

Biofortificação agrônômica com selênio na batata-doce



<https://doi.org/10.56238/interdiinovationscresce-009>

Yasmine Ohanna Toledo Marzullo

MsC., Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas.

Magali Leonel

Dr., Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas.

RESUMO

O selênio (Se) é um nutriente essencial às funções do corpo humano, e carente em grande parte da população, podendo ser incorporado à nutrição humana via produtos agrícolas. Entretanto, a concentração de Se em produtos agrícolas

consumidos no Brasil é considerada baixa em relações aos padrões internacionais. Com o propósito de produzir alimentos nutricionalmente mais completos e saudáveis para o consumo humano, a biofortificação é uma técnica eficaz e segura nos cultivos agrícolas. A presente revisão de literatura tem o objetivo de abordar o tema da biofortificação agrônômica, destacando a importância do Se na saúde humana e suas funções nos vegetais, e da batata-doce como cultura agrícola essencial para garantir a segurança alimentar.

Palavras-chave: Biofortificação agrônômica, *Ipomoea batatas* (L.) Lam, Nutrição humana, Selênio.

1 INTRODUCTION

No contexto de segurança alimentar, a batata-doce se destaca dentre as culturas alimentícias básicas mundiais (LEBOT, 2020), onde assume uma importante função no abastecimento alimentício interno e como complemento nutricional na dieta da população (LAURIE *et al.*, 2013). O cultivo de batata-doce apresenta importância em diferentes aspectos, tanto econômico, como nutricional e social. Contudo, a cultura ainda é considerada de subsistência, onde sua produção majoritária é oriunda da agricultura familiar (LIMA *et al.*, 2018). Apesar de sua importância para o país, a cultura ainda é pouco explorada na comunidade científica. Muitas recomendações agrônômicas são provenientes de outras hortaliças tuberosas, além da carência de produtos fitossanitários registrados para a cultura (MELLO, 2015).

O micronutriente selênio (Se), por sua vez, é considerado um elemento mineral essencial à saúde humana, atuando na constituição de importantes proteínas e enzimas, com diferentes funções fisiológicas, antioxidativas (WONG *et al.*, 2010), anticancerígenas (TARA *et al.*, 2010), e estimulantes da imunidade (RAMOUTAR e BRUMAGHIM, 2010). Apesar da necessidade e da importância desse elemento na dieta humana, a *Organização Mundial da Saúde* (OMS) estima que 15% da população mundial apresenta deficiência de Se. Para reduzir essa deficiência em regiões suscetíveis, o desenvolvimento de culturas usando intervenções de biofortificação tem sido realizado em vários



países, como Finlândia, Reino Unido, Nova Zelândia, Malawi, partes da China, Tibete e Brasil (ALFTHAN *et al.*, 2015; BROADLEY *et al.*, 2006; REIS *et al.*, 2017; WU *et al.*, 2015).

A biofortificação é uma técnica considerada inovadora e eficiente nos cultivos agrícolas, representando um meio de intervenção agrícola eficaz e seguro, com o objetivo de melhorar a qualidade nutricional dos alimentos. A biofortificação pode ser implementada via melhoramento genético ou por meio agrônômico via fertilização de plantas. Na biofortificação agrônômica, o suprimento nutricional é realizado via solo ou via foliar, proporcionando assim o enriquecimento de culturas vegetais.

O Brasil está em evidência no desenvolvimento de projetos na área da biofortificação. A **Rede BioFORT**, coordenada pela Embrapa, é o conjunto de projetos nacionais responsáveis pela biofortificação de alimentos, visando reduzir a desnutrição e assegurar maior segurança alimentar. O país é o único onde são coordenados, concomitantemente, trabalhos com oito diferentes culturas, sendo elas, abóbora, arroz, batata-doce, feijão, feijão-caupi, mandioca, milho e trigo (ROCHA, 2014). Até o momento já foram desenvolvidos três cultivares de mandioca de mesa com maiores teores de pró-vitamina A, duas cultivares de feijão-caupi com altos teores de ferro e zinco e uma variedade de batata-doce com alto teor de pró-vitamina A.

Órgãos como OMS, FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) e Unicef (Fundo das Nações Unidas para a Infância) sugerem que para o combate à fome oculta e desnutrição, é necessário a implementação de programas de intervenção direcionados para a fortificação de alimento.

2 BATATA DOCE

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) tem recebido destaque nos últimos anos devido ao seu importante papel socioeconômico, sendo considerada uma das culturas alimentícias de maior valor nos trópicos. Diferentes estudos enunciam a batata-doce como uma cultura de alto valor energético, vitamínico e mineral. Devido a sua elevada composição nutricional, é considerada uma cultura alimentícia com potencial para a redução de deficiências nutricionais em parcelas populacionais carentes em calorias ou nutrientes, (KEHOE *et al.*, 2015).

A batata-doce é uma cultura perene, classificada como raiz tuberosa, originada na América tropical, e que possui grande potencial na agricultura, devido a sua facilidade de adaptação a diferentes condições climáticas, e ao seu cultivo de baixo custo (SOARES, 2013). A batata-doce é uma das principais culturas tuberosas produzidas em escala mundial, principalmente em regiões tropicais e temperadas da África, América e Ásia. Dados estatísticos da FAO (2019) apontam a China como maior produtor mundial, com 71,7 milhões de toneladas. Mais de 97% da produção mundial de batata-doce é oriunda de países em desenvolvimento, onde a mesma assume um papel de vital importância no



abastecimento alimentício interno e como complemento nutricional na dieta da sua população (LAURIE *et al.*, 2013).

No ano de 2019, a produção total nacional de batata-doce foi de 805.412 mil toneladas em 57.486 hectares plantados (IBGE, 2019). Dados do Instituto de Economia Agrícola (IEA) mostram que o estado de São Paulo produziu 147.959 toneladas de batata-doce em 2019, o que representa cerca de 20% da produção nacional, sendo as principais regiões produtoras Presidente Prudente, Araçatuba, Tupã, Jaboticabal e Dracena (IEA, 2019).

O ciclo de desenvolvimento da batata-doce constitui-se em três fases: a fase inicial, onde ocorre o crescimento das raízes adventícias; a fase intermediária em que se verifica o início da tuberização; e a fase final, estabelecida pelo acúmulo de fotoassimilados nas raízes tuberosas (QUEIROGA *et al.*, 2007). O início da tuberização verifica-se pela expansão do diâmetro das raízes adventícias (MEDEIROS *et al.*, 1990).

As condições ambientais como a temperatura e a radiação solar são fatores determinantes na formação de raízes tuberosas. Temperaturas elevadas ou baixas atrasam ou impedem o início da tuberização (VILLORDON *et al.*, 2009). A temperatura ideal para o crescimento das raízes tuberosas está em torno de 25°C (SPENCE e HUMPHRIES, 1972; VILLAVICENCIO *et al.*, 2007; RAVI *et al.*, 2009).

As características mais marcantes dessa cultura são sua rusticidade, facilidade de cultivo, resistência à seca e ampla capacidade de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas (CARDOSO *et al.*, 2007). Sua resposta à adubação depende das condições do solo em que é cultivada. Este deve ser bem drenado, possuindo textura média e arenosa, com pH entre 4,5 e 7,7 (PERESSIN e FELTRAN, 2014). Quando cultivada em solos de média a alta fertilidade, geralmente não manifesta resultado à adubação. No entanto, em solos pouco férteis, o uso de fertilizantes promove incremento na produtividade, de acordo com Monteiro e Peressin (1997), e Echer *et al.* (2009).

A necessidade hídrica da cultura se encontra em torno de 500 a 750 mm de lâmina de água durante o ciclo produtivo (EMBRAPA, 1995; SOARES *et al.*, 2002). Já as exigências de macro minerais da cultura seguem à seguinte ordem decrescente, descritos pela FAO (2006): potássio (K), nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg).

Para grande parte das hortaliças tuberosas, o K é o nutriente mineral mais exigido. As lavouras de batata-doce têm manifestado altas respostas à adubação potássica (FILGUEIRA, 2003). O K atua nos processos de divisão celular, iniciação da raiz tuberosa e de seu espessamento, translocação de carboidratos na planta, dentre outras funções (MARSCHNER, 1995). Segundo Corrêa *et al.* (2016), o K ainda melhora a eficiência de uso da água, intensifica a adubação nitrogenada e potencializa a fotossíntese e a respiração celular (MARSCHNER, 1995).



Entretanto, a aplicação de elevadas doses de K pode prejudicar o desenvolvimento das plantas, devido ao aumento da concentração salina, ou por meio de perdas por lixiviação, devendo a adubação ser recomendada de acordo com a análise de solo. O cloreto de potássio (KCl) é a fonte mais utilizada na adubação potássica (NASCIMENTO, 2013; LOPES, 1998). De acordo com Monteiro e Peressin (1997), as recomendações para o estado de São Paulo seguem o Boletim 100, onde é aplicado 60 kg ha⁻¹ de K no plantio e 90-120 kg ha⁻¹ em cobertura, após 45 dias de plantio. O parcelamento do K se dá em função do mesmo ser um elemento solúvel e bastante móvel no solo.

O N, por sua vez, é o segundo nutriente mais requerido pelas hortaliças (FILGUEIRA, 2003). Segundo Filgueira (2008), a reposta de produção da cultura da batata-doce associada ao N é baixa e pode variar. A adubação nitrogenada deve ser criteriosa, principalmente se o solo for rico em matéria orgânica, pois ocasiona crescimento vegetativo exagerado, em detrimento da formação e do desenvolvimento das batatas que se apresentam com menor teor de açúcares. No entanto, a deficiência de N dificulta o desenvolvimento da planta, provocando a redução da fotossíntese, o amarelecimento e a queda das folhas basais (SILVA *et al.*, 2008). Monteiro e Peressin (1997) recomendam para o estado de São Paulo a aplicação de 20 kg ha⁻¹ de N no plantio e de 30 kg ha⁻¹ em cobertura, após 45 dias de plantio.

A batata-doce possui sistema radicular ramificado, sendo altamente eficiente na absorção de nutrientes, como o P, por exemplo. Porém, devido à deficiência desse nutriente em solos brasileiros, há a necessidade de se aplicar P prontamente disponível no plantio (EMBRAPA, 1995). As recomendações são de 80 100 kg.ha⁻¹ do mineral no plantio. A adubação fosfatada adequada é fundamental desde estágios iniciais de crescimento dos vegetais, e a fornecimento de dosagens adequadas de P permite o desenvolvimento radicular e o aumento da absorção de água e nutrientes (CAI *et al.*, 2013). O P é importante nos processos de respiração e divisão celular, bem como na produção de energia. O nutriente consegue ser prontamente mobilizado nas plantas, e em casos de carência nutricional, é translocado de tecidos mais antigos para as regiões meristemáticas ativas (HERMANS *et al.*, 2006).

Os macronutrientes como o Ca e o Mg são geralmente supridos por meio da calagem, quando necessário. Em relação aos micronutrientes, como o boro (B), esse tem como sua principal fonte a matéria orgânica (ABREU *et al.*, 2007). Dessa forma, solos com alto teor de matéria orgânica não precisam utilizar de adubação via fertilizantes para suprir esse micronutriente.

A batata-doce apresenta-se como importante fonte de nutrientes, podendo ser utilizada para melhoraria da alimentação, principalmente nos países em desenvolvimento. Possui alto teor de vitamina A, vitaminas do complexo B e de minerais, como o cálcio, enxofre, ferro, magnésio e potássio (LOW *et al.*, 2007). É um alimento de alto valor energético, possuindo cerca de 30% de matéria seca, a qual compreende em média 85% de carboidratos, cujo elemento principal é o amido (CARDOSO *et*



al. 2007). A cada 100 gramas, a batata-doce fornece, em média, os seguintes teores de minerais: K (273 mg), P (49 mg), Ca (30 mg), S (26 mg), Mg (24 mg), e Na (13 mg) (MIRANDA *et al.*, 1987; SILVA, 2002; SOARES *et al.*, 2002;).

Diferentes instituições ao redor mundo incentivam o consumo de raízes tuberosas de batata-doce por populações que manifestam histórico de doenças ligadas à desnutrição, principalmente em países emergentes (LEITE, 2017).

3 BIOFORTIFICAÇÃO AGRONÔMICA

A biofortificação agronômica é uma estratégia agrícola sustentável, que consiste no enriquecimento nutritivo de alimentos de maior consumo populacional. A prática da biofortificação agronômica consiste no aumento da concentração de um ou mais micronutrientes, durante o cultivo, por meio da adubação via solo ou via foliar (GRAHAM *et al.*, 2007). O objetivo é que esses nutrientes sejam absorvidos e acumulados pelos vegetais, visando uma melhoria na alimentação e na saúde humana. A técnica de biofortificação consiste no pressuposto de que os níveis de minerais presentes nas culturas estão associados com a sua disponibilidade no meio (DURÁN *et al.*, 2013).

A biofortificação, é o foco do programa Harvest Plus do CGIAR (*Consultive Group on Internacional Agriculture Research*), um programa internacional responsável por organizar e incentivar as ações de biofortificação de alimentos no mundo (JONS e EYZAGUIRRE, 2007). O programa simboliza uma forte e importante forma de intervenção para elevar a ingestão de nutrientes essenciais por meio de culturas base, como arroz, abóbora, batata-doce, feijão, mandioca, milho e trigo (NUTTI, 2011).

No Brasil, em 2003, foi desenvolvido pela Embrapa o projeto “Biofortificação de Produtos Agrícolas para Nutrição Humana - HarvestPlus”, principal componente do *HarvestPlus Challenge Program* no Brasil. O intuito do projeto é contribuir para a redução da desnutrição nas esferas mais carentes das populações de países emergentes, de maneira viável, uma vez que as culturas alimentícias contempladas no programa já possuem ampla produção, aceitação e consumo no Brasil (NUTTI, 2011).

De acordo com Nutti (2011), o Brasil é o único país que gere trabalhos de melhoramento com oito culturas básicas, simultaneamente, sendo essas: abóbora, arroz, batata-doce, feijão, feijão-caupi, mandioca, milho e trigo, fazendo com que a pesquisa e o desenvolvimento de alimentos biofortificados no Brasil se destaque e se diferencie dos demais países.

A biofortificação agronômica mostrou-se eficiente em trabalho realizado por Zhang *et al.* (2019), que testou na cultura da batata a aplicação foliar de duas fontes de selênio, e comprovou a eficiência para melhorar a concentração de Se total na batata. Diferentes formas de aplicação e fontes



de Se foram avaliadas na na biofortificação da cenoura, onde Oliveira *et al.* (2018) comprovaram aumento no teor de Se no vegetal.

Em diferente estudo, Smolén *et al.* (2018) averiguaram, após um ensaio de campo de três anos, que a biofortificação combinada com Se e iodo (I), na cultura da cenoura, é uma técnica viável. Todas as cultivares avaliadas acumularam ambos os elementos em um nível substancialmente mais alto do que as plantas controle, sem apresentar efeito adverso sobre outras características nutricionais da cultura.

Avaliando o Se no desempenho fisiológico e biofortificação agrônômica da couve-flor, Dutra (2017) averiguou que o selenato proporcionou maior eficiência de absorção e translocação do Se na planta, propiciando altas concentrações do elemento no tecido vegetal.

As plantas estão no início de toda cadeia alimentar. Portanto, melhorando a absorção de minerais do solo e aumentando a sua translocação e biodisponibilidade nas partes comestíveis dos vegetais, é possível fornecer benefícios para a nutrição humana, e conseqüentemente animal (EL-RAMADY *et al.*, 2014).

3.1 SELÊNIO NAS PLANTAS

O selênio (Se) é um oligoelemento essencial para a maioria das formas de vida. O elemento tem recebido destaque nos últimos anos, sendo fonte de estudos e pesquisas em diversos países, devido a sua importância na alimentação e a sua essencialidade no organismo humano (WHITE, 2016). Embora não tenha sido confirmado como um nutriente essencial em vegetais, há evidências crescentes de que o Se é um elemento benéfico para as plantas, como antioxidante e promotor do crescimento vegetal.

Diversos estudos demonstram que, em baixas concentrações, o Se exerce efeito benéfico sobre o crescimento das plantas e a tolerância a estresses ambientais (PILON-SMITS *et al.*, 2009; DIAO *et al.*, 2014; MALAGOLI *et al.*, 2015). Trabalhos recentes têm demonstrado que o fornecimento de Se às plantas promove múltiplos benefícios (SIEPRAWSKA *et al.*, 2015). Esses trabalhos sinalizam para uma maior influência do Se sobre o sistema antioxidante e os metabolismos do nitrogênio e de carboidratos (NAWAZ *et al.*, 2015).

O selênio desempenha um papel vital como protetor contra diferentes estresses abióticos, resfriamento, submersão, seca e deficiência de nutrientes (HUSSAIN *et al.*, 2016a, b; KHAN *et al.*, 2018). Os possíveis mecanismos envolvidos na tolerância ao estresse abiótico em plantas podem envolver: antagonismo (no caso de metais pesados), desintoxicação de compostos orgânicos deletérios, aminoácidos livres, sistema de defesa antioxidante aprimorado, proteção de membranas e biomoléculas importantes contra danos de estresse fisiológico e crescimento e produção de biomassa aprimorados por meio aumento da atividade fotossintética, conteúdo de clorofila e regulação da taxa



de transpiração (FAHIM *et al.*, 2013; FENG *et al.*, 2013; YAO *et al.*, 2013; KHALIQ *et al.*, 2015; SHARMA *et al.*, 2017; KHAN *et al.*, 2018).

A mobilidade, biodisponibilidade e absorção de Se pelos vegetais são influenciadas por dois importantes fatores, o pH e a matéria orgânica do solo (PILON-SMITH e LEDUC, 2009). Pode-se inferir que, com a diminuição do pH, a absorção e adsorção das fontes de Se aumentam, levando à baixa mobilidade do mineral no solo, enquanto o aumento do pH aumenta sua mobilidade (EICH-GREATOREX *et al.*, 2007). A matéria orgânica, quando presente em alto teor, leva a menor mobilidade do Se. Contudo os mecanismos que regem interação a interação entre selênio e matéria orgânica no solo não são evidentes (BRUGGEMAN *et al.*, 2007).

O selênio existe como formas inorgânicas e orgânicas na natureza. As formas inorgânicas são o selenato (SeO_2^{-4}), selenito (SeO_2^{-3}), seleneto (Se^{-2}) e Se elementar. Já as principais formas orgânicas são selenocisteína (SeCys) e selenometionina (SeMet) (BODNAR *et al.*, 2012; WU *et al.*, 2015). As formas inorgânicas de sais de Se, selenato de sódio (Na_2SeO_4) e selenito de sódio (Na_2SeO_3), são aquelas as quais as plantas possuem a capacidade de absorver do solo e convertê-las na forma orgânica de SeMet e SeCys, podendo ser incorporadas às proteínas (DANIELS, 1996). É importante ressaltar, contudo, que o limite entre benefício e toxicidade de Se nos vegetais pode ser modificado em função da fonte e concentração desse elemento.

O selenato de sódio é a forma mais prevalente de Se biodisponível em solos agrícolas, sendo a forma mais móvel e solúvel, enquanto o selenito se faz mais presente em solos ácidos (MISSANA *et al.*, 2009; GUPTA e GUPTA, 2017). Ambas as formas de Se diferem em termos de mobilidade e absorção dentro da planta, e são metabolizadas para formar selenocompostos (LI *et al.*, 2008). Existem diferenças marcantes na absorção, translocação e metabolismo do Se, quando este é proveniente de fontes diferentes (LONGCHAMP *et al.*, 2015).

O selenato é absorvido pelas raízes por meio dos transportadores de sulfato (CABANNES *et al.*, 2011; GUPTA e GUPTA, 2017), enquanto o selenito é absorvido pelas raízes através de transportadores de fosfato (WINKEL *et al.*, 2015). O selenato possui propriedades químicas semelhantes ao enxofre (S) (NAZ *et al.*, 2015; GOLOB *et al.*, 2016), portanto ambos os elementos compartilham uma via metabólica em comum pelas plantas durante o processo de translocação (SORS *et al.*, 2005). Uma vez absorvido pelas raízes das plantas, o selenato é imediatamente translocado para a parte aérea através da via simplástica (WHITE *et al.*, 2004), sendo essa a forma dominante de Se conduzida pelo xilema (LI *et al.*, 2008).

O Se é transportado via xilema até os plastídios celulares das folhas, onde a ATP-sulfurilase (APS) inicia a assimilação do elemento com a transformação do selenato em adenosina fosforoselenato (APSe), que em seguida, sofre processo de redução a selenito pela ação da enzima adenosina fosforoselenato redutase (APR). Posteriormente, o selenito é transformado em seleneto pela atividade



da sulfito redutase, e por fim, o selenito é convertido em SeCys pela ação da O-acetilserina (tiol)liase (OAS-TL). A SeCys é rapidamente sintetizada em outros compostos e proteínas. Diferente da SeCys, o processo de formação da SeMet ocorre no citosol, onde pode ser transformada em compostos voláteis de Se, ou proteínas. O selenito, ainda não se pode afirmar, mas acredita-se que esse seja absorvido pelas raízes através de transportadores de fosfato (WINKEL *et al.*, 2015; WAN *et al.*, 2016).

A alta concentração de sulfato no meio de crescimento antagoniza o Se e ocorre a absorção preferencial de sulfato sobre o selenato, enquanto a maior concentração de sulfato no tecido pode estimular a seletividade de Se pelos mesmos transportadores de S (WHITE *et al.*, 2004). O selenito, por outro lado, é assimilado em formas orgânicas (SeCys e SeMet) na raiz (WANG *et al.*, 2015; HUANG *et al.*, 2017).

Dessa forma, o selenato encontra-se como uma fonte preferida para ser usado em programas de biofortificação de Se. Os transportadores responsáveis pelo carregamento do selenato no xilema, entretanto, ainda são desconhecidos. É importante ressaltar, contudo, que o limite entre benefício e toxicidade de Se pode ser modificado em função da fonte e concentração desse elemento. Em um programa de biofortificação, as taxas de Se devem ser planejadas cuidadosamente, devido ao seu estreito limite entre benefício e toxicidade sobre o crescimento e a produção de plantas (SARWAR *et al.*, 2020).

3.2 SELÊNIO NA SAÚDE HUMANA

O selênio (Se) é um elemento traço essencial ao metabolismo humano, principalmente por atuar em importantes funções metabólicas (ÁVILA *et al.*, 2013; KAUR *et al.* 2014; SUPRIATIN *et al.*, 2015; MATOS *et al.*, 2017), desempenhando papel fundamental em importantes áreas da saúde, como no sistema imunológico, no metabolismo hormonal da tireoide, na infertilidade masculina, em neoplasias e em doenças cardiovasculares (PORRAS *et al.*, 2010; USLU *et al.*, 2010), além de também possuir propriedades antioxidantes (COMINETTI, 2011).

O Se atua como componente de diversas enzimas e proteínas (ÁVILA *et al.*, 2013; KAUR *et al.* 2014). A importância do selênio no organismo se dá por ele ser um componente das selenoproteínas, as quais apresentam importantes funções enzimáticas. Desta forma, o selênio acaba funcionando como um importante redutor, principalmente na neutralização dos radicais livres (SUNDE, 1997; FAIRWEATHER-TAIT *et al.*, 2010). Em humanos, pelo menos 25 selenoproteínas desempenham papéis importantes em sistemas antioxidantes, de imunidade, fertilidade masculina, resistência a infecções virais e a prevenção de diferentes tipos de câncer (HARTHILL, 2011; RAYMAN, 2012, 2020; TAN *et al.* 2018)

Em 1979, constatou-se que a suplementação de Se é capaz de prevenir o aparecimento da doença de Keshan, que afeta crianças que habitam locais de solos deficientes nesse mineral (KESHAN,



1979). Estudos mais recentes têm mostrado que a deficiência de Se pode contribuir para o declínio cognitivo em pessoas idosas, além de haver uma associação com o estresse oxidativo observado em pacientes com Alzheimer e diabetes tipo 2 (CARDOSO *et al.*, 2010; RAYMAN, 2012). No entanto, há uma faixa de segurança estreita entre os níveis de benefício e toxicidade. É recomendada a dose diária de 25–35 µg para adultos, dependendo da idade e do gênero (WHO, 2009).

É sugerido por Kipp *et al.* (2015) que a ingestão diária para mulheres e homens adultos seja de 60-70 µg. Essa recomendação está de acordo com valores recomendados pelas sociedades de nutrição da Alemanha, Áustria e Suíça. Segundo White (2016), a ingestão diária recomendada é de 55 µg para adultos. Em contrapartida, Almondes *et al.* (2010) sugerem que o uso de uma suplementação diária de 200 µg de Se pode diminuir o risco de câncer. Em 2014, o CCNFSDU (Comitê do Codex de Nutrição e Alimentos para Usos Dietéticos Especiais) concordou em estabelecer um novo valor de referência para o Se, em 60 µg dia⁻¹.

Segundo Combs (2001), existe uma grande variação na ingestão de Se entre diferentes países de diversos continentes. Estima-se que 15% da população mundial possua carência de Se e a principal causa é o baixo consumo desse nutriente (WHITE e BROADLEY, 2005). Considerando que o Se alimentar é basicamente derivado de alimentos, a deficiência de Se em humanos está relacionada ao consumo de alimentos com baixo teor de Se nas partes comestíveis (REIS *et al.*, 2017).

4 CONCLUSÕES

A deficiência de selênio em humanos está ligada à qualidade da dieta e é agravada pela deficiência desse micronutriente no solo e, conseqüentemente, nas plantas, principais fontes de selênio na dieta. O cultivo de culturas energéticas como a batata-doce, e seu enriquecimento através da biofortificação agrônômica é da maior importância, devido às características de produção e de importante papel na segurança alimentar e nutricional em países em desenvolvimento e pouco desenvolvidos. As pesquisas com biofortificação com selênio em batata-doce precisam ser ampliadas para melhor compreender as condições que afetam a absorção e biodisponibilidade do selênio e, assim, possibilitar a definição das estratégias para combater as deficiências desse importante nutriente para a fisiologia das plantas e saúde humana.



REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A., LOPES, A. S., SANTOS, G. MICRONUTRIENTES. *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, Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.
- ALFTHAN, G.; EUROLA, M.; EKHOLM, P.; VENÄLÄINEN, E-R., ROOT, T.; KORKALAINEN, K.; HARTIKAINEN, H.; SALMINEN, P.; HIETANIEMI, V.; ASPILA, P.; ARO, A.; FOR THE SELENIUM WORKING GROUP. Effects of nationwide addition of selenium to fertilizers on foods, and animal and human health in Finland. From deficiency to optimal selenium status of the population. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, v. 31, p. 142–147, 2015.
- ALMONDES, K. G. S.; LEAL, G. V. S.; COZZOLINO, S. M. F.; PHILIPPI, S. T.; RONDÓ, P. H. C. O papel das selenoproteínas no câncer. *Revista Associação Médica Brasileira*, v. 56, n. 4, p. 484-488, 2010.
- ÁVILA, F. W.; FAQUIN, V.; YANG, Y.; RAMOS, S. J.; GUILHERME, L. R. G.; THANNHAUSER, T. W.; LI, L. Assessment of the anticancer compounds Se-Methylselenocysteine and Glucosinolates in Se-Biofortified Broccoli (*Brassica oleracea* L. var. italica) sprouts and florets. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 61, n. 26, p. 6216–6223, 2013.
- BODNAR, M.; KONIECZKA, P.; NAMIESNIK, J. The properties, functions, and use of selenium compounds in living organisms. *Journal of Environmental Science and Health*, v. 30, p. 225–252, 2012.
- BROADLEY, M. R.; WHITE, P. J.; BRYSON, R. J.; MEACHAM, M. C.; BOWEN, H. C.; JOHNSON, S. E.; HAWKESFORD, M. J.; MCGRATH, S. P.; ZHAO, F. J.; BREWARD, N.; HARRIMAN, M.; TUCKER, M. Biofortification of UK food crops with selenium. *Proceedings of the Nutrition Society*, v. 65, n. 2, p. 169– 181, 2006.
- BRUGGEMAN, C.; MAES, A.; VANCLUYSEN, J. The interaction of dissolved boom clay and gorleben humic substances with selenium oxyanions (selenite and selenate). *Applied Geochemistry*, v. 22, p. 1371–1379, 2007.
- CABANNES, E.; BUCHNER, P.; BROADLEY, M. R.; HAWKESFORD, M. J. A comparison of sulfate and selenium accumulation in relation to the expression of sulfate transporter genes in Astragalusspecies. *Plant Physiology*, v. 157, p. 2227–2239, 2011.
- CAI, H.; XIE, W.; LIAN, X. Comparative analysis of differentially expressed genes in rice under nitrogen and phosphorus starvation stress conditions. *Plant Molecular Biology*, v. 31, p. 160-173. 2013.
- CARDOSO, A. D.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; NETO, H. B.; NETO, H. B.; KHOURI, C. R.; MELO, T. L. Características físicas de sensoriais de clones de batata doce. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, n .6, p. 1760-1765, 2007.
- CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Report of the thirty-sixth session of the codex committee on nutrition and foods for special dietary uses (CCNFSDU): REP 15/NFSDU. Bali, 2014. Disponível em: http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/shproxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-720-36%252FREP15_NFSDUe.pdf. Acesso em: 20 dez. 2020.
- COMBS, G. F. Selenium in global food systems. *British Journal of Nutrition* 85, v. 85, n. 5, p. 517–547, 2001.



COMINETTI, C.; BORTOLI, M. C. de; PURGATTO, E.; ONG, T. P.; MORENO, F. S.; GARRIDO JR, A. B.; COZZOLINO, S. M. F. Associations between glutathione peroxidase-1 Pro198leu polymorphism, selenium status, and dna damage levels in obese women after consumption of Brazil nuts. *Nutrition*, v.27, n. 9, p. 891-896, 2011.

CORRÊA, C. V.; GOUVEIA, A. M DE. S.; EVANGELISTA, R. M.; CARDOSO, A. I. I. Qualidade de raízes de batata-doce em função das cultivares e do armazenamento. *Revista Raízes e Amidos Tropicais*, v. 12, n. 1, p. 26-35, 2016.

DANIELS, L. A. Selenium metabolism and bioavailability. *Biological Trace Element Research*, v. 54, n. 3, p. 185-199, 1996.

DIAO, M.; MA, L.; WANG, J.; CUI, J.; FU, A.; LIU, H. Selenium promotes the growth and photosynthesis of tomato seedlings under salt stress by enhancing chloroplast antioxidant defense system. *Journal of Plant Growth Regulation*, v. 33, n. 3, p. 671–682, 2014.

DURÁN, P.; SOBARZO, J. A.; JORQUERA, M.; AZCÓN, R.; BORIE, F.; CORNEJO, P.; MORA, M. L. Enhanced selenium content in wheat grain by co-inoculation of seleno bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi: a preliminary study as a potential Se biofortification. *Journal of Cereal Science*, v. 57, n. 3, p. 275-280, 2013.

DUTRA, A. F. Selênio no desempenho fisiológico e biofortificação agrônômica da couve-flor. Tese (Doutorado em Agronomia/Ciência do Solo), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2017.

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*, Brasília, v. 27. n. 2, p. 176-182, 2009.

EICH-GREATOREX, S.; SOGN, T. A.; FALK ØGAARD, A.; AASEN, I. Plant availability of inorganic and organic selenium fertiliser as influenced by soil organic matter content and pH. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.79, p.221–231, 2007.

EL-RAMADY, H. R.; ALLA, N. A.; FÁRI, M.; DOMOKOS-SZABOLCSY, É. Selenium enriched vegetables as biofortification alternative for alleviating micronutrient malnutrition. *International Journal of Horticultural Science*, v. 20, n. 1-2, p. 75–81, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. Cultivo da Batata- doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). 3. ed. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 1995. 18p.

FAHIM, N.; ASHRAF, M. Y.; AHMAD, R.; WARAICH, E. A. Selenium (Se) seed priming induced growth and biochemical changes in wheat under water deficit conditions. *Biological Trace Element Research*, v. 151, p. 284–293, 2013.

FAIRWEATHER-TAIT, S. J.; COLLINGS, R.; HURST, R. Selenium bioavailability: current knowledge and future research requirements. *American Journal of Clinical Nutrition*, v. 91, n. 5, p. 1484–1491, 2010.

FENG, R.; WEI, C.; TUD, S. The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses. *Environmental and Experimental Botany*, v. 87, p. 58–68, 2013.



FILGUEIRA, F. A. R. Novo Manual De Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003.

FILGUEIRA, F. A. R. Convolvuláceas: batata-doce, a batata de clima quente. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa: UFV, 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Near East fertilizer-use manual. Rome: FAO, 2006. 164p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Agriculture data FAOSTAT. Rome: FAO, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#search/Sweet%20potatoes>. Acesso em: 20 jun. 2019.

GOLOB, A.; GADZO, D.; STIBILJ, V.; DJKIC, M.; GAVRIC, T.; KREFT, I.; GERM, M. Sulphur interferes with selenium accumulation in Tartary buckwheat plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 108, p. 32-36, 2016.

GRAHAM, R. D.; WELCH, R. M.; SAUNDERS, D. A.; ORTIZ-MONASTERIO, I.; BOUIS, H. E.; BONIERBALE, M.; DE HAAN, S.; BURGOS, G.; THIELE, G.; LIRIA, R. Nutritious subsistence food systems. *Advances in Agronomy*, v. 92, p.1-74, 2007.

GUPTA, M., GUPTA, S. An overview of selenium uptake, metabolism, and toxicity in plants. *Frontiers in Plant Science*, v.7, p. 2074, 2017.

HARTHILL, M. Review: micronutrient selenium deficiency influences evolution of some viral infectious diseases. *Biological Trace Element Research*, v. 143, n. 3, p1325–1336, 2011.

HERMANS, C.; HAMMOND, J. P.; WHITE, P. J.; VERBRUGGEN, N. How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation? *Trends in Plant Science*, v.11, p. 610-617, 2006.

HUANG, Q. Q.; WANG, Q.; WAN, Y. N.; YU, Y.; JIANG, R. F.; LI, H. F. Application of X-ray absorption near edge spectroscopy to the study of the effect of sulphur on selenium uptake and assimilation in wheat seedlings. *Biologia Plantarum*, v. 61, p. 726–732, 2017.

HUSSAIN, S.; KHAN, F.; CAO, W.; WU, L.; GENG, M. Seed priming alters the production and detoxification of reactive oxygen intermediates in rice seedlings grown under sub-optimal temperature and nutrient supply. *Frontiers in Plant Science*, v. 7, p. 439, 2016a.

HUSSAIN, S.; KHAN, F.; HUSSAIN, H. A.; NIE, L. Physiological and biochemical mechanisms of seed priming-induced chilling tolerance in rice cultivars. *Frontiers in Plant Science*, v. 7, p. 116, 2016b.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção agrícola municipal. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. Acesso em: 12 jun. 2020.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA (IEA). Censo Agropecuário do Estado de São Paulo. São Paulo: SAA: IEA: CDRS, 2019.

JHONS, T.; EYZAGUIRRE, P. B. Biofortification, biodiversity and diet: A search for complementary applications against poverty and malnutrition. *Food Policy*, v. 32, p. 1-24, 2007.

KAUR N.; SHARMA S.; KAUR S. Selenium in agriculture: A nutrient or contaminant for crops? *Archives of Agronomy and Soil Science*, v. 60, p. 1593–1624, 2014.



- KEHOE, S. H.; CHOPRA, H.; SAHARIAH, S. A.; BHAT, D.; MUNSHI, R. P.; PANCHAL, F.; YOUNG, S.; BROWN, N.; TARWANDE, D.; GANDHI, M.; MARGETTS, B. M.; POTDAR, R. D.; FALL, C. H. Effects of a food-based intervention on markers of micronutrient status among Indian women of low socio-economic status. *British Journal of Nutrition*, v. 113, n. 5, p. 813-821, 2015.
- KESHAN DISEASE RESEARCH GROUP. Observations on effect of sodium selenite in prevention of Keshan disease. *Chinese Medical Journal*, v. 92, n. 7, p. 471-476, 1979.
- KHALIQ, A.; ASLAM, F.; MATLOOB, A.; HUSSAIN, S.; GENG, M.; WAHID, A.; REHMAN, H. Seed priming with selenium: consequences for emergence, seedling growth, and biochemical attributes of rice. *Biological Trace Element Research*, v. 166, p. 236-244, 2015.
- KHAN, F.; HUSSAIN, S.; TANVEER, M.; KHAN, S.; HUSSAIN, H. A.; IQBAL, B.; GENG, M. Coordinated effects of lead toxicity and nutrient deprivation on growth, oxidative status, and elemental composition of primed and non-primed rice seedlings. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 25, p. 21185-21194, 2018.
- KIPP, A. P.; STROHM, D.; BRIGELIUS-FLOHÉ, R.; SCHOMBURG, L.; BECHTHOLD, A.; LESCHIK-BONNET, E.; HESEKER, H. Revised reference values for selenium intake. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, v. 32, n. 1, p. 195-199, 2015.
- LAURIE, S. M.; CALITZ, F. J.; ADEBOLA, P. O.; LEZAR, A. Characterization and evaluation of south african sweet potato (*Ipomoea Batatas* (L.) Lam.) land races. *South African Journal of Botany*, v. 85, p. 10-16, 2013.
- LEITE, C. E. C. Novas cultivares de batatas-doces (*Ipomoea Batatas* L. Lam.): Potencial nutricional, Composição de bioativos, propriedades antioxidantes e análise aigital de imagem. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos), Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Pato Branco, 2017.
- LI, H. F.; MCGRATH, S. P.; ZHAO, F. J. Selenium uptake, translocation and speciation in wheat supplied with selenate or selenite. *New Phytologist*, v. 178, n. 1, p. 92-102, 2008.
- LIMA, F. S. de O.; SANTOS, W. B. S.; CORREIA, V. R.; DIAS, E. C. Farinha de batata-doce: um produto alternativo para alimentação e geração de renda nas comunidades rurais. *Anais 9º jornada de iniciação científica e extensão*, Instituto Federal de Tocantins, Palmas, 9 ed., p. 2176-4679, 2018.
- LOPES, A. Manual Internacional de Fertilidade do Solo. 2. ed. Piracicaba: Editora Potafos, 1998. 177 p.
- LOW, J. W.; ARIMOND, M.; OSMAN, N.; CUNGUARA, B.; ZANO, F.; TSCHIRLEY, D. A food-based approach introducing orange-fleshed sweet potatoes increased Vitamin A intake and serum retinol concentrations in young children in rural Mozambique. *The Journal of Nutrition*, v. 137, n. 5, p. 1320-1327, 2007.
- MALAGOLI, M.; SCHIAVON, M.; DALL'ACQUA, S.; PILON-SMITS, E. a H. Effects of selenium biofortification on crop nutritional quality. *Frontiers in Plant Science*, v. 6, p. 280, 2015.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. *Annals of Botany*, v. 78, n. 4, p. 527-528, 1996.



- MATOS, R. P.; LIMA, V. M.; WINDMOLLER, C. C.; NASCENTES, C. C. Correlation between the natural levels of selenium and soil physicochemical characteristics from the Jequitinhonha Valley (MG). *Brazilian Journal of Geology*, v. 172, p. 195-202, 2017.
- MEDEIROS, J. G.; PEREIRA, W.; MIRANDA, J. E. C. A. Análise de crescimento em duas cultivares de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.2, p.23-29, 1990.
- MELLO, A. F. S. A importância socioeconômica da batata-doce para a agricultura brasileira, *Hortaliças em Revista*, Brasília/DF, ano 4, n. 17, p. 10-11, 2015.
- MIRANDA, J. E. C. de.; FRANCA, F. H.; CARRIJO, O. A.; SOUZA, A. F.; AGUILAR, J. A. E. Cultivo de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). Brasília: EMBRAPA/CNPQ, 1987. 18p.
- MISSANA, T.; ALONSO, U.; GARCÍA-GUTIÉRREZ, M. Experimental study and modeling of selenite sorption onto illite and smectite clays. *Journal of Colloid and Interface Science*, v. 334, p. 132–138, 2009.
- MONTEIRO, D. A.; PERESSIN, V. A. Raízes e Tubérculos. *In: Raij, B Van, Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. 285p. (Boletim técnico 100).*
- NASCIMENTO, S. M. C. Nutrição mineral e produtividade da batata-doce biofortificada em função de doses de fósforo e potássio. Tese (Doutorado em Agronomia/Ciência do Solo), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.
- NAWAZ, F.; ASHRAF, M. Y.; AHMAD, R.; WARAICH, E. A.; SHABBIR, R. N.; BUKHARI, M, A. Supplemental selenium improves wheat grain yield and quality through alterations in biochemical processes under normal and water deficit conditions. *Food Chemistry*, v. 175, p. 350-357, 2015.
- NAZ, F. S.; YUSUF, M.; KHAN, T. A.; FARIDUDDIN, Q.; AHMAD, A. Low level of selenium increases the efficacy of 24-epibrassinolide through altered physiological and biochemical traits of *Brassica juncea* plants. *Food Chemistry*, v. 185, p. 441-448, 2015.
- NUTTI, M. R. A história dos Projetos HarvestPlus, AgroSalud e BioFORT no Brasil. *In: Reunião de biofortificação no Brasil, 4., 2011, Teresina. Palestras e resumos... Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 1 CDROM.*
- NUTTI, M. R. Os avanços da pesquisa em biofortificação no Brasil. *In: reunião de biofortificação no Brasil, 4., 2011, Teresina. Palestras e resumos [...] Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011.*
- OLIVEIRA, V. C.; FAQUIN, V.; GUIMARÃES, K. C.; ANDRADE, F. R.; PEREIRA, J.; GUILHERME, L. R. G. Agronomic biofortification of carrot with selenium. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 42, n. 2, p. 138-147, 2018.
- PERESSIN, V. A.; FELTRAN, J. C. Batata-doce: *Ipomoea batatas* (L.) Lam. Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. 7. ed. Campinas: IAC, 2014. Unico, p. 36-38.
- PILON-SMITS, E. A. H.; LEDUC, D. L. Phytoremediation of selenium using transgenic plants. *Current Opinion in Plant Biology*, v. 20, p. 207–212, 2009.
- PILON-SMITS, E. A.; QUINN, C. F.; TAPKEN, W.; MALAGOLI, M.; SCHIAVON, M. Physiological functions of beneficial elements. *Current Opinion in Plant Biology*, v. 12, n. 3, p. 267–274, 2009.



PORRAS, I. C.; MURIEL, A. C.; MORALES, B. O.; POZO, J. F.; ARANDA, J. G.; PÉREZ, L. Evaluación de nutrición parenteral estandarizada en niños. *Nutrición Hospitalaria*, v. 25, p. 449-455, 2010.

QUEIROGA, R. C. F.; SANTOS, M. A.; MENEZES, M. A.; VIEIRA, C.P.G.; SILVA, M.C. Fisiologia e produção de cultivares de batata-doce em função da época de colheita. *Horticultura Brasileira*, v.25, p.371-374, 2007.

RAMOUTAR, R. R.; BRUMAGHIM, J. L. Antioxidant and anticancer properties and mechanisms of inorganic selenium, oxo-sulfur, and oxo-selenium compounds. *cell biochem. Biophysical Journal*, v. 58, p. 1–23, 2010.

RAVI, V.; NASKAR, S.K.; MAKESHKUMAR, T.; BABU, B.; KRISHNAN, B.S.P. Molecular physiology of storage root formation and development in sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). *Journal of Root Crops*, v.35, p.1-27, 2009.

RAYMAN, M. P. Selenium and human health. *The Lancet*, v. 379, n. 9822, p. 1256–1268, 2012.

REIS, A. R.; EL-RAMADY, H.; SANTOS, E. F.; GRATÃO, P. L.; SCHOMBURG, L. Overview of selenium deficiency and toxicity worldwide: Affected areas, selenium-related health issues, and case studies. *Plant Ecophysiology*, v. 11, p. 209–230, 2017.

ROCHA, M. de M.; ALMEIDA, M. J. de O.; SILVA, K. J. D. e; NEVES, A. C. das. BioFORT: saúde na mesa do brasileiro. Embrapa Meio-Norte: EMBRAPA. 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1074213/biofort-saude-na-mesa-do-brasileiro>. Acesso em: 19 jun. 2020.

SARWAR, N.; AKHTAR, M.; KAMRAN, M. A.; IMRAN, M.; RIAZ, M. A.; KAMRAN, L.; HUSSAIN, S. Selenium biofortification in food crops: Key mechanisms and future perspectives. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 93, p. 103615, 2020.

SHARMA, S., KAUR, N., KAUR, S., NAYYAR, H. Selenium as a nutrient in biostimulation and biofortification of cereals. *Indian Journal of Plant Physiology*, v. 22, p. 1-15, 2017.

SILVA, J. B. C. da; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. Cultura da batata-doce. *In: CEREDA, M. P. Agricultura: Tuberosas Amiláceas Latino Americanas*. São Paulo: Cargill, v.2, p. 448-504, 2002.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. Cultura da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.), n. 6. Versão Eletrônica. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas/introducao.html. Acesso em: 01 fev. 2020.

SMOLÉN, S.; KOWALSKAA, I.; SKOCZYLAB, L.; LISZKA-SKOCZYLASC, M.; GRZANKAA, M.; HALKAA, M.; SADYA, W. The effect of salicylic acid on biofortification with iodine and selenium and the quality of potato cultivated in the NFT system. *Scientia Horticulturae*, v. 240, p. 530–543, 2018.

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



SOARES, I. M. Determinação do conteúdo fenólico, flavonoides e atividade antioxidante nas folhas de dez cultivares de *Ipomoea Batatas* (L.) Lam. Desenvolvidas para produção industrial de etanol. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Tocantins, Tocantins, 2013.

SORS T. G.; ELLIS D. R.; NA G. N.; LAHNER, B.; LEE, S.; LEUSTEK, T.; PICKERING, I. J.; SALT, D. E. Analysis of sulfur and selenium assimilation in Astragalus plants with varying capacities to accumulate selenium. *The Plant Journal*, v.42, p.785–797, 2005.

SPENCE, J.A.; HUMPHRIES, E.C. Effects of moisture supply, temperature and growth regulators on photosynthesis of isolated root leaves of sweet potato *Ipomoea batatas*. *Annals of Botany*, v. 36, p.115-121, 1972.

SUNDE, R.A. Selenium. *In: O'DELL B.I.; SUNDE, R. A. Handbook of nutritionally essential mineral elements*. New York: Marcel Dekker Inc., 1997. p. 493-556.

SUPRIATIN, S.; WENG, L.; COMANS, R. N. Selenium speciation and extractability in Dutch agricultural soils. *Science of the Total Environment*, v. 532, p. 368-382, 2015.

TAN, H. W.; MO, H. Y.; LAU, A. T. Y.; XU, Y. M. Selenium species: current status and potentials in cancer prevention and therapy. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 20, n. 1, p. 75, 2018.

TARA, F.; RAYMAN, M. P.; BOSKABADI, H. Pro oxidant-antioxidant balance in pregnancy: a randomized double-blind placebo-controlled trial of selenium supplementation. *Journal of Perinatal Medicine*, v.5, p. 473–478, 2010.

USLU, N.; SALTIK-TEMIZEL, I. N.; DEMIR, H.; GÜRAKAN, F.; ÖZEN, H.; YÜCE, A. Serum selenium concentrations in cirrhotic children. *Turkish Journal of Gastroenterology*, v.21, p.153-5, 2010.

VILLAVICENCIO, L. E.; BLANKENSHIP, S. M.; YENCHO, G. C.; THOMAS, J. F.; RAPER, C. D. Temperature effect on skin adhesion, cell wall enzyme activity, lignin content, anthocyanins, growth parameters, and periderm histochemistry of sweet potato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.132, p.729-738, 2007.

VILLORDON, A.; LABONTE, D. R.; FIRON, N.; KFIR, Y.; PRESSMAN, E. SCHWARTZ, A. Characterization of adventitious root development in sweet potato. *Horticultural Science*, v.44, p.651-655, 2009.

WHITE, P. J.; BOWEN, H. C.; PARMAGURU, P.; FRITZ, M.; SPRACKLEN, W. P.; SPIBY, R. E.; MEACHAM, M. C.; MEAD, A.; HARRIMAN, M.; TRUEMAN, L. J.; SMITH, B. M.; THOMAS, B.; BROADLEY, M. R. Interactions between selenium and sulphur nutrition in *Arabidopsis Thaliana*. *Journal of Experimental Botany*, v. 55, n. 404, p. 1927–1937, 2004.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Biofortifying crops with essential mineral elements. *Trends in Plant Science*, v. 10, n. 12, p. 586– 593, 2005.

WHITE, P. J. Selenium accumulation by plants. *Annals of Botany*, v. 117, n. 2, p. 217–235, 2016.

WINKEL, L. H.; VRIENS, B.; JONES, G. D.; SCHNEIDER, L. S.; PILON-SMITS, E.; BANUELOS, G. S. Selenium cycling across soil-plant-atmosphere interfaces: a critical review. *Nutrients*, v.7, p. 4199-4239, 2015.



WONG, Y. Y.; MOON, A.; DUFFIN, R.; BARTHET-BARATEIG, A.; MEIJER, H. A.; CLEMENS, M. J.; MOOR, C. H. Cordycepin inhibits protein synthesis and cell adhesion through effects on signal transduction. *Journal of Biological Chemistry*, v. 285, p. 2610–2621, 2010.

WU, Z.; BAÑUELOS, G. S.; LIN, Z. Q.; LIU, Y.; YUAN, L.; YIN, X.; LI, M. Biofortification and phytoremediation of selenium in China. *Frontiers in Plant Science*, v. 6, p. 136, 2015.

YAO, X.; JIANZHOU, C.; XUELI, H.; BINBIN, L.; JINGMIN, L.; ZHAOWEI, Y. Effects of selenium on agronomical characters of winter wheat exposed to enhanced ultravioletB. *Ecotoxicology Environmental Safety*, v. 92, p. 320–326, 2013.

ZHANG, H.; ZHAO, Z.; ZHANG, X.; ZHANG, W.; HUANG, H.; ZHANG, Z.; YUAN, L.; LIU, X. Effects of foliar application of selenate and selenite at different growth stages on Selenium accumulation and speciation in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Food Chemistry*, v. 286, p. 550-556, 2019.