

Acumulação de nutrientes em mudas de moringa (*Moringa oleifera* Lam) sob omissão de macronutrientes¹

Nutrient accumulation in moringa (*Moringa oleifera* Lam) seedlings in response to macronutrient omission

Hugo Vieira², Lucia Helena Garófalo Chaves³ e Ricardo Almeida Viégas⁴

Resumo - A *Moringa oleifera* Lam. é uma espécie arbórea pertencente à família Moringaceae, adaptada às condições áridas e semi-áridas e de uso diversificado com especial destaque na ornamentação de parques e jardins, na alimentação animal, na complementação alimentar humana e na medicina. Uma vez que são poucas as informações sobre essa planta, o trabalho teve como objetivo avaliar o acúmulo de nutrientes nas raízes e parte aérea de mudas submetidas a diferentes soluções nutritivas com exclusão de macronutrientes. Os tratamentos consistiram de sete soluções nutritivas: 1) solução completa (SC); 2) SC-N; 3) SC-P; 4) SC-K; 5) SC-Ca; 6) SC-Mg; 7) SC-S. O N e o K foram os macronutrientes mais acumulados nas mudas, seguidos pelo Ca, S, P e Mg. Os nutrientes omitidos da solução nutritiva apresentaram-se em teores mais baixos nos tecidos vegetais. A omissão de todos os elementos, com exceção do P, aumentou a concentração de P nas mudas. A omissão de Ca e de K da solução nutritiva favoreceu o aumento da concentração de Mg nas mudas. O aumento da concentração de Ca nas mudas foi favorecido com a omissão, na solução de tratamento, de K e de Mg. A omissão de N diminuiu, em todas as partes das plantas, a acumulação de K, Ca e Mg. As concentrações de P e N, em todas as partes das plantas, aumentaram e diminuíram, respectivamente, com a omissão de S na solução nutritiva.

Palavras-chave: Nutrição mineral. Solução nutritiva. Mudas.

Abstract - *Moringa oleifera* Lam belongs to Moringaceae family and it is well adapted to arid and semiarid conditions and it is largely used as ornamental plant in parks and gardens, as animal feeding, as human diet and as medicine. Since, research information about this plant is rare, the current work aimed to evaluate nutrient accumulation in roots and shoot system of *Moringa oleifera* Lam seedlings, growing hidroponically, under condition of macronutrient omission. The used treatments were: (1) nutritive solution containing all required macronutrients (experimental control) or lacking (2) N; (3) P; (4) K; (5) Ca; (6) Mg and (7) S. Nitrogen and K were the most accumulated macronutrients in the plants followed by Ca, S, P and Mg. The omitted nutrients of the nutritive solution presented the lowest concentrations in the plants. The lack of all the elements, except P, increased the concentration of P in the plants. The omission of Ca and K of the nutritive solution supported the increase of the Mg concentration in the plants. The increase of the Ca concentration in the plants was helped by the omission of K and Mg. The K, Ca and Mg accumulation in the tissues decreased with lack of N in the nutritive solution. The concentrations of P and N in all the parts of the plants increased and decreased with the omission of S in the nutrient solution, respectively.

Key words: Mineral solution. Nutritive solution. Seedling.

¹ Recebido para publicação em 31/07/2007; aprovado em 30/10/2007

Parte da Dissertação apresentada pelo primeiro autor ao curso de Engenharia Agrícola - UFCG, Campina Grande, PB.

² Eng. Agrônomo, M.Sc., Engenharia Agrícola, UFCG, PB, hugo1vieira@yahoo.com.br

³ Eng. Agrônomo, Ph.D., Profa. Titular da Unidade Acadêmica de Eng., CTRN/UFCG, Avenida Aprígio Veloso, 882, CEP:58.109.970, Campina Grande-PB, lhgarofalo@hotmail.com

⁴ Eng. Florestal, Dr., Prof. Adjunto do Dep. de Eng. Florestal, UFCG, PB, raviegas@uol.com.br

Introdução

Moringa oleifera (moringa), espécie perene da família Moringaceae e originária do nordeste indiano, foi introduzida no Brasil por volta de 1950 (AMAYA et al., 1992), adaptando-se muito bem às regiões do cerrado e semi-árida (BAKKE, 2001). Trata-se de uma planta de uso diversificado, com especial destaque na ornamentação de parques e jardins, na alimentação animal, na complementação alimentar humana e na medicina. Sua adaptabilidade à região semi-árida tem levado ao desenvolvimento de várias pesquisas, principalmente no que diz respeito ao desenvolvimento da moringa quando submetida a diferentes níveis de salinidade e tipos diferentes de sais. No entanto, poucos são os trabalhos na literatura direcionados ao conhecimento da moringa quanto ao aspecto da sua exigência nutricional e acúmulo de nutrientes. Desta forma, é preponderante a obtenção de dados científicos sobre a nutrição da mesma, principalmente por se tratar de uma espécie exótica, de forma a contribuir com questões relativas ao seu desenvolvimento, melhoria de sua produtividade e da qualidade de seus produtos.

A diagnose por subtração caracteriza-se por realizar cultivo de plantas, geralmente em casa de vegetação, em substratos os mais variados possíveis (solo, areia lavada, vermiculita, serragem de madeira, solução nutritiva, etc.) nos quais se adiciona o tratamento completo e uma série de tratamentos em que um nutriente essencial não é adicionado. Essa técnica tem permitido avanços no conhecimento da necessidade nutricional das culturas, pois é possível controlar mais adequadamente a composição da solução e eliminar a heterogeneidade e complexidade que se apresenta no solo (EPSTEIN, 1975). Esse conhecimento sobre determinada espécie é a base da identificação e correção de suas deficiências nutricionais, contribuindo para que a mesma sobreviva em diferentes tipos de solo (NAMBIAR, 1989). O objetivo deste trabalho foi avaliar o acúmulo de nutrientes nas raízes e parte aérea de mudas de moringa submetidas a diferentes soluções nutritivas com exclusão de macronutrientes.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEAg) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande (PB).

A produção de mudas de moringa foi feita por sementes provenientes da entidade Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa (AS-PTA) - Núcleo de Remígio, PB. Inicialmente as sementes foram submetidas à esterilização superficial com solução comercial de hipoclorito de sódio (5% v/v), durante 10 minutos. Em seguida foram lavadas com água destilada de forma a permitir a completa remoção do agente esterilizante utilizado. Ao final desta fase, as sementes foram completamente imersas em água destilada, por um período de 24 horas, com os objetivos de acelerar e também de obter uma maior homogeneidade no processo de germinação (CÁCERES et al., 1991).

Após este período, as sementes foram acondicionadas, para germinarem, em bandejas plásticas (37 x 30 x 14 cm) contendo areia passada em peneira com abertura de malha de 2 mm e lavada com solução de ácido clorídrico (HCl) comercial na proporção de 1:10 (ácido:água), de forma a provocar a completa remoção das frações coloidais bem como de íons presentes na mesma.

Durante o período de germinação, a umidade do substrato foi mantida próxima àquela correspondente a sua capacidade máxima de retenção de água, mediante irrigações diárias com solução contendo 1,0 mmol L⁻¹ de CaSO₄.

Decorridos quinze dias da germinação, plantas jovens de moringa, com aproximadamente 10 cm de altura e dois pares de folhas definitivas, foram transferidas para recipientes plásticos (12 cm de altura, 9 cm de diâmetro na parte superior e 4 cm na parte inferior, com volume total, aproximadamente, 0,5 dm³), contendo areia lavada como substrato.

Após o transplante, as plantas foram submetidas a um período de aclimação à solução nutritiva. Para isso, nos primeiros oito dias, as irrigações foram conduzidas com solução nutritiva completa de Hoagland e Arnon (1950) com 10% da sua força iônica original.

A partir desse período, a força iônica da solução foi sendo gradativamente duplicada até atingir, ao final de 9 dias, 80%; sob essas condições, as plantas foram cultivadas por mais 15 dias (plantas com 47 dias de germinadas) quando então foram submetidas às diferentes soluções nutritivas (Tabela 1) referentes aos sete tratamentos: T1 solução completa (SC); T2 solução completa com omissão de nitrogênio (-N); T3 solução completa com omissão de fósforo (-P); T4 solução completa com omissão de potássio (-K); T5 solução completa com omissão de cálcio (-Ca); T6 solução completa com omissão de magnésio (-Mg); T7 solução completa com omissão de enxofre (-S).

Tabela 1 - Composição das soluções nutritivas completa e com deficiência de nutrientes

| Solução estoque | Completa | mL de solução estoque / L solução de tratamento | | | | | | |
|---|----------|---|-----|-----|-----|------|------|-----|
| | | CaSO ₄ | - N | - P | - K | - Ca | - Mg | - S |
| KNO ₃ , 1M | 4,8 | - | - | 4,8 | - | 4,8 | 4,8 | 4,8 |
| Ca(NO ₃) ₂ . 4H ₂ O, 1M | 3,2 | - | - | 3,2 | 3,2 | - | 3,2 | 3,2 |
| NH ₄ H ₂ PO ₄ , 1M | 0,8 | - | - | - | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| MgSO ₄ . 7H ₂ O, 1M | 1,6 | - | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | - | - |
| NH ₄ NO ₃ , 1M | - | - | - | - | 0,8 | 0,8 | - | - |
| CaSO ₄ . 2H ₂ O, 0,01 M | - | 1,0 | - | - | - | - | - | - |
| NaNO ₃ , 1M | - | - | - | - | 3,2 | 4,8 | - | - |
| KH ₂ PO ₄ , 1M | - | - | 0,8 | - | - | - | - | - |
| K ₂ SO ₄ , 0,5M | - | - | 4,0 | - | - | - | - | - |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ , 1M | - | - | - | 0,4 | - | - | - | - |
| MgCl ₂ . 6H ₂ O, 1M | - | - | - | - | - | - | - | 1,6 |
| Na ₂ SO ₄ , 1M | - | - | - | - | - | - | 1,6 | - |
| CaCl ₂ - 2H ₂ O, 1M | - | - | 1,6 | - | - | - | - | - |
| Fe-EDTA, 1M | 0,8 | - | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Micronutrientes* | 0,8 | - | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |

* Fe Cl₃ 6H₂O, 40 mM; Na₂ EDTA, 40 mM; H₃BO₃, 25 mM; Mn Cl₂. 4H₂O, 2 mM; ZnCl₂, 2 mM; NaCl, 50 mM; CuCl₂. 2H₂O, 0,5 mM; H₂MoO₄ (85% MoO₃), 0,5 mM

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, constituído por sete tratamentos, conforme anteriormente descritos, com três repetições, sendo cada repetição constituída por três mudas, cultivadas em vasos individuais, totalizando, desta forma, 63 mudas.

Durante o período da aplicação dos tratamentos, as plantas foram irrigadas duas vezes por dia, com um volume de solução suficiente para permitir uma ampla drenagem. O volume de solução utilizado foi sempre superior a 200 mL planta⁻¹ dia⁻¹, e variou de acordo com o estágio de crescimento das plantas e com as condições de clima. Esse procedimento foi necessário para manter tanto a concentração dos nutrientes, como o valor de pH no ambiente radicular, com variações mínimas ao longo de todo o período experimental.

As plantas foram irrigadas com as soluções correspondentes a cada tratamento por um período de 30 dias após o qual, elas foram separadas em folhas, caules e raízes, secadas, em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por 96 horas, pesadas em balança de precisão e submetidas à digestão nítrico-perclórica (BLANCHARD et al., 1963), para dosagem dos teores totais de Ca, Mg, K, P e S. Os teores de N foram determinados pelo método semimicro Kjeldhal (JONES et al., 1991). Os dados foram submetidos à análise

de variância e as medias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (GOMES, 1978; FERREIRA, 2000).

Resultados e Discussão

Nas mudas de moringa desenvolvidas com solução nutritiva completa, a acumulação dos nutrientes (g kg⁻¹ de MS) na planta como um todo ocorreu na seguinte ordem decrescente: N, K, Ca, S, P e Mg (Figura 1). Observa-se que

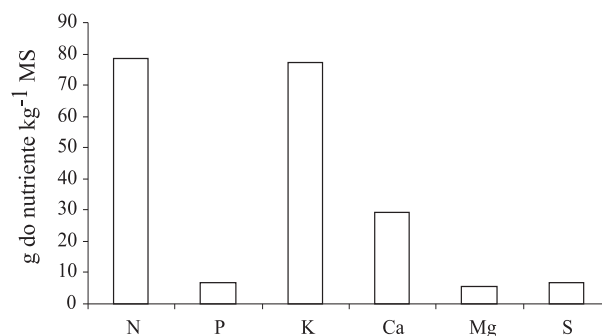


Figura 1 - Concentração dos nutrientes acumulados nas plantas de moringa no final do experimento

Tabela 2 - Médias gerais para as concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S na massa seca das raízes, caule e folhas das plantas de moringa

| Tratamentos | Nutrientes (g kg ⁻¹) | | | | | |
|-------------|----------------------------------|------------|-----------|-----------|------------|----------|
| | N | P | K | Ca | Mg | S |
| Raízes | | | | | | |
| SC | 21,64 a | 2,09 c | 26,44 a | 12,08 a | 2,10 a | 3,66 a b |
| -N | 7,47 c | 3,12 a b | 17,76 b | 3,99 d | 1,23 d | 4,08 a |
| -P | 19,02 a b | 0,86 d | 21,45 a b | 8,42 b | 2,30 a b c | 3,76 a b |
| -K | 20,19 a | 3,77 a | 5,40 c | 13,30 a | 3,15 a | 3,17 b |
| -Ca | 21,47 a | 2,74 b c | 23,10 a b | 2,57 d | 2,68 a b | 3,03 b |
| -Mg | 19,37 a | 2,80 b | 19,42 b | 13,33 a | 0,77 d | 3,37 a b |
| -S | 16,34 b | 3,74 a | 21,26 a b | 7,27 b c | 1,93 c | 1,96 c |
| DMS | 2,86 | 0,69 | 6,50 | 3,08 | 0,56 | 0,73 |
| Caule | | | | | | |
| SC | 19,43 a | 2,41 b | 27,16 a b | 5,22 b | 1,46 c | 2,94 a |
| -N | 7,82 c | 3,62 a | 17,58 d | 5,31 b | 1,12 e | 3,03 a |
| -P | 15,64 b | 0,59 c | 20,52 c d | 5,88 a b | 1,34 c d | 3,06 a |
| -K | 21,58 a | 3,47 a | 8,90 e | 5,39 b | 1,79 b | 3,22 a |
| -Ca | 19,25 a | 4,11 a | 28,15 a | 1,76 c | 2,10 a | 3,32 a |
| -Mg | 19,78 a | 3,55 a | 26,95 a b | 7,04 a | 0,52 f | 3,43 a |
| -S | 15,93 b | 4,34 a | 23,29 b c | 4,91 b | 1,22 d e | 0,78 b |
| DMS | 3,00 | 0,99 | 4,62 | 1,30 | 0,19 | 0,25 |
| Folha | | | | | | |
| SC | 37,45 a b | 2,31 c d e | 23,48 a | 12,08 b c | 2,12 c | 1,86 a |
| -N | 17,74 d | 3,96 a b | 24,77 a | 11,06 b c | 1,57 c d | 1,83 a |
| -P | 28,70 c | 1,55 d e | 20,89 a b | 12,10 c | 1,77 c d | 1,87 a |
| -K | 26,24 c | 3,55 a b c | 7,04 c | 17,40 a | 3,70 a | 1,93 a |
| -Ca | 37,51 a b | 4,43 a | 21,08 a b | 6,04 d | 3,10 a b | 1,80 a |
| -Mg | 41,89 a | 2,82 b c d | 26,98 a | 14,15 b | 1,26 c d | 1,60 a |
| -S | 29,63 c | 3,33 a b c | 19,60 a b | 13,06 b c | 2,13 b c | 1,83 a |
| DMS* | 5,39 | 1,47 | 9,49 | 3,01 | 0,97 | 0,33 |

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente (Tukey, $p > 0,05$); *DMS= diferença mínima significativa

houve uma acumulação preferencial nas plantas de N e K, comparativamente aos outros elementos. Considerando as diversas partes das plantas, a concentração de nutrientes acumulados nas raízes e caules seguiu a ordem decrescente K, N, Ca, S, P e Mg; nas folhas essa seqüência foi alterada e o N passou a ser o nutriente mais acumulado seguido por K, Ca, P, Mg e S (Tabela 2). As concentrações foliares destes elementos encontradas nas plantas de moringa são, em alguns casos, maiores que a média freqüentemente observada no tecido foliar de uma ampla variedade de espécies vegetais (TISDALE et al., 1993; SILVA; MUNIZ, 1995).

Em geral, pode-se dizer que houve uma acumulação preferencial de N nas folhas das plantas de moringa, comparativamente às raízes e ao caule (Tabela 2).

A omissão de N resultou em uma acentuada redução nas concentrações de N-total em todos os tecidos analisados das plantas de moringa corroborando com os dados de guarantã, observados por Sorreano (2006). Nas raízes, caule e folhas as concentrações de N representaram, respectivamente, 34,52; 40,24; 47,36% dos valores observados no controle (SC) (Tabela 2). O fato da concentração de N total das raízes ter sido 65,48% menor, deve ter

influenciado no balanço entre carboidratos e proteínas presentes nas mesmas uma vez que, de acordo com Tisdale et al. (1993), quando o suprimento de N não é suficiente, há um substancial acúmulo de carboidratos nas células vegetativas, principalmente nas raízes.

A distribuição e a concentração dos outros macronutrientes nas diferentes partes da planta, principalmente nas raízes (Tabela 2) também variou com a omissão de N. No caso do P, os aumentos significativos na concentração deste nutriente no caule, folhas e raízes (Tabela 2) decorrem de incrementos na absorção líquida (influxo > efluxo); na verdade, o acúmulo de P nas raízes foi de 3,12 g kg⁻¹, enquanto que nas plantas do controle foi de 2,09 g kg⁻¹. No caule e folhas das plantas cultivadas sem N, o P acumulado atingiu 3,62 e 3,96 g kg⁻¹, respectivamente. No controle experimental estas concentrações foram de 2,41 e 2,31 g kg⁻¹, respectivamente, indicando, portanto, que houve aumento na concentração relativa de P com a omissão de N. Contudo, analisando esses resultados em termos absolutos (g planta⁻¹) notou-se a ocorrência de uma redução de 30% no fluxo de P em direção à parte aérea (caule + folhas) em favor de uma acumulação desse nutriente nas raízes.

Em termos comparativos, as concentrações de K, Ca e Mg foram reduzidas nas raízes enquanto que a de S e P aumentaram (Tabela 2). Dados semelhantes também foram encontrados para Ca por Barroso et al. (2005), estudando *Tectona grandis* (teca). Também no caule, o K e Mg tiveram suas concentrações reduzidas (Tabela 2); nesta parte da planta, contudo, as concentrações de S e Ca foram similares àquelas dos respectivos controles; nas folhas, por outro lado, a concentração de P foi superior ao controle (Tabela 2). Portanto, a omissão de N da solução nutritiva provocou uma redução de aproximadamente, 33, 70 e 40% na acumulação/absorção líquida de K, Ca e Mg, respectivamente.

Com a omissão de P as concentrações relativas deste nutriente foram significativamente reduzidas nas raízes, caule e folhas sem, contudo, ter havido maiores influências com relação às concentrações dos demais nutrientes nestas partes da planta (Tabela 2). Nas raízes, somente o Ca teve a sua concentração reduzida; no caule houve redução nas concentrações de N e K, enquanto que o N foi o único elemento que exibiu menores concentrações nas folhas. De forma geral, excluindo o P, a maior redução relativa foi associada ao Ca nas raízes onde a concentração deste elemento representou, apenas, 69,7% daquela observada no controle experimental.

Nas plantas do controle experimental, a quantidade total acumulada de K foi 77,08 g kg⁻¹ (Tabela 2). Por outro

lado, com a sua omissão, esse valor foi reduzido para 21,34 g kg⁻¹, ou seja, houve uma redução em torno de 72% na quantidade acumulada de K por planta. A omissão de K reduziu a sua concentração foliar de 23,48 para 7,04 g kg⁻¹ (Tabela 2), valor este inferior ao encontrado para algumas espécies florestais a exemplo de *Leucaena leucocephala* (leucena), *Prosopis juliflora* (algaroba), *Anadenanthera colubrina* (angico) e *Mimosa hostilis* (jurema-preta) (DANTAS, 2002). É provável, portanto, que uma resposta da moringa à adubação potássica somente seja observada em solos que apresentem acentuada pobreza deste nutriente. A literatura tem mostrado que grande parte das espécies florestais não responde à aplicação de K, sugerindo que as mesmas são adaptadas a uma reduzida disponibilidade deste nutriente no meio de cultivo, possivelmente em razão de uma eficiente aquisição e/ou utilização (SILVA, 1996).

Do ponto de vista da composição elementar, a omissão de K provocou aumentos nas concentrações relativas de P, nas raízes e no caule, de Ca nas folhas e de Mg nos caules e folhas; nessas condições, somente o N total das folhas foi reduzido, sendo este decréscimo de, aproximadamente, 30% (na base de g N / kg MS foliar) (Tabela 2). É provável que esse comportamento seja justificado pelo fato de que a síntese de proteínas é um processo que requer grandes quantidades de K (SALISBURY; ROSS, 1992), muito embora os mecanismos de ação deste nutriente não tenham sido totalmente ainda elucidados.

O aumento na concentração do Ca e Mg nas partes aéreas das plantas pode estar relacionado ao fato da ausência de K no meio favorecer a absorção de Ca e Mg pela planta, pois deixa de existir a inibição competitiva entre eles (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995; BARROSO et al., 2005).

Com a omissão de Ca a concentração desse nutriente passou de 29,38 g kg⁻¹ (SC) para 10,37 g kg⁻¹, o que corresponde a uma redução em torno de 65%. Nessas condições, a composição elementar das raízes não foi alterada, por outro lado, aumentos foram registrados nas concentrações de P e Mg no caule e nas folhas. Dados semelhantes para Mg e para Mg e P foram encontrados por Barroso et al. (2005) e Sarcinelli et al. (2004), estudando sintomas de deficiência em teca e acácia, respectivamente.

O aumento na concentração de Mg com a omissão de Ca pode ser explicado pelo antagonismo que existe entre estes elementos, ou seja, o aumento na concentração externa de um destes elementos implica na diminuição da absorção do outro (EPSTEIN, 1975; MALAVOLTA et al., 1997; MENDONÇA et al., 1999; BARROSO et al., 2005). As modificações provocadas na composição elementar das

plantas de moringa com a omissão de Mg se restringiram a P, K e Ca. O P teve as suas concentrações aumentadas nas raízes e no caule; a concentração de K foi reduzida nas raízes, enquanto que a concentração de Ca aumentou no caule (Tabela 2) corroborando com os resultados encontrados por Barroso et al. (2005), em *Tectona grandis* (teca).

Com a omissão de S, a concentração foliar deste nutriente permaneceu comparável ao controle, entretanto, reduções foram observadas nas raízes e no caule (Tabela 2). A manutenção das concentrações foliares de S em plantas de moringa, a despeito da omissão deste nutriente do meio de cultivo, deve ter sido, em grande parte, favorecida pela translocação deste nutriente a partir das raízes e caules.

Entre as modificações provocadas pela omissão de S na composição elementar das plantas de moringa destacam-se as reduções nas concentrações de N total acompanhada por acréscimos nas concentrações de P nas raízes e caules. No caso do P, é provável que a ausência de $S-SO_4^{2-}$ tenha favorecido sua absorção caracterizando, a princípio, a ocorrência de um efeito competitivo. No caso do N, vários fatores inerentes a importantes processos metabólicos podem estar envolvidos. O S é uma parte vital das ferredoxinas (BERG et al., 2004).

Em adição à fotossíntese, a ferredoxina desempenha importante papel na redução assimilatória de NO_3^- (TISDALE et al., 1993). Assim, como a fonte principal de N no presente estudo foi o NO_3^- , é razoável sugerir que o decréscimo na concentração de N total, observado nas plantas de moringa não supridas com S, seja decorrente de uma menor atividade das enzimas envolvidas com o processo de redução de NO_3^- até NH_4^+ . Isto pode ser corroborado pelo fato que sob deficiência de S algumas plantas passam a acumular o íon NO_3^- (RAVEN et al., 2001). De forma contrária, quando o N está em um nível aquém daquele considerado adequado o teor de S não é afetado (BERG et al., 2004). Este fato foi também claramente observado no presente estudo (Tabela 2) e tem sido relatado na literatura (TISDALE et al., 1993).

De forma geral, houve acentuada redução na concentração de cada um dos macronutrientes após suas respectivas omissões da solução nutritiva utilizada para irrigação das plantas de moringa. Por exemplo, as concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S corresponderam, no final do período de tratamento (30 dias), a 42; 44; 28; 35; 44; 54%, respectivamente, daqueles observadas nas plantas controle. Portanto, o período em que os tratamentos foram aplicados caracterizou-se por uma fase de intensa acumulação de íons.

Conclusões

1. O nitrogênio e o potássio foram os macronutrientes mais acumulados nas mudas de moringa, seguidos pelo cálcio, enxofre, fósforo e magnésio.
2. Os nutrientes omitidos da solução nutritiva apresentaram-se em concentrações mais baixas nos tecidos vegetais.
3. A omissão de todos os elementos, com exceção do fósforo, aumentou a concentração de fósforo nas mudas de moringa.
4. A omissão de cálcio e potássio da solução nutritiva favoreceu o aumento da concentração de magnésio nas mudas de moringa.
5. O aumento da concentração de cálcio nas mudas de moringa foi favorecido com a omissão, na solução de tratamento, de potássio e magnésio.
6. A omissão de N diminuiu, em todas as partes das plantas, a acumulação de K, Ca e Mg.
7. As concentrações de P e N, em todas as partes das plantas, aumentaram e diminuíram, respectivamente, com a omissão de S na solução nutritiva.

Referências

- AMAYA, D. R. et al. Moringa: hortaliça arbórea rica em beta-caroteno. **Horticultura Brasileira**, v. 10, n. 02, p. 126, 1992.
- BAKKE, I. A. **Características de crescimento e valor forrageiro da moringa (*Moringa oleifera Lam.*) submetida a diferentes adubos orgânicos e intervalos de corte**. 2001. 46 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- BARROSO, D. G. et al. Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teca. **Revista Árvore**, v. 29, n. 05, p. 671-679, 2005.
- BERG, J. M.; TYMOCZKO, J. L.; STRYER, L. **Bioquímica**. 5. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2004. 1059 p.
- BLANCHARD, R. W.; REHM, G.; CALDWELL, A. C. Sulfur in plant materials by digestion with nitric acid and perchloric acid. **Soil Science Society American Proceedings**, v. 29, p. 71-72, 1963.
- CÁCERES, A. et al. Moringa oleifera Lam. (Moringaceae): ethnobotanical studies in Guatemala. **Economic Botany**, v. 45, n. 04, p. 522-523, 1991.
- DANTAS, H. R. W. **Crescimento e distribuição de Na^+ , K^+ , e Cl^- em plantas jovens de algarobeira, angico, jurema-preta e leucena em resposta ao estresse salino**. 2002. 23 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal da Paraíba, Patos.

- EPSTEIN, E. **Nutrição de plantas: princípios e perspectivas**. Tradução e Notas de E. Malavolta. Livros Técnicos e Científicos. Ed. da Universidade de São Paulo, 1975. 341 p.
- FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada á agricultura**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 419 p.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 8. ed. São Paulo: Nobel, 1978. 430 p.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plant without soil**. Berkley: California Agricultural Experiment Station, 1950. 39 p. (Bulletin 347).
- JONES Jr., J. B.; WOLF, B.; MILLS, H. A. **Plant analysis handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide**. Athens: Micro-Macro Publishing Inc, 1991. 213 p.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995. 889 p.
- MENDONÇA, A. V. R. et al. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Aroeira do Sertão). **Cerne**, v. 5, n. 02, p. 65-75, 1999.
- NAMBIAR, E. K. S. Plantation forests: their scope and perspective on plantation nutrition. In: BOWEN, G. B.; NAMBIAR, E. K. S. (Ed.) **Nutrition of plantation forests**. London: Academic Press, 1989. p. 1-15.
- RAVEN, H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2001. 906 p.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. The photosynthesis-transpiration compromise. In: SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology**. 4. ed. Califórnia: Wadsworth, 1992. p. 66-92.
- SARCINELLI, T. S. et al. Sintomas de deficiência nutricional em mudas de *Acacia holosericea* em resposta à omissão de macronutrientes. **Revista Árvore**, v. 28, n. 02, p. 173-181, 2004.
- SILVA, M. A. G.; MUNIZ, A. S. Exigências nutricionais de cedro (*Cedrela fissilis*) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, v. 19, p. 415-425, 1995.
- SILVA, I. R. **Crescimento inicial, absorção de macronutrientes e eficiência nutricional em espécies nativas submetidas à adubação potássica**. 1996. 57 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.
- SORREANO, M. C. M. **Avaliação da exigência nutricional na fase inicial do crescimento de espécies florestais nativas**. 2006. 296 f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – ESALQ/CENA- Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- TISDALE, S. L. et al. **Soil fertility and fertilizers**. New York: Macmillan, 1993. 634 p.