



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**DOMINGOS SÁVIO SANTOS MOREIRA**

**SILÍCIO MELHORA A QUALIDADE DE MUDAS DE BATATA-DOCE *IN VITRO***

**FORTALEZA**

**2022**

DOMINGOS SÁVIO SANTOS MOREIRA

**SILÍCIO MELHORA A QUALIDADE DE MUDAS DE BATATA-DOCE *IN VITRO***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães.

Coorientadora: Profa. Dra. Gabrielen de Maria Gomes Dias.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

M837s Moreira, Domingos Sávio Santos.  
Silício melhora a qualidade de mudas de batata-doce in vitro / Domingos Sávio Santos Moreira. – 2022.  
26 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães.

Coorientação: Profa. Dra. Gabrielen de Maria Gomes Dias.

1. Ipomoea batatas L.. 2. Terra diatomácea. 3. Micropropagação. 4. Senescência. I. Título.

CDD 630

---

DOMINGOS SÁVIO SANTOS MOREIRA

SILÍCIO MELHORA A QUALIDADE DE MUDAS DE BATATA-DOCE *IN VITRO*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: 19 de julho de 2022

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Gabrielen de Maria Gomes Dias - Coorientadora  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Msc. Lailla Sabrina Queiroz Nazareno  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Msc. Caris dos Santos Viana  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À Deus.

A meu pai, Francisco Lucio Andrade Moreira,  
a minha mãe, Liduina Santos Moreira,  
a meu irmão, João Paulo Santos Moreira,  
aos professores e amigos que me auxiliaram ao  
longo desta jornada acadêmica.

## AGRADECIMENTOS

À Deus por me dar forças para seguir em frente nas horas em que me senti abalado. Toda conquista realizada a glória Dele.

À minha mãe, Liduina Santos Moreira, a meu pai, Francisco Lucio Andrade Moreira e a meu irmão, João Paulo Santos Moreira, pela educação, apoio e vários conselhos que me foram dados ao longo desta jornada acadêmica. Agradeço também todas as dicas de experiência de vida, que me orientaram e deram norte na formação do meu caráter, o que contribuiu para a construção de minha índole e princípios como ser humano.

À minha sobrinha, Maria Cecília Vasconcelos Moreira, por todas as demonstrações de carinho a minha pessoa. Esse foi, definitivamente, um “combustível” que me deu energia para superar as adversidades durante esta etapa da minha vida.

À minha namorada, Maria Eduarda da Silva Costa, por me apoiar em momentos difíceis e não deixar eu fraquejar. Obrigado por toda a paciência e companheirismo no dia a dia!!!

Aos amigos Caris dos Santos Viana, Diego Gomes Deodato, Lilian, Walmezyna, dentre outros. Sou feliz por ter conquistado amizades verdadeiras na Universidade! Espero, de coração, que elas perdurem para o resto da vida! Vocês foram grandes parceiros e nossa amizade só “agrofortificou” durante minha vida acadêmica.

Agradeço também as pessoas que conheci e que foram muito importantes durante minha estadia no Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais, em especial a Lailla e o Jorge. Obrigado pelas dicas e ensinamentos passados! Vocês colaboraram muito em meu experimento.

Aos Professores Marcelo de Almeida Guimarães e Gabrielen de Maria Gomes Dias pela acolhida, apoio e oportunidade de realizar este trabalho de conclusão de curso, etapa fundamental para minha formação!

Por fim, agradeço ao Departamento de Integração e Vida Agrônômica (DIVA). Foi muito bom compartilhar vários momentos de convivência com cada um de seus integrantes! Todos vocês contribuíram para minha formação!

Muito obrigado a todos!

“Que a medalha de São Bento proteja todos os  
meus amigos neste dia tão glorioso”

Domingos Sávio Santos Moreira

## RESUMO

A batata-doce é uma das hortaliças mais consumidas no Brasil. Por ser uma cultura considerada rústica, sua forma de cultivo foi, por muito tempo, negligenciada. Tal condição, fazia com que essa espécie apresentasse baixa produtividade, principalmente, quando se utilizava, de forma sucessiva, os mesmos materiais vegetativos para a multiplicação de plantas. Com a intenção de aumentar sua eficiência produtiva, a micropropagação *in vitro* passou a ser utilizada como técnica para a multiplicação de indivíduos dessa espécie, o que contribuiu para a produção de mudas com alta qualidade fitossanitária e genética. Além disso, também possibilitou o desenvolvimento de pesquisas para a determinação, *in vitro*, das melhores concentrações de elementos minerais como, por exemplo, o silício (Si). O Si é um elemento mineral considerado benéfico para várias culturas, havendo também relatos de que sua utilização *in vitro* favorece aspectos morfológicos importantes em diferentes espécies. Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de mudas de batata-doce micropropagadas e submetidas a diferentes concentrações de Si na forma de terra diatomácea. Para isso, foram utilizados explantes estabelecidos *in vitro*, sendo inoculados em meio de cultura MS acrescidos com quatro concentrações de terra diatomácea (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 g L<sup>-1</sup>) mais o controle (sem terra diatomácea). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 15 repetições e dois explantes por frasco. Após 30 dias em sala de crescimento, foram avaliadas as seguintes características fitotécnicas: número de folhas, altura da parte aérea (cm), diâmetro do caule (cm), número de folhas senescentes, massa fresca da parte aérea e da raiz (mg), e massa seca da parte aérea e da raiz (mg). As plantas não apresentaram diferença estatística entre si quanto ao número de folhas, altura da parte aérea e diâmetro do caule. Para o número de folhas senescentes o tratamento com 2,0 g L<sup>-1</sup> de terra diatomácea foi o que possibilitou o melhor resultado. Para massas fresca e seca da parte aérea e fresca da raiz, foi verificado incremento na massa conforme houve aumento nas concentrações de terra diatomácea no meio de cultura. Pode-se concluir que o acréscimo de silício *in vitro*, na concentração de 2,0 g L<sup>-1</sup> de terra diatomácea, proporciona a obtenção de mudas de batata-doce var. Campina com maior qualidade fitotécnica, maior massa e com menores efeitos de senescência.

**Palavras-chave:** *Ipomoea batatas* L., Terra diatomácea, Micropropagação, Senescência.



## ABSTRACT

Sweet potato is one of the most consumed vegetables in Brazil. For being a culture considered rustic, its form of cultivation was, for a long time, neglected. This condition caused this species to have low productivity, especially when the same vegetative materials were successively used for plant multiplication. With the intention of increasing its productive efficiency, *in vitro* micropropagation began to be used as a technique for the multiplication of individuals of this species, which contributed to the production of seedlings with high phytosanitary and genetic quality. In addition, it also enabled the development of research to determine, *in vitro*, the best concentrations of mineral elements, such as silicon (Si). Si is a mineral element considered beneficial for several cultures, and there are also reports that its *in vitro* use favors important morphological aspects in different species. Based on the above, the objective of this work was to evaluate the development of sweet potato seedlings micropropagated and subjected to different concentrations of Si in the form of diatomaceous earth. For that, explants established *in vitro* were used, being inoculated in MS culture medium added with four concentrations of diatomaceous earth (0.5; 1.0; 1.5; 2.0 g L<sup>-1</sup>) plus the control (without diatomaceous earth). The experiment was carried out in a completely randomized design, with 15 replicates and two explants per flask. After 30 days in a growth room, the following phytotechnical characteristics were evaluated: number of leaves, shoot height (cm), stem diameter (cm), number of senescent leaves, shoot and root fresh mass (mg), and dry mass of shoot and root (mg). The seedlings did not show statistical difference between them regarding the number of leaves, shoot height and stem diameter. For the number of senescent leaves, the treatment with 2.0 g L<sup>-1</sup> of diatomaceous earth showed the best result. For fresh and dry mass of the aerial part and fresh of the root, they presented greater mass with the increase of the concentrations of diatomaceous earth in the culture medium. It can be concluded that the addition of silicon *in vitro*, in the concentration of 2.0 g L<sup>-1</sup> of diatomaceous earth, provides the obtaining of sweet potato var. Campina plantas with higher phytotechnical quality, higher mass and lower senescence effects.

**Keywords:** *Ipomoea batatas* L., Diatomaceous earth, Micropropagation, Senescence.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Características fitotécnicas de mudas *in vitro* de batata-doce var. Campina submetidas a diferentes concentrações de silício (terra diatomácea) aos 30 dias após a inoculação ..... 20
- Figura 2 – Fotos de mudas *in vitro* de batata-doce var. Campina submetidas a diferentes concentrações de silício (terra diatomácea) ..... 21

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características fitotécnicas de mudas <i>in vitro</i> de batata-doce var. Campina submetidas a diferentes concentrações de silício (terra diatomácea) aos 30 dias após inoculação .....	19
--	----

## SÚMARIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	11
2.1 Batata-doce .....	11
2.2. Cultura de tecidos de plantas .....	12
2.3. Uso do silício nas plantas .....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	16
5 CONCLUSÃO.....	19
REFERÊNCIAS .....	20

## 1 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é uma espécie dicotiledônea pertencente à família Convolvulaceae. Acredita-se que sua origem seja nas Américas Central e Sul (ZHANG *et al.*, 2000; SILVA *et al.*, 2015). No Brasil, a batata-doce é uma das principais hortaliças cultivadas. Em 2019 foram produzidas cerca de 805 mil toneladas em, aproximadamente, 57 mil hectares (IBGE, 2021).

A batata-doce tem grande importância socioeconômica, principalmente, por se tratar de um alimento relativamente barato e de ampla disponibilidade no território nacional. Tal condição faz com que este alimento seja parte integrante da dieta alimentar da população de baixa renda. Além disso, a batata-doce é muito utilizada na alimentação de pessoas que possuem restrição alimentar, já que pode melhorar a nutrição delas através de sua biomassa fresca, fornecendo inúmeras vitaminas, sais minerais e carboidratos de fácil digestão (MELO *et al.*, 2011; MELLO, 2015; FLORES *et al.*, 2015).

Esta espécie possui alta variabilidade genética sendo, no Brasil, encontradas cultivares regionais com características específicas (BEVILAQUA *et al.*, 2019). Suas diferentes variedades são consideradas rústicas, por serem de fácil propagação e condução. Possuindo ampla adaptação e tolerância à seca, podendo ser cultivada, também, em solos de baixa a média fertilidade (CAPINUS *et al.*, 2020). A maioria das cultivares apresenta ciclo produtivo entre 110 a 180 dias, a depender do fotoperíodo (GOLLA *et al.*, 2010).

A principal forma de propagação da batata-doce é através da multiplicação vegetativa, por ramos e raízes. Tal método, quando realizado de forma consecutiva para o mesmo material vegetativo, pode favorecer a ocorrência da degenerescência genética das plantas e, também, contribuir para a disseminação de doenças na área de cultivo (CASTRO; ROCHA; ABRANTES, 2008; NASSER; OLIVEIRA; SILVA, 2017; DALLAGNOL, 2018). Dentro deste contexto, a técnica da cultura de tecidos de plantas, por micropropagação, vem sendo amplamente utilizada tendo se tornado uma importante ferramenta para o processo de produção de plantas tradicionalmente propagadas vegetativamente (WATT *et al.*, 2003; XAVIER *et al.*, 2013). O uso dessa técnica possibilita a produção, em larga escala e em curto período de tempo, de um grande número de mudas sadias e livres de doenças (PASQUAL; CHAGAS, 2016).

No entanto, para que haja um bom estabelecimento das plântulas *in vitro*, faz-se necessária a determinação da composição dos meios de cultura, em especial dos nutrientes minerais essenciais e ou benéficos (DIAS *et al.*, 2017; LAZZARINI *et al.*, 2020) que

contribuirão não apenas para o desenvolvimento da plântula, mas também para que essa possa permanecer vigorosa por mais tempo.

Um dos elementos minerais que vem sendo citados como benéfico para várias culturas, como arroz, batata e cana-de-açúcar, é o silício (Si) (CAMARGO *et al.*, 2007; PULZ *et al.*, 2008). Pesquisadores tem citado inúmeros efeitos positivos quanto ao fornecimento deste mineral às plantas, a saber: resistência a pragas e doenças (DEBONA *et al.*, 2017), redução dos efeitos prejudiciais de metais tóxicos presentes no solo (SANGLARD *et al.*, 2016), redução dos efeitos negativos causados pelo estresse hídrico em solos salinos (IMTIAZ *et al.*, 2016; CHEN *et al.*, 2018) e resistentes ao estresse térmico (MA; YAMAJI, 2006). Na literatura existem relatos de sua utilização *in vitro* favorecendo a morfologia foliar, a fisiologia e a anatomia de diferentes espécies de plantas (SAHEBI; HANAFI; AZIZI, 2016; DIAS *et al.*, 2017).

Sendo assim, o uso da cultura de tecidos vegetais, combinada com o fornecimento do Si, no meio de cultura, pode favorecer a produção de mudas de batata-doce para novos cultivos. Portanto, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o desenvolvimento de mudas de batata-doce micropropagadas e submetidas a diferentes concentrações de silício (Si) na forma de terra diatomácea.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Batata-doce

Originalmente descrita por Lineu, em 1953, a batata-doce tinha por nome científico *Convolvulus batatas*, porém, em 1791 seu gênero foi alterado para *Ipomoea*, passando a ser conhecida cientificamente pelo nome *Ipomoea batatas* L. Isso ocorreu depois que o naturalista Lamarck conseguiu identificar, de forma mais acurada, o formato do estigma e a superfície do grão de pólen desta planta, o que permitiu sua reclassificação científica (HAUMAN, 1999).

A batata-doce é originária da América Central e do Sul, mais especificamente em uma área que vai da Península de Yucatan, no México, até a foz do rio Orinoco, na Venezuela. Os nativos dessa região, de alguma forma, descobriram a batata-doce e começaram a cultivá-la por volta de 2.500 a.C. Tanto os Incas, como os Maias, nas Américas, contribuíram muito para a difusão da cultura, o que parece ter sido decisivo para que este continente seja reconhecido como o centro de diversidade da espécie atualmente (AUSTIN, 1988).

Segundo Filgueira (2008) a batata-doce é pertencente à família Convolvulaceae. A planta é herbácea e possui, entre suas características botânicas, o caule rasteiro, folhas simples de aspecto membranáceo e lobadas, flores na forma de campânula (sendo de cor variável de róseas ou branco-violáceas), raízes tuberosas e ricas em amido (classificadas em variedades de acordo com suas cores que podem ser branca, creme, amarela, laranja, vermelho-púrpura e roxa) (SILVA *et al.*, 2008). A parte comestível principal, da batata-doce, é seu sistema radicular abundante e vigoroso, sendo que algumas variedades podem apresentar raízes com até 1,20 m de comprimento (NASCIMENTO *et al.*, 2013; KINUPP; LORENZI, 2014; RUIZ *et al.*, 2017).

A batata-doce apresenta ampla possibilidade de uso na alimentação humana e animal, podendo, também, ser utilizada na produção de biocombustíveis. Ela é encontrada no mercado na forma de amido, farinha, doces, etanol, entre outros (ERTHAL; ZAMBERLAN; SALAZAR, 2018; MAINO *et al.*, 2019). Devido ao seu alto valor nutricional, a batata-doce não é utilizada apenas para fins culinários na cozinha brasileira, mas é também utilizada na indústria alimentícia por seus nutrientes (VIZZOTTO *et al.*, 2017).

Por ser uma cultura muito popular e de fácil preparo, a batata-doce é uma das hortaliças mais consumidas pelos brasileiros. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2019), a produção mundial da batata-doce, em 2018, foi de 92 milhões de toneladas. No mesmo período, no Brasil, foi registrada produção próxima a 741 mil toneladas, ocupando o 16º lugar no ranking mundial. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), a área colhida, que vinha caindo nas últimas três

décadas, voltou a crescer em 2012, sendo esse aumento da produção um reflexo da maior demanda por consumo de raízes de batata-doce in natura no mercado nacional.

A batata-doce pode ser cultivada em todas as regiões do Brasil. Seu cultivo é relativamente simples e de baixo custo (CARDOSO *et al.*, 2005). As plantas são de fácil adaptação e toleram a ausência de água (CHEN *et al.*, 2018). Essa cultura é amplamente utilizada na agricultura familiar (MARQUES *et al.*, 2018), seja para consumo próprio, ou para comercialização (SOUSA *et al.*, 2018; CIP, 2021).

Além de ser utilizada na alimentação humana e animal a raiz da batata-doce é usada para a produção de biocombustível. Segundo Swain (2013), esse maior interesse na produção de etanol, usando essa cultura, está relacionado a sua maior eficiência energética, considerada duas vezes maior se comparada a da cana-de-açúcar, principal cultura usada no Brasil para a produção desse combustível. Também devido ao maior valor energético da cultura, a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), selecionou a batata-doce como uma das principais fontes de alimento para missões espaciais (BOVELL-BENJAMIN, 2007; JHA, 2010).

Apesar da batata-doce ainda ser amplamente multiplicada vegetativamente para a implantação de novos cultivos, sua forma de propagação mais adequada é através do cultivo *in vitro*, através do enraizamento de folhas ou pelo método de multiplicação rápida, como o cultivo de segmentos de caule contendo apenas um nó. No cultivo *in vitro* são dadas condições nutricionais e ambientais ideais para as plântulas, o que favorece a multiplicação de plantas em larga escala, livres de doenças e com seu material genético mais preservado (CASTRO, 2017; DALLAGNOL, 2018).

## **2.2. Cultura de tecidos de plantas**

A cultura de tecidos é uma técnica de multiplicação vegetativa que possibilita inúmeras vantagens na produção de mudas de diversas espécies. Tanto que, em alguns casos, é a principal técnica empregada para a multiplicação comercial (PASQUAL; CHAGAS, 2016). Na micropropagação, teoricamente, qualquer tecido pode ser utilizado como explante em vista de suas características de totipotência (PASQUAL; CHAGAS, 2016), ou seja, cada célula tem a capacidade de se reproduzir, se organizar e formar novos tecidos, culminando na formação de plantas completas (KERBAUY, 1997). Neste caso, ocorre a regeneração com formação de um novo indivíduo sem doenças e com material genético idêntico ao que lhe originou (MANTELL *et al.*, 1994).



Durante o processo de cultivo *in vitro* são utilizados meios nutritivos que fornecem substâncias essenciais para o crescimento dos tecidos micropropagados. Um dos principais fatores que interferem na propagação *in vitro* é a suplementação do meio de cultura, podendo ser por meio do uso de reguladores de crescimento vegetal (ROCHA *et al.*, 2017), compostos orgânicos (WISZNIEWSKA *et al.*, 2016) ou a adição de elementos minerais como fonte de nutrientes (ASMAR *et al.*, 2013; DIAS *et al.*, 2017).

Os nutrientes minerais são fundamentais para o crescimento dos vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2013), principalmente de tecidos de plantas *in vitro*, que dependem do meio de cultura e da interação dos nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento. Desta forma, há elementos que não são classificados como essenciais mais seu uso melhora o desenvolvimento das plantas sendo, assim, considerados benéficos (TEMIZ, 2017).

O Silício possui tais efeitos, sendo efetivo para diversas culturas, principalmente no que se refere ao aspecto de resistência à patógenos e ataques de insetos. O Si contribui para o aumento nos níveis de lignina e hemicelulose nas plantas, tornando a parede celular mais rígida e reduzindo sua perda de água (FERREIRA *et al.*, 2019), sendo importante para a fase de aclimatização das mudas advindas de cultura de tecidos, já que além de terem alta qualidade fitossanitária, também apresentarão maior tolerância a estresses abióticos.

### **2.3. Uso do silício nas plantas**

O silício (Si) é considerado um elemento agronomicamente benéfico para muitas espécies, tais como arroz, cana-de-açúcar, cereais de inverno, entre outras. Plantas que crescem em ambiente rico em silício diferem daquelas que estão submetidas a um ambiente com baixas concentrações deste elemento mineral, principalmente no que se refere à sua composição química, a resistência mecânica das células, às características da superfície foliar e à tolerância a vários tipos de estresses abióticos e bióticos, como o ataque de pragas e patógenos (RODRIGUES, 2011).

Sua absorção pelas raízes é na forma de ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ), sendo uma molécula de carga neutra que é transportada até a parte aérea pelo xilema. Nas folhas, a perda de água por transpiração faz com que o ácido monossilícico se concentre e polimerize em sílica ( $SiO_2$ ), depositando-se nos diferentes tecidos vegetais (MA; YAMAJI, 2006). A forma como a planta absorve o silício possui relação com as formas de defesa dela, tanto contra efeitos bióticos ou abióticos, ou seja, quanto mais silício a planta absorver nessas condições de estresse por fatores relacionados ao clima, mais resistência apresentará (GUNES *et al.*, 2008;

DALLAGNOL *et al.*, 2009; CRUSCIOL *et al.*, 2009).

Quando na planta, esse elemento mineral concentra-se nas folhas, formando uma película que protege e regula a perda de água no processo de evapotranspiração da planta. Este elemento possui uma grande variedade de formas, sendo utilizado na agricultura, através da aplicação foliar ou no solo, com outros nutrientes, através da fertilização ou correção. Sua eficiência na adubação depende da natureza dos silicatos utilizados para fluir de forma benéfica e eficaz na planta (PEREIRA *et al.*, 2003; WIESE; NIKOLIC; ROMHELD, 2007).

Entre os vários benefícios que o Si pode proporcionar para diferentes espécies de plantas cita-se: o estímulo ao crescimento e produção vegetal, a diminuição no acamamento das plantas, a maior proteção contra alguns estresses abióticos, possibilita a diminuição da toxidez por metais como Fe e Al, confere a resistência a alguns patógenos e, por fim, proporciona a proteção contra insetos fitófagos (PINTO *et al.*, 2009; CACIQUE *et al.*, 2013).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais no Departamento de Fitotecnia, pertencente a Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza – Ceará, entre o período de novembro a dezembro de 2021.

Foram utilizadas mudas *in vitro* de batata-doce var. Campina, como fonte de explantes, sendo cada um formado por dois nós e uma folha. Cada explante, foi inoculado em frasco contendo 50 mL de meio de cultura MS (MURASHIGE; SKOOG, 1962) adicionado de 30 g L<sup>-1</sup> de sacarose e solidificado com 5,6 g L<sup>-1</sup> de ágar (Agargel®). Os tratamentos foram constituídos por diferentes concentrações de terra diatomácea (BioMarkan®, 90% SiO<sub>2</sub>), sendo: controle; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 g L<sup>-1</sup>. O pH do meio de cultura foi ajustado para 5,8 e, em seguida, autoclavado a 121°C e a 1,2 atm, durante 20 minutos. Os frascos foram mantidos em sala de crescimento, com fotoperíodo de 16 horas, temperatura de 25 ± 2°C, com intensidade luminosa de 52,5 W m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

Após 30 dias, as mudas foram cuidadosamente retiradas dos frascos e enxaguadas em água destilada para a remoção do meio de cultura aderido as raízes. Na sequência, foram avaliadas as seguintes características fitotécnicas, número de folhas, altura da parte aérea (cm), diâmetro do caule (cm), número de folhas senescidas, massa fresca parte aérea (mg), massa fresca da raiz (mg), massa seca da parte aérea (mg) e massa seca raiz (mg).

O parâmetro número de folhas senescidas foi avaliado de acordo com o grau de amarelecimento da folha, sendo consideradas nesta condição aquelas que já apresentavam indícios de estarem em processo de abscisão foliar, ou cujas folhas já haviam caído. A medição da altura foi realizada com o auxílio de uma régua graduada em milímetros, sendo obtida a partir da base da muda (região do coleto) até o ponto de interseção da última folha. O diâmetro caulinar foi medido com o auxílio de um paquímetro digital, a cerca de 1 cm acima da região do coleto. Para a determinação da massa fresca e seca utilizou-se balança de precisão com quatro casas decimais. Após isso, o material vegetal fresco foi colocado em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de 65°C por 72 horas, até peso constante.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, consistindo de 15 frascos cada, sendo que cada frasco continha dois explantes. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo os dados qualitativos analisados pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade e os quantitativos por regressão polinomial. Para a análise estatística foi utilizado o software SISVAR (FERREIRA *et al.*, 2014).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os fatores avaliados: número de folhas, altura da parte aérea e diâmetro do caule, não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 1). No entanto, para o número de folhas senescentes os tratamentos diferiram entre si, sendo o tratamento com 2,0 g L<sup>-1</sup> de terra diatomácea, aquele que possibilitou a menor senescência de folhas, não se diferindo estatisticamente dos tratamentos 0,5 e 1,5 g L<sup>-1</sup> de terra diatomácea.

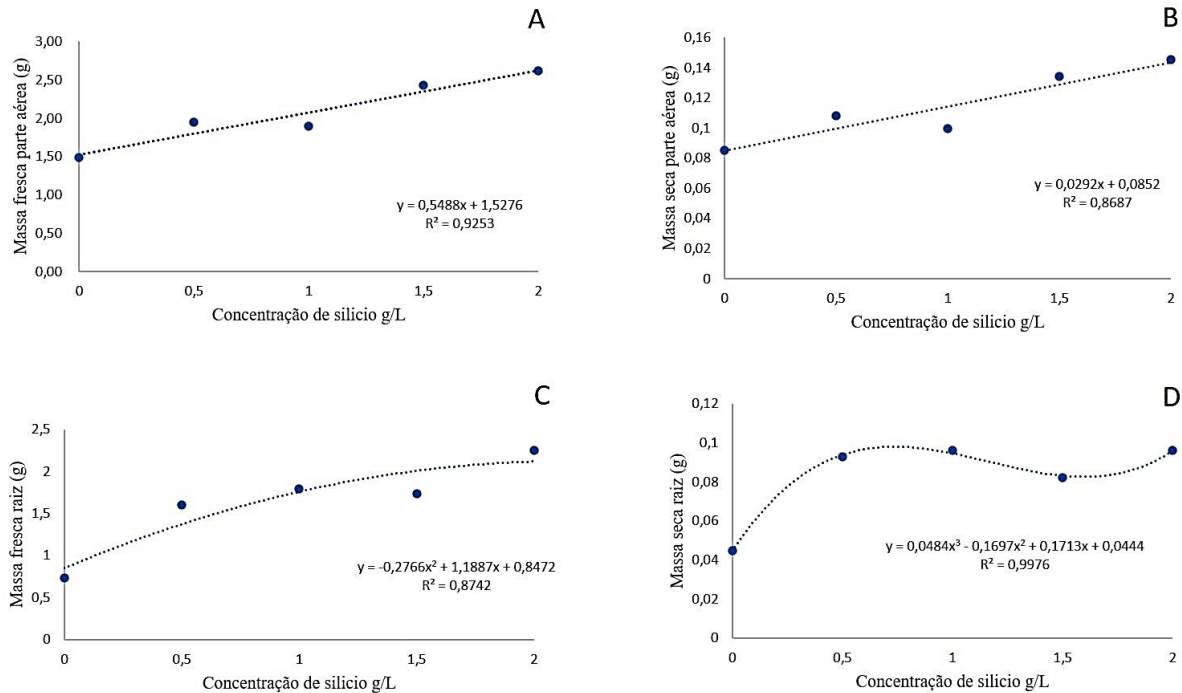
Tabela 1. Características fitotécnicas de mudas *in vitro* de batata-doce var. Campina submetidas a diferentes concentrações de silício (terra diatomácea) aos 30 dias após inoculação.

<b>Concentrações de silício (g L<sup>-1</sup>)</b>	<b>N° folhas</b>	<b>Altura da parte aérea</b>	<b>Diâmetro do caule</b>	<b>N° folhas senescentes</b>
Controle (0)	8,93 a*	7,00 a	3,32 a	1,25 ab
0,5	9,00 a	7,27 a	3,13 a	1,21 ab
1,0	7,93 a	8,67 a	3,13 a	1,35 b
1,5	9,00 a	7,61 a	3,40 a	1,13 ab
2,0	9,60 a	7,57 a	3,35 a	1,02 a
CV (%)	18,45	23,97	14,76	24,17

Fonte: elaborada pelo autor. \* As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para as massas fresca e seca, tanto da parte aérea, como da raiz, pode-se verificar que os tratamentos com silício possibilitaram a obtenção de mudas com maiores valores (Figura 1). De acordo com Pasqual *et al.* (2011), quando o silício está no meio de cultivo, ele tende a se acumular na epiderme foliar, formando uma barreira protetora que regula a perda de água por transpiração. Também Sivanesan e Park (2014) citam que o silício, quando utilizado no meio de cultura, pode trazer benefícios para as plantas como, por exemplo, melhorar a sua produtividade.

Figura 1. Características fitotécnicas de mudas *in vitro* de batata-doce var. Campina submetidas a diferentes concentrações de silício (terra diatomácea) aos 30 dias após a inoculação.

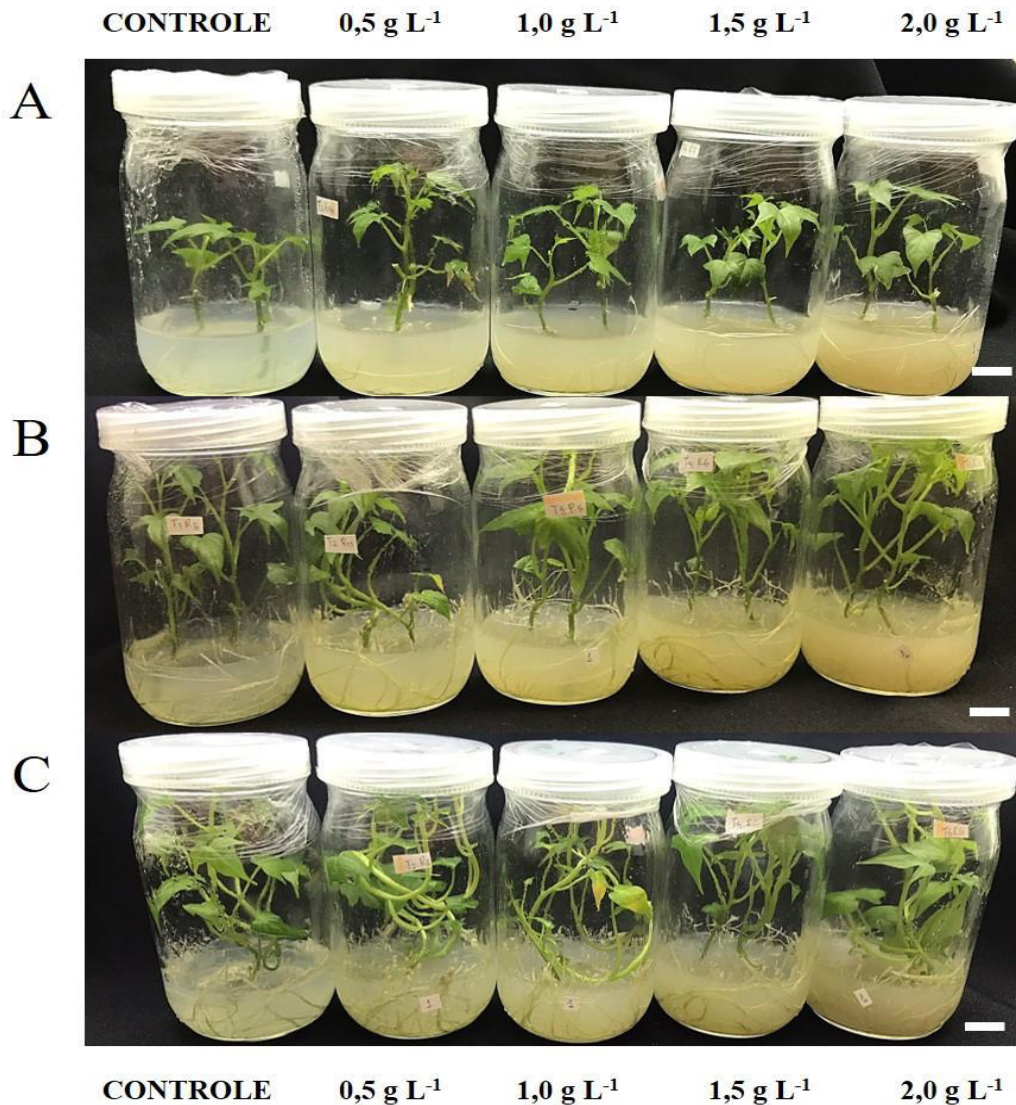


Fonte: elaborada pelo autor.

No caso desta pesquisa, tanto o acúmulo, quanto a redução na perda de água por evapotranspiração, podem ter ocorrido, já que quanto maior foi a concentração de Si (terra diatomácea) utilizada, maior tendeu a ser o acúmulo de massa fresca e seca da parte aérea das plantas. Tais observações estão de acordo com Valente *et al.* (2004). Segundo esses pesquisadores os efeitos diretos do silício, nas plantas como, por exemplo, acúmulo de massa, também podem ser acompanhados por vários efeitos indiretos, incluindo um aumento na capacidade fotossintética, redução de taxas transpiratórias, maior crescimento das plantas e aumento da resistência mecânica das células. Tudo isso, podendo contribuir para aumentar a taxa de sobrevivência das plantas durante a fase de aclimatização.

Também foi observado, ao longo deste trabalho, o crescimento contínuo e uniforme das mudas, aos 15, 25 e 30 dias após a inoculação *in vitro*, independentemente do tratamento utilizado (Figura 2), sendo verificado que as mudas que se desenvolveram na presença de silício apresentaram, de forma geral, aspecto mais robusto se comparado ao tratamento controle sem a disponibilização de Si.

Figura 2. Fotos de mudas *in vitro* de batata-doce var. Campina submetidas a diferentes concentrações de silício (terra diatomácea). A) Aos 15 dias após serem inoculadas; B) Aos 25 dias após serem inoculadas e C) Aos 30 dias após serem inoculadas. Barra: 1 cm.



Fonte: elaborada pelo autor.

A adição de silício (terra diatomácea), apesar de não ter alterado a morfologia das plantas durante os 30 dias de cultivo *in vitro*, tendeu a assegurar uma menor taxa de abscisão foliar (senescência), o que se refletiu em maior acúmulo de massa seca nesta fase.

Na literatura não constam relatos de trabalhos com batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) utilizando-se fontes de silício no retardamento da abscisão foliar *in vitro*, o que torna este resultado um possível ponto de partida para o desenvolvimento de outras pesquisas que visem aumentar a eficiência na micropropagação dessa espécie.

## **5 CONCLUSÃO**

O acréscimo de silício *in vitro*, na concentração de 2,0 g L<sup>-1</sup> de terra diatomácea, proporciona a obtenção de mudas de batata-doce var. Campina com maior qualidade fitotécnica, maior massa e com menores efeitos de senescência.

## REFERÊNCIAS

- ASMAR, S.A. et al. Características morfofisiológicas de bananeiras ‘Grande Naine’ aclimatizadas em resposta a utilização de silício in vitro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 73-81, 2013.
- AUSTIN, D.F. The taxonomy, evolution and genetic diversity of sweet potato and related wild species. **Exploration, maintenance, and utilization of sweet potato genetic resources**, Lima: International Potato Center, Lima. p.27-59.1988.
- BOVELL-BENJAMIN, A.C. Sweet potato: a review of its past, present, and future role in human nutrition. **Advances in food and nutrition research**, v. 52, p. 1-59, 2007.
- CACIQUE, I.S. et al. Effect of root and leaf applications of soluble silicon on blast development in rice. **Bragantia**, v. 72, p. 304-309, 2013.
- CAMARGO, M.S. et al. Soil reaction and absorption of silicon by rice. **Scientia Agricola**, v. 64, p. 176-180, 2007.
- CAPINUS, A. et al. Subprodutos da Cultura de Batata Doce (Ipomoea batatas): Nutritividade e Uso na Alimentação de Bovinos. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 10, n. 2, 2018.
- CARDOSO, A.D. et al. Avaliação de clones de batata-doce em Vitória da Conquista. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 911-914, 2005.
- CASTRO, L.A.S.; DE OLIVEIRA, R.P.; BECKER, A. Multiplicação de matrizes de batata-doce com alta sanidade. **Embrapa Clima Temperado-Sistema de Produção (INFOTECA-E)**, 2017.
- CASTRO, L.A.S.; ROCHA, N.; ABRANTES, V.L. Avaliação Biológica de Viroses em Plantas Matrizes e Mudanças de Batata-doce (Ipomoea batatas). **Embrapa Clima Temperado-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2008.
- CHEN, D. et al. How does silicon mediate plant water uptake and loss under water deficiency?. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 281, 2018.
- CIP - International Potato Center. **Sweetpotato Nutrition**. Disponível em: <<https://cipotato.org/sweetpotato/nutrition/>>. Acesso em: 28.dez.2021
- CRUSCIOL, C.A.C. et al. Effects of silicon and drought stress on tuber yield and leaf biochemical characteristics in potato. **Crop science**, v. 49, n. 3, p. 949-954, 2009.
- DALLAGNOL, L.J. **Resistência genética: de plantas a patógenos**. Pelotas: Ed. UFPel, 2018. 437p.
- DALLAGNOL, L.J. et al. **Defective active silicon uptake affects some components of rice resistance to brown spot**. *Phytopathology*, v. 99, n. 1, p. 116-121, 2009.
- DEBONA, D.; RODRIGUES, F.A.; DATNOFF, L.E. Silicon's role in abiotic and biotic plant stresses. **Annual Review of Phytopathology**, v. 55, p. 85-107, 2017.



- DIAS, G.M.G. et al. Morphological and physiological characteristics in vitro anthurium plantlets exposed to silicon. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, p. 18-24, 2017.
- ERTHAL, E.S.; ZAMBERLAN, J.F.; DOS SANTOS SALAZAR, R.F. A batata-doce (*Ipomoea batatas*) como biomassa alternativa para produção de biocombustíveis frente aos combustíveis fósseis. **Ciência & tecnologia**, v. 2, n. 1, p. 44-63, 2018.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Crops. 2019. In: **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/Q>>. 20. Jun. 2022.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e agrotecnologia**, v. 38, p. 109-112, 2014.
- FERREIRA, M.Z. et al. Silício no cultivo in vitro de batata-silvestre (*Solanum, solanaceae*). In: **Semana Integrada Ufpel, 5**; Congresso de Iniciação Científica, 28, 2019.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura** - 3º Ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2008. 421p.
- FLORES, R. et al. Otimização da produção de plantas in vitro de cultivares de *Ipomoea batatas*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 429-437, 2015.
- GOLLA, A. et al. Multiplicação de material vegetativo de batata-doce em diferentes bandejas e produção de raízes. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 7, p. 1-7, 2010.
- GUNES, A. et al. Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, I: Growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 39, n. 13-14, p. 1885-1903, 2008.
- HAUMAN, Z. **Sweetpotato Germplasm Management (*Ipomoea batatas*)** - Training manual. Lima: International Potato Center, 218p. 1999.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema. Produção Agrícola– Lavoura Temporária: Batata-doce. Brasil: IBGE, 2020.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de recuperação automática - Sidra**. 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 23 jun. 2022
- IMTIAZ, M. et al. Silicon occurrence, uptake, transport and mechanisms of heavy metals, minerals and salinity enhanced tolerance in plants with future prospects: a review. **Journal of environmental management**, v. 183, p. 521-529, 2016.
- JHA, S.N. **Colour measurements and modeling**. In: Nondestructive evaluation of food quality. Berlin: Springer, 2010. p.17-40.
- KERBAUY, G.B. **Clonagem de plantas in vitro. Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, v. 1, n. 1, p 30-33, maio 1997.
- KINUPP, V.F.; LORENZI, H. **Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil**. 1ª.ed. São Paulo, SP: Instituto Plantarum, 2014.

BEVILAQUA, L.K.S. et al. **Características morfológicas e produtivas de clones de batata doce**. Caderno de Ciências Agrárias, v. 11, p. 1-7, 2019.

LAZZARINI, L.E.S. et al. **Silício no desenvolvimento *in vitro* de *Fisális***. Revista Agrária Acadêmica. v.3 n. 5, 2020.

MA, J.F.; YAMAJI, N. A silicon transporter in rice. **Nature**, London, v. 440, p. 688-691, 2006.

MA, J.F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**, v. 11, p. 392-397, 2006.

MAINO, S.C. et al. Batata-doce (*Ipomoea batatas*) dentro do contexto de culturas energéticas, uma revisão. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, n. 4, 2019.

MANTELL, S.H.; MATTHEWS, J.A.; McKEE, R.A. **Técnicas de cultura de tecidos**. In: MANTELL, S.H.; MATTHEWS, J.A.; McKEE, R.A. Princípios de biotecnologia em plantas: uma introdução à engenharia genética em plantas. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1994. p. 101-181.

MARQUES, K.R. et al. Resistência de genótipos de batata-doce ao mal-do-pé. **Revista Cultura Agrônômica**, v. 27, n. 2, p. 287-301, 2018.

MELLO, A.F.S. A importância socioeconômica da batata-doce para a agricultura brasileira. **Brasília: Embrapa Hortaliças**, 2015.

MELO, W.F. et al. Biofortificação no Brasil (BioFort): **Avaliação preliminar de clones de batata-doce ricos em betacaroteno**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. Anais... Viçosa: ABH, p. 2675-2680, 2011.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissues cultures. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 15, n. 3, p. 473-497, 1962.

NASCIMENTO, K.O. et al. Caracterização química e informação nutricional de fécula de batata-doce, *Ipomoea batatas* L., orgânica e biofortificada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 1, p. 19, 2013.

NASSER, M.D.; OLIVEIRA, F.S.; SILVA, P.N.L. **Manejo da nutrição e adubação da batata-doce**. Revista Mirante, v. 10, n. 1, p. 246-261, 2017.

PASQUAL, M.; CHAGAS, E.A. **Cultura de Tecidos em Espécies Ornamentais**. Boa Vista: Editora da UFRR, 2016. 349 p.

PASQUAL, M. et al. Influência da qualidade de luz e silício no crescimento *in vitro* de orquídeas nativas e híbridas. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 324-329, 2011.

PEREIRA, H.S.; VITTI, G.C.; KORNDORFER, G.H. Comportamento de diferentes fontes de silício no solo e na cultura do tomateiro. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 27, p. 101-108, 2003.

PINTO, S.I.C. et al. Silício como amenizador da fitotoxicidade de zinco em plantas jovens de *Eucalyptus urophylla* cultivadas em solução nutritiva. **Revista Árvore**, v. 33, p. 1005-1014,

2009.

PULZ, A.L. et al. Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1651-1659, 2008.

ROCHA, P.S. et al. Uso de LEDs na multiplicação in vitro de três cultivares de bananeira. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 11, n. 2, p. 247-252, 2017.

RODRIGUES, F.A. et al. Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas. **Informações Agronômicas**, Piracicaba-SP, n. 134, p. 14-28, 2011.

RUIZ, G.C. et al. **Manual técnico del cultivo de camote**. Portoviejo, EC: INIAP, Estación Experimental Portoviejo/ESPAM 85p. 2017.

SAHEBI, M.; HANAFI, M.M.; AZIZI, P. Application of silicon in plant tissue culture. **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, v. 52, n. 3, p. 226-232, 2016.

SANGLARD, L.M.V.P. et al. The role of silicon in metabolic acclimation of rice plants challenged with arsenic. **Environmental and Experimental Botany**, v. 123, p. 22-36, 2016.

SILVA, G.O. et al. Desempenho de cultivares de batata-doce para caracteres relacionados com o rendimento de raiz. **Revista Ceres**, v. 62, p. 379-383, 2015.

SILVA, J.B.C; LOPES, C.A; MAGALHÃES, J.S. **Cultivo da batata-doce**. Brasília: EMBRAPA-CNPq, Sistemas de Produção. v. 6, 2008.

SIVANESAN, I; PARK, S.W. The role of silicon in plant tissue culture. **Frontiers in plant science**, v. 5, p. 571, 2014.

SOUSA, R.M.D. et al. Ornamental potential of sweet potato accessions. **Bioscience Journal**, v. 34, p. 11-16, Dec. 2018.

SWAIN, M.R.; MISHRA, J.; THATOI, H. Bioethanol production from sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) flour using co-culture of *Trichoderma* sp. and *Saccharomyces cerevisiae* in solid-state fermentation. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 56, p. 171-179, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TEMIZ, C.C. et al. Efecto de los elementos benéficos Al, Co, Se y Si en la nutrición de heliconias (*Heliconia* Sp.). **Agro Productividad**, v.10, p.62-68, 2017.

VALENTE, A. et al. Modeling, simulation and testing of a silicon soil moisture sensor based on the dual-probe heat-pulse method. **Sensors and Actuators A: Physical**, v. 115, n. 2-3, p. 434-439, 2004.

VIZZOTTO, M. et al. Composição mineral em genótipos de batata-doce de polpas coloridas e adequação de consumo para grupos de risco. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 2017.

WATT, M. P. et al. *In vitro* field collection techniques for Eucalyptus

micropropagation. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 75, n. 3, p. 233-240, 2003.

WIESE, H.; NIKOLIC, M.; ROMHELD, V. Silicon in plant nutrition. In: SATTELMACHER, B.; HORST, W. J. (Ed.). **The apoplast of higher plants: compartment of storage, transport and reactions**. Dordrecht: Springer, p. 33-47, 2007.

WISZNIEWSKA, A. et al. Rooting response of *Prunus domestica* L. microshoots in the presence of phytoactive medium supplements. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)**, v. 125, n. 1, p. 163-176, 2016.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. *Silvicultura clonal: princípios e técnicas* (279 p.). Viçosa: UFV, 2013.

ZHANG, D. et al. Assessing genetic diversity of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) cultivars from tropical America using AFLP. **Genetic resources and crop evolution**, v. 47, n. 6, p. 659-665, 2000.