutritiva, sendo, 100% : 0% (T1); 75% : 25% (T2); 50% : 50% (T3); 25% : 75% (T4); e 0% : 100% (T5). Dentro de cada característica avaliada, médias seguidas de letras iguais não diferem entre si (Scott Knott, $P < 0,05$).

Neste trabalho, quanto aos aspectos nutricionais das plantas, foi dada ênfase à nutrição potássica. No entanto, o efeito dos tratamentos sobre os demais nutrientes também foi analisado. Os resultados obtidos mostram que a substituição de Na pelo K interferiu nos teores dos macronutrientes e micronutrientes (Tabela 1).

Os teores de nitrogênio (N) e boro (B) não diferiram estatisticamente entre si com a aplicação dos tratamentos. Em trabalhos com pinhão manso, Sousa et al. (2012) e Laviola e Dias (2008), verificaram teores foliares de N e B abaixo dos encontrados nesse experimento.

Quando houve a substituição total do K pelo Na, houve acréscimo nos teores de fósforo (P), cálcio (Ca), ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu) e manganês (Mn), devido, provavelmente ao efeito de concentração, já que a produção de matéria seca nesse tratamento foi a menor entre todos. Segundo Faquin (2005), quando há o crescimento reduzido da planta pode ocorrer a concentração de alguns nutrientes em seus tecidos, mesmo que a absorção total desses seja menor. Em geral, esses resultados, vão de encontro aos observados por Sousa et al. (2012), onde, com o aumento da salinidade do meio de cultivo, houve aumento linear nos teores foliares de P, Ca, Mn e Zn.

Os teores de K foram maiores nos tratamentos T3, T4 e T5, não diferindo entre si, sendo que, quando houve a omissão total de K na solução de cultivo, houve decréscimo no teor foliar desse nutriente. A concentração externa de íons é um dos fatores que afetam a absorção iônica radicular (MALAVOLTA,

2006). O efeito antagônico do Na sobre o K é um processo bastante evidenciado nos estudos com salinidade, sugerindo competição entre esses dois íons (FREIRE et al., 2010).

A salinidade decresce o teor de K e o de Ca nas plantas (AL-HARBI, 1995), porém, os resultados do atual trabalho mostram que as plantas do tratamento T1 absorveram maiores quantidades de Ca em relação aos demais tratamentos, isso pode ser explicado, provavelmente, pela relação antagonística entre K e Ca ser maior do que entre Na e Ca.

Observou-se menor teor foliar de magnésio (Mg) no tratamento onde houve a substituição total do K pelo Na na solução. Malavolta (2006) cita que há interação entre K e Mg, em que a presença de um interfere negativamente na absorção do outro pelas plantas, porém, no tratamento T1 houve a omissão total de K na solução, portanto, possivelmente houve efeito de diluição, devido à maior produção de matéria seca nesse tratamento. Merhaut (2007) citam que, sob altas concentrações de Na em solo ou solução nutritiva há inibição do acúmulo de Mg em plantas. Com e sem a aplicação do K, notou-se menor teor foliar de enxofre (S) nas plantas cultivadas sob esses tratamentos.

Devido, provavelmente, à baixa produção de matéria seca, a interação com o Na e a ausência do K, os acúmulos de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mn, Fe e Zn foram reduzidos no tratamento onde houve substituição total do K pelo Na. O acúmulo de Cu não diferiu estatisticamente com a aplicação dos tratamentos.

Tabela 1. Teores foliares e acúmulo total de macro e micronutrientes em mudas de pinhão manso em função das proporções de Na:K fornecidas na solução nutritiva, sendo, 100% : 0% (T1); 75 % : 25% (T2); 50% : 50% (T3); 25% : 75% (T4); e 0% : 100% (T5).

Nutrientes	Tratamentos				
	T1	T2	T3	T4	T5
-----Teores foliares (g kg ⁻¹)-----					
N	31,75a*	35,50a	38,00a	40,50a	37,75a
P	7,00a	5,00b	5,00b	5,00b	4,75b
K	9,5c	23,25b	31,25a	32,50a	32,50a
Ca	24,00a	17,00b	16,75b	13,25c	13,75c
Mg	2,75b	6,00a	7,25a	6,00a	5,75a
S	2,25b	3,00a	2,75a	3,00a	2,00b
-----Teores foliares (mg kg ⁻¹)-----					
B	57,00a	46,75a	56,75a	57,25a	50,50a
Cu	6,25a	4,75b	4,00c	3,50c	3,25c
Zn	17,00a	12,50b	12,75b	10,50c	10,00c
Mn	242,00a	205,75b	197,00b	178,25c	187,75c
Fe	256,00a	154,75b	161,75b	153,00b	166,75b
-----Acúmulo total (mg planta ⁻¹)-----					
N	406,24c	847,33b	849,44b	828,84b	1031,78a
P	89,05b	146,73a	136,40a	139,80a	177,73a
K	150,06d	679,43c	923,05b	992,70b	1324,18a
Ca	188,8c	374,80a	365,28a	291,48b	398,93a
Mg	47,80b	157,52a	148,91a	111,17a	142,60a
S	28,27b	62,79a	60,26a	61,17a	67,66a
-----Acúmulo total (µg planta ⁻¹)-----					
B	534,95b	1168,52a	1294,44a	1246,05a	1408,62a
Cu	107,38a	163,63a	135,62a	120,48a	149,07a
Zn	209,39b	351,94a	332,30a	265,28b	337,91a
Mn	2852,58b	6190,30a	6096,22a	5658,24a	7713,00a
Fe	1921,31b	2927,08a	2903,65a	2636,60a	3354,12a

*Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si (Scott Knott, P<0,05).

CONCLUSÕES

As variáveis de crescimento e nutrição mineral de mudas de pinhão manso são influenciadas pela substituição do K pelo Na, variando de acordo com a característica estudada.

O Na substitui, parcialmente, o K na nutrição de mudas de pinhão manso, e constitui uma estratégia para diminuir as doses dos fertilizantes potássicos aplicados.

AGRADECIMENTOS

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão de bolsas de estudo e auxílio financeiro à condução do experimento e publicação do artigo científico.

REFERÊNCIAS

AL-HARBI, A. R. Growth and nutrient composition of tomato and cucumber seedlings as affected by sodium chloride salinity and supplemental calcium. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 18, n. 7, p. 1403-1416, 1995.

ALMEIDA, J. C. R. **Nutrição, crescimento**, eficiência de uso de água e de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus grandis* fertilizados com potássio e sódio. Piracicaba. 2009. 112 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009.

ARRUDA, F. T. et al. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campinas Grande, PB, v. 8, n. 1, p. 789-799, 2004.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 551-594.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183 p.

FERREIRA, D. F. **SISVAR software**: versão 4.6. Lavras: DEX/UFLA, 2003.

FREIRE, A. L. O.; RODRIGUES, T. J. D.; MIRANDA, J. R. P. Crescimento e nutrição de plantas de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Vit)

sob salinidade. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 1-6, 2010.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture** methods for growing plants without soil. Berkeley: University of California - The College of Agriculture. 1950. 32 p. (Circular, 347).

KORNDÖRFER, G. H. Elementos benéficos. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 355-374.

LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 1969-1975, 2008.

LOPES, A. S.; ROQUETTI FILHO, D. GUILHERME, L. R. G. The rapidly developing fertilizer sector of Brazil. In: **FERTILIZER LATINO AMERICANO**. Buenos Aires. 2012. (Palestra proferida).

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação** do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 889 p. 1995.

MERHAUT, D. J. Magnesium. In: BARKER, A. V.; PILBEAM, D. J. (Ed.). **Handbook of plant nutrition**. Boca Raton: CRC Press/ Taylor & Francis. 2007. p. 146-181.

MIRAGAYA, J. C. G. Biodiesel: tendências no mundo e no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 7-13, 2005.

OLIVEIRA, I. R. S. et al. Crescimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em função da salinidade da água de irrigação. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 40-45, 2010.

SATURNINO, H. M. et al. Cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44-78. 2005.

SOUSA, A. E. C. et al. Teores de nutrientes foliares e respostas fisiológicas em pinhão manso submetido a estresse salino e adubação fosfatada. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 144-152, 2012.

YOSHIDA, S.; CASTANEDA, L. Partial replacement of potassium by sodium in the rice plant under

weakly saline conditions. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 15, n. 4, p. 183-186, 1969.