

Uso de diferentes tipos de fertilizantes minerais na produção de *Ipomoea batatas* BRS Amélia em cultivo vertical

Use of different types of mineral fertilizers in the production of BRS Amélia Ipomoea potatoes in vertical cultivation

Lilian Fernanda Sfindrych Gonçalves¹ (ORCID 0000-0003-2373-8051), Überson Boaretto Rossa^{1*} (ORCID 0000-0003-1222-2236), Erik Nunes Gomes² (ORCID 0000-0002-7999-070X), João Célio de Araújo³ (ORCID 0000-0001-8658-2707), Eduardo Augusto Werneck Ribeiro¹ (ORCID 0000-0003-3313-6783), Daniel da Rosa Farias¹ (ORCID 0000-0003-4531-0195), Costantino Vischetti⁴ (ORCID 0000-0002-9688-7544), Cristiano Casucci⁴ (ORCID 0000-0002-5473-2114)

¹Instituto Federal Catarinense, Araquari, SC, Brasil. Autor para correspondência: boarettorossa@gmail.com

²State University of New Jersey, New Jersey, USA.

³Instituto Federal Catarinense, Rio do Sul, SC, Brasil.

⁴Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italy.

Submissão: 14/02/2023 | Aceite: 03/03/2023

RESUMO

Ipomoea batatas, popularmente conhecida como batata-doce, é considerada uma das plantas com grande importância econômica por apresentar características favoráveis para o suprimento de calorias, vitaminas e minerais na alimentação humana. Dentre os genótipos com potencial econômico destaca-se a cultivar biofortificada BRS Amélia (*Ipomoea batatas*), por apresentar valores nutricionais, rusticidade e fácil manejo. Pesquisas indicam que a ausência do uso de tecnologias de fertilização, pode proporcionar resultados de baixa produtividade de batata-doce, sendo necessária a utilização de adubações balanceadas. Este estudo teve como objetivo avaliar o desenvolvimento da cultivar biofortificada BRS Amélia, submetida a usos de diferentes tecnologias de fertilização em sistema de cultivo vertical. As mudas receberam diferentes doses de fertilizante de liberação controlada: 0,0 (controle); 30g; 60g; 90g; 120g e uma dose de 40g por cova de NPK 13-13-28 de pronta solubilidade. Aos 180 dias os dados de parâmetros biométricos e de produção foram coletados e submetidos à análise de variância e análise de regressão seguida pelo teste de Tukey a 5% para separação de médias. A aplicação do fertilizante de liberação controlada apresentou efeito positivo no desempenho das plantas em altura, diâmetro do coleto, número de folhas, número de ramos, comprimento de ramos e clorofila. Para os parâmetros biomassa fresca da raiz e biomassa seca da raiz o uso do fertilizante convencional apresentou melhor resultado comparado com o fertilizante de liberação controlada para produção de batata-doce BRS Amélia em solo fértil no sistema de cultivo vertical.

PALAVRAS-CHAVE: adubação; batata-doce; fertilizante de liberação controlada; nutrição mineral.

ABSTRACT

Ipomoea batatas, popularly known as sweet potato is considered one of the plants with great economic importance for presenting favorable characteristics for the supply of calories, vitamins and minerals in human food. Among the genotypes with economic potential, the biofortified cultivar BRS Amélia (*Ipomoea batatas*) stands out, as it has high nutritional values, rusticity and easy handling. Researches indicate that the absence of fertilization technologies can cause lower productivities of sweet potato, making necessary the use of balanced fertilizations. This study aimed to evaluate the development of the biofortified cultivar BRS Amélia, submitted to the use of different fertilization technologies in a vertical cultivation system. The seedlings received different doses of controlled-release fertilizer: 0.0 (control); 30g; 60g; 90g; 120g and a dose of 40g per planting hole of readily soluble NPK 13-13-28. At 180 days, biometric and production parameters data were collected and submitted to analysis of variance and analysis of regression followed by Tukey test at 5 % for separation of means. The application of the controlled release fertilizer had a positive effect on the production of the studied cultivar, favoring the performance of the plants and promoting a increase especially of height, collar diameter, number of leaves, number of shoots, shoot length and chlorophyll. The application of controlled-release fertilizer had a positive effect on plant performance in height, stem diameter, number of leaves, number of branches, branch length and chlorophyll. For the parameters fresh root biomass and dry root biomass, the use of conventional fertilizer showed better results compared to FLC for the production of sweet potato BRS Amélia in fertile soil in the vertical cultivation system.

KEYWORDS: controlled-releaser fertilizer; fertilization; mineral nutrition; sweet potato.

INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) é uma raiz tuberosa pertencente à família Convolvulaceae, considerada uma das plantas com grande importância socioeconômica por apresentar características favoráveis para o suprimento de calorias, vitaminas e minerais na alimentação humana e em pouco tempo de cultivo apresenta uma produção considerável (CAJANGO et al. 2021). Em 2019, a área de cultivo de batata-doce no Brasil foi de 54.123 hectares com produção média de 13.998 kg.ha⁻¹, com destaque para as regiões Sul e Nordeste (IBGE 2018).

Considerando o uso de fertilização mineral, cerca de 40 a 70% do N, 80 a 90% do P e 50 a 70% do K aplicados ao solo em forma de fertilizantes solúveis não são absorvidos pelas plantas, afetando o meio ambiente (WU & LIU 2008). A cultura da batata-doce é altamente responsiva à oferta de K, de modo que a resposta da produtividade pode estar relacionada à alta disponibilidade de K existente no solo (STEFFLER et al. 2022).

A necessidade do uso de alternativas tecnológicas como o fertilizante de liberação controlada - FLC pode fornecer as plantas os nutrientes necessários, buscando as dosagens ideais para produção. Estabelecer quantidades seguras de adubação para a produção evita gastos com mão de obra e gera benefícios para o ecossistema (GIRARDI & MOURÃO FILHO 2003), pela redução do impacto ambiental provocado pela contaminação do sítio e do lençol freático por fósforo (P₂O₅) e nitrato (NO₃⁻) provenientes de fertilizantes de elevada solubilidade, somando-se ao melhor índice de sobrevivências das plantas à campo e menor custo de replantio, conforme apontado por ROSSA et al. (2013a).

A batata-doce possui alta capacidade de exploração de nutrientes do solo por apresentar um sistema radicular muito ramificado (OLIVEIRA et al. 2006). No entanto, a ausência do uso de tecnologias de fertilização, pode proporcionar resultados de baixa produtividade de batata-doce, sendo necessário a utilização de adubações balanceadas (CRUZ et al. 2016) visando maximizar seu potencial produtivo, em especial de cultivares melhoradas geneticamente.

Destarte, a disponibilização de nutrientes no solo pode inferir na produtividade da cultivar, conforme demonstrado em estudos de RÓS et al. (2013), o uso do FLC apresentou resultados significativos para o desenvolvimento vegetativo em mudas de batata-doce em bandejas. Um dos motivos da maior eficácia dos FLC, pode estar associado a liberação dos nutrientes gradualmente e de forma osmótica por um período mais longo, além de promoverem benefícios como a redução de gastos com mão de obra, perda de nutrientes por lixiviação e perda de nitrogênio por volatilização da amônia, conforme ressalta CABREIRA et al. (2020) e YE et al. (2020). Além disso, mantém o equilíbrio de liberação dos nutrientes com as necessidades de crescimento e desenvolvimento das plantas (GUO et al. 2017).

Esta tecnologia de fertilização em sua maioria proporciona maior produtividade a campo, menor manejo na reposição de adubação de plantio e de cobertura, além do ganho econômico e ambiental com a diminuição de aplicações e de altas dosagens, evitando acúmulo de nutrientes no solo. No entanto, o fertilizante de liberação lenta ou controlada apresenta um custo de aquisição maior comparado aos fertilizantes convencionais, havendo necessidade de estudos para determinação de melhores práticas agrícolas a campo para que melhor atendam a demanda nutricional da planta (CUNHA et al. 2021).

Embora este fertilizante venha sendo estudado em viveiros florestais e em culturas agrícolas, dados sobre FLC no cultivo de batata-doce a campo são escassos (SILVA et al. 2015). Nesse sentido, o estudo de sistemas de cultivo e melhores técnicas de produção tornam-se necessários para incremento da produtividade e rentabilidade em genótipos de batata-doce.

Entre as cultivares com alto potencial produtivo e comercial, destaca-se a batata-doce biofortificada BRS Amélia que apresenta formato elíptico longo, cor rosa clara, polpa alaranjada intensa, boa aceitação devido ao seu sabor extremamente doce, textura úmida, macia, melada, alto teor de amido e glicose. Esta cultivar é rica em carotenoides (provitamina A) e apresenta potencialidade de produção de 32 t.ha⁻¹ (CASTRO & BECKER 2011).

A crescente necessidade de elevar a produção em menos espaço instiga a criação de métodos de cultivos alternativos em pequenas propriedades rurais, oportunizando o uso de materiais reutilizáveis como os sacos de rafia. O sistema de cultivo vertical pode proporcionar uma maior produção em menor unidade de área. Além de proporcionar fácil manejo na condução da produção (VENTURA & ROMÁN 2015). Isto mostra a importância do acesso a novas cultivares, tecnologias de produção e diferentes sistemas de cultivo e fertilização, podendo representar novas fontes de renda para os agricultores familiares. Além de aproveitar pequenos espaços das áreas ociosas das propriedades rurais.

Nesta perspectiva, a variedade BRS Amélia em cultivo vertical pode apresentar potencial produtivo com o uso de FLC e fertilizante mineral - NPK, tendo em vista à falta de informações técnicas sobre o uso

dessa tecnologia de fertilização em raízes de batata-doce, foi estabelecido como objetivo do presente estudo, avaliar o uso de diferentes tipos de fertilizantes na produção de batata-doce BRS Amélia em cultivo vertical.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo, em propriedade rural, no município de Massaranduba, Santa Catarina, Brasil, localizada sob as coordenadas geográficas 26°34'30,64"S latitude, 48°55'01,42"W longitude e 362 metros sobre o nível do mar (m.s.n.m.).

O clima da região é subtropical úmido com verões quentes sendo classificado como Cfa no sistema de classificação de Köppen com temperatura média anual de 20°C, com precipitação média anual de 2.200mm (KÖPPEN 1931).

Para a confecção dos vasos de cultura a fim de estabelecimento do sistema de cultivo vertical, foram utilizados sacos brancos de rafia laminada com diâmetro de 0,35m, altura de 0,80m e volume de 0,077m³. Cada saco de rafia foi forrado com um saco plástico de polietileno de baixa densidade, de cor preta, com três furos para drenagem, na parte inferior. Os sacos foram preenchidos com solo agrícola retirado de área com histórico de cultivo na propriedade rural. Amostras compostas de solo foram coletadas de 0 a 20cm de profundidade e encaminhadas para laboratório de análise (Tabela 1).

Tabela 1. Características granulométricas e químicas do solo agrícola da área de condução dos experimentos de produção de batata-doce BRS Amélia em sistema de cultivo vertical. Massaranduba/SC, 2020.

Table 1. Granulometric and chemical characteristics of the agricultural soil in the area of the BRS Amélia sweet potato production experiments in a vertical cultivation system. Massaranduba/SC, 2020.

GRANULOMETRIA										
Argila		Areia		Silte		Tipo solo				
-----		g kg ⁻¹		-----						
23,1		48,8		28,1		Solo tipo 2				
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS										
pH	pH	P	M.O	Al ⁺³	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	H ⁺ +Al ⁺³	SB	V
CaCl ₂	SMP	mg/dm ³	%	cmol _c /dm ³	mg/dm ³	--- cmol _c /dm ³ ---				%
6,6	6,7	111,3	2	0,0	156,4	8,2	4,1	1,9	12,6	86,9

Fonte: EPAGRI 2021.

Considerando os resultados obtidos na análise física, o solo foi classificado como do tipo 2 (MAPA 2008), portanto, segundo a classificação proposta por SANTOS et al. (2015) o solo de cultivo foi identificado como classe textural franco argilo arenosa. Considerando os resultados de acidez do solo – pH de 6,6 e 6,7 para os métodos CaCl₂ e SMP respectivamente - não houve necessidade de calagem.

A implantação do experimento foi realizada em outubro de 2020, com o plantio de mudas clonadas apresentando quatro a cinco folhas e altura média de 20cm.

Um total de 18 vasos de cultivo foi utilizado no experimento, distribuídos com distanciamento de 1,5m entre eles. Na parte superior de cada vaso de cultivo foram feitas três covas, com espaçamento de oito centímetros cada e profundidade de 10cm. As covas do mesmo vaso receberam a mesma dosagem de adubação e em seguida foram plantados uma muda por cova, totalizando 54 mudas dispostas em todos os vasos.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), com seis tratamentos e três repetições, estabelecendo-se unidade experimental constituída por um vaso com três plantas em cada vaso.

Foram aplicados os seguintes tratamentos em cada unidade experimental: controle (sem fertilização), fertilizante de liberação controlada (FLC) nas doses de 30g, 60g, 90g e 120g por cova de plantio e 40g por cova de fertilizante NPK de pronta solubilidade, conforme a interpretação da análise de solo e recomendação do manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC 2004).

O FLC é fabricado por Compo GmbH & Co. KG (Alemanha), de marca comercial Basacote[®] 12M Plus, com formulação 15-08-12 (N₂-P₂O₅-K₂O) (COMPO EXPERT 2021). Já o fertilizante NPK utilizado da marca Fertipar com formulação 13-13-28 (N₂-P₂O₅-K₂O) (FERTIPAR 2022) (Tabela 2).

Tabela 2. Características químicas dos fertilizantes de liberação controlada e convencional aplicados em cultivo vertical de batata-doce BRS Amélia.

Table 2. Chemical characteristics of controlled and conventional release fertilizer applied in vertical cultivation of BRS Amélia sweet potato.

Tecnologia de Fertilização	N ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S	Fe	B	Cu	Mn	Mo	Zn
	----- % -----										
Fertilizante de Liberação Controlada (FLC)	15	8	12	1,2	5	0,4	0,02	0,05	0,06	0,015	0,02
Fertilizante Convencional (NPK)	13	13	28	-	2	-	-	-	-	-	-

Fonte: COMPO EXPERT (2021) e FERTIPAR (2022).

Durante o período de condução do experimento as plantas daninhas foram controladas com arranquio manual, sendo as do interior dos vasos com frequência semanal e as do entorno dos vasos com frequência quinzenal. Não foram necessários procedimentos fitossanitários para controle de pragas e doenças. O controle da irrigação das mudas nos primeiros 30 dias foi efetuado semanalmente por aspersão manual, aplicando o volume de 0,001m³ por vaso. Após este período, considerando regime de chuvas com volume pluviométrico suficiente, não foi necessária irrigação.

Aos 180 dias após o plantio foram avaliadas as variáveis biométricas: altura (H), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (NF), número de ramos (NR), comprimento de ramos (CR) e clorofila (CL), bem como os dados das variáveis de produção: biomassa fresca da parte aérea (BFPA), biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa fresca da raiz (BFR), biomassa seca da raiz (BSR).

O comprimento de ramos e altura (ambos em cm) foi aferido com régua graduada e trena, medindo-as desde o colo até o ápice da planta (NEUMANN et al. 2017). O número de ramificações e o número de folhas foram contados individualmente.

O diâmetro do coleto foi medido com paquímetro digital (mm) a 0,5cm do solo, conforme técnica aplicada por ROSSA et al. (2011). O teor de clorofila foi aferido em três folhas por planta, no terço médio, em três pontos da folha, sempre nos mesmos horários, utilizando clorofilômetro modelo SPAD 502 Plus - Soil Plant Analysis Development (SPAD) similar ao método empregado por MARTINS et al. (2010).

A parte aérea das plantas foi colhida a 5cm de altura do solo, com auxílio de tesoura de poda, e pesadas para determinação da biomassa fresca da parte aérea. As raízes foram colhidas com auxílio de uma pá, lavadas com escova para retirada de solo aderida ao tubérculo para posterior aferimento de peso com balança de precisão. Para a secagem da biomassa das folhas e raízes foi utilizado secador de circulação de ar forçado a 65 °C até atingir peso constante seguindo método aplicado por CONEGLIAN et al. (2016).

Para comparação do fertilizante de pronta solubilidade e fertilizante de liberação controlada, os dados foram submetidos a ANOVA, seguido do teste de Tukey a 5% para comparação de médias, utilizando-se o programa estatístico Assistat (SILVA & AZEVEDO 2016). Os dados referentes a diferentes doses de FLC foram submetidos à análise de regressão e calculadas as doses de máxima eficiência técnica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise dos parâmetros de produção

Ao analisar os parâmetros de produção de batata-doce BRS Amélia com o uso de diferentes tipos de fertilização, observa-se que o teste de médias não apresenta diferenças estatísticas para as variáveis biomassa fresca da parte aérea e biomassa seca da parte aérea entre as diferentes doses do FLC e do fertilizante NPK convencional (Tabela 3). Enquanto, a análise de variância apresenta diferença significativa nos tratamentos estudados para as variáveis biomassa fresca da raiz e biomassa seca da raiz, seguido pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 3. Médias das variáveis de biomassa fresca da raiz (BFR) e biomassa seca da raiz (BSR) de batata-doce BRS Amélia produzidas em sistema de cultivo vertical sob diferentes tecnologias de fertilização.

Table 3. Averages of the variables of fresh biomass of the root (BFR) and dry root biomass (BSR) of the BRS Amélia sweet potato root produced in vertical farming system, under different fertilization

technologies.

Tecnologia de Fertilização	Doses	BFR	BSR
	----- g -----		
Fertilizante de Liberação Controlada (FLC)	0	832,33Ba*	279,59ABa
	30	1025,16ABa	304,23ABa
	60	931,50ABa	303,16ABa
	90	828,82Ba	260,03Ba
	120	1270,50ABa	272,91ABa
Fertilizante Convencional (NPK)	40g	1660,00A	478,50A
CV (%)		24,04	24,18

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Letras maiúsculas para comparação de médias dos tratamentos de fertilizante de liberação controlada e NPK. Letras minúsculas para comparação de médias dos tratamentos com fertilizante de liberação controlada.

Entre a dosagem de 90g de fertilizante de liberação controlada e o controle não houve diferença significativa, sendo um indicativo que as condições ambientais como o alto índice natural de fertilização do solo podem ter neutralizado o crescimento de biomassa fresca da raiz com o uso da tecnologia de fertilização. Este resultado pode estar associado à disponibilidade de fósforo e potássio, visto que o uso de 28% de potássio presente na formulação convencional pode inferir no aumento da produção de raízes. Esta resposta pode estar relacionada à absorção de nutrientes pelas raízes, principalmente de potássio, nitrogênio, cálcio, magnésio e fósforo (ECHER et al. 2009). Corroborando com o preconizado por FILGUEIRA (2013) quando comenta que tais nutrientes são responsáveis pelo aumento da produtividade nas hortaliças tuberosas, pois desempenham função importante na formação de raízes, favorecendo a formação e translocação de carboidratos e o uso eficiente da água.

Para BFR, nota-se que houve diferenças estatisticamente significativas de produção de biomassa de raiz entre as plantas que foram submetidas à aplicação de FLC e plantas fertilizadas com NPK, havendo um aumento significativo com a aplicação de NPK (1660,0g) se comparado à aplicação das doses de FLC, apresentando um incremento de 49,8% se comparado à produção de biomassa fresca de raiz das plantas que não receberam fertilizantes (832,3g). Tal resposta, reforça resultado obtida por OLIVEIRA et al. (2018) em trabalho testando cultivares de batata-doce adubadas apenas com adubação mineral, observaram destaque produtivo da cultivar BRS Amélia com 18,11 t.ha⁻¹.

Em trabalho de (GUIRRE et al. 2020), ao trabalhar com fertilização com adubos orgânicos constatou resposta positiva na obtenção de maior produtividade total em toneladas por hectare com a utilização da cultivar BRS Amélia. Acrescido aos resultados alcançados por RÓS et al. (2013), onde observaram efeito positivo em mudas de batata-doce produzidas em bandejas, havendo um incremento de raízes com o aumento das doses de fertilização mineral. Tais episódios comprovam a importância de um programa de fertilização aplicado para a cultivar BRS Amélia a nível de campo pelos agricultores, visando maior produtividade.

Analisando o parâmetro BSR, houve diferença estatística entre os tratamentos com fertilizante de liberação controlada e NPK convencional. As plantas que receberam tratamento com fertilizante NPK apresentaram valores superiores de produção de BSR, se comparado às plantas que receberam tratamento com doses de FLC, apresentando um incremento de 41,5% maior se comparado a produção de BSR das plantas que não foram fertilizadas.

A dosagem de 90g de FLC promoveu menor produção de BSR (260,0g), sendo esse peso inferior se comparado às demais dosagens de FLC aplicadas, também inferiores a produção de BSR pelas plantas submetidas a fertilização com NPK (478,5g) e até mesmo sem fertilização (279,6g). A partir desses resultados podemos inferir que as condições edafológicas, em especial no que se refere a utilização de solo fértil como substrato, podem ter inferido nos resultados pouco promissores de utilização de FLC. Pois, de acordo com os resultados da análise química do solo utilizado, constata-se níveis satisfatórios dos nutrientes fósforo (111,3mg/dm³) e potássio (156,4mg/dm³) elementos que influenciam na produção da BSR, concordante com resultados apresentados por CRUZ et al. (2016) que apontam que a utilização do nutriente potássio aumentou a matéria seca da raiz tuberosa de batata-doce, indicando que a alta

disponibilidade do fósforo pode auxiliar na produção de biomassa seca da raiz. Por outro lado, a deficiência de potássio apresenta correlação no resultado de menor massa seca de raiz (PRADO & CECÍLIO FILHO 2016).

De modo geral, o uso de FLC - na condição de fertilidade de solo do presente estudo - não promoveu incrementos significativos no desenvolvimento das plantas e por conseguinte na produção de batata. Razão pela qual é importante considerar que o FLC como produto tecnológico apresenta um custo de aquisição maior do que as outras formas de fertilizantes convencionais, neste caso, não sendo recomendada sua utilização por não incrementar significativamente a produção de batata-doce BRS Amélia. De outro modo, o uso do fertilizante mineral NPK apresentou resultados significativos em indicadores de crescimento vegetativo para biomassa fresca e seca da raiz, podendo significar que seu uso seja adequado para a produção de batata-doce BRS Amélia cultivada em sistema vertical,

Análise dos parâmetros biométricos

De acordo com a análise de regressão, houve efeito significativo do FLC para todos os parâmetros biométricos avaliados. Os modelos de regressão e respectivas equações e coeficientes de determinação (R^2) para os dados biométricos são apresentados na Figura 1.

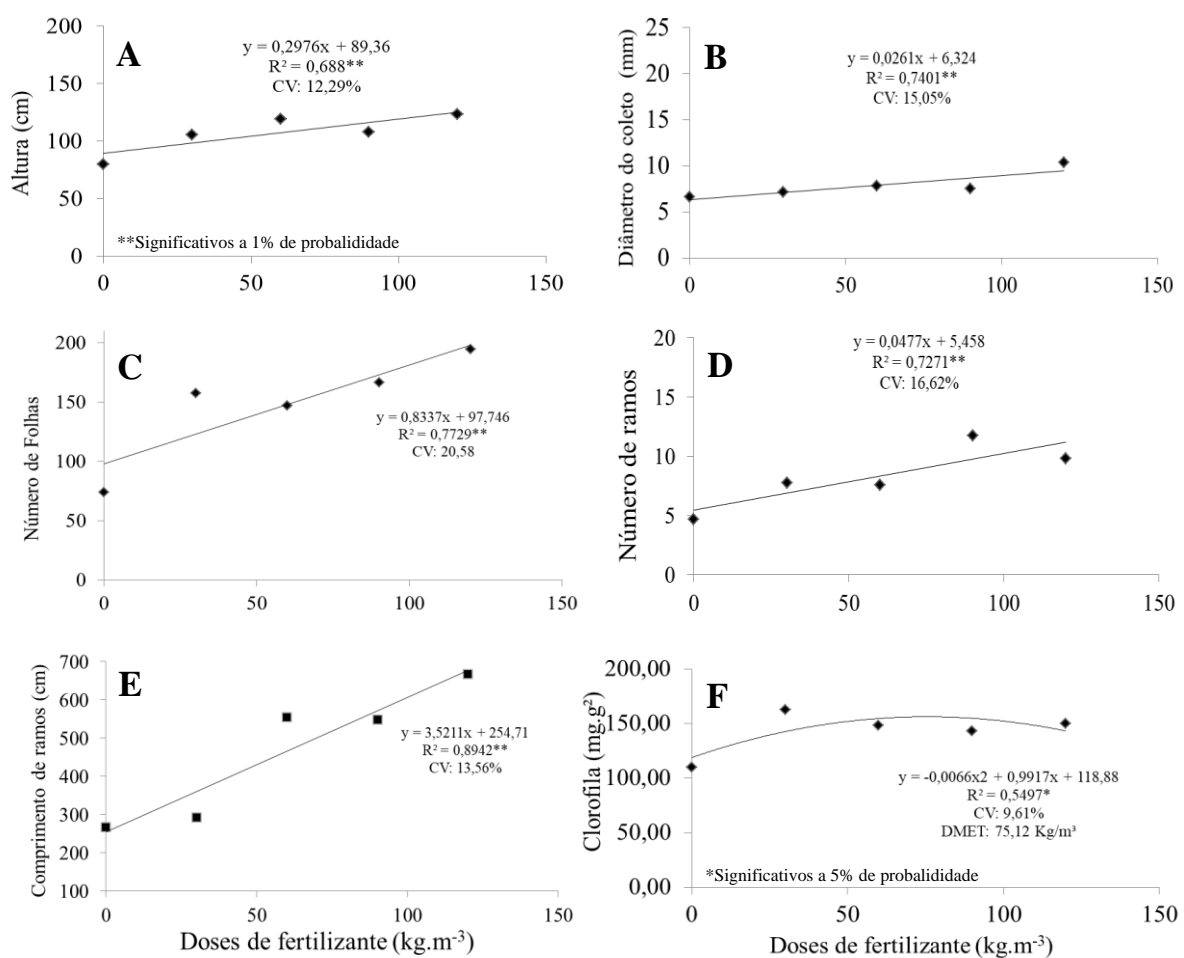


Figura 1. Análise de regressão para altura (A), diâmetro do coleto (B), número de folhas (C), número de ramos (D), comprimento de ramos (E) e clorofila (F) de batata-doce BRS Amélia, submetidos a diferentes doses de fertilizante de liberação controlada em sistema de cultivo vertical. Massaranduba/SC, 2021.

Figure 1. Regression analysis for height (A), for collar diameter (B), for the number of leaves (C), for the number of branches (D), for length of branches (E) and for chlorophyll (F) of BRS Amélia sweet potatoes, submitted to different doses of controlled-release fertilizer in vertical farming system. Massaranduba/SC, 2021.

Observa-se que altura das plantas aumentou com o aumento das respectivas doses de FLC (Figura 1A), sendo que plantas tratadas com 120g por cova resultou em plantas 35,5% maiores que plantas não adubadas. Resultados similares foram descritos, com outras espécies de plantas, destacando o acréscimos da altura com o uso de FLC comparado ao tratamento controle (ROSSA et al. 2015, ROSSA et al. 2013b, ROSSA et al. 2011, BRONDANI et al. 2008, LANG et al. 2011, ZAMUNÉR et al. 2012, DUTRA et al. 2016).

O incremento na altura de plantas em função do aumento da dose do FLC está relacionado com o fornecimento do nutriente, em especial à disponibilidade de nitrogênio, fósforo e potássio, em proporções adequadas para cada etapa de desenvolvimento da planta, visto que a absorção de nutrientes não é constante ao longo do ciclo (GOMES et al. 2020, MARANA et al. 2008). Observando as formulações utilizadas no presente estudo, o nitrogênio está presente em 13% na formulação NPK utilizada e 15% no FLC, oferecendo alta concentração de nitrogênio para a planta que apresenta alta exigência deste elemento, mesmo com baixo nível de matéria orgânica - M.O. no solo, corroborando com o sugerido por HILL et al. (1990), ao defender adubação nitrogenada principalmente em solos com baixa porcentagem de M.O. na cultura da batata-doce, caso do solo utilizado neste estudo com M.O. de 2% (Tabela 1).

O FLC promoveu incrementos significativos no diâmetro do coleto de plantas de batata-doce BRS Amélia (Figura 1B), atingindo um máximo de 10,33mm, correspondente à dose de 120g por cova de plantio, obtendo um aumento de 36,1% quando comparadas com as plantas que não receberam fertilização. Resultado semelhante ocorreu na avaliação de mudas de angico-vermelho (ROSSA et al. 2015), de nêspera (GOMES et al. 2020) e, em plantas jovens de açaizeiro (ALMEIDA et al. 2018). Portanto, pode-se inferir que o uso de fertilizante de liberação controlada favorece o diâmetro do coleto e por consequência o crescimento de raízes de batata-doce.

A fertilização com doses de FLC promoveu resultados significativos no número de folhas em plantas de batata-doce BRS Amélia (Figura 1C), resultados também admitidos pelos resultados obtidos em outros estudos, os quais apontam a relação de maior número de folhas com maior dosagem de FLC, como em mudas de cafeeiro (MELO et al. 2001, BACHIÃO et al. 2018), na cana-de-açúcar (FREITAS et al. 2013), em mudas de abacaxi micropropagadas (FREITAS et al. 2011); em mamoeiro (YAMANISHI et al. 2004); em mudas de cafeeiro (TUBALDINI 1997); e de batata-doce (RÓS et al. 2011, RÓS et al. 2014).

O crescimento do número de folhas e de altura é maior quando o solo apresenta alta fertilidade, principalmente em solos com alto teor de fósforo e potássio, e o suprimento destes minerais pelo FLC pode estar relacionado ao incremento dessas variáveis nas plantas de batata-doce BRS Amélia (NUNES et al. 2016, GOMES et al. 2017), sendo o nitrogênio um dos principais atores desse processo por estimular o crescimento vegetativo, resultando em maior número de folhas por planta e aumento do diâmetro do caule da parte aérea (NUNES et al. 2016).

Quanto ao número de ramos, as plantas responderam significativamente aos tratamentos com FLC (Figura 1D), das quais a dose de 90g por cova de plantio produziu maior incremento para esta variável. Esses resultados podem indicar que o uso do FLC, mesmo em solos férteis, pode interferir no crescimento de número de ramos de batata-doce BRS Amélia. Em estudos de MARQUES et al. (2013), observaram que para as características morfológicas relacionadas ao desenvolvimento do cafeeiro, a adubação feita com FLC foi a que apresentou resultados superiores ocorrendo um maior número de folhas e maior número de ramos.

Ao observar a resposta do comprimento de ramos, houve diferença significativa entre os tratamentos submetidos às diferentes doses de FLC, notadamente o tratamento com 120g por cova do FLC resultou em plantas 60% maiores que o controle, sendo que o solo utilizado já apresentava características químicas de fertilidade favoráveis. Conforme conferido por ECHER et al. (2009), sensatamente o nitrogênio é o nutriente mais absorvido, tanto pelas folhas e ramos quanto pelas raízes de batata-doce, podendo indicar que o nutriente nitrogênio na porcentagem fornecida pelo FLC incrementou o crescimento de número de ramos em batata-doce, característica comum de espécies de tuberosas cultivadas em solos bastante férteis (CORREA 2016). Outros estudos apontam a mesma tendência de incremento dos ramos quando as plantas são submetidas à adubação com FLL, entre eles destaca-se o de FRANCO JUNIOR et al. (2019) quando trabalhou com a cultura do cafeeiro e o de ARAÚJO et al. (2005) ao aplicar FLC em plantas de maracujazeiro e auferiu resultado positivo no comprimento de ramos, o qual ressalta o papel do potássio como elemento mais importante para esse incremento. A presença de altos índices de potássio no solo antes do plantio e a aplicação de FLC com 12% de potássio na formulação e do NPK apresentando 15% de potássio pode ser considerado um indicativo do aumento de comprimento de ramos em batata-doce BRS Amélia, pois com o uso do FLC, o potássio fica disponível no solo por um tempo maior causando menos perda de nutrientes por lixiviação comparando a outros tipos de fertilizantes (BLEY et al. 2017).

Avaliando a clorofila é possível observar que a variável apresentou um comportamento quadrático de crescimento de índice em relação às doses de FLC, demonstrando que a clorofila atingiu o máximo índice de crescimento em função das doses de adubo. Tal constatação pode estar associada ao fato de que as clorofilas, são moléculas formadas por um átomo central de magnésio, ligado a quatro outros de nitrogênio. Assim, existe uma correlação entre as concentrações de clorofila e o estado nutricional da planta (SANTOS

& CASTILHO 2015).

Para a variável clorofila, averigua-se que as plantas atingiram maior índice SPAD com a dose de 30g por cova de FLC (Figura 1F). Resultado semelhante foi observado por SANTOS et al. (2018) quanto foi aplicado FLC no cultivo de plantas de Tamarindo, sendo que a testemunha apresentou menor valor se comparado com os demais tratamentos que receberam doses medias de fertilizante. O efeito arrazoado pode estar relacionado à compreensão de que o FLC propõe a planta tratada um fornecimento contínuo de nutrientes que são importantes para formação da clorofila, como o nitrogênio e o magnésio – presentes no FLC utilizado em uma taxa de 15% de nitrogênio e 1,2% de magnésio -, elementos importantes para o aumento da pigmentação e formação da clorofila favorecendo a sua biossíntese (TAIZ et al. 2017). Entretanto, o índice SPAD/clorofila diminuiu com o aumento da dose de FLC, esta resposta pode estar associada ao excesso de fertilizante, principalmente ao potássio, segundo nutriente em maior abundância no fertilizante utilizado, pois a alta concentração de potássio limita a absorção de magnésio pela planta (SENBAYRAM et al. 2015).

Os resultados apresentados neste estudo demonstram que é possível produzir batata-doce BRS Amélia em solos férteis utilizando o sistema de cultivo vertical, e que em condições semelhantes, o FLC demonstrou potencial de uso para o incremento da produção de batata-doce.

CONCLUSÃO

As utilizações dos dois diferentes tipos de tecnologias de fertilização mineral mostraram-se promissoras para a produção de batata-doce cultivar biofortificada BRS Amélia. Plantas fertilizadas com FLC apresentaram melhor desenvolvimento em altura, diâmetro de colo, número de folhas e de ramos, comprimento de ramos e clorofila. Enquanto plantas fertilizadas com fertilizante NPK produziram maior biomassa de raiz.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA UO et al. 2018. Environment and slow- release fertilizer in the production of *Euterpe precatória* seedlings. Pesquisa Agropecuária Tropical 48: 382-389.
- ARAÚJO RC et al. 2005. Crescimento e produção do maracujazeiro-amarelo em resposta à nutrição potássica. Revista Brasileira de Fruticultura 27: 128-131.
- BACHIÃO POB et al. 2018. Crescimento de mudas de cafeeiro em tubes com fertilizante de liberação lenta. Revista Agrogeoambiental 10: 105-116.
- BLEY H et al. 2017. Nutrient release, plant nutrition, and potassium leaching from polymer-coated fertilizer. Revista Brasileira de Ciência do Solo 41: 1-11.
- BRONDANI GE et al. 2008. Fertilização de liberação controlada no crescimento inicial de angico-branco. Scientia Agraria 9: 167-176.
- CABREIRA GV et al. 2020. Fertilization and containers in the seedlings production and post-planting survival of *Schizolobium parahyba*. Ciência Florestal 29: 1644-1657.
- CAJANGO TC et al. 2021. Desempenho agrônomico de cultivares de batata-doce (*Ipomoea batatas*) em Iporá – Goiás. Research, Society and Development 10: 1-7.
- CASTRO & BECKER A. 2011. Batata-doce: BRS Amélia. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54925/1/BRS-Ame769lia-Castro-Suita.pdf/>. Acesso em: 17 jan. 2022.
- COMPO EXPERT BASACOT® PLUS. 2021. Controlled-release fertilizers. Disponível em: <https://www.compo-expert.com/products/basacote-high-k-12m-12-5-182/>. Acesso em: 19 abr. 2022.
- CQFS-RS/SC. 2004. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10.ed. Porto Alegre: SBCS/NRS.
- CONEGLIAN A et al. 2016. Initial growth of *Schizolobium parahybae* in Brazilian cerrado soil under liming and mineral fertilization. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 20: 908–912.
- CORREA CV. 2016. Produção e qualidade de batata-doce em função das doses e parcelamento da adubação potássica. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Botucatu: UNESP. 88p.
- CRUZ SMC et al. 2016. Mineral nutrition and yield of sweet potato according to phosphorus doses. Comunicata Scientiae 7: 183-191.
- CUNHA FL et al. 2021. Uso dos adubos de liberação lenta no setor florestal. Pesquisa Florestal Brasileira 41: 1-11.
- DUTRA TR et al. 2016. Fertilizante de liberação lenta no crescimento e qualidade de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*). Floresta 46: 491-498.
- ECHER FR et al. 2009. Absorção de nutrientes e distribuição da massa fresca e seca entre órgãos de batata-doce. Horticultura Brasileira 27: 176-182.
- FERTIPAR. 2022. Fertilizantes de alta qualidade e potencial produtivo. Disponível em: <https://www.fertipar.com.br/>. Acesso em: 21 mar.2022.
- FILGUEIRA FAR. 2013. Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3.ed. Viçosa: UFV. 421p.

- FRANCO JUNIOR KS et al. 2019. Avaliação do adubo de liberação lenta no desenvolvimento inicial e produção de café. *Coffee Science* 14: 538–543.
- FREITAS EL et al. 2013. Avaliação de parâmetros biométricos da cana-de-açúcar em função de diferentes níveis de irrigação e adubação. In: XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão. Recife: UFRPE.
- FREITAS SJ et al. 2011. Substratos e Osmocote® na nutrição e desenvolvimento de mudas micropropagadas de abacaxizeiro cv. vitória. *Revista Brasileira de Fruticultura* 33: 672-679.
- GIRARDI EA & MOURÃO FILHO FAA. 2003. Emprego de fertilizantes de liberação lenta na formação de pomares de citros. *Revista Laranja* 24: 507-518.
- GOMES EN et al. 2020. Controlled-release fertilizer increases growth, chlorophyll content and overall quality of loquat seedlings. *Communicata Scientiae* 11: 1-8.
- GOMES EM et al. 2017. Qualidade de mudas de quiabeiro em função de diferentes dosagens de fertilizante de liberação lenta. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias* 10: 71-78.
- GUO C et al. 2017. Application of Controlled-Release Urea in Rice: Reducing Environmental Risk While Increasing Grain Yield and Improving Nitrogen Use Efficiency. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 47: 1176–1183.
- HILL WA et al. 1990. Sweet Potato Root and Biomass Production with and without Nitrogen Fertilization. *Agronomy Journal* 82: 1120-1122.
- IBGE. 2018. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal em 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 30 de set. 2022.
- KÖPPEN W. 1931. Grundriss der Klimakunde. Berlin: W. de Gruyter. 390p.
- LANG A et al. 2011. Aplicação de fertilizante de liberação lenta no estabelecimento de mudas de ipê-roxo e angico-branco em área de domínio. *Floresta* 41: 271-276.
- MAPA. 2008. Instrução Normativa SPA nº 2 de 09/10/2008 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento–DOU nº 197, de 10/10/2008, Seção 1, p.71.
- MARANA JP et al. 2008. Índices de qualidade e crescimento de mudas de café produzidas em tubetes. *Ciência Rural* 38: 39-45.
- MARQUES HMC et al. 2013. Desenvolvimento inicial do cafezeiro (*Coffea arabica* L.), com doses de co-polímero hidroabsorvente em adubação convencional e de liberação controlada. *Centro Científico Conhecer* 9: 2994.
- MARTINS AD et al. 2010. Relação entre índice SPAD, teores de clorofila e nitrogênio na folha de batata. *Horticultura Brasileira* 2: 835–841.
- MELO B et al. 2001. Doses crescentes de fertilizantes de liberação lenta gradual na produção de mudas de cafeeiro. *Bioscience Journal* 17: 97-113.
- NEUMANN ER et al. 2017. Produção de mudas de batata doce em ambiente protegido com aplicação de extrato de *Ascophyllum nodosum*. *Horticultura Brasileira* 35: 490-498.
- NUNES ARA et al. 2016. Nitrogênio no crescimento da planta e na qualidade de raízes da mandioquinha-salsa. *Ciência Rural* 46: 242–247.
- OLIVEIRA CP et al. 2018. Desempenho agrônomo e qualidade pós colheita de batata doce cultivadas em clima tropical. Dissertação (Mestrado em Olericultura). Morrinhos: IF Goiano.
- OLIVEIRA AP et al. 2006. Características produtivas da batata-doce em função de doses de P₂O₅, de espaçamentos e de sistemas de plantio. *Ciência e Agrotecnologia* 30: 611-617.
- PRADO RM & CECÍLIO FILHO AB. 2016. Nutrição e adubação de hortaliças. Jaboticabal: FUNEP.
- RÓS AB et al. 2014. Produtividade de raízes tuberosas de batata-doce em diferentes sistemas de preparo do solo. *Ciência Rural* 44: 1929- 1935.
- RÓS AB et al. 2013. Uso de fertilizante de liberação lenta na produção de mudas de batata-doce em bandeja. *Semina: Ciências Agrárias* 34: 2667-2674.
- RÓS AB et al. 2011. Uso de fertilizante e tempo de permanência de mudas de batata-doce produzidas em bandeja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46: 845-851.
- ROSSA ÜB et al. 2011. Fertilizante de liberação lenta no crescimento de mudas de *Araucaria angustifolia* e *Ocotea odorifera*. *Floresta* 41: 491-500.
- ROSSA ÜB et al. 2015. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de muda de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. (Angico Vermelho) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira - Vermelha). *Ciência Florestal* 25: 841-852.
- ROSSA ÜB et al. 2013a. Fertilização de liberação lenta no crescimento de mudas de paricá em viveiro. *Pesquisa florestal brasileira* 33: 227-234.
- ROSSA ÜB et al. 2013b. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Sebastiania commersoniana*. *Floresta* 43: 93-104.
- SANTOS RD et al. 2015. Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo. Viçosa: SBCS.
- SANTOS PLF et al. 2018. Doses de adubo de liberação lenta no crescimento inicial de mudas de tamarindo. *Nucleus* 15: 137-145.
- SANTOS PLF & CASTILHO RMM. 2015. Relação entre teor de clorofila e nitrogênio foliar em grama esmeralda cultivada em substratos. *Tecnologia & Ciência Agropecuária* 9: 51-54.
- SENBAYRAM M et al. 2015. Role of magnesium fertilizers in agriculture: plant-soil continuum. *Crop and Pasture Science* 66: 1219-1229.
- SILVA GO et al. 2015. Desempenho de cultivares de batata-doce para caracteres relacionados com o rendimento de raiz. *Revista Ceres* 4: 379-383.

- SILVA FAS & AZEVEDO CAA. 2016. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal of Agricultural Research* 11: 3733-3740.
- STEFFLER AD et al. 2022. Produtividade e qualidade de raízes de batata-doce cultivadas com e sem adubação de cama de frango. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha* 28: 36-47.
- TAIZ L et al. 2017. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed. 858p.
- TUBALDINI TM. 1997. Efeito de um formulado com liberação lenta de nutrientes na formação de mudas do cafeeiro em tubetes. Uberlândia: UFU. 33p.
- VENTURA KM & ROMÁN RMS. 2015. Horta vertical Orgânica: Uma Alternativa Sustentável para Produção de Alimentos. *JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade: Mobilizar o Conhecimento para Alimentar o Brasil*: 273–283.
- WU L & LIU M. 2008. Preparation and Properties of Chitosan-Coated NPK Compound Fertilizer with Controlled-Release and Water-Retention. *Carbohydrate Polymers* 72: 240-247.
- YAMANISHI OK et al. 2004. Efeito de diferentes substratos e duas formas de adubação na produção de mudas de mamoeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura* 26: 276-279.
- YE HM et al. 2020. Degradable polyester/urea inclusion complex applied as a facile and environment-friendly strategy for slow-release fertilizer: Performance and mechanism. *Chemical Engineering Journal* 381: 122-135.
- ZAMUNÉR ANF et al. 2012. Doses of controlled-release fertilizer efor production of rubber tree rootstocks. *Cerne* 18: 239-345.