

ABSORÇÃO DE MACRONUTRIENTES POR EXPLANTES DE BANANEIRA *IN VITRO*¹

JOSEFA DIVA NOGUEIRA DINIZ², ANTONIO NATAL GONÇALVES³,
FERNANDO FELIPE FERREYRA HERNANDEZ⁴ e ANTONIO CARLOS TORRES⁵

RESUMO - Com o objetivo de estudar a absorção de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) em explantes de bananeira cv. Prata Anã, foram utilizados explantes de plantas estabelecidas *in vitro*, inoculados em meio básico de Murashige & Skoog (1962) contendo sacarose (30 g/L), e BAP (3,5 mg/L) com sete tratamentos, representados pelos períodos de 0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias de cultivo e três repetições. As quantidades de macronutrientes totais absorvidas pelos explantes seguiram a ordem: $K > N > Ca \geq P > Mg \cong S$. O P foi o nutriente absorvido mais rapidamente pelos explantes, com 75% extraído do meio de cultivo nos primeiros 30 dias, cessando sua absorção aos 50 dias, restando ainda 9% no meio de cultivo. A absorção do S cessou também aos 50 dias, quando 66% deste nutriente ainda permanecia no meio de cultivo. Este resultado sugere haver uma relação, quanto à absorção, entre esses dois nutrientes. As maiores taxas de absorção de todos os nutrientes foram verificadas nos primeiros 20 dias. O rizoma, o pseudocaule e as folhas, se diferenciaram quanto à concentração e extração ou acúmulo de nutrientes.

Termos para indexação: *Musa*, cultura de tecidos, matéria seca, nutrientes.

MACRONUTRIENT ABSORPTION BY BANANA EXPLANTS *IN VITRO*

ABSTRACT - The absorption of the nutrients (N, P, K, Ca, Mg and S) by banana (*Musa sp.*) cv. Prata Anã explants on the basic medium of Murashige & Skoog (1962) supplemented with sucrose (30 g/L) and BAP (3.5 mg/L) were evaluated at 0, 10, 20, 30, 40, 50 and 60 days after inoculation. The seven treatments were arranged on a completely randomized design with three replicates. The sequence of nutrient absorption by the explants was $K > N > Ca \geq P > Mg \cong S$. The P was the nutrient with the fastest absorption rate and at the 30th day the explants had already absorbed 75% of the P from the medium. The P absorption stopped by the 50th day. The S absorption stopped at the 50th day with 66% of it remaining in the medium. The results suggested a close relationship between these two nutrients. The highest rates of nutrient absorption were observed during the first 20 days of culture. The rhizome, pseudostem and leaves behaved differently to the extraction and accumulation of nutrients.

Index terms: *Musa*, tissue culture, dry matter, nutrients.

INTRODUÇÃO

A propagação *in vitro* da bananeira é hoje amplamente utilizada não só para cultivos comerciais, mas também em estudos de fisiologia, bioquímica e genética. Para o sucesso da utilização dessa técnica, é necessário que a composição mineral e orgânica do meio seja adequada, para manter o ótimo crescimento das plantas. No entanto, a maioria dos estudos sobre nutrição mineral de plantas tem sido realizada em condições de campo ou de casa de vege-

¹ Aceito para publicação em 12 de fevereiro de 1999.

Extraído da Dissertação de doutorado do primeiro autor apresentada à ESALQ/USP.

² Eng^a Agr^a, Dr^a, Dep. Fitotecnia, CCA/UFC, Caixa Postal 12168, CEP 60356-001 Fortaleza, CE. E-mail: dndiniz@ufc.br

³ Eng. Agr., Dr., Dep. Ciências Florestais, ESALQ/USP, Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba, SP.

⁴ Eng. Agr., Dr., Prof. Titular, Dep. Ciências Solo, CCA/UFC. Caixa Postal 12.168, CEP 60021-970 Fortaleza, CE.

⁵ Eng. Agr., Ph.D., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPH), Caixa postal 218, CEP 70359-970 Brasília, DF.

tação; existem poucas informações disponíveis na literatura sobre o comportamento das plantas de bananeira com relação à nutrição *in vitro*. Neste contexto, são necessárias pesquisas no sentido de quantificar a utilização dos nutrientes durante o crescimento e multiplicação das plantas *in vitro*, de forma que a quantidade fornecida ao meio não seja um fator limitante ao seu desenvolvimento.

Os teores de nutrientes nas plantas de bananeira variam entre cultivares, entre as diferentes partes da planta e nos diferentes estádios de desenvolvimento. No cultivo *in vitro*, as quantidades fornecidas e o balanço de nutrientes são fatores determinantes na sua utilização pelas plantas. O nitrogênio (N) é considerado o elemento mais importante para o crescimento da bananeira (Lahav & Turner, 1983). Segundo Loreti et al. (1988), o N tem função importante no desenvolvimento dos tecidos *in vitro*. Estes autores sugerem o uso de baixos níveis de N nos estádios iniciais, e maiores concentrações, subsequentemente, para aumentar a formação de gemas axilares. Limitações no desenvolvimento dos tecidos *in vitro* causadas por deficiência de fósforo (P) têm sido observadas por vários pesquisadores. Singha et al. (1987), trabalhando com *Malus* sp. e *Pyrus communis*, encontraram que aproximadamente 50% do P inicial do meio era removido durante as primeiras seis semanas de cultivo. Mezzetti et al. (1991) observaram que apenas 5,5% do P inicial permanecia no meio de cultura após 30 dias de cultivo com *Actinidia deliciosa*. A utilização do Ca pelas plantas *in vitro* pode ser influenciada pelo tipo de tampa do frasco. Quando os frascos são fechados com parafilme, mantêm alta umidade, o que pode dificultar o fluxo de Ca para a parte aérea (Sha et al., 1985). O uso de parafilme pode levar também a um acúmulo de gases, causando desordens fisiológicas, como: redução da taxa de transpiração, abscisão foliar, atividade metabólica baixa ou anormal, e um acúmulo de metabólitos, como aminoácidos e oxalatos (Thibodeau & Minotti, 1969; Ashkar & Ries, 1971; Corgan & Cotter, 1971; Lemos & Blake, 1996). De acordo com vários autores citados por Sha et al. (1985), esses produtos podem transformar o Ca em formas não disponíveis.

O potássio (K) é o elemento extraído em maior quantidade pela bananeira. Em condições de defi-

ciência desse elemento, há uma redução na produção de matéria seca total, causada pela redução da respiração e da fotossíntese líquida (Lahav, 1972). O magnésio (Mg) faz parte da molécula de clorofila. É o elemento que ativa maior número de enzimas e facilita a absorção, pela raiz, de outros elementos, principalmente do P (Malavolta, 1980). A concentração de Mg na solução ao redor das raízes tem muita influência na absorção (Turner & Barkus, 1981), de modo que, aumentando a concentração deste elemento no meio de cultura, aumenta a sua absorção (Veliky et al., 1977). O enxofre (S) é um nutriente de baixa redistribuição interna na planta, e apresenta, portanto, tendência a se elevar nas folhas mais velhas. Tem como função principal a ativação de enzimas. Como constituinte de vários aminoácidos e proteínas, sua deficiência provoca uma série de distúrbios metabólicos, como: diminuição da fotossíntese, da atividade respiratória e da síntese de proteínas (Malavolta, 1980).

O trabalho teve como objetivo estudar a absorção dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) por explantes de bananeira cultivados *in vitro*, no meio semi-sólido MS.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados explantes de plantas de bananeira (*Musa* sp.), cultivar Prata Anã, estabelecidos *in vitro*, inoculados em meio básico de Murashige & Skoog (1962) (MS), suplementado com sacarose (30 g/L) e 6-BAP (3,5 mg/L). Após a inoculação, os explantes, que consistiram de gemas apicais e de porção subjacente do rizoma, medindo em média, 1,5 cm de comprimento, e com uma matéria fresca em torno de 280 mg, foram inoculados (quatro por frasco com 50 mL de meio de cultivo), e mantidos em câmara de crescimento a uma temperatura de $26 \pm 1^\circ\text{C}$, fotoperíodo de 16 horas e intensidade luminosa em torno de 2.000 lux.

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos. Os tratamentos foram representados pelos períodos de: 0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias de cultivo. Em cada tratamento foram utilizados diferentes números de explantes (40, 40, 44, 36, 36, 32 e 32 explantes, respectivamente), os quais foram determinados em função da matéria fresca necessária para obtenção de matéria seca em quantidade suficiente para a realização das análises químicas e avaliação dos teores de macronutrientes. Em cada tratamento foram utilizadas três

repetições, perfazendo um total de 780 explantes. No caso do tratamento 0 dia de cultivo, nas avaliações, foram considerados os explantes antes da inoculação.

Em cada tratamento foram avaliadas as variáveis: a) matéria fresca: em todos os tratamentos, imediatamente após a coleta do explante, foram separados o rizoma (incluindo raízes), pseudocaule e folhas, pesando-se cada um separadamente, com exceção do tratamento 10 dias de cultivo, que foi separado em rizoma e parte aérea, por ter pouca diferenciação de folhas; a massa da matéria fresca total do explante foi obtida pela soma das massas das três partes das plantas; b) matéria seca: após a tomada da matéria fresca, o material foi colocado para secagem a 60°C até massa constante, ocasião em que foi anotada a massa da matéria seca; c) teores de nutrientes: foram determinados, na matéria seca das diferentes partes dos explantes (rizoma, pseudocaule e folhas), os teores totais dos macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg e S. As concentrações dos nutrientes nos propágulos inteiros foram obtidas pela média ponderada dos teores na matéria seca das diferentes partes dos explantes. Os mesmos nutrientes também foram analisados no meio de cultivo antes da inoculação dos explantes. Para a determinação dos nutrientes, foi usada a metodologia indicada por Malavolta et al. (1989), conforme o que segue: em extrato de digestão sulfúrica, o teor de N total através do método semimicro-Kjeldahl; em extrato nítrico-perclórico, foi determinado o P pelo método colorimétrico do metavanadato; o K por fotometria de chama; o S, por turbidimetria, e o Ca e o Mg, por espectrofotometria de absorção atômica; d) nutrientes ex-

traídos: foram calculados com relação a cada uma das partes das plantas, a partir da concentração de nutrientes e da produção de matéria seca, através da fórmula:

$$N = MS \times n / 100, \text{ onde:}$$

N = nutriente extraído (µg/explante)

MS = matéria seca do explante (µg)

n = percentagem de nutriente na matéria seca (%).

Em todos os tratamentos foram estimados os nutrientes remanescentes no meio de cultivo, pela diferença entre os nutrientes no meio antes da inoculação, menos os nutrientes extraídos pelas plantas.

Os dados obtidos foram analisados por meio de análise de variância, e as médias, comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os pesos da matéria fresca e da matéria seca dos explantes inteiros e das diferentes partes destes aumentaram com o tempo de cultivo (Tabela 1). No mesmo tempo de cultivo, o rizoma apresentou maiores médias de matéria fresca e matéria seca, diferenciando-se estatisticamente do pseudocaule e folhas que não apresentaram diferenças entre si. A matéria fresca e seca aumentou com o tempo de cultivo, e de forma diferente nas diferentes partes dos explantes. O rizoma apresentou o máximo incremento relativo nos primeiros 10 dias; o pseudocaule,

TABELA 1. Pesos da matéria fresca e da matéria seca no rizoma, no pseudocaule, nas folhas e nos explantes inteiros de bananeira, cv. Prata Anã, durante o cultivo *in vitro* (média de 3 repetições)¹.

Explante total e parcial	Tempo de cultivo (dias)						
	0	10	20	30	40	50	60
	Matéria fresca (mg/explante)						
Explante inteiro	279,7d	816,4c	1.071,6b	1.193,5b	1.432,6a	1.530,5a	1.622,4a
Rizoma	279,7d	361,7cdA	396,5cdA	418,7bcdAB	484,0bcAB	575,9abA	646,4aA
Pseudocaule	0,0	454,7bA	386,7cA	461,5bA	542,2aA	537,2aAB	510,4aB
Folhas	0,0	0,0	288,4cA	313,3bcB	406,4abB	417,4aB	465,6aB
	Matéria seca (mg/explante)						
Explante inteiro	15,8e	44,1d	63,4c	79,9c	98,3b	119,6a	132,9a
Rizoma	15,8e	26,1deA	30,9cdA	36,5cdA	43,6bcA	57,1abA	64,3aA
Pseudocaule	0,0	18,0bcB	16,3cB	22,9bB	28,3aB	30,7aB	31,1aB
Folhas	0,0	0,0	16,2dB	20,5cdB	26,4bcB	31,8abB	37,5aB

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

entre 20 e 30 dias; e as folhas, entre 30 e 40 dias. O maior crescimento observado no rizoma é atribuído ao fato de que, como este se encontra diretamente em contato com o meio de cultivo, rico em água e nutrientes, é o local que, inicialmente acumula maior quantidade de nutrientes para posterior transferência para o pseudocaule e deste para as folhas.

Nitrogênio

O teor de N nos explantes inteiros, durante os 60 dias de cultivo, variou entre 3,81 e 5,23%; foi maior nos primeiros 10 dias, e diminuiu em função do tempo (Tabela 2). Essa redução na concentração de N nos tecidos com o tempo de cultivo ocorreu pelo efeito de diluição por maior produção de matéria

TABELA 2. Concentração de macronutrientes no rizoma, no pseudocaule, nas folhas e nos explantes inteiros de bananeira, cv. Prata Anã, durante o cultivo *in vitro* (média de 3 repetições)¹.

Explante total e parcial	Tempo de cultivo (dias)						
	0	10	20	30	40	50	60
	Nitrogênio (%)						
Explante inteiro	5,23a	5,15ab	4,86abc	4,52bcd	4,22cde	4,02de	3,81e
Rizoma	5,23a	5,39aA	5,10abA	4,70abcA	4,44abcA	4,18bcA	3,92cA
Pseudocaule	0,0	4,78abA	5,04aA	4,86aA	4,38abcAB	4,11bcA	4,01cA
Folhas	0,0	0,0	4,24aB	3,82bB	3,64bcB	3,64bcA	3,45cA
	Fósforo (%)						
Explante inteiro	0,51bcd	0,63a	0,61ab	0,55abc	0,47cde	0,43de	0,38e
Rizoma	0,51a	0,47aB	0,46aB	0,40abB	0,31bcB	0,30bcB	0,27cB
Pseudocaule	0,0	0,87aA	0,70bA	0,64bcA	0,56bcA	0,54bcA	0,49cA
Folhas	0,0	0,0	0,81aA	0,70abA	0,62bcA	0,56bcA	0,49cA
	Potássio (%)						
Explante inteiro	5,15cde	5,95ab	6,18a	5,69abc	5,41bcd	4,94de	4,69e
Rizoma	5,15a	4,46aB	5,15aB	4,81aB	4,41aB	4,22aB	4,04aB
Pseudocaule	0,0	8,12aA	7,72abA	7,11bcA	6,83cA	6,28cdA	5,84dA
Folhas	0,0	0,0	6,65aA	5,68bB	5,50bcB	4,93bcB	4,85cAB
	Cálcio (%)						
Explante inteiro	0,54a	0,61a	0,60a	0,55a	0,54a	0,54a	0,56a
Rizoma	0,54b	0,71aA	0,79aA	0,76aA	0,74aA	0,73aA	0,75aA
Pseudocaule	0,0	0,45bB	0,64aA	0,54abB	0,53abB	0,50abB	0,53abB
Folhas	0,0	0,0	0,17aB	0,19aC	0,23aC	0,22aC	0,28aC
	Magnésio (%)						
Explante inteiro	0,33a	0,34a	0,35a	0,33a	0,32a	0,28a	0,26a
Rizoma	0,33abc	0,34abcA	0,43aA	0,41abA	0,37abcA	0,31bcA	0,30cA
Pseudocaule	0,0	0,33aA	0,30aB	0,28aB	0,27aAB	0,25aA	0,25aA
Folhas	0,0	0,0	0,28aB	0,26aB	0,26aB	0,23aA	0,22aA
	Enxofre (%)						
Explante inteiro	0,48a	0,41ab	0,39abc	0,32bcd	0,30bcd	0,29cd	0,25d
Rizoma	0,48a	0,43abA	0,47aA	0,44abA	0,39abA	0,37abA	0,31bA
Pseudocaule	0,0	0,37aA	0,29abB	0,22bB	0,22bB	0,22bB	0,20bA
Folhas	0,0	0,0	0,31aB	0,23aB	0,23aB	0,20aB	0,20aA

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

seca. Por outro lado, pode ter contribuído o fato de o meio semi-sólido ter perdido água durante o cultivo, aumentando a viscosidade, o que pode retardar o movimento dos nutrientes do meio para os explantes.

O rizoma e o pseudocaule apresentaram concentrações de N similares com valores na faixa de 5,39 a 3,92% durante os 60 dias de cultivo, e não

houve diferença entre as amostras coletadas nos mesmos períodos de tempo. Nas folhas, a concentração de N foi inferior à do rizoma e do pseudocaule, com teores variando de 4,24 (aos 20 dias) a 3,45% (aos 60 dias), apresentando diferença somente nos primeiros 30 dias. Quanto à extração, o rizoma extraiu maior quantidade de N que o pseudocaule e folhas (Tabela 3) por ser o órgão que acumula mai-

TABELA 3. Extração de macronutrientes do meio de cultura pelo rizoma, pelo pseudocaule, pelas folhas e pelos explantes inteiros de bananeira, cv. Prata Anã, e nutrientes remanescentes no meio durante o cultivo *in vitro* (média de 3 repetições)¹.

Meio e explante total e parcial	Tempo de cultivo (dias)						
	0	10	20	30	40	50	60
Nitrogênio (µg/explante)							
Meio de cultura	5.460,0	4.039,0	3.226,8	2.701,0	2.166,9	1.507,1	1.250,4
Explante inteiro	824,2f	2.271,2e	3.083,4d	3.609,2cd	4.143,3bc	4.803,1ab	5.059,8a
Rizoma	824,2d	1.407,9cdA	1.578,7cdA	1.712,9bcA	1.943,0abcA	2.382,6abA	2.519,2aA
Pseudocaule	0,0	863,4bcB	819,2cB	1.113,6abB	1.241,8aB	1.261,8aB	1.248,6aB
Folhas	0,0	0,0	685,4dB	782,7cdB	958,6bcB	1.158,7abB	1.292,0aB
Fósforo (µg/explante)							
Meio de cultura	477,4	279,3	172,0	121,2	101,8	43,1	46,1
Explante inteiro	80,4d	278,5c	385,8b	436,6b	456,0ab	514,7a	511,7a
Rizoma	80,4b	122,1abA	142,6abA	147,1abA	136,8abA	171,5aA	173,8aA
Pseudocaule	0,0	156,5aA	113,3aA	146,6aA	159,2aA	166,4aA	154,3aA
Folhas	0,0	0,0	129,9bA	142,9abA	159,9abA	176,9abA	183,6aA
Potássio (µg/explante)							
Meio de cultura	9.220,9	7.401,3	6.110,1	5.481,8	4.734,0	4.129,8	3.806,0
Explante inteiro	806,8f	2.626,4e	3.917,6d	4.545,9cd	5.293,7bc	5.897,9ab	6.221,7a
Rizoma	806,8d	1.173,1cdA	1.593,2bcdA	1.755,5abcdA	1.930,1abcA	2.404,7abA	2.598,6aA
Pseudocaule	0,0	1.453,3bcA	1.251,3cA	1.631,3abA	1.931,3aA	1.926,5aAB	1.812,4aB
Folhas	0,0	0,0	1.073,4cA	1.159,0bcA	1.432,4abcA	1.566,8abB	1.810,7aB
Cálcio (µg/explante)							
Meio de cultura	1.299,8	1.117,0	1.008,0	945,1	851,4	745,5	636,2
Explante inteiro	85,2f	268,0e	377,0de	439,9cd	533,6bc	639,5ab	748,8a
Rizoma	85,2e	186,7deA	245,5cdA	277,7cdA	324,2bcA	418,1abA	482,2aA
Pseudocaule	0,0	81,3dB	105,0cdB	123,4bcB	149,3abB	153,4abB	165,1aB
Folhas	0,0	0,0	26,6dB	39,2cdB	60,1bcB	68,0bB	101,5aB
Magnésio (µg/explante)							
Meio de cultura	621,2	523,5	447,7	407,8	365,8	344,1	323,0
Explante inteiro	52,3c	150,0d	225,8c	265,7bc	307,7ab	329,4a	350,5a
Rizoma	52,3c	89,9bcA	131,8abA	149,9abA	162,9aA	178,6aA	190,7aA
Pseudocaule	0,0	60,1abA	48,3bB	63,4abB	76,7aB	76,7aB	78,0aB
Folhas	0,0	0,0	45,7cB	52,5bcB	68,0abB	74,1aB	81,8aB
Enxofre (µg/explante)							
Meio de cultura	769,8	665,7	603,1	589,1	549,9	500,0	510,4
Explante inteiro	75,0e	179,1d	243,5cd	255,7bcd	294,9abc	344,8a	334,4ab
Rizoma	75,0c	112,1bcA	146,5abcA	158,5abcA	171,6abA	214,3aA	197,3abA
Pseudocaule	0,0	67,0aB	48,0aB	50,2aB	63,2aB	67,2aB	63,0aB
Folhas	0,0	0,0	49,0bB	47,0bB	60,1abB	63,3abB	74,1aB

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

or quantidade de matéria seca. De acordo com a Fig. 1, aos 30 dias cerca de 50% do N foi extraído do meio, e aos 60 dias, aproximadamente 22% ainda permanecia no meio de cultivo, o que indica que o N não foi limitante para o crescimento dos explantes durante o período do experimento.

Fósforo

As concentrações de P nos explantes inteiros foram mais altas nos primeiros dias de cultivo, e observou-se uma redução de seus teores com o tempo. Segundo Williams (1993), essas reduções são explicadas pela diminuição da absorção líquida de P e ao conseqüente efeito de diluição pelo crescimento dos explantes. A maior absorção de P ocor-

reu nos períodos iniciais de crescimento, chegando a extrair 75% do P do meio de cultivo, aos 30 dias, e a cessar a absorção aos 50 dias, quando ainda permanecia 9% do P no meio (Tabela 3 e Fig. 1). É provável que a pequena quantidade de P presente no meio ao fim do cultivo não estivesse disponível para o explante, devido à interação com outros sais, macro e microelementos remanescentes, em excesso no meio (Mezzetti et al., 1991), além do que, o baixo pH de equilíbrio (4,0), poderia reduzir a solubilidade do P e afetar a taxa de difusão de íons $H_2PO_4^-$ do meio para a planta, mesmo que o teor no meio fosse suficiente (Williams, 1993). A rápida absorção de P nos primeiros dias de cultivo e as limitações no desenvolvimento de explantes *in vitro* pela deficiência de P têm sido reportadas por diversos pesquisadores em outras culturas. MacCarthy et al. (1980), cultivando *Catharanthus roseus*, verificaram que cerca de 50% do suprimento de P era consumido aos 6 dias, apresentando deficiência completa aos 10 dias. No cultivo da maçã, Barroso et al. (1985), encontraram o limite de deficiência de P aos 45 dias de cultivo e, Singha et al. (1987) verificaram que após 6 semanas, aproximadamente, 50% do P inicial havia sido removido do meio com *Malus sp.* e *Pyrus communis*. Mezzetti et al. (1991) trabalhando com *Actinidia deliciosa*, observaram que aos 30 dias, apenas 5,5% do P inicial permanecia no meio de cultura.

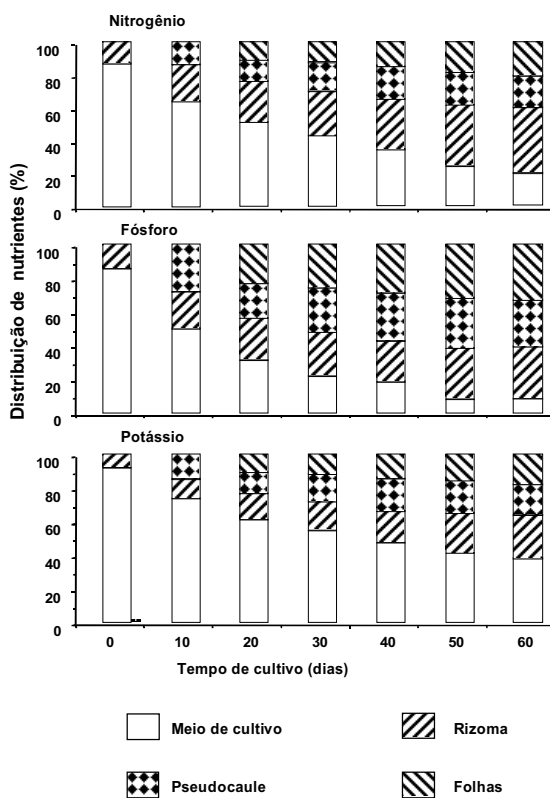


FIG. 1. Distribuição percentual de nitrogênio, fósforo e potássio no meio de cultivo e nas diferentes partes dos explantes de bananeira, cv. Prata Anã.

Potássio

O pseudocaule apresentou concentração um pouco maior de K que as folhas. No rizoma as concentrações de K foram menores, fato também observado por Mezzetti et al. (1991) em raízes de *Actinidia deliciosa*.

O rizoma extraiu maiores quantidades de K que o pseudocaule e folhas (Tabela 3), graças à maior produção de matéria seca. No entanto, somente foram verificadas diferenças estatísticas significativas a partir dos 50 dias de cultivo entre o K extraído pelo rizoma e o extraído pelo pseudocaule e pelas folhas. Aos 60 dias de cultivo, 41,3% do K inicial adicionado ainda permanecia no meio (Fig. 1); isto

sugere que a quantidade fornecida foi suficiente para suprir as exigências dos explantes. Esses resultados diferem do encontrado por Mezzetti et al. (1991), no cultivo *in vitro* de *Actinidia deliciosa*, quando apenas 15% do K permanecia no meio de cultivo no mesmo período.

Cálcio

A concentração de Ca foi decrescente a partir do rizoma, pseudocaule e folha (Tabela 2), o que pode ser atribuído à baixa mobilidade do Ca na planta, razão pela qual, normalmente as menores concentrações são encontradas em tecidos mais jovens. Isto explica também os aumentos de concentração de Ca observados nas folhas em função do tempo de cultivo *in vitro*, bem como as concentrações relativamente baixas quando comparadas com folhas de plantas adultas com valores médios de 0,41, 0,42, 0,52, 0,55 e 0,60% para as cultivares Pacovã, Nanicão, Prata, Nanica e Mysore, respectivamente (Embrapa, 1985).

A quantidade de Ca extraída pelo explante inteiro aumentou com o tempo de cultivo (Tabela 3), principalmente devido ao aumento de matéria seca no rizoma, no pseudocaule e nas folhas, uma vez que, as concentrações praticamente permaneceram constantes. As folhas extraíram menores quantidades de Ca do que o pseudocaule, contrariamente ao encontrado por Mezzetti et al. (1991), em *Actinidia deliciosa*, que verificaram uma maior quantidade de Ca nas folhas e menor no caule. A absorção e distribuição do Ca através da planta é dependente do fluxo de massa, e pode ser limitada pela baixa transpiração dos propágulos acondicionados em frascos sob elevada umidade relativa, reduzindo o transporte de íons de baixa mobilidade (Sha et al., 1985; Williams, 1993).

Magnésio

A concentração de Mg nos explantes inteiros e nas diferentes partes destes, durante os 60 dias de cultivo, apresentou uma tendência de redução na concentração com o tempo (Tabela 2). Contrariamente, Williams (1993), trabalhando com *Pilotus*

exaltatus, observou aumento na concentração de Mg em função do tempo.

O rizoma apresentou maior concentração de Mg que o pseudocaule e folhas, sendo similar em ambos os casos. Do Mg total extraído pelo explante inteiro, cerca de 60% foi absorvido nos primeiros 20 dias de cultivo, e houve acentuada redução na absorção nos dias posteriores (Tabelas 2 e 3). MacCarthy et al. (1980) verificaram também que o Mg era rapidamente absorvido do 6º ao 14º dia de cultivo *in vitro* em *Catharanthus roseus*, permanecendo estável posteriormente. Singha et al. (1987) também verificaram uma redução na absorção a partir da segunda semana de cultivo, em *Malus* sp. e *Pyrus communis*, *in vitro*.

Enxofre

Nos explantes inteiros, a concentração de S permaneceu constante nos primeiros 20 dias, a partir do qual houve uma redução gradual com o tempo de cultivo, e apresentou diferença significativa apenas entre os 20 e 60 dias (Tabela 2). As maiores concentrações de S observadas no rizoma (entre 0,31 e 0,48%), em relação ao pseudocaule (entre 0,20 e 0,37%) e folhas (entre 0,20 e 0,31%), provavelmente foram decorrentes da sua baixa mobilidade dentro da planta. Segundo Fox et al. (1979), mesmo em casos de deficiências severas, o S não é facilmente transportado das folhas velhas para as novas e somente um grande excesso conduz a um aumento de concentração apreciável nos tecidos condutores.

O rizoma foi a parte da planta que extraiu maior quantidade de S, apresentando diferença estatística em relação ao pseudocaule e folhas, a qual foi similar durante o cultivo (Tabela 3). Dos macronutrientes estudados, o S foi o nutriente extraído em menor quantidade, com 66% do valor inicial permanecendo no meio após os 60 dias de cultivo (Fig. 2). Do total de S extraído do meio (33,7%), a maior quantidade (21,9%) foi removida nos primeiros 20 dias, representando 65% do S-total extraído pelos explantes inteiros durante todo o período de cultivo.

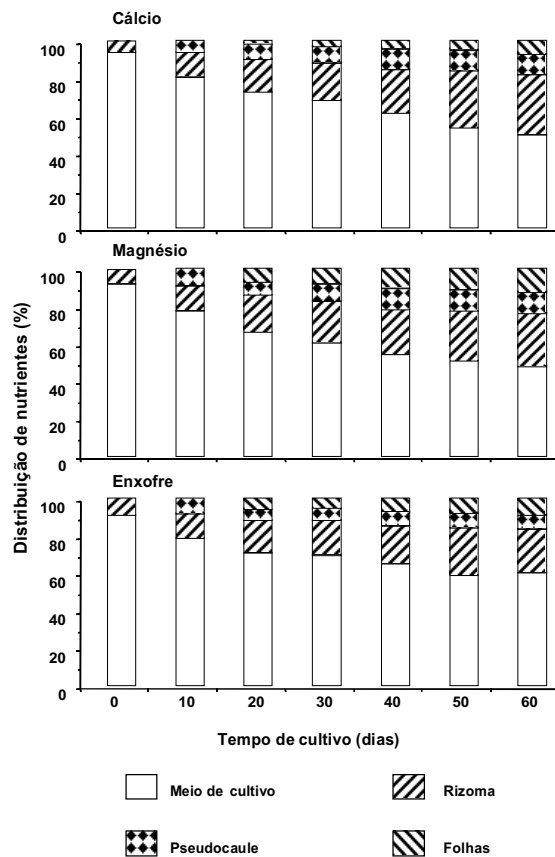


FIG. 2. Distribuição percentual de cálcio, magnésio e enxofre no meio de cultivo e nas diferentes partes dos explantes de bananeira, cv. Prata Anã.

CONCLUSÕES

1. O meio básico MS na quantidade de 12,5 mL por explante fornece macronutrientes em níveis satisfatórios para o desenvolvimento dos explantes até os 50 dias, a partir dos quais cessa a absorção do P e do S.

2. Os explantes de bananeira cultivados em meio básico MS apresentam maior absorção de nutrientes durante os primeiros 20 dias de cultivo; o P é o nutriente absorvido mais rapidamente, com 75% do inicial absorvido pelos explantes nos primeiros 30 dias, cessando sua absorção aos 50 dias, com 9% remanescente no meio de cultivo.

3. O rizoma, pseudocaule e folhas se diferenciam quanto à concentração e extração ou acúmulo de nutrientes; as maiores concentrações de N, P e K encontram-se no pseudocaule, e de Ca, Mg e S, no rizoma; o maior acúmulo de N, K, Ca, Mg e S ocorre no rizoma, e de P, nas folhas.

4. As quantidades de macronutrientes totais absorvidas pelos explantes, tomando como base o K, seguem a ordem: $K > N > Ca \geq P > Mg \cong S$, apresentando as proporções 100:79:10:10:6:6 aos 30 dias, e 100:81:12:8:6:6 aos 60 dias de cultivo, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- ASHKAR, S.A.; RIES, S.K. Lettuce tipburn as related to nutrient imbalance and nitrogen composition. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.96, n.4, p.448-452, 1971.
- BARROSO, M.; LEVA, A.R.; MURILLO, J.M. La multiplicazione del melo con la tecnica della micropropagazione. Influenza del mezzo nutritivo sul contenuto di alcuni elementi minerali nel callo e negli espianti di mela cv. Golden Delicious. **Rivista Della Ortofrutticoltura**, v.69, p.123-131, 1985.
- CORGAN, J.N.; COTTER, D.J. The effects of several chemical treatments on tipburn of head lettuce. **HortScience**, v.6, n.1, p.19-20, 1971.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura. Programa Nacional de Pesquisa da Banana. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura, 1984**, Cruz das Almas, p.59-107, 1985.
- FOX, R.L.; KANG, B.T.; WILSON, G.F. A comparative study of the sulfur nutrition of banana and plantain. **Fruits**, v.34, n.9, p.525-534, 1979.
- LAHAV, E. Effect of different amounts of potassium on growth of the banana. **Tropical Agriculture**, v.49, n.4, p.321-335, 1972.
- LAHAV, E.; TURNER, D.W. **Banana nutrition**. Berne: IPI, 1983. 62p. (IPI. Bulletin, 7).
- LEMOES, E.E.P.; BLAKE, J. Control of leaf abscission in nodal cultures of *Anona squamosa* L. **Journal of Horticultural Science**, v.71, n.5, p.721-728, 1996.

- LORETI, F.; MORINI, S.; CONCETTI, S. Effect of potassium and nitrogen concentration on growth of peach shoots cultured *in vitro*. **Acta Horticulturae**, v.227, p.311-317, 1988.
- MacCARTHY, J.J.; RATCLIFFE, D.; STREET, H.E. The effect of nutrient medium composition on the growth cycle of *Catharanthus roseus* G. Don Cells growth in batch culture. **Journal of Experimental Botany**, v.31, n.124, p.1315-1325, 1980.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: NAGY, 1989. 201p.
- MEZZETTI, B.; ROSATI, P.; CASALICCHIO, G. *Actinidia deliciosa* C.F. Liang *in vitro*. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v.25, p.91-98, 1991.
- MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, v.15, p.473-497, 1962.
- SHA, L.; McCOWN, B.H.; LLOYD, A.P. Occurrence and cause of shoot-tip necrosis in shoot cultures. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.110, n.5, p.631-634, 1985.
- SINGHA, S.; OBERLY, G.H.; TOWNSEND, E.C. Changes in nutrient composition and pH of the culture medium during *in vitro* shoot proliferation of crabapple and pear. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v.11, p.209-220, 1987.
- THIBODEAU, P.O.; MINOTTI, P.L. The influence of calcium on the development of lettuce tipburn. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.94, n.4, p.372-376, 1969.
- TURNER, D.W.; BARKUS, B. Some factors affecting the apparent root transfer coefficient of banana plants (cv. 'Williams'). **Fruits**, v.36, p.607-613, 1981.
- VELIKY, I.A.; ROSE, D.; ZINK, M.W. Uptake of magnesium by suspension cultures of plant cells (*Ipomoea* sp.). **Canadian Journal of Botany**, v.55, p.1143-1147, 1977.
- WILLIAMS, R.R. Mineral nutrition *in vitro* - a mechanistic approach. **Australian Journal of Botany**, v.41, p.237-251, 1993.