VINÍCIUS GUIMARÃES NASSER

BIOFORTIFICAÇÃO DA CULTURA DA BATATA COM SELÊNIO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

RIO PARANAÍBA

MINAS GERAIS - BRASIL

2015

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e Classificação da Biblioteca UFV - Campus de Rio Paranaíba

N267b

Nasser, Vinícius Guimarães, 1989-
Biofortificação da cultura da batata com selênio / Vinícius Guimarães Nasser. – Rio Paranaíba, MG, 2015.
25 f.; 29cm.

Orientador: Dra. Liliane Evangelista Visôtto
Co-orientador: Dr. Leonardo Angelo de Aquino.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

1. Solanum tuberosum. 2. Translocação. 3. Nutrição humana. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 635.21

Crislene Silva de Sousa
Bibliotecária Documentalista
Crb6 2539 - Matr. 11590-8
UFV

VINÍCIUS GUIMARÃES NASSER

BIOFORTIFICAÇÃO DA CULTURA DA BATATA COM SELÊNIO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 16/07/2015

Profª. Liliane Evangelista Visôtto
Orientadora

Prof. Leonardo Angelo de Aquino
Coorientador

Profª. Rejane Nascentes

Prof. Roberto Ferreira Novais
Coorientador

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba pela oportunidade de cursar o Programa de Pós-graduação em Agronomia – Produção Vegetal.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro concedido.

A todos os meus familiares e à minha namorada, que me apoiaram em diversas etapas da minha formação pessoal e profissional.

A minha orientadora Liliane Evangelista Visôtto, pela longa jornada de trabalho, sua disponibilidade, estímulo e conhecimento transmitido, juntamente aos meus co-orientadores, Leonardo Angelo de Aquino e Roberto Ferreira Novais, exemplo de profissionais e que me direcionaram nesta etapa.

A todos os professores da Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba, que contribuíram para a minha formação profissional, por dispor de seu tempo e compartilhar seus conhecimento com conselhos e discussões.

Aos técnicos dos Laboratórios que me ajudaram nas análises e dividiram comigo seus conhecimentos.

À Universidade Federal de Viçosa por disponibilizar os laboratórios e técnicos para realização de análises.

A todos os meus amigos, em especial os que tornaram toda essa jornada mais fácil de ser trilhada.

A todos que contribuíram de alguma forma para a conclusão desse processo.

Meus Sinceros Agradecimentos!

Sumário

RESUMO..... iv
ABSTRACT..... v
INTRODUÇÃO GERAL..... 1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 4
INTRODUÇÃO..... 7
MATERIAL E MÉTODOS..... 8
RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 10
CONCLUSÕES..... 16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 17
ANEXO..... 19

RESUMO

NASSER, Vinícius Guimarães,M.Sc, Universidade Federal de Viçosa, julho de 2015. **Biofortificação da cultura da batata com selênio**. Orientadora: Liliane Evangelista Visôtto. Coorientadores: Leonardo Angelo de Aquino e Roberto Ferreira Novais.

O selênio (Se) é elemento traço essencial às funções do corpo humano, como controle do metabolismo de hormônios e de doenças cardiovasculares, prevenção da doença de *Kashin-Beck*, além de ter ação anticarcinogênica. Os teores de selênio (Se) nas plantas estão relacionados com a disponibilidade deste elemento no solo e a capacidade de absorção e acúmulo pelas plantas. Com intuito de produzir alimentos nutricionalmente mais completos e saudáveis para consumo humano e animal, uma estratégia utilizada é a biofortificação. Assim, objetivou-se avaliar doses e formas de aplicação de Se para fortificar tubérculos de batata. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, em vasos de 8 dm^{-3} de solo e selenato de sódio como fonte de Se. O delineamento foi o inteiramente aleatorizado com cinco repetições e os tratamentos consistiram de cinco doses via solo (0; 0,12; 0,25; 0,50 e 1,0 mg dm^{-3}de Se) e cinco concentrações via foliar (0; 0,10; 0,21; 0,31 e 0,42 % de Se). Foram avaliados sintomas de fitotoxicidade, alterações fisiológicas ou morfológicas nas plantas, produtividade, variáveis fotossintéticas, atividade antioxidante total nos tubérculos e teores de Se no solo, parte aérea e nos tubérculos de batata. A aplicação de Se via solo não influenciou as variáveis fotossintéticas, o crescimento das plantas e a produção de tubérculos. Por outro lado, a aplicação foliar causou fitotoxidade nas folhas e redução na produção e na matéria seca de tubérculos. A atividade antioxidante total nos tubérculos não apresentou diferença entre os tratamentos. A aplicação de Se, independente da forma de aplicação e dose testada, não apresentou efeito significativo quanto aos teores de P, Mg, Zn, Cu, Fe e Ca nos tubérculos. Entretanto, observaram-se diferenças significativas quanto ao teor de Se nos tubérculos, em ambas as formas de aplicação e nas menores doses testadas. Os tubérculos de batata são capazes de acumular Se de maneira eficiente e a parte aérea das plantas transloca este elemento para os tubérculos, mesmo sob níveis severos de fitotoxidade.

Palavras chave: *Solanum tuberosum*, translocação, nutrição humana.

ABSTRACT

NASSER, Vinícius Guimarães, M.Sc, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2015. **Potato crop biofortification with selenium**. Adviser: Liliane Evangelista Visôtto. Co-advisers: Leonardo Angelo de Aquino and Roberto Ferreira Novais.

Selenium (Se) is an essential trace element the human body functions such as hormone metabolism and control of cardiovascular diseases, prevention of *Kashin-Beck* disease, and have anticarcinogenic action.The levels of Se in the plant are related to the availability of this element in the soil and the ability to uptake and accumulation, of plants. Aiming to produce more nutritionally complete and healthy foods for human consumption and animal, a strategy used is biofortification. This experiment aimed to evaluate doses and Se application forms able to fortify potato tubers. The experiments were conducted in greenhouse, in pots of 8 dm^{-3} of soil and sodium selenate as a source of Se. The design was completely randomized with five replications and the treatments consisted of five doses in the soil (0; 0.12; 0.25; 0.50 and 1.0 mg dm^{-3} Se) and five foliar concentrations (0; 0.10; 0.21; 0.31 and 0.42 % of Se). Were evaluated phytotoxicity symptoms, physiological or morphological changes in plants, productivity, photosynthetic variables, total antioxidant activity in the tubers and Se levels in the soil, shoot and potato tubers. The use of Se in the soil did not affect the photosynthetic variables, the growth of plants and tuber yield. Moreover, foliar application caused phytotoxicity on leaves and reduction in dry matter production and tubers. The total antioxidant activity in the tubers showed no difference between treatments. Applying Se, regardless of the form of application and dose tested, no significant effect as the P, Mg, Zn, Cu, Fe and Ca contents in tubers was observed. However, there were significant differences in the Se content of tubers in both application forms and in smaller doses tested. The potato tubers are able to accumulate Se efficiently and the shoot translocates this element to the tubers, even with severe levels of phytotoxicity.

Keywords: Solanum tuberosum, translocation, human nutrition

INTRODUÇÃO GERAL

A batata (*Solanum tuberosum*) é considerada uma das principais fontes de alimento da humanidade. Cultivada em mais de 125 países, a produção mundial de batata no ano de 2014 foi da ordem de 332 milhões de toneladas, com área cultivada de 18,2 milhões de hectares. No Brasil foram plantados 128,6 mil ha, sendo o Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro responsáveis por mais de 15 mil ha (CEPEA, 2015) e uma produção nacional de 3,6 milhões de toneladas, com produtividade média de 28,3 t ha^{-1} (Agrianual, 2014).

O selênio (Se) é um elemento traço essencial para as funções normais do corpo e pode apresentar-se na forma inorgânica, metálica ou de oxiânions como selenito ($SeO(OH)_2$) e selenato ($SeO_2(OH)_2$) e também na forma orgânica selenocisteína (SeCys) e selenometionina (SeMet), análogos aos aminoácidos sulfurados cisteína e metionina, respectivamente (Suzuki, 2005). A SeMet pode ser reconhecida como uma forma de Se e transformada em SeCys por meio de uma reação de trans-selenação e posteriormente ser lisada pela β-liase ou γ-liase a selenito. Ao mesmo tempo, SeMet pode ser utilizada para a síntese de proteínas sem que haja distinção pelo metionina-tRNA entre selenometionina e metionina (Suzuki, 2005). A SeCys encontra-se como um resíduo de aminoácido em selenoproteínas em plantas e animais, a qual é incorporada numa sequência de aminoácidos por um códon específico para o resíduo. A SeMet encontra-se na forma de resíduos em proteínas em geral. Assim, proteínas contendo Se na forma de SeCys são chamadas de selenoproteínas, enquanto aquelas que contêm Se na forma de SeMet são chamadas simplesmente de proteínas contendo Se (Suzuki, 2005; Almondes et al., 2010).

Atualmente, cinco isoenzimas glutationa peroxidase humana (GPx) contendo SeCys são conhecidas, exibindo expressões tecido-específico e diferentes especificidades aos substratos (Steinbrenner & Sies, 2009). A GPx-1 é encontrada no citosol, a GPx-2 é específica do trato gastrointestinal, a GPx-3 é secretada no plasma, a GPx-4 atua em lipídios oxidados e é chamada de glutationa peroxidase fosfolipídio hidroperóxido e a GPx-sn é uma enzima específica do núcleo de espermas (Almondes et al., 2010). Todas estas isoenzimas têm em comum uma tríade catalítica no seu centro ativo consistindo de SeCys, glutamina e resíduos de triptofano (Maiorino et al., 1995). Sua capacidade antioxidante é devida a redução de peróxidos de hidrogênio,

hidroperóxidos orgânicos e fosfolipídio hidroperóxido (apenas a GPx-4), usualmente requerendo duas isoenzimas de glutationa reduzida (GSH) como co-substrato (Almondes et al., 2010).

A tioredoxinaredutase (TrxR), uma selenoenzima, também é capaz de degradar hidroperóxidos, peróxido de hidrogênio e hidroperóxidos de lipídios (Björnstedt & Fernandes, 2010). Todas as formas de isoenzimas TrxR humana contêm um resíduo de SeCys essencial no seu carbono-terminal. Independente da redução direta de hidroperóxidos, as TrxR estão envolvidas na proteção contra espécies reativas de oxigênio (EROs) por meio do controle do estado redox da TrxR (Rubartelli et al., 1992; Almondes et al., 2010). Portanto, a TrxR reduzida pode servir como um doador de elétrons de inúmeras enzimas antioxidantes intra e extra-celulares. Por exemplo, a tioredoxina reduz muitas peroxiredoxinas oxidadas, uma larga família de enzimas citoprotetoras que degradam hidroperóxidos e peroxinitritos, e por esta razão restaura sua atividade enzimática (Rhee et al., 2005). Além do mais, a metionina sulfóxido redutase, que repara resíduos de metionina oxidada em proteínas, requer TrxR para sua subsequente redução (Rhee et al., 2005).

Há relatos de que o Se exerça funções anticarcinogênicas por meio da ação das selenoenzimas na detoxificação das espécies reativas de oxigênio. Em humanos, evidências indiretas para a ligação entre o risco de câncer e um padrão de expressão alterada de selenoproteínas têm sido providas por dados genéticos como a proliferação de expressões de tecidos de câncer (Steinbrenner & Sies, 2009). O Se também está relacionado ao controle do metabolismo de hormônios e doenças cardiovasculares, de forma que sua deficiência é considerada um fator chave para o desenvolvimento de doenças graves em humanos, como a doença de *Keshan*, uma cardiomiopatia congestiva e doença de Kashin-Beck, que pode gerar um distúrbio na formação óssea (Yang et al., 2010; Fairweather-Tai et al., 2011).

Em plantas, ainda não foi comprovada a essencialidade do Se (Kápolna et al., 2009), embora alguns trabalhos relatem efeitos benéficos, como a manutenção da planta por mais tempo fisiologicamente ativa, aumento na produtividade (Ramos et al., 2011; Zhang et al., 2014), redução de danos oxidativos em plantas submetidas ao estresse por altas temperaturas (Djanaguiraman et al., 2010) e maior acúmulo de carboidratos (Pennanem et al., 2002; Maiorino et al., 2004).

A capacidade de absorção e acúmulo de Se pelas plantas pode variar de acordo com a forma que este se encontra na solução do solo, podendo ser encontrado nas

formas inorgânicas, elementar e formas orgânicas (Terry et al., 2000; Hawrylak-Nowak, 2013). Na forma de selenito ele pode sofrer adsorção específica com a hematita e a goetita, o que pode torná-lo indisponível para as plantas. O mesmo não ocorre com o Se na forma de selenato, que é estável em ambientes oxidados, muito móvel no solo e está prontamente disponível para as plantas (Rovira et al., 2008).

As raízes são capazes de absorver o Se nas formas de selenato, selenito ou compostos orgânicos, mas não pode absorver na forma elementar ou na forma de seleneto (H_2Se). O selenato pode ser transportado através da membrana plasmática por possuir alta afinidade com os transportadores de sulfato, sendo facilmente transportado para parte aérea das plantas. O Se é reconhecido pelos transportadores de fosfato, e por apresentar boa solubilidade em água, também pode penetrar nas células vegetais de forma passiva (Terry et al., 2000; Zhang et al., 2003). O Se absorvido pelas plantas apresenta propriedades químicas semelhantes às do enxofre (S), partilhando de vias metabólicas em comum e competindo por processos metabólicos responsáveis pelo desenvolvimento e crescimento das plantas (Sors et al., 2005).

Vários países como Estados Unidos, Reino Unido, China, Finlândia e Nova Zelândia têm relatado um consumo de Se abaixo do recomendado. Em função dos riscos de deficiência desse elemento na nutrição humana, estratégias vêm sendo desenvolvidas para aumentar a ingestão deste elemento pela população. A fim de aumentar o teor de Se nos produtos agrícolas, em 1980 o Ministério da Agricultura e Florestas da Finlândia definiu que os principais fertilizantes agrícolas deviam ser complementados com selenato de sódio, obedecendo duas doses de suplementação: 16 mg kg^{-1} Se em fertilizantes utilizados na produção de grãos e 6 mg kg^{-1} Se em fertilizantes utilizados na produção de feno e forragem (Eurola et al., 1990; Gierus, 2007; Fairweather-Tait et al., 2011).

No Brasil, estudos como de Ferreira et al. (2002), que avaliaram os teores de Se em cereais, frutas, hortaliças, ovos, produtos lácteos, carnes e pescados demonstraram uma grande diversidade nos teores desse elemento nos alimentos analisados. Isso sugere que os profissionais da área de saúde devem estar atentos para a possibilidade de deficiência de Se na população, particularmente na parcela de baixo poder aquisitivo que consomem menor quantidade de produtos cárneos e pescados.

Com intuito de produzir alimentos mais completos e saudáveis para o consumo humano e animal, uma estratégia bastante utilizada é a biofortificação. Um dos aspectos interessantes dessa técnica são os resultados rápidos e com baixos investimentos. As

características básicas do produto fortificado não são alteradas e não interferem na logística já existente entre produtor e consumidor, além disso, há agregação da qualidade e valor ao produto final.

Dentre as formas mais comuns de biofortificação, destaca-se a seleção de culturas com maior e melhor fornecimento de vitaminas e nutrientes. Tais culturas podem ser submetidas a processos genéticos ou agronômicos, sendo este último fundamentada na adição, durante o cultivo, de um ou mais nutrientes. O intuito é a obtenção de um alimento capaz de suprir a necessidade de ingestão por meio de uma simples refeição (Martinez, 2013). Os alimentos fortificados geralmente fornecem ao ser humano quantidades ideais do nutriente em questão, o que auxilia no perfeito funcionamento metabólico e fisiológico do organismo.

Objetivou-se, com esta pesquisa testar as doses e formas de aplicação de Se, capazes de biofortificar tubérculos de batata, avaliar a atividade antioxidante total dos tubérculos, a ocorrência de estresse fisiológico e à produção de tubérculos em função da aplicação de Se.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrianual. Anuário da Agricultura Brasileira. 2015. São Paulo: FNP.

Almondes KGS, Leal GVS, Cozzolino SMF, Philippi ST, Rondó PHC. O papel das selonoproteínas no câncer. Med Bras. 2010; 56, 484-488.

Björnstedt M&Fernandes AP. Selenium in the prevention of human cancers.EPMA J. 2010; 1, 389–395.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. PIB Agro -USP/CNA, Edição Especial. 2015; 13, 141.

Djanaguiraman M, Prasaa PVV, Seppanen B. Selenium protects sorghum leaves from oxidative damage under high temperature stress by enhancing antioxidant defense system. Plant Physiol Bioch.2010;48,999-1007.

Eurola M, Ekholm P, Ylinen M, Koivistoinen P, Varo P. Effects of selenium fertilization on the selenium content of cereal grains, flour, and bread produced in Finland. Cereal Chem. 1990; 67, 334-337.

Fairweather-tait, SJ, BaoY, Broadley MR, CollingS, R.C.; Ford, D.; Hesketh, J.E.; Hurst, R.Selenium in human health and disease. Antioxid Redox Signaling. 2011;14,1337-1368.

Ferreira KS, GomesJC,Bellato CR, Jordão CP. Concentrações de selênio em alimentos consumidos no Brasil. Rev Panam SaludPubla. 2002; 3, 172-177.

GierusM. Fontes orgânicas e inorgânicas de selênio na nutrição de vacas leiteiras: Digestão, absorção, metabolismo e exigências. Cienc Rural. 2007; 37,1212-1220.

Hawrylak-Nowak B. Comparative effects of selenite and selenate on growth and selenium accumulation in lettuce plants under hydroponic conditions. Plant Growth Regul.2015;70,149–157.

Kápolna E. Effect of foliar application of selenium on its uptake and speciation in carrot**.**Food Chem. 2009; 115, 1357-1363.

Maiorino M, Aumann KD, Brigelius-Flohé R, Doria D, Van DHJ.; Mccarthy J. Probing the presumed catalytic triad of selenium-containing peroxidases by mutational analysis of phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase (PHGPx). BiolChem H-S.1995; 376, 651-660.

Martinez RAS. Biofortificação agronômica da soja com selênio.Lavras:Universidade Federal de Lavras; 2013.

Pennanen A, Xue T, Hartikainen H. Protective role of selenium in plant subjected to severe UV irradiation stress. J ApplPhysiol. 2002; 76, 66-76.

Ramos SJ, Faquin V, Almeida HJ, Ávila FW, Guimarães LRG, Bastos EA. Selenato e selenito na produção, nutrição mineral e biofortificação com selênio em cultivares de alface**.** RevBrasCiencSolo.2011; 35, 1347-1355.

Rhee SG, Chae HZ, Kim K. Peroxiredoxins: A historical overview and speculative preview of novel mechanisms and emerging concepts in cell signaling. Free RadicBiol Med.2005; 38, 1543-1552.

RoviraM, Giménez J, Martínez M, Martínez L, Ladó X, Pablo J, Martí V, Duro L. Sorption of selenium (IV) and selenium (VI) onto natural iron oxides: Goethite and hematite. J Hazard Mater. 2008; 150, 279-284.

Rubartelli A, Bajetto A, Allavena G, Wollman E, Sitia R. Secretion of thioredoxin by normal and neoplastic cells through a leader less secretory pathway. J Biol Chem. 1992; 267, 24161-24164.

Sors TG, Ellis DR, Salt DE. Selenium uptake, translocation assimilation and metabolic fate in plants.Photosynth Res.2005; 86, 373-389.

Steinbrenner H &Sies H. Protection again stress active oxygen species by selenoproteins. BiochimBiophysActa v.1790, p.1478-1485, 2009.

Suzuki KT. Metabolomics of selenium: Se metabolites based on speciation studies. J Health Sci. 2005; 51, 107-144.

Terry N,Zayed AM, Souza MP, Tarun AS. Selenium in higher plants. Ann Rev Plant Physio. 2000; 51, 401-432.

Yang J, Wang T, Wu C, Liu C. Selenium level surveillance for the year 2007 of Keshan disease in endemic areas and analysis on surveillance results between 2003 and 2007.Biol Trace Element Research. 2010; 138, 53–59.

Zhang Y,Genxing P, Chen J,Qiuhui H. Uptake and transport of selenite and selenate by soybean seed lings of two genotypes. Plant Soil. 2003; 253, 437–443.

Zhang M,Tanga S,Huanga X,Zhanga F,Panga Y, Huanga Q, Yi Q. Selenium uptake, dynamic changes in selenium content and its influence on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in rice (*Oryzasativa* L.). EnvironExp Bot. 2014;107,39-45.

INTRODUÇÃO

O selênio (Se) é um importante elemento necessário para saúde dos seres humanos e dos animais. A ingestão de pequenas quantidades de Se (aproximadamente 55 μg diários) pode exercer funções essenciais ao organismo, como ação anticarcinogênica e antioxidante. Selenoenzimas são proteínas que possuem em sua estrutura química átomos de Se e atuam diretamente na detoxificação das espécies reativas de oxigênio, o que previne a formação de radicais livres (Maiorino et al., 1995; Almondes et al., 2010). O Se também está relacionado ao controle do metabolismo de hormônios e de doenças cardiovasculares. A deficiência desse elemento é considerada fator chave para o desenvolvimento de doenças, como doença de *Keshan*, uma cardiomiopatia congestiva e a doença de *Kashin-Beck*, que pode gerar distúrbio na formação óssea (Yang et al., 2010; Fairweather-Tai et al., 2011).

O Se é obtido por meio das refeições; no entanto, o teor deste elemento nos alimentos de origem vegetal é considerado baixo (Ferreira et al., 2002). O principal fator que determina o baixo teor de Se nos alimentos é sua baixa disponibilidade no solo (Ferreira et al., 2002). As plantas são capazes de absorver o Se nas formas de selenato, selenito ou orgânica, mas não na forma elementar ou de seleneto (H_2Se). Condições redox, pH do solo, presença e competição entre ânions, tipo de argila, conteúdo de matéria orgânica e atividade microbiana no solo, também são fatores que interferem na sua disponibilidade (Diplock, 1993; Dhillon & Dhillon, 2003).

Com intuito de produzir alimentos mais completos e saudáveis para consumo humano e animal, uma estratégia bastante utilizada é a biofortificação. Essa consiste no enriquecimento de alimentos com nutrientes e pode ser realizada por meio de melhoramento genético ou agronômico. A prática agronômica consiste na adição, durante o cultivo, de um ou mais elementos, com o objetivo de se obter um alimento enriquecido com nutrientes essenciais ao homem e animais (White & Broadley, 2009).

A batata (*Solanum tuberosum*) é um dos principais alimentos consumidos no mundo. Assim, o seu enriquecimento com Se pode ser uma estratégia eficaz para aumentar a ingestão deste elemento (Ferreira et al., 2002). Mediante o exposto, objetivou se com este trabalho avaliar teores e acúmulo de Se, atividade antioxidante total nos tubérculos e produção da batata em resposta às doses de Se aplicado via solo e foliar.

MATERIAL E MÉTODOS

O solo utilizado foi retirado da camada de 0-20 cm de um Latossolo Vermelho Amarelo textura muito argilosa. Os atributos químicos foram: pH em água de 6,0; 2,4 dag dm^{-3} de M.O.; P (Mehlich 1) 13,9 mg dm^{-3}; 104 mg dm^{-3} de K; 3,6 $cmol_c$ dm^{-3}de Ca^{2+}; 1,0 $cmol_c$ dm^{-3} de Mg^{2+}; 0,0 $cmol_c$ dm^{-3} de Al^{3+}; 3,5 $cmol_c$ dm^{-3} de H+Al; 18,6 mg L^{-1} de P-remanescente;11,0 mg dm^{-3} de S (CaH_2PO_4); 0,20 mg dm^{-3} de B(água quente); e dos micronutrientes (Mehlich 1) 55,0 mg L^{-l} Fe; 2,1 mg dm^{-3} de Cu; 16,5 mg dm^{-3} de Mn; 4,6 mg dm^{-3} de Zn e do Se não detectável (< 0,002 mg dm^{-3}). O solo foi passado em peneira de 2 mm e adubado com: 400 mg dm^{-3} de P, 1 mg dm^{-3} de B, 2 mg dm^{-3} de Zn, 1 mg dm^{-3} de Cu, 100 mg dm^{-3} de K e 200 mg dm^{-3} de N. Em vasos de 14 dm^{-3} foram plantados tubérculos de batata de 60 g da cultivar *Ágata*.

Foram desenvolvidos dois experimentos em casa de vegetação na Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba, no período de novembro de 2014 a fevereiro de 2015. Em um dos experimentos, com aplicação de Se via solo, foram testadas as doses de 0; 0,12; 0,25; 0,50 e 1,0 mg dm^{-3}de Se homogeneizados com o solo. No outro experimento, com aplicação via foliar, foram testadas soluções de 0; 0,10; 0,21; 0,31 e 0,42 % de Se. A aplicação foliar foi realizada no estádio de emissão dos estolões da batateira, com solo protegido e o volume de solução padronizado por pesagem dos vasos durante a aplicação. A fonte de Se utilizada foi o selenato de sódio. O delineamento utilizado foi o inteiramente aleatorizado com cinco repetições, para ambos os experimentos.

Avaliações visuais diárias das plantas foram realizadas de modo a identificar possível fitotoxicidadee alterações fisiológicas ou morfológicas das estruturas das plantas.

Foram realizadas avaliações de trocas gasosas e de atributos de fluorescência (LICOR 6400XT, Li-COR, Lincoln, EUA) em folhas completamente expandidas das plantas após 45 e 65 dias de plantio. A taxa de assimilação líquida de carbono (*A*), a condutância estomática (g_s) e a razão entre concentrações interna e externa de CO_2 (C_i/C_a) foram determinadas em sistema aberto, sob luz saturante artificial (1.000 µmol m^{-2} s^{-1}de fótons) e, simultaneamente, foi avaliada a eficiência de captura de energia de excitação pelos centros de reação abertos do FSII (Fv´/Fm´).

Após 90 dias de plantio, foi realizada a colheita e separação da parte aérea e tubérculos. Foi quantificado o número de hastes e de tubérculos por vaso que, posteriormente, foram lavados e pesados para determinar a produção. Em seguida, parte aérea e tubérculos foram secos em estufa com circulação forçada de ar a 70ºC, por 72 h. Três dias após a colheita dos tubérculos, quantificou-se a atividade antioxidante total (AAT). Para tal, foram pesados 5 g de material finamente cortado e realizadas extrações com acetona 70% e álcool metílico 50%. O material foi centrifugado a 25406 g e o sobrenadante avaliado quanto ao poder em oxidar o radical 3-ethyl benzothiazoline 6sulfonic acid ($ABTS^{+}$ 2,2 AZINO BIS) (Rufino et al.,2007).

A parte aérea e tubérculos foram triturados em moinho tipo Willey com peneira de 1,27 mm, posteriormente 1 g de amostra foi pesada e digerida em solução nitroperclórica (1:3 v/v) a 200 ºC. Os teores de Ca, Mg, P, S, Cu, Fe, Zn e Se foram quantificados por espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES) (Optical Emission Spectrometer 8300 Perkin Elmer) (Nunes et al., 2012; Hawrylak-Nowak, 2015). Para determinar a disponibilidade inicial de Se extraível do solo foi utilizado o extrator Mehlich 1 na proporção de 10 dm^{-3} de solo seco para 30 mL do extrator. Após 3 h em mesa agitadora e 20 h em repouso, o sobrenadante foi recolhido e também submetido à leitura em ICP-OES.

Os resultados obtidos foram comparados pelo teste de Shapiro-Wilk para verificar normalidade na distribuição dos dados. Em seguida, foram submetidos à análise de variância e regressão para as doses da Se. Utilizou-se o software R para realizar as análises estatísticas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Plantas submetidas ao tratamento com Se via solo não apresentaram sintomas de fitotoxidade visual. Por outro lado, as plantas cuja aplicação foi foliar apresentaram dano severo em todas as doses testadas. Tais danos foram irreversíveis, de modo a impossibilitar as análises de trocas gasosas e fluorescência. A alta fitotoxicidade demonstra que aplicação foliar desse elemento deve ser em concentrações menores. O elevado teor de Se no tecido pode ter aumentado a peroxidação lipídica das membranas celulares e comprometido o metabolismo vegetal, o que, consequentemente acarretou distúrbios na homeostase mineral (Hawrylak-Nowak et al., 2015).

As doses de Se aplicadas via solo não influenciaram as variáveis fotossintéticas (Quadro 1). Seppanen et al. (2003) aplicaram até 2 mg dm^{-3} de selenito ou selenato de sódio ao solo na cultivar de batata *Kulta* e também não observaram influência das doses de Se nas variáveis fotossintéticas. Nesse mesmo trabalho, também observaram aumento significativo da atividade da enzima superóxido dismutase nos tubérculos, devido ao efeito positivo do Se sobre a tolerância ao estresse oxidativo. Todavia, no presente trabalho não houve influência dos tratamentos sobre a atividade antioxidante total (Quadro2).

Djanaguiraman et al.(2010) ao pulverizar plantas de sorgo variedade *Hybrid*e, cultivadas a 32 e 40 ºC, com solução de 75 mg L^{-1} de selenato de sódio, observaram redução de danos nas membranas celulares e aumento da atividade das enzimas antioxidantes catalase e superóxido dismutase. O aumento da atividade dessas enzimas diminui as espécies reativas de oxigênio.

A aplicação de Se via solo não influenciou no crescimento das plantas e produção de tubérculos (Quadro 2). Por outro lado, quando o Se foi aplicado via foliar, houve redução na produção de tubérculos e matéria seca de tubérculos e total. Tal fato pode estar relacionado ao dano fitotóxico causado pelo acúmulo de Se na parte aérea, o que repercutiu no comprometimento da fotossíntese e crescimento vegetal. Germ et al. (2007) avaliaram o efeito da aplicação de 10 mg L^{-1}de selenato de sódio, via foliar, em plantas de batata cultivar *Desiree*. Após 50 dias de emergência não foram observadas injúrias visuais, nem efeitos na fotossíntese e na eficiência em capturar energia pelo PSII, mas houve redução de 49% da matéria seca de tubérculos submetidas ao tratamento.

Os tratamentos não apresentaram influencia quanto ao número de hastes e de tubérculos desenvolvidos por planta, sendo observado em média 5 hastes e 13 tubérculos (dados não apresentados).

Quadro 1- Variáveis fotossintéticas de plantas de batata submetidas à aplicação de selênio via solo, 40 e 60 dias após emergência (DAE)

Dose de Selênio	***A***	**g_s**	**Fv/Fm**	**C_i/C_a**
(mg dm^{-3})	(µmol m^{-2} s^{-1} CO_2)	(µmol m^{-2} s^{-1} H_2O)		
		40 DAE		
0,00	19,42±1,86	0,36±0,045	0,75±0,028	0,57±0,034
0,12	17,74±1,07	0,35±0,061	0,77±0,029	0,50±0,024
0,25	18,48±1,76	0,43±0,059	0,79±0,019	0,53±0,046
0,50	18,06±1,66	0,37±0,058	0,77±0,016	0,51±0,034
1,00	15,50±2,21	0,33±0,041	0,74±0,047	0,52±0,035
Média	18,25±1,74	0,37±0,059	0,76±0,038	0,52±0,043
F	$0,92^{ns}$	$2,37^{ns}$	$1,84^{ns}$	$2,32^{ns}$
CV(%)	9,55	15,95	5,01	7,92
		60 DAE		
0,00	23,29±2,43	0,30±0,090	0,73±0,028	0,55±0,037
0,12	17,40±4,01	0,33±0,064	0,73±0,023	0,54±0,061
0,25	18,77±2,99	0,35±0,077	0,73±0,019	0,56±0,051
0,50	19,58±4,36	0,34±0,061	0,73±0,045	0,55±0,018
1,00	17,58±3,71	0,39±0,054	0,67±0,094	0,54±0,072
Média	18,93±4,72	0,34±0,071	0,72±0,055	0,54±0,050
F	$2,23^{ns}$	$3,06^{ns}$	$1,31^{ns}$	$0,67^{ns}$
CV(%)	20,30	20,45	8,73	9,11

A= fotossíntese; g_s= condutância estomática; Fv/Fm= rendimento quântico de PSII; Ci/Ca = razão de carboxilação; ^{ns}= não significativo a 5% pelo teste F.

Quadro 2- Efeito da aplicação de selênio via solo e foliar na atividade antioxidante total (AAT) dos tubérculos de batata e variáveis agronômicas

Dose de Selênio	**AAT**	**Matéria Seca Foliar**	**Matéria Seca de Tubérculo**	**Matéria Seca Total**	**Produção de Tubérculo**
(mg dm^{-3})	(mmol de Trolox)	(g/vaso)	(g/ vaso)	(g/ vaso)	(g/ vaso)
			Via Solo		
0,00	0,31±0,08	29,88±3,79	121,43±22,56	151,31±26,10	896,62±89,58
0,12	0,33±0,05	30,05±1,89	94,59±17,06	124,65±16,89	921,68±59,92
0,25	0,32±0,06	30,04±2,04	96,05±22,73	126,11±24,32	861,42±85,09
0,50	0,31±0,07	30,12±2,21	102,42±10,08	132,54±8,81	851,28±99,87
1,00	0,34±0,05	30,15±1,42	121,98±11,04	152,13±10,43	950,49±37,05
Média	0,32±0,31	30,05±2,20	107,30±20,20	137,35±21,01	896,30±74,30
F	$0,17^{ns}$	$0,009^{ns}$	$2,94^{ns}$	$2,59^{ns}$	$1,35^{ns}$
CV(%)	18,86	7,33	18,82	15,30	9,11
(%)			**Via Foliar**		
0,00	0,26±0,07	30,40±5,05	121,30±47,60	151,70±44,61	832,06±78,31
0,10	0,30±0,05	27,73±2,99	81,22±16,37	108,96±18,85	693,12±131,51
0,21	0,30±0,06	30,15±2,90	77,27±16,51	107,43±7,24	609,67±91,30
0,31	0,29±0,04	31,78±5,33	76,87±26,85	108,65±31,21	598,04±116,96
0,42	0,29±0,06	29,26±1,77	71,12±18,28	100,38±17,39	562,26±86,80
Média	0,29±0,06	29,86±3,62	85,56±41,91	115,42±41,77	659,26±146,42
F	$1,12^{ns}$	$0,08^{ns}$	$5,86^{*}$	$5,87^{*}$	$6,07^{*}$
CV(%)	18,27	11,83	32,80	24,63	15,85

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

Observou-se diferença significativa quanto ao teor de Se nos tubérculos com ambas as formas de sua aplicação (Figura 1). Houve aumento no teor de Se nos tubérculos, mesmo nas menores doses aplicadas. Pode-se inferir que os tubérculos de batata são estruturas capazes de acumular Se de maneira eficiente e que a parte aérea das plantas translocou este elemento para os tubérculos, mesmo apresentando níveis severos de fitotoxidade. Mao et al. (2014) ao aplicar 0,10 mg dm^{-3} de Se ao solo em pré-plantio da batata cultivar *Longshu 3*, via selenato ou selenito, encontraram nos tubérculos de batata 2,14 e 0,19 mg kg^{-1} de Se, respectivamente.

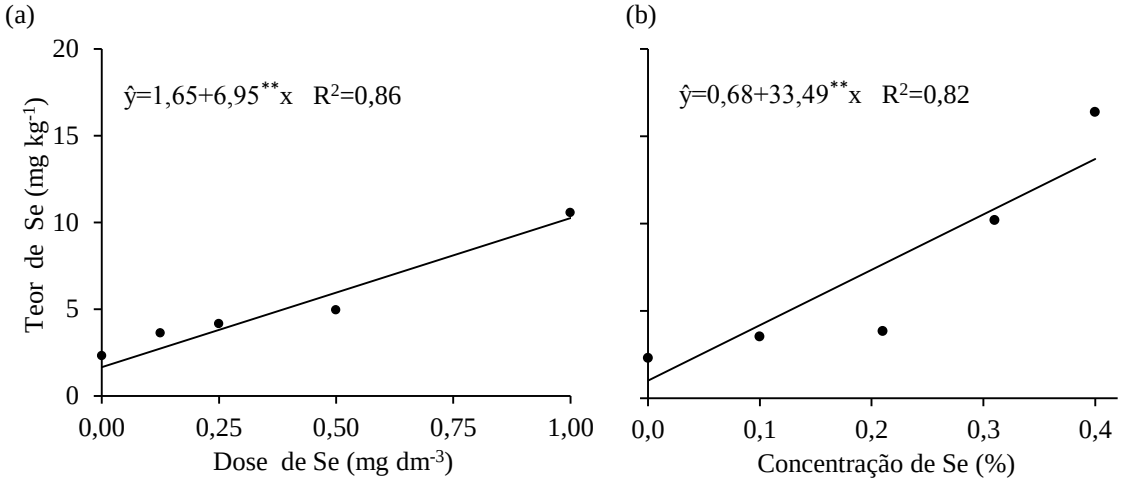

Figura 1-Teor de Se nos tubérculos de batata em resposta às diferentes doses testadas e aplicação via solo (a) e foliar (b). ** significativo a 1% pelo teste t.

A aplicação de Se via solo e foliar proporcionou aumento do teor de Se e S na parte aérea das plantas (Figura 2). O Se quando aplicado via solo foi translocado para a parte aérea atingindo teores maiores que os encontrados nos tubérculos. A forma química do Se aplicado influencia na distribuição química deste elemento na planta. O selenato comumente acumula-se nas folhas, quando comparado a outros tecidos (Pickering et al., 2000). A absorção do Se aplicado no solo pode ser justificada por seu comportamento semelhante ao do sulfato e a baixa conversão de selenato a formas orgânicas nas raízes, o que favorece a mobilidade desse elemento no xilema (Boldrin et al.,2012).

O aumento do teor de Se nos tubérculos e parte aérea das plantas, com aplicação foliar pode ser justificado pelo fato da camada cuticular que cobre a superfície das folhas permitir que a maioria dos compostos polares solúveis em água sejam transportados pelo caminho hidrofílico. Sabe-se que a penetração dessas substâncias para o interior da folha (influxo) prevalece sobre o efluxo (Smolen & Sady, 2012). No

entanto, deve ser considerado que as plantas submetidas ao tratamento foliar retiveram maior concentração de Se em sua superfície, uma vez que não foram irrigadas por aspersão e foram diretamente expostas a soluções deste elemento.

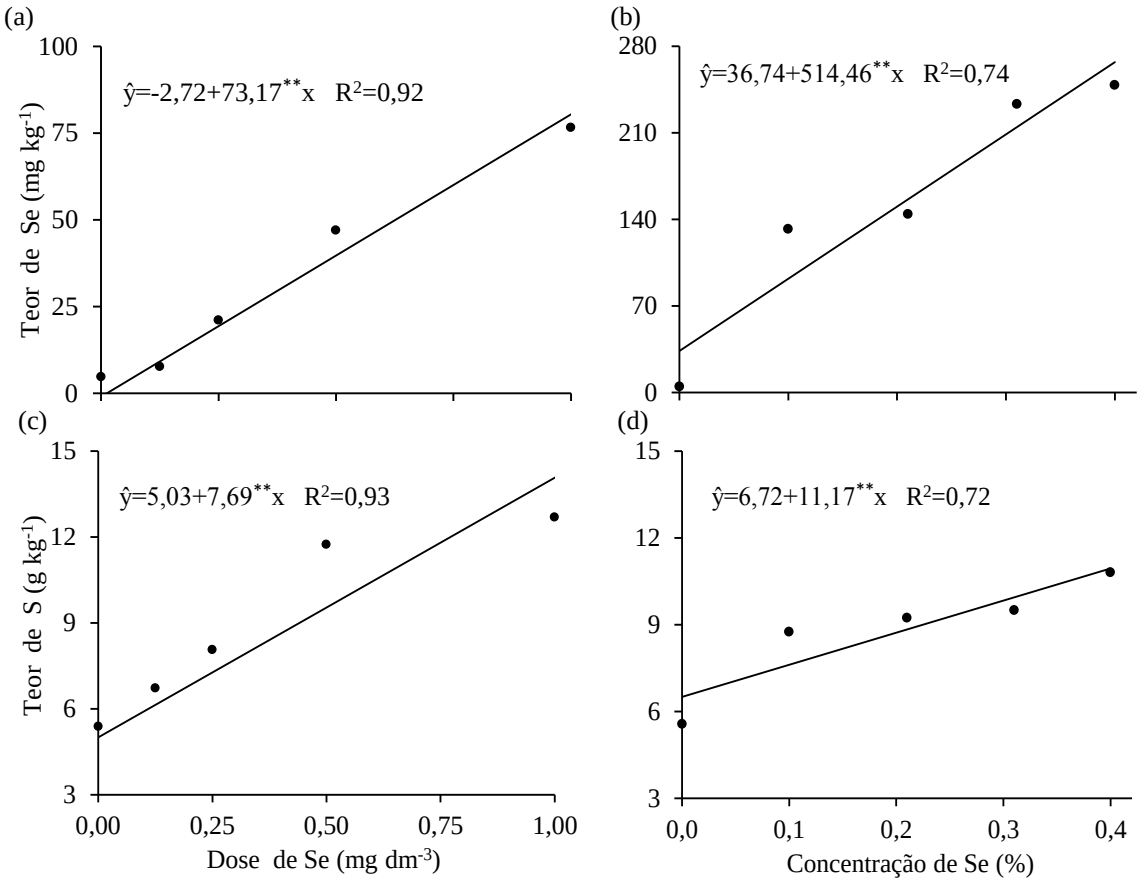

Figura 2- Teor de Se e S na parte aérea das plantas submetidas à aplicação de Se via solo (a e c) e foliar (b e d). ** significativo a 1% pelo teste t.

Esperava-se correlação negativa entre o teor de S na planta e o aumento da dose de Se aplicado, uma vez que quando há elevada disponibilidade de Se ele substitui o S na constituição dos aminoácidos cisteína e metionina, que geram selenocisteína e selenometionina, respectivamente (Zhu et al., 2010). Essa substituição ocorre devido à semelhança estrutural entre S e Se e a utilização dos mesmos transportadores de membranas e rotas de assimilação (Sors et al., 2005).

Alguns trabalhos consideram que o efeito do Se na nutrição mineral de plantas iniba a absorção de sulfato e promova diminuição do teor de S no tecido vegetal (Ferrari & Renosto, 1972). Essa inibição foi observada por Barack & Goldman (1997), em que a alta disponibilidade de selenato diminuiu o teor de S na cultura da cebola, o que pode estar relacionado à inibição competitiva com o sulfato, promovida pelo excesso de selenato em solução de cultivo.

Entretanto, alguns autores relatam a interação sinérgica entre o Se e o S, em diversas espécies vegetais. Mikkelsen & Wan (1990), ao aumentarem a concentração de selenato em soluçãode cultivo,verificaram aumento significativo no teor de S na parte aérea de cevada e arroz. Ramos et al. (2011), ao avaliarem o efeito do selenito e do selenato em diversos germoplasmas de alface, observaram que o selenato promoveu aumento no teor de S em cultivares de alface. Boldrin et al. (2012) verificaram que com o aumento nas doses de selenato incrementou-se o teor de S em grãos de arroz.

A aplicação de Se, independente da forma de aplicação e dose, não apresentou efeito significativo quanto aos teores de P, Mg, Zn, Cu, Fe e Ca nos tubérculos (dados não apresentados). Na parte aérea, os teores de Ca foram influenciados pela aplicação de Se (Figura 3). Os teores de Ca aumentaram com aumento da dose de Se aplicado via solo e, quando aplicado via foliar este teor reduziu com aumento das doses. A redução do teor de Ca nas plantas submetidas a aplicação de Se via foliar pode ser um efeito indireto devido à fitotoxicidez. Esse resultado, provavelmente, provocou condições metabólicas desfavoráveis para o crescimento e desenvolvimento da planta, reduzindo sua área foliar e consequente redução da taxa de transpiração, o que ocasionou menor diferença de pressão de vapor e redução do fluxo de massa (Taiz e Zeiger, 2013).

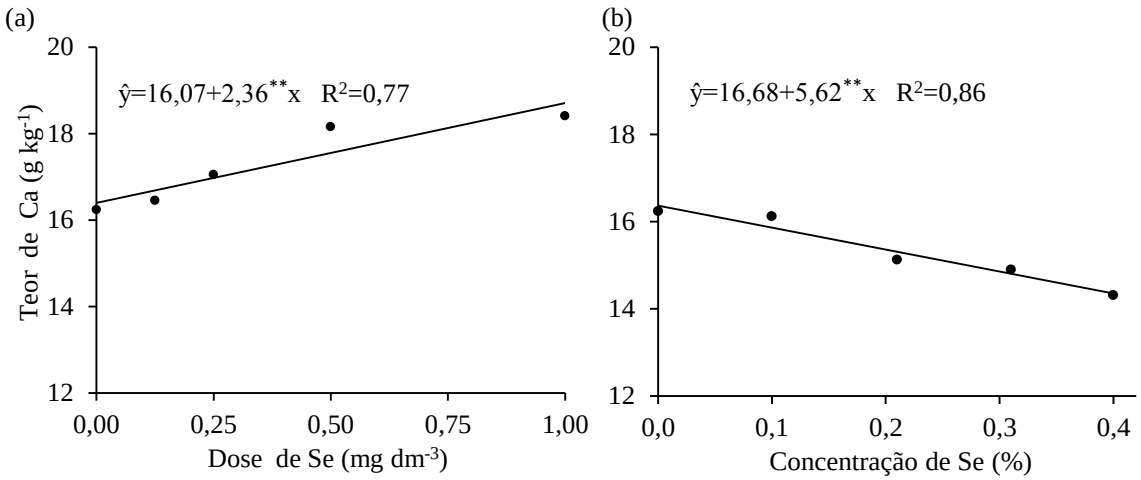

Figura 3 - Teor de Ca na parte aérea das plantas submetidas a aplicação de Se via solo (a) e via foliar (b).**significativo a 1% pelo teste t.

Ao considerar um consumo de 100 g de batata com 90 % de água, a aplicação de Se via solo na concentração 0,50 mg dm^{-3} foi o suficiente para atingir um acúmulo médio de 49 µg de Se, concentração próxima à recomendada (55 µg diários). A maior concentração aplicada (1,00 mg de Se dm^{-3}) foi capaz de acumular 100 µg de Se, nível abaixo do considerado tóxico (400 µg dia). A aplicação foliar de Se foi mais eficiente

que o tratamento via solo no acúmulo de Se nos tubérculos;no entanto, os danos gerados à cultura inviabilizam essa forma de aplicação nas concentrações testadas.

Novos estudos devem testar menores doses de Se via foliar. Essas modificações na aplicação foliar podem reduzir o efeito fitotóxico e viabilizar essa modalidade de aplicação, uma vez que é mais efetiva no aumento do teor de Se nos tubérculos.

CONCLUSÕES

A aplicação de Se via solo mostra-se eficiente na biofortificação da cultura da batata.

O Se aplicado via foliar é absorvido e transportado para os tubérculos; no entanto, as concentrações aplicadas causam danos fisiológicos e de produção às plantas.

Os tubérculos de ambos os tratamentos (via solo ou foliar) não apresentam alterações quanto à atividade antioxidante total.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almondes KGS, Leal GVS, Cozzolino SMF, Philippi ST, Rondó PHC. O papel das selonoproteínas no câncer. **Rev. Assoc. Méd. Bras.** 2010; 56, 484-488.

Barack P, Goldman IL. Antagonistic relationship between selenate and sulfate uptake in onion (*Allium cepa*): implications for the production of organosulfur and organoselenium compounds in plants**. J Agr. Food Chem**. 1997; 45, 1290-1294.

Boldrin PF, FaquinV, Ramos SJ, Guilherme LRG, Bastos CEA, Carvalho GS, Costa ETS. Selenato e selenito na produção e biofortificação agronômica com selênio em arroz. **Pesq. Agropec. Bras.** 2012; 47, 831-837.

Dhillon KS, Dhillon SK. Distribution and management of seleniferous soils**. Adv Agron.** 2003; 79, 119-184.

Diplock AT. Indexes of selenium status in human populations. **Am. J. Clin. Nutr.** 1993; 57, 256-258.

Djanaguiraman M, Prasaa PVV, Seppanen B. Selenium protects sorghum leaves from oxidative damage under high temperature stress by enhancing antioxidant defense system. **Plant Physiol. Bioch.** 2010; 48, 999-1007.

Fairweather-tait SJ, Bao Y, Broadley MR, Colling SRC.; Ford D.; Hesketh J.E.; Hurst R. Selenium in human health and disease. **Antioxid. Redox Signaling.** 2011;14, 1337-1368.

Ferrari G, Renosto F. Regulation of sulfate uptake by excised barley roots in presence of selenate. **Plant Physiol.**1972; 49, 114-116.

Ferreira KS, Gomes JC, Bellato CR, Jordão CP. Concentrações de selênio em alimentos consumidos no Brasil. **Rev. Panam.Salud Públ.** 2002; 3, 172-177.

Germ M, Kreft I, Stibilj V, Urbanc-Bercic O. Combined effects of selenium and drought on photosynthesis and mitochondrial respiration in potato. **Plant Physiol. Bioch.** 2007; 45, 62-67.

Hawrylak-Nowak B. Comparative effects of selenite and selenate on growth and selenium accumulation in lettuce plants under hydroponic conditions. **Plant Growth Regul.** 2015; 70, 149–157.

Maiorino M, Aumann KD, Brigelius-Flohé R, Doria D, Van DHJ.; Mccarthy J. Probing the presumed catalytic triad of selenium-containing peroxidases by mutational analysis of phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase (PHGPx). **Biol. Chem. H-S**.1995; 376, 651-660.

Mao H, Wanh J, Wang Z, Zan Y, Lyons D, Zou C. Using agronomic biofortification to boost zinc, selenium and iodine concentrations of food crops grown on the loess plateau in China. **J. Soil Sci. Plant Nutr.** 2014; 14(2), 459-470.

Mikkelsen RL e Wan HF. The effect of selenium on sulfur uptake by barley and rice. **Plant Soil.** 1990; 121, 151-153.

Nunes RGFL, Luz JM, Freitas RB, Higuchi A, Kasuya MCM, Vanetti MC. Selenium bioaccumulation in shiitake mushrooms: A nutritional alternative source of this element. **J. Food Science**. 2012; 77.

Pickering IJ, Prince RC, Salt DE, George GN. Quantitative, chemically specific imaging of selenium transformation in plants. **Proc. Nat. Acad. Sci.** 2000; 97, 10717-10722.

Ramos SJ, Faquin V, Almeida HJ, Ávila FW, Guimarães LRG, Bastos EA. Selenato e selenito na produção, nutrição mineral e biofortificação com selênio em cultivares de alface. **Rev. Bras. Cienc. Solo.** 2011; 35, 1347-1355.

Rufino MSM, Alves RE, Brito ES, Morais SM, Sampaio CG, Pérez-Geménez J, Saura-Calixto FD. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS. Fortaleza, Ce: Embrapa Agroindústria Tropical; 2007.(Comunicado Técnico, 128).

Seppanen M, Turakainen M, Hartikainen H. Selenium effects on oxidative stress in potato. **Plant Sci.** 2003; 165, 311-319.

Smolen S, Sady W. Influence of iodine form and application method on the effectiveness of iodine biofortification, nitrogen metabolism, as well as the content of mineral nutrients and heavy metals in spinach plants (*Spinacea oleracea* L.). **Sci. Hortic**. 2012; 143, 176-183.

Sors TG, Ellis DR, Salt DE. Selenium uptake, translocation assimilation and metabolic fate in plants. **Photosynth. Res**. 2005; 86, 373-389.

Taiz L, Zeiger E. Fisiologia vegetal. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013;719.

Yang J, Wang T, Wu C, Liu C. Selenium level surveillance for the year 2007 of Keshan disease in endemic areas and analysis on surveillance results between 2003 and 2007. **Biol. Trace Elem. Res.** 2010; 138, 53–59.

Zhu XC, Song FB, Xu HW. Arbuscular mycorrhizae improves low temperature stress in maize via alterations in host water status and photosynthesis. **Plant Soil**. 2010; 331, 129-137.

White PJ, Broadley MR. Biofortification of crops with seven mineral elements of ten lacking in human diets iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. **New Phytol.** 2009; 182, 49-84.

ANEXO I- Teores de nutrientes avaliados nos tubérculos e parte aérea de plantas de batata com aplicação de Se via solo e foliar.

Quadro 1- Teor de nutrientes em tubérculos e parte aérea de plantas de batata com aplicação de Se via solo.

Dose	Ca	P	Mg	S	Se	Zn	Cu	Fe
mg dm^{-3}	g kg^{-1}				mg kg^{-1}			
				Tubérculo				
0,00	1,005	4,498	1,215	2,960	2,305	13,164	2,172	126,772
0,12	0,991	4,100	1,323	3,232	3,615	14,742	2,256	152,862
0,25	0,929	4,471	1,326	3,149	4,149	15,438	2,928	152,010
0,50	0,892	4,055	1,170	2,932	4,945	14,442	2,136	117,270
1,00	0,952	4,104	1,436	3,935	10,553	16,470	2,580	140,580
Média	0,957	4,246	1,294	3,242	5,113	14,851	2,414	138,758
CV(%)	28,87	12,24	15,77	23,54	64,96	19,53	27,27	29,76
F	$0,10^{ns}$	$0,87^{ns}$	$1,40^{ns}$	$1,55^{ns}$	$4,03^{*}$	$0,87^{ns}$	$1,38^{ns}$	$0,60^{ns}$
				Parte aérea				
0,00	16,236	2,367	3,307	5,382	4,695	29,190	2,592	762,378
0,12	16,450	2,416	3,244	6,726	7,687	28,395	2,430	964,241
0,25	17,050	2,645	3,286	8,060	21,105	30,912	2,626	858,850
0,50	18,162	2,489	3,417	11,741	47,010	29,872	2,394	888,548
1,00	18,412	2,552	3,394	12,698	76,580	30,522	2,458	839,881
Média	17,258	2,497	3,333	8,804	34,860	29,836	2,508	852,980
CV(%)	6,67	8,77	3,30	34,25	29,45	9,22	19,30	5,36
F	$7,19^{*}$	$1,28^{ns}$	$2,64^{ns}$	$39,97^{*}$	$41,75^{*}$	$0,56^{ns}$	$0,17^{ns}$	$2,27^{ns}$

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

Quadro 2- Teores de nutrientes em tubérculos e parte aérea de plantas de batata com aplicação foliar de Se.

Dose	Ca	P	Mg	S	Se	Zn	Cu	Fe
%	g kg^{-1}				mg kg^{-1}			
				Tubérculo				
0,00	1,005	4,498	1,215	2,960	2,305	13,164	2,172	126,772
0,10	0,830	4,298	1,307	3,285	3,533	16,986	2,472	127,125
0,21	0,997	4,084	1,345	3,319	3,840	17,124	2,124	128,768
0,31	0,881	4,545	1,243	3,411	10,200	17,646	2,985	118,053
0,42	0,970	3,976	1,208	3,675	16,378	14,970	2,502	110,492
Média	0,923	4,293	1,264	3,380	7,064	16,413	2,429	120,048
CV(%)	23,10	14,13	14,45	14,95	73,85	17,95	26,95	29,02
F	$0,42^{ns}$	$0,74^{ns}$	$0,49^{ns}$	$0,44^{ns}$	$17,24^{*}$	$0,89^{ns}$	$1,26^{ns}$	$0,27^{ns}$
				Parte aérea				
0,00	16,236	2,367	3,307	5,382	4,695	29,190	2,592	762,378
0,10	16,121	3,352	3,120	9,061	132,186	31,830	3,585	780,832
0,21	15,127	4,312	3,201	9,233	144,285	33,240	3,911	918,975
0,31	14,899	4,108	3,169	9,496	233,278	33,044	3,432	921,490
0,42	14,314	4,231	3,133	10,810	248,749	35,565	4,181	936,130
Média	15,442	3,842	3,198	8,750	152,430	32,730	3,694	861,669
CV(%)	21,68	24,47	5,86	32,49	36,64	22,48	24,58	31,61
F	$3,92^{*}$	$1,72^{ns}$	$1,54^{ns}$	$7,09^{*}$	$12,7^{*}$	$2,29^{ns}$	$2,71^{ns}$	$0,72^{ns}$

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