

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS MORRINHOS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

EFEITO DA LIMPEZA CLONAL NA ABSORÇÃO DE
NUTRIENTES E NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE
CULTIVARES DE BATATA-DOCE

Autora: Kelly Cristina Costa do Nascimento
Orientador: D.Sc. Juscimar da Silva

MORRINHOS-GO
2017

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS MORRINHOS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

EFEITO DA LIMPEZA CLONAL NA ABSORÇÃO DE
NUTRIENTES E NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE
CULTIVARES DE BATATA-DOCE

Autora: Kelly Cristina Costa do Nascimento
Orientador: D.Sc. Juscimar da Silva

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRA EM OLERICULTURA, no Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos - Área de Concentração Olericultura.

MORRINHOS-GO
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos

N244e Nascimento, Kelly Cristina Costa do.

Efeito da limpeza clonal na absorção de nutrientes e nos componentes de produção de cultivares de batata-doce. / Kelly Cristina Costa do Nascimento. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2017.

53 f. : il.

Orientador: Dr. Juscimar da Silva.

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Olericultura, 2017.

1. *Ipomea batatas*. 2. Nutrição. 3. Índice de colheita. I. Silva, Juscimar da. II. Instituto Federal Goiano. Mestrado Profissional em Olericultura. III. Título

CDU 633.49

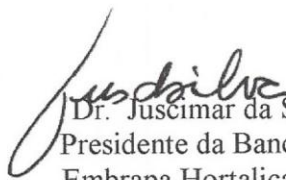
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA


EFEITO DA LIMPEZA CLONAL NA ABSORÇÃO DE
NUTRIENTES E NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE
CULTIVARES DE BATATA-DOCE

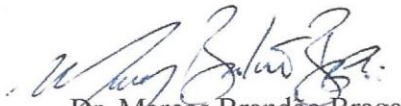
Autor: Kelly Cristina Costa do Nascimento
Orientador: Juscimar da Silva

TITULAÇÃO: Mestre em Olericultura-Área de Concentração Sistemas de
Produção em Olerícolas.

APROVADO em 11 de agosto de 2017


Dr. Juscimar da Silva
Presidente da Banca
Embrapa Hortaliças


Dr. Ítalo Moraes Rocha Guedes
Avaliador Externo
Embrapa Hortaliças


Dr. Marcos Brandão Braga
Avaliador Externo
Embrapa Hortaliças

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida.

Ao Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, seu corpo docente, direção, administração, técnicos e a todos os funcionários.

À coordenadora da pós-graduação, professora D.Sc. Clarice Megguer, ofereço toda a minha gratidão e respeito, por ser esse exemplo de profissional;

À Embrapa Hortaliças, pela oportunidade de trabalho e pesquisa no laboratório de solos e nutrição.

Ao meu orientador, professor D.Sc. Juscimar da Silva, sempre prestativo, um amigo que ensina e corrige, que está atento a tudo, uma humildade ímpar.

Aos colegas estagiários do laboratório de solos da Embrapa, meus singelos agradecimentos por toda dedicação.

A todos os meus familiares, em especial, à minha mãe, Maria Aparecida da Costa, pois sem seu ombro não teria conquistado nada nessa vida; ao meu pai, Reinaldo Mota (em memória), pois sei que está muito orgulhoso; aos meus irmãos, em especial minha irmã Karen, que foi minha alavanca, estreitando os meus caminhos para chegar ao destino final; às minhas sobrinhas, por todo o apoio e incentivo.

Às minhas queridas filhas, Ana Beatriz e Ana Laura, pela paciência, carinho e por entenderem a ausência da mamãe para a realização deste mestrado. Amo muito vocês!

Ao meu esposo, Hélio Germano Júnior, apesar das dificuldades, o seu apoio me fez ser perseverante.

Muito obrigada!

BIOGRAFIA DO AUTOR

Kelly Cristina Costa do Nascimento, nascida em Brasília, em 27 de outubro de 1975, filha de Maria Aparecida da Costa e Reinaldo Mota do Nascimento. No ano de 2001, ingressou-se na Universidade Federal de Goiás (UFG), onde se graduou como Engenheira Agrônoma, em 2006. Em seguida, foi desempenhar suas atividades nos municípios de Jussara e Santa Fé de Goiás, na agência da Agrodefesa, como fiscal agropecuária, onde permaneceu até meados de 2008. No ano de 2011, veio firmar residência em Formosa – GO, atuando como superintendente de agricultura na Prefeitura Municipal, desenvolvendo atividades ligadas à agricultura familiar e aos assentamentos da reforma agrária. Em 2012, ingressou-se no Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR), desenvolvendo treinamentos nas áreas de horticultura e fruticultura. No ano de 2015 ingressou-se no programa de pós-graduação em Olericultura, em nível de mestrado, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Morrinhos, sob a orientação do professor D.Sc. Juscimar da Silva, que resultou em uma dissertação, defendida em 11 de agosto de 2017.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	VI
ABSTRACT.....	VIII
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Aspectos gerais da cultura da batata-doce.....	2
2.2 Aspectos nutricionais da batata-doce.....	4
2.3 Limpeza clonal.....	6
2.4 Referências Bibliográficas.....	7
3. CAPÍTULO I.....	12
RESUMO.....	12
ABSTRACT.....	14
3.1 Introdução.....	15
3.2 Material e Métodos.....	18
3.3 Resultados e Discussão.....	21
3.3.1 Produção e acúmulo de matéria seca.....	21
3.3.2 Índice de colheita (IC).....	25
3.3.3 Absorção de nutrientes pelos cultivares de batata-doce.....	28
3.3.4 Taxa diária de absorção de nutrientes.....	32
3.4 Conclusões.....	34
3.5 Referências.....	34
4. CONCLUSÃO GERAL.....	37
APÊNDICES.....	38

RESUMO

NASCIMENTO, KELLY CRISTINA COSTA DO. Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, agosto de 2017. **Efeito da limpeza clonal na absorção de nutrientes e nos componentes de produção de cultivares de batata-doce.** Orientador: D.Sc. Juscimar da Silva.

A batata-doce tem como centro de origem a América Central e foi difundida pelos portugueses e espanhóis. Atualmente, é utilizada tanto para a agricultura comercial como para a produção de alimentos de subsistência, principalmente por produtores de base familiar, por meio da produção comercial de raízes e alimentação de animais, utilizando-se dos resíduos da parte aérea da planta e descartes de raízes. No entanto, vários fatores são limitantes à produção, dentre eles, o desconhecimento sobre cultivares, o manejo de água e fertilizantes e a infecção por doenças degenerativas, representadas principalmente pelas viroses. A limpeza clonal, por meio da técnica de cultura de tecidos, é utilizada para eliminar fitopatógenos de várias espécies de plantas de propagação vegetativa e figura como principal alternativa para a produção de batata-doce com elevada qualidade fitossanitária. O objetivo deste trabalho foi avaliar o acúmulo de nutrientes pelas cultivares de batata-doce Beauregard, Brazlândia Roxa e Princesa, submetidas ao processo de limpeza clonal. O ensaio foi montado em ambiente protegido e o delineamento adotado se deu em blocos casualizados com dois tratamentos e três cultivares, fatorial 3x2, com três repetições cada. As coletas foram realizadas aos 20, 55, 75, 96, 121, 143, 173, 193 dias após o transplante das ramas. As parcelas foram constituídas em tubos de PVC de 300 mm, cortados na parte superior e preenchidos com areia de granulometria média, contendo 20 plantas cada um, com espaçamento de 0,80 x 0,50 cm. O uso da areia foi necessário para minimizar a possível contaminação dos tubérculos com elementos químicos, caso se realizasse o cultivo direto no solo. Os nutrientes foram fornecidos por meio de fertirrigação, utilizando

bomba injetora dosadora. Depois de coletadas, as plantas foram divididas em parte aérea vegetativa (PVeg. - folhas e ramos) e parte comercial (PCom. - tubérculos). Em seguida, as amostras foram secadas em estufa com circulação forçada de ar e o teor de matéria seca (MS) determinada por meio de pesagem. O conteúdo de nutrientes na MS foi estimado após solubilização ácida das amostras, com digestão assistida por micro-ondas. A partir dos dados de MS e do conteúdo de nutrientes, foram estimadas a taxa de acúmulo de MS (TC) e a taxa de absorção diária (TA), além do índice de colheita (IC). A limpeza clonal afetou positivamente a produção de MS das plantas. Os dados sugerem que plantas que não passaram pela limpeza clonal direcionaram seus fotoassimilados para produção de tubérculos, apresentando maiores valores de MS na PCom, enquanto as plantas submetidas a limpeza clonal canalizaram sua produção para a MS Pveg. O IC também se apresentou de forma diferenciada, pois as plantas com limpeza clonal tiveram desempenho inferior, se comparadas com as plantas sem a limpeza clonal, e as relações observadas foram inferiores a 50% até o terço final do ciclo. Esse comportamento, muito provavelmente, é fruto da perda de vigor produtivo das plantas oriundas de cultivo *in vitro*. Não foi observado efeito na ordem de absorção de nutrientes que seguiu a ordem: $K > Ca > P > Mg > S > Fe > Mn > Zn > B > Cu > Mo$. O acúmulo de nutrientes foi maior nas plantas livre de vírus e mostra claramente que cada cultivar apresenta demanda diferenciada de nutrientes. Ressalta-se que os dados da taxa de absorção diária (TA) é uma variável importante para auxiliar no manejo de adubação.

PALAVRAS-CHAVE: *Ipomoea batatas* (L.); nutrição de batata-doce; marcha de absorção; índice de colheita.

ABSTRACT

NASCIMENTO, KELLY CRISTINA COSTA DO. Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, August, 2017. **Effect of clonal cleaning on nutrient uptake and production components of sweet potato cultivars.** Advisor: D.Sc. Juscimar da Silva.

The sweet potato has as its center of origin Central America and was spread by the Portuguese and Spanish. It is currently used for both commercial agriculture and subsistence food production, mainly by family-based producers, through the commercial production of roots and feeding of animals, using the residues of the aerial part of the plant and discards of roots. However, several factors are limiting to the production, among them, the lack of knowledge about cultivars, the management of water and fertilizers and the infection by degenerative diseases, represented mainly by viruses. Clonal cleaning, through tissue culture, is used to eliminate phytopathogens from several species of vegetatively propagated plants and is the main alternative for the production of sweet potatoes with high phytosanitary quality. The objective of this work was to evaluate the accumulation of nutrients by the sweet potato cultivars Beauregard, Brazlândia Roxa and Princesa, submitted to the clonal cleaning process. The experiment was set up in a protected environment and the design was done in randomized blocks with two treatments and three cultivars, factorial 3x2, with three replicates each. The collections were performed at 20, 55, 75, 96, 121, 143, 173, 193 days after transplanting the branches. The plots were composed of 300 mm PVC tubes, cut in the upper part and filled with medium granulometry sand, containing 20 plants each, with a spacing of 0.80 x 0.50 cm. The use of the sand was necessary to minimize possible contamination of the tubers with chemical elements, in case the direct cultivation was carried out in the soil. The nutrients were supplied by means of fertigation, using a dosing injection pump. After being collected, the plants were divided into vegetative aerial part (PVeg. - leaves and branches) and commercial part (PCom. - tubers). The samples were then

oven dried with forced air circulation and the dry matter (DM) content determined by weighing. The nutrient content in DM was estimated after acid solubilization of the samples, with microwave assisted digestion. From the DM data and the nutrient content, the accumulation rate of DM (TC) and the daily absorption rate (AR), besides the harvest index (HI), were estimated. Clonal cleaning affected positively the DM production of the plants. The data suggests that plants that did not undergo clonal cleaning directed their photoassimilates to produce tubers, presenting higher DM values in the PCom, while the plants submitted to clonal cleaning channeled their production to DM PVeg. The HI was also presented in a differentiated way, because the plants with clonal cleaning had inferior performance, when compared to the plants without clonal cleaning, and the observed relations were less than 50% until the final third of the cycle. This behavior is most likely due to the loss of productive vigor of plants grown *in vitro*. No effect was observed in the order of nutrient uptake that followed the order: $K > Ca > P > Mg > S > Fe > Mn > Zn > B > Cu > Mo$. The accumulation of nutrients was higher in the virus-free plants and clearly shows that each cultivar presents a differentiated nutrient demand. It should be emphasized that the data of the daily absorption rate (AR) is an important variable to aid in the management of fertilization.

KEYWORDS: *Ipomoea batatas* (L.); sweet potato nutrition; absorption rate; harvest index.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) é uma planta nativa da América Central constituindo-se, atualmente, uma das principais culturas tuberosas produzidas em regiões tropicais e subtropicais de todo o mundo. O baixo custo de produção, a rusticidade do cultivo, o alto potencial produtivo e o valor nutricional da batata-doce são características importantes desta cultura olerícola. Sua utilização é destinada, sobretudo, para a alimentação humana e animal, bem como matéria-prima na indústria de alimentos e para a produção de etanol (CASTRO, 2010).

Apesar de a batata-doce ter um elevado potencial produtivo, a média brasileira é de 12,19 t ha⁻¹, valor esse considerado baixo. O motivo pela baixa produção está associado a diversos fatores, dentre eles, a forma tradicional de propagação da planta, por meio de ramos-semente ou mesmo de raízes tuberosas, obtidas quase sempre na época da colheita (AMARO et al., 2014). Esse processo de multiplicação apresenta sérios problemas, com destaque para a dificuldade de conservação do material de plantio, disseminação de pragas e doenças, principalmente aquelas provocadas por organismos sistêmicos; ressalta-se ainda sua pequena capacidade multiplicativa, dificuldade de eliminação de vírus e desuniformidade nos plantios (SILVA et al., 1991).

Os vírus são os fitopatógenos mais difundidos em cultivos comerciais de batata-doce, podendo ocasionar quedas substanciais no rendimento de até 80%, além de reduzir a qualidade e conservação dos tubérculos e de prejudicar a resistência ao ataque de insetos (OGGEMA et al., 2007; YANG, 2010; FERNANDES, 2013).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a produção de massa seca total (MS), a marcha de absorção de nutrientes e o índice de colheita das cultivares (IC) de batata-doce Beauregard, Brazlândia Roxa e Princesa, oriundas de clones de plantas submetidas à limpeza clonal e sem a limpeza clonal.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cultura da batata-doce

A batata doce (*Ipomoea batata* (L.) Lam.), pertencente à família das Convolvuláceas, é uma hortaliça de raiz tuberosa, rica em vitaminas e minerais, originária do continente americano, é cultivada e apreciada em todos os países (MELO et al., 2009). Mundialmente é a sétima colocada entre as espécies cultivadas mais importantes. Os países de maior produção são a Indonésia, China, Índia e Japão (MASSAROTO, 2008; MELO et al., 2009).

A batata-doce é uma hortaliça que se destaca pela facilidade de cultivo, rusticidade, ampla adaptação a diferentes tipos de solo e clima, alta tolerância à seca e baixo custo de produção. Pode ser empregada na alimentação humana e animal e como matéria-prima nas indústrias de alimentos, tecidos, papel, cosméticos, preparação de adesivos e álcool carburante (CARDOSO et al., 2005).

A maior parte da produção mundial de batata-doce (98,6%) concentra-se em países em desenvolvimento onde, em virtude do nível de tecnologia empregado, a produtividade média está bem abaixo do potencial para a cultura, que pode ser superior a 40 t ha⁻¹ e, valores de 25 a 30 t ha⁻¹ podem ser facilmente obtidos com 4 a 5 meses de cultivo (MIRANDA et al., 1987; ANDRADE JÚNIOR et al., 2009).

No Brasil, a batata-doce é a quarta hortaliça mais cultivada. Em 2010, foram produzidas 495,2 mil toneladas em 41.999 ha, com produtividade média de 11,8 t ha⁻¹ de raízes tuberosas (IBGE, 2012). O Rio Grande do Sul é o estado com a maior área plantada (12.600 ha), com uma produção de 154.071 toneladas e rendimento médio de 12,5 t ha⁻¹. No estado de Minas Gerais foram produzidas 37.632 toneladas de batata-doce, numa área cultivada de 2.330 ha e rendimento médio de 16,2 t ha⁻¹ (IBGE, 2012). Baixas produtividades podem estar relacionadas ao desconhecimento de práticas culturais adequadas e também à utilização de materiais genéticos (cultivares) obsoletos,

suscetíveis a pragas e doenças de solo, principalmente a insetos crisomelídeos, à broca da raiz e aos nematóides das galhas do gênero *Meloidogyne* spp.

Por outro lado, há um esforço por partes das instituições de pesquisas em melhorar o rendimento produtivo da cultura. Os programas de melhoramento de batata-doce desenvolvidos por empresas como a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) visam aumentar a produção da cultura, o teor de amido e a resistência a insetos de solo. Atualmente, o Brasil dispõe de cultivares de batata-doce lançadas pela Embrapa com produtividade média de 30 t ha⁻¹ (OLIVEIRA, 2013).

De acordo com Alpefeler e Fernandes (2012), a cultura vem apresentando sérios problemas com a disseminação de doenças, principalmente as de etiologia viral. Para Clark *et al.* (2012), a cultura é infectada hoje por mais de 30 vírus que são transmitidos entre plantas, principalmente por moscas-brancas e pulgões, e são distribuídos em nove famílias taxonômicas, identificadas como: Bromoviridae, Bunyaviridae, Caulimoviridae, Closteroviridae, Comoviridae, Betaflexiviridae, Geminiviridae, Luteoviridae e Potyviridae.

De acordo com Fernandes (2013), o método de propagação da batata-doce induz o acúmulo de fitopatógenos virais causando degenerescência (perdas de produção) que podem chegar a 90%. Ainda, de acordo com a autora, os fatores que colaboram para elevada frequência de transmissão de fitopatógenos por meio da multiplicação vegetativa são: propágulos constituintes da planta mãe que permanecem no campo por um longo período sujeito a contaminações; estruturas com elevado teor de umidade; coletas passíveis de cortes e fermentos, facilitando a penetração de fitopatógenos; partes da planta que se desenvolvem junto ao solo, facilitando a transmissão de fungos e bactérias, dentre outros.

Visando contornar as perdas de produção devido às infecções virais, os centros de pesquisas estão testando no plantio materiais livres de vírus, obtidos por meio de recursos da biotecnologia (KROTH *et al.*, 2004). A utilização de batata-doce de elevada qualidade fitossanitária por meio da limpeza clonal é uma alternativa (FERNANDES; DUSI, 2013). A limpeza clonal é utilizada em várias espécies de propagação vegetativa, como é o caso do alho, morango, batata-inglesa, maçã, maracujá, abacate, citros, cana-de-açúcar, entre outras espécies vegetais, para eliminar fitopatógenos. Ensaios de pesquisas já realizadas comparando plantas provenientes de limpeza clonal e plantas comuns, mostraram ganhos de até 126% em relação ao número de raízes, e peso de raízes comerciais (CASTRO, 2010).

Resultados de Ros et al.(2011) comparando a produtividade de raízes tuberosas e seu formato, a partir de plantas de batata-doce oriundas de matrizes isentas de vírus e de matrizes originadas de cultivo comercial, indicaram que a utilização de ramas provenientes de matrizes livres de vírus proporcionou maiores produtividades totais e comerciais, em relação às ramas provenientes de plantio comercial. Câmara (2009) avaliando o crescimento e desempenho agrônomico de cultivares de batata-doce, produzidas de forma convencional e *in vitro*, nas condições climáticas de Mossoró-RN, observou um rendimento agrônomico superior nas cultivares de propagação *in vitro*. Segundo Fernandes e Dusi (2013), estudos feitos no Rio de Janeiro utilizando plantas oriundas de limpeza clonal apresentaram ganhos de produtividade em torno de 23 a 108%, reforçando a teoria da necessidade da limpeza em relação aos plantios convencionais, oriundos de ramas já estabelecidas na comunidade.

2.2 Aspectos nutricionais da batata-doce

As curvas de absorção de nutrientes e o acúmulo de massa de matéria seca em função da idade da planta possibilitam conhecer os períodos de maiores exigências nutricionais e de produção de massa de matéria seca, obtendo-se informações seguras quanto às épocas mais adequadas de aplicação de fertilizantes (MAGNIFICO et al., 1979; GARCIA et al., 1982; HAAG; MINAMI, 1988).

Para a maioria das hortaliças tuberosas, o potássio (K) é o principal nutriente mineral em ordem de extração, e, no caso específico da batata-doce, as lavouras têm apresentado altas respostas à adubação potássica (FILGUEIRA, 2003). O K é importante porque incrementa a translocação de carboidratos nas plantas, melhora a eficiência do uso da água, potencializa a adubação nitrogenada e favorece a qualidade do produto a ser comercializado, dentre outras funções (MARSCHNER, 1995).

O nitrogênio (N) é o segundo nutriente mineral mais exigido pelas hortaliças que produzem tubérculos, em termos de quantidade. Porém, a adubação nitrogenada pode ser problemática para a cultura da batata-doce, visto que, em condições de alta oferta de N, pode haver intenso crescimento vegetativo, em detrimento da formação de raízes tuberosas (SILVA et al., 2002; FILGUEIRA, 2003).

As deficiências de N e K na batata-doce podem ser bastante prejudiciais, pois causam senescência acelerada das folhas, comprometendo a produtividade e o tamanho de raízes comercializáveis; ademais, provoca ainda o declínio do crescimento

vegetativo, reduzem o acúmulo de amido nos tecidos de reserva e podem levar a alterações de características de mercado importantes, como a textura e firmeza da polpa das raízes tuberosas (CHAVES; PEREIRA, 1985; SILVA et al., 2002).

Cantarella (2007) enfatiza que, no manejo da adubação, as interações mais comuns relacionadas ao N são as que acontecem com o K, além disso, ambos nutrientes são absorvidos em proporções relativamente altas para quase todas as espécies cultivadas, apresentando normalmente, associações do tipo não-competitiva. O autor reforça que o suprimento balanceado de N e K frequentemente aumenta a resposta a ambos, e o inverso também é verdadeiro, ou seja, a não adição de um dele sem solos deficientes pode levar a decréscimos na resposta ao outro.

Silva et al. (2002) também reforçam que a adubação nitrogenada pode ser problemática para a batata-doce, visto que pode forçar o crescimento exagerado da parte aérea das plantas, em detrimento das raízes tuberosas.

A marcha de absorção de nutrientes é a ferramenta chave para avaliar o acúmulo de elementos essenciais para as plantas, uma vez que fornece informação sobre a exigência nutricional da cultura em seus diferentes estádios fenológicos, sinalizando as épocas mais propícias à adição de fertilizantes. Entretanto, a quantidade e a proporcionalidade dos nutrientes absorvidos pelas plantas são funções de características intrínsecas do vegetal, como, também, dos fatores externos que condicionam o processo (ECHER et al., 2009).

No Brasil, dados referentes à extração de micronutrientes pela batata-doce são escassos. No entanto, relatos na literatura indicam que, para cada tonelada de raízes tuberosas de batata-doce, são extraídas 66 gramas de Boro (B) (BYJI, 2008), assim, para produtividades de 15 t ha^{-1} , a exportação seria em torno de 1 kg de B. Ao estudar a absorção de potássio pela batata-doce, Scott (1950) verificou que a absorção foi baixa nos primeiros 60 dias, porém, aumentando aos 90 dias, acarretando no acúmulo de quase todo potássio na parte aérea da planta, provocando a translocação para as raízes tuberosas, que se deu aos 120 e 150 dias.

No trabalho realizado por Fabro et al. (1976), concluiu-se que a absorção de nutrientes em batata-doce varia significativamente com o tempo, com destaque para o K e o para o N, que a partir da oitava semana após o plantio, tiveram altas taxas de absorção.

2.3 Limpeza clonal

Dentre os problemas apresentados pela cultura, destaca-se como principal o processo de multiplicação vegetativa, o qual favorece a disseminação de doenças, especialmente as viroses (MOYER et al., 1989; MOYER; SALAZAR, 1989). Mais de 30 vírus que infectam a cultura da batata-doce foram identificados e estão distribuídos em nove famílias taxonômicas: *Bromoviridae*, *Bunyaviridae*, *Caulimoviridae*, *Closteroviridae*, *Comoviridae*, *Betaflexiviridae*, *Geminiviridae*, *Luteoviridae* e *Potyviridae* (CLARK et al., 2012). Os vírus que afetam essa cultura são transmitidos entre plantas, principalmente por moscas-brancas e pulgões (VALVERDE et al., 2004). No Brasil, já foram relatadas as espécies *Sweetpotatofeatherymottlevirus* (SPFMV), *Sweetpotatolatentvirus* (SPLV) e *Sweetpotatomildspecklingvirus* (SPMSV), pertencentes ao gênero *Potyvirus* (família *Potyviridae*); *Sweetputativomildmottlevirus* (SPMMV, gênero *Ipomovirus*, família *Potyviridae*); *Sweetpotatochloroticstuntvirus* (SPCSV, gênero *Crinivirus*, família *Closteroviridae*) e *Sweetpotatochloroticfleckvirus* (SPCFV, gênero *Carlavirus*, família *Betaflexiviridae*) (KROTH et al., 2001; POZZER et al., 1993; POZZER et al., 1995a).

Fernandes (2013) menciona que os vírus são os fitopatógenos mais difundidos em cultivos comerciais de batata-doce e, em função da multiplicação vegetativa, a batata-doce tende a aumentar a incidência de plantas infectadas durante os sucessivos cultivos, resultando em uma significativa redução na quantidade e qualidade da produção, fenômeno referido como degenerescência. A degenerescência por viroses e pela ocorrência do mal-do-pé (doença causada pelo fungo *Plenodomusdestruens*) tem levado à perda de produtividade dos materiais suscetíveis. Danos consideráveis são promovidos pelo acúmulo de vírus, tais como distúrbios celulares que afetam a síntese de proteínas e, por consequência, a fotossíntese, a diminuição no transporte de assimilados, redução e deformação foliar, com reflexo negativo a perda do vigor sobre o rendimento das raízes e redução considerável da produção comercial.

O acúmulo de vírus pode constituir fator limitante para a produção de batata-doce, sendo que já foram descritas perdas de até 90% (CLARK e MOYER, 1988; CLARK e HOY, 2006; MUKASA *et al.*, 2006; LOEBENSTEIN e THOTTPILLY, 2009). A perda de vigor vegetativo observada com as sucessivas multiplicações ocasiona maior propensão aos danos causados por outras doenças que ocasionalmente podem acometer a cultura ao longo do cultivo. O declínio da cultivar, um fenômeno

caracterizado pela queda na produtividade e nos atributos qualitativos ao longo dos anos após a liberação do genótipo para o plantio, é uma preocupação na cultura da batata-doce (BRYAN et al., 2003a, 2003b; CLARK et al., 2012).

Segundo Cecílio Filho (1996), os benefícios fisiológicos propiciados pela limpeza clonal, expressos no incremento de produtividade das cultivares avaliadas, podem manifestar-se por alguns ciclos de cultivo, favorecendo a amortização do custo das mudas de cultura de tecidos. Entretanto, a divergência entre os resultados observados neste experimento e aqueles verificados por Pozzer et al. (1993) é que, já no segundo ciclo de cultivo não constataram diferença significativa de produtividade entre plantas de propagação convencional e plantas que passaram pela limpeza clonal; muito provavelmente, tal fato se deve ao local de cultivo da batata-doce, o qual atua decisivamente sobre a população do vetor, favorecendo ou não, maior rapidez de reinfecção virótica das plantas.

Um protocolo otimizado e aplicável a diferentes genótipos é fundamental para a manutenção *in vitro* de germoplasma elite, propagação rápida, produção comercial, intercâmbio e pesquisa. No Brasil, Torres et al. (1996) desenvolveram um protocolo eficiente para a obtenção direta e rápida de plantas de batata-doce livres de vírus. Esse protocolo é utilizado no laboratório de biologia celular, da Embrapa Hortaliças, para a produção de matrizes de batata-doce com elevada qualidade fitossanitária.

Verificou-se que Fernandes (2013) descreve o processo de obtenção de material propagativo de batata-doce de alta qualidade fitossanitária, relatando as etapas básicas do processo, de forma sucinta, do procedimento de limpeza clonal utilizado pela Embrapa Hortaliças.

2.4 Referências Bibliográficas

APELFELER, D.; FERNANDES, F.R. Regeneração de plantas de batata-doce *in vitro* após o cultivo de ápices caulinares: In: JORNADA CIENTÍFICA DA EMBRAPA HORTALIÇAS. Brasília, DF. 2012. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/930034/1/IJCEHDiego.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

AMARO G.B.; CARMONA P.A.O.; FERNANDES F.R.; SILVA G.O.; PEIXOTO J.R. 2014. Desempenho de cultivares de batata-doce a partir de mudas de alta qualidade fitossanitária em Ceilândia-DF. Horticultura Brasileira, v.31: S2003- S2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/112718/1/A6056-T9712-Comp1.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

ANDRADE JÚNIOR V.C.; VIANA D.J.S.; FERNANDES J.S.C.; FIGUEIREDO J.A.; NUNES U.R.; NEIVA I.P. 2009. Selection of sweet potato clones for the region Alto Vale do Jequitinhonha. *Horticultura Brasileira*, vol. 27, nº 3, p. 389-393, Sep. 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362009000300024>>. Acesso em: 24 mai. 2017.

BRYAN, A.D.; PESIC-VANESBROECK, Z.; SCHULTHEIS, J.R.; PECOTA, K.V.; SWALLOW, W. H.; YENCHO, G. C. Cultivar decline in sweet potato: II. Impact of virus infection on yield and storage root quality in 'Beauregard' and 'Hernandez'. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 128, n. 6, p. 856-863, nov. 2003a.

BRYAN, A.D.; SCHLTHEIS, J.R.; PESIC-VANESBROECK, Z.; YENCHO, G.C. Cultivar decline in sweet potato: I Impact of micropropagation on yield, storage root quality, and virus incidence in 'Beauregard'. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 128, n. 6, p. 846-855, nov. 2003b.

BYJU G. 2008, 28 março. Sweet potato. Disponível em: <<http://www.ctcri.org/byju.htmhttp>>. Acesso em: 12 mai. 2017.

CÂMARA, F. A. A. Crescimento e desempenho agrônômico de batata-doce oriundas de ramas produzidas de forma convencional e in vitro. Mossoró, 2009. 82 p. Tese de Doutorado em Fitotecnia: Agricultura Tropical. Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró-RN. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119028125003>>. Acesso em: 13 jan. 2017.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.V. H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, p. 375-470, 2007.

CARDOSO A.D.; VIANA A.E.S.; RAMOS P.A.S.; MATSUMOTO S.N.; AMARAL C.L.F.; SEDIYAMA T.; MORAIS O.M. Avaliação de clones de batata-doce em Vitória da Conquista. *Horticultura Brasileira*, v. 23, p. 911-914, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362005000400009>>. Acesso em: 27 out. 2016.

CASTRO, L.A.S. Instruções para o plantio de mudas de batata-doce com alta sanidade. Documentos 313, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. 2010. Disponível em: <https://afubra.com.br/content/viveiro_muda/2/arquivos/ea1190d2b05d8758cb26101e4467705c.pdf>. Acesso em: 27 out. 2016.

CECÍLIO FILHO.; A.B.; REIS, M. dos S.; SOUZA, R.J; PASQUAL, M. Degenerescência em cultivares de batata-doce. *Horticultura Brasileira*, v. 16, n. 1, p. 82-84, maio 1996. Disponível em: <<http://www.ufpel.tche.br/faem/agrociencia/v10n1/artigo11.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

CHAVES, L.H.G.; PEREIRA, H.H.G. Nutrição e adubação de tubérculos. Campinas: Fundação Cargill, 1995. 97 p. Disponível em: <<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BINAL.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=006111>>. Acesso em: 13 out. 2016.

CLARK, C.A.; MOYER, J.W. Compendium of Sweet Potato Diseases. Saint Paul, APS Press, v. 8, 1988. 74 p.

CLARK, C. A.; HOY, M.W. Effects of common viruses on yield and quality of Beauregard sweetpotato in Louisiana. Plant Disease, Saint Paul, v. 90, p. 83-88, 2006.

CLARK, C.A.; DAVIS, J.A.; ABAD, J.A.; CUELLAR, W.J.; FUENTES, S.; KREUZE, J.F.; GIBSON, R.W.; MUKASA, S.B.; TUGUME, A.K.; TAIRO, F.D.; VALKONEN, J.P.T. Sweet potato Viruses: 15 Years of Progress on Understanding and Managing Complex Diseases. Plant Disease, Saint Paul, v. 96, n. 2, p. 168-185, 2012.

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, p.176-182, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v27n2/v27n2a10>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

FABRO L.E; BAUTISTA O.K; MALIXI M.M. Dry matter accumulation and nutrient uptake of “BNAS 51” sweet potatoes different stages of growth. The Philippine Agriculturist. v. 60, p. 5-6, 1976.

FERNANDES, F.R; DUSI, A.N. Virose da batata-doce no Brasil. Importância e principais medidas de controle. 13 p. Circula Técnica 126. Embrapa - CNPH. Brasília, DF. Abril, 2013. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/960533/1/ct126.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2017

FILGUEIRA F.A.R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Ed. Viçosa: UFV, v. 2. 2003. 412 p.

GARCIA, L.L.C. et al. Nutrição mineral de hortaliças. XLIX. Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Brasil 48 e Clause's Aurélia. In: Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. n. 39, p. 455-84, 1982. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/aesalq/article/view/4851/6381>>. Acesso em: 12 jan. 2017.

HAAG, H. P.; MINAMI, K. Nutrição mineral de hortaliças. Campinas: Fundação Cargill, 538 p. 1988. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/aesalq/article/view/4851>>. Acesso em: 25 fev. 2017

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2012 03 de setembro. Produção Agrícola Municipal 2010, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2010/tabelas_pdf/tabela02.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2017.

KROTH, L.L; DANIELS, L; PIEROBOM, C.R. Degenerescência de Batata-doce no Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrociência, v.10, n.1, p.79-82, 2004. Disponível em: <<http://www.ufpel.tche.br/faem/agrociencia/v10n1/artigo11.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2017

KROTH, L. L.; FUENTES, S.; SALAZAR, L. F.; DANIELS, J. Detecção sorológica de vírus por NCM-Elisa em lavouras de batata-doce no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 7, n. 2, p. 117-119, 2001.

LOEBENSTEIN, G.; THOTTAPPILLY, G. (Ed.). 2009. *The Sweetpotato*. The Netherlands: Springer. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4020-9475-0_2?LI=true>. Acesso em: 21 nov. 2016.

MAGNÍFICO, V.; LATTANZIO, V.; SARLI, G. Growth and nutrient removal by broccoli. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 104, p. 201-203, 1979.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. San Diego: Academic Press, 2 ed., 1995. 889 p.

MASSAROTO, J.A. Características agronômicas e produção de silagem de clones de batata-doce. 2008. 73 p. Tese de Doutorado em Agronomia - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2008. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/3190.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2017.

MELO, A.S; COSTA, B.C; BRITOM.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*,v. 39, n. 2, p. 119-123, abr./jun. 2009.

MIRANDA J.E.C.; FRANÇA F.H.; CARRIJO O.A.; SOUZA A.F. Batata-doce (*Ipomoea batatas* L.). Brasília-DF, Embrapa, CNPH, 1987. 14p. (Circular Técnica 3).

MOYER, J.W.; JACKSON, G.V.H.; FRISON, E.A. (Ed.). *Technical Guidelines for the Safe Movement of Sweet Potato Germplasm*. Rome: 29, p. FAO: IBPGR, 1989.

MOYER, J.W.; SALAZAR, L.F. Virus and viruslike diseases of sweet potato. *Plant Disease*, Saint Paul, v. 73, p. 451-455, 1989.

MUKASA, S.B.; RUBAIHAYO, P.R.; VALKONEN, J.P.T. Interactions between a crinivirus, an ipomovirus and a potyvirus in coinfectedsweet potato plants. *Plant Pathology*, Oxford, v. 55, n. 4, p. 458-467, Aug. 2006.

OGGEMA J.N.; KINYUA M.G.; OUMA J.P.; OWUOCHE J.O. Agronomic performance of locally adapted sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) cultivars derived from tissue culture regenerated plants. *African Journal of Biotechnology*, v. 6, p. 1418-1425, 2007.

OLIVEIRA, A.M.S. Produção de clones de batata-doce em função do ciclo de cultivo. 2013. 39 p. Dissertação de Mestrado em Ciências. Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão -SE, 2013. Disponível em: <https://bdtd.ufs.br/bitstream/tede/336/1/alisson_marcel_souza_oliveira.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2016

POZZER, L.; SILVA, J.B.C.; DUSI, A.N. Produção de batata-doce a partir de plantas livres de vírus em primeiro e segundo ciclo de cultivo de ramas do campo. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 11, n. 1, p. 92, maio 1993.

POZZER, L.; DUSI, A. N.; LIMA, M.I.; KITAJIMA, E.W. Caracterização de um isolado brasileiro de Sweet Potato Feathery Mottle Virus. Fitopatologia Brasileira, Brasília, DF, v. 20, n. 1, p. 65-71, 1995 a.

ROS, A.B; HIRATA, A.C. S; SANTOS, H.S. Avaliação da produtividade de plantas de batata-doce oriundas de matrizes livres de vírus. Revista Brasileira de Ciências agrárias, v. 7, n. 3, p. 434-439, jul-set, 2012.

SCOTT LE. Potassium uptake by the sweet potato plant. Proceedings of the American Society of Horticultural Science, v. 56, p. 248-252, 1950.

SILVA J.B.C.; LOPES C.A.; MAGALHÃES J.S. Cultura da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.). Brasília: EMBRAPA-CNPq, 2002 (Sistema de produção, n. 6). Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/batata doce/index.htm>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

SILVA S.O.; SOUZA A.S.; PAZ O.P. Efeito da multiplicação vegetativa *in vitro* na produtividade da batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, v. 3, n. 1, p. 47-52, 1991. Disponível em: <<http://www.cnpdia.embrapa.br/rbfv/pdfs/v3n1p47.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

TORRES, A. C.; TEIXEIRA, D. M. C.; MOITA, A. W.; CAMPOS, M. de A. C. Recuperação de plantas de batata-doce livres de vírus a partir da regeneração direta de ápices caulinares. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, Londrina, v. 8, n. 3, p. 209-213, 1996.

YANG, X. Rapid production of virus-free plantlets by shoot tip culture *in vitro* of purple-coloured sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). Pakistan Journal of Botany v. 42, p. 2069-2075, 2010.

3. CAPÍTULO I

Efeito da limpeza clonal na absorção de nutrientes e nos componentes de produção de cultivares de batata-doce.

(Normas de acordo com a Revista Horticultura Brasileira)

RESUMO

A batata-doce tem como centro de origem a América Central e foi difundida pelos portugueses e espanhóis. Atualmente, é utilizada tanto para a agricultura comercial como para a produção de alimentos de subsistência, principalmente por produtores de base familiar, por meio da produção comercial de raízes e alimentação de animais, utilizando-se dos resíduos da parte aérea da planta e descartes de raízes. No entanto, vários fatores são limitantes à produção, dentre eles, o desconhecimento sobre cultivares, o manejo de água e fertilizantes e a infecção por doenças degenerativas, representadas principalmente pelas viroses. A limpeza clonal, por meio da técnica de cultura de tecidos, é utilizada para eliminar fitopatógenos de várias espécies de plantas de propagação vegetativa e figura como principal alternativa para a produção de batata-doce com elevada qualidade fitossanitária. O objetivo deste trabalho foi avaliar o acúmulo de nutrientes pelas cultivares de batata-doce Beauregard, Brazlândia Roxa e Princesa, submetidas ao processo de limpeza clonal. O ensaio foi montado em ambiente protegido e o delineamento adotado se deu em blocos casualizados com dois tratamentos e três cultivares, fatorial 3x2, com três repetições cada. As coletas foram realizadas aos 20, 55, 75, 96, 121, 143, 173, 193 dias após o transplante das ramas. As parcelas foram constituídas em tubos de PVC de 300 mm, cortados na parte superior e

preenchidos com areia de granulometria média, contendo 20 plantas cada um, com espaçamento de 0,80 x 0,50 cm. O uso da areia foi necessário para minimizar a possível contaminação dos tubérculos com elementos químicos, caso se realizasse o cultivo direto no solo. Os nutrientes foram fornecidos por meio de fertirrigação, utilizando bomba injetora dosadora. Depois de coletadas, as plantas foram divididas em parte aérea vegetativa (PVeg. - folhas e ramas) e parte comercial (PCom. - tubérculos). Em seguida, as amostras foram secadas em estufa com circulação forçada de ar e o teor de matéria seca (MS) determinada por meio de pesagem. O conteúdo de nutrientes na MS foi estimado após solubilização ácida das amostras, com digestão assistida por micro-ondas. A partir dos dados de MS e do conteúdo de nutrientes, foram estimadas a taxa de acúmulo de MS (TC) e a taxa de absorção diária (TA), além do índice de colheita (IC). A limpeza clonal afetou positivamente a produção de MS das plantas. Os dados sugerem que plantas que não passaram pela limpeza clonal direcionaram seus fotoassimilados para produção de tubérculos, apresentando maiores valores de MS na PCom, enquanto as plantas submetidas a limpeza clonal canalizaram sua produção para a MS PVeg. O IC também se apresentou de forma diferenciada, pois as plantas com limpeza clonal tiveram desempenho inferior, se comparadas com as plantas sem a limpeza clonal, e as relações observadas foram inferiores a 50% até o terço final do ciclo. Esse comportamento, muito provavelmente, é fruto da perda de vigor produtivo das plantas oriundas de cultivo *in vitro*. Não foi observado efeito na ordem de absorção de nutrientes que seguiu a ordem: K > Ca > P > Mg > S > Fe > Mn > Zn > B > Cu > Mo. O acúmulo de nutrientes foi maior nas plantas livre de vírus e mostra claramente que cada cultivar apresenta demanda diferenciada de nutrientes. Ressalta-se que os dados da taxa de absorção diária (TA) é uma variável importante para auxiliar no manejo de adubação.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas* (L.); nutrição de batata-doce; marcha de absorção; índice de colheita.

Effect of clonal cleaning on nutrient uptake and production components of sweet potato cultivars.

ABSTRACT

The sweet potato has as its center of origin Central America and was spread by the Portuguese and Spanish. It is currently used for both commercial agriculture and subsistence food production, mainly by family-based producers, through the commercial production of roots and feeding of animals, using the residues of the aerial part of the plant and discards of roots. However, several factors are limiting to the production, among them, the lack of knowledge about cultivars, the management of water and fertilizers and the infection by degenerative diseases, represented mainly by viruses. Clonal cleaning, through tissue culture, is used to eliminate phytopathogens from several species of vegetatively propagated plants and is the main alternative for the production of sweet potatoes with high phytosanitary quality. The objective of this work was to evaluate the accumulation of nutrients by the sweet potato cultivars Beauregard, Brazlândia Roxa and Princesa, submitted to the clonal cleaning process. The experiment was set up in a protected environment and the design was done in randomized blocks with two treatments and three cultivars, factorial 3x2, with three replicates each. The collections were performed at 20, 55, 75, 96, 121, 143, 173, 193 days after transplanting the branches. The plots were composed of 300 mm PVC tubes, cut in the upper part and filled with medium granulometry sand, containing 20 plants each, with a spacing of 0.80 x 0.50 cm. The use of the sand was necessary to minimize possible contamination of the tubers with chemical elements, in case the direct cultivation was carried out in the soil. The nutrients were supplied by means of fertigation, using a dosing injection pump. After being collected, the plants were divided into vegetative aerial part (PVeg. - leaves and branches) and commercial part (PCom. - tubers). The samples were then oven dried with forced air circulation and the dry matter (DM) content determined by weighing. The nutrient content in DM was estimated after acid solubilization of the samples, with microwave assisted digestion. From the DM data and the nutrient content, the accumulation rate of DM (TC) and the daily absorption rate (AR), besides the harvest index (HI), were estimated. Clonal cleaning affected positively the DM production of the plants. The data suggests that plants that did not undergo clonal

cleaning directed their photoassimilates to produce tubers, presenting higher DM values in the PCom, while the plants submitted to clonal cleaning channeled their production to DM PVeg. The HI was also presented in a differentiated way, because the plants with clonal cleaning had inferior performance, when compared to the plants without clonal cleaning, and the observed relations were less than 50% until the final third of the cycle. This behavior is most likely due to the loss of productive vigor of plants grown *in vitro*. No effect was observed in the order of nutrient uptake that followed the order: K > Ca > P > Mg > S > Fe > Mn > Zn > B > Cu > Mo. The accumulation of nutrients was higher in the virus-free plants and clearly shows that each cultivar presents a differentiated nutrient demand. It should be emphasized that the data of the daily absorption rate (AR) is an important variable to aid in the management of fertilization.

Keywords: *Ipomoea batatas* (L.); sweet potato nutrition; absorption rate; harvest index.

3.1 Introdução

A batata-doce é uma planta de grande importância econômico-social, participando na suplementação de calorias, vitaminas e minerais na alimentação humana. As raízes são ricas em K e apresentam teores de carboidratos variando entre 25% e 30%, dos quais 98% são facilmente digeríveis (Resende, 1999; Daros *et al.*, 2000; Oliveira *et al.*, 2006).

Essa cultivar apresenta boa resistência contra a seca, além de ampla adaptação, fazendo com que seja cultivada em praticamente todos os estados brasileiros (Oliveira *et al.*, 2006). Dentre as regiões brasileiras produtoras de batata-doce, a região Sul destaca-se com produção anual de 250.013 toneladas, o que corresponde a 48% da produção nacional, sendo que o estado de Rio Grande do Sul concentra 30% dessa produção. A região nordeste é a segunda maior produtora do país (35%), seguida pela região sudeste (16%), com uma produção anual de 119.414 t. O estado de São Paulo é o quinto colocado no ranking nacional, com produção anual de 41.483 t, em uma área de 3.699,32 hectares e produtividade média de 11,21 t ha⁻¹ (Echer, 2015).

O custo de produção da batata-doce é relativamente baixo e o principal argumento contrário ao investimento em tecnologia é que a lucratividade da cultura é baixa, decorrente do pequeno volume individual de produção, ou seja, parte dos

produtores ainda cultivam a batata-doce como cultura marginal, com o raciocínio de que, gastando-se o mínimo, qualquer que seja a produção da cultura, constitui-se de um ganho extra. Dessa forma, obtém-se um produto de baixa qualidade, passível de restrições na comercialização, tanto por parte dos atacadistas, que tendem a reduzir o preço, quanto por parte do consumidor, que rejeita parte do produto exposto à venda (Silva *et al.*, 2009).

Outro ponto negativo que também resulta em baixo rendimento da cultura é a forma tradicional de propagação da planta, por meio de estacas de ramos, ou mesmo de raízes tuberosas, obtidas quase sempre na época da colheita. Esse procedimento de multiplicação acarreta sérios problemas, com destaque para a dificuldade de conservação do material de plantio; disseminação de pragas e doenças, sobretudo aquelas provocadas por organismos endógenos; pequena capacidade organogênica; dificuldade de eliminação de vírus e desuniformidade nos plantios.

Uma das estratégias que podem ser utilizadas para contornar esse problema o uso de métodos de cultura de meristemas e de propagação *in vitro* (Madeira *et al.*, 2004; Magalhães *et al.*, 2006; Santos *et al.*, 2010), pois possibilita a obtenção de mudas livres de vírus e outros patógenos, viabilizando a produção de grande número de plantas que podem ser utilizadas para a formação de matrizes com todo o potencial genético e, em consequência, aumento no rendimento e melhoria da qualidade das raízes de batata-doce.

Fernandes (2013) enfatiza que os vírus são os fitopatógenos mais difundidos em cultivos comerciais de batata-doce e, em função da sua multiplicação vegetativa, tende a aumentar a incidência de plantas infectadas durante os sucessivos cultivos, resultando em uma significativa redução na quantidade e qualidade da produção, fenômeno referido como degenerescência.

A limpeza clonal, por meio da propagação *in vitro*, possibilita a obtenção de mudas livres de vírus e outros patógenos, viabilizando a produção de grande número de plantas que podem ser utilizadas para a formação de matrizes saudáveis, com consequente aumento do rendimento e da melhoria da qualidade das raízes da batata-doce (Câmara *et al.*, 2013).

Silva *et al.* (1991) mencionam que, embora se conheça o benefício dessa técnica para a cultura da batata-doce, os trabalhos de pesquisa ainda são incipientes; mesmo

assim, os poucos existentes comprovam que, de forma geral, o cultivo *in vitro* tem proporcionado ganhos significativos no rendimento da cultura, por exemplo, incrementos no rendimento de raízes, variando de 24,5 a 108%, quando as cultivares foram multiplicadas *in vitro* em relação às multiplicadas no campo. Já Pozzer *et al.* (1995) verificaram ganhos significativos equivalentes a 104% em número de raízes comerciais, 118% no peso dessas raízes e 113% na produção total de raízes. Da mesma forma, Cecílio Filho *et al.* (2013) observaram que a limpeza clonal de plantas de batata-doce, mesmo no terceiro ciclo de campo, proporcionou produtividade total e comercial de raízes, respectivamente, de 52,5% e 84%, superiores às das plantas provenientes de ramos de propagação convencional.

A marcha de absorção de nutrientes é a ferramenta chave para avaliar o acúmulo de elementos essenciais para as plantas, uma vez que fornece informações sobre a exigência nutricional da cultura, em seus diferentes estádios fenológicos, sinalizando as épocas mais propícias à adição de fertilizantes. A quantidade e a proporcionalidade dos nutrientes absorvidos pelas plantas são funções de características intrínsecas do vegetal, como, também, dos fatores externos que condicionam o processo (Echer *et al.*, 2009).

Deficiências de N e K na batata-doce podem ser bastante prejudiciais, pois causam senescência acelerada das folhas, comprometem a produtividade e o tamanho de raízes comercializáveis, causam o declínio do crescimento vegetativo, reduzem o acúmulo de amido nos tecidos de reserva e podem levar a alterações de características de mercado importantes como a textura e firmeza da polpa das raízes tuberosas (Chaves & Pereira, 1985; Silva *et al.*, 2002).

O K é importante porque incrementa a translocação de carboidratos nas plantas, melhora a eficiência de uso da água, potencializa a adubação nitrogenada e pode favorecer a qualidade do produto a ser comercializado, dentre outras funções (Marschner, 1995). O nitrogênio (N) é o segundo nutriente mineral mais exigido pelas hortaliças que produzem tubérculos, em termos de quantidade. Porém, a adubação nitrogenada pode ser problemática para a cultura da batata-doce, visto que em condições de alta oferta de N, pode haver intenso crescimento da parte aérea das plantas, em detrimento da formação de raízes tuberosas (Silva *et al.*, 2002; Filgueira, 2003).

A respeito da nutrição da batata-doce, essa é uma temática que requer mais pesquisas para verificar a resposta das plantas a adubação com diferentes nutrientes.

Estudos comparativos são realizados apenas para verificar a produtividade de plantas submetidas ou não ao método de limpeza clonal. Não obstante a importância desses estudos, é preciso conhecer os efeitos do processo no padrão de acúmulo de nutrientes e produção de matéria seca das plantas, com vistas a traçar a melhor estratégia de manejo nutricional.

Segundo Duarte *et al.* (2013), estudos têm mostrado que o Índice de Colheita (IC) de uma cultura é altamente influenciado por elementos como a densidade de semeadura, a disponibilidade de água, nutrientes e temperatura. Quanto maior o IC, maior será o direcionamento e o aproveitamento de fotoassimilados para o rendimento de produção. Baixos índices podem indicar uma má adaptação ao ambiente (Kawano, 1990). É importante, porém, que se observe quais foram as alterações que contribuíram para que as plantas apresentassem maior eficiência.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de matéria seca (MS) e a absorção de nutrientes pelas cultivares de batata-doce: Beauregard, Brazlândia Roxa e Princesa, oriundas de plantas submetidas ou não à limpeza clonal, nas condições edafoclimáticas do planalto central (Brasília-DF), e o índice de colheita (IC).

3.2 Material e Métodos

A avaliação da produção de matéria seca e da marcha de absorção e acúmulo de nutrientes pelas cultivares Beauregard, Brazlândia Roxa e Princesa, foram conduzidas em ambiente protegido, na área experimental da Embrapa Hortaliças, no Distrito Federal (DF), localizada entre a latitude 15° 56' S e longitude 48° 08' O, e altitude de 997,6 m. A limpeza clonal das cultivares foi realizada no laboratório de biologia celular da unidade da Embrapa Hortaliças, de acordo com a metodologia descrita por Fernandes (2013).

A casa de vegetação estava coberta com filme plástico (0,1 mm de espessura), cujo modelo é do tipo arco, nas dimensões de 8 x 50 m, pé direito de 3,20 m e laterais fechadas por tela antiafídeo.

O experimento foi conduzido no período compreendido entre de março e julho de 2015, utilizando-se de ramas selecionadas e padronizadas, de 5 a 6 gemas, e de 25 a 30 cm de comprimento. Essas ramas foram plantadas enterrando-se de 3 a 4 gemas e,

quando necessário, foi realizado o replantio. Utilizou-se como substrato para plantio a areia com granulometria média para facilitar a retirada das batatas, bem como minimizar a contaminação por elementos fitopatogênicos, o que poderia ocorrer, caso o plantio fosse realizado diretamente no solo.

O delineamento adotado se deu em blocos casualizados com três tratamentos, Beauregard, Brazlândia Roxa e Princesa, com a presença e ausência de limpeza clonal, num fatorial 3x2, com três repetições cada. As parcelas continham 20 plantas, arranjadas no espaçamento de 0,8 m entre linhas, e de 0,50 m entre plantas. Em cada parcela, e para cada tempo de colheita, foram retiradas as plantas inteiras de forma aleatória. As plantas de batata-doce foram amostradas aos 20, 55, 75, 96, 121, 143, 173 e 193 dias após o transplante das ramas e, em seguida, foram divididas entre parte aérea vegetativa – PVeg. (folhas e ramos) e parte comercial – PCom. (raiz tuberosa).

Durante o desenvolvimento da cultura foram realizadas fertirrigações por meio do sistema de gotejamento na linha de plantio, com gotejadores espaçados a cada 20 cm, com vazão de 1,5 l h⁻¹; a aplicação de nutrientes foi realizada com auxílio de bomba injetora dosadora, a uma condutividade elétrica em torno de 0.8 a 1,5 dS m⁻¹ e pH 6,0. As quantidades de nutrientes adicionadas ao longo do cultivo estão na Tabela 1. O controle das plantas invasoras foi realizado por capina manual.

Tabela 1. Fontes e quantidades de fertilizantes aplicados via fertirrigação para as cultivares de batata-doce avaliadas no experimento.

Fertilizantes	Concentração
Solução A	----- dag/L-----
Fosfato Monopotássico - MKP	2200
Nitrato de Potássio	1600
Sulfato de Magnésio	4000
Cloreto de potássio	400
Solução de Micronutrientes	1 L
Solução B	
Nitrato de Cálcio	5100
Ferro quelatizado	260
Solução de Micronutrientes	----- g/L -----
Bórax	64,0
Sulfato de cobre	7,0
Sulfato de manganês	28,6
Sulfato de Zinco	5,6
Molibdato de sódio	1,3

A determinação da massa de matéria seca (MS) de folhas, ramos e tubérculos foi realizada por meio de pesagem em balança de precisão analítica, após secagem das amostras (65 – 70° C) em estufa de circulação forçada de ar, por um período de 72 horas. As amostras foram trituradas em moinho do tipo Wiley e, em seguida, foram determinados os teores, calculados os conteúdos e as taxas de absorção diárias dos nutrientes de cada cultivar.

As análises químicas dos tecidos vegetais foram realizadas conforme as metodologias descritas por Silva (2009). Para a determinação do nitrogênio foi realizada a digestão sulfúrica, seguida pela destilação de Kjeldahl. Os demais nutrientes foram dosados por espectrofotometria de emissão atômica com fonte de indução de plasma acoplada (ICP/OES), após solubilização duplo-ácida (HNO₃:HCl, 4:1 v/v) das amostras em forno de micro-ondas (marca CEM, modelo Mars Xpress).

A taxa de acúmulo de MS (TC) e a taxa absorção (TA) diária dos macronutrientes foram obtidas com a derivada primeira, da equação de melhor ajuste dos dados de absorção dos nutrientes em função da idade de cada planta.

O índice de colheita (IC) foi calculado pela razão entre a matéria seca de tubérculos e a matéria seca total (tubérculos + folhas e ramos).

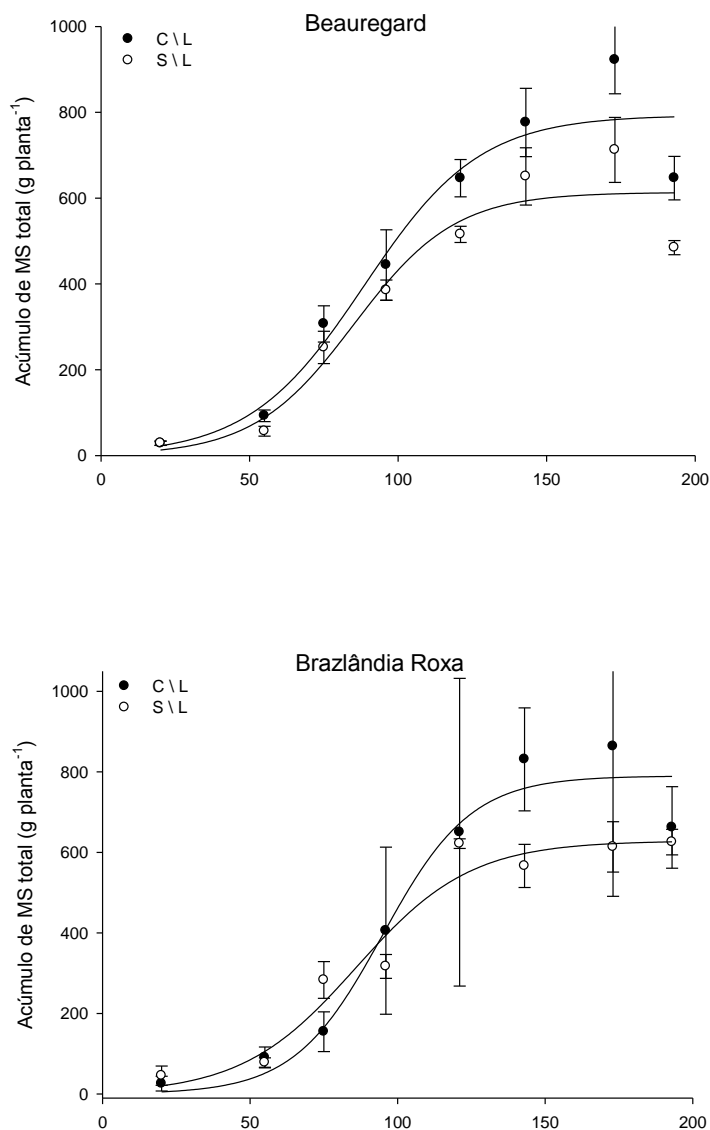
Os dados estão apresentados como média de três repetições e a avaliação da significância dos dados foi realizada por meio da análise de variância (ANOVA) e regressão. Na análise de regressão, foram avaliados os efeitos linear, quadrático e sigmóide, sendo selecionada, dentro de cada grupo de equações com o mesmo número de parâmetros estimados, aquela de efeito significativo pelo teste F, com 5% de probabilidade de significado biológico. Na análise de regressão, a variável independente considerada foi sempre a idade da planta, em dias após o transplante (20 a 193 dias).

Os modelos de regressão de melhor ajuste dos dados foram utilizados para elaborar as recomendações de fornecimento de nutrientes para as cultivares. Dessa maneira, para estimar a proporção de nutrientes a ser aplicada, da primeira a última fertirrigação, o modelo sugerido foi elaborado em função da taxa de absorção (TA).

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Produção e acúmulo de matéria seca

Os dados de produção de matéria seca (MS) total das cultivares se ajustaram com alto grau de significância dos coeficientes ao modelo de crescimento sigmoidal (Figura 1). Notou-se que as plantas apresentaram crescimento lento até o 50º DAT, devido ao gasto energético inicial para o pegamento e a fixação das ramas, uma vez que, nessa fase, a raiz é o dreno preferencial dos fotoassimilados (Lucena *et al.*, 2011; Pace *et al.*, 1999). A partir dos 50º dia o crescimento foi mais acelerado, sendo que as plantas atingiram a produção máxima de MS por volta dos 170º dia.



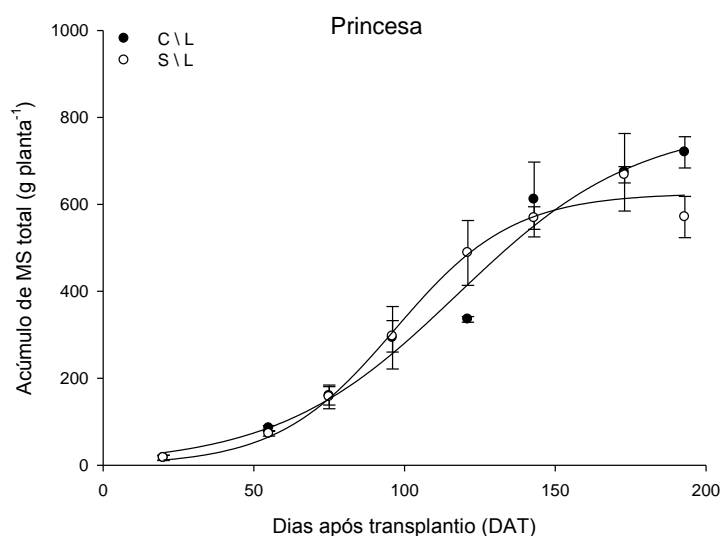


Figura 1 - Produção total de matéria seca (MS) das cultivares Beaugard, Brazlândia Roxa e Princesa, com e sem a limpeza clonal. Valores médios \pm desvio padrão (n=3). Barras de erro não visíveis são menores que os símbolos. *** P<0,001 de significância. C \ L – Cultivar com limpeza clonal; S \ L – Cultivar sem limpeza clonal.

Equação	R ²
$\widehat{BEAU}_{C\L} = 793,2468^{***} / (1 + \text{EXP}^{-(\text{DAT} - 88,6356^{***})/19,4423^{***}})$ $\text{TC}_{\text{BEAU}} = 40,80 \times (\text{EXP}^{(88,6356 - \text{DAT})/19,4423}) / (1 + \text{EXP}^{(88,6356 - \text{DAT})/19,4423})^2$	0,939
$\widehat{BEAU}_{S\L} = 613,3706^{***} / (1 + \text{EXP}^{-(\text{DAT} - 85,2152^{***})/16,9987^{***}})$ $\text{TC}_{\text{BEAU}} = 36,08 \times (\text{EXP}^{(85,2152 - \text{DAT})/16,9987}) / (1 + \text{EXP}^{(85,2152 - \text{DAT})/16,9987})^2$	0,926
$\widehat{BRA}_{C\L} = 789,8577^{***} / (1 + \text{EXP}^{-(\text{DAT} - 94,9157^{***})/14,9888^{***}})$ $\text{TC}_{\text{BRA}} = 52,70 \times (\text{EXP}^{(94,9157 - \text{DAT})/14,9888}) / (1 + \text{EXP}^{(94,9157 - \text{DAT})/14,9888})^2$	0,963
$\widehat{BRA}_{S\L} = 628,6539^{***} / (1 + \text{EXP}^{-(\text{DAT} - 85,9635^{***})/19,3641^{***}})$ $\text{TC}_{\text{BRA}} = 32,47 \times (\text{EXP}^{(85,9635 - \text{DAT})/19,3641}) / (1 + \text{EXP}^{(85,9635 - \text{DAT})/19,3641})^2$	0,957
$\widehat{PRI}_{C\L} = 786,0705^{***} / (1 + \text{EXP}^{-(\text{DAT} - 117,5616^{***})/29,8811^{***}})$ $\text{TC}_{\text{PRI}} = 26,31 \times (\text{EXP}^{(117,5616 - \text{DAT})/29,8811}) / (1 + \text{EXP}^{(117,5616 - \text{DAT})/29,8811})^2$	0,978
$\widehat{PRI}_{S\L} = 625,7056^{***} / (1 + \text{EXP}^{-(\text{DAT} - 96,8590^{***})/19,4894^{***}})$ $\text{TC}_{\text{PRI}} = 32,11 \times (\text{EXP}^{(96,8590 - \text{DAT})/19,4894}) / (1 + \text{EXP}^{(96,8590 - \text{DAT})/19,4894})^2$	0,987

Quadro 1. Equações de regressão e taxas de crescimento relacionadas ao desenvolvimento médio das plantas em função do dia após o transplântio (Dias). Valores médios \pm desvio padrão (n=3). Barras de erro não visíveis são menores que os símbolos. *** P<0,001 de significância. C \ L – Cultivar com limpeza clonal; S \ L – Cultivar sem limpeza clonal.

Desse período em diante houve tendência a decréscimo na produção de MS, provavelmente, em função da queda do potencial produtivo das cultivares, decorrente da fase de senescência se sobrepor a emissão de novos ramos e da produção de batata. Hauman (1992) relatou que, entre 115 e 130 dias após o transplântio, houve um forte crescimento da massa seca das raízes, além do reflexo da translocação e do acúmulo de nutrientes, sendo que, após esse período, houve diminuição na massa seca das raízes tuberosas. Esse fato se explica pelo ciclo perene da cultura, pois é uma fase em que a planta redireciona os fotoassimilados e investe em seu crescimento vegetativo.

As cultivares Beauregard e Brazlândia sem a limpeza clonal apresentaram, em média, os maiores valores de produção de MS total, alcançando 922,3 e 863,41 g planta⁻¹, aos 173 DAT, respectivamente, bem superior às mesmas cultivares com vírus, que apresentaram valores em torno de 712,49 e 625,58 g planta⁻¹, respectivamente. Já a cultivar Princesa, mesmo apresentando boa quantidade de tubérculos e folhagem, produziu quantidades inferiores aos dois primeiros materiais, independente da limpeza clonal (668,07 g planta⁻¹) ou submetidas à limpeza clonal (719,76 g planta⁻¹). Provavelmente, essa diferença de MS poderá ser resultado do aumento da atividade fotossintética da cultivar Beauregard em relação aos demais materiais, apresentando-se mais interessante para ser explorada na região, contribuindo dessa forma para maximizar a produtividade de raízes.

Conforme Figura 2, as cultivares Brazlândia Roxa e Beauregard, oriundas de limpeza clonal, apresentaram as maiores taxas de crescimento (TC), com 13,16 g planta⁻¹ dia⁻¹ aos 95 DAT; e 10,20 g planta⁻¹ dia⁻¹ aos 90 DAT, respectivamente. As segundas maiores taxas foram verificadas nas cultivares Beauregard, Brazlândia Roxa e Princesa, originárias de ramos propagadas de forma convencional, sem o processo de limpeza clonal, exibindo respectivamente 9,02 g planta⁻¹ dia⁻¹, aos 86 DAT; 8,10 g planta⁻¹ dia⁻¹, aos 86 DAT; e 8,03 g planta⁻¹ dia⁻¹, aos 87 DAT. A cultivar Princesa apresentou a menor TC e de forma mais tardia, aos 120 DAT, com 6,57g planta⁻¹ dia⁻¹. De maneira geral, a partir dos 40 DAT, a taxa de crescimento (TC) foi crescente até aproximadamente 120 DAT para todas as cultivares, até atingirem ponto de máxima.

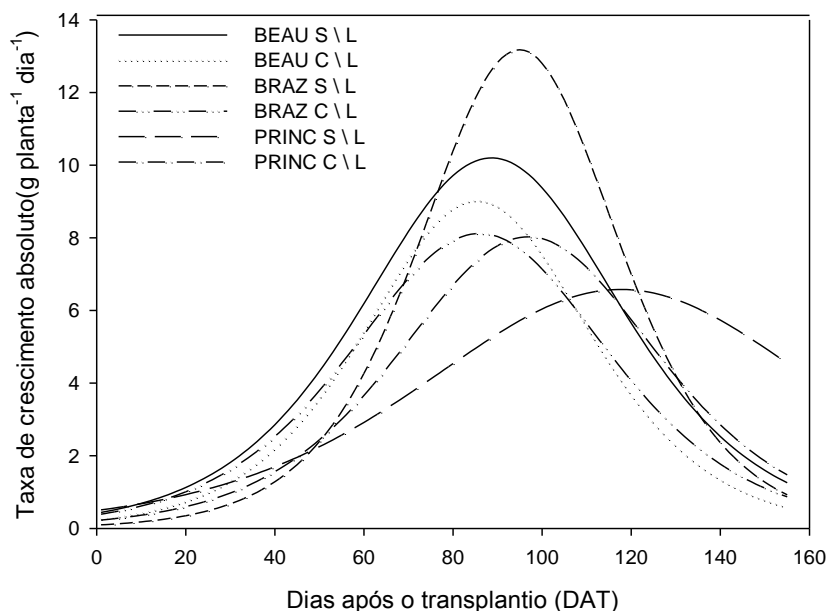


Figura 2. Taxa de crescimento (TC) para as cultivares Beauregard, Brazlândia Roxa e Princesa, em função da idade da planta, expressa em dias após o transplante. Valores obtidos a partir da derivada primeira da equação de melhor ajuste dos dados de acúmulo. C \ L – Cultivar com limpeza clonal; S \ L – cultivar sem limpeza clonal.

Em relação à produção de MS da parte aérea vegetativa (PVeg.) e da parte comercial (PCom.), nota-se que, ao longo do ciclo, as cultivares que passaram pelo tratamento de limpeza clonal apresentaram maior acúmulo na PVeg. (Figura 3), em relação às plantas oriundas de ramas convencionais. Esse comportamento não foi tão evidente quando se avaliou o acúmulo de massa seca (MS) na PCom. As cultivares Beauregard e Princesa, com ou sem a limpeza clonal, não apresentaram diferenças significativas no acúmulo de massa seca (MS), diferindo apenas a cv. Brazlândia Roxa, sem a limpeza clonal, que produziu maiores quantidades de massa seca (MS) em comparação às cultivares submetidas à limpeza clonal (Figura 3).

A cultivar Princesa, com limpeza clonal, apresentou ponto de máxima produção de massa seca na parte comercial, em torno de 420,76 g planta⁻¹, superior as demais cultivares, dentre elas a Beauregard, com 342,25 g planta⁻¹, e a Brazlândia Roxa, com 350,08 g planta⁻¹.

Com limpeza clonal

Sem limpeza clonal

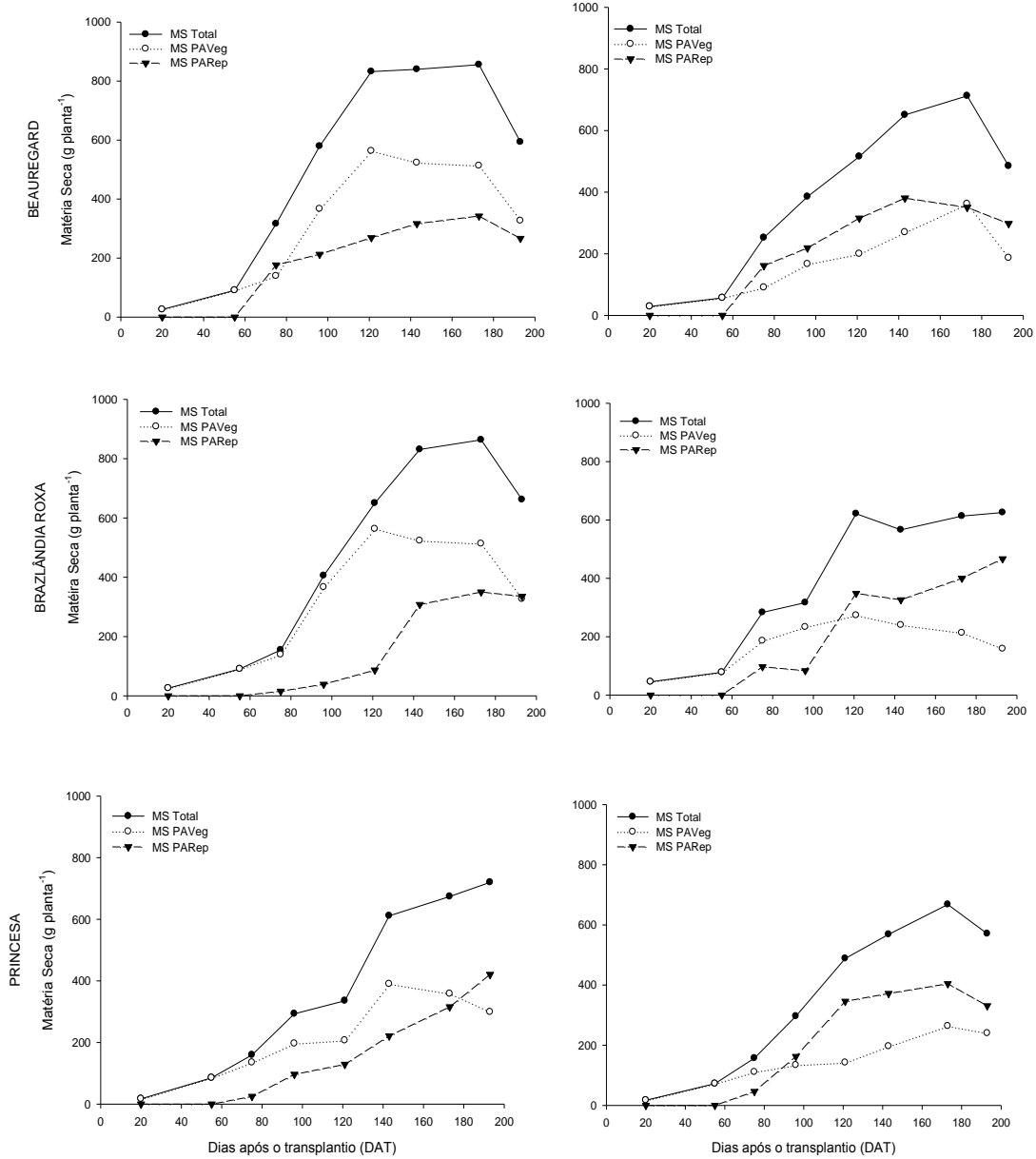


Figura 3. Produção de matéria seca total (MS), na PVeg. e na PCom. das cultivares Beaugard, Brazlândia Roxa e Princesa, em função dos dias após o transplante (DAT). Erro expresso como desvio padrão (n=3). Barras de erros não visíveis são menores que os símbolos.

3.3.2 Índice de colheita (IC)

Os índices de colheita (IC) foram crescentes na medida em que as plantas foram avançando seu estágio de desenvolvimento, exceto para a cv. Beaugard, com e sem a

limpeza clonal, pois os valores se mostraram elevados desde o início da produção dos tubérculos e oscilou entre os diferentes tempos de colheita (Figura 4).

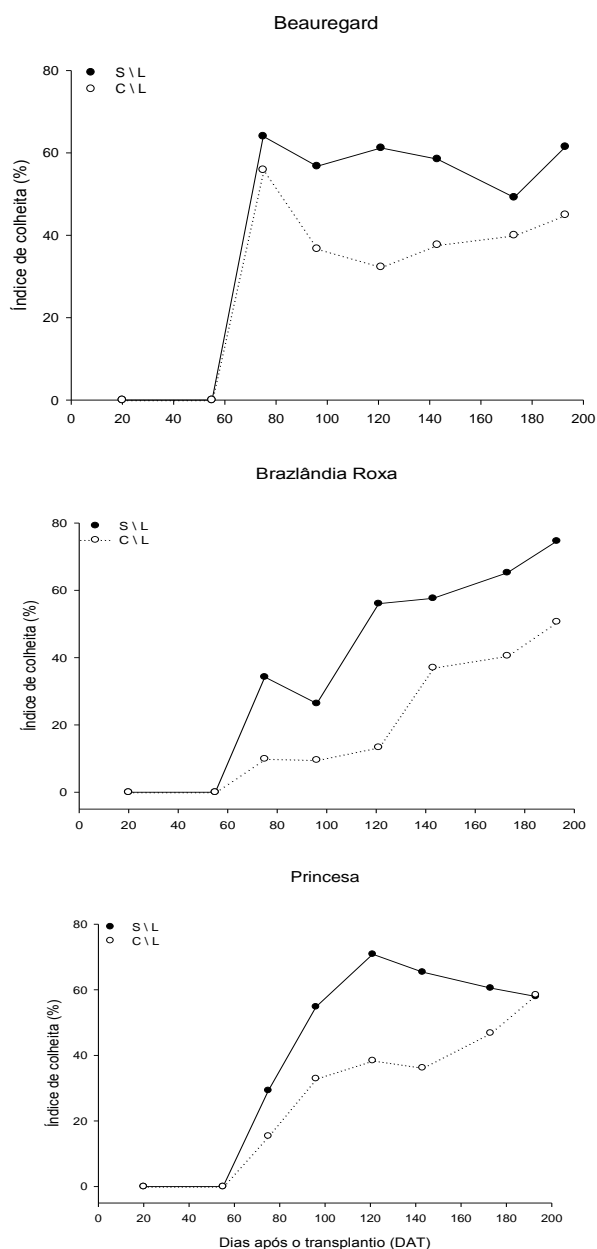


Figura 4. Evolução do Índice de Colheita (IC) da cv. Beauregard, Brazlândia Roxa e Princesa, com e sem a limpeza clonal, em função dos dias após o transplântio (DAT).

As plantas sem a limpeza clonal apresentaram maiores valores de IC em relação às submetidas à limpeza clonal. Índices de Colheita acima dos 50% só foram obtidos para as plantas com limpeza clonal próximas aos 180 dias, enquanto que as plantas sem limpeza clonal atingiram essa porcentagem a partir dos 85 dias e 110 dias, respectivamente, para as cultivares Princesa e Brazlândia Roxa. A cultivar Princesa se

destacou por apresentar o maior índice de colheita, demonstrando ser uma cultivar mais eficiente em relação às demais, por atingir mais rapidamente o ponto máximo, aos 121 DAT, com 70,85% de eficiência.

Os valores de Índices de Colheita (IC) estão relacionados à eficiência na conversão de fotoassimilados. Dessa forma, os maiores valores de IC não estão relacionados ao maior rendimento de produção. Nesse sentido, a cv. Brazlândia Roxa apresentou maior eficiência no IC que as demais cultivares avaliadas, só que de forma tardia, o que não seria o mais recomendado, uma vez que a cultivar demandaria mais tempo no campo, diminuindo a relação custo benefício.

Já em relação aos menores valores de IC para as plantas submetidas ao processo de limpeza de clonal, pode-se inferir que esse método de sanitização afeta o vigor vegetativo e, principalmente, o produtivo. Alguns autores verificaram tal perda de vigor para as culturas de mandioquinha-salsa (Madeira, 2004) e alho (Resende, 1993). De acordo com Madeira (2004), apesar do vigor superior, refletido no desenvolvimento até os 30 dias, pelo maior número de folhas e maior altura, as plantas de mandioquinha-salsa oriundas do cultivo *in vitro*, durante os dois primeiros ciclos de multiplicação *in vitro*, apresentaram porte inferior e menor número de “filhotes” em relação às plantas propagadas convencionalmente. Fato semelhante ocorreu com o alho, pois as primeiras gerações, após o cultivo *in vitro*, produziram bulbilhos pequenos (Resende, 1993).

Outro ponto a ser considerado é o tamanho do explante (propágulo), que é fator determinante na capacidade regenerativa de plantas livres de vírus (Madeira, 2004). Para explantes maiores, com cerca de 1 cm, a recuperação do porte da planta é sensivelmente mais rápida, por outro lado, porções inferiores a 50 mm de comprimento aumentam as chances de se obter plantas livre de vírus.

Vale salientar que para a obtenção de batata-doce sem a limpeza clonal utilizou-se de explantes com cerca de 0,50 mm (Fernandes, 2013), o que justifica os menores valores de IC observados.

Madeira (2004) aponta a importância de se investigar com maior profundidade o efeito dessa tecnologia nos materiais, uma vez que, com o avançar das gerações, o material oriundo de cultura de tecidos se torna superior em porte e vigor, expressando seu potencial produtivo pleno. Para isso, o autor recomenda que se determine a taxa de degenerescência da área plantada, de modo a avaliar sua viabilidade econômica, com

vistas a aumentar o número de gerações em campo em que o material originário do cultivo *in vitro* apresente superioridade ao material convencionalmente propagado. Esse mesmo raciocínio pode servir de parâmetro para a cultura da batata-doce.

3.3.3 Absorção de nutrientes pelos cultivares de batata-doce

As cultivares Beauregard, Brazlândia Roxa e Princesa apresentaram semelhanças em relação às marchas de absorção de macronutrientes, obtendo comportamentos similares, independentemente dos materiais serem provenientes de limpeza clonal ou não. A ordem de extração foi à seguinte: $K > N > Ca > P > Mg > S$.

Furlani *et al.* (1978) estudaram a composição mineral da raiz de culturas produtoras de raízes tuberosas e concluíram a ordem de extração de algumas cultivares, dentre elas a beterraba ($K > N > P > Mg > Ca > S$); a cenoura (cultivar Nantes) ($K > N > Ca > P > Mg > S$); o nabo e o rabanete apresentaram as mesmas ordens de extração de macronutrientes pela raiz ($K > N > P > S > Ca > Mg$).

Observa-se que a batata-doce apresenta comportamento semelhante à cenoura em relação a absorção de nutrientes pela raiz, quando comparada a outras olerícolas produtoras de raízes tuberosas, havendo variação apenas no nutriente cálcio (Ca), da terceira à quinta posição entre os macronutrientes.

Na figura 5 estão as curvas de absorção total de macronutrientes e o somatório das partes vegetativas com a parte comercial das cultivares analisadas. O potássio apresentou-se superior nas cultivares com limpeza clonal, obtendo ponto de máxima de 59,40 g planta⁻¹ para a cv. Beauregard, aos 143 dias; 46,25 g planta⁻¹ para a cv. Brazlândia Roxa, aos 143 dias e 32,31 g planta⁻¹ para a cv. Princesa, aos 121 dias. Desde o início, o potássio (K) foi o macronutriente mineral mais absorvido pelas plantas, fato que se repetiu para todas as demais cultivares de batata-doce, em todos os tratamentos, variando apenas as quantidades absorvidas, apresentando taxa de absorção elevada até os 100 DAT e depois se mantendo constante. A cv. Beauregard também apresentou ponto de máxima para os nutrientes: Fósforo (P) com 5,24 g planta⁻¹ aos 143 dias e o nutriente enxofre (S) com 3,96 g planta⁻¹ aos 143 dias.

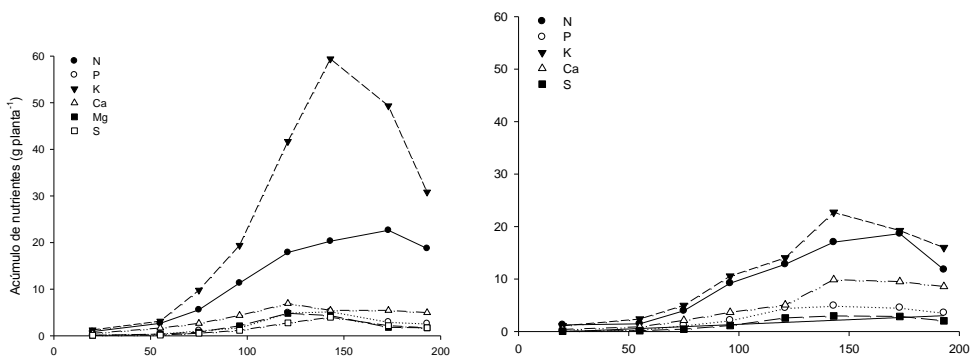
A cv. Brazlândia Roxa, oriundas da limpeza clonal, apresentou o maior acúmulo de cálcio (Ca), em torno de 13,14 g planta⁻¹ aos 121 dias, e também de magnésio (Mg), com 5,69 g planta⁻¹ aos 121 dias, em relação aos demais cultivares.

Os dados apresentados reforçam o achado de Filgueira (2003), em se tratando da maioria das hortaliças tuberosas, pois o K é o primeiro nutriente mineral em ordem de extração, e, no caso específico da batata-doce, as lavouras têm apresentado altas respostas à adubação potássica. Ressalta-se que a cultivar Princesa absorve em torno de metade de K em relação à Beauregard, o que corresponde respectivamente a 32,31 g planta⁻¹ e 59,41 g planta⁻¹.

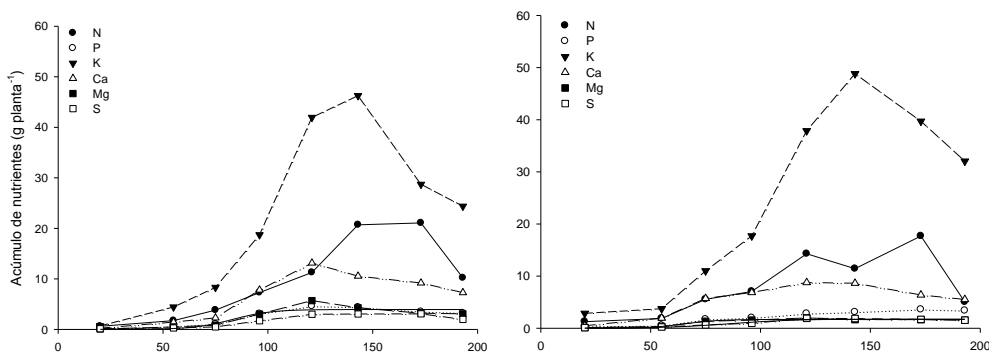
Com limpeza clonal

Sem limpeza clonal

BEAUREGARD



BRAZLÂNDIA ROXA



PRINCESA

Com limpeza clonal

Sem limpeza clonal

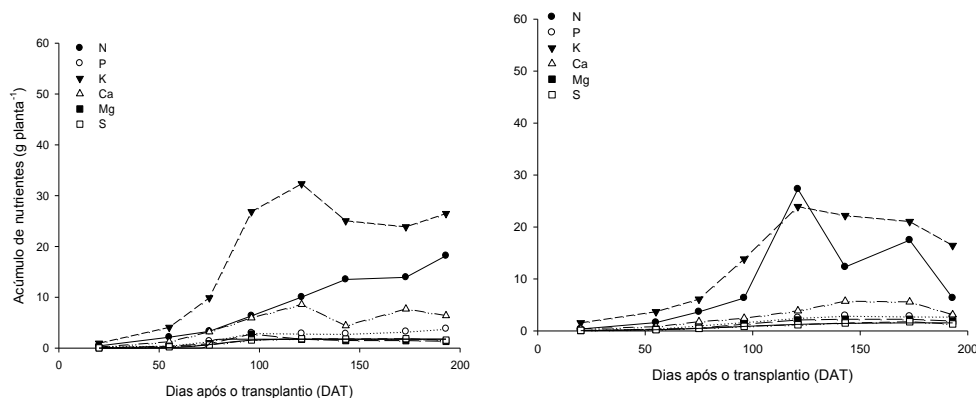


Figura 5. Marcha de absorção de macronutrientes das cv. Beauregard, Brazlândia Roxa e Princesa, com e sem a limpeza clonal.

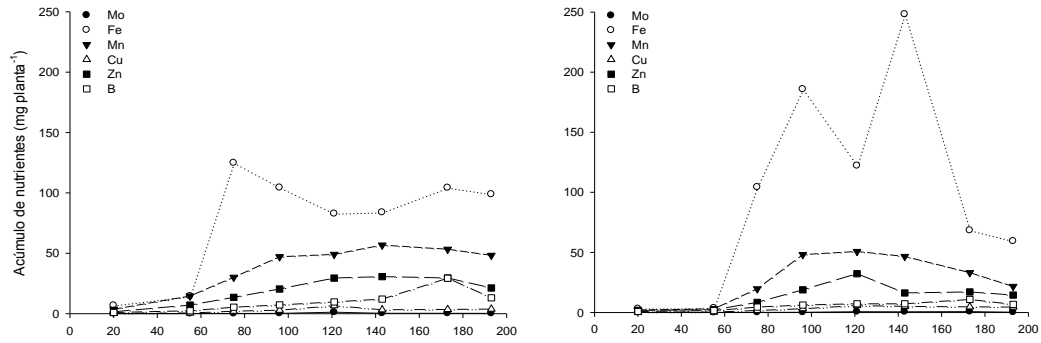
As cultivares avaliadas apresentaram marcha de absorção de micronutrientes seguindo a ordem: Fe > Mn > Zn > B > Cu > Mo (Figura 5). Esses resultados vêm ao encontro daqueles apresentados por Furlani *et al.* (1971) em que a marcha de absorção de micronutrientes para as culturas da beterraba e da cenoura obedeceram a seguinte ordem de extração: Fe > Mn > Zn > B > Cu (Furlani *et al.*, 1971). No entanto, nos estudos de Fernandes *et al.* (1971), o Mn (manganês) foi o micronutriente mais absorvido, seguido pelo Zn, Fe e Cu.

Ressalta-se ainda que os resultados supracitados contradizem as informações de Echer (2009), que apresenta a seguinte ordem de extração de micronutrientes pela raiz da batata-doce: Mn > B > Zn > Fe > Cu. A cultivar Princesa sem a limpeza clonal absorve três vezes menos Fe que a cultivar Beauregard, respectivamente 76,23 mg planta⁻¹ e 248,18 mg planta⁻¹.

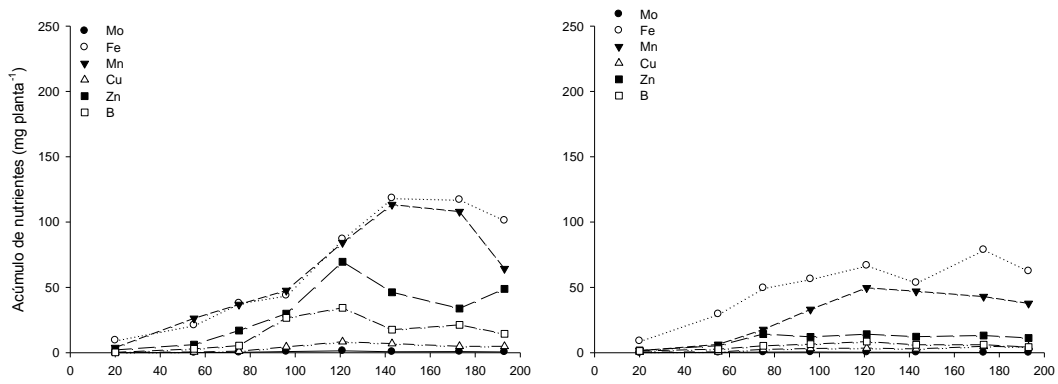
Com limpeza clonal

Sem limpeza clonal

BEAUREGARD



BRAZLÂNDIA ROXA



PRINCESA

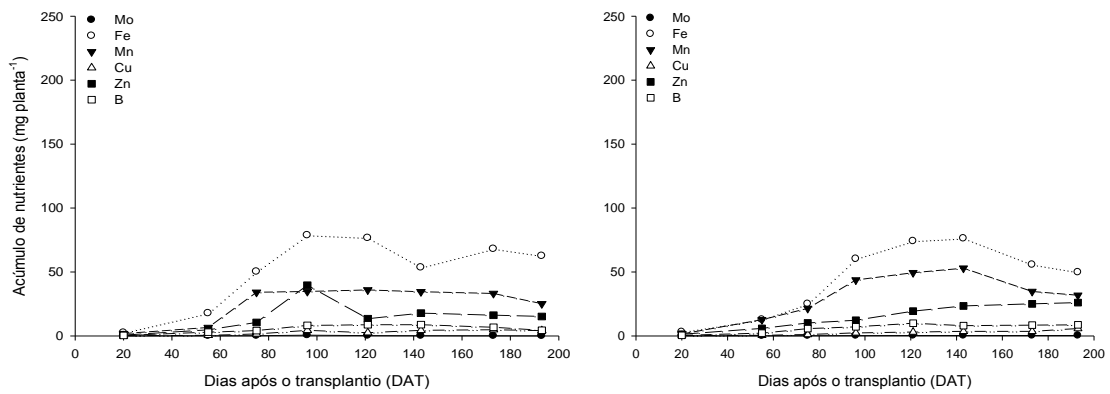


Figura 5 - Marcha de absorção de micronutrientes pelas cv. Beaugard, Brazlândia Roxa e Princesa, com e sem a limpeza clonal.

3.3.4 Taxa diária de absorção de nutrientes

A taxa diária de absorção (TA) dos macronutrientes variou em função do nutriente e das cultivares de batata-doce (Figura 6). Para todas as cultivares avaliadas, os compostos K, P, Ca, Mg e S, apresentaram TA crescente até determinado período, seguido de decréscimo vertiginoso. De maneira geral, a cv. Brazlândia Roxa apresentou as maiores taxas de absorção desses nutrientes, com exceção para o macronutriente K. A cv. Beauregard apresentou maior TA pelo K, e a cv. Princesa apresentou maior TA pelo S.

A TA de K observada para as cv. Beauregard, Brazlândia Roxa e Princesa foram de 14,81; 11,50 e 12,52 g planta⁻¹ dia⁻¹, aos 105, 105 e 90 DAT, respectivamente. Para o P, esses valores atingiram 1,27, 1,52 e 0,99 g planta⁻¹ dia⁻¹, aos 105, 90 e 90 dias, respectivamente. Como pode ser observada, a absorção diária de K e P ocorreram de forma similar e tiveram seus ápices, geralmente, entre 90 e 105 dias. Essa informação é muito útil para o manejo da adubação, em especial, para fertirrigação.

Embora a TA de Ca pela cv. Brazlândia Roxa tenha apresentado valores superiores em relação às cv. Princesa e Beauregard, o ponto de máxima absorção ocorreu em período posterior aos reportados acima, sendo de 4,33; 2,01 e 1,31 g planta⁻¹ dia⁻¹, aos 90, 75 e 75 dias, respectivamente. Esse comportamento se deu, provavelmente, em função da formação inicial dos tubérculos, ponto fundamental para o redirecionamento dos fotoassimilados, que ocorre devido ao aumento da atividade metabólica, associada à atividade hormonal e a divisão e crescimento celular (Taiz & Zeiger, 1991), para os frutos comerciais e redução na emissão de novos ramos. Esses dados vêm ao encontro com os de acúmulo reportados nesse trabalho, que evidencia claramente maior proporção de Ca na PVeg. das cultivares analisadas.

A TA de S pela cv. Princesa foi muito superior aos outros materiais, mostrando claramente a necessidade de fornecimento desse nutriente nas fases iniciais da cultura. A partir dos 30 dias, a absorção de S foi bastante acentuada, superando 1 g planta⁻¹ dia⁻¹, aos 70 dias.

Considerando os diferentes padrões de absorção dos nutrientes pelas cultivares, percebe-se a importância do manejo da adubação, levando-se em consideração cada cultura e o quanto cada uma exporta da lavoura. Observa-se que as proporções a serem aplicadas de K, P, Ca, Mg e S variam ao longo do ciclo de cultivo, o que é um reflexo

da TA desses nutrientes (Figura 6). Se considerarmos que, para o cultivo no solo, o Ca e o Mg são fornecidos durante a calagem, e que o P e o S são aplicados geralmente no plantio, verifica-se que, para a adubação de cobertura, uma atenção especial deve ser dada ao parcelamento do K, uma vez que a demanda da planta é acentuada a partir dos 60 dias. Diante da TA observada, sugere-se que se façam no mínimo dois parcelamentos da adubação potássica, com vistas a suprir a necessidade da cultura no momento de maior demanda, que seriam aos 30 e 55 DAT.

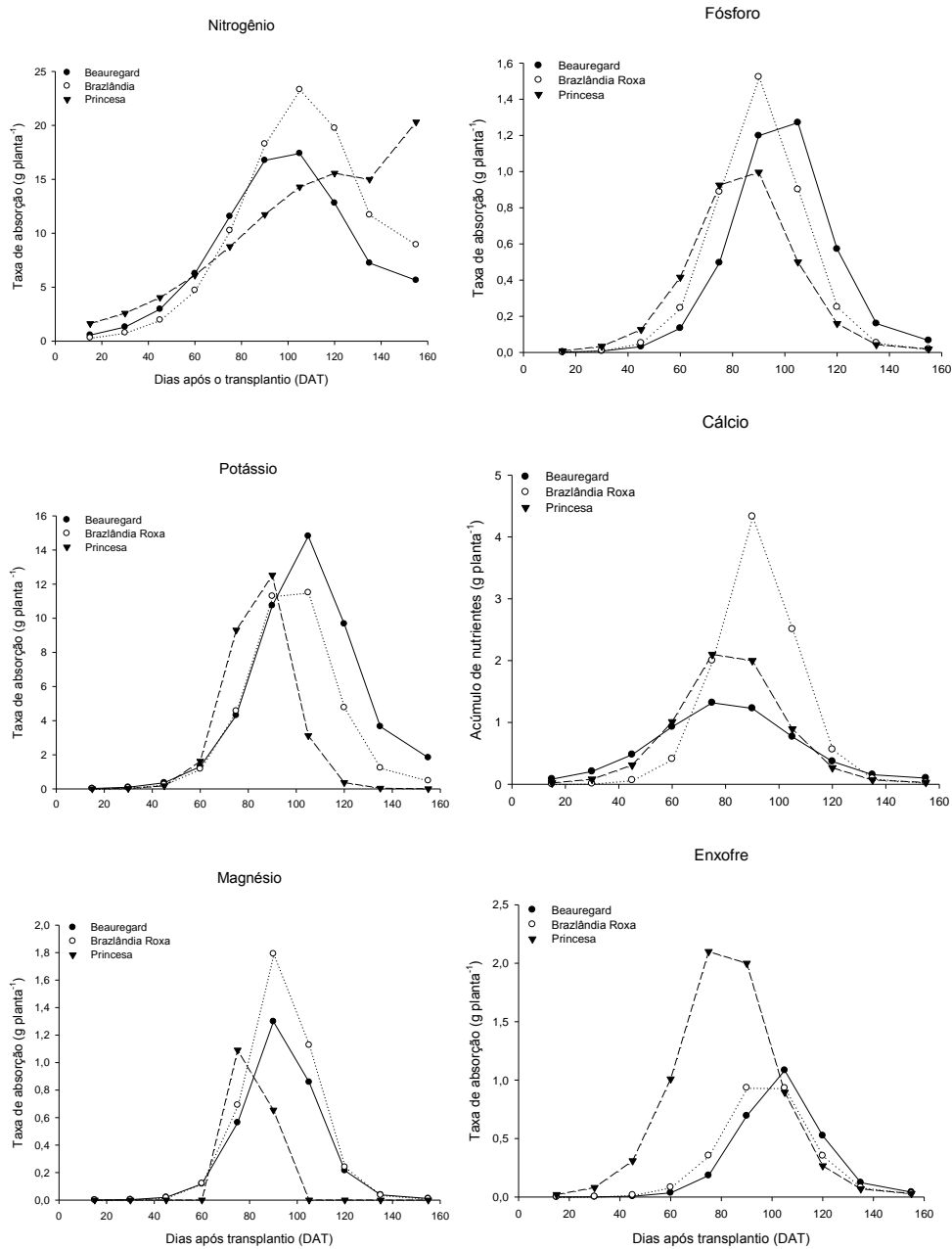


Figura 6. Taxa diária de absorção (TA) de macronutrientes para as cv. Beaugard, Brazlândia Roxa e Princesa, submetidas à limpeza clonal, em função dos dias após o transplantio (DAT). Valores obtidos a partir da derivada primeira da equação de melhor ajuste dos dados de acúmulo de nutrientes.

3.4 Conclusões

1. A limpeza clonal afetou a produção de massa seca (MS) e o índice de colheita (IC) das cultivares de batata-doce;
2. A ordem de absorção de nutrientes não foi alterada pela limpeza clonal, e seguiu a ordem: $K > N > Ca > P > Mg > S > Fe > Mn > Zn > B > Cu > Mo$;
3. O acúmulo de nutrientes foi maior nas plantas com a limpeza clonal e mostrou claramente que cada cultivar apresenta demanda diferenciada de nutrientes;
4. Os dados da taxa de absorção de nutrientes (TA) é uma variável importante para auxiliar no manejo de adubação.

3.5 Referências

- CÂMARA, F.A.A; GRANGEIRO, L.C; DOMBROSKI, J.L.D; SANTOS, M.A; FREITAS, R.M.O; FREITAS, F.C.L. 2013. Desempenho agronômico de cultivares de batata-doce oriundas de ramas produzidas de forma convencional e *in vitro*. Revista Brasileira de Ciências Agrárias v. 8, p.370-374. CRUZ CD. 2006. Programa Genes: Biometria.
- CECILIO FILHO, A.B.; REIS, M.S.; SOUZA, R.J.; PASQUAL, M. Degenerescência em cultivares de batata-doce. Horticultura Brasileira, v. 16, n. 1, p. 82-84, 1998. Disponível em: <<http://www.ufpel.tche.br/faem/agrociencia/v10n1/artigo11.pdf>> Acesso em: 10 jan. 2017.
- CHAVES, L. H. G.; PEREIRA, H. H. G. Nutrição e adubação de tubérculos. Campinas: Fundação Cargill, 1995. 97 p. Disponível em: <<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BINA1.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=006111>>. Acesso em: 13 out. 2016.
- DAROS, M.; AMARAL JÚNIOR, A.T. Adaptabilidade e estabilidade de produção de *Ipomoea batatas* L.. Acta Scientiarum, v. 22, n. 4, p. 911-917, 2000.
- DUARTE, E.A.A.; MELO FILHO, P.D.A.; SANTOS, R.C. Características agronômicas e índice de colheita de diferentes genótipos de amendoim submetidos a estresse hídrico. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, n. 8, p. 843-847, 2013.
- ECHER, F.R. Nutrição e adubação da batata-doce. Presidente Prudente: Universidade do Oeste Paulista, p. 94, 2015.
- 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: p.176-182, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v27n2/v27n2a10>> Acesso em: 10 mai. 2017.

FERNANDES F.R. Limpeza clonal de batata-doce: produção de matrizes com elevada qualidade fitossanitária. Embrapa Hortaliças. Circular Técnica 117, 8 p. 2013. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/956451/1/ct117.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2017.

FERNANDES P.D; OLIVEIRA G.D; HAAG H.P. XIª Reunião Anual da Sociedade de Olericultura do Brasil, Piracicaba. 1971.

FILGUEIRA F.A.R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2a ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa - UFV, 2003. 412 p.

FURLANI A.M.C; FURLANI P.R; BATAGLIA O.C; HIROCE R; GALLO J.R; BERNARDI J.B; FORNASIER J.B; CAMPOS H.R. Composição mineral de diversas hortaliças. *Bragantia*, v. 37, p. 33-44, 1978.

HUAMAN Z. Systemic botany and morphology of the sweet potato plant. *Technical Information Bulletin. International Potato Centre, Lima, Peru.* v. 25, 22 p. 1992.

KAWANO, K. Harvest index and evaluation of major food crop cultivars in the tropics. *Euphytica*, v. 46, n. 3, p. 195-202. Abr, 1990.

LUCENA, R.R.M; NEGREIROS, M.Z; MEDEIROS, J.F; BATISTA, T.M.V; BESSA, A.T.M; LOPES W.A.R. Acúmulo de massa seca e nutrientes pelo tomateiro 'SM16' cultivado em solo com diferentes coberturas. *Horticultura Brasileira*, v. 31, p. 401-409, 2011.

MADEIRA, N. R. Micropropagação e indexação de mandioquinha-salsa. Lavras, 2004. 141 p. Tese de Doutorado em Fitotecnia. Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2004.

MAGALHÃES, J.S; SANTOS, M.D.M.; CUNHA FILHO, F.N; BLUMER, L; GUERRA, M.P; TORRES, A.C. Indução de embriogênese somática em genótipos de batata-doce. *Horticultura Brasileira*, v. 24, n. 1, p. 79-83, 2006. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/S0102_05362006000100016>. Acesso em: 12 jan. 2017

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. Londres, Academic Press, 2.ed. 1995. 889 p.

OLIVEIRA, A.P; MOURA, M.F; NOGUEIRA, D.H; CHAGAS, N.G; BRAZ, M.S.S; OLIVEIRA, M.R.T; BARBOSA, J.A. Produção de raízes de batata-doce em função do uso de doses de N aplicadas no solo e via foliar. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 24, p. 279-282, 2006.

PACE, P.F; CRALLE, H.T; EL-HALAWANY, S.H.M; COTHREN, J.T; SENSEMAN, S.A. Drought-induced Changes in Shoot and Root Growth of Young Cotton Plants. *The Journal of Cotton Science*, v. 3, p. 183-187, 1999.

POZZER, L.; DUSI, A.N.; LIMA, M.I; KITAJIMA, E.W. Caracterização de um isolado brasileiro de Sweet Potato Feathery Mottle Virus. *Fitopatologia Brasileira*, v. 20, n. 3, p. 464-468, 1995. Disponível em: <http://www.sbfito.com.br/tpp/revistas_pdf/1995_vol.20_fasc.%203.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2017.

RESENDE, G.M de. Características produtivas de cultivares de batata-doce sob condições irrigadas e de sequeiro na região norte de Minas Gerais. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 17 n. 2, p. 151-154, 1999.

SANTOS, M.R.A.; FERREIRA, M.G.R; CORREIA, A.O; ROCHA, J.F. *In vitro* establishment and callogenesis in shoot tips of peach palm. *Revista Caatinga*, v. 23, n. 1, p. 40-44, 2010. Disponível em: <<http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/view/1750/4518>>. Acesso em: 29 mai. 2017.

SILVA. J.B.C; LOPES, C.A; MAGALHAES, J.S. Batata-doce (*Ipomoea batatas*). Sistema de Produção, v. 6. Embrapa Hortaliças, ISSN 1678-880X Versão Eletrônica. Julho, 2002.

SILVA, J.B.C; LOPES, C.A; MAGALHÃES, J.S. Cultura da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.). Brasília: EMBRAPA-CNPB, 2004, n. 6 (Sistema de Produção). Disponível em: <<http://www.cnpb.embrapa.br/sistprod/batata doce/autores.htm>>. Acesso em: 17 mar. 2017.

SILVA, S.O; SOUZA, A.S; PAZ, O.P. Efeito da multiplicação vegetativa *in vitro* na produtividade da batata-doce (*Ipomoea batatas* (L). Lam.). *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 3, n. 1, p. 47-52, 1991. Disponível em: <<http://www.cnpdia.embrapa.br/rbfv/pdfs/v3n1p47.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

Taiz, L.; Zeiger. *Plant physiology*. Redwood City: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1991. Disponível em: <<http://jeb.biologists.org/content/172/1/113.short>>. Acesso em: 25 fev. 2017.

4. CONCLUSÃO GERAL

Os resultados desta pesquisa demonstraram claramente a diferença no padrão de absorção nas cultivares que foram submetidas à limpeza clonal, com destaque para a cultivar Princesa, apresentando comportamento agrônômico superior às demais, com maior índice de colheita (IC), resultando em maior rendimento de produção, com menor necessidade de absorção do macronutriente K (potássio), elemento essencial para a cultura da batata-doce.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Resumo dos dados da análise de variância.

Quadro 1- Resumo da análise de variância dos valores máximos de produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes pelas diferentes cultivares de batata-doce, submetidas à limpeza clonal.

FV	GL	MS	N	P	K	S-SO ₄	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
Cultivar	2	66.556,16**	10,35 ^o	2,75*	664,96***	3,48***	15,91***	3,36***	23.326,28***	1.511,40***	3,74 ^o	267,33***	224,95 ^{ns}
Limpeza clonal	1	317.647,01**	29,55*	7,11**	906,05**	3,55***	3,30 ^{ns}	18,12***	1.525,20**	1.602,81***	17,73**	2.174,15***	1.055,94*
Cult * Limpeza	2	36.747,17*	5,79 ^{ns}	0,77 ^{ns}	369,27**	0,17 ^{ns}	22,28 ^{ns}	3,66***	9.573,78 ^{ns}	1.782,92***	5,47*	1.103,50***	329,43 ^{ns}
Bloco	2	6.351,20 ^{ns}	1,16 ^{ns}	0,004 ^{ns}	15,82 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,29 ^{ns}	272,901 ^{ns}	8,90 ^{ns}	0,05 ^{ns}	30,31 ^{ns}	91,11 ^{ns}
Resíduo	10	6.383,46	3,52	0,49	44,90	0,15	0,97	0,10	1.200,68	45,93	1,12	15,95	146,51
CV (%)		9,36	9,70	14,06	14,73	9,93	11,75	8,34	24,74	10,09	14,22	10,53	64,57

***, **, * e ^o correspondem a F significativo a 0,1, 1, 5 e 10% de probabilidade.

^{ns} não significativo

APÊNDICE B – Equações de regressão utilizadas na pesquisa.

Quadro 2 - Equações de regressão para a marcha de absorção de nutrientes pelas cultivares Beaugard, Brazlândia Roxa e Princesa, com e sem limpeza clonal. *** P < 0,001 de significância.

EQUAÇÃO	R ²
Beaugard Com Limpeza Clonal	
N $Y = 20,9731/(1 + \exp(-(x - 92,0809)/17,2302))$	9911***
P $Y = 3,9200/(1 + \exp(-(x - 91,4349)/10,1038))$	0,8592***
K $Y = 46,480/(1 + \exp(-(x - 96,9321)/11,3030))$	0,8602***
Ca $Y = 5,6840/(1 + \exp(-(x - 73,0426)/15,4790))$	0,9493***
Mg $Y = 3,1202/(1 + \exp(-(x - 85,6760)/8,2605))$	0,7788***
S $Y = 2,6785/(1 + \exp(-(x - 96,0882)/8,6460))$	0,8732***
Beaugard Sem Limpeza Clonal	
N $Y = 15,7628/(1 + \exp(-(x - 91,3567)/15,4243))$	0,9522***
P $Y = 4,4398/(1 + \exp(-(x - 92,2906)/4,4398))$	0,9707***
K $Y = 19,0744/(1 + \exp(-(x - 92,5708)/16,9529))$	0,9599***
Ca $Y = 9,6433/(1 + \exp(-(x - 106,8160)/20,8013))$	0,9724***
Mg $Y = 2,8188/(1 + \exp(-(x - 95,6206)/2,8188))$	0,9912***
S $Y = 2,6671/(1 + \exp(-(x - 96,8395)/2,6671))$	0,9700***

Brazlândia Roxa Com Limpeza Clonal

N	$Y = 17,0423/(1 + \exp(-(x - 99,4570)/15,8649))$	0,8883***
P	$Y = 3,9404/(1 + \exp(-(x - 83,1077)/9,1979))$	0,9621***
K	$Y = 35,2163/(1 + \exp(-(x - 90,7730)/9,7298))$	0,8986***
Ca	$Y = 9,9967/(1 + \exp(-(x - 84,3761)/8,0331))$	0,9304***
Mg	$Y = 4,0321/(1 + \exp(-(x - 85,7570)/7,6231))$	0,9073***
S	$Y = 2,7792/(1 + \exp(-(x - 90,4755)/9,2265))$	0,9565***

Brazlândia Roxa Sem Limpeza Clonal

N	$Y = 12,0387/(1 + \exp(-(x - 80,5425)/14,9875))$	0,7810***
P	$Y = 3,5441/(1 + \exp(-(x - 86,5707)/25,9482))$	0,9879***
K	$Y = 40,5868/(1 + \exp(-(x - 94,0955)/13,2171))$	0,9533***
Ca	$Y = 7,2771/(1 + \exp(-(x - 63,7792)/8,9326))$	0,9302***
Mg	$Y = 1,6854/(1 + \exp(-(x - 65,5116)/7,8338))$	0,9780***
S	$Y = 1,7555/(1 + \exp(-(x - 86,3988)/14,5430))$	0,9706***

Princesa com Limpeza Clonal

N	$Y = 18,1822/(1 + \exp(-(x - 115,9390)/29,9006))$	0,9897***
P	$Y = 3,2255/(1 + \exp(-(x - 76,8562)/10,8880))$	0,9671***
K	$Y = 27,1810/(1 + \exp(-(x - 77,9254)/6,6145))$	0,9708***
Ca	$Y = 6,7777/(1 + \exp(-(x - 74,6352)/10,6900))$	0,9140***
Mg	$Y = 1,7459/(1 + \exp(-(x - 75,0000)/1,0000))$	0,8412***
S	$Y = 1,76677(1 + \exp(-(x - 79,1608)/8,9145))$	0,9908***

Princesa Sem Limpeza Clonal

N	$Y = 15,8456 / (1 + \exp(-(x - 96,2919) / 0,7114))$	0,7546***
P	$Y = 3,8675 / (1 + \exp(-(x - 86,2659) / 18,4498))$	0,9961***
K	$Y = 20,9102 / (1 + \exp(-(x - 84,5636) / 11,9973))$	0,9568***
Ca	$Y = 4,7697 / (1 + \exp(-(x - 88,4380) / 18,5873))$	0,9021***
Mg	$Y = 2,1535 / (1 + \exp(-(x - 88,9417) / 13,2535))$	0,9870***
S	$Y = 1,5701 / (1 + \exp(-(x - 91,8505) / 20,9500))$	0,9779***