

DEFICIÊNCIAS DE MACRONUTRIENTES NO ESTADO NUTRICIONAL DE MUDAS DE BANANEIRA TIPO PRATA

DEFICIENCIES OF MACRONUTRIENTS ON NUTRITIONAL STATUS OF PRATA TYPE BANANAS SEEDLINGS

Enilson de Barros SILVA¹; Bruna Pereira de SOUZA²; Sérgio Luiz Rodrigues DONATO³; Edson Perito AMORIM⁴; Felipe Paolinelli de CARVALHO⁵; Mirielle de Oliveira ALMEIDA²

1. Professor Associado, Doutor, Departamento de Agronomia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina, MG, Brasil. E-mail: ebsilva@ufvjm.edu.br. 2. Graduanda em Agronomia, UFVJM, Diamantina, MG, Brasil. 3. Professor de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano, Guanambi, BA, Brasil. 4. Pesquisador, Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, BA, Brasil. 5. Doutorando em Fitotecnia, UFV, Viçosa, MG, Brasil.

RESUMO: Objetivou-se avaliar o efeito da deficiência dos macronutrientes no crescimento e estado nutricional de mudas de bananeira tipo Prata. Os tratamentos foram dois genótipos Prata-Anã e seu híbrido PA42-44 cultivados em solução nutritiva na presença e ausência dos macronutrientes. Após 100 dias foram avaliados a área foliar, a massa seca das raízes, rizoma e folhas e, os teores de macronutrientes na massa seca de cada parte da planta. Com esses resultados calcularam-se os índices: eficiência de absorção, de transporte e de utilização dos macronutrientes. As deficiências de N para Prata-Anã e Mg para híbrido PA42-44 foram as que mais limitaram o crescimento dos genótipos. O acúmulo de nutrientes correspondeu à seguinte ordem $N > K > Ca > P > Mg > S$ para Prata-Anã e $N > K > Ca > P > S > Mg$ para o híbrido PA42-44, o que reflete as exigências da planta. O híbrido PA42-44 apresentou maior eficiência de absorção de todos macronutrientes, em solução completa. Os tratamentos não diferiram quanto a eficiência de transporte dos macronutrientes, exceto na omissão de Mg, onde a maior eficiência ocorreu no híbrido PA 42-44. A omissão de P, K, Ca, Mg e S na nutrição dos dois genótipos de banana resulta em maior eficiência de utilização, comparado com as plantas nutridas adequadamente.

PALAVRA-CHAVE: *Musa spp.* Nutrição mineral. Omissão de macronutrientes. Frutíferas.

INTRODUÇÃO

A banana (*Musa spp.*) é cultivada principalmente nas regiões tropicais, onde é fonte de alimento e renda para milhões de pessoas. O Brasil é o segundo maior produtor mundial, com ampla disseminação da cultura em seu território. Economicamente, a banana destaca-se como a segunda fruta mais importante em área colhida, quantidade produzida, valor da produção e consumo, sendo cultivada por grandes, médios e pequenos produtores (BORGES; SOUZA, 2004).

A produção das culturas pode ser diretamente influenciada pela eficiência nutricional. A absorção de nutrientes é realizada pela planta para suprir as necessidades de seu metabolismo, que compreende os processos pelos quais estes nutrientes serão utilizados para seu crescimento e manutenção (EPSTEIN; BLOOM, 2005). Atualmente, tem-se enfatizado a importância do uso de plantas que apresentam maior eficiência nutricional com ganho econômico pela redução na aplicação de fertilizantes e, conseqüentemente, com maior preservação do ambiente (ROZANE et al., 2007).

A caracterização da eficiência nutricional está relacionada às eficiências de absorção e utilização dos nutrientes pela planta. A absorção indica a capacidade da planta em extrair nutrientes do meio. Salienta-se que os mecanismos desenvolvidos pelas plantas para eficiência de absorção diferem entre as espécies. Algumas podem produzir extenso sistema radicular, enquanto outras têm alta taxa de absorção por unidade de comprimento de raiz, ou seja, alto influxo de nutrientes (LYNCH; HO, 2005). A avaliação da eficiência nutricional em diferentes cultivar é uma importante ferramenta para escolha do material a ser utilizado.

A eficiência de utilização de nutriente pode ser definida como a razão entre a biomassa e a quantidade total de nutriente na biomassa (TOMAZ; AMARAL, 2008). A determinação da área foliar tem sido utilizada como medida de crescimento para avaliar a resposta da planta a fatores ambientais e a técnicas culturais (PINTO et al., 2008). No caso da bananeira, planta de desenvolvimento rápido, existe a necessidade de concentrações elevadas de alguns elementos para suprir suas exigências nutricionais (SILVA et al., 2003).

O estado nutricional da planta pode ser determinado utilizando-se procedimentos indiretos e diretos. Os procedimentos diretos são aqueles em que a concentração aparente (análise visual) e, ou real (análise na massa seca) é determinada, sendo que os procedimentos indiretos estimam a concentração de um nutriente por meio de uma característica cujos valores possam ser correlacionados com as concentrações do nutriente na planta (PRADO; CAIONE, 2012). A análise da massa seca da folha através de procedimentos químicos é denominada análise foliar (FONTES, 2001), sendo um procedimento direto para interpretação da concentração dos nutrientes com base no nível crítico ou faixa de suficiência.

O cultivo de plantas em vasos, empregando-se solução nutritiva, é uma ferramenta muito útil nos estudos de nutrição mineral e eficiência dos genótipos. Com a melhoria da eficiência nutricional, aumenta-se a produtividade em conjunto com a diminuição do emprego de fertilizantes, com conseqüente redução nos custos. Portanto, a eficiência nutricional é de ampla importância, pois os fertilizantes colaboram com aproximadamente 30 % do custo total da produção (FAGERIA, 1998).

Diante disto, com o presente trabalho objetivou-se avaliar o efeito da deficiência dos macronutrientes no crescimento e estado nutricional de mudas de bananeira tipo Prata.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação no Campus JK do Departamento de Agronomia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina, MG, de agosto a dezembro de 2010. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições com uma planta por vaso. Os tratamentos foram dois genótipos Prata-Anã e seu híbrido PA42-44 cultivados em solução nutritiva na presença e ausência dos macronutrientes. A adubação na solução completa consistiu da composição química da solução nutritiva de Hoagland; Arnon (1950) que foram 210,1 mg de N, 31 mg de P, 234,6 mg de K, 200,4 mg de Ca, 48,6 mg de Mg, 64,2 mg de S, 500 µg de B, 20 µg de Cu, 648 µg de Cl, 5.022 µg de Fe, 502 µg de Mn, 11 µg de Mo e 50 µg de Zn por litro de solução, sendo utilizado reagentes puros em todos os tratamentos.

As mudas micropropagadas dos genótipos de bananeira tipo prata (Prata-Anã e seu híbrido PA42-44) foram fornecidas pela Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical de Cruz das Almas (BA). Utilizaram-se soluções com forças iônicas de 25, 50

e 100 %. As plântulas permaneceram por três dias em cada concentração, em sistema de aeração artificial contínuo, com uso de compressor de ar. Nesse período de adaptação, as soluções nutritivas continham somente macronutrientes. Após o período de adaptação, as plântulas foram individualizadas em vasos de plástico de 4 L, com 3 L de solução nutritiva, com aeração constante. As soluções com os diversos tratamentos foram trocadas a cada 15 dias, durante os 100 dias de condução do experimento. O volume das soluções nos vasos foi verificado diariamente e, quando necessário, foi completado com água deionizada. O pH inicial das soluções foi mantido em torno de 6,0 ± 0,1.

Na coleta, as folhas foram escaneadas e determinada a área foliar (AF) com o programa DDA (Determinador Digital de Áreas) (FERREIRA et al., 2008). Em seguida, as plantas foram divididas em raízes, rizoma e folhas. Depois, todo o material vegetal foi lavado em água destilada, identificado, acondicionado em saco de papel e seco em estufa com circulação de ar à temperatura de 65 °C por 96 horas, até peso constante. Foram avaliados peso de massa seca do rizoma (MSRI), de folha (MSF), da parte aérea (folha e rizoma) (MSPA), de raízes (MSR) e total (MSTO), posteriormente, os materiais foram triturados e submetido à análise química para determinar os teores de macronutrientes de acordo com metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

Com o conteúdo dos macronutrientes na planta e massa seca foram calculados os índices: eficiência de absorção = (conteúdo total do nutriente na planta)/(massa seca de raízes) conforme Swiader et al. (1994); eficiência de transporte = ((conteúdo do nutriente na parte aérea)/(conteúdo total do nutriente na planta)) x 100 de acordo com Li et al. (1991) e eficiência de utilização = (massa seca total produzida)²/(conteúdo total do nutriente na planta) segundo Siddiqi; Glass (1981).

Os dados foram submetidos à análise de variância constituída por dois fatores: genótipos de banana e solução de cultivo. As categorias dos fatores de genótipos de banana foram Prata-Anã e seu híbrido PA42-44 e da solução de cultivo foram uma completa (contendo todos os nutrientes) e outra com omissão de um macronutriente, totalizando quatro tratamentos. Para concentração e acumulado de macronutrientes foi adicionado na análise de variância o fator parte da planta em três categorias (folha, rizoma e raízes). Para acumulado foi retirado à categoria de omissão de um macronutriente do fator solução de cultivo com a finalidade de definir exigências de macronutrientes para os dois

genótipos. As médias foram comparadas pelo teste de Scott & Knott a 5 %.

Avaliou-se a produção relativa dos genótipos de banana, comparando a massa seca total no tratamento contendo a solução de cultivo com todos os nutrientes (completa) em relação na ausência um dos macronutrientes. Atribui-se 100 % ao tratamento de solução completa, sendo calculado pela fórmula: $CR = (MST_{ausência}/MST_{Completo}) \times 100$, sendo CR = crescimento relativo (%), $MST_{ausência}$ = massa seca total no tratamento na ausência um macronutriente (g) e $MST_{Completo}$ = massa seca total no tratamento de solução completa (g).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As mudas de bananeira genótipo Prata-Anã e seu híbrido PA42-44 cultivadas em solução

completa cresceram normalmente e não apresentaram nenhum sintomas de deficiência, indicando que a solução nutritiva e o pH utilizados foram apropriados para o seu crescimento.

A análise de variância para as variáveis avaliadas demonstrou que as omissões de macronutrientes influenciaram significativamente na produção de massa seca das mudas de banana tipo prata (Tabela 1). No tratamento completo, o genótipo Prata-Anã foi superior ao genótipo PA42-44 para todas as variáveis avaliadas. A omissão de N ocasionou redução na área foliar (AF), massa seca do rizoma (MSRI), de folha (MSF), de parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MSTO), de forma que o genótipo PA42-44 foi superior em todas as variáveis avaliadas (Tabela 1).

Tabela 1. Área foliar (AF), produção de massa seca do rizoma (MSRI), de folha (MSF), de parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MSTO) de dois genótipos de banana tipo prata Prata-Anã e seu híbrido PA42-44 cultivados em solução com presença e ausência de um macronutriente.

Variável	Prata-Anã		PA42-44		CV(%)
	Completa	Omissão	Completa	Omissão	
N					
AF (cm ²)	1710,39 a	26,31 d	568,93 b	173,24 c	3,65
MSRI (g planta ⁻¹)	2,61 a	0,34 d	1,31 b	0,48 c	4,71
MSF (g planta ⁻¹)	11,47 a	0,29 d	4,07 b	1,40 c	11,13
MSR (g planta ⁻¹)	4,35 a	0,21 d	1,43 b	0,89 c	9,09
MSPA (g planta ⁻¹)	14,08 a	0,63 d	5,38 b	1,88 c	9,63
MSTO (g planta ⁻¹)	18,43 a	0,83 d	6,80 b	2,77 c	9,48
P					
AF (cm ²)	1710,39 a	77,63 c	568,93 b	83,55 c	3,56
MSRI (g planta ⁻¹)	2,61 a	0,51 c	1,31 b	0,39 c	4,41
MSF (g planta ⁻¹)	11,47 a	0,93 c	4,07 b	0,71 c	11,11
MSR (g planta ⁻¹)	4,35 a	0,60 c	1,43 b	0,75 c	9,39
MSPA (g planta ⁻¹)	14,08 a	1,44 c	5,38 b	1,10 c	9,60
MSTO (g planta ⁻¹)	18,43 a	2,04 c	6,80 b	1,85 c	9,39
K					
AF (cm ²)	1710,39 a	782,71 b	568,93 c	362,33 d	4,06
MSRI (g planta ⁻¹)	2,61 a	2,76 a	1,31 b	1,44 b	21,11
MSF (g planta ⁻¹)	11,47 a	5,20 b	4,07 c	2,64 d	8,28
MSR (g planta ⁻¹)	4,35 a	2,05 b	1,43 c	0,92 d	7,69
MSPA (g planta ⁻¹)	14,08 a	7,96 b	5,38 c	4,08 d	8,74
MSTO (g planta ⁻¹)	18,43 a	10,01 b	6,80 c	4,99 d	7,79
Ca					
AF (cm ²)	1710,39 a	18,35 d	568,93 c	1108,40 b	4,38
MSRI (g planta ⁻¹)	2,61 a	0,44 c	1,31 b	2,80 a	9,39
MSF (g planta ⁻¹)	11,47 a	0,13 d	4,07 c	5,67 b	7,86
MSR (g planta ⁻¹)	4,35 a	0,74 d	1,43 c	2,36 b	8,77
MSPA (g planta ⁻¹)	14,08 a	0,58 d	5,38 c	8,47 b	7,17
MSTO (g planta ⁻¹)	18,43 a	1,32 d	6,80 c	10,83 b	6,61
Mg					
AF (cm ²)	1710,39 a	482,88 c	568,93 b	24,61 d	5,13
MSRI (g planta ⁻¹)	2,61 a	1,83 b	1,31 c	0,35 d	6,21

MSF (g planta ⁻¹)	11,47 a	3,12 c	4,07 b	0,22 d	12,28
MSR (g planta ⁻¹)	4,35 a	1,07 c	1,43 b	0,41 d	8,70
MSPA (g planta ⁻¹)	14,08 a	4,96 b	5,38 b	0,56 c	9,36
MSTO (g planta ⁻¹)	18,43 a	6,03 b	6,80 b	0,97 c	8,90
..... S					
AF (cm ²)	1710,39 a	311,65 c	568,93 b	227,53 d	3,40
MSRI (g planta ⁻¹)	2,61 a	1,58 b	1,31 c	0,87 d	3,34
MSF (g planta ⁻¹)	11,47 a	2,40 c	4,07 b	1,80 c	11,34
MSR (g planta ⁻¹)	4,35 a	1,12 c	1,43 b	1,03 c	8,56
MSPA (g planta ⁻¹)	14,08 a	3,97 c	5,38 b	2,67 d	9,25
MSTO (g planta ⁻¹)	18,43 a	5,09 c	6,80 b	3,70 d	9,02

Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre cada variável avaliada pelo teste de Scott & Knott a 5%.

Observou-se uma redução de 95 % no crescimento relativo do genótipo Prata-Anã e de 59 % para o genótipo PA42-44 na omissão de N, quando comparados ao crescimento relativo do tratamento completo (Figura 1). A carência de N provocou maior redução no crescimento da Prata-Anã, mostrando ser este genótipo mais dependente da adubação nitrogenada que seu híbrido. A deficiência de N provoca a clorose nas folhas, sobretudo nas mais velhas, reduz a produção de novas folhas, e assim, inibe o crescimento da planta, além de diminuir a área foliar e conseqüentemente a superfície de absorção de luz para fotossíntese (FORDE, 2000; HERMANS et al., 2006).

Na deficiência de P não ocorreu diferença significativa para as variáveis AF, MSRI, MSF, MSPA, MSR e MSTO entre os dois genótipos (Tabela 1). Constatou-se uma diminuição de 89 % no crescimento relativo do genótipo Prata-Anã e de 73 % do seu híbrido PA42-44 (Figura 1)

corroborando com dados obtidos por Castro et al. (2007), sendo a disponibilidade de P limitante para ambos os genótipos. O crescimento reduzido, comum a muitas espécies com carência de P, ocorre devido à redução das divisões celulares (CHIERA et al., 2002).

Observou-se que o genótipo Prata-Anã foi superior ao genótipo PA42-44, na produção de MSF, MSPA, MSR e MSTO e em AF na solução com omissão de K (Tabela 1). O desenvolvimento da maior parte das culturas é expressivamente inibido pela deficiência de K, pois este elemento é essencial para muitos processos fisiológicos, como osmorregulação, transpiração e fotossíntese (PERVEZ et al., 2004). A ausência de K provocou uma redução de 27 % no crescimento relativo do híbrido PA 42-44 e 44 % para o genótipo Prata-Anã, quando comparando com as plantas tratadas com a solução completa (Figura 1), mostrando que a deficiência de K é mais limitante para Prata-Anã.

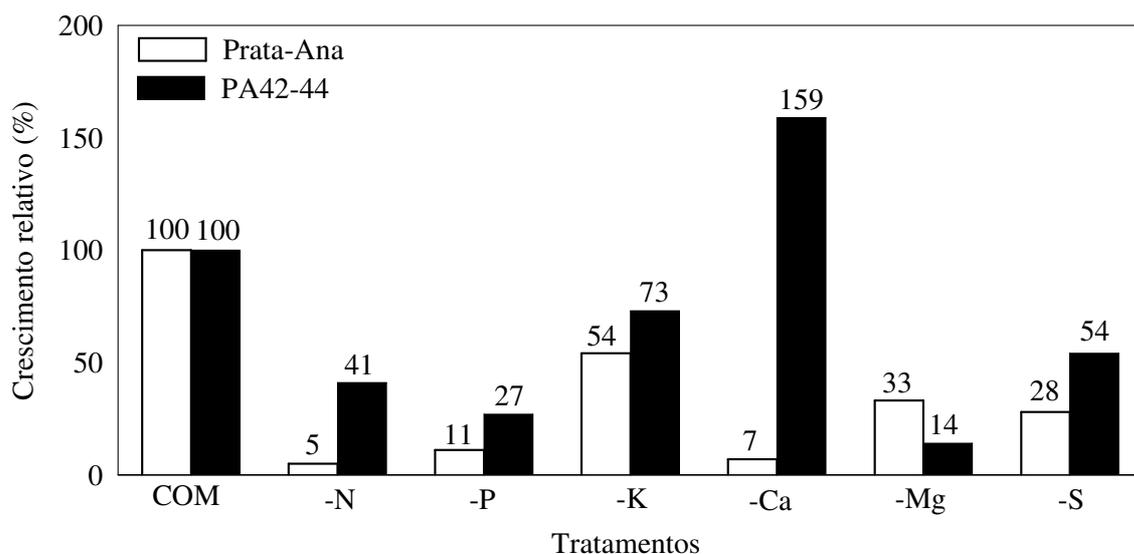


Figura 1. Crescimento relativo em massa seca total de dois genótipos de banana tipo prata submetida a diferentes tratamentos de adubação, como segue: COM (solução completa); -N (omissão de N); -P (omissão de P); -K (omissão de K); -Ca (omissão de Ca); -Mg (omissão de Mg) e -S (omissão de S).

As mudas do genótipo Prata-Anã quando submetidas à omissão de Ca apresentaram menor produção de MSF, MSPA, MSR, MSTO e AF. Ao contrário, a omissão deste macronutriente proporcionou um maior incremento no híbrido PA42-44 (Tabela 1). A falta de Ca afeta os pontos de crescimento da planta (COSGROVE, 2005).

Baixa concentração de Ca em tecidos vegetais pode não refletir sintomas até que certa fase ou condição fisiológica desencadeie processos metabólicos que expressem a deficiência (WHITE; BROADLEY, 2003). O crescimento relativo do híbrido PA42-44 teve acréscimo de 59 %, enquanto o genótipo Prata-Anã teve seu crescimento reduzido em 93 % (Figura 1). Resultados semelhantes foram observados por Castro et al. (2007), em *Heliconia spathocircinata* submetida ao tratamento com omissão de Ca, tendo sido observado aumento na área foliar. O aumento da produção de massa seca em plantas deficientes em nutrientes de baixa mobilidade no floema, como o Ca, já foi observado em *Spathiphyllum wallisii* (YEH et al., 2000). A necessidade de Ca para o crescimento é menor em espécies de monocotiledôneas do que em dicotiledôneas (HODGE et al., 2009) como bananeira. Diferenças genotípicas quanto à exigência de Ca estão associadas aos sítios de ligação nas paredes celulares, ou seja, na capacidade de troca catiônica (HIRSCHI, 2001; WHITE et al., 2002).

A omissão de Mg proporcionou, de forma geral, ao híbrido PA42-44 uma redução na produção de AF, MSRI, MSF, MSPA, MSR e MSTO, em comparação ao genótipo Prata-Anã (Tabela 1). O genótipo Prata-Anã, quando em solução deficiente em Mg, apresentou uma redução de 67 % no seu crescimento relativo, enquanto o seu híbrido PA42-44 apresentou uma redução de 86 % (Figura 1). Desta forma, verifica-se que o Mg é mais limitante ao crescimento do híbrido PA42-44 em relação a sua progenitora Prata-Anã.

A área foliar e a produção de MSRI, MSPA e MSTO do genótipo Prata-Anã foi superior ao do seu híbrido PA42-44, nas plantas cultivadas com omissão de S, sendo que a produção de MSF e MSR não diferiu significativamente (Tabela 1). O genótipo Prata-Anã apresentou uma redução em seu crescimento relativo de 72 % e o seu híbrido de 46 % (Figura 1), verifica-se que o S ficou mais limitante para seu crescimento do híbrido. O S é um nutriente solicitado para síntese de aminoácidos, componente de proteínas, vitaminas e coenzimas (NIKIFOROVA et al., 2006).

Quanto às diferenças verificadas entre os genótipos avaliados, o N foi o macronutriente que

mais limitou o crescimento inicial do genótipo Prata-Anã e o Mg para híbrido PA42-44 durante o período avaliado (Tabela 1). Essa limitação decorre da provável diferença na eficiência nutricional entre os genótipos (BORGES et al., 2006), que pode ocorrer mesmo entre parentais muito próximos, como entre genitora e progênie (DONATO et al., 2010).

As mudas que foram cultivadas em solução com a omissão de cada um dos macronutrientes, apresentaram a concentração deste inferior à concentração das plantas cultivadas com solução completa, sendo estas reduções ocorreram nas folhas, rizomas e raízes (Tabela 2).

Na omissão de N, no genótipo Prata-Anã observou maior concentração deste nutriente no rizoma, já no seu híbrido não houve diferença significativa na concentração de N na folha, rizoma e raízes (Tabela 2). No genótipo Prata-Anã e no seu híbrido PA42-44, há omissão de N ocasionou redução na concentração deste nutriente em relação à sua concentração na folha, rizoma e raiz. No tratamento completo da Prata-Anã, a maior concentração de N ocorreu no rizoma e no híbrido PA42-44 ocorreu nas folhas e rizoma, o que indica alta mobilidade do elemento na planta (FORDE, 2000). Os genótipos Prata-Anã e PA42-44 diferiram significativamente entre si apenas sob a concentração de N na folha, com maiores valores no híbrido. Espécies de crescimento inicial rápido como a banana exigem grande quantidade de N em curto intervalo de tempo e o não suprimento resultará em prejuízo no crescimento inicial (BORGES; SOUZA, 2004).

No tratamento sem aplicação de P não ocorreu diferença significativa da sua concentração entre as partes da planta para os dois genótipos de banana. Em Prata-Anã e PA42-44 a exclusão de P acarretou redução na concentração deste nutriente nas raízes (Tabela 2). No tratamento com suprimento adequado de P, a menor concentração de P foi observada no rizoma para Prata-Anã, enquanto para PA42-44 observou-se menor concentração nas raízes, conseqüência da redistribuição deste nutriente (NACRY et al., 2005). O genótipo Prata-Anã obteve uma maior concentração de P nas raízes enquanto PA42-44 obteve uma maior concentração deste elemento nas folhas e rizoma, quando cultivadas em solução completa.

A concentração de K não diferiu em todas as partes da planta com a deficiência deste nutriente, para os dois genótipos de banana (Tabela 2). O híbrido PA42-44 foi superior a Prata-Anã na concentração de K em todas as partes da planta, quando cultivadas com solução deficiente em K.

Nas plantas tratadas com solução completa, observou-se que a maior concentração de K ocorreu nas folhas para o híbrido PA42-44, entretanto, para

a Prata-Anã não houve diferença significativa de concentração deste nutriente nas partes da planta.

Tabela 2. Concentração dos macronutrientes em diferentes partes da planta de dois genótipos de banana tipo prata Prata-Anã e seu híbrido PA42-44 cultivados em solução com presença e ausência de um macronutriente.

Parte da planta	Prata-Anã		PA42-44	
	Completa	Omissão	Completa	Omissão
	Concentração de N (g kg ⁻¹) - CV = 12,79%			
Folha	47,57 bB	5,79 cB	60,72 aA	7,92 cA
Rizoma	61,42 aA	7,05 bA	58,86 aA	7,93 bA
Raízes	42,71 aB	5,56 bB	47,30 aB	6,39 bA
	Concentração de P (g kg ⁻¹) - CV = 17,98%			
Folha	2,52 bA	0,65 cA	4,98 aA	0,49 cA
Rizoma	1,76 bB	0,72 cA	4,98 aA	0,64 cA
Raízes	3,61 aA	0,94 bA	3,43 bB	0,57 bA
	Concentração de K (g kg ⁻¹) - CV = 13,65%			
Folha	38,18 bA	1,81 dA	45,41 aA	4,05 cA
Rizoma	32,01 bA	1,38 dA	39,34 aB	2,54 cA
Raízes	36,68 aA	1,70 dA	24,94 bC	3,98 cA
	Concentração de Ca (g kg ⁻¹) - CV = 17,49%			
Folha	9,42 aA	0,64 bA	9,55 aA	0,83 bA
Rizoma	6,27 aB	0,09 bB	8,00 aA	0,57 bA
Raízes	10,28 aA	0,52 bA	7,55 aA	0,73 bA
	Concentração de Mg (g kg ⁻¹) - CV = 14,02%			
Folha	2,03 bB	0,91 cB	3,27 aA	3,81 aA
Rizoma	1,99 bB	1,38 bA	4,39 aA	4,02 aA
Raízes	2,47 aA	1,08 bA	2,77 aB	2,17 aB
	Concentração de S (g kg ⁻¹) - CV = 14,87%			
Folha	1,52 bC	0,22 dB	2,74 aC	0,57 cB
Rizoma	2,30 bB	0,27 dB	3,99 aB	0,44 cB
Raízes	3,20 bA	0,52 dA	5,56 aA	0,81 cA

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre cada macronutriente pelo teste de Scott & Knott a 5%

Os genótipos Prata-Anã e PA42-44 diferiram entre si quanto ao teor de K nas raízes, com maiores valores na Prata-Anã (Tabela 2). Os teores de K nas folhas e rizoma foram superiores no híbrido PA42-44 em relação ao genótipo Prata-Anã, quando ambos os genótipos foram avaliados em solução nutritiva completa. A mobilidade do K decorre da permeabilidade das membranas (BRITTO; KRONZUCHER, 2008). A redistribuição e transporte são, freqüentemente, em direção aos tecidos mais jovens, sendo esta característica importante em vários processos fisiológicos influenciados por K, como o transporte à longa distância e o crescimento meristemático (SZCZERBA et al., 2009).

Com relação ao Ca, constatou-se menor concentração deste nutriente no rizoma em Prata-Anã, já no seu híbrido não houve diferença significativa na concentração deste nutriente nas

partes da planta, quando cultivadas em solução com ausência de Ca (Tabela 2). Os genótipos não diferiam nos seus teores de Ca entre as partes da planta, na carência deste nutriente. No tratamento completo, a menor concentração de Ca ocorreu no rizoma do genótipo Prata-Anã e não houve diferença na concentração deste nutriente nas partes da planta para o híbrido PA42-44. Assim como, não houve diferença entre os dois materiais nos teores de Ca das suas partes da planta. Independente da omissão ou não de Ca e dos genótipos avaliados, o maior teor do nutriente ocorreu sempre nas folhas, indicação da baixa mobilidade desse nutriente na planta (WHITE; BROADLEY, 2003).

Na omissão de Mg, foram inferiores na folha para Prata-Anã e nas raízes para PA42-44 (Tabela 2). Todavia, o híbrido PA42-44 foi superior na concentração de Mg em todas as partes avaliadas da planta. No suprimento adequado, as plantas de

PA42-44 apresentaram menor concentração de Mg nas raízes, já em plantas de Prata-Anã a menor concentração ocorreu nas folhas e rizoma. Os genótipos diferiram, apenas sob a concentração de Mg nas folhas e rizomas, com maiores valores obtidos pelo híbrido. Resultados análogos foram obtidos por Castro et al. (2007), em *Heliconia spathocircinata*, observando-se que não há diferença significativa nos teores de Mg em plantas tratadas com solução completa e solução com carência deste nutriente, como observou-se para o genótipo PA42-44. Resultados divergentes foram obtidos por Rozane et al. (2007), que observou que os teores de Mg, nas plantas de carambola do tratamento com deficiência de Mg foram inferiores aos do tratamento completo.

As concentrações de S, no tratamento com deficiência deste elemento e no tratamento completo, foram maiores nas raízes, para os dois materiais de banana (Tabela 2). O híbrido PA42-44 foi superior na concentração de S, em todas as partes da planta, quando cultivadas em solução com ausência de S. Os dois materiais obtiveram diferença entre si, quanto à concentração deste

nutriente nas folhas, raízes e rizoma, sendo o híbrido PA42-44 sempre superior. Em ambos os tratamentos, as raízes apresentaram maior concentração de S, elemento de baixa mobilidade (NIKIFOROVA et al., 2006).

Quanto às quantidades acumuladas dos macronutrientes nas partes da planta, no tratamento completo dos genótipos de bananeira, as raízes foram as que apresentaram maior acúmulo, seguidas das folhas (Tabela 3), o mesmo também foi observado por Lavres Júnior et al. (2005), trabalhando com mamona. No cultivo em solução completa, observou-se no genótipo Prata-Anã, menor acúmulo de N nas folhas, de P e Mg nas raízes e rizoma, de K nas raízes e de S em todos os órgãos avaliados. Entretanto, nota-se menor acúmulo de K nas raízes do híbrido PA42-44 cultivados com solução completa. Quanto ao acúmulo de Ca, as partes de ambos os genótipos não se diferiram. O acúmulo de nutrientes obedeceu à seguinte ordem decrescente $N > K > Ca > P > Mg > S$ para o genótipo Prata-Anã e $N > K > Ca > P > S > Mg$ para o híbrido PA42-44, o que reflete as exigências da planta.

Tabela 3. Quantidade acumulada dos macronutrientes de dois genótipos de banana tipo prata Prata-Anã e seu híbrido PA42-44 cultivados em solução completa.

Macronutriente	Genótipo	Folha	Rizoma	Raízes	Total	CV(%)
	 mg planta ⁻¹				
N	Prata-Anã	185,83 bB	160,34 bA	545,39 aA	891,56	7,12
	PA42-44	205,80 bA	153,66 cA	696,16 aA	1055,62	
P	Prata-Anã	15,71 bA	4,61 cB	28,85 aB	49,17	9,44
	PA42-44	14,92 bA	13,00 bA	57,10 aA	85,02	
K	Prata-Anã	159,60 bA	83,56 cA	437,75 aB	680,91	9,61
	PA42-44	108,52 bB	102,70 bA	520,69 aA	731,91	
Ca	Prata-Anã	44,73 bA	16,37 cA	108,06 aA	169,16	15,47
	PA42-44	32,86 cA	20,89 bA	109,54 aA	163,29	
Mg	Prata-Anã	10,73 bA	5,21 cB	23,28 aB	39,21	17,83
	PA42-44	12,07 bA	11,45 bA	37,54 aA	61,07	
S	Prata-Anã	13,93 aB	6,01 bB	17,39 aB	37,33	16,59
	PA42-44	24,18 aA	10,41 bA	31,42 aA	66,02	

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre cada macronutriente pelo teste de Scott & Knott a 5 %.

Constatou-se que os tratamentos diferiram quanto à eficiência de absorção (EA) dos macronutrientes (Tabela 4). No tratamento com suprimento adequado dos macronutrientes, o genótipo PA42-44 mostrou-se mais eficiente na absorção de N, P, K, Ca, Mg e S. Nos tratamentos com omissão de cada macronutriente, o genótipo Prata-Anã apresentou maior EA de N, P e Ca e seu híbrido de K, Mg e S.

A eficiência de absorção está relacionada à taxa de absorção de nutrientes por unidade de comprimento ou massa de raiz. O genótipo Prata-Anã, cultivada com solução completa, obteve a menor EA de P (Tabela 4), a qual apresentou maior produção de massa seca de raiz (Tabela 1), o que poderia atuar como fator de compensação da sua menor eficiência de absorção. Independentemente do tratamento, os macronutrientes K e N são mais requeridos na fase inicial de crescimento das mudas

de bananeira tipo Prata (BORGES et al., 2006). O N é um constituinte essencial dos aminoácidos, principais integrantes de proteínas, além da sua atuação na divisão celular e na produção de clorofila (MALAVOLTA et al., 1997; SILVA et al., 2003). Já o K age na síntese de proteínas, em processos osmóticos e na conservação de sua estabilidade, no

controle do pH e na permeabilidade das membranas (BRITTO; KRONZUCHER, 2008). A alta exigência da planta por estes nutrientes pode ser explicada devido ao fato de desempenharem funções metabólicas essenciais e pelas plantas se encontrarem na fase inicial de desenvolvimento com intensa atividade metabólica.

Tabela 4. Eficiência de absorção, de transporte e de utilização de macronutrientes por dois genótipos de banana tipo prata Prata-Anã e seu híbrido PA42-44 cultivados em solução com presença e ausência de um macronutriente.

Macronutriente	Prata-Anã		PA42-44		CV(%)
	Completa	Omissão	Completa	Omissão	
Eficiência de absorção					
..... mg nutriente g ⁻¹ de massa seca raízes					
N	204,92 c	524,43 b	764,54 a	157,23 c	18,58
P	11,30 c	22,86 b	67,29 a	13,37 c	22,98
K	156,51 b	15,13 d	525,34 a	77,34 c	19,75
Ca	38,88 b	12,79 c	122,68 a	3,40 d	16,84
Mg	9,01 d	17,50 c	47,40 b	158,29 a	18,44
S	8,58 b	4,94 c	51,87 a	10,96 b	19,31
Eficiência de transporte					
..... %					
N	79,08 a	77,58 a	80,55 a	80,21 a	3,83
P	67,96 a	69,52 a	78,11 a	77,93 a	11,36
K	76,53 a	70,25 a	85,27 a	74,43 a	10,61
Ca	73,55 a	73,79 a	79,04 a	78,53 a	7,35
Mg	72,65 b	74,91 b	77,05 b	84,81 a	6,73
S	61,86 a	58,36 a	58,98 a	66,79 a	10,73
Eficiência de utilização					
..... (massa seca) ² g mg ⁻¹ nutriente acumulado					
N	0,38 c	3,18 a	0,32 c	2,44 b	17,47
P	6,96 c	25,47 b	5,15 c	38,22 a	15,78
K	0,50 c	14,55 a	0,47 c	4,94 b	14,78
Ca	2,02 c	46,54 a	2,15 c	14,63 b	13,10
Mg	8,67 b	18,13 a	6,40 c	5,59 c	15,67
S	9,66 c	62,23 a	6,32 c	38,12 b	15,35

Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre cada variável avaliada pelo teste de Scott & Knott a 5%.

Os tratamentos não diferiram quanto à eficiência de transporte (ET) dos macronutrientes, exceto em relação ao Mg quando foi omitido na solução nutritiva, sendo que ocorreu no genótipo PA42-44 maior ET deste macronutriente, em relação aos demais tratamentos (Tabela 4), sugerindo que não existem diferenças na ET entre os genótipos estudados. A eficiência de transporte pode ser definida como a capacidade da planta em transportar os nutrientes das raízes para a parte aérea. Esta eficiência é controlada pelo sistema de cultivo ou capacidade do solo em abastecer os nutrientes e pela capacidade das plantas para absorver, utilizar, e remover os nutrientes. Esses fatores variam entre tipos de solos, genótipo/cultivares, condições climáticas, sendo que

abrangem um sincronismo no sistema solo-planta-raiz (FAGERIA; BALIGAR, 2001). Relatos diferentes são disponíveis em milho (GONDIM et al., 2010) e carambola (ROZANE et al., 2007), para os quais os nutrientes que apresentaram maior eficiência de transporte foram o K e o Ca, respectivamente.

Os genótipos Prata-Anã e o seu híbrido PA42-44 não diferiram na eficiência de utilização (EU) de N, P, K, Ca e S, quando cultivadas em solução completa (Tabela 4), isto é, com suprimento adequado. A omissão do macronutriente na solução, os genótipos se diferiram, obtendo o genótipo Prata-Anã maior EU para o N, K, Ca, Mg e S. Contudo, o seu híbrido com omissão de P apresentou maior EU deste nutriente.

A capacidade de uma planta redistribuir e reutilizar os minerais de um órgão mais velho e senescente caracteriza eficiência de uso no metabolismo do processo de crescimento (ROBERTS, 2008). Desta forma, a eficiência de utilização dos macronutrientes foi diferenciada entre os genótipos, sendo o híbrido PA42-44 menos eficiente nutricionalmente que a sua genitora a Prata-Anã quando houve omissão de fornecimento de macronutriente. Deve-se ressaltar que diferenças genotípicas na eficiência nutricional estão relacionadas à absorção, ao transporte e à redistribuição de nutrientes (GABELMAN; GERLOFF, 1983), sendo esta uma maneira de diminuir perda de nutrientes pelas plantas, permitindo a manutenção das atividades metabólicas, principalmente em condição de falta de nutrientes, ou seja, de estresse fisiológico para as plantas (AMARAL et al., 2011).

CONCLUSÕES

As deficiências de N para Prata-Anã e Mg para PA42-44 foram as que mais limitaram o crescimento dos genótipos.

O acúmulo de nutrientes corresponde à seguinte ordem decrescente $N > K > Ca > P > Mg > S$ para a cultivar Prata-Anã e $N > K > Ca > P > S > Mg$ para o híbrido PA42-44, o que reflete as exigências dos genótipos.

O genótipo PA42-44 apresenta maior eficiência na absorção de N, P, K, Ca, Mg e S, quando cultivadas em solução completa. O mesmo não ocorreu com a omissão de cada macronutriente, a Prata-Anã apresenta maior eficiência de absorção de N, P e Ca e seu híbrido de K, Mg e S.

Os tratamentos não diferiram quanto a eficiência de transporte dos macronutrientes, exceto na omissão de Mg, onde a maior eficiência ocorreu no genótipo PA42-44.

A omissão de P, K, Ca, Mg e S na nutrição de plantas dos genótipos de banana resulta em maior eficiência de utilização, comparado com as plantas nutridas adequadamente.

ABSTRACT: This work objective to evaluate the effect of macronutrient deficiencies on growth and nutritional status of banana seedlings type Prata. The treatments were two genotypes Prata-Anã and its hybrid PA42-44 grown in nutrient solution in the presence and absence of macronutrients. Leaf area, dry matter of roots, rhizome and leaves, and the macronutrient dry mass of each plant were evaluated after 100 days. With these results was calculated the indices: absorption, transport and utilization efficiency of macronutrientes. The deficiencies of N for Prata-Anã and Mg for PA42-44 hybrid were most limited the growth of genotypes. The nutrient accumulation corresponded to the following order $N > K > Ca > P > Mg > S$ for the Prata-Anã and $N > K > Ca > P > S > Mg$ for the PA42-44 hybrid, which reflect the plant requirements. The PA 42-44 hybrid showed higher absorption efficiency of all macronutrients, in complete solution. The treatments no differ regarding to the macronutrients transport efficiency, except the omission of Mg, where higher efficiency occurred in hybrid PA 42-44. The P, K, Ca, Mg and S omission in the nutrition of two banana genotypes results in increased utilization efficiency, compared with plants growing adequately.

KEYWORDS: *Musa spp.* Mineral nutritional. Macronutrient omission. Fruit trees.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, J. F. T.; MARTINEZ, H. E. P.; LAVIOLA, B. G.; FILHO, E. I. F.; CRUZ, C. D. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de cafeeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 4, p. 621-629, 2011.
- BORGES, A. L.; SILVA, S. O. ; CALDAS, C. R.; LEDO, C. A. S. Teores foliares de nutrientes em genótipos de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 314-318, 2006.
- BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. (Eds.). **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279p.
- BRITTO, D. T.; KRONZUCKER H. J. Cellular mechanisms of potassium transport in plants. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 133, n. 4, p. 637-350, 2008.
- CASTRO, A. C. R.; COSTA, A. S.; CASTRO, M. F. A.; ARAGÃO, F. A. S.; WILLADINO, L. G. Hastes flores de helicônia sob deficiência de macronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1299-1306, 2007.

- CHIERA, P.; THOMAS, J.; RUFTY, T. Leaf initiation and development in soybean under phosphorus stress. **Journal of Experimental Botany**, Madison, v. 53, n. 368, p. 473-481, 2002.
- COSGROVE, D. J. Growth of the plant cell wall. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, London, v. 6, n. 11, p. 850-861, 2005.
- DONATO, S. L. R.; LÉDO, A. A.; PEREIRA, M. C. T.; COELHO, E. F.; COTRIN, C. E.; COELHO FILHO, M. A. Estado nutricional de bananeiras tipo Prata sob diferentes sistemas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n. 45, n. 9, p. 980-988, 2010.
- EPSTEIN, E; BLOOM, A. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. 2nd ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2005. 380p.
- FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 6-16, 1998.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Improving nutrient use efficiency of annual crops in Brazilian acid soils for sustainable crop production. **Communication Soil Science Plant Analysis**, New York, v. 32, n. 7-8, p. 1303-1319, 2001.
- FERREIRA, O. G. L.; ROSSI, F. D.; ANDRIGHETTO, C. **DDA: Software para determinação de área foliar, índice de área foliar e área de olho de lombo – versão 1.2**. Santo Augusto: 2008.
- FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 122p.
- FORDE, B. G. Nitrate transporters in plants: structure, function and regulation. **Biochimica et Biophysica Acta**, Brunswick, v. 1465, n. 1-2, p. 219-235, 2000.
- GABELMAN, W. H.; GERLOFF, G. C. The search for and interpretation of genetic controls that enhance plant growth under deficiency levels of a macronutrient. **Plant and Soil**, The Hague, v. 72, n. 1-2, p. 335-350, 1983.
- GONDIM, A. R. O.; PRADO, R. M.; ALVES, A. U.; FONSECA, I. M. Eficiência nutricional do milho cv. BRS 1030 submetido à omissão de macronutrientes em solução nutritiva. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 4; p. 539-544, 2010.
- HERMANS, C.; HAMMOND, J. P.; WHITE, P. J.; VERBRUGGEN, N. How plants respond to nutrient shortage by biomass allocation? **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 11, v. 12, p. 610-617, 2006.
- HIRSCHI, K. Vascular H⁺/Ca²⁺ transport: who's directing the traffic? **Trends in Plant Science**, Oxford, v.6, n. 3, p. 100-104, 2001.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950. 32p.
- HODGE, A.; BERTA, G.; DOUSSAN, C.; MERCHAN, F.; CRESPI, M. Plant root growth, architecture and function. **Plant and Soil**, The Hague, v. 321, n. 1, p. 153-187, 2009.
- LAVRES JUNIOR, J.; BOARETTO, R. M.; SILVA, M. L. S.; CORREIA, D.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 2, p. 145-151, 2005.
- LI, B.; McKEAND, S.E.; ALLEN, H.L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Science**, Washington, v.37, n.2, p.613-626, 1991.

LYNCH, J. P.; HO, M. D. Rhizoeconomics, carbon costs of phosphorus acquisition. **Plant and Soil**, The Hague, v. 269, n. 1-2, p. 45-56, 2005.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
NACRY, P.; CANIVENC, G.; MULLER, B.; AZMI, A.; VAN ONCKELEN, H.; ROSSIGNOL, M.; DOUMAS, P. A role for auxin redistribution in the responses of the root system architecture to phosphate starvation in Arabidopsis. **Plant Physiology**, Washington v. 138, n. 4, p. 2061-2074, 2005.

NIKIFOROVA, V. J.; BIELECKA, M.; GAKIÈRE, B.; KRUEGER, S.; RINDER, J.; KEMPA, S.; MORCUENDE, R.; SCHEIBLE, W. R.; HESSE, H.; HOEFGEN, R. Effect of sulfur availability on the integrity of amino acid biosynthesis in plants. **Amino Acids**, Austria, v. 30, n. 2, p. 173-183, 2006.

PERVEZ, H.; ASHRAF, M.; MAKHDUM, M. I. Influence of potassium nutrition on gas exchange characteristics and water relations in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Photosynthetica**, Prague, v. 42, n. 2, p. 251-255, 2004.

PINTO, A. C. R.; GRAZIANO, T. T.; BARBOSA, J. C.; LASMAR, F. B. Modelos para estimativa da área foliar de *Curcuma alismatifolia* e *Curcuma zedoaria*. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 549-552, 2008.

PRADO, R. M.; CAIONE, G. Plant analysis. In: ISSAKA, R.N. (Org.). **Soil Fertility**. 1.ed. Shanghai: In Tech Open Science, 2012. p. 115-134.

ROBERTS, T. L. Improving nutrient use efficiency. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, Adana, v. 32, n. 3, p. 1770182, 2008.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; FRANCO, C. F., NATALES, W. Eficiência de absorção, transporte e utilização de macronutrientes por porta-enxertos de caramboleira, cultivados em soluções nutritivas. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1020-1026, 2007.

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 4, n. 3, p. 289-302, 1981.

SILVA, T. O.; BORGES, A. L.; CARVALHO, J. G.; DAMASCENO, J. E. A. Adubação com potássio e nitrogênio em três ciclos de produção da bananeira cv. Prata-Anã. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 152-155, 2003.

SWIADER, J. M.; CHYAN, Y.; FREIJI, F. G. 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.

SZCZERBA, M. W., BRITTO, D. T.; KRONZUCKER, H. J. K⁺ transport in plants: physiology and molecular biology. **Journal of Plant Physiology**, Wageningen, v. 166, n. 5, p. 447-466, 2009.

TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. **Eficiência nutricional em plantas**. Estudos avançados em produção vegetal. Alegre: Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, 2008. v. 1, p. 23-41.

WHITE, P. J.; BOWEN, H. C.; DEMIDCHIK, V.; NICHOLS, C.; DAVIES, J. M. Genes for calcium-permeable channels in the plasma membrane of plant roots cells. **Biochimica et Biophysica Acta**, Brunswick, v. 1564, n. 2, p. 299-309, 2002.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Calcium in plants. **Annals of Botany**, New York, v. 92, n. 4, p. 487-511, 2003.

YEH, M. D.; LIN, L.; WRIGHT, C. J. Effects of mineral nutrient deficiencies on leaf development, visual symptoms and shoot-root ratio of *Spathiphyllum*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 86, n. 3, p. 223-233, 2000.