

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

NUTRIÇÃO MINERAL E PRODUTIVIDADE DA BATATA-DOCE
BIOFORTIFICADA EM FUNÇÃO DE DOSES DE FÓSFORO E
POTÁSSIO

Sandra Maria Cruz Nascimento

Engenheira Agrônoma

2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

NUTRIÇÃO MINERAL E PRODUTIVIDADE DA BATATA-DOCE
BIOFORTIFICADA EM FUNÇÃO DE DOSES DE FÓSFORO E
POTÁSSIO

Sandra Maria Cruz Nascimento

Orientador: **Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo)

2013

Nascimento, Sandra Maria Cruz

N244n Nutrição mineral e produtividade da batata-doce biofortificada em função de doses de fósforo e potássio

/ Sandra Maria Cruz Nascimento – – Jaboticabal, 2013

xix, 51 p; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013

Orientador: Arthur Bernardes Cecílio Filho

Banca examinadora: Leilson Costa Granjeiro, Emanuel Gomes de Moura, Alana das Chagas Ferreira Aguiar, Ana Maria Silva Araújo

Bibliografia

1. *Ipomoea batatas*. 2. Fertilização. 3. Dose econômica. 4. Produtividade comercial. I. Título. II. Jaboticabal - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.811.633.492

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

SANDRA MARIA CRUZ NASCIMENTO - nasceu em 21 de setembro de 1967, em Calumbi, Presidente Dutra - MA, filha de Jonas Gomes Cruz e Rosa da Costa Cruz. Casada com Uiraci Silva Nascimento desde 1986. Em 1998 nasceu seu primogênito Uiraci Silva Nascimento Filho e em 2002 nasceu João Pedro Cruz Nascimento. Coursou da 1ª a 4ª série na Escola Municipal Jaime Ferreira Araújo situada em Calumbi município de Presidente Dutra - MA. Coursou da 5ª a 8ª série no Colégio Presidente Dutra, situado na cidade de Presidente Dutra - MA. O ensino médio cursou no Colégio Meng, na cidade de São Luis - MA. No primeiro semestre de 1988 frequentou o cursinho Pré-vestibular José Maria do Amaral. Ingressando no curso de Engenharia Agrônoma da UEMA - Universidade Estadual do Maranhão em agosto de 1988. Formou-se Engenheira Agrônoma na mesma Universidade em agosto de 1993. Através da Universidade Estadual do Maranhão também é Licenciada em Disciplinas de Ensino Médio e Profissionalizante em 1986, pelo Programa especial de Formação Pedagógica de Docentes, Especialista em ensino das Ciências: habilitação em Biologia em 2002 e Mestre em Agroecologia em 2009. Em 2011. Iniciou o curso de Doutorado em Agronomia (Ciência do Solo) pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP- Campus de Jaboticabal, defendendo a tese de Doutorado em abril de 2013. Trabalha no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão desde 2003, como Professora do ensino Básico Técnico e Tecnológico, estando lotada no Campus Maracanã.

OFEREÇO

Aos meus pais Jonas Gomes Cruz e Rosa da Costa Cruz; que mesmo sem estudo, tiveram a sabedoria de incentivar suas filhas a estudar e conduzindo-nos para a honestidade e amor a Deus. Ao meu querido esposo Ubiraci Silva Nascimento, pelo amor, carinho, companheirismo e compreensão ao meu amado filho, João Pedro Cruz Nascimento, pela paciência e compreensão mesmo dizendo mãe eu não gosto de Doutorado, pois a senhora tem pouco tempo para os seus filhos.

DEDICO

in memoriam ao meu anjinho Ubiraci Silva Nascimento Filho e minha querida e amada irmã Solange Cruz Coelho de Sousa, que partiram para a vida eterna, e hoje se encontram na glória de Deus, gozando da sua paz, do seu amor e da sua misericórdia. Feliz daquele que tem dois anjinhos intercessores no Céu.

Não sei porquê você se foi
Quantas saudades eu senti
E de tristezas vou viver
E aquele adeus não pude dar...

Você marcou em minha vida
Viveu, morreu
Na minha história
Chego a ter medo do futuro
E da solidão
Que em minha porta bate...

E eu!
Gostava tanto de você
Gostava tanto de você...

Eu corro, fujo desta sombra
Em sonho vejo este passado
E na parede do meu quarto
Ainda está o seu retrato
Não quero ver pra não lembrar
Pensei até em me mudar
Lugar qualquer que não exista
O pensamento em você...

E eu!
Gostava tanto de você
Gostava tanto de você...

(Tim Maia)

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ser misericordioso e bondoso com a humanidade dando a todos nós o perdão dos nossos pecados e nos conduzindo a vida eterna.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP - Campus Jaboticabal, à Universidade Federal do Maranhão – UFMA - Campus Chapadinha e ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia – IFMA – Campus Maracaná, pela oportunidade e apoio para a realização do Doutorado em Ciência do Solo,

Ao Programa DINTER UNESP/UFMA/IFMA, pela oportunidade do curso de Doutorado.

Agradeço também a CAPES, pela concessão de bolsa durante o estágio doutoral.

Ao Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho, orientador e grande amigo, pelo incentivo, paciência, e por sua segura e dedicada orientação, na qual esteve sempre prontamente acessível em todos os momentos solicitados.

Aos professores Dr. Marcilio Vieira Martins Filho (UNESP) e a Dra. Alana Ferreira Aguiar (UFMA), coordenadores do DINTER pelo compromisso, garantido o sucesso do DINTER.

Aos professores Drs. Renato de Melo Prado, Gener Tadeu Pereira, José Renato Zanini, Itamar Andrioli e José Marques Júnior pelos enriquecedores e valiosos ensinamentos.

Ao Campus Maracanã especialmente a CGP – sob a coordenação do Professor José Zenobio de Souza, em disponibilizar a área, parte dos materiais e insumos necessários para o experimento.

A EMBRAPA pelo apoio nas análises de qualidade da batata-doce

A banca examinadora composta pelos Drs. Arthur Bernardes Cecílio Filho, Leilson Costa Granjeiro, Emanuel Gomes de Moura e as Dras. Alana da Chagas Ferreira Aguiar e Ana Maria Silva Araujo.

Aos Engenheiros Agrônomos (a) Thiago Palhares e Adelana Maria Freitas pela presteza e solicitude em dedicar parte preciosa do seu tempo colaborando com a instalação do experimento.

Ao funcionário Edivaldo do Nascimento Silva e a todos os estagiários do setor de olericultura do IFMA - Campus Maracanã: Claudina, Cassiana, Ednaina, Pedro, Lucas, Gabriel, por todo auxílio e apoio prestado na condução do experimento no campo.

Aos funcionários João Reis, e o Sr. José Rodrigues da Silva por estarem disponíveis sempre que solicitados.

A minha sobrinha e afilhada Lorena Cruz Coelho de Sousa e ao sobrinho Jonas Gomes Cruz Neto, pelo carinho e incentivo em todos os momentos do curso. Agradeço também pela compreensão, pois fiquei longe de vocês no momento em que mais precisaram de mim.

As minhas irmãs Selma Cruz e Simone Cruz e seus filhos José Neto e João Vitor por todo amor e carinho a mim dedicados, agradeço o nascimento de Maria Luisa, a nossa Malú, que, sinceramente, esta criança me deu vida novamente.

Aos meus grandes amigos e compadres André Silva e sua esposa Alexsandra Silva Nascimento por todo carinho, atenção e compreensão nas noites não dormidas. Agradeço ainda por todos os ensinamentos durante o decorrer do curso, principalmente durante o estágio Doutoral, agradeço do fundo do meu coração.

As minhas amigas professoras MSc. Kleydejane Lemos e Dra. Ilka South pela ajuda na coleta dos dados, sem os quais não seria possível concluir o curso.

Aos amigos do Dinter Alexsandra, Ana Zélia, Jussara, Ismênia, José Maria, Cristiane, Izumy, Carlos Magno, Rogério Abreu pelo convívio e companheirismo, principalmente agradeço por nossa união em nossa estada na Cidade de Chapadinha.

Ao Padre. Antonio, fundador da comunidade Louvor e Adoração, por todas as orações a mim dedicadas.

A todos os meus alunos do Curso Técnico em Agropecuária, e a todos os colegas professores e Técnicos administrativos do Campus Maracanã que acreditaram na minha capacidade e compromisso em concluir o curso.

Enfim, a todos que de forma direta ou indireta fizeram parte desta longa caminhada, muito obrigada.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE FIGURAS	iv
RESUMO.....	v
SUMMARY	vi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 A batata-doce	3
2.2 Fósforo	5
2.3 Potássio.....	6
3 MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1 Localização e caracterização do experimento	9
3.2 Delineamento experimental	10
3.3 Instalação e condução do experimento	10
3.4 Características avaliadas	12
3.5 Análise Estatística	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4.1 Experimento 1: Fósforo	15
4.2 Experimento 2: Potássio	24
5 CONCLUSÕES	31
6 REFERÊNCIAS	32

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1	Dados meteorológicos do período do experimento	9
Tabela 2	Valores médios das características químicas e análise granulométrica do solo do local do experimento, na camada de 0 - 20cm.....	10
Tabela 3	Análise de variância e de regressão polinomial para as características teor de fósforo no solo após colheita da batata-doce (TPS), teor foliar de P (TFP), matéria seca da parte aérea (MSPA) e da raiz tuberosa (MSRT) e produtividade total (PT) e comercial (PC) da batata-doce “Beauregard” em função de doses de fósforo.....	15
Tabela 4	Análise de variância e de regressão polinomial para as características acúmulo de fósforo na matéria seca da parte aérea (PMSPA), acúmulo de fósforo na matéria seca da raiz (PMSRT) e acúmulo total de fósforo na planta (PMST) após colheita da batata-doce em função das doses de fósforo.....	22
Tabela 5	Análise de variância e de regressão polinomial para as características teor de potássio no solo após colheita da batata-doce (TKS), teor foliar de K (TFK), produtividade total (PT) e comercial (PC) da batata-doce “Beauregard” em função de doses de potássio.....	24

Tabela 6	Análise de variância e de regressão polinomial para as características acúmulo de potássio na matéria seca da parte aérea (KMSPA), acúmulo de potássio na matéria seca da raiz (KMSRT) e acúmulo total de potássio na planta (KMST) após colheita da batata-doce em função das doses de potássio.....	29
----------	--	----

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. Teor de fósforo no solo (y_1) e na folha (y_2) da batata-doce em função de doses de fósforo.....	17
Figura 2. Matéria seca da parte aérea (MSPA y_1) e matéria seca da raiz tuberosa (MSRT y_2), aos 60 dias após plantio da batata-doce 'Beauregard', em função de doses de fósforo. ...	18
Figura 3. Produtividade total (y_1) e produtividade comercial (y_2) de raízes de batata-doce em função de doses de fósforo ..	20
Figura 4. Acúmulo total de fósforo na planta (PMST), na matéria seca da parte aérea (MSPA) e na matéria seca da raiz tuberosa (PMSRT) da batata-doce, em função de doses de fósforo.....	23
Figura 5. Teor de potássio no solo (y_1) e na folha (y_2) da batata-doce em função de doses de potássio..	25
Figura 6. Produtividade total (y_1) e produtividade comercial (y_2) de raízes de batata-doce em função de doses de potássio ..	26
Figura 7. Acúmulo total de potássio na planta (KMST), na matéria seca da parte aérea (KMSPA) e na matéria seca da raiz tuberosa (KMSRT) da batata-doce, em função de doses de potássio...	30

NUTRIÇÃO MINERAL E PRODUTIVIDADE DA BATATA-DOCE BIOFORTIFICADA EM FUNÇÃO DE DOSES DE FÓSFORO E POTÁSSIO

RESUMO - O presente trabalho teve como objetivo avaliar doses de fósforo e de potássio na nutrição mineral e produtividade da batata-doce biofortificada, em um Argissolo Vermelho Amarelo distrocoeso da Formação Itapecuru. Para isto no período de julho de 2011 a janeiro de 2012, foram realizados dois experimentos em São Luis, Maranhão. Em um experimento foram avaliadas doses de fósforo (0, 60, 120, 180, 240 e 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e em outro doses de potássio (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ K₂O), em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. A colheita foi realizada aos 123 dias após o transplântio das mudas. As doses de fósforo influenciaram o teor de P no solo, matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz tuberosa, a produtividade total, e os acúmulos de P na matéria seca da parte aérea, da raiz tuberosa e total da planta. Houve ajuste linear para o teor foliar e ajuste quadrático para a produtividade comercial de raízes tuberosas, sendo que a máxima produtividade (1,68 kg m⁻²) foi obtida com a dose estimada de 191 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A dose ótima econômica foi de 104 kg ha⁻¹ de P₂O₅, correspondendo a 54% da dose que maximizou a produtividade comercial e a parte aérea foi o órgão que mais acumulou P. As doses de potássio influenciaram o teor de K no solo, teor foliar, produtividade total e produtividade comercial, e os acúmulos de K na matéria seca da parte aérea, da raiz tuberosa e total da planta. A máxima produtividade comercial (2,43 kg m⁻²) foi obtida com a dose estimada de 85 kg ha⁻¹ de K₂O. A dose ótima econômica foi de 71 kg ha⁻¹ de K₂O, correspondendo a 83% da dose que maximizou a produtividade comercial, sendo a parte aérea o órgão que mais acumulou K.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas*, fertilização, dose econômica, produtividade comercial

MINERAL NUTRITION AND YIELD OF THE SWEET POTATO BIOFORTIFIED AS FUNCTION OF PHOSPHORUS AND POTASSIUM RATE

SUMMARY – The present work had as objective to evaluate phosphorus and potassium rate in mineral nutrition and yield of the sweet potato biofortified, in a yellow red ground dystrophic cohesive of the Itapecuru formation. For this, in the period from July of 2011 to January of 2012, two experiments were realized in São Luís, Maranhão. In an experiment, it was evaluated phosphorus rate (0, 60, 120, 180, 240 and 300 kg ha⁻¹ of P₂O₅) and in another one, potassium rate (0, 30, 60, 90, 120 and 150 kg ha⁻¹K₂O), in a lineation of randomized blocks, with four repetitions. The harvest was realized at 123 days after the transplanting of seeding. The phosphorus rate influenced on the percentage of P in the ground, the dry matter of the aerial part, the dry matter of the tuberous root, the total yield, and the accumulation of P in the dry matter of the aerial part, the tuberous and total root of the plant. Occurred the linear adjustment to the foliar percentage and quadratic percentage to the commercial yield of tuberous roots, where the maxim yield (1,68 kg m⁻²) was obtained with the estimated rate of 191 kg ha⁻¹ of P₂O₅. The economical optimal rate was of 104 kg ha⁻¹ of P₂O₅, corresponding to 54% of the rate that maximized the commercial yield and the aerial part was the organ that had more accumulation of P. The potassium rate influenced the percentage of K in the ground, the foliar percentage, commercial and total yield, the accumulation of K in the dry matter of the aerial part, the total and tuberous root of the plant. The maxim commercial yield (2,43 kg m⁻²) was obtained with the estimated rate of 85 kg ha⁻¹ of K₂O. The economical optimal rate was of 71 kg ha⁻¹ of K₂O, corresponding to 83% of the rate that maximized the commercial yield and the aerial part was the organ that had more accumulation of K.

Keywords: *Ipomoea* potatoes, Fertilization, Economical rate, Commercial yield.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a batata-doce (*Ipomoea batatas*) é uma das hortaliças mais cultivadas, ocupando o quinto lugar, com 43.879 hectares de área cultivada, produção de 544.820 mil toneladas por ano, e produtividade média de 12.427 kg ha⁻¹ (IBGE, 2011). Entretanto, no Estado do Maranhão, em 2011, foram cultivados somente cinco hectares de batata-doce, com produção de 13 toneladas, e produtividade média de 2.600 kg ha⁻¹, ocupando apenas 26% da área planta no Nordeste (IBGE, 2011). Essa baixa expressão econômica da cultura no estado maranhense vem ocorrendo a cada ano e pode ser atribuída ao desconhecimento sobre o potencial que a cultura possui, especialmente quanto às condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento, e à falta de informações técnicas sobre o seu cultivo nesse Estado, principalmente no que diz respeito à fertilização da cultura. Outro fator de grande relevância que pode estar contribuindo para essa baixa produtividade é a falta de instrumentos adequados e disponíveis para o produtor, ou seja a instrumentalização do produtor.

Esta hortaliça ainda é muito pouco difundida e cultivada no estado do Maranhão, sendo cultivada com um baixo nível de tecnologia sob o sistema de monocultivo acompanhado de adubação localizada com N-P-K aplicada em fundação, a irrigação é realizada manualmente no período seco com uso com regadores. Contudo, em alguns municípios do Estado é uma das hortaliças cultivada pelos pequenos produtores, com ênfase no município de Coroatá.

A cultura da batata-doce pode ser considerada uma excelente alternativa socioeconômica para pequenos e médios produtores, especialmente para a agricultura familiar. É uma das culturas alimentícias de maior valor nos trópicos e subtrópicos, por ser fonte de calorias e apresentar alto conteúdo em vitaminas, sais minerais e beta caroteno, sendo um alimento importante para melhorar a nutrição de pessoas com restrições alimentares. Dentre as olerícolas a batata-doce tem alta capacidade de produzir energia por unidade de área, pois um hectare de raiz de batata-doce rende de 30 a 40 toneladas de biomassa.

Essa característica energética vem sendo cotada para fins alternativos a alimentação, como por exemplo, a substituição da cana-de-açúcar, para a produção de combustível, isso porque enquanto uma tonelada de cana gera 67 litros de álcool, a mesma quantidade de batata-doce chega a até 130 litros do combustível, podendo representar um incremento na geração de empregos e redução dos danos ambientais causados pelo cultivo da cana-de-açúcar. Além do mais, ao contrário da cana-de-açúcar, não sendo necessárias grandes áreas de plantio (CHAVES, 2003).

Melo et al. (2009) ressaltam a importância da cultura, como atividade geradora de emprego no meio rural e que ocupa durante o ano inteiro o homem no campo, por meio do uso de sua mão-de-obra.

Sabendo-se que o produtor maranhense dispõe de solos de baixa fertilidade para a agricultura, a fertilização está entre os fatores com maior contribuição tanto para o incremento de produtividade quanto da qualidade das raízes produzidas. Também, o melhor manejo da fertilização da cultura tem implicações sobre a sustentabilidade da atividade, não só relacionada às questões do ambiente, mas, também, da viabilidade econômica do cultivo.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de doses de fósforo (P) e de potássio (K) na nutrição mineral e produtividade da batata-doce biofortificada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A batata-doce

A família das convolvuláceas possui uma única, mas importante, hortaliça tuberosa tropical: a batata-doce. Esta é uma cultura disseminada em todas as regiões e maioria dos estados brasileiros, principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste, sendo o estado de Sergipe o maior estado produtor desta região (IBGE, 2011).

A espécie *Ipomoea batatas* é originária de regiões tropicais de baixa altitude na América do Sul, sendo seu cultivo realizado pelos indígenas há séculos. Esta planta herbácea apresenta caule rastejante, que atinge 3 m de comprimento, e folhas com pecíolos longos. A parte aérea é constituída por uma vegetação agressiva, que forma boa cobertura do solo. Trata-se de uma planta perene, porém cultivada como anual (FILGUEIRA, 2008). A batata-doce possui dois tipos de raízes: as de reservas ou tuberosas, que constituem a principal parte de interesse comercial, e as de raízes absorventes, responsáveis pela absorção de água e nutrientes. As raízes tuberosas se formam desde o início do desenvolvimento da planta, sendo facilmente identificadas pela maior espessura, pela pouca presença de raízes secundárias e por se originarem dos nós. Já as raízes absorventes se formam a partir do meristema cambial, tanto nos nós quanto nos entrenós, é abundante e altamente ramificado, o que favorece a absorção de nutrientes. Entretanto, esta característica leva a uma rápida diminuição da reserva de nutrientes do solo, refletindo na queda de produção dos cultivos sucessivos na mesma área, exigindo maior demanda por nutrientes. Nessa situação, quando o solo apresenta fertilidade inadequada para a cultura, faz-se necessário o uso da adubação em maior quantidade (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2002).

A pesar das suas características de rusticidades, fácil cultivo, ciclo vegetativo curto e alta capacidade de adaptação às variadas condições climáticas, ela se adapta aos climas onde as temperaturas são mais elevadas, se desenvolve bem em locais em

que a temperatura média é superior a 24°C. Quando a temperatura é inferior a 10°C, o crescimento da planta é severamente diminuído (RAMAN, ALLEYNE 1991).

Quanto ao solo deve ser preferencialmente de textura arenosa ou arenoargilosa, bem drenado. Solos arenosos facilitam o crescimento lateral das raízes, evitando a formação de batatas tortas ou dobradas, além de facilitar a colheita das raízes tuberosas com menores perdas (EMBRAPA, CNPH, 2004).

A necessidade hídrica da cultura está em torno de 500 a 750 mm de lâmina de água durante o ciclo produtivo, sendo suficiente para o pleno crescimento e desenvolvimento das plantas (SOARES; MELO; MATIAS, 2002; EMBRAPA, 2006).

As maiores áreas cultivadas localizam-se nas regiões que apresentam clima constantemente quente e alta luminosidade (FILGUEIRA, 2008), condição esta encontrada no Estado do Maranhão.

Em solos pouco férteis, o uso de fertilizantes minerais e orgânicos proporciona incremento significativo na produtividade de raiz tuberosa, enquanto em solos de fertilidade média a alta, geralmente, não há resposta à fertilização (MONTEIRO et al., 1997). Em geral, quando há alta disponibilidade de nutrientes, ocorre intenso crescimento da parte aérea em detrimento da formação de raízes tuberosas, sendo que essa partição de matéria seca na planta é variável com a cultivar (CHAVES; PEREIRA, 1985).

Por serem utilizados em grandes quantidades na cultura da batata-doce, os fertilizantes representam grande participação no custo de produção desta cultura. Segundo Melo et al. (2009), para o cultivo de 1,0 ha necessita-se de R\$11.186,25, durante o período de um ano, correspondente a três ciclos produtivos. Os insumos e irrigação são os maiores responsáveis pela grande parcela de desembolso efetivo, com 60,74% do custo operacional efetivo, sendo os fertilizantes responsáveis por 11,12%, destes. Contudo, se empregado tecnologia a produtividade pode atingir até 22 t ha⁻¹ (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2002).

Assim sendo é imprescindível desenvolver estratégias de manejo de fertilizantes para a cultura da batata-doce, que venha otimizar a eficiência do uso dos

mesmos e evitando a aplicação de doses acima da necessária que possam causar danos para a cultura poluir o meio ambiente. (JOERN, VITOSHI 1995).

2.2 Fósforo

Sem tirar a importância dos demais o fósforo é um nutriente considerado de grande efeito no crescimento das plantas, uma vez que tem considerável importância no metabolismo do carbono (GRANT et al., 2001).

O fósforo é um nutriente que tem como particularidade, alto grau de interação com o solo. Os fosfatos adicionados como fertilizantes se dissolvem, passando para a solução do solo. Em função da baixa solubilidade dos compostos de fósforo formados no solo e da sua forte tendência a adsorção, a maior parte do elemento passa para a fase sólida, onde fica em parte como fosfato lábil, passando gradativamente a fosfato não-lábil. O fosfato lábil pode sofrer dessorção, caso haja abaixamento do teor em solução, para manutenção do equilíbrio. O abaixamento do teor em solução dá-se, principalmente, por absorção pelas plantas (RAIJ, 2011). Essa característica associada à sua deficiência em vastas áreas da agricultura brasileira, fez desse elemento o mais crítico nas adubações nas últimas décadas (RAIJ, 2011).

Diversos são os fatores que afetam a disponibilidade do fósforo no solo, podendo citar o pH, tipo e quantidade de minerais de argila, teor de fósforo e outros elementos no solo, aeração, umidade, temperatura (PRADO & FERNANDES, 2001) e até a própria planta (RAGHOTHAMA, 1999; DECHASSA et al., 2003).

No solo, predomina a forma H_2PO_4^- em relação a HPO_4^{2-} , sendo, portanto, aquela a forma predominante de absorção. Na planta, o fósforo é transportado da mesma forma que foi absorvido, entretanto, o processo de redistribuição ocorre exclusivamente na forma orgânica (PRADO, 2008).

Na planta, o fósforo tem muitas funções, como armazenar energia na fotossíntese e respiração, assim como energia para reações de síntese de proteínas, fixação biológica de nitrogênio, absorção iônica e outras (MALAVOLTA, 2006). O fornecimento de doses adequadas de fósforo estimula o desenvolvimento radicular, é

importante para a formação dos primórdios das partes reprodutivas e, em geral, incrementa a produção nas culturas (RAIJ, 1991).

Em deficiência na batata-doce provoca atraso no crescimento, e nas folhas velhas surgem áreas cloróticas com manchas necróticas, ocorrendo desfolha prematura, reduzindo a produção de raízes comerciais (FOLQUER, 1978).

Os sintomas do excesso de fósforo nas plantas, em geral, não são visualizados, mas pode induzir deficiência de micronutrientes como cobre, ferro, manganês e zinco (MALAVOLTA, 2006).

A batata-doce é bastante eficiente na absorção do fósforo, porém é necessário aplicar maiores quantidades do elemento na forma prontamente disponível, devido à deficiência deste elemento nos solos brasileiros e a sua elevada fixação por colóides do solo. (EMBRAPA, 1995).

Para a produção de 11 a 15 t ha⁻¹ de raízes tuberosas, estima-se a extração de 20 a 47,5 kg de P₂O₅ (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2002). Entretanto, a batata-doce é uma cultura responsiva à fertilização, irrigação entre outros fatores de produção, que elevam sua produtividade e incrementam a demanda por nutrientes.

Resultados positivos da adubação com P em batata-doce foram obtidos por Oliveira et al. (2005), sendo as máximas produtividades, 23,5 e 18,9 t ha⁻¹ alcançadas com 259 e 231 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente.

Sousa (1990), Mendonça e Peixoto (1991) e Bezerra et al. (1994), em solos com baixa disponibilidade de P, obtiveram incrementos na produção de raízes comerciais de batata-doce mediante aumento na dose de P às plantas.

2.3 Potássio

Em geral, os solos tropicais apresentam baixa concentração de potássio disponível, sendo a mineral sua principal forma no solo, podendo estar na rede cristalina de minerais primários – feldspatos, micas (muscovita e biotita) – ou em minerais secundários (argilas do tipo 2:1, ilita e vermiculita). Com o intemperismo do solo, os minerais ricos em potássio diminuem, dando lugar às argilas 1:1, como a

caulinita, que não tem potássio em sua estrutura. Vários fatores afetam a disponibilidade deste nutriente no solo, como teor de argila, temperatura o umedecimento e secagem do solo, e o valor do pH (PRADO, 2008).

O potássio é absorvido pelas plantas da solução do solo, na forma iônica K^+ . (PRADO, 2008). Sua absorção depende, principalmente, da difusão do elemento, através da solução do solo e, em proporções menores, por fluxo de massa. Devido aos sais de potássio apresentar alta solubilidade, seus teores na solução do solo podem atingir concentrações bastante elevadas. Isso confere ao potássio maior mobilidade, em relação ao fósforo, o que faz com que esse elemento seja absorvido mais facilmente pelas plantas (RAIJ, 1991).

A principal função do potássio na vida da planta é de ativador enzimático, como as quinases e as sintetases. A ação está relacionada com a mudança na conformação da molécula, a qual aumenta a exposição dos sítios ativos para a ligação com o substrato. É possível que uma das razões para a alta exigência de potássio, usualmente o cátion mais abundante na planta, seja a necessidade de concentrações elevadas no citoplasma para garantir atividade enzimática ótima. (MALAVOLTA, 2006). Conforme (PRADO, 2008) exerce também uma função fisiológica fundamental às plantas, que seria a abertura e fechamento dos estômatos. Para a batata-doce, este elemento tem decisiva influência na formação de raízes tuberosas e no sabor, sendo este o nutriente utilizado em maior quantidade pela cultura (FILGUEIRA 2008).

O excesso de potássio pode desequilibrar a nutrição das hortaliças, dificultando a absorção de cálcio e magnésio (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997 e FONTES, 1999), o que pode causar desordem fisiológica, necrose das bordas das folhas (tip burn), redução nos teores de clorofila e das atividades enzimáticas. Além disso, doses acima da necessária para o satisfatório crescimento e desenvolvimento das plantas, podem reduzir a produção, além de elevar os custos e causar impactos ambientais (REIS JÚNIOR; MONNERAT, 2001).

As hortaliças são exigentes em K disponível no solo, conforme FILGUEIRA (2008) é o primeiro macronutriente acumulado na batata-doce e o segundo nutriente acumulado em maior quantidade pela batata-doce (ECHER; DOMINATO; CRESTE,

2009). Para a produtividade de 11 a 15 t ha⁻¹ de raízes tuberosas, estima-se a extração de 100 a 236 kg de K₂O (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2002). De acordo com Lorenzi et al. (1997), para cada 1 t de raiz tuberosa de batata-doce, na faixa de produtividade entre 20 e 30 t ha⁻¹, tem-se o acúmulo de 6kg e 3 kg de K₂O na parte aérea e raízes, respectivamente.

Echer, Dominato e Creste (2009), estudando a absorção de nutrientes e distribuição da matéria fresca e seca entre órgãos de batata-doce, observaram que o segundo macronutriente em ordem de extração pelas folhas de batata-doce foi o K, atingido, cerca de, 83 kg ha⁻¹ de K na colheita. Na raiz tuberosa, foi o terceiro macronutriente em ordem de extração no momento da colheita, com 5,6 kg ha⁻¹.

Devido à variabilidade de solos e clima das regiões produtoras de batata-doce os teores de nutrientes no solo são variáveis desta forma também são variáveis as recomendações de adubação para a cultura. Neste sentido Brito et al. (2006), cultivando batata-doce em solo com teor 37,4 mg dm⁻³ de K, observaram que as máximas produtividades total (14,8 t ha⁻¹) e comercial (8,4 t ha⁻¹) de raízes foram obtidas com as doses 194 e 173 kg de K₂O ha⁻¹, respectivamente, e Echer et al. (2009) que avaliaram o desempenho da batata-doce à fertilização potássica e boratada, em solo com 2,1 mmol_c dm⁻³ de K, e verificaram aumento de produtividade comercial até 200 kg ha⁻¹ K₂O e 2 kg ha⁻¹ de B, obtendo-se 27,7 t ha⁻¹ de raízes comerciais.

De acordo com Potafos (1990), é necessário a remoção de 340 kg ha⁻¹ de K₂O para que ocorra produção máxima de raízes comerciais de batata-doce, já que o potássio desempenha papel importante na formação das raízes tuberosas. Portanto, quando ocorre deficiência desse nutriente, há redução da produção de raízes comerciais, e maior formação de raízes curtas e irregulares (BARREIRA, 1986; MENDONÇA; PEIXOTO, 1991).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

Foram realizados dois experimentos no período de 1 de julho de 2011 a 4 de janeiro de 2012, considerando o período do preparo da área até a colheita. Os mesmos foram instalados na Unidade Educativa de Produção - UEP no Setor de Agricultura I, do Instituto Federal do Maranhão – IFMA - *Campus Maracanã*, localizado no município de São Luis, situado a 2°36'35,94" de Latitude Sul, 44°15'52,02" Longitude Oeste, e altitude de 34 metros.

O clima da região segundo a classificação de Thornthwaite é do tipo B1 WA, caracterizado como Úmido, com moderada deficiência de água no inverno, entre os meses de junho a setembro (LABGEO/UEMA, 2002). Os valores de temperaturas mínimas e máximas e de precipitação pluvial referente ao período de condução do experimento (tabela 1) foram obtidos junto à estação metrológica da UEMA. (NUCLEO GEOAMBIENTAL, 2012).

Tabela 1. Temperaturas máximas (T. máx), mínimas (T. mín.) e médias (T. méd.), precipitação pluvial (PP) e número de dias (ND) com chuva no período experimental.

Mês	T. máx. (°C)	T. mín. (°C)	T. méd. (°C)	PP (mm)	ND
Julho	31,30	23,98	27,23	72,2	20
Agosto	34,92	24,18	27,92	0,0	-
Setembro	32,72	24,41	28,59	0,2	01
Outubro	32,33	24,72	28,49	83,8	06
Novembro	32,32	24,77	28,49	5,6	01
Dezembro	32,34	25,19	28,76	0,0	-
Janeiro	32,58	25,42	28,83	105,0	13

O solo da área, classificado segundo os critérios da EMBRAPA (2006), é um Argissolo Vermelho Amarelo distrocoeso da Formação Itapecuru. As características químicas e textura do solo, cujas amostras foram coletas na camada de 0 a 20 cm em pré-instalação do experimento estão apresentadas na Tabela 2.

As análises foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA.

Tabela 2. Valores médios das características químicas e de textura do solo do local do experimento, na camada de 0 – 20 cm.

pH	MO	P resina	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	V%
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³					
4,8	14	14	0,3	3,0	4,0	24	31,7	24
Areia grossa		Areia fina		Silte		Argila		
%		%		%		%		
44		42		8		6		

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Em cada experimento foram avaliados seis tratamentos (doses de potássio ou de fósforo), em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. No experimento de resposta ao fornecimento de potássio, foram avaliadas seis doses: 0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de K₂O; enquanto no de fósforo, foram avaliadas as doses: 0, 60, 120, 180, 240 e 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Utilizou-se cloreto de potássio e superfosfato triplo para o fornecimento de K e P, respectivamente. Todo o K e o P foram aplicados localizados no sulco em pré-plantio das mudas.

3.3 Instalação e condução do experimento

A área da unidade experimental foi de 2,4 m de largura e 3,5 m de comprimento, compreendendo três leiras espaçadas entre si em 0,80 m, com dez

plantas, espaçadas em 0,35 m. Os dados foram coletados somente nas oito plantas centrais da linha central da parcela, sendo as demais consideradas bordaduras.

A calagem e as adubações de plantio e de cobertura foram realizadas de acordo com recomendações de CASALI (1999). A calagem foi feita, na área total, com calcário contendo 32% de CaO e 15% de MgO, e PRNT de 95%, para elevar a saturação por bases do solo a 60% e o teor de Mg a pelo menos 10 mmol_c dm⁻³. A calagem foi seguida de uma aração e gradagem. Sessenta dias após a calagem, sulcos com 20 cm de profundidade foram abertos. Nestes, foram aplicados 30 kg ha⁻¹ de N (uréia) e 10 t ha⁻¹ de esterco de bovino curtido. No experimento com fósforo além das doses de P segundo os tratamentos, aplicou-se 90 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio), e no experimento com potássio as doses desse nutriente obedeceram ao previsto nos tratamentos e também foram aplicados 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato triplo). Em seguida, as leiras foram preparadas, manualmente, com auxílio de enxada. Em ambos os experimentos, a adubação de cobertura foi feita em uma única vez, aplicando-se 30 kg ha⁻¹ de N, na fonte uréia, aos 30 dias após o transplântio da mudas (DAT).

Foi utilizada a batata-doce 'Beauregard' biofortificada, é uma cultivar americana desenvolvida pela Louisiana Agricultural Experiment Station em 1981. Foi introduzida no Brasil no Centro Internacional de La Papa (CPU) Peru. Esta cultivar apresenta ciclo vegetativo entre 90 e 130 dias, no Maranhão, possui raízes alongadas e uniformes, casca vermelho-arroxeadas com a superfície lisa. Internamente tem coloração alaranjado-intensa, indicativo de alto teor de betacaroteno.

Hastes contendo quatro gemas foram retiradas da parte apical de plantas matrizes, do campo experimental da EMBRAPA, em Coroatá, MA, e foram colocadas em bandejas de poliestireno de 50 células, contendo substrato orgânico, e após 25 foi realizado o transplântio para as leiras. As irrigações foram realizadas diariamente pelo método de aspersão convencional. Foram necessárias pulverizações com inseticida para controle de mosca branca e cochonilha. Houve também a necessidade de se realizar três capinas manuais, sendo duas capinas nas leiras, aos 30 e 60 DAT, e uma capina entre as leiras aos 45 DAT.

A colheita dos experimentos foi realizada aos 123 DAT, considerado como ciclo adequado para a cultura no Estado.

3.4 Características avaliadas

Nas plantas da área útil da parcela para coleta de dados, foram avaliadas as seguintes características:

a) **Teor foliar de P e de K:** 60 DAT, nos experimentos de P e de K foram avaliados os teores foliares de P e de K, respectivamente. De acordo com recomendação de Monteiro, Dechen e Carmelo (1997), folhas do terço médio da rama da batata-doce, ou seja, folhas mais recente totalmente desenvolvida, foram retiradas das oito plantas da parcela útil da unidade experimental. A coleta foi realizada logo no início do dia, entre 6 e 7 horas. Assim que coletadas, as folhas foram lavadas com água corrente e água deionizada para a retirada de impurezas. Após a remoção do excesso de água com papel toalha, as amostras foram colocadas em sacos de papel, identificadas e levadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 65°C, até atingir massa constante. Em seguida, cada amostra passou pela moagem no moinho tipo Wiley. O preparo dos extratos para leitura dos teores de P e K foi realizado conforme (BATAGLIA et al., 1983).

b) **Matéria seca da parte aérea (MSPA), da raiz tuberosa (MSRT) e total (MST):** na colheita das raízes tuberosas, dos dois experimentos, a parte aérea contida em 0,56 m² da área útil da parcela, ou seja, 0,7 m de comprimento por 0,8 m de largura, delimitado por uma estrutura de madeira, foi coletada, lavada, colocadas em sacos de papel identificadas e posta para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C, até atingir massa constante, e pesada. Para obtenção da MSRT, duas batatas, desta mesma área amostrada, foram pesadas para a obtenção da matéria fresca. Estas foram cortadas em pequenas fatias, colocadas em sacos de papel e postas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C, até atingirem massa constante. Em

seguida, as amostras foram pesadas obtendo-se, então, a massa das duas batatas. Calculou-se o teor de matéria seca na batata-doce e estimou-se a MSRT em 1 m² com base na matéria fresca das raízes na área avaliada (0,56 m²). A MST foi obtida pela soma da MSPA e MSRT.

c) **Produtividade total de raízes tuberosas:** nos dois experimentos, as raízes tuberosas foram colhidas nas oito plantas da área útil, logo após lavadas e secas à sombra por um dia. Em seguida, foram pesadas e calculada a quantidade expressa em kg m⁻².

d) **Produtividade comercial das raízes tuberosas:** para os dois experimentos, foram consideradas como batatas comerciais, as que pesavam entre 80 a 800g (EMBRAPA, 1995).

e) **Acúmulo de P e K:** na colheita, foram avaliados os teores de P e K na MSPA e na MSRT de plantas dos experimentos de P e K, respectivamente. Mediante o produto destes teores e respectivas matérias secas das partes em que foram determinados, foram obtidas as quantidades acumuladas desses nutrientes em cada parte da planta. A quantidade total acumulada na planta foi obtida pela soma das quantidades na MSPA e MSRT, enquanto a exportação de nutrientes correspondeu às quantidades na MSRT.

f) **Teor de P e K no solo:** Após término dos experimentos, a linha de cultivo central (sulco) de cada parcela foi amostrada em cinco pontos. As amostras foram misturadas para a obtenção de uma amostra composta, na qual foi avaliado o teor de P e de K nos experimentos de P e K, respectivamente.

g) **Dose ótima econômica de P e de K:** A dose ótima econômica para a produção de raízes comerciais foi determinada conforme Natale et al. (1996). Foi obtida a relação de equivalência (RE) de 3,7, obtida pela razão entre o preço médio de 1 kg de P₂O₅ (R\$ 5,55/kg) ou RE de 2,5 obtida pela razão entre o preço 1 kg de K₂O (R\$ 3,75/kg) e o preço médio de 1 kg de batata-doce (R\$ 1,50/kg), comercializada na CEASA - São Luís,

MA, em 2012. Essa RE foi igualada à derivada primeira da equação de regressão ajustada para produção de raiz comercial de batata-doce e às doses de P_2O_5 ou as doses de K_2O .

3.5 Análise Estatística

Para cada experimento foi realizada a análise de variância pelo teste F, segundo o delineamento proposto, e a análise de regressão polinomial, sendo selecionado para interpretar os resultados aquele significativo e com maior coeficiente de determinação (R^2).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1: doses de Fósforo

As doses de fósforo influenciaram significativamente as características teor de P no solo, matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz tuberosa e produtividade total de raízes tuberosas. Contudo, houve ajuste significativo de equação polinomial para todas as características avaliadas (Tabela 3)

Tabela 3. Análise de variância e de regressão polinomial para as características teor de fósforo no solo após colheita da batata-doce (TPS), e teor foliar de P (TFP), matéria seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSRT), e produtividade total (PT) e comercial (PC) da batata-doce 'Beauregard' em função das doses de fósforo.

Doses de fósforo (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	TPS (mg dm ⁻³)	TFP (g kg ⁻¹)	MSPA (g m ⁻²)	MSRT (g m ⁻²)	PT (kg m ⁻²)	PC (kg m ⁻²)
0	12,25	3,75	0,23	0,10	1,24	0,95
60	33,00	4,06	0,27	0,15	1,45	1,12
120	41,00	4,15	0,46	0,17	2,62	1,82
180	45,25	4,24	0,31	0,18	2,40	1,51
240	57,50	4,38	0,20	0,16	2,22	1,67
300	60,00	4,61	0,18	0,12	2,03	1,43
Valores de F						
Tratamentos	34,60**	1,20 ^{ns}	6,29**	30,67**	5,38**	1,89 ^{ns}
Regr. 1º grau	160,74**	5,75*	3,18 ^{ns}	12,92**	9,45**	30,92**
Regr. 2º grau	7,37*	0,06 ^{ns}	16,23**	135,45**	11,81**	33,16**
Regr. 3º grau	1,58 ^{ns}	0,21 ^{ns}	2,23 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,05 ^{ns}
C.V. (%)	14,38	12,61	28,45	7,36	22,6	34,90

** , * , ^{ns} = significativo a 1%, 5% e não significativo a 5% pelo teste F, respectivamente.

As médias do teor de P no solo ajustaram-se ao modelo de regressão quadrática, verificando-se incrementos até a dose estimada de 280 kg ha⁻¹ de P₂O₅,

obtendo-se o máximo teor de 55,1 mg dm⁻³, havendo decréscimo com maiores doses (Figura 1).

O teor de P no solo, que em pré-instalação do experimento era teor baixo, aumentou em todos os tratamentos após a colheita da batata-doce, e passou à classe dos teores médios segundo classificação de Raij et al. (1997). O ocorrido está de acordo com o observado por Deenik et al. (2006), que relatam que em plantações de hortaliças cultivadas intensamente com aplicações de fertilizantes formulados completos ao longo dos anos, os nutrientes tendem a se acumular nos solos, especialmente o fósforo. Souza et al. (1998), Prado (2009) e Silva (2012) também observaram que o uso de fertilizante fosfatado aumentou significativamente o teor de P na solução do solo.

Para o teor foliar de P houve ajuste das médias ao modelo de regressão do 1º grau, onde observou-se aumento linear mediante incremento na dose de P aplicada. Conforme o resultado, houve relação diretamente proporcional entre o aumento no fornecimento de P e o seu teor na folha, sendo o menor teor, 3,8 g kg⁻¹ de P na matéria seca foliar, observado quando não foi aplicado P às plantas, e o teor máximo, 4,6 g kg⁻¹, com a maior dose avaliada, 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 1), o que correspondeu a um incremento de 21%.

Os teores foliares de P de plantas fertilizadas ou não com P situaram-se na faixa adequada, entre 2,3 e 5,0 g kg⁻¹, para esta hortaliça, conforme Lorenzi et al. (1997). O teor adequado de P na folha da batata-doce, mesmo no solo com baixo teor de P, onde houve um aproveitamento significativo do fósforo, pode estar associado a sua eficiência na absorção do nutriente EMBRAPA (1995). Oliveira et al. (2005), Barbosa (2005) e Santos (2008), avaliando os teores de P na folha da batata-doce em função da fertilização orgânica e química, relataram que os teores de P foliar foram maiores com a adubação química, e constataram teores de 3,7 e 4,7 g kg⁻¹ de P, respectivamente.

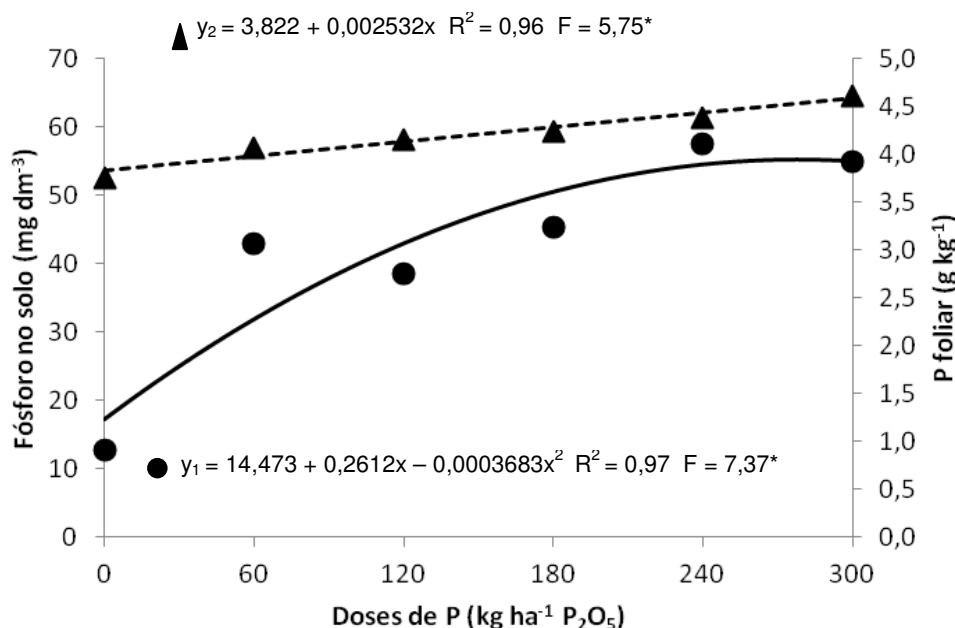


Figura 1. Teor de fósforo no solo (y_1) e na folha (y_2) da batata-doce em função das doses de fósforo.

Para as características matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca da raiz tuberosa (MSRT), houve ajuste das médias observadas para a equação de regressão quadrática. Os menores acúmulos de MSPA ($0,15 \text{ kg m}^{-2}$) e de MSRT ($0,13 \text{ kg m}^{-2}$) foram observados com a maior e a menor dose de P aplicada no solo, respectivamente (Figura 2)

O máximo de MSPA ($0,36 \text{ kg m}^{-2}$) e o máximo de MSRT ($0,18 \text{ kg m}^{-2}$) foram obtidos com $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ e $180 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$. Doses maiores proporcionaram menores acúmulos de MSPA e MSRT (Figura 2), embora as plantas tenham apresentado maiores teores foliares de P. Segundo Raij (1991), o excesso de P possa não parecer um problema sério para as plantas, já que o consumo de luxo é transferido para polifosfato e outros fosfatos, sem afetar o crescimento da planta. Desta forma, a não constatação de curvas semelhantes que descrevam ajuste para os teores foliares de P e a MSPA, a partir de 120 kg ha^{-1} , e de teores foliares de P e a MSRT, a partir de 180 kg ha^{-1} , pode ser um indicativo que batata-doce é sensível a doses excessiva de P.

ou pode ter ocorrido interferência de altas doses de P na absorção de outros nutrientes e assim limitando o crescimento da batata-doce. Conforme Souza et al. (1998), a disponibilidade de zinco às plantas pode ser afetada pela adição de doses elevadas de P, induzindo a carência do micronutriente.

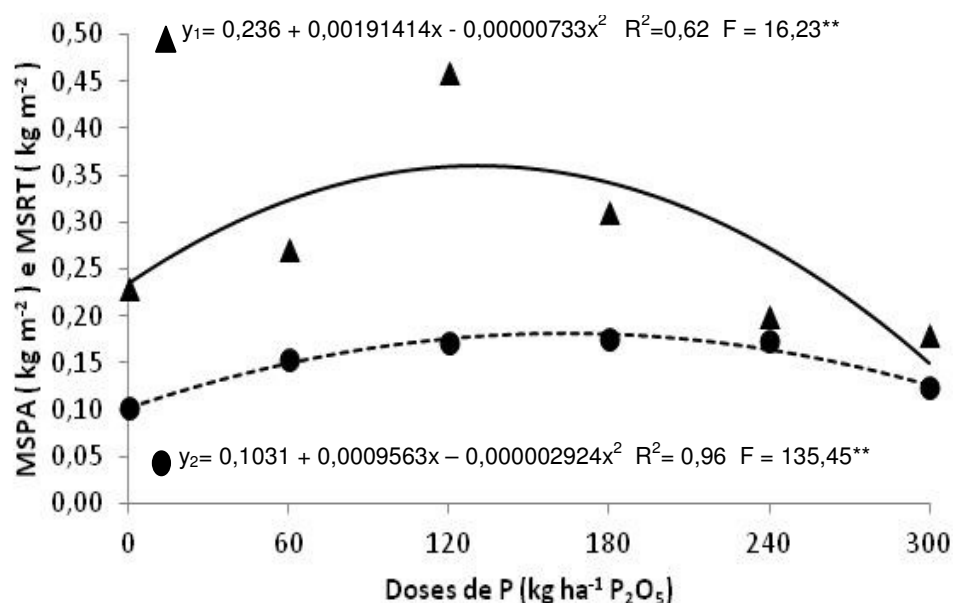


Figura 2. Matéria seca da parte aérea (MSPA, y_1) e matéria seca da raiz tuberosa (MSRT, y_2), aos 60 dias após o plantio da batata-doce 'Beauregard', em função de doses de fósforo.

Hameda et al. (2011) verificaram que o aumento da dose de fósforo, de 15 até 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅, aumentou significativamente a matéria seca da parte aérea da batata-doce. A resposta positiva da batata-doce no que diz respeito à MSPA, possivelmente, ocorreu devido à rápida disponibilização dos nutrientes e absorção pela planta, e está de acordo com Prado (2008), que relata efeitos positivos desse nutriente na produção das culturas em solos tropicais. Por outro lado, Abdissa et al. (2012), estudando o crescimento e a produção da batata-doce em função de doses de esterco e fósforo, observaram interação significativa entre os fatores, e que quando não foi

aplicado esterco o aumento nas doses de P aumentaram a matéria seca da parte aérea de plantas. Entretanto, quando doses de esterco iguais ou maiores que 5 t ha⁻¹ foram aplicadas, o fornecimento de 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionou plantas com matéria seca de parte aérea semelhantes às obtidas sem aplicação de P.

As médias observadas para as características produtividade total (PT) e produtividade comercial (PC) ajustaram-se ao modelo de regressão quadrática.

Em relação a produtividade total de raízes tuberosas, a máxima produtividade 2,44 kg m⁻² (24,4 t ha⁻¹) foi obtida com a dose estimada de 190 kg ha⁻¹ de P₂O₅, tendo-se incremento de 116% em relação a 1,13 kg m⁻², obtida sem a aplicação de P. As doses maiores que 190 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionaram menores produtividades. Com 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, a produtividade da batata-doce foi 1,98 kg m⁻², a mesma obtida com 78 kg ha⁻¹ P₂O₅ (Figura 3), fato que ratifica a importância de se avaliar a resposta da batata-doce às doses de P, não somente quanto ao aspecto agrônomo, mas principalmente sob os pontos de vista econômicos e ambientais.

A produtividade comercial aumentou em função da fertilização com P até a dose estimada de 191 kg ha⁻¹ de P₂O₅, obtendo-se a 1,67 kg m⁻² de batata-doce comercializáveis (Figura 3). Essa dose, que maximizou a produtividade comercial, é semelhante à proposta por Casali (1999), 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅, quando o solo tem baixo teor de P.

É importante ressaltar que a produtividade comercial de raízes tuberosas obtida no experimento superou a produtividade média de batata-doce para a região Nordeste, estimada em 9,3 t ha⁻¹, superando também a produtividade média para o estado do Maranhão, estimada em 2,6 t ha⁻¹, de acordo com os dados do IBGE (2011).

Doses maiores que 191 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionaram decréscimos na produtividade comercial de raízes tuberosas. Com a maior dose avaliada (300 kg ha⁻¹ de P₂O₅), a redução na produtividade comercial foi de 15% em relação à máxima obtida. A dose de 191 kg ha⁻¹ de P₂O₅, que maximizou a produtividade comercial, proporcionou incremento de 85% à obtida sem aplicação de fósforo à cultura da batata-doce, 0,9 kg m⁻² (Figura 3).

O incremento de produtividade da batata-doce está coerente ao relatado por Raij (2011), o qual afirma que os efeitos das adubações fosfatadas nas culturas são especialmente acentuados em solos de baixa fertilidade natural, nunca antes adubados.

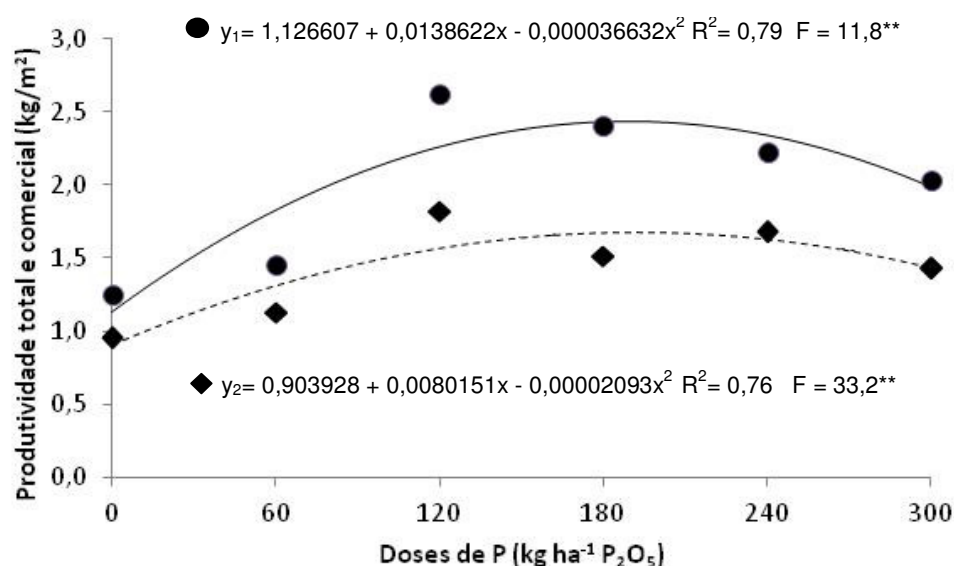


Figura 3. Produtividade total (y_1) e produtividade comercial (y_2) de raízes de batata-doce em função das doses de fósforo.

Os resultados demonstraram resposta positiva da batata-doce biofortificada à adubação fosfatada, em solo com baixo teor de fósforo no solo. Gomes (2010), que avaliou duas cultivares de batata-doce, também observou resultados positivos de P na produtividade total. Maiores produtividades das cultivares 'Granfina' (16,35 t ha⁻¹) e 'Ciciliana' (15,83 t ha⁻¹) foram obtidas com 117,50 e 188,13 kg de P₂O₅ ha⁻¹, respectivamente. Gad e Hassan (2011) também verificaram efeito significativo do fósforo na produtividade de batata-doce, e obtiveram 13 t ha⁻¹ de batatas com 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Os resultados obtidos concordam com obtidos por outros autores. Oliveira et al. (2005 e 2006), avaliando a resposta da batata-doce a doses de P, também observaram ajuste quadrático da produtividade de raízes comerciais mediante aumento na dose de

P, sendo as máximas produtividades de 23,5 e 18,7 t ha⁻¹ alcançadas com 259 e 210 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente. Hamed et al. (2011), avaliando doses P, de 0 até 45 kg ha⁻¹, verificaram aumento na produtividade total e comercial de batata-doce de 8 e 20% quando foi aplicado 15 e 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente, em relação à obtida sem aplicação de P.

As reduções na produtividade total e comercial em doses acima de 191 kg ha⁻¹ de P₂O₅, provavelmente, ocorreram pela elevação da salinidade decorrente das altas concentrações do fertilizante reduzindo o crescimento das raízes tuberosas (PERYEA, 1990), também devido a essas doses proporcionarem desequilíbrio nutricional na cultura, pois de acordo com Primavesi (1990), a maior produtividade da cultura não depende da maior dose do fertilizante, mas do melhor equilíbrio entre todos os nutrientes. O desequilíbrio nutricional prejudica a absorção de nutrientes essenciais pela cultura da batata-doce, resultando em menores produtividades de raízes tuberosas (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2002).

A produtividade total e comercial em função do aumento nas doses de P acompanhou o acúmulo de MSPA, mas divergiram do aumento contínuo observado para o teor foliar de P. Esse resultado está coerente do ponto de vista fisiológico, pois as plantas têm seu potencial produtivo definido pelo atendimento ao potencial vegetativo.

A dose ótima econômica de P para a produtividade comercial de batata-doce foi 104 kg ha⁻¹ P₂O₅, correspondendo a 55% da dose responsável pela máxima produtividade de raízes comerciais. Com a dose ótima econômica houve redução de 46% na dose que maximizou a produtividade, sendo, no entanto, obtida 90% da produtividade máxima, o que concordou com Lobato (1982), o qual afirma que a dose ótima econômica para o fósforo proporciona a obtenção de 80 a 95% da produtividade máxima.

A dose ótima econômica, válida para a relação de 3,7 obtida pela razão entre preço do fertilizante e preço da batata-doce, é menor do que a dose recomendada por Casali (1999), 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅, e praticamente igual à dose recomendada por

Monteiro e Peressin (1997), 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, para o cultivo da batata-doce em solos com baixo teor de P.

Os acúmulos de fósforo na matéria seca da parte aérea (PMSPA) e da matéria seca da raiz tuberosa (PMSRT), que equivale à exportação de fósforo, e o acúmulo total de fósforo na planta (PMST) foram influenciados significativamente pelos tratamentos. Verificando-se ajuste das médias observadas para a equação de segundo grau em relação os acúmulos de PMSPA, PMSR e de PMST (Tabela 4).

Tabela 4. Valores de F, significâncias, coeficientes de variação e médias das características acúmulo de fósforo na matéria seca da parte aérea (PMSPA), acúmulo de fósforo na matéria seca da raiz tuberosa (PMSRT), acúmulo total de fósforo na planta (PMST) em função das doses de fósforo.

Dose de fósforo (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	PMSPA (g m ⁻²)	PMSRT (g m ⁻²)	PMST (g m ⁻²)
0	0,26	0,13	0,40
60	0,60	0,31	0,91
120	0,77	0,44	1,21
180	0,76	0,52	1,29
240	0,59	0,56	1,16
300	0,25	0,55	0,81
Tratamentos	Valores de F		
	14,58**	21,79**	19,94**
Reg. 1º grau	0,33 ^{ns}	60,25**	20,11**
Reg. 2º grau	54,79**	9,73**	75,86**
Reg. 3º grau	3,09 ^{ns}	20,51**	1,19 ^{ns}
C.V. (%)	25,77	21,45	15,67

** , ^{ns} = significativo a 1% e não significativo a 5% pelo teste F, respectivamente.

Com a dose estimada de 191 kg ha⁻¹ P₂O₅, que maximizou a produtividade comercial, os acúmulos de P na parte aérea e na raiz tuberosa foram 0,75 e 0,53 g m⁻², respectivamente (Figura 4), correspondendo a 58 e 42% do total acumulado pela planta de batata-doce.

As maiores quantidade de P foram acumuladas na parte aérea da batata-doce, seguida da raiz. O máximo acumulado na parte aérea foi 0,79 g m⁻² e na raiz foi 0,56 g

m^{-2} , alcançados nas doses 150 e 259 $\text{kg ha}^{-1} \text{P}_2\text{O}_5$, respectivamente. Resultado divergente foi observado por Echer et al. (2009), que verificaram que a maior parte de P está presente na raiz tuberosa, principal dreno de assimilados da planta.

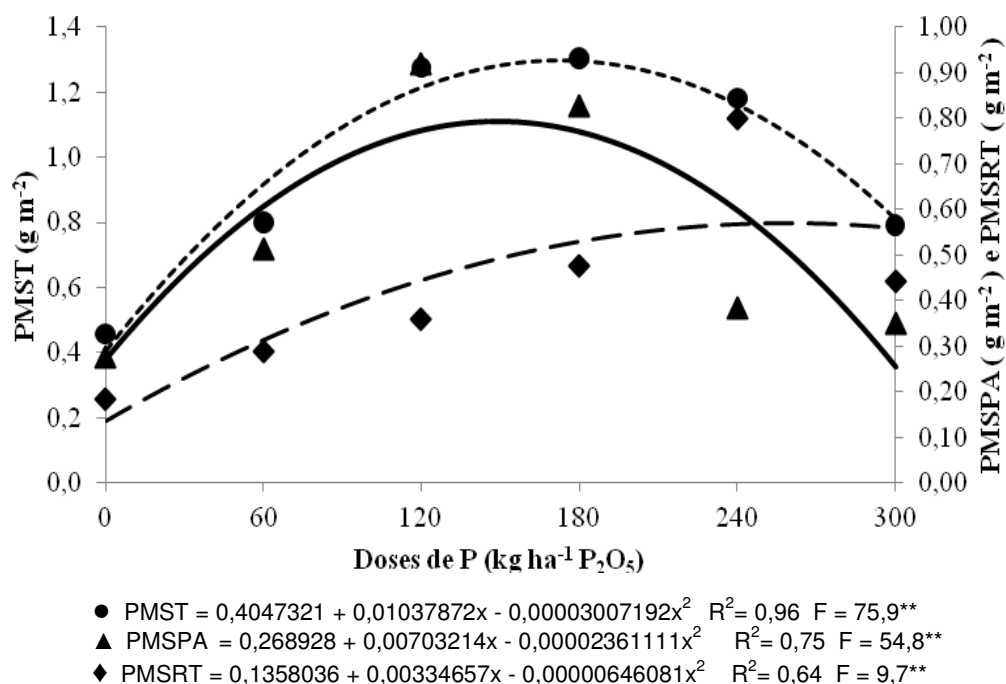


Figura 4. Acúmulo total de fósforo na planta (PMST), na matéria seca da parte aérea (PMSPA) e na matéria seca da raiz tuberosa (PMSRT) na batata-doce, em função das doses de fósforo.

Considerando as 24,3 t ha^{-1} de batatas-doces colhidas, a extração de P foi de 0,22 kg t^{-1} de batata-doce, próximo ao valor citado por Lorenzi et al. (1997), de 0,3 kg de P em raízes de batata-doce por tonelada de raiz colhida, para produtividades entre 20-30 t ha^{-1} .

4.2 Experimento 2: doses de Potássio

As características avaliadas no experimento, ou seja, o teor de K no solo, o teor foliar de potássio, as produtividades total e comercial de raízes de batata-doce foram influenciadas significativamente pelas doses de potássio aplicadas no solo (Tabela 5).

Tabela 5. Análise de variância e de regressão polinomial para as características teor de K no solo após colheita da batata-doce (TKS), teor foliar de K (TFK), produtividades total (PT) e comercial (PC) em função das doses de potássio.

Dose de potássio (kg ha ⁻¹ K ₂ O)	TKS mg dm ⁻³	TFK g kg ⁻¹	PT kg m ⁻²	PC g m ⁻²
0	0,17	20,55	1,73	1,97
30	0,35	36,27	2,21	3,19
60	0,47	38,80	2,40	3,88
90	0,57	43,45	2,47	3,68
120	0,65	45,37	2,16	3,23
150	0,85	37,95	2,13	3,15
Valores de F				
Tratamentos	10,17**	24,49**	3,51*	6,38**
Regr. 1º grau	46,70**	63,72**	2,63 ^{ns}	7,00*
Regr. 2º grau	0,01 ^{ns}	52,39**	12,92**	21,06**
Regr. 3º grau	0,72 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,18 ^{ns}	3,29 ^{ns}
CV(%)	26,75	9,63	12,69	16,70

** , * , ^{ns} = significativo a 1%, 5% e não significativo a 5% pelo teste F, respectivamente.

O modelo de regressão que melhor representou as médias observadas do teor de K no solo foi o linear (Figura 5). Incrementos proporcionais no teor de K no solo foram observados com aumento das doses de K aplicadas. O teor de K, que previamente à instalação do experimento era muito baixo (RAIJ et al., 1997), mesmo com a mais alta dose avaliada, atingiu somente 0,8 mmol_c dm⁻³ e permaneceu na classe de teores considerados baixos (0,7 a 1,5 mmol_c dm⁻³).

O não incremento de K no solo possivelmente aconteceu devido à perda do K por lixiviação em função da textura arenosa do solo e de sua baixa CTC. De acordo com Werle, Garcia e Rosolem (2008), as perdas de K normalmente são intensas em solos arenosos com baixa capacidade de retenção de K.

A equação quadrática foi a que melhor representou a influência das doses de potássio na característica teor foliar de K. Incrementos no teor foliar foram observados até a dose 100 kg ha⁻¹ K₂O, quando se verificou 44,6 g kg⁻¹ de K na matéria seca foliar. Doses maiores que esta proporcionou menores teores, sendo de 38,5 g kg⁻¹ de K, o teor foliar quando se aplicou a maior dose 150 kg ha⁻¹ K₂O. Esse teor também foi obtido com 48 kg ha⁻¹ K₂O e à medida que menores doses foram aplicadas, o teor foliar reduziu, sendo de 21,5 g kg⁻¹ quando não foi aplicado K (Figura 5), o que correspondeu a quase metade do teor observado em plantas fertilizadas com 100 kg ha⁻¹ K₂O. Com o fornecimento de, no mínimo, 25 kg ha⁻¹ K₂O, o teor foliar de K situou-se na faixa de teores considerados adequados por Lorenzi et al. (1997), que é de 31 a 45 g kg⁻¹.

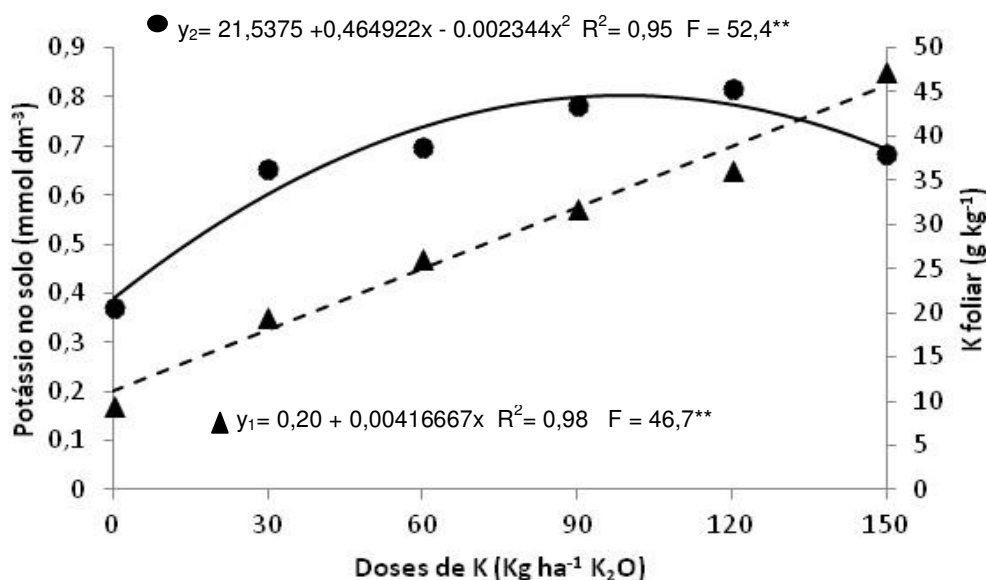


Figura 5. Teor de potássio no solo (y₁) e na folha (y₂) da batata-doce, em função das doses de potássio.

As médias das características produtividade total (PT) e produtividade comercial (PC) de raízes de batata-doce, ajustaram-se a equação de segundo grau (Figura 6).

As equações na figura 6 apontam para recomendações de K relativamente baixa, ou seja, a máxima PT de batata-doce foi 3,80 kg m⁻², obtida com a dose estimada de 87 kg ha⁻¹ K₂O, e a máxima produtividade da batata-doce, 2,43 kg m⁻² de raízes tuberosas comercializáveis, foi alcançada com a dose estimada de 85 kg ha⁻¹ K₂O. Doses maiores do que essas proporcionaram menores produtividades (Figura 6).

A máxima produtividade de raízes de batata-doce comerciais, obtida neste experimento, supera a produtividade média de batata-doce no estado do Maranhão, estimada em 2,6 t ha⁻¹, e a média da região Nordeste, de 9,3 t ha⁻¹, conforme IBGE (2011).

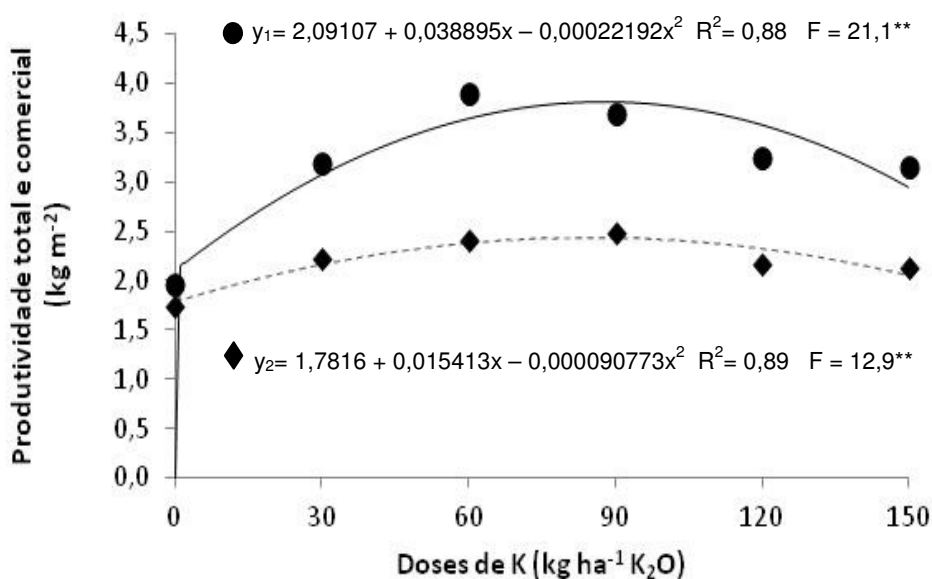


Figura 6. Produtividade total (y_1) e produtividade comercial (y_2) de raízes de batata-doce em função das doses de potássio.

Os resultados obtidos neste experimento estão de acordo com Raji (2011), o qual explica que a resposta à adubação potássica pelas culturas é especialmente acentuada em solos arenosos e de baixa fertilidade. Nas espécies acumuladoras de reservas em raízes tuberosas, o potássio favorece a formação e translocação de carboidratos e melhora a produção de raízes comerciais (FILGUEIRA, 2008).

As doses que maximizaram a Produtividade total e comercial estão próximas à dose de $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ para solo com baixo teor de K, recomendada por Casali (1999), e inferior à dose de $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ proposta por Monteiro e Peressin (1997) e Filgueira (2008) para a mesma condição de solo.

Alguns autores encontraram a necessidade de doses maiores para obter a máxima produtividade. Foram os casos de Foloni et al. (2013), que avaliaram a interação N e K, e obtiveram a máxima PC ($2,34 \text{ kg m}^{-2}$) de batata-doce com $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ e $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$; e de Echer et al. (2009) que avaliaram o desempenho da batata-doce à fertilização potássica e boratada, em solo com $2,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K, e verificaram aumento de PC até $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ e 2 kg ha^{-1} de B, obtendo-se $27,7 \text{ t ha}^{-1}$ de raízes comerciais. Brito et al. (2006) verificaram a necessidade de 194 e $173 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ para maximizar a PT ($14,8 \text{ t ha}^{-1}$) e PC ($8,4 \text{ t ha}^{-1}$), respectivamente, em solo com baixo teor de K (37 mg dm^{-3}). Em solo com baixo teor de K, para produzir $12,93 \text{ t ha}^{-1}$ de raízes de batata-doce, Sokoto, Magaji e Sengh (2007) verificaram a necessidade de 150 kg ha^{-1} de K ($180 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$).

As reduções na produtividade total e comercial com fornecimento de doses superiores a 87 e $85 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ podem ser atribuídas a uma possível elevação da salinidade do solo próximo a zona das raízes da planta e a redução na absorção de outros cátions. De acordo com Marschner (1997), a alta salinidade de alguns fertilizantes, principalmente o KCL compromete o crescimento e distribuição das raízes assim como a absorção de água e nutrientes, porque diminui o potencial osmótico próximo à rizosfera, dificultando o caminhamento dos íons até as raízes. E ainda conforme PEREIRA & FONTES (2005) a adubação excessiva com potássio, pode reduzir a absorção de outros cátions, principalmente Ca e Mg, promovendo a redução na produtividade da cultura. Yamada e Roberts (2005) salientam que para a obtenção

de altas produtividades e produtos de boa qualidade, são exigidas quantidades suficientes e balanceadas de nutrientes.

Esta talvez seja a explicação para a divergência entre doses de K necessárias para maximizar a produtividade da batata-doce, pois conforme o resultado obtido pelos autores e neste trabalho nota-se que não há relação diretamente proporcional entre as doses de K e produtividades obtidas, ou seja, há relatos de altas doses obtendo-se baixas produtividades e de menores doses com as quais são obtidas maiores produtividades.

A dose ótima econômica, válida para a relação 2,5 obtida pela razão entre o preço do fertilizante e o preço da batata-doce foi 71 kg ha^{-1} de K_2O , correspondendo a 83% da dose responsável pela máxima produtividade de raízes comerciais. Sendo esta inferior as doses propostas por Casali (1999), Monteiro e Peressin (1997) e Filgueira (2008) para o cultivo de batata-doce em solos com baixo teor de K.

Os acúmulos de potássio na massa seca da parte aérea (KMSPA), da raiz tuberosa (KMSRT), que equivale à exportação de potássio, e o acúmulo total de potássio na planta (KMST) foram influenciados significativamente pelas doses de K aplicada ao solo. Houve ajustes de equações cúbicas para KMSPA e KMSRT e de quadrática para descrever as médias de KMST em função da dose de K. Contudo, optou-se em utilizar as equações quadráticas, também significativas, para KMSPA e KMSRT, por possibilitar explicação biológica (Tabela 4).

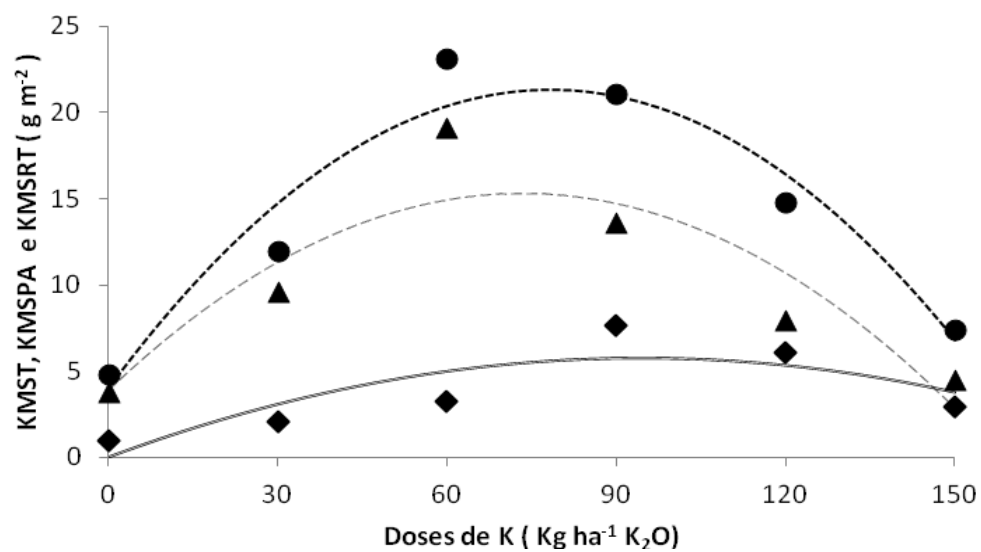
Tabela 6. Análise de variância e de regressão polinomial para as características acúmulo de potássio na massa seca da parte aérea (KMSPA), acúmulo de potássio na massa seca da raiz (KMSRT) e acúmulo de potássio na planta (KMST) após colheita da batata-doce em função das doses de potássio.

Dose de potássio (kg ha ⁻¹ K ₂ O)	KMSPA (g m ⁻²)	KMSRT (g m ⁻²)	KMST (g m ⁻²)
0	3,82	0,94	4,80
30	9,58	2,07	12,00
60	19,11	3,25	23,14
90	13,60	7,64	21,10
120	7,97	6,09	14,82
150	4,51	2,91	7,42
Valores de F			
Tratamentos	39,03**	136,37**	59,84**
Reg. 1º grau	0,78 ^{ns}	208,76**	6,13*
Reg. 2º grau	157,36**	265,17**	272,09**
Reg. 3º grau	8,70**	150,75**	0,13 ^{ns}
C.V. (%)	19,01	11,39	13,59

** , * , ^{ns} = significativo a 1%, 5% e não significativo a 5% pelo teste F, respectivamente.

Com a dose que maximizou a produtividade comercial, 85 kg ha⁻¹ K₂O foram constatados acúmulos de 15,0 g m⁻² de K na parte aérea e de 5,7 g m⁻² de K na raiz tuberosa (Figura 7), perfazendo 72,5 e 27,5%, respectivamente, do total de K acumulado pela planta de batata-doce. De acordo com os resultados obtidos no experimento o maior percentual do K absorvido está contido nas folhas, seguido da raiz tuberosa. Esse resultado concorda com os obtidos por Echer et al. (2009), que também verificaram maior parte de K absorvido pela planta está presente nas folhas da batata-doce.

Levando em consideração as 24,3 t ha⁻¹ de raízes tuberosas colhidas neste experimento, a extração de K foi 2,5 kg t⁻¹, próximo ao valor descrito por Lorenzi et al. (1997), de 3 kg de K em raízes de batata-doce por tonelada de raiz colhida, para produtividades entre 20-30 t ha⁻¹.



● KMST = $3,9965 + 0,4432269x - 0,002830714x^2$ $R^2 = 0,92$ $F = 272,1^{**}$
 ▲ KMSPA = $3,907045 + 0,3111916x - 0,002118358x^2$ $R^2 = 0,81$ $F = 157,4^{**}$
 ◆ KMSRT = $0,009982143 + 0,1216939x - 0,0006442956x^2$ $R^2 = 0,69$ $F = 265,2^{**}$

Figura 7. Acúmulo total de potássio na planta (KMST), na matéria seca da parte aérea (KMSPA) e na matéria seca da raiz (KMSRT) da batata-doce, em função das doses de potássio.

5 CONCLUSÕES

- Em solos com baixa disponibilidade de P e K, a batata-doce ‘Beauregard’ responde positivamente a adubação potássica e fosfatada, aumentando a produtividade comercial até as doses estimadas de $191 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ e $85 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$.
- A parte aérea é o órgão da batata-doce que acumula mais fósforo e potássio.
- A dose ótima econômica de fertilização fosfatada é de $104 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, que corresponde a 55% da dose que maximizou a produtividade comercial.
- A dose ótima econômica de fertilização potássica é de $71 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$, que corresponde a 83% da dose que maximizou a produtividade comercial.

6 REFERÊNCIAS

- ABDISSA, T.; DECHASSA, N.; ALEMAYEHU, YIBEKAL. Sweet potato growth parameters as affected by farmyard manure and phosphorus application at Adami Tulu, Central Rift Valley of Ethiopia. **Agricultural Science Research Journal**. v.2(1), p.1-12, janeiro, 2012.
- BARBOSA, A. H. D. **Rendimento de batata-doce com adubação orgânica**. 2005. 79p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2005.
- BARREIRA, P. **Batata-doce**: uma das doze mais importantes culturas do mundo. São Paulo: Ícone. 91p. 1986
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise clínicas de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 41p. 1983. (Boletim técnico n. 78).
- BEZERRA, I. L.; OLIVEIRA, J. J. de; SOUZA, R. P.; LEÃO, A. B.; DANTAS, J. P. Efeito do gesso associado a adubação mineral e adubação orgânica na produção da batata-doce. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS**, 21. 1994, Petrolina, PE. Anais... Petrolina, PE: SBCS/EMBRAPA-CPATSA, 1994. p 444, ref. 365-366.
- BRITO, C. H. de; OLIVEIRA, A. P. de; ALVES, A. U.; DORNELES, C. S. M.; SANTOS J. F. dos; NOBREGA, J. P. R. Produtividade de batata-doce em função de doses de K₂O em solo arenoso. **Horticultura Brasileira**, Brasília v. 24, n. 3, p. 320-323, setembro, 2006.
- CASALI, V. W. D. Sugestão de adubação de hortaliças: In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. ed. Viçosa: 1999. cap. 18, p. 171-208.
- CHAVES, A. **Batata-doce pode virar combustível de baixo custo**. Disponível em <http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u4788.shtml>. Acesso em 03/05/2013.
- CHAVES, L. H. G.; PEREIRA, H. H. G. **Nutrição e adubação de tubérculos**. Campinas: Cargill, 1985, 97p.
- DEENIK, J.; HAMASAK, R.; SHIMABUKUS, R.; NAKAMOTO, S.; UCHIDAS, R. Phosphorus fertilizer management for head cabbage. **Soil and crop management**. Manoa .n.16, oct. 2006.

ECHER, F. R.; DOMINATO, J. C.; CRESTE, J. E. Absorção de nutrientes e distribuição da massa fresca e seca entre órgãos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**. v. 27, n. 2, p. 176-182. abril a junho 2009a.

ECHER, F. R.; DOMINATO, J. C.; CRESTE, J. E.; SANTOS, D. H. Fertilização de cobertura com boro e potássio na nutrição e produtividade da batata-doce. **Horticultura Brasileira**. v. 27. n. 2, p. 171-175. abril a junho 2009b.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Cultivo da batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam)**. Brasília: Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária. 3 ed. 1995. (Embrapa-CNPq. Instruções Técnicas, 7).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Hortalças. Brasília, DF. 2004. Disponível em <<http://www.cnpq.embrapa.br/sistprod/batatadoce/index.htm>>. Cultura da batata-doce. Acessado em 20/12/2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortalças**. 3. ed. Viçosa: 2008. UFV. cap. 21. p. 371-377 .

FOLQUER, F. La batata (Camote) Estudio de la planta y su producción comercial. Buenos Aires: **Editorial Hemisfério Sur**, 144p. 1978.

FOLONI, J. S. S.; CORTE, A. J.; CORTE, J. R. N. do; ECHER, F. R.; TIRITAN, C. S. Adubação de cobertura na batata-doce com doses combinadas de nitrogênio e potássio. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 117-126, jan./fev. 2013.

FONTES, P. C. R. Alfaca. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, p.177. 1999.

GAD, N.; HASSAN, N. M. K. Influence of cobalt and phosphorus on growth, yield quantity and quality of sweet potato (*Ipomoea batatas* L). **Journal of Applied Sciences Research**. v.7, n. 11 p. 1501-1506, 2011.

GOMES, F. L. **Produção e qualidade de duas variedades de *Ipomoea batatas* (L) Lam submetida a densidade de plantio e quantidades de fósforo**. 2010. 69p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

GRANT, C. A.; FLANTEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. Potafos - Associação

Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo. **Informações Agronômicas**, v.95, p. 1-5. 2001.

HAMEDA, S. E. A. et al.; DEAN, S. A. et al.; EZZAT, S.; MORSY, A. H. A. et al. Responses of productivity and quality of sweet potato to phosphorus fertilizer rates and application methods of the humic acid. **International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science**. v. 1, n.9, p. 383-389. november, 2011.

IBGE. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. 2011. Sistema de informação. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas> Acesso em: 12 de agosto de 2012.

IBGE. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. Lavoura temporária no ano 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas>. Acesso em 03 de abril de 2012.

JOERN, B. C.; VITOSHI, M. L. Influence of applied nitrogen on potato. Part I: yield, quality and nitrogen uptake. *American Potato Journal*, v. 72, p. 51-63, 1995.

LABGEO. **Atlas do Maranhão**. 2 ed. São Luís: GEPLAN, 38p. 2002.

LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da Região Centro-Oeste. In: OLIVEIRA, A. J. de. **Adubação fosfatada no Brasil**. Brasília: Embrapa-DID, 1982. 209 p. (Embrapa-DID. Documento, 21).

LORENZI, J. O.; MONTEIRO, P. A.; MIRANDA FILHO, H. S.; RAIJ, B. van. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: 2. ed. Instituto Agronômico de Campinas, 1997. p. 221-229 (Boletim Técnico, 100).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. **revista atual**. Piracicaba: POTAFOS, 319p. 1997.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: 2. ed Academic Press, 1997.

MELO, A. S. de; COSTA, B. C.; BRITO, M. E. B.; NETTO, A. O. A.; VIEGAS, P. R. A. Custo e rentabilidade na produção de batata-doce nos perímetros irrigados de Itabaiana, Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 119-123, abr/jun. 2009.

MENDONÇA, A. T. C.; PEIXOTO, N. Efeitos do espaçamento e de níveis de adubação em cultivares de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 9, n. 2, p. 80-82, nov. 1991.

MONTEIRO, F. A.; DECHEN, A. R.; CARMELO, Q. C. A. **Nutrição mineral e qualidade de produtos agrícolas**. In: ABEAS. Curso de nutrição mineral de plantas. Piracicaba: ABEAS-ESALQ, 27 p. 1997.

MONTEIRO, D. A.; PERESSIN, V. A. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C., (eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: 2. ed. Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. p. 221-229 (Boletim Técnico, 100).

NATALE, W.; COUTINHO, E. L. M.; BOARETTO, A.; PEREIRA, F. M. Dose mais econômica de adubo nitrogenado para a goiabeira em formação. **Horticultura Brasileira**. v.14, n.2 p.196-199, 1996.

NUCLEO GEOAMBIENTAL; Laboratório de meteorologia – **NUGEO/LABMET/UEMA**. Informativo climático disponível em: www.nemrh.uema.br, acesso em 25 de outubro de 2012.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. E. L. da; PEREIRA, W. E.; BARBOSA, L. J. N. da. Produção de batata-doce e teor de amido nas raízes em função de doses de P_2O_5 . **Acta Sci Agron**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 747-745, out/dez. 2005.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. E. L. da; PEREIRA, W. E.; BARBOSA, L. J. N. das; OLIVEIRA, A. N. P. de. Características produtivas da batata-doce em função de doses de P_2O_5 , de espaçamento e de sistema de plantio. **Cien. Agrotec.** Lavras, v.30, n.4, p. 611-617, jul/ago, 2006.

PEREIRA, P. R. G.; FONTES, P. C. R. **Nutrição mineral de hortaliças** In: FONTES, P. C. R. (Ed) Olericultura: Teoria e Prática. Viçosa, UFV. p. 39-35. 2005.

POTAFOS-Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato. **Potássio: necessidade e uso na agricultura moderna**. 45p. 1990.

PRADO, R. M. de. **Nutrição de plantas**. São Paulo: UNESP, 407p. 2008.

PRADO, R. G. **Superfosfato simples contendo fosfato de ferro de baixa solubilidade aplicado em solos de várzea do Rio Grande do Sul**. 2009. 78p. Dissertação (Mestrado em). UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, 2009.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**: A agricultura em regiões tropicais. 8. ed. São Paulo: Nobel, 1990. Cap. 8, p. 258-336.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, 343p. 1991.

RAIJ, B. V.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônômico. 1997, cap. 285p. 1997.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. cap. 10, p. 217-248.

RAMAN. K.V.; ALLEYNE, E.H. Biology and management of the west indian sweet potato weevil, *Euscepes postfasciatus*. In: Jansson, R.K & Raman, K.V. (Eds): Sweet potato pest management: A global perspective. Boudier, **Westview Press**, p. 263-282. 1991.

REIS, J. R. A.; MONNERAT, P. H. Exportação de nutrientes nos tubérculos de batata em função de doses de sulfato de potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 360-364, 2001.

SANTOS, J. F. **Fertilização orgânica de batata-doce com esterco bovino e biofertilizante**. 2008. Tese (Doutorado em Agronomia). 110p. UFP - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2008.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. **Cultura da batata-doce**. In: CEREDA MP; Agricultura: Tuberosas amiláceas latino americanas, São Paulo: Cargill, v. 2, p. 449-503, 2002.

SILVA, G. S. **Adubação fosfatada e potássica para repolho cultivado em latossolo com teor alto dos nutrientes**. 2012. 48p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) UNESP - Universidade Estadual Faculdade Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Jaboticabal, 2012.

SOARES, K. T; MELO, A. S; MATIAS, E. C. A Cultura da batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). João Pessoa: EMEPA-PB. 26p. 2002. (EMEPA-PB. Documentos, 41).

SOKOTO, M.B.; MAGAJI, M. D.; SINGH, A. Growth and yield of irrigated sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam) as influenced by intra row spacing and potassium. **Journal of Plant Sciences**, Nigéria, v.2, n. 1, p. 54-60. 2007.

SOUSA, P. S. **Nutrição mineral e adubação da batata-doce (*Ipomoea batatas* Lam)**. 1990. 60f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias- Universidade Federal da Paraíba, Areia, 1990.

SOUZA, E. C. A de.; COUTINHO, E. L. M.; NATALE, W.; BARBOSA, J. C. Resposta do milho à adubação com fósforo e zinco. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 33, n. 7, p.103-106. Jul 1998.

WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C.A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2297-2305. 2008.

YAMADA, T.; STIPP, S. R.; ABDALLA. **Anais do Simpósio sobre Fósforo na Agricultura brasileira**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 2. ed. Piracicaba: 2004. cap.4 p. 107-103, 2004.

YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. **Anais do Simpósio sobre Potássio na Agricultura brasileira**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba: cap. 8-9, p.179-256. 2005.