

CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE MUDAS DE CAFEEIRO INFLUENCIADAS PELA SUBSTITUIÇÃO DO POTÁSSIO PELO SÓDIO

Danielle Pereira Baliza¹, Fabricio William Ávila², Janice Guedes Carvalho³, Rubens José Guimarães⁴, Alexandre Martins Abdão dos Passos⁵, Vinicius Alves Pereira⁶

(Recebido: 14 de abril de 2010; aceito 28 de junho de 2010)

RESUMO: O sódio é considerado um elemento benéfico para as plantas e, para algumas culturas, pode substituir parcialmente o potássio. Contudo, a influência desse cátion para o cafeeiro é pouco conhecida. Objetivou-se, no presente estudo, verificar o efeito do fornecimento de sódio em substituição ao potássio, no crescimento e nutrição de mudas do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Acaia Cerrado, seleção MG-1474. O ensaio, conduzido em vasos com solução nutritiva em delineamento inteiramente casualizado, foi constituído por sete tratamentos, sendo duas doses de sódio (0,9 e 1,8 mM) e cinco proporções de substituição do potássio pelo sódio (0, 25, 50, 75 e 100 %). Avaliou-se, quinzenalmente, a altura da planta, diâmetro do caule e o número de pares de folhas durante seis meses. Após esse período, determinou-se a produção de matéria seca e os teores e acúmulos de sódio e nutrientes na raiz, caule e folha. A substituição do potássio pelo sódio em 25 % da dose recomendada não interferiu significativamente no desenvolvimento das plantas; a partir de 50 % isso reduziu a produção de massa seca de caule e folhas. A absorção de sódio pelas mudas de cafeeiro foi, em média, 24 vezes menor em comparação à absorção de potássio. Com relação aos demais nutrientes, as proporções de sódio pouco interferiram em seus teores foliares, à exceção do magnésio, cuja absorção foi consideravelmente elevada na ausência de potássio. Diante dos resultados, sob as condições estudadas, conclui-se que o fornecimento de sódio não promove benefício às mudas de cafeeiro, podendo reduzir seu crescimento a partir de 50 % da substituição do potássio pelo sódio.

Palavras-chave: Café arábica, nutrientes, elementos benéficos, translocação.

GROWTH AND NUTRITION OF COFFEE SEEDLINGS INFLUENCED BY REPLACEMENT OF POTASSIUM BY SODIUM

ABSTRACT: Sodium is considered a beneficial element for plants and, for some cultures, it can partially substitute potassium nutrition. However, little is known in respect of the influence of this cation on coffee plant. The present study aimed to verify the effect of the supply of sodium in substitution of potassium on the growth and nutrition of the coffee seedlings (*Coffea arabica* L.) cv. Acaia Cerrado selection MG-1474. The experiment, conducted in vases with nutrient solution in a completely randomized design, was made up of seven treatments: two sodium doses (0.9 and 1.8 mM) and five substitution proportions of potassium by the sodium (0, 25, 50, 75 and 100 %). Biweekly, the plant height, stem diameter and the number of pairs of leaves was evaluated for six months. At the end of this period, the dry matter production and the contents and accumulations of sodium and nutrients in the root, stem and leaf were determined. The substitution of the potassium by the sodium in 25% of the recommended base did not interfere significantly in the development of the plants; however, that substitution starting from 50 % reduced their dry matter production. The sodium uptake by the coffee plant seedlings was, in average, 24 times lower in comparison with that of potassium. Regarding the other nutrients, the proportions of sodium interfered little in their leaf contents, except magnesium, which presented considerably high uptake efficiency in the absence of potassium. Based on the results, under the studied conditions, it was concluded that the supply of sodium does not promote a benefit to the coffee plant seedlings, enabling reduced their growth starting from 50 % of substitution of the potassium by the sodium.

Index terms: Arabic coffee, nutrients, beneficial elements, translocation.

¹ Doutoranda em Fitotecnia - Departamento de Agricultura - Universidade Federal de Lavras/UFLA - Caixa Postal 3037 - 37200-000 - Lavras, MG - danibaliza@yahoo.com.br

² Doutorando em Ciência do Solo - Departamento de Ciência do Solo - Universidade Federal de Lavras/UFLA - Caixa Postal 3037 - 37200-000 - Lavras, MG - fabriciowilliamavila@yahoo.com.br

³ Professora Titular - Departamento de Ciência do Solo - Universidade Federal de Lavras/UFLA - Caixa Postal 3037 - 37200-000 - Lavras, MG - janicegc@dcs.ufla.br

⁴ Professor Associado - Departamento de Agricultura - Universidade Federal de Lavras/UFLA - Caixa Postal 3037 - 37200-000 - Lavras, MG - rubensjg@ufla.br

⁵ Doutorando em Fitotecnia - Departamento de Agricultura - Universidade Federal de Lavras/UFLA - Caixa Postal 3037 - 37200-000 - Lavras, MG e University of Guelph - School of Environmental Sciences - 50 Stone Road East - Guelph - N16 2W1 - Canadá apassos@uoguelph.ca

⁶ Aluno de graduação em Agronomia - Departamento de Agricultura - Universidade Federal de Lavras/UFLA - Caixa Postal 3037 - 37200-000 - Lavras, MG - viniciusalves111@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de gerar informações que promovam a produção de alimentos faz com que pesquisas envolvendo o uso adequado de fertilizantes sejam incentivadas, já que a adubação é a prática que, isoladamente, mais aumenta a produtividade agrícola.

A adubação potássica, particularmente tem possibilitado aumentos significativos de produtividade e qualidade de grãos em cafeeiros (JAYARAMA et al., 1994; SILVA et al., 2001, 2002).

O potássio (K), entre as suas inúmeras funções na planta, atua no processo de abertura e fechamento dos estômatos que, por sua vez, regula o processo de assimilação de carbono e perda de água, afetando a turgescência e a expansão foliar, o que propicia melhor aproveitamento da radiação solar (MALAVOLTA, 2006; SUBBARAO et al., 2003).

Considerando-se que a fonte desse nutriente deve tornar-se escassa nas próximas décadas (ZHANG et al., 2006), contribuindo para elevar os preços dos formulados NPK, faz-se necessário intensificar pesquisas no âmbito de substituir e/ou elevar a eficiência de uso das fontes existentes.

O sódio (Na) é considerado um elemento benéfico para as plantas; algumas Amaranthaceae da subfamília Chenopodiaceae, como a beterraba (*Beta vulgaris* L.), revelaram satisfatoriamente esses efeitos benéficos, contando com níveis adequados de K (CARVALHO, 2008). Contudo, as funções desempenhadas pelo Na nos tecidos vegetais carecem de estudos e não estão bem esclarecidas. Sabe-se, para algumas culturas, que o Na pode substituir parcialmente o K. Nessa substituição, possivelmente, cabem as funções osmóticas (MALAVOLTA, 2006). Diversos estudos relataram, também, a influência do cátion Na⁺ na absorção de alguns nutrientes, inclusive o K⁺ (CARVALHO, 2008; JESCHKE et al., 1992; KAWASAKI et al., 1983).

Para a cultura do cafeeiro ocorre a inexistência de trabalhos referentes à interação do Na com os nutrientes, em especial à nutrição potássica.

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

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação nas dependências do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras-MG, no período de janeiro de 2009 a setembro de 2009.

Foram utilizadas mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Acaiá Cerrado, seleção MG-1474, oriundas de tubetes, apresentando três pares de folhas, provenientes do viveiro da UFLA. Essas foram transferidas para bandejas de polietileno, contendo 40 L de solução nutritiva de Hoagland completa (incluindo o K) (HOAGLAND; ARNON, 1950) a 20 % de sua força iônica original para adaptação, na ausência dos tratamentos, onde permaneceram por 30 dias. Após esse período, foi transferida uma planta por vaso plástico, contendo 7 L de solução nutritiva de Hoagland, apresentando 60 % de sua força iônica original, porém, na ausência de K, que foi aplicado conforme o tratamento. A solução nutritiva foi constantemente aerada, sendo seu volume completado diariamente com água deionizada e a troca completa realizada a cada quinze dias até a colheita das plantas, que foi realizada seis meses após o início da aplicação dos tratamentos.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, com um vaso por parcela, cinco repetições e sete tratamentos. Os tratamentos foram constituídos por cinco proporções de substituição do K pelo Na: 0 % (T1); 25 % (T2); 50 % (T3); 75 % (T4) e 100 % (T5) e, duas doses de Na: 0,9 mM (T6) e 1,8 mM (T7), fornecidas em solução com adequada concentração de K (3,6 mM, conforme a recomendada para a solução de Hoagland, com 60 % de sua força iônica total). Assim, as concentrações (em mM) de K-Na nos respectivos tratamentos foram: T1 = 3,6-0; T2 = 2,7-0,9; T3 = 1,8-1,8; T4 = 0,9-2,7; T5 = 0-3,6; T6 = 3,6-0,9 e T7 = 3,6-1,8. As fontes de K e Na utilizadas foram KNO₃ e NaNO₃ puras para análise (p.a.). Para o fornecimento dos demais nutrientes foram também utilizadas fontes p.a.

Em intervalos de quinze dias, sendo o primeiro realizado no dia da aplicação dos tratamentos, foram feitas avaliações da altura (do ápice ao nível do colo), diâmetro do caule (na altura do colo) e contagens do número de pares de folhas das plantas, totalizando 12 avaliações em seis meses.

No momento da colheita separaram-se as plantas em folha, caule e raiz. Essas partes foram lavadas com água destilada e transferidas para estufa a 65 °C com aeração forçada, até massa constante, obtendo-se a massa seca. Posteriormente, foram analisados os teores de Na e nutrientes segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997), em cada parte e calculados os acúmulos, índices de eficiência de absorção (SWIADER et al., 1994) e translocações (LI et al., 1991) dos mesmos.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de F ($P \leq 0,05$), utilizando-se o *software* SISVAR® (FERREIRA, 2003). Os efeitos dos tratamentos sobre as variáveis respostas foram verificados pelo teste de médias (Scott Knott, $P \leq 0,05$). Para a altura de planta, diâmetro do caule e número de pares de folhas, a análise estatística foi feita em esquema de parcelas subdivididas no tempo, sendo as parcelas representadas pelos tratamentos e as subparcelas pelas épocas de avaliação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura de planta, diâmetro do caule e número de pares de folhas foram significativamente ($P < 0,01$) influenciadas pela interação entre os tratamentos e a época de avaliação, tendendo essas variáveis respostas a aumentar linearmente com o tempo de exposição das plantas aos tratamentos (Tabela 1 e Figura 1).

Conforme estimativas das equações de regressão, a altura de planta, diâmetro do caule e número de pares de folhas aumentaram em uma taxa de 0,26 cm dia⁻¹, 0,03 cm dia⁻¹ e 0,05 unidades dia⁻¹, respectivamente, considerando a média entre os tratamentos. Quanto aos efeitos dos tratamentos, o tratamento que não recebeu Na (T1) e o que teve 100 % do K substituído pelo Na (T5) apresentaram, respectivamente, a maior e menor taxa de aumento para as três variáveis respostas analisadas. Para efeito de comparação, a diferença da taxa de acréscimo entre T1 e T5 (que foram as maiores obtidas entre os tratamentos) foi 30, 25 e 21 % para altura de planta, diâmetro do caule e número de pares de

Tabela 1 – Equações de regressão para altura de planta (cm), diâmetro do caule (cm) e número de pares de folhas (NPF) do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), em função da época (dias) de avaliação.

Tratamento	Equação de regressão	R ²
-----Altura (cm)-----		
T1	$\hat{y} = 17,3813 + 0,2949x$	0,98*
T2	$\hat{y} = 16,1567 + 0,2744x$	0,98*
T3	$\hat{y} = 18,3544 + 0,2750x$	0,99*
T4	$\hat{y} = 16,2012 + 0,2524x$	0,97*
T5	$\hat{y} = 19,7859 + 0,2076x$	0,98*
T6	$\hat{y} = 17,2956 + 0,2891x$	0,97*
T7	$\hat{y} = 15,1526 + 0,2515x$	0,98*
-----Diâmetro (cm)-----		
T1	$\hat{y} = 0,9018 + 0,0372x$	0,91*
T2	$\hat{y} = 1,0246 + 0,0338x$	0,88*
T3	$\hat{y} = 1,0697 + 0,0336x$	0,86*
T4	$\hat{y} = 0,9300 + 0,0317x$	0,89*
T5	$\hat{y} = 1,1959 + 0,0278x$	0,81*
T6	$\hat{y} = 1,1690 + 0,0320x$	0,83*
T7	$\hat{y} = 1,0359 + 0,0307x$	0,86*
-----NPF-----		
T1	$\hat{y} = 5,7821 + 0,0544x$	0,98*
T2	$\hat{y} = 5,7000 + 0,0515x$	0,98*
T3	$\hat{y} = 6,3872 + 0,0466x$	0,97*
T4	$\hat{y} = 5,6564 + 0,0476x$	0,98*
T5	$\hat{y} = 6,1590 + 0,0431x$	0,93*
T6	$\hat{y} = 6,0282 + 0,0490x$	0,96*
T7	$\hat{y} = 5,4282 + 0,0502x$	0,99*

*Significativo, a 1% de probabilidade pelo teste de F.

folhas, respectivamente. Em geral, os tratamentos com maiores proporções de substituição do K pelo Na (T4 e T5) e a adição de 1,8 mM de Na (T7) foram os que apresentaram menores valores de taxa de incremento.

Comportamento semelhante foi, também, observado para a produção de massa seca do cafeeiro, porém, com maiores amplitudes de variação (Figura 2).

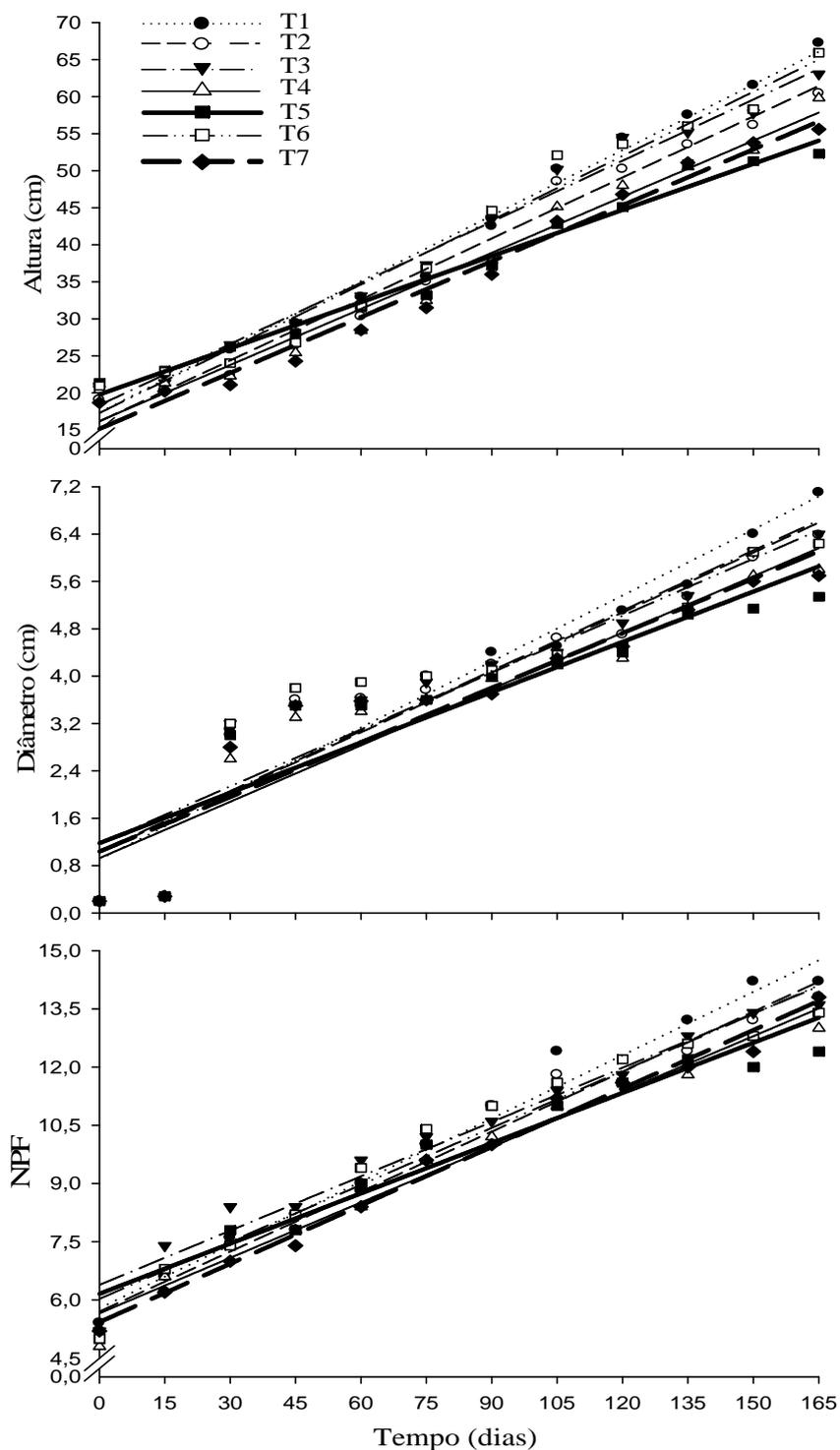


Figura 1 – Altura de planta, diâmetro do caule e número de pares de folhas (NPF) do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), submetidos a diferentes concentrações de sódio e potássio, em função da época de avaliação.

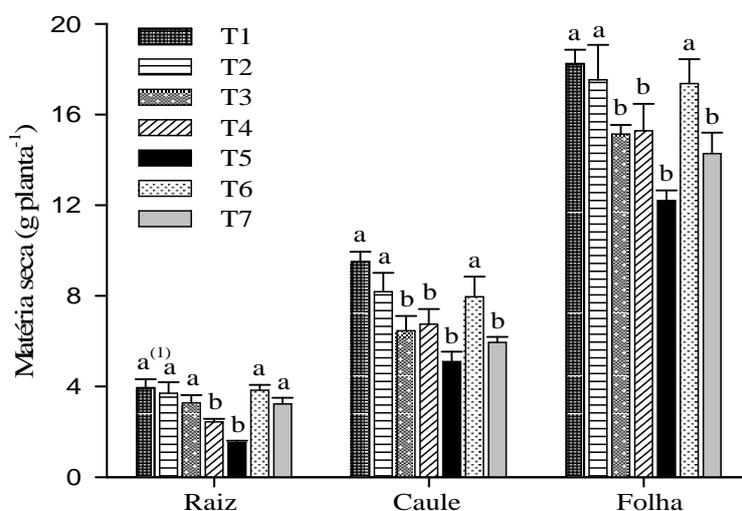


Figura 2 – Produção de massa seca de raiz, caule e folha do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), em função das proporções de Na e K fornecidas na solução nutritiva.

⁽¹⁾Dentro de cada parte da planta, médias seguidas de letras iguais não diferem entre si (Scott Knott, $P \leq 0,05$). Barra vertical representa erro-padrão da média.

Verificou-se que as proporções de substituições do K pelo Na a partir de 50 % (T3, T4, T5) e a adição de 1,8 mM de Na (T7) diminuiram a produção da massa seca de caule e folha, enquanto que a produção da massa seca de raiz foi reduzida apenas com as proporções de 75 e 100 % (T4 e T5) de Na. Considerando a média dos tratamentos que, significativamente, apresentaram valores iguais ($P < 0,05$), observou-se diferença de 29 e 20 % entre os tratamentos com maior (T1, T2 e T6) e menor (T3, T4, T5 e T7) produção de massa seca de caule e folha, respectivamente. Com o mesmo raciocínio, os tratamentos com maiores proporções de substituição do K pelo Na (T4 e T5) tiveram 45 % da massa seca de raiz reduzida em relação aos demais. Esses resultados, juntamente aos obtidos para altura de planta, diâmetro do caule e número de pares de folhas, não caracterizam o provável efeito benéfico do Na para o crescimento das mudas de cafeeiro, tanto em proporções de substituição ao K quanto em doses adicionais sob adequada concentração de K.

Os valores da produção de massa seca do tratamento com 25 % da substituição do K pela Na (T2) foram significativamente iguais aos do tratamento que não recebeu Na (T1). Malavolta (2006) e Zhang et al. (2006) observam que algumas espécies vegetais permitem a substituição parcial do K pelo Na, especialmente em funções osmóticas. Estudos

complementares devem ser feitos, já que, baseado apenas nesse trabalho, não se pode afirmar com certeza que o Na substituiu em 25 % o K na nutrição das mudas de cafeeiro, já que, talvez, apenas a redução em 25 % da concentração de K pode não ter sido suficiente para afetar significativamente o crescimento das plantas. Reforçando essa suposição, em todas as variáveis de crescimento analisadas (altura de planta, diâmetro do caule, número de pares de folhas e produção de massa seca de raiz, caule e folha), os valores de T2 tenderam a serem menores que os de T1, embora de forma não significativa ($P > 0,05$).

Quanto à redução da produção de massa seca observada em proporções de substituição do K a partir de 50 %, além do decréscimo da concentração de K na solução, pode ter sido oriunda também de um possível efeito negativo do Na. Essa hipótese é reforçada pelos resultados obtidos no tratamento T7 que, apesar de ter apresentado adequada concentração de K, a concentração de 1,8 mM de Na em solução reduziu consideravelmente os valores de todas as variáveis de crescimento analisadas (exceção a produção de massa seca de raiz). Esse efeito negativo do Na pode ser atribuído a uma ação tóxica direta no tecido celular (CARMONA et al., 2009; CARVALHO, 2008; JESCHKE et al., 1992; KAWASAKI et al., 1983; MALAVOLTA, 2006; SULTANA et al., 1999). É importante destacar que

a concentração adicional de 0,9 mM de Na, em geral, não influenciou significativamente ($P > 0,05$) no crescimento das plantas, sugerindo que as mudas de cafeeiro apresentam certa tolerância ao Na. Zhang et al. (2006), verificaram que o crescimento do algodoeiro foi maior com a dose adicional de Na na solução de cultivo, contudo, quando foram substituídos 2/3 ou mais de K pelo Na, as plantas apresentaram redução da produção de massa seca, o que indica restrição do desenvolvimento do algodoeiro, devido ao excesso de Na na solução. Subbarao et al. (2003) descreveram sucintamente as diversas “estratégias” fisiológicas e bioquímicas utilizadas pelas plantas para tolerarem certas concentrações de Na^+ .

Ressaltam-se, também, os resultados verificados no tratamento que teve 100 % do K substituído pelo Na (T5), o qual apresentou reduções na ordem de 61, 46 e 33 % da produção de massa seca de raiz, caule e folha, respectivamente, quando comparado ao tratamento que não recebeu Na (T1).

Embora apresentasse os menores valores para as variáveis analisadas, considerou-se que as plantas do tratamento T5 obtiveram crescimento relativamente satisfatório para uma condição de total substituição do K pelo Na. Contudo, é importante enfatizar que, antes da aplicação dos tratamentos, todas as plantas do experimento estiveram sob solução nutritiva completa em nutrientes (inclusive o K), durante um mês para adaptação. Desse modo, esse K absorvido pelas plantas, durante a fase inicial de desenvolvimento pode ter contribuído, em parte, com o posterior crescimento das mesmas durante os seis meses de avaliação. As espécies vegetais têm a tendência de absorver o K^+ em quantidades acima da atual necessidade, ficando o excedente armazenado no vacúolo celular (RODRIGUEZ-NAVARRO; RUBIO, 2006).

O teor e acúmulo de Na e K na raiz, caule e folha foram significativamente influenciados pelos efeitos dos tratamentos (Figura 3).

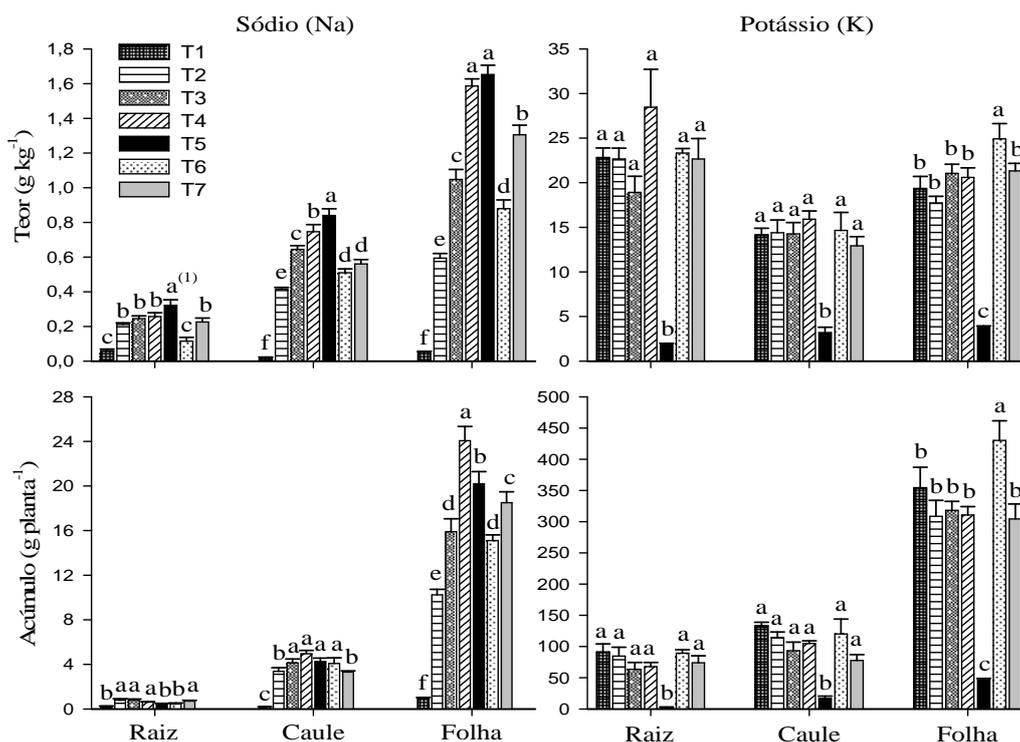


Figura 3 – Teores e acúmulos de Na e K na raiz, caule e folha do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), em função das proporções de Na e K fornecidos na solução nutritiva.

⁽¹⁾Dentro de cada parte da planta, médias seguidas de letras iguais não diferem entre si (Scott Knott, $P \leq 0,05$). Barra vertical representa erro padrão da média.

Em geral, o aumento da proporção de Na na solução nutritiva foi acompanhado com o incremento de seu teor na raiz, caule e folha. O mesmo também foi observado para o acúmulo desse elemento na planta, com exceção ao tratamento com proporção de 100 % de Na (T5) que, devido à redução da produção de massa seca, apresentou menor acúmulo de Na, em relação ao tratamento com proporção de 75 % de Na (T4). Ressalta-se que o acúmulo de um elemento em uma parte da planta é função da relação entre seu teor com a massa seca produzida. O tratamento que não recebeu Na (T1) apresentou pequena quantidade de Na nos tecidos das plantas, provavelmente, oriundo da própria semente e/ou da água utilizada durante a condução do experimento que, embora deionizada, poderia ter algum Na não totalmente eliminado. Contudo, essa quantidade de Na verificada nos tecidos das plantas do tratamento T1 é irrelevante quando comparado com os demais tratamentos.

Quanto ao teor e acúmulo de K na raiz e caule, não se verificaram diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos, à exceção do tratamento com 100 % do K substituído pelo Na (T5) que teve a absorção de K drasticamente reduzida, resultado esse esperado já que o T5 não recebeu K na solução nutritiva. A pequena quantidade de K absorvida pelas plantas nesse tratamento foi oriunda do período de adaptação das mesmas, fato já discutido anteriormente. Os efeitos dos tratamentos no teor e acúmulo de K na folha foram semelhantes aos apresentados para a raiz e o caule, com ressalva para o tratamento com adição de 0,9 mM de Na (T6), que na folha obteve os maiores valores para essa variável resposta. Analisando os valores do teor e acúmulo de K na folha nos tratamentos T1, T6 e T7, todos os três apresentando a mesma concentração de K na solução nutritiva, observou-se que a presença de 0,9 mM de Na elevou a absorção de K, mas, quando a concentração de Na foi elevada para 1,8 mM, o mesmo comportamento não ocorreu. Enfatiza-se que essa maior absorção de K verificada com a adição de 0,9 mM de Na não resultou em maior crescimento das mudas de café, durante o período estudado.

Analisando-se os valores de teores e acúmulos apresentados na Figura 3, verifica-se que os mesmos foram bem maiores para o K em comparação ao Na, mesmo no tratamento T3, em que a concentração de K e Na na solução nutritiva foram iguais (1,8 mM), nesse caso, o acúmulo de Na na planta foi 22,78 vezes

menor em relação ao de K, evidenciando que o café possui mecanismos de absorção diferenciada para esses elementos. Malavolta (2006) relata que a absorção do K^+ pelas plantas ocorre por transportadores de alta afinidade e via canais protéicos, enquanto que a absorção do Na^+ seja mais provável de ocorrer apenas pelo último mecanismo. Contudo, a possibilidade de existir um mecanismo de alta afinidade para a absorção do Na^+ é questionada (RODRIGUEZ-NAVARRO; RUBIO, 2006).

A eficiência de absorção (EA) e a translocação de Na e K no café foram também significativamente influenciados pelos efeitos dos tratamentos (Figura 4).

A eficiência de absorção do Na foi incrementada com o aumento da sua proporção na solução nutritiva. Os tratamentos com substituição de 50 % do K pelo Na (T3) e com adição de 1,8 mM de Na (T7) tiveram, significativamente ($P > 0,05$), a mesma eficiência de absorção de Na, ressaltando que ambos tinham a mesma concentração desse elemento (1,8 mM), porém, com o tratamento T7 apresentando o dobro da concentração de K que o tratamento T3. Esse fato evidencia que a variação da concentração de K não interferiu na eficiência de absorção do Na. Já a eficiência de absorção de K foi maior e menor nos tratamentos T4 e T5, respectivamente, enquanto que os demais tratamentos não tiveram diferenças significativas entre si ($P > 0,05$). O tratamento T4 teve 75 % do K substituído por Na, o que induziu a planta a elevar a eficiência de absorção do nutriente. Já o tratamento T5 foi aplicado na ausência de K, justificando o baixo valor observado. A estimativa da eficiência de absorção, nesse trabalho, foi baseada na relação entre a quantidade absorvida do elemento, por unidade de massa seca de raiz. Esse fato justifica os menores valores verificados para a eficiência de absorção de Na, em comparação ao de K em todos os tratamentos, já que o acúmulo de Na na planta foi bem menor que o de K (Figura 3).

A translocação de Na foi drasticamente reduzida no tratamento T1 em relação aos demais, por esse tratamento não ter recebido Na. Já os tratamentos com proporção de 25 % (T2) e 50 % (T3) de Na, tiveram pequena redução na translocação de Na, em comparação aos tratamentos com maiores proporções do elemento. Com relação ao K, sua translocação foi bem maior no tratamento que teve 100 % do K substituído pelo Na (T5), enquanto que

os demais tratamentos não diferiram significativamente ($P > 0,05$) entre si. Ressalta-se que, diferentemente do tratamento T1, o tratamento T5 recebeu K durante a fase de adaptação das plantas, o que deve ter sido a causa da maior translocação do nutriente remanescente, durante os meses em que o K foi omitido da solução nutritiva (substituição total do K pelo Na). Em geral, tanto o Na quanto o K apresentaram alta translocação nas mudas de cafeeiro.

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 (Tabelas 2 e 3).

Os teores foliares não apresentaram diferença significativa para os nutrientes N, P, Ca e Fe. Para Mg, B e Cu os teores foliares indicam tendência de aumento no tratamento com proporção de 100 % de Na (T5) que, possivelmente, foi devido ao efeito de “concentração”, já que a produção de matéria seca nesse tratamento foi a menor de todas. Quando o

crescimento da planta é reduzido, pode ocorrer a concentração de alguns nutrientes em seus tecidos, mesmo que a absorção total desses seja menor (FAQUIN, 2005). Já o teor de Mn foi reduzido no tratamento T5. De maneira geral, à exceção do Mg, os acúmulos apresentaram tendência de redução no tratamento T5. No caso do Mg, seu teor e acúmulo foi incrementado em torno de 2,5 e 1,8 vezes no tratamento T5, enquanto que, para os tratamentos que receberam K, independente da proporção de Na, esse efeito não foi verificado. Portanto, o Mg teve sua absorção consideravelmente elevada na ausência de K. A eficiência de absorção do Mg no tratamento T5 foi 3,9 vezes maior em comparação à média dos demais tratamentos (Tabela 3). Corroborando essa suposição, Ding et al. (2006) verificaram forte antagonismo do K^+ sobre a absorção do Mg^{2+} em arroz (*Oryza sativa* L.). Malavolta (2006) cita que há interação entre os cátions K^+ e Mg^{2+} , em que a presença de um interfere negativamente na absorção do outro pelas plantas.

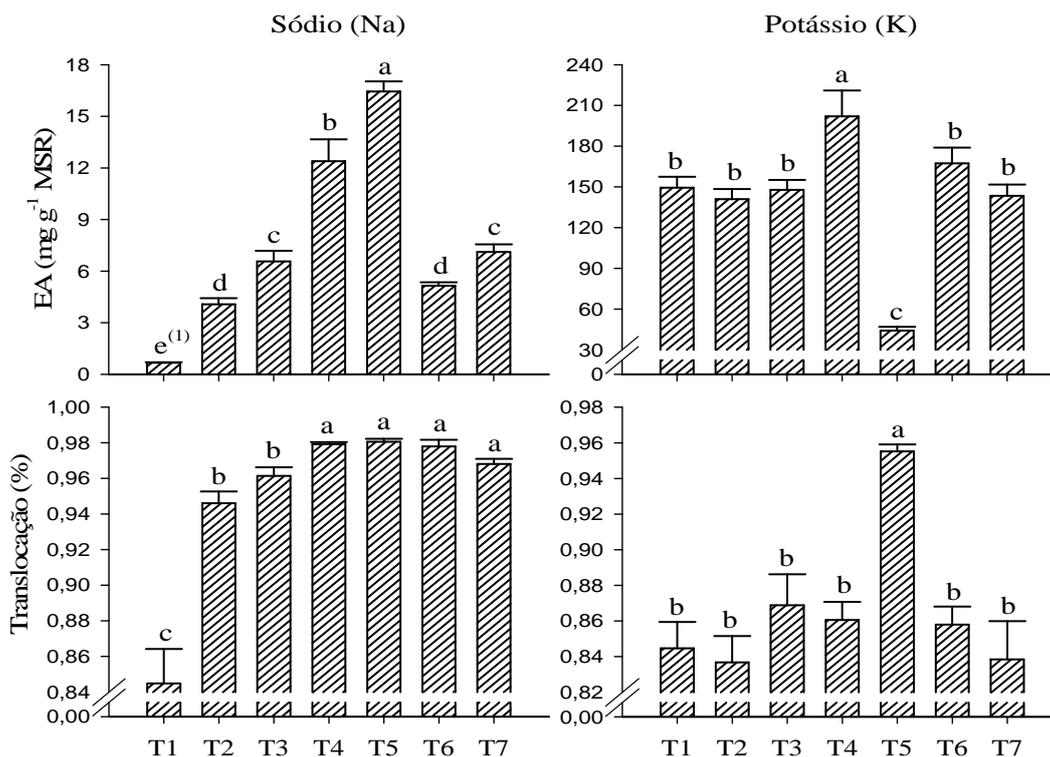


Figura 4 – Índice de eficiência de absorção (EA) e translocação de Na e K no cafeeiro (*Coffea arabica* L.), em função das proporções de Na e K fornecidos na solução nutritiva.

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si (Scott Knott, $P \leq 0,05$). Barra vertical representa erro padrão da média.

Tabela 2 – Teores foliares e acúmulo total de macro e micronutrientes no cafeeiro (*Coffea arabica* L.), submetidos a diferentes concentrações de Na e K.

Nutriente	Tratamento						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
-----Teores foliares (g kg ⁻¹)-----							
N	42,2 a ⁽¹⁾	41,1 a	41,0 a	39,8 a	44,2 a	42,2 a	39,6 a
P	4,2 a	3,9 a	4,5 a	4,4 a	5,0 a	4,5 a	4,6 a
Ca	13,0 a	11,3 a	11,8 a	11,5 a	12,1 a	11,2 a	12,4 a
Mg	7,4 b	7,0 b	8,4 b	8,4 b	20,8 a	7,7 b	8,2 b
S	3,2 a	2,8 b	2,9 a	3,0 a	2,7 b	3,0 a	3,1 a
-----Teores foliares (MG kg ⁻¹)-----							
B	39,7 a	34,1 b	30,3 b	34,1 b	43,6 a	34,1 b	32,0 b
Cu	2,2 c	2,0 c	1,7 d	1,5 d	3,6 a	2,2 c	2,5 b
Zn	11,6 a	10,6 a	10,8 a	11,0 a	10,3 a	10,6 a	11,8 a
Mn	97,9 b	96,3 b	104,6 b	101,0 b	84,4 c	137,4 a	109,8 b
Fe	139,6 a	136,6 a	135,0 a	134,0 a	117,0 a	137,0 a	153,0 a
-----Acúmulo total (mg planta ⁻¹)-----							
N	1200,7 a	1088,3 a	943,0 b	927,8 b	766,0 b	1064,6 a	862,9 b
P	116,5 a	100,5 b	97,5 b	93,8 b	83,3 b	109,6 a	90,5 b
Ca	284,6 a	242,0 b	214,4 c	216,3 c	171,6 d	241,2 b	216,1 c
Mg	192,1 b	174,7 b	174,6 b	174,9 b	325,9 a	201,4 b	175,4 b
S	96,0 a	83,8 a	77,3 a	76,9 a	49,4 b	87,5 a	75,4 a
-----Acúmulo total (µg planta ⁻¹)-----							
B	984,5 a	821,6 b	664,1 c	717,0 c	671,0 c	817,3 b	628,8 c
Cu	123,7 a	104,9 a	87,3 b	81,4 b	90,3 b	108,4 a	92,4 b
Zn	444,2 a	425,7 a	353,5 b	360,8 b	319,7 b	379,6 b	325,6 b
Mn	2307,8 b	2367,0 b	2001,0 c	2018,3 c	1316,4 d	2951,8 a	1992,2 c
Fe	5196,8 a	5006,1 a	4650,1 a	4383,3 a	3142,2 b	4837,9 a	4372,6 a

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si (Scott Knott, P≤0,05).

Verifica-se também na Tabela 3 que a eficiência de absorção e a translocação dos demais nutrientes, em geral, apresentaram maiores valores

no tratamento T5, evidenciando que a ausência de K na solução facilitou, de certa forma, a absorção e translocação dos mesmos.

Tabela 3 – Índice de eficiência de absorção (EA) e translocação de macro e micronutrientes no cafeeiro (*Coffea arabica* L.), submetidos a diferentes concentrações de Na e K.

Nutriente	Tratamento						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
-----EA (mg g ⁻¹ de matéria seca de raiz)-----							
N	314,2 c ⁽¹⁾	303,9 c	297,9 c	388,4 b	506,0 a	279,7 c	270,5 c
P	30,3 c	28,2 c	30,6 c	39,3 b	55,0 a	28,7 c	28,2 c
Ca	74,3 c	67,5 c	67,4 c	90,8 b	113,3 a	63,1 c	68,1 c
Mg	50,2 c	48,7 c	54,7 c	73,3 b	215,3 a	52,6 c	54,8 c
S	24,9 b	23,2 b	24,3 b	32,3 a	32,8 a	22,9 b	23,7 b
-----EA (µg g ⁻¹ de matéria seca de raiz)-----							
B	255,0 b	230,6 c	210,3 c	300,9 b	445,8 a	214,5 c	196,0 c
Cu	32,0 b	29,2 b	26,8 b	34,4 b	59,6 a	28,4 b	29,0 b
Zn	115,6 c	118,1 c	111,4 c	151,4 b	211,5 a	99,5 c	101,5 c
Mn	592,8 b	651,6 b	627,4 b	851,1 a	870,0 a	776,2 a	625,1 b
Fe	1348,7 c	1379,9 b	1438, 6 b	1840,4 b	2077,3 a	1264,8 b	1364,1 b
-----Translocação (%)-----							
N	0,83 b	0,82 b	0,81 b	0,81 b	0,88 a	0,82 b	0,79 b
P	0,85 b	0,85 b	0,86 b	0,87 b	0,93 a	0,86 b	0,86 b
Ca	0,99 a	0,98 a	0,98 a	0,99 a	0,98 a	0,93 b	0,93 b
Mg	0,81 b	0,81 b	0,83 b	0,84 b	0,91 a	0,76 c	0,74 c
S	0,71 b	0,72 b	0,69 b	0,71 b	0,82 a	0,72 b	0,68 b
B	0,93 b	0,92 b	0,90 c	0,91 c	0,96 a	0,91 c	0,90 c
Cu	0,66 b	0,65 b	0,63 b	0,63 b	0,81 a	0,67 b	0,68 b
Zn	0,84 a	0,85 a	0,83 a	0,84 a	0,84 a	0,84 a	0,83 a
Mn	0,88 b	0,83 d	0,88 b	0,87 c	0,92 a	0,89 b	0,87 c
Fe	0,67 a	0,65 a	0,59 a	0,63 a	0,61 a	0,64 a	0,63 a

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si (Scott-Knott, P≤0,05).

4 CONCLUSÕES

1. A substituição do potássio pelo sódio, a partir de 50 % da base recomendada reduz o crescimento do cafeeiro.

2. A presença do Na na solução nutritiva não promove benefício adicional às mudas de cafeeiro.

3. O cafeeiro apresenta maior capacidade para absorver potássio em relação ao sódio.

4. As proporções de substituição do potássio pelo sódio pouco interferem nos teores foliares de nutrientes em mudas de cafeeiro, à exceção do Mg que, em ausência de K, tem seu teor foliar e acúmulo na planta elevados consideravelmente.

5 AGRADECIMENTO

Ao CNPq pelo auxílio financeiro na condução dos experimentos.

6 REFERÊNCIAS

CARMONA, F. C. de et al. Estabelecimento do arroz irrigado e absorção de cátions em função do manejo da adubação potássica e do nível de salinidade no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 371-383, mar./abr. 2009.

CARVALHO, K. F. **Produção e composição mineral da beterraba sob doses de sódio e potássio, em solução nutritiva**. 2008. 52 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

DING, Y. et al. Characterization of magnesium nutrition and interaction of magnesium and potassium in rice. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 149, n. 2, p. 111-123, 2006.

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

FERREIRA, D. F. **Sisvar - Sistema para Análise de Variância de Dados Balanceados**: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos. Versão 4. Lavras: UFLA, 2003.

HOAGLAND, D.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soil**. Berkley: California Agriculture Experimental Station Circular, 1950. 32 p.

JAYARAMA, R. P. et al. Latest concept of fertilizer usage in coffee plantations with respect to nitrogen, phosphorus and potassium. **Indian Coffee**, Bangalore, v. 58, n. 9, p. 9-12, 1994.

JESCHKE, W. D. et al. Effect of NaCl salinity on flows and partitioning of C, N, and mineral ions in whole plants of white lupin, *Lupinus albus*. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 43, n. 6, p. 777-788, 1992.

KAWASAKI, T. et al. Effects of high concentrations of sodium chloride and polyethylene glycol on the growth

and ion absorption in plants: I., water culture experiments in a greenhouse. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 75, n. 1, p. 75-85, 1983.

LI, B. et al. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Science**, Lawrence, v. 37, n. 2, p. 613-626, 1991.

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

MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

RODRÍGUEZ-NAVARRO, A.; RUBIO, F. High-affinity potassium and sodium transport systems in plants. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 57, n. 5, p. 1149-1160, 2006.

SILVA, E. B. de et al. Qualidade dos grãos de café em função de doses de potássio. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1291-1297, 2002.

_____. Resposta do cafeeiro à adubação potássica em safras de baixa e alta produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1331-1337, nov. 2001.

SUBBARAO, G. V. et al. Sodium: a functional nutrient in plants. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 22, n. 5, p. 391-416, 2003.

SULTANA, N. et al. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 42, n. 3, p. 211-220, Dec. 1999.

SWIADER, J. M. et al. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 17, n. 10, p. 1687-1699, 1994.

ZHANG, Y. et al. Effects of partial replacement of potassium by sodium on cotton seedling development and yield. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, v. 29, n. 10, p. 1845-1854, 2006.