

TEORES FOLIARES E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES DO MAMOEIRO BAIXINHO DE SANTA AMÁLIA TRATADO COM BIOFERTILIZANTES¹

Evandro Franklin de Mesquita², Lourival Ferreira Cavalcante³, Saulo Cabral Gondim³, Vinícius Batista Campos⁴, Ítalo Herbert Lucena Cavalcante⁵, Petrônio Cabral Gondim³

ABSTRACT

LEAF NUTRIENT STATUS AND NUTRIENT EXPORTATION OF “BAIXINHO DE SANTA AMÁLIA” PAPAYA CULTIVAR TREATED WITH BIOFERTILIZERS

Papaya tree is a crop with expressive economic importance in Brazil, where it has been traditionally cultivated with mineral soil fertilizing, although, for the last two decades, the world market has required lower levels of synthetic products use for food production and higher levels of the natural ones. In this way, one experiment was carried out in Remígio, Paraíba State, Brazil, to evaluate the leaf nutrient status, at the beginning of the blooming stage, and the exportation of sodium, macro, and micronutrients of the “Baixinho de Santa Amália” papaya cultivar. A complete randomized blocks experimental design was used in a 2x5 factorial arrangement, referring to pure biofertilizer and biofertilizer enriched with macro and micronutrients, under 0.0 L plant⁻¹; 0.5 L plant⁻¹; 1.0 L plant⁻¹; 1.5 L plant⁻¹; and 2.0 L plant⁻¹ doses, applied to soil under their liquid form. The enriched biofertilizer was more efficient, in relation to the pure one, for leaf nutrient status and nutrient exportation of papaya fruit, for all doses applied to soil. At the beginning of the blooming stage, all plants were adequately supplied with nitrogen, potassium, sulfur, boron, copper, and zinc, but deficient in phosphorus, calcium, magnesium, iron, and manganese. The most exported nutrients were potassium, among the macronutrients, and iron, among the micronutrients.

KEY-WORDS: *Carica papaya* L.; biofertilizer; mineral status.

RESUMO

O mamoeiro é uma cultura de expressiva importância econômica para o Brasil e, tradicionalmente, foi cultivado sob fertilização mineral do solo. Entretanto, nas últimas duas décadas, o mercado consumidor mundial vem exigindo a produção de alimentos com menor uso de insumos sintéticos e maior utilização de insumos naturais. Nesse sentido, um experimento foi conduzido no município de Remígio, PB, para avaliar a composição mineral no limbo foliar, no início da floração das plantas e na exportação de sódio, macro e micronutrientes, na colheita dos frutos maduros do mamoeiro “Baixinho de Santa Amália”. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, usando o esquema fatorial 2x5, referentes ao biofertilizante puro e enriquecido com macro e micronutrientes, nas doses 0,0 L cova⁻¹; 0,5 L cova⁻¹; 1,0 L cova⁻¹; 1,5 L cova⁻¹; e 2,0 L cova⁻¹, aplicados ao solo na forma líquida. O biofertilizante enriquecido foi mais eficiente, em relação ao puro, na acumulação de sódio, macro e micronutrientes, nas folhas das plantas e na exportação dos respectivos nutrientes, com a colheita dos frutos do mamoeiro em todas as doses de insumos aplicados ao solo. As plantas, no início da floração, estavam com teores adequados de nitrogênio, potássio, enxofre, boro, cobre e zinco e deficientes em fósforo, cálcio, magnésio, ferro e manganês. O potássio (dentre os macronutrientes) e o ferro (dentre os micronutrientes) foram os mais exportados, com a colheita dos frutos.

PALAVRAS-CHAVE: *Carica papaya* L.; biofertilizante; composição mineral.

INTRODUÇÃO

A cultura do mamoeiro exerce expressiva importância econômica, visto que o Brasil apresenta-se como o maior produtor mundial da fruta (Cantilliano &

Castañeda 2005, Ibráf 2007). A cultura é exigente em insumos agrícolas, tornando-se necessário desenvolver tecnologias que permitam reduzir os custos de produção e, também, possibilitem incorporar áreas potencialmente menos férteis ao processo produtivo.

1. Trabalho recebido em jun./2009 e aceito para publicação em mar./2010 (nº registro: PAT 6535/ DOI: 10.5216/pat.v40i1.6535).

2. Universidade Estadual da Paraíba, Departamento de Ciências Agrárias e Letras, Catolé do Rocha, PB, Brasil.

E-mail: elmesquita4@yahoo.com.br.

3. Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Solos e Engenharia Rural, Areia, PB, Brasil.

E-mails: lofeca@cca.ufpb.br, saulogondim@cca.ufpb.br, petroniogondim@yahoo.com.br.

4. Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Agrícola, Campina Grande, PB, Brasil.

E-mail: viniciuspmsa@hotmail.com.

5. Universidade Federal do Piauí, Campus Cinobelina Elvas, Departamento de Agronomia, Bom Jesus, PI, Brasil.

E-mail: italohl@ufpi.br.

A exigência nutricional da cultura se dá em função das quantidades extraídas e exportadas pelas colheitas, junto com a marcha de absorção dos nutrientes, durante o ciclo da planta. O fornecimento de nutrientes pelo solo pode ser avaliado pela análise química e ajustado segundo ensaios de adubação, sintomas visuais de deficiência, diagnose foliar e respostas à adubação, nas pesquisas de campo (Falcão & Borges 2006, Manica et al. 2006).

O mamoeiro apresenta exigências contínuas por nutrientes, durante o primeiro ano, atingindo o nível máximo aos 12 meses (Oliveira & Caldas 2004). Quanto aos macronutrientes, potássio (K), nitrogênio (N) e cálcio (Ca) são aqueles absorvidos em maior proporção, em relação ao fósforo (P), magnésio (Mg) e enxofre (S). Entretanto, em geral, o nutriente menos extraído do solo, pelo mamoeiro, é o fósforo. O potássio é um dos nutrientes mais requeridos pelo mamoeiro, sendo exigido de forma constante e crescente, durante todo o ciclo da cultura. Dentre os micronutrientes, o mamoeiro apresenta maior exigência de ferro (Fe), seguido pelo manganês (Mn), com uma necessidade intermediária e semelhante para o zinco (Zn) e o boro (B), enquanto o molibdênio (Mo) é o menos absorvido (Marinho et al. 2002).

Tradicionalmente, o cultivo do mamoeiro tem sido feito de maneira convencional, realizando-se adubação mineral via solo, utilizando-se, em sua quase totalidade, fertilizantes sintéticos. Entretanto, a partir do início das duas últimas décadas, tem-se registrado, no mundo todo, aumento da aplicação de insumos naturais, dentre eles os biofertilizantes, objetivando-se a produção de alimentos com menor uso de insumos sintéticos.

A utilização de compostos orgânicos, como o biofertilizante, é comum na adubação de inúmeras espécies hortícolas, principalmente as anuais, como as oleráceas, e incipiente nas perenes, como as fruteiras. O uso do biofertilizante é uma prática de pequenos e médios produtores rurais, como uma alternativa técnica e economicamente viável. Todavia, apesar de ser mais recomendada via pulverização foliar, para o controle de fitomoléstias e algumas pragas das lavouras (Mesquita et al. 2007), a utilização do biofertilizante pode, também, ser feita diretamente no solo (Darolt 2002).

A importância do biofertilizante, no crescimento das plantas, não se deve aos valores quantitativos dos seus componentes químicos, que, em geral, são baixos, mas aos qualitativos, pela sua diversidade.

Além da diversidade química, o biofertilizante estimula a atividade microbológica e enzimática e promove a liberação de nutrientes e a melhoria física do solo, resultando em maior crescimento e nutrição das plantas.

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do biofertilizante puro e do biofertilizante enriquecido quimicamente, aplicados ao solo na forma líquida, sobre a composição foliar, e exportação de sódio, macro e micronutrientes, com a colheita dos frutos do mamoeiro Baixinho de Santa Amália.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Maçaquinhos, situada 8 km ao sul do município de Remígio, PB. Fisiograficamente, o município se insere na Microrregião de Esperança (PB) e, geograficamente, está localizado nas coordenadas 6°53'00" de latitude Sul e 36°02'00" de longitude Oeste, com altitude de 470 m. O clima é do tipo As', que significa quente e úmido. O período das chuvas compreende-se entre março ou abril até julho ou agosto, com intensidade pluviométrica em torno de 1.000 mm anuais, temperatura média e umidade relativa do ar de 25°C e 80%, respectivamente. O solo é profundo, bem drenado e possui textura arenosa. Suas características físico-químicas encontram-se na Tabela 1.

Os tratamentos foram distribuídos em blocos ao acaso, com três repetições e cinco plantas úteis por parcela, totalizando 150 plantas. Adotou-se o esquema fatorial 2x5, equivalente a dois tipos de biofertilizantes (puro e enriquecido com macro e micronutrientes) e cinco níveis de aplicação (0,0 L cova⁻¹; 0,5 L cova⁻¹; 1,0 L cova⁻¹; 1,5 L cova⁻¹; e 2,0 L cova⁻¹), diluídos em água na relação 1:3 e aplicados em cova com 40 cm de diâmetro, uma semana antes do plantio e a cada dois meses após o plantio, até o final da colheita.

A obtenção do biofertilizante puro, sob fermentação anaeróbica, conforme Santos (1992), constou da mistura de partes iguais de esterco fresco bovino (gado leiteiro em lactação, sob regime de semiconfinamento, com alimentação complementar a partir do meio-dia) e água, para 100 L, durante as duas primeiras semanas. Posteriormente, adicionaram-se partes iguais de esterco fresco e água não salina, elevando-se o volume da mistura para 200 L.

Para a produção do biofertilizante enriquecido com mistura protéica, macro e micronutriente,

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo, na camada 0-20 cm, analisado antes do preparo das covas.

<i>Características químicas</i>										
pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	SB	CTC	V
	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³								%
5,3	4,0	40	0,7	0,45	0,20	0,10	2,56	1,27	3,83	33,2
<i>Características físicas</i>										
Areia	Silte	Argila	Ada	Ucc	Upmp	Adi	GF	Ds	Dp	Pt
g kg ⁻¹						%	g dm ⁻³		m ³ m ⁻³	
812	122	60	25	78	23	55	58,3	1,55	2,73	0,48
<i>Micronutrientes</i>										
Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco		
mg kg ⁻¹										
0,69		2,09		4,74		10,1		2,51		

Ada = argila dispersa em água; Gf = grau de floculação; Ds = densidade do solo; Dp = densidade de partículas; Pt = porosidade total; Ucc = umidade em capacidade de campo; Upm = umidade em ponto de murcha; Adi = água disponível; SB = soma de bases (Ca²⁺+Mg²⁺+K⁺+Na⁺); CTC = capacidade de troca de cátions (SB + H⁺+Al³⁺); V = saturação por base (SB/CTC)x100.

sob fermentação anaeróbica por 60 dias (Meirelles et al. 1997), inicialmente, misturaram-se 20 L de esterco bovino fresco e 100 L de água. A cada três dias, foi adicionado um dos fertilizantes químicos ao recipiente: 2 kg de sulfato de zinco, 2 kg de sulfato de magnésio, 300 g de sulfato de manganês, 300 g de sulfato de cobre, 50 g de sulfato de cobalto, 300 g de sulfato de ferro, 2 kg de cloreto de cálcio, 1 kg de ácido bórico e 100 g de molibdato de sódio. Os fertilizantes foram adicionados juntamente com uma mistura protéica, composta de 1 L de leite, 500 g de açúcar, 100 mL de sangue de boi, 100 g de fígado moído de boi, 200 g de farinha de osso, 200 g de calcário e 200 g de fosfato natural. Após misturar os primeiros quatro elementos, foram adicionados mais 10 L de esterco, totalizando 30 L do produto, e completou-se o volume com água para 200 L.

Os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, ferro, manganês, zinco e sódio (Tabela 2) foram obtidos na matéria seca de cada tipo de biofertilizante, empregando-se as metodologias sugeridas pela Embrapa (1997), e os de boro, conforme Tedesco et al. (1995).

As mudas foram formadas em substrato contendo solo de um Argissolo amarelo, coletado à profundidade de 30 cm, misturado com esterco de curral, na proporção 3:1, adicionando-se 3% em massa de P₂O₅, a partir de superfosfato simples, e acondicionadas em bolsas de polietileno preto (18 cm de altura e 14 cm de diâmetro).

O plantio do mamoeiro Havaí, cultivar Baixinho de Santa Amália ou Baixinho do Espírito Santo, mutante natural de Sunrise Solo, foi efetuado em 01/05/2003, utilizando-se três plantas/cova, no espaçamento 2 x 2 (2.500 plantas ha⁻¹). As covas de plantio foram abertas com 40 cm x 40 cm x 40 cm (altura x largura x profundidade). Com base nos resultados da análise de solo, procedeu-se à adubação de plantio nas covas, 30 dias antes do plantio, com 200 g de fosfato natural (24% de P₂O₅ e 26% de CaO) e 10 L de esterco bovino. No início da floração, foi efetuada a sexagem, com o objetivo de manter o maior número de plantas hermafroditas.

Tabela 2. Composição química na matéria seca dos biofertilizantes utilizados no experimento.

Componentes	Biofertilizantes	
	Puro	Enriquecido
Nitrogênio (g dm ⁻³)	0,76	0,19
Fósforo (g dm ⁻³)	0,05	0,22
Potássio (g dm ⁻³)	2,70	0,82
Cálcio (g dm ⁻³)	0,21	0,24
Magnésio (g dm ⁻³)	0,13	0,14
Enxofre (g dm ⁻³)	0,08	0,32
Boro (mg dm ⁻³)	72,00	270,00
Cobre (mg dm ⁻³)	44,00	72,00
Manganês (mg dm ⁻³)	15,00	826,00
Zinco (mg dm ⁻³)	6,00	420,00
Ferro (mg dm ⁻³)	89,00	137,00
Sódio (mg dm ⁻³)	76,00	133,00

A adubação mineral em cobertura constou apenas da aplicação de ureia (44% N), aos 70, 100 e 160 dias após o plantio, nas doses de 30 g cova⁻¹, 50 g cova⁻¹ e 60 g cova⁻¹, respectivamente, repetida à última dosagem, a cada 60 dias, na fase de produção. As plantas foram irrigadas por gotejamento, utilizando-se dois gotejadores catife por planta, instalados na mangueira, distanciados 20 cm do caule, com vazão de 3,75 L h⁻¹, na pressão de serviço de 1,8 MPa. Foram fornecidos, diariamente, 6 L de água planta⁻¹, até outubro/2003, e, nos meses de novembro e dezembro/2003 e janeiro a março/2004, 9 L planta⁻¹ (Cruz et al. 2003). A água de irrigação, de acordo com análise, não oferecia riscos de salinidade ou sodicidade ao solo ou às plantas (Cavalcante & Cavalcante 2006).

No início da floração das plantas, em agosto de 2003, foram coletadas a 5^a ou 6^a folha (Malavolta et al. 1997), sendo amostrada uma folha por planta e cinco folhas por parcela, totalizando 150 folhas, na área experimental. Os teores de sódio, macro e micronutrientes na matéria seca do limbo foram determinados adotando-se as metodologias descritas pela Embrapa (1997), exceto para o boro, que utilizou a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Na matéria seca total (casca, polpa e sementes) de cinco frutos em completa maturação, por parcela, foram determinados os teores de sódio, macro e micronutrientes, utilizando-se os mesmos procedimentos metodológicos adotados para a composição mineral das folhas. Com base nesses teores, na massa média fresca e seca dos frutos e na produtividade, foram quantificadas as exportações de sódio, macro e micronutrientes, por ocasião das colheitas dos frutos (Mesquita 2005).

Os dados foram submetidos a análise de variância e de regressão polinomial, utilizando-se o Programa de Análises Estatísticas (SAEG 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação tipos x doses de biofertilizante, exceto para o potássio, exerceu efeitos significativos na acumulação de sódio, macro e micronutrientes, na matéria seca do limbo foliar, com superioridade para as plantas dos tratamentos com o biofertilizante enriquecido (Figuras 1 e 2). A superioridade do insumo enriquecido, para a grande maioria dos nutrientes, deve-se à adição dos componentes químicos e da mistura protéica com leite, mel, sangue, fígado, farinha

de osso e fosfato natural. Resultados semelhantes foram observados por Cavalcante et al. (2008), ao avaliarem a absorção de micronutrientes e sódio por plantas de maracujazeiro amarelo, em solo tratado com biofertilizante puro e enriquecido com mistura protéica, macro e micronutrientes.

Os teores relativos ao nitrogênio aumentaram, em função da aplicação dos respectivos biofertilizantes, até o maior valor de 63 g kg⁻¹, para as doses máximas estimadas de 1,9 L cova⁻¹ e 1,5 L cova⁻¹, nos tratamentos com o insumo puro e enriquecido (Figura 1A). Aplicações superiores a essas provocaram declínio nos teores acumulados de N nas plantas, como, inclusive, constatado, também, para a exportação do nutriente, com a colheita dos frutos (Figura 3A). O valor máximo de 63 g kg⁻¹ superou os teores médios de 56,86 g kg⁻¹ e 42,53 g kg⁻¹, obtidos na matéria seca do limbo do mamoeiro do grupo Solo, apresentados por Cruz et al. (2003), sob adubação mineral do solo, pulverização das plantas com calda bordaleza e biofertilizante puro, e por Falcão & Borges (2006), em Latossolo amarelo, sob cultivo convencional.

Ao considerarmos que o teor adequado de N na matéria seca do limbo foliar do mamoeiro situa-se entre 40 g kg⁻¹ e 50 g kg⁻¹ (Malavolta et al. 1997), as plantas, no início da floração, com teor máximo de 63 g kg⁻¹, estavam adequadamente supridas em nitrogênio. Este valor, considerado suficiente à cultura, não deve ser adotado como efeito dos respectivos biofertilizantes às plantas, por serem pouco concentrados no nutriente (Tabela 2), uma vez que foram fornecidos ao solo, em cobertura, 30 g cova⁻¹ e 50 g cova⁻¹ de ureia, aos 70 e 100 dias após o plantio.

As acumulações de fósforo cresceram linearmente, com o aumento das doses de biofertilizantes, de 2,8 g kg⁻¹ para 4,8 g kg⁻¹ e de 2,8 g kg⁻¹ para 5,1 g kg⁻¹, com médias de 4,1 g kg⁻¹ e 4,2 g kg⁻¹, para os biofertilizantes puro e enriquecido com mistura protéica, macro e micronutrientes (Figura 1B). Comparativamente, os valores médios estavam acima dos 3,4 g kg⁻¹ e 2,3 g kg⁻¹ obtidos por Almeida et al. (2002) e Santana et al. (2004), em mamoeiro do grupo Solo, sob cultivo irrigado e convencional, respectivamente. Como verificado para o nitrogênio, no caso do fósforo também se observa que, quanto maiores os teores foliares, maiores foram os valores do macronutriente exportado com a colheita (Figura 3B). Esta situação pode resultar do aumento dos teores de P no solo,

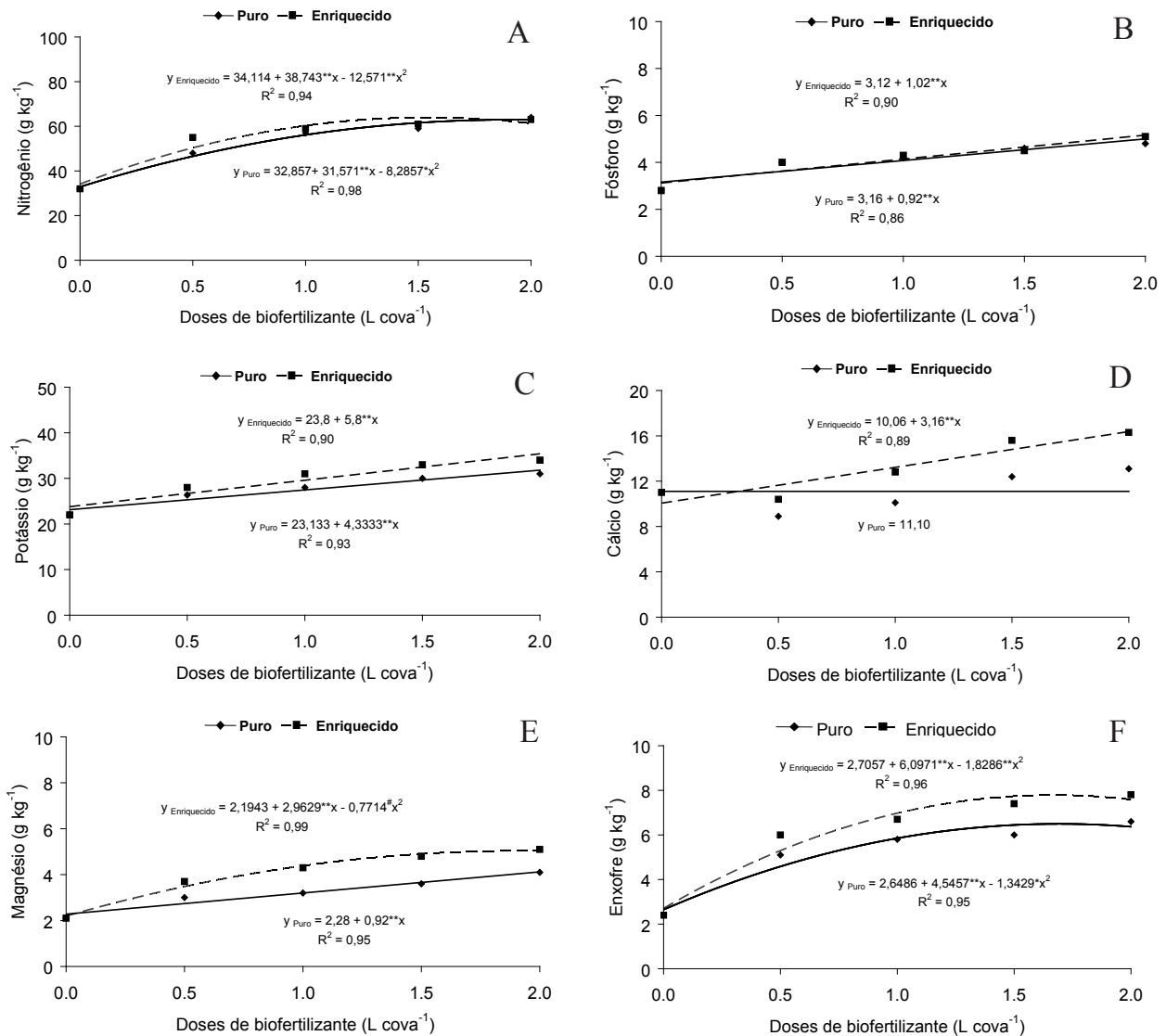


Figura 1. Teores de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F), no limbo foliar do mamoeiro Baixinho de Santa Amália, em função de fontes e doses de biofertilizantes puro e enriquecido com macro e micronutrientes, fornecidos ao solo na forma líquida. *, **, #: significativo a 1%, 5% e 10%, respectivamente, pelo teste F.

antes da aplicação dos tratamentos, que foram elevados de 4 mg dm^{-3} para 167 mg dm^{-3} e 204 mg dm^{-3} no solo, com biofertilizante puro e enriquecido, respectivamente.

Os teores de potássio no limbo foliar aumentaram linearmente, em função das doses dos biofertilizantes fornecidos, com superioridade estatística para o biofertilizante quimicamente enriquecido. Os valores variaram de 22 g kg^{-1} a 31 g kg^{-1} e de 22 g kg^{-1} a 34 g kg^{-1} , com média de $27,4 \text{ g kg}^{-1}$ e $29,6 \text{ g kg}^{-1}$, para o insumo puro e enriquecido, respectivamente (Figura 1C). Estes resultados superaram os $20,90 \text{ g kg}^{-1}$ obtidos por Marinho et al. (2002) e

os 22 g kg^{-1} obtidos por Campostrini et al. (2001), em mamoeiro Sunrise Solo TJ e Sunrise Solo 72/12. Pelos dados, ao se admitir que a exigência do mamoeiro oscila de 25 g kg^{-1} a 30 g kg^{-1} (Malavolta et al. 1997), conclui-se que as plantas dos tratamentos com as maiores doses dos insumos estavam equilibradas em potássio.

Ao considerar-se o baixo teor no solo (Tabela 1) e em ambos os biofertilizantes (Tabela 2), verifica-se que os respectivos insumos estimularam a liberação de potássio do solo às plantas (Vessey 2003). Esta situação é coerente com a elevação dos teores iniciais do macronutriente no solo, de 51 mg dm^{-3} para

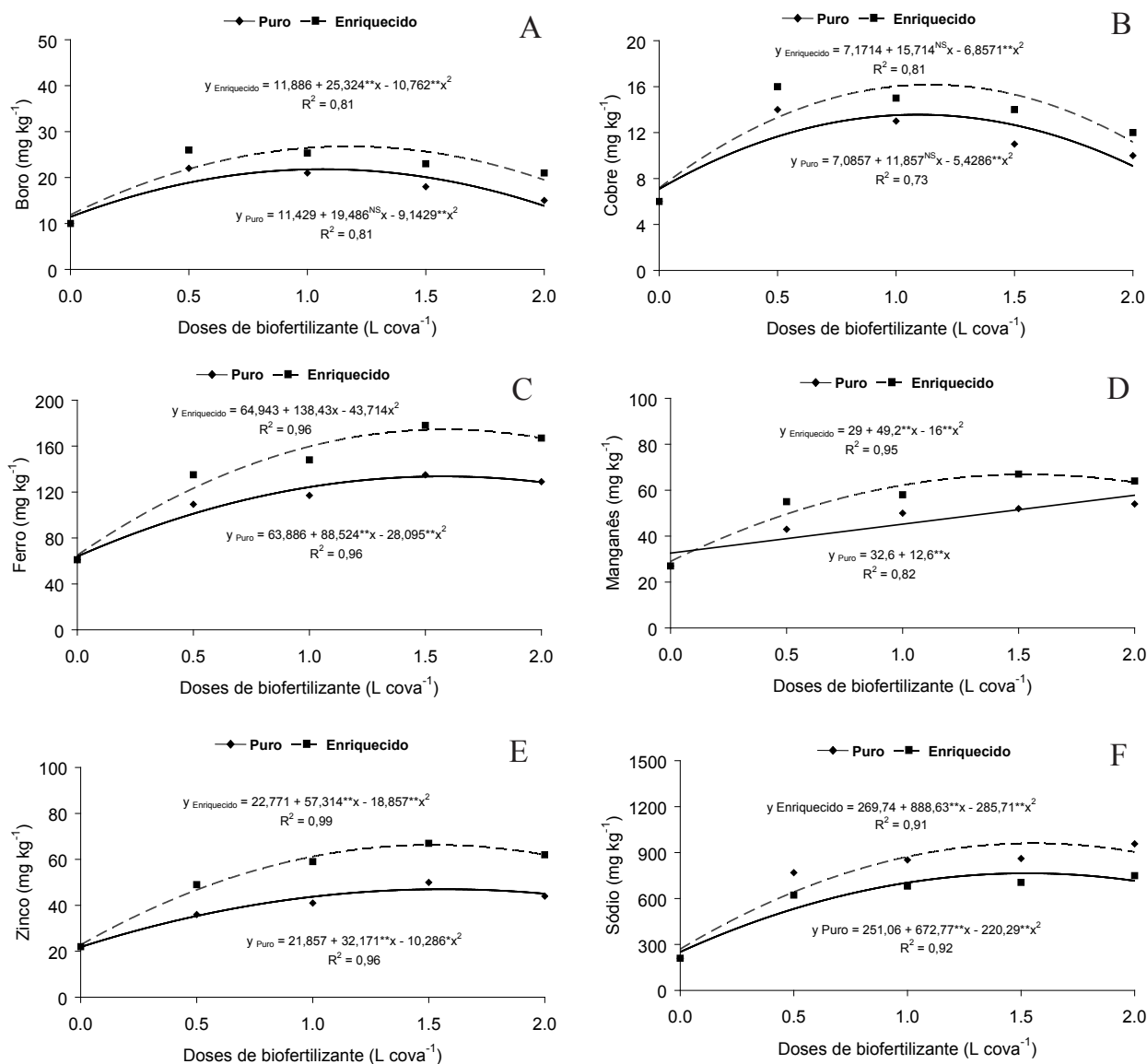


Figura 2. Teores de boro (A), cobre (B), ferro (C), manganês (D), zinco (E) e sódio (F), no limbo foliar do mamoeiro Baixinho de Santa Amália, em função de fontes e doses de biofertilizantes puro e enriquecido com macro e micronutrientes, fornecidos ao solo na forma líquida. *, **, ^{NS}: significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

90 mg dm⁻³ e 112 mg dm⁻³, com a aplicação do biofertilizante puro e enriquecido com mistura protéica, macro e micronutrientes.

Quanto à sua exportação com a colheita, as tendências observadas para o nitrogênio e fósforo foram, também, registradas para o potássio, em que os maiores teores foliares resultaram na maior exportação de nutrientes, com a colheita dos frutos.

Os valores de cálcio na matéria seca foliar foram superiores no biofertilizante enriquecido e cresceram linearmente, em 3,16 g kg⁻¹, para cada litro do biofertilizante enriquecido, atingindo o maior

valor de 16,4 g kg⁻¹, referente à dose máxima do insumo fornecido. Nos tratamentos com biofertilizante puro, os dados não se ajustaram a nenhum modelo de regressão, com média de 11,10 g kg⁻¹ (Figura 1D). Apesar da superioridade, em relação aos 8,3 g kg⁻¹ apresentados por Santana et al. (2004), os insumos não supriram, adequadamente, as plantas. Os teores mostraram-se inferiores aos 22,82 g kg⁻¹ obtidos por Falcão & Borges (2006), para o mamoeiro do grupo Solo, e abaixo da faixa ideal de 20 g kg⁻¹ a 22 g kg⁻¹, descrita por Malavolta et al. (1997), para mamoeiros.

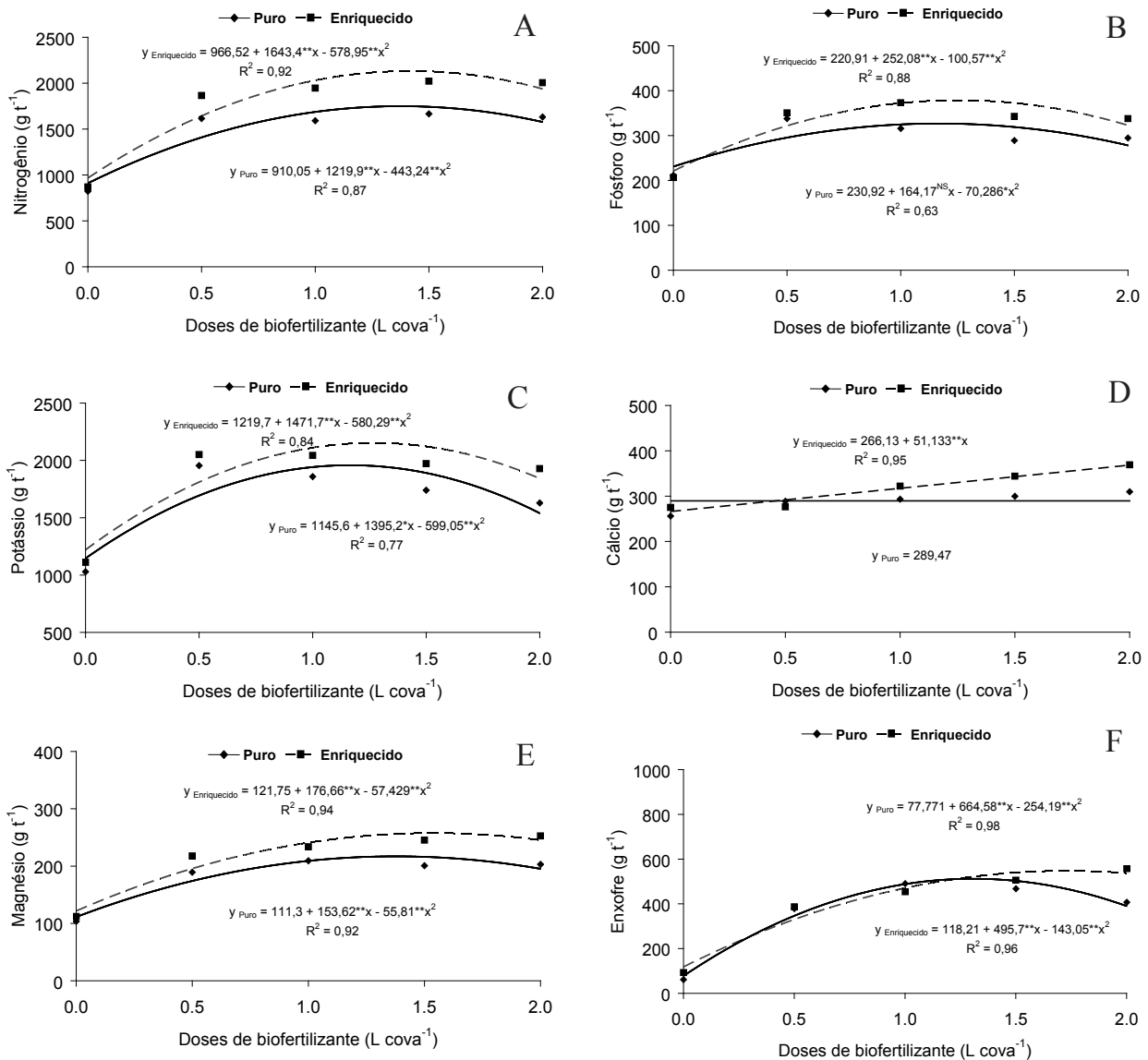


Figura 3. Teores de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F), exportados pelas colheitas de frutos de mamoeiro Baixinho de Santa Amália, em função de fontes e doses de biofertilizantes puro e enriquecido com macro e micronutrientes, fornecidos ao solo na forma líquida. *, **, ns: significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Com relação ao magnésio (Figura 1E), evidenciou-se aumento significativo dos teores, em função do aumento das doses do biofertilizante enriquecido, atingindo o maior valor de 5 g kg⁻¹, para a dose máxima estimada de 1,9 L cov⁻¹. Nas plantas com o biofertilizante puro, a acumulação de Mg aumentou linearmente, na faixa de 0,92 g kg⁻¹ por litro do insumo aplicado, atingindo o maior valor de 4,1 g kg⁻¹ (Figura 1E). Os resultados, apesar de semelhantes aos 4 g kg⁻¹ apresentados por Santana et al. (2004), foram inferiores aos 8 g kg⁻¹ obtidos por Almeida et al. (2002) e evidenciam, conforme Malavolta et al.

(1997), que as plantas apresentavam desequilíbrio em magnésio.

Quanto ao enxofre, os teores aumentaram até 6,4 g kg⁻¹ e 7,8 g kg⁻¹, com referência à mesma dose máxima estimada de 1,7 L cov⁻¹, para ambos os biofertilizantes (Figura 1F). Os resultados superaram os 2,81 g kg⁻¹ e 1,65 g kg⁻¹ determinados por Barreto et al. (2002) e Santana et al. (2004), em mamoeiro do grupo Solo, sob cultivo tradicional, e indicam que, conforme destacado por Malavolta et al. (1997), o mamoeiro, no início da floração, estava adequadamente suprido com enxofre.

Pelos resultados obtidos e ao compará-los com os valores admitidos por Malavolta et al. (1997) como suficientes à cultura, as plantas, na época da amostragem, estavam, nutricionalmente, equilibradas em nitrogênio, enxofre e potássio e com deficiência de fósforo, cálcio e magnésio. Pelos resultados, a adição de fosfato natural, cloreto de cálcio, calcário e sulfato de magnésio, na obtenção do biofertilizante enriquecido, não foi suficiente para liberar os respectivos macronutrientes, ao ponto de atender às exigências nutricionais das plantas. Ao considerarmos que o biofertilizante puro não recebeu nenhum fertilizante sintético, o complexo químico utilizado na preparação do biofertilizante enriquecido pode ter provocado interações, resultando na disponibilidade insuficiente de P, Ca e Mg ao suprimento adequado do mamoeiro Baixinho de Santa Amália.

No que se refere à exportação dos nutrientes, o comportamento dos dados para cálcio, magnésio e enxofre foi o mesmo verificado para o nitrogênio, fósforo e potássio, em que as plantas com maiores teores foliares transferem mais os nutrientes para os frutos.

A interação tipo de biofertilizante x doses interferiu, com significância estatística, nos teores de micronutrientes e de sódio, na matéria seca do limbo foliar das plantas, com superioridade para as plantas dos tratamentos com o biofertilizante enriquecido (Figura 2). Essa superioridade foi resposta da adição de todos os micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) na preparação do biofertilizante enriquecido.

A acumulação de boro cresceu até 21,77 mg kg⁻¹ e 26,77 mg kg⁻¹, nas doses máximas estimadas de 1,0 L cova⁻¹ e 1,2 L cova⁻¹ do biofertilizante puro e enriquecido quimicamente (Figura 2A). Os resultados, apesar de inferiores aos 37,55 mg kg⁻¹ e 41 mg kg⁻¹ apresentados por Almeida et al. (2002) e Marinho et al. (2002), em mamoeiro do grupo Solo, indicam que as plantas estavam equilibradas no micronutriente (Malavolta et al. 1997, Manica et al. 2006).

Os maiores valores de cobre, na matéria seca do limbo, foram 13,56 mg kg⁻¹ e 16,16 mg kg⁻¹, relativos à mesma dose estimada de 1,1 L cova⁻¹, para ambos os biofertilizantes aplicados ao solo (Figura 2B). Os resultados superaram os 4,7 mg kg⁻¹ e 9,2 mg kg⁻¹ obtidos por Barreto et al. (2002) e Santana et al. (2004) e são superiores ao valor de 11 mg kg⁻¹, adotado como suficiente ao mamoeiro (Malavolta et al. 1997).

A dose máxima estimada de ferro de 1,6 L cova⁻¹, de ambos os biofertilizantes, proporcionou as maiores acumulações: 133 mg kg⁻¹ e 174 mg kg⁻¹ do micronutriente (Figura 2C). Estes teores, apesar de superiores aos 126 mg kg⁻¹ e 124 mg kg⁻¹ apresentados por Santana et al. (2004) e Falcão & Borges (2006), em mamoeiro do grupo Solo, não são suficientes ao mamoeiro, o qual exige teor no limbo foliar de 291 mg kg⁻¹ (Malavolta et al. 1997).

Quanto ao manganês, a acumulação variou de 27 mg kg⁻¹ a 54 mg kg⁻¹, entre as doses, com média de 45,2 mg kg⁻¹, para o biofertilizante puro, e de 66 mg kg⁻¹, referente à dose máxima de 1,5 L cova⁻¹, para o biofertilizante enriquecido (Figura 2D). Os dados são semelhantes aos 66,44 mg kg⁻¹ determinados por Falcão & Borges (2006), para mamão do grupo Solo, sob cultivo convencional. Ao considerar-se que a cultura exige 70 mg kg⁻¹ de manganês na matéria seca foliar, percebe-se que as plantas, na época da amostragem, apresentavam deficiência em manganês (Malavolta et al. 1997).

Os teores de zinco aumentaram até as doses de 1,6 L cova⁻¹ e 1,5 L cova⁻¹ dos biofertilizantes puro e enriquecido, atingindo os maiores valores de 47 g kg⁻¹ e 66,31 g kg⁻¹, respectivamente (Figura 2E), resultados superiores aos 16,93 mg kg⁻¹ e 36 mg kg⁻¹, apresentados por Barreto et al. (2002) e Santana et al. (2004), com biofertilizante enriquecido e evidências de suprimento adequado de zinco às plantas, que, segundo Malavolta et al. (1997), exige acumulação nas folhas de 43 mg kg⁻¹.

Quanto aos teores de sódio (Figura 2F), verificou-se que ambos os insumos proporcionaram excessivas acumulações do elemento nas plantas do mamoeiro. Verifica-se maior acumulação para o biofertilizante enriquecido, devido à adição do molidato de sódio na sua preparação e ao transporte do referido elemento pela água de irrigação, que, apesar de não oferecer riscos ao solo e às plantas, sempre adiciona sais ao solo (Cavalcante & Cavalcante 2006). Situação semelhante ao biofertilizante puro foi registrada para o maracujazeiro amarelo, em que os teores de sódio nas folhas superaram a soma de todos os micronutrientes (Cavalcante et al. 2008). Os resultados foram expressivamente superiores aos 0,5 mg kg⁻¹ e 1,52 mg kg⁻¹, em mamoeiros do grupo Solo, apresentados por Campostrini et al. (2001) e Barreto et al. (2002).

Pelos resultados, as plantas estavam com teores foliares suficientes em boro, cobre e zinco e

deficientes em ferro e manganês. Como observado para os macronutrientes, verificou-se, também, que as maiores exportações dos micronutrientes pelos frutos das plantas ocorreram em função das maiores acumulações nas folhas.

A superioridade do conteúdo mineral das folhas das plantas fertilizadas com o biofertilizante enriquecido resultou, também, na maior exportação de nutrientes pelos frutos das plantas (Figura 3). Os valores máximos de exportação de nitrogênio chegaram a 1.749,16 g t⁻¹ e 2.132 g t⁻¹, referentes à dose de 1,4 L cova⁻¹ dos biofertilizantes puro e enriquecido, respectivamente (Figura 3A). Estes valores estão coerentes com os 1.666 g t⁻¹ e 1.770 g t⁻¹ obtidos por Marinho (1999) e Manica et al. (2006).

As maiores exportações de fósforo (326,71 g t⁻¹ e 378,58 g t⁻¹) foram verificadas com fertilização nas doses estimadas de 1,16 L cova⁻¹ e 1,25 L cova⁻¹ dos biofertilizantes puro e enriquecido (Figura 3B). Os dados superam os 200 g t⁻¹ apresentados por Manica et al. (2006), mas foram inferiores aos 438 g t⁻¹ registrados por Marinho (1999). O potássio foi o macronutriente mais exportado, com a colheita do mamoeiro. Os maiores valores (1.957 g t⁻¹ e 2.150 g t⁻¹) corresponderam à mesma dose de 1,2 L cova⁻¹, para ambos os biofertilizantes (Figura 3C). Os dados foram semelhantes aos 2.120 g t⁻¹ determinados por Manica et al. (2006) e inferiores aos de Marinho (1999), com 3.350 g t⁻¹ em frutos de mamão Havaí.

As exportações de cálcio, com a colheita dos frutos, cresceram, linearmente, de 275 g t⁻¹ para 379 g t⁻¹, com o aumento das doses do biofertilizante enriquecido. Quanto ao biofertilizante puro, os dados não se adequaram a nenhum modelo de regressão, com variação de 256 g t⁻¹ a 309 g t⁻¹ e média de 289 g t⁻¹. Essa variação indica superioridade de 7% a 22% do insumo enriquecido, em relação ao puro (Figura 3D). Comparativamente, os valores exportados foram semelhantes aos 324 g t⁻¹ obtidos por Marinho (1999), para mamoeiro do grupo Solo.

Os teores exportados de magnésio, pela colheita de frutos das plantas tratadas com biofertilizante enriquecido quimicamente, superaram em 16% as tratadas com biofertilizante puro. Os maiores valores exportados foram 217 g t⁻¹ e 258 g t⁻¹, relativos às doses de 1,4 L cova⁻¹ e 1,5 L cova⁻¹ (Figura 3E). Estes dados são inferiores aos 484 g t⁻¹ registrados por Marinho (1999) e superiores aos 180 g t⁻¹ de Manica et al. (2006), em mamão do grupo Solo.

Quanto ao enxofre, as exportações por tonelada de frutos colhidos foram 8,3% superiores na produção das plantas tratadas com o biofertilizante enriquecido, em relação ao biofertilizante puro, com valores de 548 g t⁻¹ e 512 g t⁻¹ (Figura 3F), resultados, estes, expressivamente superiores aos 266 g t⁻¹ e 200 g t⁻¹ registrados por Marinho (1999) e Manica et al. (2006).

A exportação de boro, com a colheita de frutos do mamoeiro, foi 32% maior nas plantas dos tratamentos com o biofertilizante enriquecido, em relação ao insumo puro. Os maiores valores foram 1,49 g t⁻¹ e 2,2 g t⁻¹, equivalentes às doses de 1,7 L cova⁻¹ e 2,0 L cova⁻¹, para os biofertilizantes puro e enriquecido (Figura 4A). Estes valores foram mais baixos que os 3,18 g t⁻¹ obtidos por Marinho (1999).

O cobre foi o micronutriente menos exportado pela colheita de frutos do mamoeiro Baixinho de Santa Amália, mas com superioridade de 25% do biofertilizante enriquecido sobre o insumo puro (Figura 4B). As quantidades exportadas foram 0,84 g t⁻¹ e 0,67 g t⁻¹, referentes às doses máximas estimadas de 1,3 L cova⁻¹ e 1,1 L cova⁻¹, e foram marcadamente superiores aos 0,3 g t⁻¹ de mamoeiros do grupo Solo (Manica et al. 2006).

Dentre os micronutrientes, o ferro foi o mais exportado com a colheita dos frutos de mamoeiro e apresentou 17% de superioridade, atribuída ao biofertilizante enriquecido, com valores médios de 19,2 g t⁻¹ e 16,33 g t⁻¹ (Figura 4C). As exportações foram expressivamente superiores aos 5,93 g t⁻¹ e 3,36 g t⁻¹ registrados por Marinho (1999) e Manica et al. (2006), com a colheita de frutos de mamoeiros do grupo Solo.

A exportação de manganês, com a colheita de frutos do mamoeiro, nos tratamentos com o biofertilizante enriquecido, superou em 28% a de frutas das plantas tratadas com o insumo puro (Figura 4D). Os valores exportados, nas doses máximas estimadas de 1,4 L cova⁻¹ e 1,6 L cova⁻¹, foram 2,3 g t⁻¹ e 2,94 g t⁻¹ e superaram os 2,03 g t⁻¹ e 1,8 g t⁻¹ determinados por Marinho (1999) e Manica et al. (2006), em outro genótipo de mamoeiro Havaí.

A exportação de zinco, com a colheita de frutos de mamoeiro no solo, com biofertilizante enriquecido, foi 69% superior, se comparada ao insumo puro (Figura 4E). Os valores, nas doses máximas estimadas de 1,6 L cova⁻¹ e 1,8 L cova⁻¹, foram 5,3 g t⁻¹ e 3,2 g t⁻¹, respectivamente, para os biofertilizantes enriquecido e puro. Comparativamente ao mamoei-

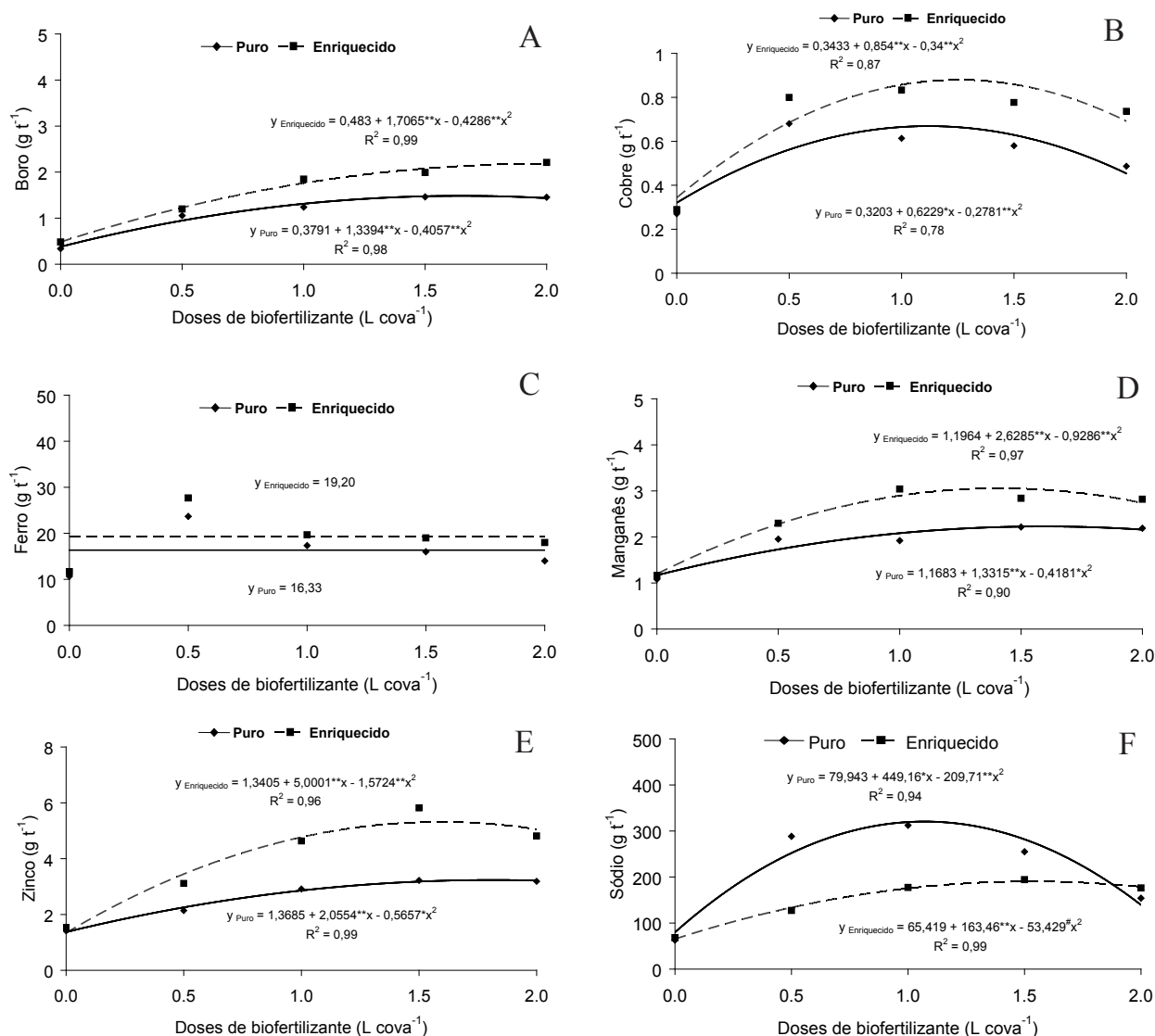


Figura 4. Teores de boro (A), cobre (B), ferro (C), manganês (D), zinco (E) e sódio (F), exportados pelas colheitas de frutos de mamoeiro Baixinho de Santa Amália, em função de fontes e doses de biofertilizantes puro e enriquecido com macro e micronutrientes, fornecidos ao solo na forma líquida. *, **, #: significativo a 1%, 5% e 10%, respectivamente, pelo teste F.

ro do grupo Solo, os dados foram semelhantes aos 3,1 g t⁻¹ e 1,38 g t⁻¹ registrados por Marinho (1999) e Manica et al. (2006).

O sódio, mesmo não sendo nutriente essencial, foi exportado em maior proporção, em relação a qualquer micronutriente. Os maiores valores foram 319,39 g t⁻¹ e 120,21 g t⁻¹, referentes às doses máximas estimadas de 1,5 L cova⁻¹ e 1 L cova⁻¹, para os biofertilizantes enriquecido e puro (Figura 4F).

Considerando-se uma avaliação geral, a disposição dos teores na matéria seca do limbo obedeceu à ordem N > K > Ca > S > Mg > P, para os macronutrientes, e Fe > Zn > Mn > B > Cu, para os micronutrientes.

A ordem de exportação, com a colheita dos frutos, foi K > N > S > P > Ca > Mg, para os micronutrientes, e a mesma dos teores foliares, para exportação dos micronutrientes: Fe > Zn > Mn > B > Cu.

CONCLUSÕES

1. O biofertilizante enriquecido foi mais eficiente que o biofertilizante puro, na acumulação de sódio, macro e micronutrientes nas folhas das plantas e na exportação dos respectivos elementos químicos com a colheita dos frutos, em todos os níveis dos insumos aplicados ao solo.

2. As plantas, no início da floração, apresentaram-se deficientes em cálcio, fósforo, magnésio, ferro e manganês e adequadamente supridas em nitrogênio, enxofre, potássio, boro, cobre e zinco.
3. O potássio e o ferro foram, respectivamente, o macronutriente e o micronutriente mais acumulados nas folhas, transferidos para os frutos e mais exportados com a colheita.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. T. et al. Teores de nutrientes do mamoeiro Improved Sunrise Solo 72/12 sob diferentes lâminas de irrigação no Norte Fluminense. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 547-551, 2002.
- BARRETO, P. D.; ARAÚJO FILHO, G. C. Variabilidade quanto à absorção de nutrientes em mamão. *Ciência Agrônoma*, Fortaleza, v. 33, n. 2, p. 48-54, 2002.
- CAMPOSTRINI, E. et al. Teores foliares de nutrientes e produção do mamoeiro cultivado em duas propriedades efetivas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 97-101, 2001.
- CANTILLIANO, R. F. F.; CASTAÑEDA, L. M. F. Análise comparativa da logística de exportação de frutas do Brasil e do Chile. In: MARTINS, D. S. (Ed.). *Papaya Brasil: mercado e inovações tecnológicas para o mamão*. Vitória: Incaper, 2005. p. 25-39.
- CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE, I. H. L. Uso de água salina na agricultura. In: CAVALCANTE, L. F.; LIMA, E. M (Eds.). *Algumas frutíferas tropicais e a salinidade*. Jaboticabal: Funep, 2006. p. 1-17.
- CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE, I. H. L.; SANTOS, G. D. Micronutrient and sodium foliar contents of yellow passion fruit as function of biofertilizers in Brazil. *Fruits*, Paris, v. 63, n. 1, p. 1-10, 2008.
- CRUZ, M. C. M. et al. Comportamento do mamoeiro Havai fertirrigado com nitrogênio em plantas pulverizadas com biofertilizante e calda bordaleza. *Anais do Curso de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água*, Areia, v. 25, n. 1, p. 27-37, 2003.
- DAROLT, M. R. *Agricultura orgânica: inventando o futuro*. Londrina: Iapar, 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. (Documentos, 1).
- FALCÃO, N. P. S.; BORGES, L. F. Efeito da fertilidade de terra preta de índio da Amazônia central no estado nutricional e na produtividade do mamão Havai (*Carica papaya* L.). *Acta Amazônica*, Manaus, v. 36, n. 4, p. 401-406, 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS (Ibraf). *Estatísticas*. 2007. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/estatisticas/est_frutas.asp>. Acesso em: 01 ago. 2007.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. rev. e atual. Piracicaba: Potafos, 1997.
- MANICA, I.; MARTINS, D. S.; VENTURA, J. A. *Mamão: tecnologia de produção pós-colheita, exportação, mercados*. Porto Alegre: Cinco Continental, 2006.
- MARINHO, C. S. *Avaliação de estado nutricional e adubação do mamoeiro Carica papaya L. no Norte Fluminense*. 1999. 80 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)—Universidade Estadual do Norte Fluminense, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Campos, 1999.
- MARINHO, C. S. et al. Análise química do pecíolo e limbo foliar como indicadora do estado nutricional dos mamoeiros Solo e Formosa. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 373-381, 2002.
- MEIRELLES, L. et al. *Biofertilizantes enriquecidos: caminho sadio da nutrição e proteção das plantas*. Ipê: CAE, 1997.
- MESQUITA, E. F. *Biofertilizantes na produção de mamão: qualidade de frutos, composição mineral e fertilidade do solo*. 2005. 73 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água)—Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, 2005.
- MESQUITA, E. F. et al. Produtividade e qualidade de frutos de mamoeiro em função de tipos e doses de biofertilizantes. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 28, n. 3, p. 349-354, 2007.
- OLIVEIRA, A. M. G.; CALDAS, R. C. Produção do mamoeiro em função de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 160-163, 2004.
- SAEG. *Sistema para análise estatística: versão 7.1*. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 2000. 1 CD-ROM.
- SANTANA, J. G. S. et al. Níveis de suficiência para análise foliar de mamão (*Carica papaya* L. cv. Sunrise Solo), no Estado de Goiás, obtidos por diferentes procedimentos de cálculo dos índices DRIS. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26., 2004, Lages. *Anais...* Lages: SBCS, 2004. 1 CD-ROM.
- SANTOS, A. C. V. *Biofertilizante líquido: o defensivo agrícola da natureza*. 2. ed. rev. Niterói: Emater-Rio, 1992. (Agropecuária Fluminense, 8).
- TEDESCO, M. J. et al. *Análises de solo, plantas e outras matérias*. 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: UFRGS, 1995. (Boletim técnico, n. 5).
- VESSEY, J. K. Plant and growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 255, n. 2, p. 571-586, 2003.