



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Iuri Honório Santos

**ADUBAÇÃO POTÁSSICA ASSOCIADA A FÓSFORO,  
MICRONUTRIENTES E BIOESTIMULANTE NO CULTIVO DE  
*Dioscorea Cayennensis* L.**



JUAZEIRO – BA  
2017

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Iuri Honório Santos

**ADUBAÇÃO POTÁSSICA ASSOCIADA A FÓSFORO,  
MICRONUTRIENTES E BIOESTIMULANTE NO CULTIVO DE  
*Dioscorea Cayennensis* L.**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – Engenharia de Água e Solo do *Campus* de Juazeiro da Universidade Federal do Vale do São Francisco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Prof. Orientador: Dr. Marlon da Silva Garrido.

Co-orientador: Dr. José Aliçandro Bezerra.

JUAZEIRO – BA  
2017

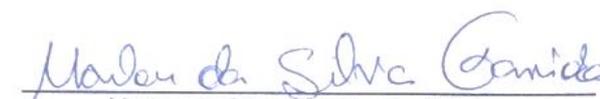
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

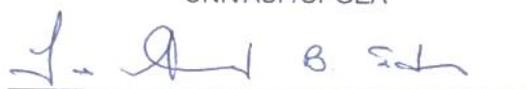
**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Iuri Honório Santos

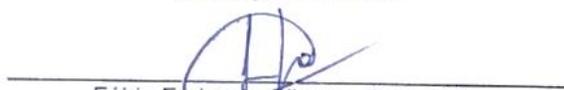
**ADUBAÇÃO POTÁSSICA ASSOCIADA A FÓSFORO,  
MICRONUTRIENTES E BIOESTIMULANTE NO CULTIVO DE  
*Dioscorea Cayennensis* L.**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação *Strito Sensu* em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

  
Marlon da Silva Garrido, Prof. D.Sc.  
UNIVASF/CPGEA

  
José Aliçandro Bezerra da Silva, Prof. DSc.  
UNIVASF/CPGEA

  
Welson Lima Simões, D.Sc.  
Embrapa Semiárido

  
Fábio Freire de Oliveira, Prof. D.Sc.  
IF Sertão Pernambuco – Zona Rural

Juazeiro-Ba, 30 de novembro de 2017.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente ao criador, ao grandioso Deus, que sempre tem me acompanhado e me abençoado com vitórias e milagres jamais imagináveis.

A minha esposa, Sabrina da Cruz Silva Honório, mulher guerreira, que me acompanhou em tantas batalhas e sempre esteve ao meu lado, nos momentos bons e ruins, de alegrias e tristezas, de presença e solidão, sempre me apoiando e me confortando.

Aos meus filhos, Victor da Cruz Honório e ao meu anjinho Victória da Cruz Honório, pela inspiração e a força de vontade que me fez cursar esse mestrado.

Aos meus pais que me apoiaram sempre, estando longe ou perto, e me incentivando a continuar e perseverar nos estudos.

Aos meus irmãos, Ramison Honório Santos e Micael Benaic Honório Santos, que sempre me apoiaram e torceram por mim em todas as etapas dessa pós-graduação.

Ao Sistema Integrado de Bibliotecas da Univasf pela ajuda e orientação na confecção deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa, sem a qual não poderia cursar a Pós-Graduação.

À Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) pelo Programa de Pós-Graduação e pelo espaço físico para execução do experimento de campo da presente Dissertação.

Ao meu, muito mais que orientador, amigo, Professor D.Sc. Marlon da Silva Garrido, uma vez que, sem ele, não conseguiria ter terminado esse trabalho.

Ao meu também amigo e co-orientador D.Sc. José Aliçandro Bezerra da Silva, pela confiança que depositou em mim, inclusive em momentos críticos.

A minha equipe de trabalho, meu amigo Bruno dos Santos Macedo, Erik Micael da Silva Souza, Itaiana, Maria e Valécia.

Aos Doutores Welson Lima Simões e Fábio Freire de Oliveira pela concessão de material, e pela colaboração durante todas as fases de análises laboratoriais deste trabalho.

A toda a equipe do Laboratório de Citologia e Fisiologia Vegetal, em especial, a Vanússia, Magno, Edson e Daise.

A toda a equipe do Laboratório de Solos da IF-Sertão Pernambucano – Campus Zona Rural, em especial a Graciene Silva, Marcos Ezequiel e Jaína de Moraes, pelo apoio e atenção que prestaram durante as análises químicas.

Ao colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco, aos meus professores, colegas do mestrado e todos os funcionários pela atenção, respeito e profissionalismo.

A todos os meus colegas da Pós-Graduação, em especial a Ebert e Euvaldo. A secretária do CPGEA, Carolina Oliveira, muito prestativa ao orientar sobre às documentações exigidas pelo Programa de Mestrado e por sempre estar disponível a ajudar.

A todos, os meus sinceros agradecimentos.

SANTOS, I.H. **Adubação potássica associada a fósforo, micronutrientes e bioestimulante no cultivo de *Dioscorea Cayennensis* L.** 2017. 54F. Dissertação, Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Juazeiro-BA.

## RESUMO

### **ADUBAÇÃO POTÁSSICA ASSOCIADA A FÓSFORO, MICRONUTRIENTES E BIOESTIMULANTE NO CULTIVO DE *DIOSCOREA CAYENNENSIS* L.**

A cultura do inhame possui grande importância socioeconômica na região nordeste do país. Fazendo parte com frequência na dieta regional, destaca-se por possuir valor agregado de suas túberas em relação a outras fontes de carboidrato, como batata doce e mandioca. No entanto, apesar do destaque da cultura no país, sua produtividade, cerca de 10 t ha<sup>-1</sup>, ainda é considerada baixa. Devido a vários fatores, dentre eles: a indisponibilidade de material propagativo de boa qualidade, ao alto nível de infecção de doenças fúngicas, a incidência de fitonematóides, ao uso inadequado de fertilizantes e baixo nível tecnológico dos produtores. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da adubação potássica em associação com fósforo, micronutrientes e uso de bioestimulante, sobre os aspectos fisiológicos, bioquímicos e agrônômicos do inhame (*Dioscorea Cayennensis*). O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com 5 tratamentos e 8 repetições, que consistiram de: O delineamento experimental adotado foi bloco casualizado, com 5 tratamentos e 8 repetições, que consistiram de: T1 – testemunha; T2 – Potássio (560 mg); T3 – Potássio (560 mg) + Fósforo (390 mg); T4 – Potássio (560 mg) + Fósforo (390 mg) + Micronutrientes (100 mg); T5 – Potássio (560 mg) + Fósforo (390 mg) + Micronutrientes (100 mg) + Bioestimulante (100 ml). A primeira aplicação foi realizada aos 90 dias após o plantio, e as demais a cada 15 dias, totalizando 8 aplicações. As aplicações foram via foliar com um volume de calda de 70 mL. O bioestimulante foi aplicado em 100 ml de solução, diretamente ao solo. Foram analisados 5 vezes ao longo do dia os parâmetros fisiológicos: trocas gasosas, condutância estomática, transpiração, déficit de pressão de vapor, radiação fotossinteticamente ativa, eficiência do uso da água; além do teor de clorofila e potencial hídrico. Os parâmetros bioquímicos analisados foram açúcares solúveis totais, açúcares redutores e proteínas totais. Foram realizadas análises químicas para determinação de Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Magnésio, Cálcio, Sódio, Cobre, Zinco, Ferro e Manganês nas folhas e rizóforos. Realizou-se o comprimento, o diâmetro e o peso fresco das túberas. Pelos resultados obtidos, pode-se concluir que o tratamento com adição de potássio, fósforo, micronutrientes e bioestimulante (T5) destacou-se dos demais tratamentos, com influência sobre as características produtivas das túberas do inhame, com T5 apresentando a maior média de peso fresco das túberas (1.677 kg).

**Palavras-chave:** trocas gasosas, fisiologia vegetal, nutrição mineral.

SANTOS, I.H. **Potassium fertilization associated with phosphorus, micronutrientes and biostimulant in the cultivation of *Dioscorea Cayennensis* L.** 2017. 54F. Dissertation, Federal University of the São Francisco Valley - UNIVASF, Juazeiro-BA.

### ABSTRACT

#### **POTASSIUM FERTILIZER ASSOCIATED WITH PHOSPHORUS, MICRONUTRIENTES AND BIOSTIMULANT IN THE CULTIVATION OF *DIOSCOREA CAYENNENSIS* L.**

The yam culture has great socioeconomic importance in the northeastern region of the country. Frequently participating in the regional diet, it stands out for having added value of its tubers in relation to other sources of carbohydrate, such as sweet potatoes and cassava. However, despite the highlight of the crop in the country, its productivity, around 10 t ha<sup>-1</sup>, is still considered low. Due to several factors, among them: the unavailability of good quality propagation material, the high level of infection of fungal diseases, the incidence of phytonematodes, the inadequate use of fertilizers and low technological level of the producers. The objective of this work was to evaluate the effect of potassium fertilization in association with phosphorus, micronutrients and biostimulant use on the physiological, biochemical and agronomic aspects of yams (*Dioscorea Cayennensis*). The experimental design was a randomized complete block, with 5 treatments and 8 replications, which consisted of: T1 - control; T2 - Potassium (560 mg); T3 - Potassium (560 mg) + Phosphorus (390 mg); T4 - Potassium (560 mg) + Phosphorus (390 mg) + Micronutrients (100 mg); T5 - Potassium (560 mg) + Phosphorus (390 mg) + Micronutrients (100 mg) + Biostimulant (100 ml). The first application was performed at 90 days after planting, and the other applications every 15 days, totaling 8 applications. The applications were via foliar with a syringe volume of 70 mL. The biostimulant was applied in 100 ml of solution, directly to the soil. The physiological parameters were analyzed 5 times during the day: gas exchange, stomatal conductance, transpiration, vapor pressure deficit, photosynthetically active radiation, water use efficiency; besides the chlorophyll content and water potential. The biochemical parameters analyzed were total soluble sugars, reducing sugars and total proteins. Chemical analyzes were performed to determine Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Magnesium, Calcium, Sodium, Copper, Zinc, Iron and Manganese in leaves and rhizophores. The length, diameter and fresh weight of the tubers were measured. Based on the results, it can be concluded that the treatment with addition of potassium, phosphorus, micronutrients and biostimulant (T5) stood out from the other treatments, with influence on the productive characteristics of the yam, with T5 showing the highest fresh weight average of the tubers (1,677 kg).

**Keywords:** gas exchange, plant physiology, mineral nutrition.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>10</b>
2.1	A cultura do inhame .....	10
2.2	Nutrição da Cultura .....	11
2.3	Uso do bioestimulantes na cultura .....	12
2.4	Potencialidade do cultivo irrigado no vale do São Francisco .....	13
<b>3</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>14</b>
	<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>FOTOSSÍNTESE E ACÚMULO DE SOLUTOS ORGÂNICOS EM <i>Dioscorea cayanensis</i> L. SUBMETIDO A DIFERENTES ADUBOS E BIOESTIMULANTE</b> .....	<b>17</b>
	<b>FOTOSSÍNTESE E ACÚMULO DE SOLUTOS ORGÂNICOS EM <i>Dioscorea cayanensis</i> L. SUBMETIDO A DIFERENTES ADUBOS E BIOESTIMULANTE</b> .....	<b>17</b>
	<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>ACÚMULO DE NUTRIENTES EM <i>Dioscorea Cayennensis</i> L. SUBMETIDO A APLICAÇÃO DE DIFERENTES ADUBOS E BIOESTIMULANTE</b> .....	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>49</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O inhame (*Dioscorea cayennensis*) é uma cultura originária da África e suas raízes tuberosas são consideradas de grande importância alimentar para o mundo, sendo que, além do consumo em países desenvolvidos como Japão e EUA, em países em desenvolvimento é uma cultura com grande relevância na oferta de alimentos. É uma planta pertencente ao grupo das hortaliças, herbácea escandente (“trepadora”), bem rústica, com capacidade de produzir túberas comestíveis em seu sistema radicular, ricos em carboidratos e amido, mesmo em condições adversas e em solos com pouca oferta de água e nutrientes.

A FAO (2017) estima que em todo mundo existe uma área cultivada com pouco mais de 7,5 milhões de hectares de inhame, com produção de 68 milhões de toneladas de túberas, a qual corresponde a uma produtividade média mundial em torno de 9,1 t ha<sup>-1</sup>. Desta produção, 96,6% são provenientes da África, o que mostra a representatividade da cultura para o continente, representado pelos 10 maiores países produtores: Nigéria, Gana, Costa do Marfim, Benin, Etiópia, Togo, Camarões, República da África Central, Haiti e Chade.

No cenário Sul-americano, o Brasil destaca-se como um dos principais produtores, com uma área colhida de 25 mil hectares e produção de 245 mil toneladas de inhame, estando a exploração econômica concentrada na região Nordeste (FAOSTAT, 2017). Os principais Estados produtores são a Paraíba, Pernambuco, Bahia, Alagoas e Piauí, que juntos respondem por 90% da produção nacional (SILVA et al.; 2012). No entanto, os reduzidos investimentos em ciência e tecnologia em relação a cultura têm ameaçado esta posição do país no cenário sul-americano.

A baixa produtividade brasileira, em média 10,0 t.ha<sup>-1</sup>, é justificada por vários fatores, dentre eles: a indisponibilidade de material propagativo de boa qualidade, alto nível de infecção de doenças fúngicas (*Curvularia* e *Phytophthora*), incidência de fitonematóides, uso inadequado de fertilizantes químicos e baixo nível tecnológico dos produtores rurais. Em que, segundo Melo et al (2013), para se aumentar a produtividade do inhame, se faz necessário um manejo eficiente quanto aos aspectos relacionados ao plantio, ao crescimento e desenvolvimento da planta, à condução da cultura (fertilização, tratamentos culturais e controle fitossanitário) e às colheitas.

Para Santos et al. (2009), apesar da importância socioeconômica que o inhame representa para a região Nordeste, sua produtividade incipiente se dá por vários fatores, tais como: baixa fertilidade dos solos das zonas produtoras, baixo nível técnico dos produtores rurais, problemas fitossanitários e indisponibilidade de túberas semente de boa qualidade. Diby et al. (2011) destacam a fertilidade do solo como a principal limitação para o aumento da produtividade do inhame que, de acordo com O'Sullivan e Ernest (2007), suas túberas demandam grandes quantidades de nutrientes do meio, ocasionando redução dos seus teores. Dessa forma, é extremamente importante uma adubação adequada para elevar potencial produtivo da espécie, melhorar a disponibilidade de nutrientes e aumentar a produtividade da cultura.

Nesse contexto, outros fatores que se relacionam com o baixo potencial produtivo do inhame é a falta de estudos, principalmente sobre adubação, existindo na literatura poucos trabalhos de pesquisa científica, inclusive relacionados a aplicação de fertilizantes na condução da cultura. Segundo Mendes (2013), apesar da relevância da espécie para o Brasil e nordeste do país, a planta ainda necessita de maiores estudos e pesquisas; já para Siqueira (2009), a cultura do inhame é fitotecnologicamente negligenciada, necessitando de estudos aplicados.

No que se refere ao manejo nutricional, segundo Carvalho (2016), pequenos e grandes produtores agrícolas admitem que o uso de fertilizantes industriais devem ser planejados e indicados levando-se em conta características do solo e planta, com intuito de adotar fontes de nutrientes e estratégias de aplicação que mantenham os níveis nutricionais satisfatórios ao cultivo, sem no entanto comprometer as características físicas, químicas e biológicas naturais e consequente degradação ambiental do meio.

As plantas, de maneira geral, extraem grandes quantidades de minerais do meio para sua constituição e desenvolvimento; dos nutrientes essenciais fornecidos à cultura por meio da adubação química, destacando-se os macronutrientes Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), que devem ser aplicados em níveis compatíveis às exigências de cada cultura e ao método de adubação utilizado (KANO et al., 2010).

Além da importância notória da nutrição vegetal, a utilização de bioestimulantes na agricultura tem aumentado significativamente nas últimas décadas. Com a função de melhorar o desempenho das culturas, esses estimulantes vegetais estão a ganhar grande destaque como alternativa ao uso de outros

fertilizantes. Os Bioestimulantes são formados por uma mistura de hormônios com compostos de natureza química diferente, tais como aminoácidos, vitaminas, sais minerais etc. Por afetarem de alguma forma o desenvolvimento vegetal, são compostos amplamente utilizados na agricultura (KHAN, 2009; CRAIGIE, 2011).

Ante o exposto, tomou-se como objetivo avaliar o efeito de adubação potássica em associação com fósforo, micronutrientes e uso de bioestimulante, sobre os aspectos fisiológicos, bioquímicos, de acúmulo de nutrientes e agronômicos da cultura do inhame (*Dioscorea Cayennensis*), cultivada na região do semiárido nordestino, na cidade Juazeiro-Ba.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 A cultura do inhame**

Apesar do imenso potencial no agronegócio, o inhame ainda apresenta rendimento médio baixo, variando de 6 a 12 t ha<sup>-1</sup>, mesmo com condições climáticas ideais para produção, como na região nordeste (Oliveira et al., 2001). Por outro lado, em plantações comerciais com manejo adequado, em solos de fertilidade mediana, podem ser esperadas, como normais, colheitas superiores a 20 t ha<sup>-1</sup> de túberas (CAMARGO, 1954).

Garrido et al. (2003a) encontrou diferenças significativas na produtividade do inhame, variedade da Costa, na cidade de Maragogipe-Ba, com a utilização de tecnologias de produção adequadas. Nesse município, principal região produtora no estado da Bahia, a cultura do inhame é responsável por 37% da renda dos produtores (Mendes et al., 2003). Segundo Garrido et al. (2003b), há necessidade de novos estudos envolvendo o desenvolvimento de novas tecnologias e a adaptação das já existentes para impulsionar as exportações do inhame no Brasil .

Nesse contexto, a manutenção de níveis adequados de fertilidade para cultura é fator decisivo para um desempenho satisfatório e potencialização do seu desenvolvimento (SANTOS et al., 2009).

Quanto ao seu desenvolvimento, a cultura do inhame é uma planta de ciclo anual com quatro estádios fenológicos: dormência, vegetativo, reprodutivo e maturação fisiológica (SANTOS, 1996). Sendo que o manejo do período de “enchimento da túbera”, chamado de tuberização, é de fundamental importância para potencializar a produtividade da cultura, ao longo do seu ciclo de 9 meses.

## 2.2 Nutrição da Cultura

Ainda são incipientes as informações acerca da adubação e assimilação de nutrientes para cultura do inhame. É importante ressaltar, no entanto, que a adubação é apenas um dos fatores que afetam a produtividade dessa cultura e, sendo assim, para se alcançar o resultado desejado com essa prática, torna-se essencial a existência de condições ambientais favoráveis e manejo adequado do solo e da cultura, em todas as etapas da produção.

Um dos macronutrientes mais importantes para as plantas é o Nitrogênio, considerado de fundamental importância para os processos fisiológicos da cultura como a síntese de clorofila, aminoácidos e proteínas, bem como no processo de fotossíntese. A sua escassez limita a habilidade das plantas em executar funções essenciais e específicas ao seu pleno desenvolvimento (NOVAIS et al., 2009).

O Potássio é absorvido pelas plantas em grandes quantidades, e para várias espécies a sua exigência é maior do que o próprio Nitrogênio. Esse nutriente possui extrema importância na produção e, muitas vezes, é associado a resistência e a condições adversas, como baixa disponibilidade de água e altas temperaturas, além de ser conhecido por reduzir o ataque de insetos e incidência de doenças (FURTINI NETO et al., 2001). O'Sullivan (2010) corrobora a importância do Potássio, especialmente para o inhame, em que mostra que o mesmo é o nutriente em maior quantidade demandado pela cultura, juntamente com o Nitrogênio.

O Potássio é o segundo elemento mineral mais absorvido pelos gêneros das *Dioscorea* sp., juntamente com o Nitrogênio, elemento com a maior demanda (DIBY et al., 2001).

De forma semelhante, em estudos desenvolvidos por Obigbesan e Ogboola (1978) sobre a absorção e distribuição de nutrientes no inhame *Dioscorea cayennensis*, constataram-se que o conteúdo de nutrientes minerais encontrado na matéria seca da folha, mostrou ser o Nitrogênio (N) e o Potássio (K) os principais nutrientes removidos pela cultura, seguido do Cálcio (Ca). Além disso, ocorreram mudanças notáveis na composição mineral das folhas, durante a fase de crescimento, com o conteúdo de N e K aumentando continuamente até o quinto mês do plantio e atingindo o seu pico durante o sexto mês, com diminuição acentuada após esse prazo, indicando a maior demanda de nutrientes no período, com a maior atividade de crescimento.

No cultivo de hortaliças, o emprego do P favorece o desenvolvimento do sistema radicular, aumentando a possibilidade de absorção de água e de nutrientes, refletindo em aumento no rendimento dos produtos colhidos (AVALHAES *et al.*, 2009). Pesquisas revelaram resposta das hortaliças à adubação fosfatada, com aumento de produção (SILVA *et al.*, 2001; LANA *et al.*, 2004; OLIVEIRA *et al.*, 2006).

Em função da heterogeneidade dos solos, existe grande diversidade de respostas das culturas ao uso de NPK. O fornecimento de macro e micronutrientes é essencial à obtenção de rendimentos satisfatórios das plantas cultivadas, embora sejam os micronutrientes requeridos em pequenas quantidades (SANTOS, 2009). A deficiência destes nutrientes no solo pode limitar o crescimento das plantas e as produções, mesmo quando os macronutrientes se encontram em quantidades disponíveis adequadas (RAIJ, 1981; LOPES, 1989).

### **2.3 Uso do bioestimulantes na cultura**

Os bioestimulantes são substâncias de origem orgânica que contém, além de reguladores vegetais, outras substâncias que promovem o crescimento vegetal de forma indireta, tais como carboidratos e aminoácidos. Estes bioestimulantes adicionados aos exsudatos das raízes têm a capacidade de influenciar na manutenção do contato entre o solo e a raiz, além de contribuir para o crescimento das próprias raízes e sobrevivência das plantas (WALKER *et al.*, 2003).

A utilização de bioestimulantes pode aumentar a produção e melhorar a qualidade de mudas, uma vez que, os nutrientes contidos nestes produtos desempenham importantes funções no desenvolvimento inicial de mudas, pois estimulam tanto o crescimento das raízes quanto o da parte aérea (BEZERRA *et al.*, 2007).

O uso de bioestimulantes na agricultura tem mostrado, por meio de pesquisas, potencial para o aumento da produtividade de determinadas culturas, como feijão (ABRANTES *et al.*, 2011), soja (BERTOLIN *et al.*, 2010), algodão (ALBRECHT *et al.*, 2009), pimentão (PALANGANA *et al.*, 2012), alface (GUIMARÃES *et al.*, 2006) e cana-de-açúcar (MIGUEL *et al.*, 2009). No entanto, são escassos trabalhos com o uso desses produtos em culturas cuja parte comercial é subterrânea, embora alguns resultados sejam favoráveis à utilização de bioestimulantes.

Em trabalho conduzido por Reddy *et al.* (1991), verificou um incremento de cerca de 43% na produção de batata, quando misturas de fitorreguladores (giberelinas, citocininas, auxinas e traços de nutrientes) foram aplicadas sobre as plantas, na dose de 7,5 L.ha<sup>-1</sup>, e esse resultado foi associado ao aumento do número de hastes, folhas e túberas.

## 2.4 Potencialidade do cultivo irrigado no vale do São Francisco

O Vale do São Francisco mostra potencialidade para o cultivo da fruticultura e oleráceas, por possuir solos e clima adequados, além da alta disponibilidade e qualidade de água para a irrigação proveniente do rio São Francisco. Devido a isso, o manejo da irrigação na microrregião possibilita a produção durante todo o ano e uma produtividade média acima da obtida nas demais regiões produtoras brasileiras (MARINOZZI; CORREA, 1999).

Segundo dados da Companhia Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba - Codevasf, em 2016, existiam cerca de 150 mil hectares irrigados no Submédio do Vale do São Francisco, região produtora com mais de um milhão de toneladas de frutas, com destaque para a manga que ocupa 23 mil hectares e a uva com 12 mil hectares, além de outras culturas, como acerola, goiaba coco verde, melão, melancia entre outros (FARIAS, 2011).

Dentre os fatores de produção, a água é o que limita os rendimentos das plantas cultivadas, com maior intensidade, motivo pelo qual o controle eficiente da umidade do solo é prática fundamental para a obtenção de uma agricultura bem sucedida. Segundo Macêdo (1990), os cultivos irrigados de Inhame (*Dioscorea spp.*), no Estado da Paraíba, são conduzidos sem nenhum conhecimento da relação solo-água-plantas e sem manejo de irrigação, o que, por certo, tem provocado diminuição na fertilidade dos solos cultivados e na produtividade da cultura.

Segundo Frizzone *et al.* (2012), a irrigação localizada proporciona conservação da água e redução dos impactos nocivos, devido ao grande potencial e a alta eficiência de aplicação do uso da água, melhorando a qualidade e a produtividade das culturas. A microirrigação ainda facilita a aplicação de nutrientes e agroquímicos, reduzindo a incidência de doenças fúngicas e bacterianas que promove vantagens significativas ao se usar esse tipo de sistema de irrigação no cultivo do inhame, juntamente com fertilização via água de irrigação.

A realização da análise de viabilidade econômica é importante para qualquer tipo de atividade econômica, mas esta importância se eleva ainda mais quando se trata de atividades agropecuárias, cujo risco é nitidamente maior devido à exposição edafoclimática e a influência biológica no processo produtivo. O conhecimento destas informações é relevante no processo de tomada de decisão gerencial, identificando a existência ou não da sustentabilidade econômica do processo produtivo, inclusive apontando a viabilidade de execução de outros investimentos na produção (MARION, 1996; CREPALDI, 2009).

Em vista dos argumentos apresentados, a cultura do inhame ainda requer estudos, pesquisas e experimentação científica para desenvolver novas tecnologias que incrementem o seu desenvolvimento e, conseqüentemente, potencialize sua produtividade, garantindo um produto de qualidade alimentar superior, que assegure segurança alimentar e expansão da cultura no Vale do São Francisco e no país. Nesse sentido, esse trabalho propõe delinear estratégias de fornecimento de nutrientes e bioestimulante à cultura, analisando em detalhes o comportamento fisiológico e desenvolvimento da planta durante todo o seu ciclo.

### 3 REFERÊNCIAS

AVALHAES CC; PRADO RM; GONDI ARO; ALVES AU; CORREIA MAR. 2009. Rendimento e crescimento da beterraba em função da adubação com fósforo. *Scientia Agrária* 10: 75-80.

CARVALHO, J. N. Bioestimulante e manipueira no cultivo de *Dioscorea alata*. Petrolina. 50 f.

CRAIGIE, J.S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, Dordrecht, v. 23, p. 371-393, 2011.

FAOSTAT DATA (2005) – Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em 02/04/2017.

FRIZZONE, J.A; FREITAS, P.S.L. de; REZENDE, R.; FARIA, M.A. Microirrigação: gotejamento e microaspersão. Maringá: Eduem, 2012, 356p.

KHAN, W.; HILTZ, D.; CRITCHLEY, A.T.; PRITHIVIRAJ, B. Bioassay to detect *Ascophyllum nodosum* extract-induced cytokinin-like activity in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Applied Phycology*, Heidelberg, v. 23, p. 409-414, 2011.

KHAN, W.; RAYIRATH, U.P.; SUBRAMANIAN, S.; JITHESH, M.N.; RAYORATH, P.; HODGES, D.M.; CRITCHLEY, A.T.; CRAIGIE, J.S.; NORRIE, J.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, New York, v. 28, p. 386-399, 2009.

KANO, C.; SALATA, A. C.; HIGUTI, A. R. O.; GODOY, A. R.; CARDOSO, A. I. I.; EVANGELISTA, R. M. Produção e qualidade de couve-flor cultivar Teresópolis Gigante em função de doses de nitrogênio. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 28, n. 4, p. 453-457, 2010.

LANA RMQ; ZANÃO JUNIOR LA; LUZ JMQ; SILVA JC. 2004. Produção de alface em função do uso de diferentes fontes de fósforo em solos de Cerrado. *Horticultura Brasileira* 22: 525-528.

LOPES, A.S. Manual de fertilidade do solo. São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989. 153p.

MELO, R. F. de; ANJOS, J. B.; Lucio Alberto Pereira . Efeito da adubação orgânica no desenvolvimento e rendimento do inhame da costa (*Dioscorea cayennensis*) em sistema irrigado no Submédio do Vale do São Francisco. In: REUNIÃO NORDESTINA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2013, Areia -PB. Anais - REUNIÃO NORDESTINA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2013.

MENDES, L. do N.; SILVA, Jearbes Alexandre da ; FAVERO, Luiz Andrea . Panorama da produção e comercialização do inhame no mundo e no Brasil e sua importância para o mercado pernambucano: uma análise das cinco forças competitivas.. In: X Convibra Business - X Congresso Online de Administração, 2013. X Congresso Online de Administração, 2013.

OLIVEIRA AP; SILVA JEL; PEREIRA WE; BARBOSA LNJ; OLIVEIRA ANP. 2006. Características produtivas da batata-doce em função de doses de  $P_2O_5$ , de espaçamentos e de sistemas de plantio. *Ciência e Agrotecnologia* 30: 611-617.

RODRIGUES, Edson T.; SUMIOKA, Adriano Takechi. Produção de cará em função de fontes orgânicas de adubação. *Ciência e Agrotecnologia JCR*, Lavras, v. 27, n.4, p. 822-828, 2003.

RAIJ, B.V. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fósforo: Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.

SANTOS, E. S.; MACÊDO, L. S.; MATIAS, E. C.; BARBOSA, M. M. Resposta da cultura do inhame à fertilização com macro e micronutrientes em um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico arênico. *Tecnologia e Ciência Agropecuária*, João Pessoa, v. 3, n. 3, p. 39-46, 2009.

SILVA, S. de O.; CARVALHO, P. C. L. de; MOREIRA, R. F. C.; CARNEIRO, J. L. dos S. Orientações técnicas para o cultivo do inhame. 1Cruz das Almas, BA: Embrapa, 40p, 2012.

SIQUEIRA, M. V. B. M. 49º Congresso Brasileiro de Olericultura. Inhame (*Dioscorea* spp): uma cultura ainda negligenciada. 2009. (Congresso).

SILVA EC; MIRANDA JRP; ALVARENGA MAR. 2001. Concentração de nutrientes e produção do tomateiro podado e adensado em função do uso de fósforo, de gesso e de fontes de nitrogênio. *Horticultura Brasileira* 19: 64-69.

## CAPÍTULO 1

### 4 FOTOSSÍNTESE E ACÚMULO DE SOLUTOS ORGÂNICOS EM *Dioscorea cayennensis* L. SUBMETIDO A DIFERENTES ADUBOS E BIOESTIMULANTE

#### RESUMO

No Brasil se plantam inhames principalmente das espécies *Dioscorea cayennensis* L. (Inhame da costa) e *Dioscorea alata* L. (São Tomé ou cará), cultivados principalmente na região Nordeste, sendo o Brasil um dos principais produtores das América Latina. O trabalho avaliou os aspectos fisiológicos e bioquímicos do inhame em função de aplicação de combinações de fertilizantes associada a aplicação de bioestimulante. O delineamento foi em blocos casualizados, sendo os tratamentos compostos por: Sulfato de potássio; Sulfato de potássio + fósforo; Sulfato de potássio + Fósforo + micronutrientes; Sulfato de potássio + Fósforo + micronutrientes + bioestimulante Raiza®; e testemunha. O bioestimulante foi aplicado diretamente ao solo em forma de solução a 10% de concentração, conforme recomendação do fabricante. As aplicações dos adubos foliares foram realizadas a cada 15 dias, tendo início aos três meses após o plantio (início da tuberização) e finalizado aos nove meses. Foram analisadas as trocas gasosas a partir das determinações das variáveis: taxa fotossintética, condutância estomática, transpiração, déficit de pressão de vapor, temperatura foliar, radiação fotossinteticamente ativa e eficiência do uso da água; além do teor de clorofila e potencial hídrico. Os parâmetros bioquímicos avaliados foram açúcares solúveis totais, açúcares redutores e proteínas totais. A estatística consistiu em análise de variância e regressão, e ainda testes de contrastes não ortogonais para o peso fresco das túberas. Os tratamentos T4 e T2 influenciaram o parâmetro fisiológico da taxa de fotossíntese. O tratamento T5 apresentou a maior condutância estomática, a menor temperatura foliar, retardou o amarelecimento das folhas e aumentou a produção das túberas cerca de 669,25 kg. Os parâmetros bioquímicos não foram influenciados pelos tratamentos.

#### PALAVRAS-CHAVE

Sulfato de potássio, açúcares, proteínas, potencial hídrico.

### FOTOSSÍNTESE E ACÚMULO DE SOLUTOS ORGÂNICOS EM *Dioscorea cayennensis* L. SUBMETIDO A DIFERENTES ADUBOS E BIOESTIMULANTE

#### ABSTRACT

In Brazil, yams are planted principally of the species *Dioscorea cayennensis* L. (Yams from the coast) and *Dioscorea alata* L. (São Tomé or caer), grown mainly in the Northeast region, Brazil being one of the main producers in Latin America. The work evaluated the physiological and biochemical aspects of the yam as a function of the application of fertilizer combinations associated to the application of biostimulant. The experimental design was in randomized blocks, with the following treatments: Potassium sulphate; Potassium sulphate + phosphorus; Potassium sulphate + Phosphorus + micronutrients; Potassium sulphate + Phosphorus + micronutrients + Biostimulant Raiza®; and witness. The biostimulant was applied directly to the soil as a solution at 10% concentration, as recommended by the manufacturer. Leaf fertilizer applications were carried out every 15 days, beginning three months after planting

(beginning of tuberization) and ending at nine months. The gas exchange was analyzed from the determinations of the variables: photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration, vapor pressure deficit, foliar temperature, photosynthetically active radiation and water use efficiency; besides the chlorophyll content and water potential. The biochemical parameters evaluated were total soluble sugars, reducing sugars and total proteins. The statistical analysis consisted of analysis of variance and regression, as well as tests of non - orthogonal contrasts for the fresh weight of the tubers. The treatments T4 and T2 influenced the physiological parameter of the photosynthesis rate. The T5 treatment showed the highest stomatal conductance, the lowest leaf temperature, delayed the yellowing of the leaves and increased the production of the tubers about 669.25 kg. The biochemical parameters were not influenced by the treatments.

## KEYWORDS

Potassium sulphate, sugars, proteins, water potential.

## INTRODUÇÃO

No Brasil se plantam inhames principalmente das espécies *Dioscorea cayennensis* L. (Inhame da costa) e *Dioscorea alata* L. (São Tomé ou cará), cultivados principalmente na região Nordeste, nos estados de Pernambuco, Bahia e Paraíba, onde se encontram condições edafoclimáticas favoráveis ao seu desenvolvimento (Siqueira, 2011; Silva et al., 2012).

Segundo a FAO (2017), o Brasil é um dos principais produtores de inhame na América Latina, com uma produção estimada em 242.000 t ano<sup>-1</sup>. Desta, mais de 5.000 t ano<sup>-1</sup> são exportadas, enquanto que outros países sul-americanos destinam sua produção ao mercado interno (Mendes, 2013). Dessa forma, a cultura se destaca pelo seu alto valor comercial, com forte potencial no agronegócio de exportação para Europa, especialmente, França e Inglaterra e para os Estados Unidos (Ritzenger et al., 2003).

Apesar da importância da cultura para o país, sua produtividade, cerca de 10 t ha<sup>-1</sup>, ainda é considerada baixa, principalmente quando comparada a países desenvolvidos que atingem cerca de 22 t ha<sup>-1</sup>. Segundo Melo et. al (2013), essa baixa produtividade é explicada por vários fatores, dentre eles: a indisponibilidade de material propagativo de boa qualidade, o alto nível de infecção de doenças fúngicas, a incidência de fitonematóides, o uso inadequado de fertilizantes químicos e o baixo nível tecnológico dos produtores rurais.

A produtividade é influenciada por características morfofisiológicas dos órgãos fotossintetizantes (fonte), e órgãos consumidores dos produtos

fotossintetizados (dreno) (Foyer e Galtier; 1996). De toda a matéria seca acumulada pelas plantas durante o seu crescimento, cerca de 90% são resultantes da atividade fotossintética (Benincasa, 2003). Uma parte desses assimilados é convertida em biomassa e a outra é oxidada na respiração, servindo de fonte de energia para o seu desenvolvimento (Popov et al., 2003).

As condições ambientais influenciam as taxas metabólicas das plantas, regulando aspectos fisiológicos como a fotossíntese e a respiração (perdas e ganhos no balanço das trocas gasosas), afetando a produtividade. Dos parâmetros essenciais as plantas, a fotossíntese é um processo efetivo à sobrevivência destas e, para serem mais eficientes, elas desenvolvem mecanismos de fotorresposta, como a movimentação dos cloroplastos para locais de intensidade de luz mais apropriada, bem como a abertura estomática para absorção de CO<sub>2</sub> (Kawai et al., 2003).

Os estômatos admitem a perda de vapor de água para a atmosfera durante a transpiração e a entrada de CO<sub>2</sub> através da fixação do carbono pela fotossíntese (Vavasseur e Raghavendra, 2005). Esse rigoroso controle sobre a abertura e fechamento estomático, influenciado por vários sinais ambientais e endógenos, como luz, temperatura, umidade, CO<sub>2</sub> e quantidade de água na planta, é essencial para que não ocorra perda excessiva de água pela planta ou que ela fique privada de CO<sub>2</sub> (ASSMANN, SHIMAZAKI, 1999).

Quanto aos aspectos fisiológicos, o manejo das plantas objetiva maximizar a eficiência fotossintética destas, e canalizar seus produtos para a produtividade e qualidade da produção final (Köehle et al., 1994). Sendo necessário, cada vez mais, buscar entender a fisiologia da fonte, através das medidas de trocas gasosas, assimilação de CO<sub>2</sub>, bem como eficiência do uso da água durante essa assimilação, visando ganhos com a produtividade (Brandão Filho et al., 2003).

No que se refere ao manejo nutricional vegetal, segundo Carvalho (2016), pequenos e grandes produtores agrícolas admitem que o uso de fertilizantes industriais deve ser planejado levando-se em conta características do solo e planta cultivados, com intuito de adotar fontes de nutrientes e estratégias de aplicação que mantenham os níveis nutricionais satisfatórios ao cultivo permitindo assim elevada produtividade.

Os nutrientes desempenham nas plantas, de maneira geral, funções importantes nos processos fisiológicos do seu desenvolvimento. Sarmento et. al (2011), estudando a beterraba, observou que a combinação de manejo nutricional

apresentou valores de fotossíntese líquida superior quando se fez adubação mineral ou orgânica, quando utilizadas separadamente. Já Gondim et al. (2015) estudando a mesma cultura, com a utilização de esterco com e sem adição de adubo mineral, observou que o uso de apenas adubo orgânico proporcionou menor taxa de condutância estomática do que nos tratamentos com adição de fertilizante mineral.

Sorh (2015) estudando a composição nutricional de *Dioscorea alata* produzido no Oeste da África, encontrou valores de solutos orgânicos muito superiores aos encontrados no trabalho de Carvalho (2016) com aplicação de apenas manipueira de mandioca e bioestimulante na referida cultura.

As plantas de maneira geral, extraem grandes quantidades de minerais do solo durante seu crescimento e desenvolvimento. Destes nutrientes fornecidos à cultura por meio da adubação química, destacam-se de maneira essencial os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), que devem ser aplicados em níveis compatíveis às exigências de cada cultura e ao método de adubação utilizado (KANO et al., 2010).

Desses elementos minerais, o Potássio é um dos nutrientes essenciais para as plantas, sendo seu fornecimento via adubação importante durante o crescimento e desenvolvimento das mesmas, favorecendo a formação e translocação de carboidratos, controle osmótico e regulação estomática (Filgueira, 2008). As plantas produtoras de raízes tuberosas, tubérculos e túberas, geralmente necessitam de grande quantidade de potássio, que por sua vez é influenciada por uma série de variáveis genéticas e ambientais (EL-SIRAFY et al., 2008).

Com a função de melhorar o desempenho das culturas, o uso de estimulantes vegetais está obtendo destaque como alternativa ao uso de outros fertilizantes. Bioestimulantes são uma mistura de hormônios com compostos de natureza química diferente, tais como aminoácidos, vitaminas, sais minerais etc. Por afetarem de alguma forma o desenvolvimento vegetal, são compostos amplamente utilizados na agricultura (Khan, 2009; Craigie, 2011).

Com intuito de se aumentar a produtividade da cultura, se faz necessário um manejo eficiente quanto aos aspectos relacionados ao plantio, crescimento e desenvolvimento das plantas. Nesse contexto, em virtude da escassez de pesquisas científicas e informações relacionadas aos aspectos fisiológicos e bioquímicos das plantas de *Dioscorea cayennensis* L. no semiárido nordestino, o presente trabalho teve como objetivo avaliar aspectos fisiológicos e bioquímicos, referente as trocas

gasosas e acumulação de carboidratos, em diferentes estádios fenológicos da cultura do inhame sob diferentes adubações potássicas, associadas a fosfóricas, a micronutrientes e a bioestimulante.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na área experimental da Universidade Federal do Vale do São Francisco – Univasf, Campus Juazeiro, localizado nas coordenadas geográficas 9°24'41" de latitude sul e 40°30'58" de longitude oeste, com altitude média de 368 m, no município de Juazeiro-Ba. O clima regional é do tipo BswH, semiárido, de acordo com a classificação de Köppen, com precipitação média anual em torno de 521 milímetros.

A condução do experimento foi em ambiente protegido, casa de vegetação, no período de março a dezembro de 2016. O plantio foi realizado com fração de rizóforos (200 g) de *Dioscorea Cayennensis* L. (inhame), em vasos com capacidade de 60 litros, preenchidos com solo Neossolo flúvico, descrito na **tabela 1**. Utilizou-se espaçamento de 1,2 x 0,6 m, e as plantas foram conduzidas por sistema de tutoramento, com auxílio de hastes de 1,80 m de altura.

**Tabela 1.** Caracterização química do solo anteriormente ao plantio utilizado para o cultivo do inhame.

<b>Macronutrientes</b>										
<i>cmol.dm<sup>-3</sup></i>										
pH	C.E <sub>ES</sub> (dS/m)	P (mg.dm <sup>-3</sup> )	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	T	Al <sup>3+</sup>	V(%)
6,9	0,34	40,26	0,23	0,02	1,5	0,4	0,17	2,32	0,00	93
<b>Micronutrientes</b>										
<i>mg.dm<sup>3</sup></i>										
Cu			Fe			Mn		Zn		
0,4			25,4			28,6		5,8		

CE<sub>ES</sub> = condutividade elétrica do extrato de saturação; P = fósforo disponível extraído por Mehlich<sup>-1</sup>; K<sup>+</sup> = potássio trocável; Na<sup>+</sup> = sódio trocável; Ca<sup>2+</sup> = cálcio trocável; Mg<sup>2+</sup> = magnésio trocável; T = capacidade de troca catiônica; Al<sup>3+</sup> = acidez trocável; V = saturação por bases; Cu = cobre; Fe = ferro; Mn = manganês; Zn = zinco. Micronutrientes extraídos por Mehlich<sup>-1</sup>.

A adubação foi aplicada conforme metodologia proposta por O'Sullivan (2010), adaptada por Oliveira (2013), em que, além do fornecimento dos fertilizantes

através dos tratamentos, foram adicionados 460, 400 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de potássio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), fósforo (MAP) e micronutrientes na adubação de fundação, respectivamente; além de 480 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, via solo, em partes iguais durante o estágio vegetativo da cultura, durante os 3 primeiros meses, a cada 15 dias.

A primeira aplicação dos tratamentos foi realizada aos 90 dias após o plantio das túberas-sementes, no início da tuberização, e as demais a cada 15 dias, totalizando 8 aplicações. As aplicações foram via foliar com um volume de calda de 70 mL realizadas com o uso de pulverizador manual com capacidade de 100 ml, utilizando-se cortina plástica entre os tratamentos para evitar a deriva. O bioestimulante Raiza® foi aplicado na quantidade de 100 ml de solução, diretamente ao solo, na concentração de 10%, conforme recomendação do fabricante.

O delineamento experimental adotado foi bloco casualizado, com 5 tratamentos e 8 repetições, que consistiram de: T1 – testemunha; T2 – Potássio (560 mg); T3 – Potássio (560 mg) + Fósforo (390 mg); T4 – Potássio (560 mg) + Fósforo (390 mg) + Micronutrientes (100 mg); T5 – Potássio (560 mg) + Fósforo (390 mg) + Micronutrientes (100 mg) + Bioestimulante (100 ml).

Como fonte de potássio utilizou-se o produto comercial Sulfato de potássio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e para fósforo, o Freefos®. Como fonte de micronutrientes utilizou-se o produto comercial Supra Trace®, contendo 3,50 p/p de Enxofre, 0,40 p/p de Boro, 0,75 p/p de Cobre, 2,40 p/p de Ferro, 1,81 p/p de Manganês, 0,03 p/p de Molibdênio e 2,30 p/p de zinco.

Como fonte do extrato vegetal, utilizou-se o produto comercial Raiza®, um bioestimulante vegetal (composto de fitormônios, agentes osmoprotetores, oligopeptídeos, alginatos, manitol, oligo e polissacarídeos, betaínas, poliaminas e vitaminas extraídos da alga *Ascophyllum nodosum*), com a concentração de 10,7% p/p (12% p/v) de aminoácidos livres, 4,0% p/p (4,5% p/v) de nitrogênio total, 1,7% p/p (1,9% p/v) de nitrogênio orgânico e 2,3% p/p (2,6% p/v) de nitrogênio uréico.

Para a avaliação dos teores de carboidratos e proteínas, nas folhas, foram realizadas 3 avaliações destrutivas ao longo do desenvolvimento, a cada fase fenológica (vegetativa, tuberização e maturação), nas datas de 75, 115 e 175 dias após a brotação. Foram utilizadas folhas do terço médio de 1 planta por tratamento, em cada bloco, para cada amostragem. O acúmulo de solutos orgânicos nos rizóforos foi avaliado ao final do ciclo após a colheita.

A cada coleta as folhas e as túberas foram acondicionadas em sacos de papel e esse material levado para secar em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C, até atingirem massa constante. Após a secagem, o material foi moído em micro moinho, homogeneizados e armazenados para posterior avaliação.

Os teores de açúcares redutores (AR) foram quantificados pelo método dinitrosalicilato – DNS que quantifica a glicose, frutose e manose nos tecidos vegetais (SUMMER, 1924); o teor de açúcares solúveis totais (AST) pelo método da antrona (YEMM e WILLIS, 1954) e as proteínas totais (Pt) pelo método de Bradford (1976), realizado com o reagente Coomassie Blue G-250. Foi determinada a curva padrão para todas essas análises, no Laboratório de Citologia/Fisiologia Vegetal da Universidade Federal do Vale do São Francisco – Univasf, em Juazeiro-Ba.

As avaliações de trocas gasosas foram realizadas através de um analisador automático modelo IRGA LI-6400 XT. Essas medidas foram realizadas as 8, 10, 12, 14 e 16 h, em dias ensolarados, em folhas saudáveis do terço médio da planta. As medidas foram feitas aos 75 (fase vegetativa), 115 (fase de tuberização) e 175 dias (fase de maturação fisiológica) após a brotação.

As características de trocas gasosas analisadas foram: taxa fotossintética, condutância estomática, taxa de transpiração, déficit de pressão de vapor, temperatura foliar, radiação fotossinteticamente ativa e eficiência do uso da água. Essas características foram calculadas pelo programa de análise de dados do equipamento medidor de fotossíntese, que utiliza a equação geral de trocas gasosas de Von Caemmerer e Farquhar (1981).

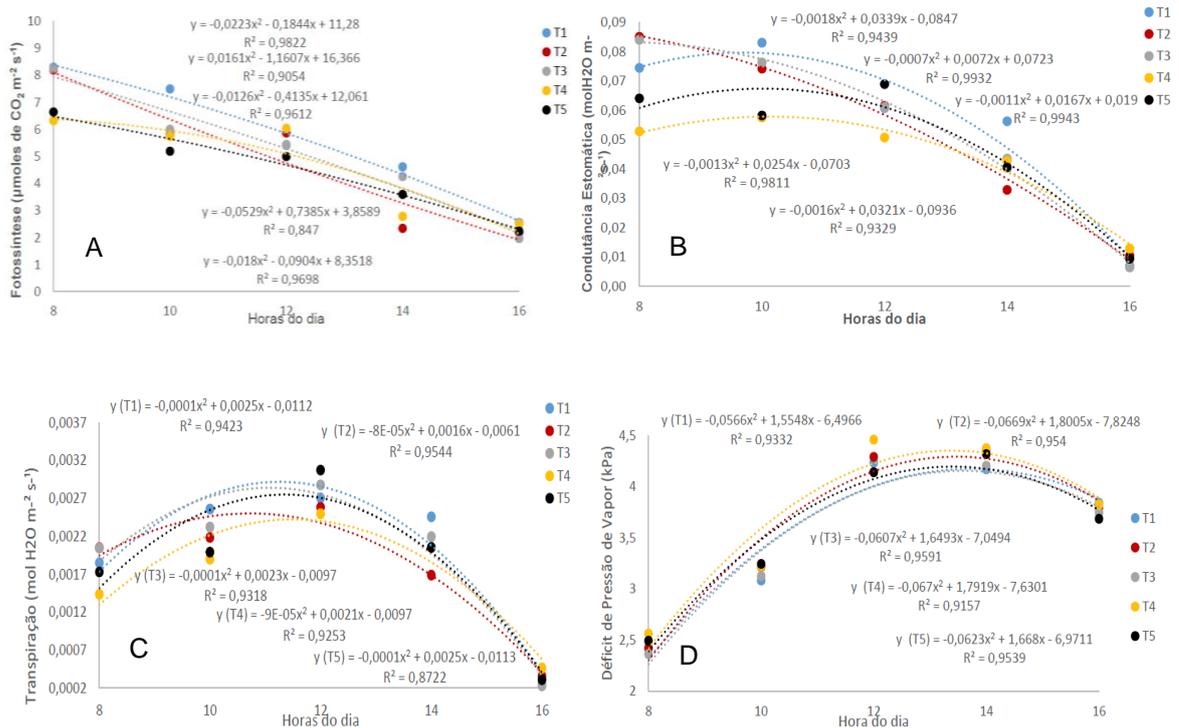
O teor de clorofila e o potencial hídrico das folhas foram avaliados em dias ensolarados, coletados de folhas maduras e completamente expandidas da parte mediana da planta, isentas de ataque de pragas, sintomas de doenças ou deficiências nutricionais. O teor de clorofila foi avaliado uma única vez, aos 75 (vegetativa), 115 (tuberização) e 175 dias (maturação fisiológica) após a brotação, utilizando-se Clorofilog SPAD, em unidades Spad. As determinações de potencial hídrico das folhas, foram feitas nos horários de 8, 10, 12, 14 e 16h nas referidas datas, utilizando-se bomba do tipo Scholander, com leituras expressas em bar.

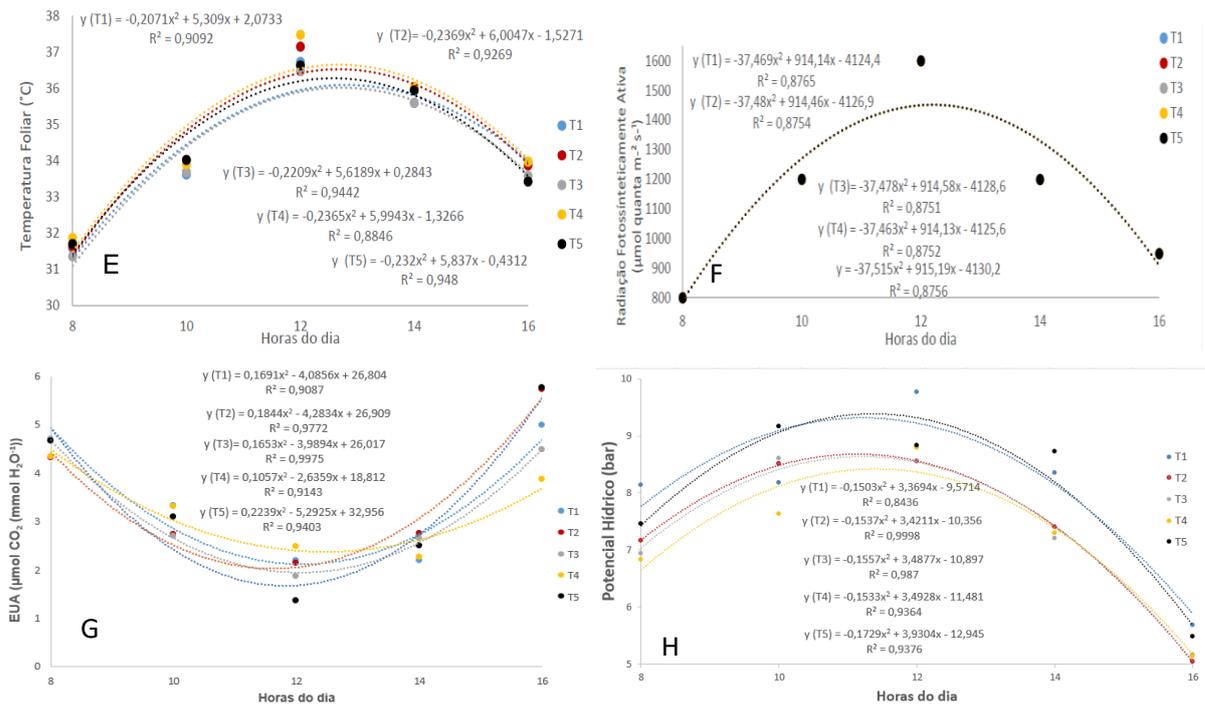
Na estatística para tratamento dos dados, foram ajustadas equações de regressão e as médias foram submetidas a análise de variância e quando significativas comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro. Para a comparação dos contrastes não ortogonais utilizou-se o teste de Sheffé

a 5% de probabilidade aplicando-se os seguintes contrastes ortogonais:  $Y1 = (T1-T5)$ ;  $Y2 = (T2-T5)$ ;  $Y3 = (T3-T5)$ ;  $Y4 = (T4-T5)$  e  $Y5 = (T1+T2) - (2T5)$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

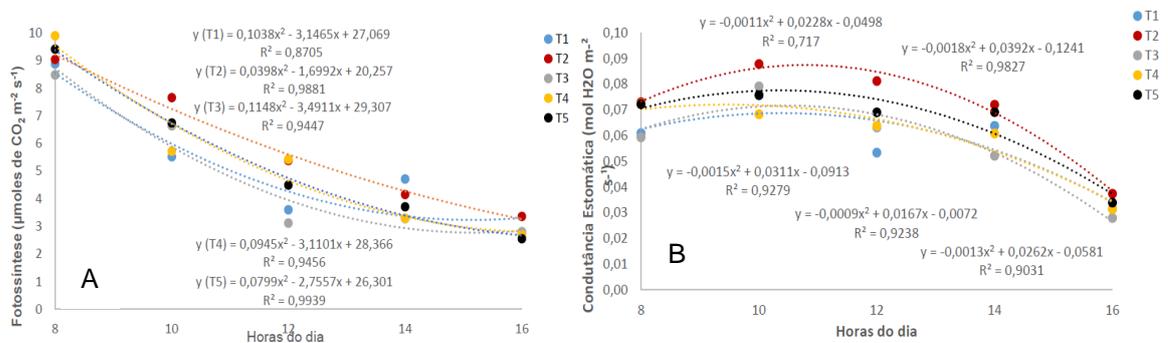
Os parâmetros referentes as trocas gasosas, nas fases vegetativa e maturação, não apresentaram diferenças significativas em relação aos diferentes tratamentos, no entanto, na fase de tuberização, no horário de 12 horas, as adubações do T2 e T4 apresentaram os melhores resultados, com ocorrência da maior taxa de fotossíntese em (T4). Nos tratamentos T1, T3 e T5 não houve diferença significativa para o referido parâmetro (**Tabela 2**). Quanto ao comportamento fisiológico da cultura (**Figuras 1A, 2A e 3A**), a taxa supracitada decresceu ao longo do dia, à medida que houve aumento da temperatura e da radiação.

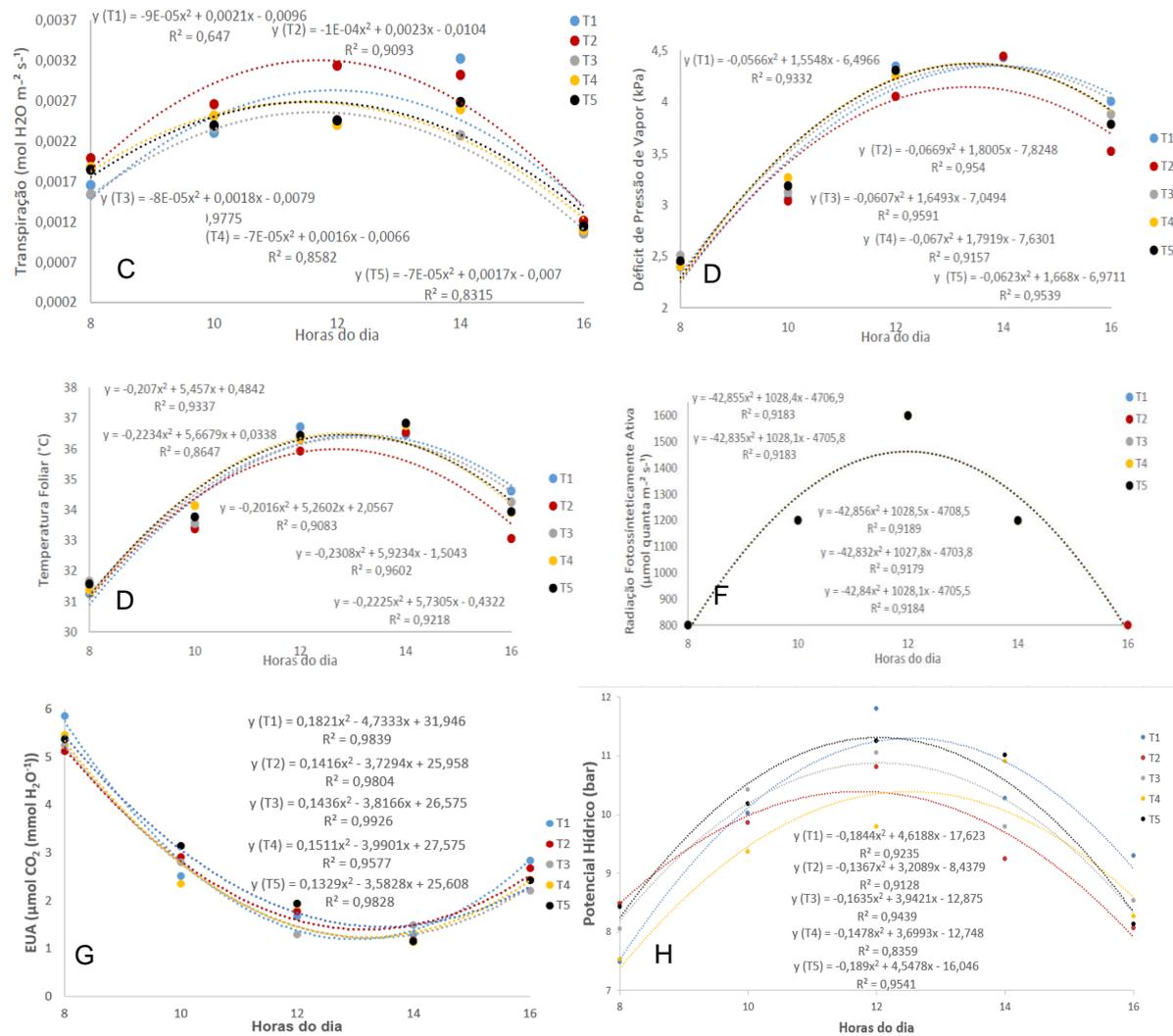




**Figura 1.** Taxa fotossintética (A), Condutância estomática (B), Taxa de transpiração (C), Déficit de pressão de vapor (D), Temperatura foliar (E), Radiação fotossinteticamente ativa (F), Eficiência do uso da água (G) e Potencial Hídrico (H) em *Dioscorea cayennensis* L. na fase vegetativa. Univasf – Campus Juazeiro-Ba, 2017.

Ainda na fase de tuberização, o tratamento que apresentou a menor taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  foi o T3 (12 horas), com  $2,591 \mu\text{moles de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ; que foi significativamente menor aos tratamentos T2, T4 e T5 com valores de  $5,380$ ,  $5,439$  e  $4,499 \mu\text{moles de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , respectivamente. Já os tratamentos que apresentaram maiores valores de fotossíntese na referida fase, apesar de não significativos, foram T5 e T4, com  $9,41$  e  $9,90 \mu\text{moles de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , respectivamente; valores esses, coerentes aos encontrados por Carvalho (2016), com valor máximo de  $8,109 \mu\text{moles de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , ao se estudar o efeito de bioestimulante e manipueira no cultivo de *Dioscorea alata* L.





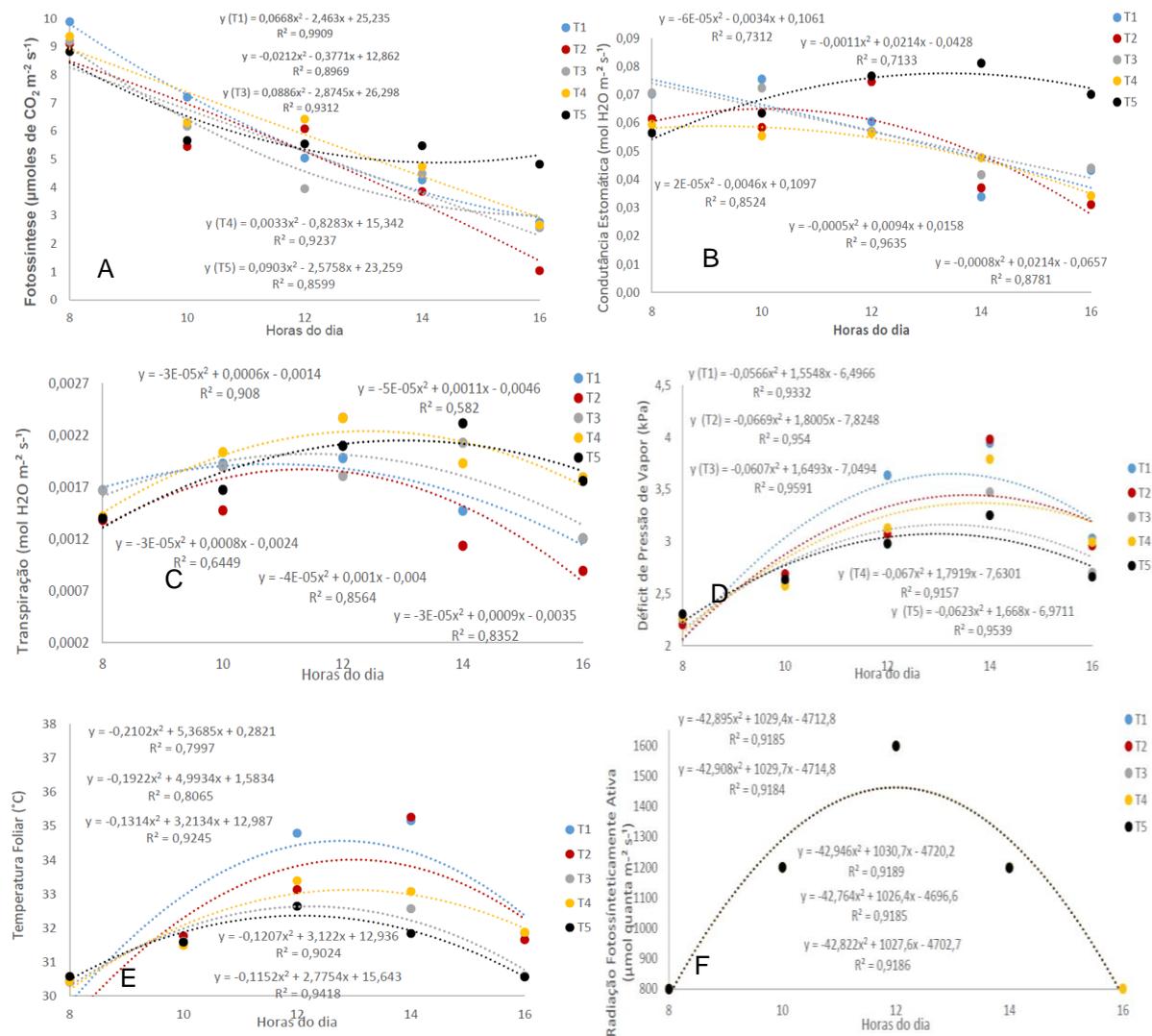
**Figura 2.** Taxa fotossintética (A), Condutância estomática (B), Taxa de transpiração (C), Déficit de pressão de vapor (D), Temperatura foliar (E), Radiação fotossinteticamente ativa (F), Eficiência do uso da água (G) e Potencial Hídrico (H) em *Dioscorea cayennensis* L. na fase de tuberização. Univasf – Campus Juazeiro-Ba, 2017.

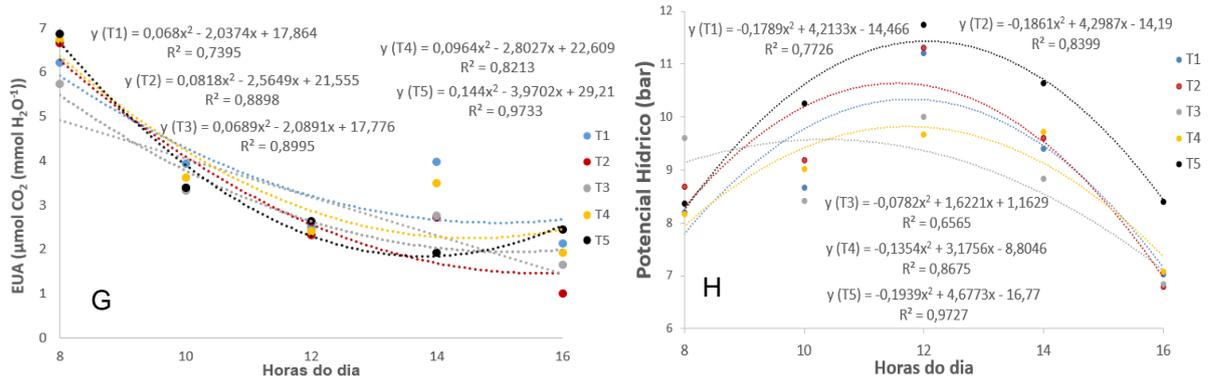
No parâmetro fisiológico de condutância estomática, nas fases vegetativa e tuberização, não ocorreu diferença significativa nas diferentes adubações, no entanto, na fase de maturação, no horário de 14 horas, a adubação do T5 se apresentou com a maior condutância estomática e com diferença significativa em relação a T1 (**Tabela 2**). Assim como na assimilação de CO<sub>2</sub>, a condutância estomática (**Figuras 1B, 2B e 3B**) decresceu ao longo do dia, frente ao aumento da temperatura e da radiação solar.

No entanto, em relação aos parâmetros fisiológicos de transpiração (**Figuras 1C, 2C, 3C**), déficit de pressão de vapor (**Figuras 1D, 2D e 3D**), Radiação fotossinteticamente ativa – RFA (**Figuras 1F, 2F e 3F**) e potencial hídrico (**Figuras 1H, 2H e 3H**) em todas as fases e horários analisados não se incidiu

diferenças significativas entre os diferentes tratamentos. Quanto ao comportamento ao longo do dia, esses parâmetros fisiológicos apresentaram - a partir do início do dia - leve aumento, com decréscimo posterior após o meio dia.

Já a temperatura foliar (**Figuras 1E, 2E e 3E**), apresentou diferença significativa em relação as suas médias na fase de maturação, no horário de 14h, em que T1 e T2 apresentaram médias significantes e maiores à T5 (**Tabela 2**); além de apresentar comportamento crescente de 8 as 12 horas, em que, a partir desse pico de temperatura na superfície da folha, ocorreu decréscimo até as 16 horas. Isso indica que o tratamento com potássio, fósforo, micronutrientes e bioestimulante atuou sobre a abertura estomática a partir das 12 horas (Figura 3B), aumentando a transpiração a partir do mesmo horário (figura 3C) e consequentemente, resfriando a superfície foliar, diminuindo a temperatura da folha.





**Figura 3.** Taxa fotossintética (A), Condutância estomática (B), Taxa de transpiração (C), Déficit de pressão de vapor (D), Temperatura foliar (E), Radiação fotossinteticamente ativa (F), Eficiência do uso da água (G) e Potencial Hídrico (H) em *Dioscorea cayennensis* L. na fase de maturação fisiológica. Univasf – Campus Juazeiro-Ba, 2017.

**Tabela 2.** Parâmetros fisiológicos: Fotossíntese (A), Condutância estomática ( $g_s$ ) e Temperatura foliar ( $T_f$ ) em folhas de *Dioscorea cayensis* em função de diferentes adubações. Univasf - Campus Juazeiro-Ba, 2017.

Fatores de variação	$A^{T12}$ (CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	$g_s^{M14}$ (mol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	$T_f^{M14}$ (°C)
T1	3,151 ab	0,034 b	35,16 a
T2	5,380 a	0,037 ab	35,26 a
T3	2,591 b	0,042 ab	32,57 ab
T4	5,439 a	0,048 ab	33,08 ab
T5	4,499 ab	0,081 a	31,84 b
<b>Média Geral</b>	4,24	0,048	33,58
<b>C.V. %</b>	39,56	49,45	4,76

$A^{T12}$  = Fotossíntese na fase de tuberização as 12 horas;  $g_s^{M14}$  = Condutância estomática na fase de maturação as 14 horas;  $T_f^{M14}$  = Temperatura foliar na fase de maturação as 14 horas; CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, transpiração, nota-se claramente o efeito da alta radiação global e temperatura (maiores entre as 12 e 14 horas), proveniente dessa região semiárida, influenciando a diminuição da quantidade desses referidos parâmetros, principalmente, sobre a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>. Em que, há um aumento dos índices até um limite aceitável pela planta (próximo ao meio dia), com posterior decréscimo. Segundo Taiz e Zeiger (2013), a temperatura afeta as reações bioquímicas da fotossíntese, alterando as membranas dos cloroplastos, e ocorrendo menor afinidade da rubisco por CO<sub>2</sub>, à medida que a temperatura aumenta, favorecendo a descarboxilação.

A diminuição da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> aconteceu devido à grande quantidade de energia proveniente da atmosfera, na forma de radiação global e

temperatura, atuando sobre o aumento da temperatura foliar da cultura, provocando o aumento da transpiração, fazendo com que a planta, para que não perca água em excesso, diminua a capacidade de conduzir água e, conseqüentemente, diminua a assimilação de CO<sub>2</sub>, reduzindo a taxa fotossintética devido a menor abertura estomática para não perder água.

Esses resultados são corroborados pelo trabalho de Carvalho (2016), onde analisando os mesmos parâmetros citados, ocorreu comportamento fisiológico semelhante em cultura de mesmo gênero ao longo do dia, o que sugere que a *Dioscorea cayennensis* não se adapte com todo o seu potencial fotossintético em ambientes com temperaturas elevadas.

Em relação a eficiência do uso da água (EUA) (**Figuras 1G, 2G e 3G**), na fase de tuberização as 10 e 12h, o tratamento T5 apresentou o melhor resultado de EUA, devido à alta taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, mas baixa taxa de transpiração, o que evidenciou a sua alta EUA. A importância dessa eficiência demonstra a capacidade de a planta assimilar o CO<sub>2</sub> com o mínimo de perda de água durante esse processo, o que acarreta numa maior economia de água pelas plantas e maior síntese de fotoassimilados. Já na fase de maturação, novamente T5 apresentou, também de maneira significativa, o maior valor de EUA.

Segundo Taiz e Zeiger (2013), mudanças na resistência estomática são importantes para a regulação da perda de água pelas plantas e para o controle da taxa de absorção de CO<sub>2</sub>, necessária à fotossíntese. Já para Lacher (2006), o aumento na biomassa não depende somente da assimilação de CO<sub>2</sub>, mas do balanço hormonal e do padrão específico de cada planta. Para Taiz e Zeiger (2013), a capacidade fotossintética da planta depende de reações bioquímicas e da capacidade de o tecido foliar para a assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> que depende do conteúdo da enzima ribulose difosfato carboxilase (Rubisco).

A **tabela 3** apresenta os valores médios do teor de clorofila em unidades Spad nos diferentes estádios fenológicos, realizadas nas fases vegetativas, tuberização e maturação. Verificou-se que, na fase vegetativa, as plantas tratadas com potássio, fósforo, micronutrientes e bioestimulante (T5) apresentaram folhas mais verdes, a qual se manteve até a fase de maturação, mostrando que o referido tratamento retardou o amarelecimento das folhas, atrasando sua senescência e prolongando a atividade fotossintética.

**Tabela 3.** Teor de clorofila (índice Spad) em folhas de *Dioscorea cayennensis* L. nos diferentes estádios fenológicos. Univasf - Campus Juazeiro-Ba, 2017.

Tratamentos	Teor de Clorofila		
	F. Vegetativa	F. Tuberização	F. Maturação
T1 - 0	38,76 a	35,95 b	43,70 b
T2 - K	42,25 a	39,48 ab	43,60 b
T3 - K+P	39,71 a	40,30 ab	43,84 b
T4 - K+P+Micro	37,22 a	37,93 ab	44,60 b
T5 - K+P+Micro+Bio	44,80 a	43,00 a	52,98 a
Média Geral	40,55	39,33	45,74
C.V. %	13,61	8,57	11,70

T1 - 0 = Testemunha; T2 - K = Adubação potássica; T3 - K+P = Adubação potássica + fósforo líquido; T4 - Adubação potássica + fósforo líquido + micronutrientes; Adubação potássica + fósforo líquido + micronutrientes + bioestimulante. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto aos parâmetros bioquímicos, analisando os açúcares solúveis totais (AST) ao longo dos estádios fenológicos e produção da cultura (**Tabela 4**), observa-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos, quando analisado os teores nas folhas e túberas. Apesar disso, de maneira geral, nota-se um acréscimo nas quantidades de AST da fase vegetativa para a tuberização e, posteriormente, um decréscimo na fase seguinte de maturação. Isto sugere que a planta acumula sacarose nas folhas (fonte) durante a fase vegetativa para que, a partir da fase de tuberização, a planta promova o carreamento e acúmulo desses carboidratos nas túberas (dreno). Valores estes, que apresentaram aumento dos AST, conforme se incrementa a adubação, com valor mínimo e máximo de 44,5 e 79,1 mg g<sup>-1</sup> em T1 e T3, respectivamente.

O açúcar em abundância promove o crescimento e o armazenamento de carboidratos nos drenos e quando a taxa de fotossíntese é alta, ocorre o acúmulo de açúcares totais nas folhas (Taiz, Zeiger; 2013), conforme mostrado na **tabela 4**, com teor de AST na fase de tuberização superior a fase vegetativa.

**Tabela 4.** Teores de solutos orgânicos: Açúcares Solúveis Totais (AST), em folhas e túberas de *Dioscorea cayennensis* L. nas fases de produção. Univasf - Campus Juazeiro-Ba, 2017.

Tratamentos	Açúcares Solúveis Totais (AST) (mg g <sup>-1</sup> )			
	Folhas: F. Vegetativa	Folhas: F. Tuberização	Folhas: F. Maturação	Túberas: Colheita
T1 - 0	167,4 a	178,2 a	106,0 a	44,5 a
T2 - K	133,2 a	216,4 a	157,2 a	54,3 a
T3 - K+P	125,0a	207,3 a	126,0 a	79,1 a
T4 - K+P+Micro	122,2 a	196,0 a	98,1 a	56,4 a

<b>T5 - K+P+Micro+Bio</b>	136,4 a	175,6 a	116,4 a	71,5 a
<b>Média Geral</b>	136,8	194,7	120,7	61,2
<b>C.V. %</b>	26,01	29,70	40,74	51,74

T1 - 0 = Testemunha; T2 - K = Adubação potássica; T3 - K+P = Adubação potássica + fósforo líquido; T4 - Adubação potássica + fósforo líquido + micronutrientes; Adubação potássica + fósforo líquido + micronutrientes + bioestimulante. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De forma análoga à análise de AST, os Açúcares redutores (AR - glicose, frutose e manose) apresentaram decréscimo em suas quantidades da fase vegetativa para a tuberização, e desta para a fase de maturação (**Tabela 5**). Apresentando ainda, valores mínimo e máximo de 0,155 e 0,210 mmol g<sup>-1</sup> de AR nas túberas, em T5 e T3, respectivamente.

**Tabela 5.** Teores de solutos orgânicos: Açúcares Redutores (AR), em folhas e túberas de *Dioscorea cayennensis* L. nas fases de produção. Univasf - Campus Juazeiro-Ba, 2017.

Tratamentos	Açúcares Redutores (AR) (mmol g <sup>-1</sup> )			
	Folhas: F. Vegetativa	Folhas: F. Tuberização	Folhas: F. Maturação	Túberas: Colheita
<b>T1 - 0</b>	0,924 a	0,785 a	0,314 a	0,180 a
<b>T2 - K</b>	0,985 a	0,832 a	0,310 a	0,180 a
<b>T3 - K+P</b>	0,882 a	1,051 a	0,362 a	0,210 a
<b>T4 - K+P+Micro</b>	0,789 a	0,791 a	0,369 a	0,183 a
<b>T5 - K+P+Micro+Bio</b>	0,890 a	0,941 a	0,365 a	0,155 a
<b>Média Geral</b>	0,894	0,880	0,344	0,182
<b>C.V. %</b>	32,61	24,18	24,76	29,99

T1 - 0 = Testemunha; T2 - K = Adubação potássica; T3 - K+P = Adubação potássica + fósforo líquido; T4 - Adubação potássica + fósforo líquido + micronutrientes; Adubação potássica + fósforo líquido + micronutrientes + bioestimulante. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para a quantidade de proteínas totais (Pt), houve decréscimo da fase vegetativa para a tuberização, acréscimo para a maturação e acúmulo ainda maior desses solutos nas túberas em relação aos teores nas folhas (**Tabela 6**).

**Tabela 6.** Teores de solutos orgânicos: Proteínas (Pt), em folhas e túberas de *Dioscorea cayennensis* L. nas fases de produção. Univasf - Campus Juazeiro-Ba, 2017.

Tratamentos	Proteínas Totais (Pt) (mg g <sup>-1</sup> )			
	Folhas: F. Vegetativa	Folhas: F. Tuberização	Folhas: F. Maturação	Túberas: Colheita
<b>T1 - 0</b>	0,956 a	0,541 a	5,542 a	7,732 a
<b>T2 - K</b>	0,938 a	0,767 a	5,821 a	12,014 a
<b>T3 - K+P</b>	1,240 a	0,758 a	5,634 a	8,342 a

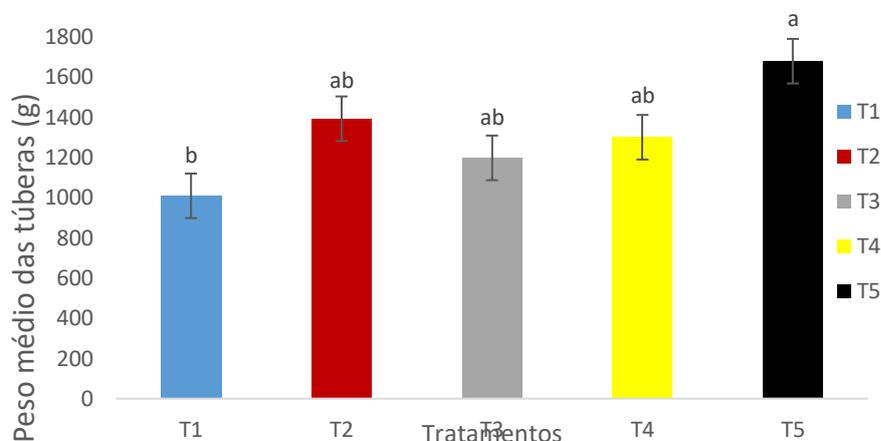
<b>T4 - K+P+Micro</b>	0,875 a	0,750 a	5,094 a	8,358 a
<b>T5 - K+P+Micro+Bio</b>	1,274 a	0,774 a	7,161 a	10,360 a
<b>Média Geral</b>	1,056	0,718	5,851	9,361
<b>C.V. %</b>	26,64	51,60	46,83	46,19

T1 - 0 = Testemunha; T2 - K = Adubação potássica; T3 - K+P = Adubação potássica + fósforo líquido; T4 - Adubação potássica + fósforo líquido + micronutrientes; Adubação potássica + fósforo líquido + micronutrientes + bioestimulante. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Carvalho (2016) ao analisar o efeito de bioestimulante e manipueira no cultivo de *Dioscorea alata* L., encontrou valores muito inferiores, ao final do ciclo da cultura nas folhas, de AST (mínimo de 0,739372 mg g<sup>-1</sup> e máximo de 0,96843 mg g<sup>-1</sup>); bem como os de AR (mínimo de 0,039592 e máximo de 0,045956 mg g<sup>-1</sup>) e os de Pt (mínimo de 0,120647 e máximo de 0,28695 mg g<sup>-1</sup>), ao presente trabalho.

No gráfico abaixo (**Figura 4**), observou-se que, com o incremento de diferentes fertilizantes utilizados nos tratamentos, o peso médio das túberas sofreu acréscimo. No entanto, apenas T1 e T5 apresentaram diferenças significativas, com a maior média de massa (1.677,00 kg) proporcionada pela aplicação da estratégia de adubação T5; indicando que o tratamento com adubação potássica, associada a fósforo líquido, micronutrientes e bioestimulante proporcionou um acúmulo de amido superior nas condições em que o trabalho foi realizado.

Aplicando-se o contraste não ortogonal, através do teste de Scheffé, para se analisar os tratamentos, verificou-se que o contraste foi altamente significativo, indicando que o tratamento T5 supera em média o T1 em 669,25 kg, com incremento de 67% no peso fresco das túberas em relação ao mesmo.



**Figura 4.** Peso fresco das túberas do *Dioscorea cayennensis* L., em função de adubação potássica associada a fósforo, micronutrientes e bioestimulante. Juazeiro-Ba, 2017.

## CONCLUSÕES

Os tratamentos T4 e T2, na fase de tuberização as 12h, influenciaram a assimilação de CO<sub>2</sub>, apresentando os maiores valores para este parâmetro.

O tratamento T5, na fase de maturação, apresentou a maior condutância estomática e a menor temperatura foliar.

O tratamento T5, nas fases de tuberização e maturação, retardou o amarelecimento das folhas, atrasando sua senescência e prolongando a atividade fotossintética.

Quanto aos parâmetros bioquímicos, AST, AR e Pt, os tratamentos não influenciaram suas quantidades.

O tratamento T5 aumentou a produção das túberas, cerca de 669,25 kg, em relação ao tratamento testemunha.

## REFERÊNCIAS

AKINOSO, R., OLATOYE, K. K. (2013). Energy utilization and conservation in instant-pounded yam flour production. *International Food Research Journal*, 20, 575e579.

BENINCASA, M.M.P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: Funep, 41p. 2003.

BRADFORD, M. M. A Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye Binding. *Analytical Biochemistry*, New York, v. 72, p. 248-254, 1976.

BRANDÃO FILHO, J.U.T.; GOTO, R.; GUIMARÃES, V.F.; HABERMANN, G.; RODRIGUES, J.D.; CALLEGARI, O. Influência da enxertia nas trocas gasosas de dois híbridos de berinjela cultivados em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, v.21, n.3, p. 474-477, jul.-set., 2003.

CRAIGIE, J.S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, Dordrecht, v. 23, p. 371-393, 2011.

CRITCHLEY, A.T.; CRAIGIE, J.S.; NORRIE, J.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, New York, v. 28, p. 386-399, 2009.

CARVALHO, J. N. Bioestimulante e manipueira no cultivo de *Dioscorea alata*. Dissertação de Mestrado (Pós Graduação em Agronomia-Produção Vegetal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Centro de Ciências Agrárias, Petrolina-PE, 2016. 50f.

EL-SIRAFY, Z.M. et al. Agroeconomic Evaluation of conventional and controlled release potassium fertilizers for potato crop. *Australian Journal of Basic and Applied*

FILGUEIRA, FAR. Manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2008.422p.

FOYER, C.H., GALTIER, N. Source-sink interaction and communication in leaves. In: ZAMSKI, E.; SCHAFFER, A.A. Photoassimilate distribution in plants and crops: Source-sink relationships. New York: Marcel Dekker, INC., 1996. p.331-340.

GONDIM, A. R. O.; SANTOS, J. L. G.; LIRA, R. P.; BRITO, M. E. B.; PEREIRA, F. H. F., Atividade fotossintética da beterraba submetidas a adubação mineral e esterco bovino, *Revista Verde (Pombal - PB - Brasil)* v. 10, n.2, p. 61 - 65, abr-jun, 2015.

KANO, C.; SALATA, A. C.; HIGUTI, A. R. O.; GODOY, A. R.; CARDOSO, A. I. I.; EVANGELISTA, R. M. Produção e qualidade de couve-flor cultivar Teresópolis Gigante em função de doses de nitrogênio. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 28, n. 4, p. 453-457, 2010.

KAWAI, H.; KANEGAE, T.; CHRISTENSEN, S.; KIYOSUE, T; SATO, Y.; IMAIZUMI, T.; KADOTA, A.; WADA, M. Responses of ferns to red light are mediate by an unconventional photoreceptor. *Nature*, v.421, p.287-290, jan. 2003.

KHAN, W.; HILTZ, D.; CRITCHLEY, A.T.; PRITHIVIRAJ, B. Bioassay to detect *Ascophyllum nodosum* extract-induced cytokinin-like activity in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Applied Phycology*, Heidelberg, v. 23, p. 409-414, 2011.

KHAN, W.; RAYIRATH, U.P.; SUBRAMANIAN, S.; JITHESH, M.N.; RAYORATH, P.; HODGES, D.M.;

KÖEHLE, H.; GROSSMANN, K.; JABS, T.; GERHARD, M; KAISER, W.; GLAAB, J.; CONRATH, U.; SEEHAUS, K.; HERMS, S. Physiological effects of strobilurin fungicide F 500 on plants. *Biochem Soe Trans*, v.22, n.65, 1994.

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos, SP: RiMa, 2006. 531 p.

MENDES, L. N.; SILVA, J. A.; FAVERO, L. A. Panorama da produção e comercialização do inhame no mundo e no Brasil e sua importância para o mercado pernambucano: uma análise das cinco forças competitivas. In: X Convibra Business - X Congresso Online de Administração, 2013. X Congresso Online de Administração, 2013.

MESQUITA, A. S. Inhame e taro: Cenários dos mercados internacional, brasileiro e baiano. *Bahia Agrícola*, v.5, p.54-64, 2002.

O'SULLIVAN, J.N. Yam nutrition: nutrient disorders and soil fertility management. ACIAR Monograph No. 144. Australian Centre for International Agricultural Research: Canberra. 112 p. 2010.

POPOV, E.G.; TALANOV, A.V.; KURETS, V.K.; DROZDOV, S.N. Effect of temperature on diurnal changes in CO<sub>2</sub> Exchange in intact cucumber plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, v.50, n.2, p.178-182, 2003.

RODRIGUES, Edson T.; SUMIOKA, Adriano Takechi. Produção de cará em função de fontes orgânicas de adubação. *Ciência e Agrotecnologia JCR*, Lavras, v. 27, n.4, p. 822-828, 2003.

SANTOS, E. S. Inhame (*Dioscorea* spp.): aspectos básicos da cultura. João Pessoa, PB: EMEPA-PB, SEBRAE, 1996, 158 p.

SANTOS, E. S; LACERDA, J. T; MATIAS, E. C; BARBOSA, M. M. Cultivo do inhame em base agroecológica. João Pessoa: EMEP-pb, 2012.

SARMENTO, A. L. R.; PEREIRA, F. H. F.; SILVA, M. C.; MEDEIROS, J. E.; Freire, E. C. B. S. Fontes e tempo de incorporação de esterco no cultivo da beterraba. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*, v. 6, p. 21-26, 2011.

SIQUEIRA, M. V. B. M. Yam: a neglected and underutilized crop in Brazil. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 1, p. 16-20, 2011.

SORH, S.; KONÉ, F. M. T.; BINATÉ, S.; DABONNÉ, S.; KOUAMÉ, L. P., Nutricional composition and enzyme activities changes occurring in water yam (*Dioscorea alata*) cultivar 'brazo' during the post-harvest storage, *International Journal of Food and Nutricional Sciences* e-ISSN 2320-7876 vol.4, Iss.4, 2015.

SUMNER J. B. The estimation of sugar in diabetic urine, using dinitrosalicylic acid. *The Journal of Biological Chemistry*, v. 62, p. 287-290, 1924.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2013. 687 p.

VAVASSEUR, A.; RAGHAVENDRA, A.S. Guard cell metabolism and CO<sub>2</sub> sensing. *New Phytologist*, v.165, p.665-682, 2005.

YEMN, E.W.; WILLIS, A.J. The stimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. *The Biochemical Journal*, London, v.57, 1954, p.508-514.

## CAPÍTULO 2

### 5 ACÚMULO DE NUTRIENTES EM *Dioscorea Cayennensis* L. SUBMETIDO A APLICAÇÃO DE DIFERENTES ADUBOS E BIOESTIMULANTE

#### RESUMO

O inhame é uma planta que possui grande importância socioeconômica na região nordeste do país, fazendo parte da dieta regional; destaca-se por possuir valor agregado de suas túberas em relação a outras fontes de carboidrato, como batata doce e mandioca. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a combinação de doses de potássio associada a fósforo, micronutrientes e bioestimulante no acúmulo de teores de nutrientes em *Dioscorea cayennensis* L. O delineamento foi em blocos casualizados, sendo os tratamentos compostos por: sulfato de potássio; sulfato de potássio + fósforo; sulfato de potássio + fósforo + micronutrientes; sulfato de potássio + fósforo + micronutrientes + bioestimulante Raiza®; e testemunha. O bioestimulante foi aplicado diretamente ao solo em forma de solução a 10% de concentração. As aplicações dos adubos foliares foram realizadas a cada 15 dias, tendo início aos três meses após o plantio. Os nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, sódio, cálcio, magnésio, cobre, zinco, ferro e manganês foram determinados através da metodologia da Embrapa (2011), por digestão proposto por Thomaz et al. (1967) com a utilização de ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio. A aplicação da adubação potássica associada a fósforo, micronutriente e bioestimulante (T5) incrementou de maneira significativa o acúmulo dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio e ferro em túberas de inhame. T5 apresentou a maior média de peso das túberas, 1,677 kg, diferindo significativamente da testemunha. Os tratamentos não influenciaram os teores de macro e micronutrientes sobre as folhas da cultura. Os fertilizantes utilizados nos tratamentos não influenciaram de maneira significativa o peso, nem comprimento médio das túberas.

#### PALAVRAS-CHAVE:

*Dioscorea cayennensis*, potássio, fósforo, bioestimulante

#### ABSTRACT

The yam is a plant that has great socioeconomic importance in the northeast region of the country, being part of the regional diet; is notable for having added value of its tubers in relation to other sources of carbohydrate, such as sweet potatoes and cassava. The objective of the present work was to evaluate the combination of potassium doses associated to phosphorus, micronutrients and biostimulants in the accumulation of nutrient contents in *Dioscorea cayennensis* L. The treatments were: randomized blocks, with potassium sulphate; potassium sulfate + phosphorus; potassium sulphate + phosphorus + micronutrients; potassium sulphate + phosphorus + micronutrients + biostimulant Raiza®; and witness. The biostimulant was applied directly to the soil as a solution at 10% concentration. The applications of leaf fertilizers were performed every 15 days, beginning three months after planting. The nutrients nitrogen, phosphorus, potassium, sodium, calcium, magnesium, copper, zinc, iron and manganese were determined through the methodology of Embrapa (2011), by digestion proposed by Thomaz et al. (1967) with the use of sulfuric acid and hydrogen peroxide. The application of potassium

fertilization associated with phosphorus, micronutrient and biostimulant (T5) significantly increased the accumulation of nutrients nitrogen, phosphorus, potassium and iron in yams. T5 presented the highest mean weight of the tubers, 1,677 kg, differing significantly from the control. The treatments did not influence the macro and micronutrients contents on the leaves of the culture. The fertilizers used in the treatments did not significantly influence the weight or average length of the tubers.

## KEYWORDS

*Dioscorea cayennensis*, potassium, phosphorus, biostimulant

## INTRODUÇÃO

O inhame é uma planta monocotiledônea, pertencente à família *Dioscoreaceae*, herbácea trepadeira, incluída ao gênero *Dioscorea* com cerca de 600 espécies. Destas, as mais importantes, por suas túberas comestíveis, são as *Dioscorea cayennensis*, *Dioscorea rotundata*, *Dioscorea alata*, *Dioscorea trifida* e *dioscorea esculenta*. (SANTOS et al, 2012).

Esta planta possui grande importância socioeconômica na região nordeste do país, fazendo parte com frequência na dieta regional; destaca-se por possuir valor agregado de suas túberas em relação a outras fontes de carboidrato, como batata doce e mandioca, e pela alta necessidade de mão-de-obra durante seu ciclo, principalmente na colheita, incrementando emprego e renda (MESQUITA, 2002; OLIVEIRA et al., 2011).

Quanto a seu valor nutricional para alimentação, o tubérculo é útil para a saúde humana devido aos teores de minerais (Ca, P e Fe), carboidratos, aminoácidos essenciais, provitamina A e D, vitaminas C e do complexo B, além de propriedades medicinais usadas na farmacologia com destaque na síntese de cortisona e hormônios esteroides (MESQUITA, 2002; OLIVEIRA et al., 2011).

É uma planta herbácea com hábito de crescimento determinante, anual ou perene e propagada vegetativamente por meio da fragmentação de suas túberas. Arbustiva de ramos delgados e com crescimento extenso, o inhame possui folhas simples, opostas, ovais, com ápice pontiagudo. As flores são unissexuais e frutos são cápsulas. As túberas subterrâneas são grandes e têm muitos ramos laterais (perfilhos), sua coloração externa é marrom escura e possuem textura carnosa, seu interior, possui uma polpa rica em amido na ordem de 75 a 84% da biomassa total (DAS et. al., 2013).

Quarta maior cultura de raízes do mundo, ao lado da mandioca, batata e batata doce, se constituindo uma alternativa agrícola para atender a demanda do mercado interno e externo, o destino da produção de inhame varia de acordo com a qualidade do produto e da época do ano, podendo abastecer o mercado interno, em vários estados do Nordeste e de outras regiões, ou ainda, seguir a rota da exportação (AKINOSA; OLATOYE, 2013).

Nas regiões de clima árida e semiárida como o nordeste do país, o inhame é uma cultura de grande relevância na alimentação humana, sobretudo devido a sua grande capacidade rústica de se adaptar ao ambiente. Rusticidade essa, expressa na capacidade de tolerar altas temperaturas, resistência ao déficit hídrico, alta eficiência no uso de nutrientes e alta capacidade de conservação pós-colheita em condições de ambiente natural. Além do consumo in natura, as túberas oferecem grande potencial industrial, como na produção de farinha e amido, com substituição da farinha de trigo no processo de fabricação de pães, com larga vantagem econômica (RODRIGUES; SUMIOKA; 2003).

Quanto às culturas produtoras de túberas, especialmente o inhame, o fornecimento de nutrientes minerais, dentre eles o Potássio, é importante para a obtenção de altas produtividades, principalmente quando está disponível em todos os estágios de crescimento e em quantidades satisfatórias para o pleno desenvolvimento da planta (OLIVEIRA et al., 2002).

Em trabalho desenvolvido por Oliveira et al. (2001), estes observaram elevação no rendimento de túberas de inhame *Dioscorea cayennensis*, em função da adubação mineral com 100 kg.ha<sup>-1</sup> de N, 150 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 120 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, incremento significativo de 4,4 t ha<sup>-1</sup> em relação à testemunha; Por outro lado, Jian et al. (2004) também utilizando as mesmas doses de N, P e K em inhame *Dioscorea zingiberensi*, obtiveram aumento de 20% na produção de túberas. Com relação ao efeito do potássio em cultura produtora de raízes tuberosas, Brito et al. (2006) obtiveram aumentos na massa média e na produtividade de raízes comerciais na batata-doce, em função do seu uso (BANDEIRA, 2013).

Diversos estudos demonstram uma elevada exigência nutricional pela *Dioscorea spp.* no decorrer de todo o seu ciclo, especialmente na fase de tuberização, momento em que a planta deixa de utilizar as reservas da túbera-semente e passa a exigir suprimento externo de nutrientes. Nesse sentido, os objetivos desses estudos estão no fato de se determinar as doses ideais dos macronutrientes para cultura do

gênero, bem como estabelecer as melhores recomendações de quantidades necessárias de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) para obtenção de produtividade e qualidade de produtos desejáveis pelo mercado de forma economicamente viável (OLIVEIRA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2011; FILGUEIRA, 2008).

Ante as propostas tecnológicas apresentadas nesse estudo, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a combinação de doses de Potássio associada a Fósforo, micronutrientes e bioestimulante, no acúmulo dos teores de nutrientes e, conseqüentemente, sua influência na produção de *Dioscorea cayennensis* L.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na área experimental da Universidade Federal do Vale do São Francisco – Univasf, Campus Juazeiro, localizada no município de Juazeiro-Ba, coordenadas geográficas 9°24'41" de latitude sul e 40°30'58" de longitude oeste, com uma altitude de 368 m, que, segundo Köppen, possui clima tropical semiárido, tipo BshW, seco e quente, caracterizado pela escassez e irregularidades de precipitações (média de 521 mm/ano), com chuvas no verão e forte transferência de água para a atmosfera em consequência das altas temperaturas.

A condução do experimento foi em ambiente protegido, casa de vegetação, no período de março a dezembro de 2016. O plantio foi realizado com fração de rizóforos (200 g) de *Dioscorea Cayennensis* L. (inhame), em vasos com capacidade de 60 litros, preenchidos com solo Neossolo flúvico, descrito na **tabela 7**. Utilizou-se espaçamento de 1,2 x 0,6 m, e as plantas foram conduzidas por sistema de tutoramento, com auxílio de hastes de 1,80 m de altura.

**Tabela 7.** Caracterização química do solo anteriormente ao plantio utilizado para o cultivo do inhame.

<b>Macronutrientes</b>											
pH	C.EES (dS/m)	P (mg.dm <sup>-3</sup> )	<i>cmol dm<sup>-3</sup></i>								V(%)
			K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	T	Al <sup>3+</sup>		
6,9	0,34	40,26	0,23	0,02	1,5	0,4	0,17	2,32	0,00	93	

## Micronutrientes

<i>mg dm<sup>-3</sup></i>			
Cu	Fe	Mn	Zn
0,4	25,4	28,6	5,8

CE<sub>ES</sub> = condutividade elétrica do extrato de saturação; M.O = matéria orgânica; P = fósforo disponível extraído por Mehlich<sup>-1</sup>; Ca<sup>2+</sup> = cálcio trocável; Mg<sup>2+</sup> = magnésio trocável; Na<sup>+</sup> = sódio trocável; K<sup>+</sup> = potássio trocável; Al<sup>3+</sup> = acidez trocável; T = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases; Fe = ferro; Mn = manganês; Cu = cobre; Zn = zinco. Micronutrientes extraídos por Mehlich<sup>-1</sup>.

A adubação foi aplicada conforme metodologia proposta por O'Sullivan (2010), adaptada por Oliveira (2013), em que, além do fornecimento dos fertilizantes através dos tratamentos, foram adicionados 20 t ha<sup>-1</sup> de substrato e 460, 400 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de potássio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), fósforo (MAP) e micronutrientes na adubação de fundação, respectivamente; além de 480 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, via solo, em partes iguais durante o estágio vegetativo da cultura, durante 3 meses a cada 15 dias.

A aplicação dos tratamentos iniciou-se aos 90 dias após o plantio das túberas-sementes, no início da tuberização, e as demais a cada 15 dias, totalizando 8 aplicações. As aplicações foram via foliar com um volume de calda de 70 mL realizadas com o uso de pulverizador manual com capacidade de 100 ml, utilizando-se cortina plástica entre os tratamentos para evitar a deriva. O bioestimulante Raiza® foi aplicado na quantidade de 100 ml de solução, diretamente ao solo, na concentração de 10%, conforme recomendação do fabricante.

O delineamento experimental adotado foi bloco casualizado, com 5 tratamentos e 8 repetições, que consistiram de: T1 – testemunha; T2 – Potássio (560 mg); T3 – Potássio (560 mg) + Fósforo (390 mg); T4 – Potássio (560 mg) + Fósforo (390 mg) + Micronutrientes (100 mg); T5 – Potássio (560 mg) + Fósforo (390 mg) + Micronutrientes (100 mg) + Bioestimulante (100 ml).

Como fonte de potássio utilizou-se o produto comercial Sulfato de potássio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e para fósforo, o Freefos®. Como fonte de micronutrientes utilizou-se o produto comercial Supa Trace®, contendo 3,50 p/p de Enxofre, 0,40 p/p de Boro, 0,75 p/p de Cobre, 2,40 p/p de Ferro, 1,81 p/p de Manganês, 0,03 p/p de Molibdênio e 2,30 p/p de zinco.

Como fonte do extrato vegetal, utilizou-se o produto comercial Raiza®, um bioestimulante vegetal (composto de fitormônios, agentes osmoprotetores, oligopeptídeos, alginatos, manitol, oligo e polissacarídeos, betaínas, poliaminas e vitaminas extraídos da alga *Ascophyllum nodosum*), com a concentração de 10,7%

p/p (12% p/v) de amionoácidos livres, 4,0% p/p (4,5% p/v) de nitrogênio total, 1,7% p/p (1,9% p/v) de nitrogênio orgânico e 2,3% p/p (2,6% p/v) de nitrogênio uréico.

Para a determinação de nutrientes nas folhas, foram realizadas 3 avaliações destrutivas ao longo do desenvolvimento, a cada fase fenológica (vegetativa, tuberização e maturação), nas datas de 75, 115 e 175 dias após a brotação. Foram utilizadas folhas do terço médio de 1 planta por tratamento, em cada bloco, para cada amostragem. O acúmulo de nutrientes minerais nos rizóforos foi avaliado ao final do ciclo após a colheita.

A cada coleta as folhas e os rizóforos foram acondicionadas em sacos de papel e esse material levado para secar em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C, até atingirem massa constante. Após a secagem, o material foi moído em micro moinho, homogeneizados e armazenados para posterior avaliação.

Os nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, sódio, cálcio, magnésio, cobre, zinco, ferro e manganês foram determinados através da metodologia da Embrapa (2011), por digestão proposto por Thomaz et al. (1967) com a utilização de ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio, no Laboratório de Solos e de Análise Vegetal do Instituto Federal Pernambucano – IF Sertão Pernambucano, Campus Zona Rural, Petrolina-PE.

. O nitrogênio foi determinado por oxidação dos compostos orgânicos por via úmida e em seguida por destilação a vapor e titulação para contabilização do N amoniacal (N - NH<sub>4</sub>) (MALAVOLTA et. al., 1989; MILLS, JONES; 1996). A fração do teor de fósforo foi determinada espectrofotometricamente, por meio da leitura da intensidade da cor do complexo fosfomolibdico, produzido pela redução do molibdato com o ácido arcórbico (Murphy, Ryley; 1962).

O potássio e o sódio foram determinados por meio de espectrofotometria de emissão atômica, com o uso de um fotômetro de chamas. O cálcio, magnésio, cobre, zinco, ferro e manganês foram quantificados com o auxílio de um espectrofotômetro de absorção atômica.

A colheita das plantas foi realizada aos 9 meses após o plantio, momento no qual foi realizada a pesagem das túberas em balança de precisão, determinando-se o diâmetro e o comprimento das túberas por meio de fita métrica.

Na análise estatística foram realizadas análises de variância com aplicação do teste de F e quando as interações forem significativas realizou-se os desdobramentos das interações e aplicação do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para avaliação dos efeitos das diferentes combinações dos adubos através dos tratamentos, foi aplicado o teste de Sheffé a 5% de probabilidade, aplicando-se os seguintes contrastes:  $Y_1 = (T_1 - T_5)$ ;  $Y_2 = (T_2 - T_5)$ ;  $Y_3 = (T_3 - T_5)$ ;  $Y_4 = (T_4 - T_5)$  e  $Y_5 = (T_1 + T_2) - (2T_5)$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

As análises realizadas nas folhas, nos diferentes estádios fenológicos da cultura, vegetativo, tuberização e maturação (**Tabelas 8, 9 e 10**), mostraram que não houve efeito significativo da aplicação dos diferentes adubos e bioestimulante, não havendo incremento nas quantidades de nutrientes com a combinação de fertilizantes. Isso corrobora com os resultados encontrados por Carvalho (2016) que, aplicando manipueira associada com bioestimulante, manipueira pura e bioestimulante puro, observou que não houve alterações significativas nas quantidades de nutrientes.

**Tabela 8.** Teores de elementos minerais em folhas de *Dioscorea cayennensis* L. na fase vegetativa. Univasf - Campus Juazeiro-Ba, 2017.

Tratamentos	Macronutrientes (g kg <sup>-1</sup> )					Micronutrientes (mg kg <sup>-1</sup> )				
	N	P	K	Mg	Ca	Na	Cu	Zn	Fe	Mn
T1 - 0	16,00	10,40	10,21	2,19	9,23	0,43	0,19	1,58	1,36	2,58
T2 - K	15,31	11,15	10,12	1,59	7,63	0,50	0,16	1,61	1,34	2,35
T3 - K+P	17,50	9,53	10,44	1,92	6,74	0,50	0,12	1,64	1,10	2,19
T4 - K+P+Micro	14,44	9,50	10,06	2,20	8,98	0,49	0,26	1,72	1,34	2,57
T5 - K+P+Micro+Bio	17,06	10,22	10,19	1,64	7,66	0,44	0,16	1,55	1,30	2,83
<b>Média Geral</b>	16,06	10,16	10,20	1,91	8,05	0,47	0,18	1,62	1,29	2,50
<b>C.V. %</b>	22,49	25,92	3,02	36,44	31,60	23,37	57,88	10,62	43,99	18,24

T1 - 0 = Testemunha; T2 - K = Adubação potássica; T3 - K+P = Adubação potássica + fósforo líquido; T4 - Adubação potássica + fósforo líquido + micronutrientes; Adubação potássica + fósforo líquido + micronutrientes + bioestimulante. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os macronutrientes presentes nas folhas no estádio fenológico vegetativo (**Tabela 8**) apresentou como média geral de 16,06; 10,16; 10,2; 1,91; 8,05 g kg<sup>-1</sup> para N, P, K, Mg e Ca, respectivamente. Já em relação aos micronutrientes, estes

apresentaram valores médios de 0,47; 0,18; 1,62; 1,29; 2,5 mg kg<sup>-1</sup> de Na, Cu, Zn, Fe e Mn, respectivamente. Ressalta-se ainda que, nesta fase ainda não tinha sido aplicado os tratamentos com as combinações de adubações potássicas.

Na fase de tuberização (**Tabela 9**), em que ocorreu o início da aplicação dos tratamentos, em relação ao nitrogênio, a média continuou próxima (16,0 g.kg<sup>-1</sup>) ao do estágio vegetativo, no entanto, ocorreu um leve aumento dos teores foliares em relação aos macronutrientes, que apresentaram médias 12,47; 11,02; 2,31; 10,68 g.kg<sup>-1</sup> para P, K, Mg e Ca, respectivamente; como também para os micronutrientes Cu, Zn, Fe e Mn com valores médios de 0,37; 2,86; 1,59 e 3,66 mg.kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Tabela 9.** Teores de elementos minerais em folhas de *Dioscorea cayennensis* L. na fase de tuberização. Univasf - Campus Juazeiro-Ba, 2017.

Tratamentos	Macronutrientes (g kg <sup>-1</sup> )					Micronutrientes (mg kg <sup>-1</sup> )				
	N	P	K	Mg	Ca	Na	Cu	Zn	Fe	Mn
T1 - 0	16,62	11,95	11,0	2,35	11,8	0,25	0,25	2,07	1,34	2,76
T2 - K	16,19	13,67	11,19	2,00	9,00	0,19	0,30	2,35	1,15	2,85
T3 - K+P	16,19	12,37	11,13	2,55	10,29	0,40	0,58	2,5	1,63	3,34
T4 - K+P+Micro	15,0	12,67	10,89	2,22	11,28	0,50	0,67	3,98	2,02	4,64
T5 - K+P+Micro+Bio	16,0	11,65	10,94	2,43	11,01	0,52	0,65	3,52	1,81	4,74
<b>Média Geral</b>	16,00	12,47	11,02	2,31	10,68	0,37	0,49	2,86	1,59	3,66
<b>C.V. %</b>	23,07	25,43	3,62	34,51	30,76	59,60	59,60	50,23	42,88	41,12

T1 - 0 = Testemunha; T2 - K = Adubação potássica; T3 - K+P = Adubação potássica + fósforo líquido; T4 - Adubação potássica + fósforo líquido + micronutrientes; Adubação potássica + fósforo líquido + micronutrientes + bioestimulante. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na terceira fase, estágio de maturação (**Tabela 10**), os nutrientes continuaram a aumentar nas folhas em relação aos estádios anteriores, com os macronutrientes com médias 12,84; 3,26; 16,55 g.kg<sup>-1</sup> para P, Mg e Ca, respectivamente; como também para os micronutrientes Na, Cu, Zn, Fe e Mn com valores médios de 0,86; 1,30; 3,40; 3,90 e 3,72 mg.kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Especificamente no caso da quantidade de potássio, este diminuiu seu teor na folha, uma vez que, paralelo a isso, aumentou-se o acúmulo do mesmo nas túberas (**Tabela**

11), indicando que ocorreu o carreamento entre o estágio de tuberização e maturação do K para as túberas da cultura.

**Tabela 10.** Teores de elementos minerais em folhas de *Dioscorea cayennensis* L. na fase de maturação. Univasf - Campus Juazeiro-Ba, 2017.

Tratamentos	Macronutrientes Minerais (g kg <sup>-1</sup> )					Micronutrientes Minerais (mg kg <sup>-1</sup> )				
	N	P	K	Mg	Ca	Na	Cu	Zn	Fe	Mn
T1 - 0	14,35	14,30	8,5	2,71	14,78	1,00	1,27	3,28	3,62	3,63
T2 - K	16,91	13,91	7,14	4,18	18,41	0,89	1,11	3,28	4,04	3,64
T3 - K+P	16,33	10,68	7,83	3,06	15,63	0,75	1,18	2,74	4,65	2,93
T4 - K+P+Micro	14,43	13,09	7,50	2,86	15,80	0,94	1,52	4,11	2,83	4,14
T5 - K+P+Micro+Bio	16,73	12,24	10,57	3,50	18,11	0,72	1,41	3,59	4,39	4,28
<b>Média Geral</b>	18,10	12,84	8,31	3,26	16,55	0,86	1,30	3,40	3,90	3,72
<b>C.V. %</b>	15,75	31,75	33,84	33,20	28,90	24,27	86,32	33,62	34,82	25,11

T1 - 0 = Testemunha; T2 - K = Adubação potássica; T3 - K+P = Adubação potássica + fósforo líquido; T4 - Adubação potássica + fósforo líquido + micronutrientes; Adubação potássica + fósforo líquido + micronutrientes + bioestimulante. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com os teores de nutrientes acumulados nas túberas (**Tabela 11**), através das análises de variância apresentados na **Tabela 12**, nota-se que a cultura do inhame respondeu significativamente à aplicação dos tratamentos em relação ao acúmulo dos nutrientes nas túberas, especialmente o N, P, K e Fe. O acúmulo desses nutrientes refere-se à capacidade de exportação das folhas (fonte) para as túberas (dreno), mostrando que os fertilizantes aplicados através dos tratamentos incrementaram os teores desses elementos químicos.

**Tabela 11.** Acúmulo de elementos minerais em túberas de *Dioscorea cayennensis* L. Univasf - Campus Juazeiro-Ba, 2017.

Tratamentos	Macronutrientes Minerais (g kg <sup>-1</sup> )					Micronutrientes Minerais (mg kg <sup>-1</sup> )				
	N	P	K	Mg	Ca	Na	Cu	Zn	Fe	Mn
T1 - 0	7,80	7,77	21,43	0,44	2,42	0,50	0,53	2,32	2,46b	1,50
T2 - K	8,64	9,70	27,60	0,48	2,57	0,74	0,60	2,31	2,35b	1,60

T3 - K+P	12,27	12,24	28,86	0,35	2,5	0,69	0,59	2,48	3,11b	1,57
T4- K+P+Micro	10,95	12,36	32,75	0,43	2,48	0,73	0,60	2,38	5,21a	1,66
T5- K+P+Micro+Bio	12,54	13,27	31,75	0,44	2,45	0,74	0,58	2,54	4,97a	1,80
<b>Média Geral</b>	10,44	11,07	28,48	0,43	2,48	0,68	0,58	2,40	3,62	1,63
<b>C.V. %</b>	14,64	8,61	12,47	46,89	11,88	31,03	19,03	17,32	21,52	22,35

T1 - 0 = Testemunha; T2 - K = Adubação potássica; T3 - K+P = Adubação potássica + fósforo líquido; T4 - Adubação potássica + fósforo líquido + micronutrientes; Adubação potássica + fósforo líquido + micronutrientes + bioestimulante. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os maiores teores de nitrogênio, nas túberas (**Tabela 12**), foram ocasionados pelos tratamentos T5, T3 e T4, que apresentaram valores de N na ordem de 12,54; 12,27 e 10,95 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente; e que proporcionaram diferenças significativas em relação aos tratamentos T2 e T1, em que apresentaram médias de 8,64 e 7,80 g.kg<sup>-1</sup> de N, respectivamente. O que indica que a estratégia de adubação potássica associada a fósforo, micronutrientes e bioestimulante acarretaram uma exportação significativa do nitrogênio para os rizóforos da cultura.

**Tabela 12.** Acúmulo de elementos minerais: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e ferro (Fe), nas túberas, em função de diferentes adubações. Univasf - Campus Juazeiro-Ba, 2017.

Fatores de variação	N (g.kg <sup>-1</sup> )	P (g.kg <sup>-1</sup> )	K (g.kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg.kg <sup>-1</sup> )
T1 - 0	7,80 b	7,77 c	21,43 b	2,46 b
T2 - K	8,64 b	9,70 b	27,60 a	2,35 b
T3 - K+P	12,27 a	12,24 a	28,86 a	3,11 b
T4 - K+P+Micro	10,95 a	12,36 a	32,75 a	5,21 a
T5 - K+P+Micro+Bio	12,54 a	13,27 a	31,75 a	4,97 a
<b>Média Geral</b>	10,44	11,07	28,48	3,62
<b>C.V. %</b>	14,64	8,61	12,47	21,52

N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Fe = ferro nas túberas.

T1 - 0 = Testemunha; T2 - K = Adubação potássica; T3 - K+P = Adubação potássica + fósforo líquido; T4 - Adubação potássica + fósforo líquido + micronutrientes; Adubação potássica + fósforo líquido + micronutrientes + bioestimulante. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação aos teores de fósforo, o comportamento dos nutrientes nas folhas foi semelhante ao de nitrogênio, com T5, T4 e T3 apresentando médias de 13,27; 12,36 e 12,24 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente; proporcionando diferença significativa em relação aos médias de T2 e T1 com 8,64 e 7,80 g.kg<sup>-1</sup> de P, respectivamente.

No caso do potássio, os valores encontrados nas túberas foram superiores aos das folhas em todas as fases (vegetativa, tuberização e maturação), o que indica que, devido à alta mobilidade do nutriente, este foi translocado com bastante eficiência para as túberas. T1 com média de 21,43 g.kg<sup>-1</sup> foi diferente a T2 (27,60 g kg<sup>-1</sup>), e ambos diferiram de forma significativa em relação aos tratamentos de T3, T4 e T5 com médias de 28,86; 32,75; e 31,75 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Em relação aos micronutrientes, o ferro foi o único elemento que apresentou diferença significativa entre os tratamentos T1, T2 e T3 com médias de 2,46; 2,35; 3,11 mg.kg<sup>-1</sup>, nesta ordem, e a média de T4 (5,21 mg kg<sup>-1</sup>) e T5 (4,97 mg kg<sup>-1</sup>). Esse incremento ferro, juntamente com o aumento de nitrogênio nas túberas, é explicado pela associação entre esses dois elementos, uma vez que o Fe se associa N, sendo elemento constituinte do grupo prostético de proteínas, necessário à síntese de clorofila e à divisão celular, atuando na fixação do nitrogênio e desenvolvimento das túberas.

Aplicando-se o contraste, através do teste de Scheffé, sobre o acúmulo de nutrientes nas túberas de inhame (N, P, K e Fe), verificou-se que as diferenças significativas existentes, mostradas na **Tabela 12**, são em decorrência das adubações utilizadas nos tratamentos. Mostrou-se T3, T4 e T5 foram superiores a T1 e T2 em relação ao teor e N. Para o P, T2 foi superior a T1 e ambos inferiores a T3, T4 e T5. Para o K, a adubação testemunha foi inferior aos demais tratamentos. E por fim, no caso do acúmulo de Fe, a estratégia de adubação de T4 e T5 foi superior a T1, T2 e T3.

Na **Tabela 13**, apresentam-se os valores médios do peso fresco, comprimento e diâmetro das túberas de inhame, bem como os parâmetros estatísticos: médias gerais e coeficientes de variação. Constata-se que houve diferenças significativas entre tratamentos sobre o peso fresco médio das túberas, significando que a adubação mineral empregada teve influência positiva no comportamento produtivo da cultura.

Verificou-se ainda que, o tratamento equivalente à T5, proporcionou a média mais elevada do peso fresco médio das túberas (1,677 kg), superando significativamente a média do tratamento T1 de 1,007 kg, obtida com o tratamento testemunha (sem adubo mineral). Este resultado foi corroborado com o teste de Scheffé, em que foi verificado que a diferença foi, realmente, provocada por conta da

adubação com potássio, fósforo, micronutrientes e bioestimulante utilizada no referido tratamento.

**Tabela 13.** Peso fresco (Pft), comprimento (Ct) e diâmetro (Dt) de túberas de inhame, em função dos tratamentos avaliados. Univasf - Campus Juazeiro-Ba, 2017.

Fatores de variação	Pt (kg)	Ct (cm)	Dt (cm)
T1 - 0	1,007 b	19,00 a	7,68 a
T2 - K	1,391 ab	22,75 a	8,78 a
T3 - K+P	1,196 ab	19,00 a	8,36 a
T4 - K+P+Micro	1,299 ab	22,81 a	8,82 a
T5 - K+P+Micro+Bio	1,677 a	24,56 a	9,58 a
<b>Média Geral</b>	1,314	21,62	8,63
<b>C.V. %</b>	26,95	20,36	16,60

Pft = Peso fresco das túberas; Ct = fósforo; K = potássio; Fe= ferro nas túberas.

T1 - 0 = Testemunha; T2 - K = Adubação potássica; T3 - K+P = Adubação potássica + fósforo líquido; T4 - Adubação potássica + fósforo líquido + micronutrientes; Adubação potássica + fósforo líquido + micronutrientes + bioestimulante. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O resultado encontrado está de acordo com os trabalhos realizados por Santos (2009), pelo Instituto de Pesquisa Agropecuária do Nordeste (1969), Plucknett et al. (1971) e Silva (1983) que indicaram resposta positiva da cultura do inhame à adubação de NPK, o que incrementou a produtividade e o peso fresco médio das túberas.

Não foram verificadas diferenças significativas para os tratamentos avaliados sobre o comprimento e o diâmetro das túberas, em que apresentaram médias gerais de 21,62 e 8,63 cm, respectivamente; indicando que a adubação mineral não teve influência nesses parâmetros de produção, fato atribuído, provavelmente, ao tamanho da amostra de uma única túbera tomada em cada bloco para mensuração dessas dimensões, bem como a variação das formas dos rizóforos. Estes resultados encontram-se em acordo com trabalho realizado por Santos (2009), que também não encontrou diferença significativa para aplicação de macro e micronutrientes em *Dioscorea Cayennensis*, com valores de 25,63 e 7,06 cm para o comprimento e diâmetro das túberas, respectivamente.

## CONCLUSÕES

A aplicação da adubação potássica associada a fósforo, micronutriente e bioestimulante (T5) incrementou de maneira significativa o acúmulo dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio e ferro em túberas de inhame.

A estratégia de adubação utilizada em T5 apresentou a maior média de peso das túberas, 1,677 kg, diferindo significativamente do tratamento testemunha.

Os tratamentos utilizados não influenciaram os teores de macro e micronutrientes sobre as folhas nos diferentes estádios fenológicos da cultura.

Os fertilizantes utilizados nos tratamentos não influenciaram de maneira significativa o peso, nem comprimento médio das túberas.

## 6 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M. de; PINHEIRO, E. Tuberosas feculentas. Belém: IPEAN, 1970. p. 49-61. (IPEAN. Série Fitotecnia, 0,1, n.3). Atlas, 2009. 376p.

AZEVEDO, J.N. de; DUARTE, R.L.R. Cultivo do cará. Teresina: Embrapa.1 CPAMN, 1997. 19 p. (Embrapa-CPAMN. Circular Técnica, 18).

BANDEIRA, N. V. S. ; OLIVEIRA, A. P. ; DANTAS, D. F. S. ; SILVA, Jandê A da ; DANTAS, T. A. G. . Produtividade máxima e econômica do inhame em função de doses de potássio. Revista Caatinga (Online) **JCR**, v. 26, p. 110-115, 2013.

BEZERRA, P.S.G.; GRANGEIRO, L.G.; NEGREIROS, M.Z. de, MEDEIROS, J.F. de. Utilização de bioestimulante na produção de mudas de alface. Científica, v.35, p.46-50, 2007.

CAMARGO, A.P. Instruções práticas. Cultura do cara. O Agrônomo, São Paulo, v.6. p. 11-17, nov/dez., 1954.

CARMO, C.A.S. Inhame e taro: sistemas de produção familiar. Vitória, ES: Incaper, 2002. 289p.

CREPALDI, S. A. Contabilidade rural: uma abordagem decisória. 5ed. São Paulo:

DIBY, L. N.; Hgaza, V K.; Tié, T. B.; Carsky, R.; Girardin, O.; Assa, A. Mineral nutrients uptake and partitioning in *Dioscorea Cayennensis* and *Dioscorea rotundata*. *Journal of Applied Biosciences*, v.38, p.2531-2539, 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. rev. ampliada. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

FAOSTAT DATA (2005) – Food and Agriculture Organization. <http://faostat.fao.org/site/336/DesktopDefault.aspx?PageID=679>. Acesso em 20/08/2015.

FARIAS, T. F. Viticultura e enologia no semiárido brasileiro (submédio do Vale do São Francisco). 2011. 69f. Relatório de Conclusão de Curso (graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal de Santa Catarina.

FILGUEIRA, F.A.R. Tuberosas. In: FILGUEIRA, F.A.R. Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças, São Paulo: Agrônômica Ceres, 1972. p. 251-270 (Ceres, 8).

FURTINI NETO, A. E.; RIBEIRO DO VALE, F.; RESENDE, A. V.; GUIMARÃES GUILHERME, L. R.; GUEDES, G. A. A. Fertilidade do Solo. Curso de Pós-graduação “Latu Sensu” (Especialização) a distância – Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas no Agronegócio. UFLA/FAEPE, 261p, 2001.

GARRIDO, M. S.; COIMBRA, J.L.; SOARES, A.C.F.; ALMEIDA, N.S; PEREZ, J.O. Levantamento de fitonematóides na cultura do inhame (*Dioscorea cayennensis*) nas regiões agrícolas do Recôncavo da Bahia. *Nematologia Brasileira*, Brasília, v.28, n.2, p.219-221, 2004.

IPEANE (Recife). Cultura econômica do cará-inhame. Recife, 1969. 14p. (IPEANE. Série Extensão, 5).

MACÊDO, L. de S. Fatores que afetam a produtividade do cará-da-costa (*Dioscorea cayennensis* Lam.) irrigado na Paraíba. João Pessoa: EMEPA-PB, 1990. 12p. (Relatório de Pesquisa).

MARINOZZI, G. & CORREIA, R. C. Dinâmicas da agricultura irrigada do Pólo Juazeiro-BA/Petrolina-PE. Anais do XXXVII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural - SOBER. Foz do Iguaçu, PR., 1999.

MARION, J. C. (Coord.) Contabilidade e controladoria em *agribusiness*. São Paulo: Atlas, 1996. 222p.

MENDES, R. A. Cultivando inhame ou cará da costa. Cruz das Almas: (EMBRAPA/CNPMPF. 1982. 16p. 2005. (Circular técnica, 4/82).

MESQUITA, A.S. INHAME – *Dioscorea cayennensis* Lam. – E TARO – *Colocasia esculenta* (L.) Schott. – Cenários dos mercados brasileiro e internacional. In: Simpósio Nacional sobre as culturas do inhame e taro. João Pessoa, PB. Anais...João Pessoa: EMEPA-PB v.1.2002.p.215-238.

MESQUITA, A. S. Inhame e taro: Cenários dos mercados internacional, brasileiro e baiano. Bahia Agrícola, v.5, p.54-64, 2002.

MONTEIRO, D. A.; PERESSIN, V. A. Instruções para a cultura do cará. Campinas, IAC, 1993. 13p. (IAC. Boletim Técnico, 147).

O'SULLIVAN, J.N. Yam nutrition: nutrient disorders and soil fertility management. ACIAR Monograph No. 144. Australian Centre for International Agricultural Research: Canberra. 2010. 112 pp.

OBIGBESAN GO; AGBOOLA AA. 1978. Uptake and distribution of nutrients by yams (*Dioscorea* spp.) in western Nigéria. *Experimental Agriculture*, Great Britain 14: 345-349.

OLIVEIRA, A. N. P.; OLIVEIRA, F. A.; SOUSA, L. C.; OLIVEIRA, A. P; SILVA, J. A.; SILVA, D. F; SILVA, N. V.; SANTOS, R. R. Adubação fosfatada em inhame em duas épocas de colheita. *Horticultura brasileira*, v. 29, n. 4, out.- dez. 2011.

OLIVEIRA, A. P.; BARBOSA, L. J. N.; PEREIRA, W. E.; SILVA, J. E. L; OLIVEIRA, A. N. P., Produção de Rizóforos comerciais de inhame em função de doses de nitrogênio. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 25: 073-076. 2007.

OZEROL, N.H.; MASSEY, H.F. Speculation in the understanding of production the root tropical potato, yam and cocoyams. *Root Crop*, Australia, v.14, p.1-23.1984.

PEIXOTO NETO, P. A. S.; LOPES FILHO, J.; CAETANO, L. C.; ALENCAR, L. M. C.; LEMOS, E. E. B. Inhame: O Nordeste fértil. Maceió, AL: EDUFAL, 2000. 88p.

PLUCKNETT, D.L. Taro production in Hawaii. *Word Crops*, v.23, n.5, p.224-249, 1971.

RITZINGER, C. H. S. P.; SANTOS-FILHO, H. P.; ABREU, K. C. L. M.; FANCELLI, M.; RITZINGER, R. Aspectos fitossanitários da cultura de inhame. Embrapa. 2003. Santos, E. S.; Macêdo, L. S.; Matias, E. C.; Barbosa, M. M. Resposta da cultura do inhame à fertilização com macro e micronutrientes em um Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico arênico, *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, v.3, p.39-46, 2009.

SANTOS, E. S.; CAZÉ FILHO, J.; LACERDA, J. T.; CARVALHO, R. A. Inhame (*Dioscorea* sp.) tecnologias de produção e preservação ambiental. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, v. 1, n. 1, p. 31-36, 2007.

SANTOS, Elson Soares dos; MATIAS, Edson Cavalcante; BARBOSA, Maildon Martins . Resposta da cultura do inhame à fertilização com macro e micronutrientes em um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico arênico. *Tecnologia & ciência agropecuária*, v. 3, p. 39-46, 2009.

SANTOS, E. S; LACERDA, J. T; MATIAS, E. C; BARBOSA, M. M. Cultivo do inhame em base agroecológica. João Pessoa: EMEP-pb, 2012.

SILVA, A.A. da. Cultura do cará da costa. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1971a. 66p.

SILVA, A.A. Cultura do cará-da-costa: *Dioscorea cayenneis* Lam. var. *Rotundata* Poir. 2 ed. Fortaleza: BNB-ETENE, 1983. 73p.

VIDAL, C.R.M. Absorção de NPK na cultura do inhame (*Dioscorea cayennensis* Lam) em três densidades de plantio. 58f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-BA, 2008.

WALKER, T. S.; BAIS, H. P.; GROTEWOLD, E. & VIVANCO, J. N. Root exudation and rhizosphere biology. *Plant Physiology*, v. 132, p. 44-51, 2003.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve influência das diferentes adubações potássicas combinadas a micronutrientes e bioestimulante em aspectos fisiológicos da planta, no entanto isso não influenciou a produção e armazenamento de solutos orgânicos (AST, AR, PT) em *Dioscorea cayennensis* L.

Os diferentes tratamentos influenciaram o acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio e ferro sobre as túberas da cultura, bem como as características de produtividade através da adubação potássicas combinada fósforo, micronutrientes e bioestimulante em *Dioscorea cayennensis* L.

Esse trabalho torna-se de grande importância como ponto de partida para novos estudos que demonstrem se buscar entender melhor os aspectos de fisiológicos, bioquímicos e as características nutricionais da *Dioscorea cayennensis* L., e que isso possa esclarecer melhor alguns questionamentos sobre o manejo da cultura nas condições da região onde o experimento foi executado, o Submédio do Vale do São Francisco.