



CAROLINNY FERNANDES LARA

BIOFORTIFICAÇÃO AGRONÔMICA COM SELÊNIO EM *Tropaeolum majus* L.

**LAVRAS – MG
2019**

CAROLINNY FERNANDES LARA

BIOFORTIFICAÇÃO AGRONÔMICA COM SELÊNIO EM *Tropaeolum majus* L.

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva
Orientadora

Pesq. Dra. Michele Valquíria dos Reis
Prof. Dr. Luiz Roberto Guimarães Guilherme
Coorientadores

**LAVRAS – MG
2019**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Lara, Carolinny Fernandes.

Biofortificação agronômica com selênio em *Tropaeolum majus* L. / Carolinny Fernandes Lara. - 2019.

34 p.

Orientador(a): Patrícia Duarte de Oliveira Paiva.

Coorientador(a): Michele Valquíria dos Reis, Luiz Roberto Guimarães Guilherme.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Capuchinha. 2. Flores comestíveis. 3. Plantas alimentícias não convencionais. I. Paiva, Patrícia Duarte de Oliveira. II. Reis, Michele Valquíria dos. III. Guilherme, Luiz Roberto Guimarães. IV. Título.

CAROLINNY FERNANDES LARA

**BIOFORTIFICAÇÃO AGRONÔMICA COM SELÊNIO EM *Tropaeolum majus* L.
AGRONOMIC BIOFORTIFICATION WITH SELENIUM IN *Tropaeolum majus* L.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 28 de janeiro de 2019.

Dra. Izabel Cristina dos Santos EPAMIG

Dra. Simone Novaes Reis EPAMIG

Profa. Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva
Orientadora

Pesq. Dra. Michele Valquíria dos Reis
Prof. Dr. Luiz Roberto Guimarães Guilherme
Coorientadores

**LAVRAS – MG
2019**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e da sabedoria.

À Nossa Senhora das Graças, por sempre me guiar, proteger e iluminar minha inteligência.

À minha mãe, Cláudia, pelo suporte de sempre, acreditando na realização dos meus sonhos.

Ao João, pelo amor e companheirismo. Agradeço a ele também por todo o auxílio neste experimento, desde a implantação, à execução e avaliações. Seu apoio e dedicação foram essenciais para que eu concluísse este projeto.

À minha orientadora, Profa. Patrícia, pela atenção e oportunidade de trabalhar e conhecer mais de perto o mundo das flores! Cultivarei seus ensinamentos por toda a vida!

Ao Prof. Luiz Roberto, pelo apoio e aprendizado ao longo desta pesquisa.

À Michele, por toda atenção e paciência para que este trabalho fosse concretizado.

Aos amigos do NEPAFLOR, em especial ao José e à Drucylla, pela troca de conhecimentos, crescimento pessoal e ajudas neste projeto.

À Rafaela Ribeiro de Souza, pela sua contribuição com esta pesquisa.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Agricultura e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

As flores comestíveis trazem inovação para o mercado gastronômico, agregando cor e sabor aos pratos, além de ser uma nova e sustentável forma de renda para pequenos agricultores no país. Porém, existem poucos estudos no que se diz respeito à produção e biofortificação de flores comestíveis. Neste contexto, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de selenato de sódio com efeito de biofortificação em capuchinha (*Tropaeolum majus L.*) com a finalidade comestível, em produção semi-hidropônica. Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 5x3, sendo 5 soluções nutritivas contendo diferentes doses de selênio e 3 tipos de plantas: Tipo 1. Tipo 2 e Tipo 3. As plantas foram avaliadas quanto ao teor de clorofila, massa seca e as características de parte aérea como: número de folhas, diâmetro da quarta folha, altura da planta, número e diâmetro das flores. Teores de selênio foram determinados. Os resultados indicam que as concentrações de até 4 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de selênio foram benéficas para as plantas de capuchinha, sendo que as doses maiores ocasionaram toxidez e morte das plantas. A dose de 2 $\mu\text{mol L}^{-1}$ é considerada ideal para a cultura, pois proporciona o desenvolvimento de plantas/flores com características agrônômicas superiores, e o teor de Se encontrados nas folhas foi satisfatório visando à biofortificação.

Palavras-chave: Capuchinha. Flores comestíveis. Plantas alimentícias não convencionais.

ABSTRACT

The edible flowers bring innovation to the gastronomic market, adding color and flavor to the dishes, as well as being a new and sustainable form of income for small farmers in the country. However, there are few studies on the production and biofortification of edible flowers. In this context, the objective of this study was to evaluate the effect of the application of sodium selenate with biofortification effect in capuchinha (*Tropaeolum majus L.*) for edible purposes, in semi-hydroponic production. The treatments were arranged in a factorial scheme 5x3, being 5 nutritive solutions containing different doses of selenium and 3 types of plants: Type 1. Type 2 and Type 3. Plants were evaluated for chlorophyll content, dry mass and the characteristics of part such as: number of leaves, diameter of fourth leaf, height of plant, number and diameter of flowers. Selenium contents were determined. The results indicated that concentrations of up to 4 $\mu\text{mol L}^{-1}$ of selenium were beneficial for the capuchinha plants, being that the higher doses caused toxicity and death of plants. The dose of 2 $\mu\text{mol L}^{-1}$ is considered ideal for the crop, as it provides the development of plants / flowers with superior agronomic characteristics and the content of Se found in the leaves was satisfactory for biofortification.

Keywords: Capuchinha. Edible flowers. Unconventional food plants.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
2.1	Biofortificação agronômica	10
2.2	Selênio	10
2.3	Biofortificação agronômica com selênio	11
2.4	Flores comestíveis	12
2.4.1	Capuchinha.....	13
2.4.2	Propriedades da capuchinha.....	14
2.5	Sistema semi-hidropônico	15
3	MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1	Condições experimentais.....	17
3.2	Parâmetros avaliados	18
3.2.1	Análises de crescimento.....	18
3.2.2	Teor de clorofila, massa seca e teor de selênio	18
3.2.3	Delineamento e Análises estatísticas	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1	Análises de crescimento.....	20
4.2	Teor de clorofila, massa seca e teor de selênio	25
5	CONCLUSÕES	28
	REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

A biofortificação agronômica consiste no aumento da concentração de determinado elemento químico nos vegetais, com a finalidade de desenvolver alimentos naturais com quantidades de nutrientes capazes de suprir a necessidade nutricional do corpo humano (RÍOS et al., 2008). Um elemento que vem sendo utilizado com essa finalidade é o selênio (Se), um importante nutriente ligado a processos fisiológicos em plantas, animais e seres humanos (WHITE, 2016). O Se é componente de vinte e cinco selenoproteínas as quais estão envolvidas no metabolismo antioxidativo, na manutenção do estado imunológico, na produção do hormônio tireoidiano e em funções anti-inflamatórias no metabolismo humano (RAYMAN, 2012).

Apesar da existência de poucas informações a respeito da aplicação de selênio em plantas, ainda há evidências de deficiência desse elemento em humanos, em algumas regiões do Brasil, o que acarreta em uma baixa ingestão deste nutriente pela população (MAIHARA et al., 2004). Além disso, há evidências de que a doença de Alzheimer tem uma estreita relação com a deficiência em Se nos humanos (CARDOSO et al., 2010). Dessa forma, a ingestão diária de Se é fundamental para manter o funcionamento fisiológico do corpo humano. No entanto, mais de um bilhão de pessoas no mundo são deficientes em Se (MORA et al., 2015).

Nas plantas, o Se pode ajudá-las a se manterem por mais tempo fisiologicamente ativas (RAMOS et al., 2011). Normalmente, esse nutriente está presente nas amêndoas da castanha-do-brasil, as quais são consumidas em todo o mundo, sendo conhecidas como o alimento mais rico em Se, tendo já sido reportados valores de até 512 mg Se kg⁻¹ (DUMONT et al., 2006), comparando-se com o arroz onde foi encontrado 0,008 mg Se kg⁻¹ (FERREIRA et al., 2002). Contudo, a castanha-do-brasil não faz parte da alimentação diária da maioria dos brasileiros, devido às características culturais de alimentação e, principalmente, pelo custo. Assim, acrescentar o Se em uma fonte alternativa de fornecimento, como nas flores comestíveis, que vêm se tornando mais acessíveis e com consumo crescente, fará com que o suprimento do Se na população seja mais satisfatório.

Além das características nutritivas tradicionais, é tendência mundial a biofortificação dos produtos agronômicos, o que implica na otimização da produção vegetal (CAKMAK, 2010). Tal estratégia pode ser utilizada para a valorização nutricional das flores comestíveis e para estimular o crescimento desse mercado.

As flores comestíveis destacam-se na gastronomia em vários países, sendo utilizadas em diferentes cardápios, valorizando a apresentação de pratos, agregando cor e sabor em saladas, entradas, bebidas e sobremesas (FERNANDES, et al. 2016). O sabor e a estética dos pratos são aspectos apreciados por consumidores, o que impulsiona este mercado, tornando-o uma tendência (FERNANDES, et al. 2017).

Além disso, com o avanço dos estudos e novas informações quanto ao valor nutritivo e funcional dessas flores, como funções antioxidantes e presença de vitamina C, cresce o interesse de consumidores e o consumo desses produtos. Muitas espécies possuem destacado valor nutricional, além de carotenoides e óleos essenciais, substâncias indicadas para alimentação saudável e equilibrada. Tem-se o conhecimento de várias plantas que apresentam flores comestíveis, como por exemplo o amor-perfeito (*Viola tricolor*), a capuchinha (*Tropaeolum majus*), a calêndula (*Calendula officinalis*), o hibisco (*Hibiscus rosa-sinensis*), dentre outras, além de algumas tradicionalmente utilizadas na alimentação como brócolis (*Brassica oleracea var. itálica*), couve-flor (*Brassica oleracea var. botrytis*) e alcachofra (*Cynara scolymus*). Dentre as espécies ornamentais, a capuchinha (*Tropaeolum majus*) é uma das mais utilizadas na gastronomia, em produção de pratos, saladas de folhas, geleias, biscoitos, vinagretes e doces, adicionando cor e beleza às receitas. A produção dessa espécie no Brasil se encontra em crescimento, porém, pouco se conhece a respeito do seu valor nutricional e dos métodos de produção mais adequados para a cultura (SILVA, 2013).

Em função da finalidade de uso, além de comestíveis, as flores devem também proporcionar sabor, beleza e valor nutricional. Para isso, as flores devem ser produzidas e comercializadas livres de doenças e danos físicos. Ainda, o sistema de produção das flores comestíveis não permite a utilização de defensivos agrícolas, devendo toda a produção ser orgânica. Para isso, uma excelente alternativa para a produção de flores comestíveis é o sistema de cultivo sem solo (hidropônico ou semi-hidropônico), que proporciona produtos mais saudáveis, uniformes e livres de patógenos, pois as plantas não têm contato direto com o solo, e o sistema de cultivo é protegido. Por receberem solução nutritiva diretamente nas raízes, podem obter maior valor nutritivo, devido ao acúmulo de nutrientes.

Visando a desenvolver a tecnologia de produção de folhas e flores comestíveis e aumentar seus valores nutricionais, o objetivo foi avaliar o efeito da aplicação de selenato de sódio na biofortificação com Se em capuchinha com finalidade comestível, produzida em sistema semi-hidropônico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Biofortificação agrônômica

As principais causas de deficiências nutricionais em humanos e animais são acarretadas por ingestão de alimentos com baixo teor de minerais. Alimentos em todo o mundo são produzidos principalmente em solos com baixo teor de micronutrientes (CAKMAK, 2008). Os problemas de deficiência nutricional atingem quase metade das pessoas no mundo (HOTZ; BROWN, 2004).

A falta de uma dieta composta por quantidades ideais de minerais, calorias e proteínas causa a chamada fome oculta. Esta forma de desnutrição é comum no Brasil e em outros países subdesenvolvidos e em desenvolvimento (MALAFAIA, 2010).

Dentre as possíveis soluções para este problema, a biofortificação agrônômica é uma estratégia de baixo custo para aumentar a sustentabilidade alimentar. Ela consiste no aumento da concentração de determinado elemento mineral nas culturas agrícolas, por meio da sua introdução na adubação das plantas, via raízes, via foliar ou mesmo via semente, visando a atender a necessidade humana ou animal e diminuindo a carência de nutrientes na população (GRAHAM et al., 2007; CAKMAK, 2008).

Um elemento que vem sendo utilizado com essa finalidade é o selênio (Se), um importante nutriente ligado a processos fisiológicos em plantas, animais e seres humanos (WHITE, 2016).

2.2 Selênio

O selênio (Se) é considerado essencial para os seres humanos e animais. A suplementação de selênio aumenta a efetividade das células imunes, ajuda a prevenir certos tipos de câncer e reduz a incidência de infecções, dano cardiovascular, artrite e funções imunológicas alteradas. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a ingestão humana necessária de Se é de 55 a 200 µg / dia para adultos (RAYMAN, 2002; COMINETTI; COZZOLINO, 2009; COMBS, 2001).

Para as plantas, o selênio não é um elemento químico essencial, sendo considerado micronutriente na agricultura, porém, pode apresentar funções biológicas benéficas para algumas espécies vegetais capazes de acumulá-lo em altos níveis (HARTIKAINEN; PIIRONEN, 2000; DJANAGUIRAMAN et al., 2005). Esse acúmulo nas plantas ocorre em

função da concentração de Se fornecido, de sua fórmula química, das propriedades do solo e das espécies vegetais (ZHU et al., 2009).

As diferentes disponibilidades das formas de Se no solo diferem na absorção e na mobilidade do Se no interior das plantas. O Se oriundo do selenato é mais facilmente transportado para a parte aérea, enquanto o Se oriundo do selenito tende a acumular nas raízes das plantas (ZHANG et al., 2003).

Em concentrações adequadas, o Se auxilia a germinação de sementes e o crescimento das plantas (XUE et al., 2001; TURAKAINEN et al., 2006). Além disso, inibe a peroxidação lipídica e aumenta a atividade da glutathione peroxidase, que associados, podem atrasar a senescência da planta e diminuir as perdas pós-colheita (CARTES, et al. 2005; MORA, et al. 2008).

O Se possui propriedades fisiológicas e antioxidantes que desempenham papéis benéficos em plantas expostas a diversos estresses abióticos, como por exemplo, protegendo contra a toxicidade de cádmio e reduzindo os danos causados pelo estresse oxidativo da radiação UV (CARTES et al., 2010; ELKAHOUI et al., 2004, VALKAMA et al., 2003). O Se também pode proteger as plantas contra infecções fúngicas (HANSON et al., 2004).

Normalmente, os vegetais consumidos no Brasil possuem baixa concentração de Se em relação aos padrões internacionais (FERREIRA et al., 2002). O aumento do teor de Se nos alimentos é uma alternativa para diminuir a deficiência deste elemento para a população, que podem causar disfunções da tireoide, infecções, estados de imunodepressão, infertilidade masculina, diabetes, doenças de Alzheimer e Parkinson, perturbações do humor e cegueira (WHITE; BROADLEY, 2009; RAMOS et al., 2010; CARDOSO et al., 2010, BECK et al., 2001).

2.3 Biofortificação agronômica com selênio

Alguns trabalhos relatam a eficiência da biofortificação com selênio aplicado na forma de selenato. Na cultura do arroz, as plantas tiveram maior eficiência na absorção de selênio, quando aplicado na forma de selenato, seja no aproveitamento pela planta, na translocação para a parte aérea, bem como maior teor nos grãos (BOLDRIN et al., 2012).

Um outro efeito do Se é o atraso no amolecimento de frutas e aumento da vida útil, como já observado em pêssego e pera (PEZZAROSSA et al., 2012). A aplicação via foliar de Se no tomateiro tem efeito, atrasando a maturação e mantendo a qualidade dos frutos,

reduzindo a produção de etileno. Estes estudos demonstram a ação do Se na regulação do sistema antioxidante e na durabilidade pós-colheita (ZHU et al., 2017).

Plantas de manjeriço biofortificadas com Se, apresentaram maior acúmulo desse elemento nas folhas, sem afetar a produção de biomassa (PUCCINELLI et al., 2017).

No que se refere à biofortificação de alimentos frescos, ingeridos crus, estudos com alface demonstram essa efetividade, sendo obtido valores da massa seca da parte aérea superiores quando o Se foi fornecido para as plantas (RAMOS et al., 2011). O Se adicionado a soluções nutritivas melhorou a qualidade e a durabilidade pós-colheita de alface e chicória (MALORGIO et al., 2009).

Porém, não há registros ou estudos que indicam a efetividade de biofortificação em flores comestíveis.

2.4 Flores comestíveis

Muitas flores, além de proporcionar beleza, também podem servir como alimento, como exemplo: alcachofra (*Cynara scolymus L.*), amor-perfeito (*Viola tricolor L.*), brócolis (*Brassica oleracea L.* var. *itálica*), calêndula (*Calêndula officinalis L.*), capuchinha (*Tropaeolum majus L.*) e couve-flor (*Brassica oleracea L.* var. *botrytis*). Algumas espécies já são consagradas na alimentação, mas outras trazem inovação para o mercado gastronômico incrementando a estética e o sabor de produtos alimentícios (SILVA, 2013).

As flores comestíveis são utilizadas na culinária há centenas de anos. Há evidências históricas de que os romanos as consumiam como alimento, assim como também os chineses e os povos do Oriente Médio (NEWMAN; O'CONNER, 2009). Em várias partes do mundo, como a França, Itália e Ásia, a utilização de flores na alimentação é uma antiga tradição. São consumidas pela população, visando valorizar as qualidades sensoriais e nutricionais dos alimentos (MLCEK; ROP, 2011).

Com o desenvolvimento do mercado gastronômico e a busca por produtos inovadores, o segmento de flores comestíveis como atividade econômica tem se mostrado um negócio viável, tanto no Brasil como no exterior (SILVA, 2013).

Estas flores têm sido utilizadas por *chefs* de cozinha renomados em pratos sofisticados, a fim de dar um toque delicado, agregando não só valor e beleza aos pratos, mas também os tornando mais saborosos e nutritivos. Além de restaurantes, outros clientes desse mercado são hotéis e escolas de gastronomia (SILVA, 2013). Além disso, as flores

comestíveis são comercializadas em redes de supermercados, com preços mais acessíveis para a população.

Dentre as flores comestíveis, a capuchinha (*Tropaeolum majus*) e o amor-perfeito (*Viola tricolor*) são umas das mais conhecidas.

2.4.1 Capuchinha

Pertencente à família Tropaeolaceae e originária das regiões montanhosas do México e do Peru, a capuchinha espalhou-se rapidamente pelo mundo, por sua rusticidade e capacidade de adaptação a climas variados (LORENZI; MATOS, 2002; SANGALLI et al., 2004).

A capuchinha também é popularmente conhecida como chaguinha, masturço-do-Peru, agrião-do-México, nastúrcio e capuchinha-grande (LORENZI; MATOS, 2002). É uma planta de porte herbáceo, hábito prostrado e de ciclo semipereene. Suas flores são vistosas, de cores variáveis, podendo ser branca, amarela, laranja, vermelho ou vermelho escuro e, ainda, apresentar manchas escuras no seu interior. Apresentam a forma de campânula, são axilares, zigomorfas, cíclicas e hermafroditas (SOUZA; LORENZI, 2005).

As folhas são alternas, de limbo simples, liso e pouco ceroso. Possui forma orbicular-peltada e grande número de pontuações translúcidas na face superior. Na face inferior apresenta esparsa pilosidade esbranquiçada e a margem com reentrâncias (ZANETTI et al., 2004).

A capuchinha produzida para fins comestíveis, assim como outras flores com esta finalidade, possuem um aspecto essencial no sistema de produção que é a não utilização de agrotóxicos e outros químicos (SILVA, 2013). A produção pode ser feita em canteiros convencionais ou por meio de sistemas hidropônicos.

Ela apresenta sabor apimentado que pode substituir o agrião ou a mostarda nas saladas e outras preparações culinárias (FELIPPE, 2004).

Para a comercialização e a durabilidade pós-colheita da capuchinha, o uso da embalagem de PVC, associado a baixas temperaturas é fundamental para que o tempo de vida útil das flores sejam de até oito dias. A coloração das flores não interfere na perda de massa, quando o armazenamento da mesma é feito em embalagem de PVC (SANGALLI et al., 2007).

2.4.2 Propriedades da capuchinha

As flores e folhas da capuchinha podem ser consumidas e possuem sabor fresco e picante, devido a presença de compostos sulfurosos, que remete ao agrião e aroma agradável, com ampla utilidade na culinária, preparadas empanadas ou em saladas frescas (RIBEIRO et al., 2012).

Além disso, a capuchinha destaca-se por várias propriedades medicinais como: antimicrobiana, antimicótica, antiviral, antitumoral, antiespasmótica, expectorante, diurético, antisséptico e estimulante do bulbo capilar. É principalmente indicada para tratamentos de infecções urinárias, respiratória e oftalmológica (SANGALLI et al., 2004; ZANETTI et al., 2004; NIZZU; RODRIGUEZ-AMAYA, 2005; SANTO et al., 2007).

As flores de capuchinha contêm luteína, um carotenoide que age como antioxidante protegendo as células contra os efeitos dos radicais livres, sendo que a flor amarela apresenta concentrações maiores em comparação com flores laranja, sendo 450 µg/g e 350 µg/g de luteína, respectivamente. Seu uso está relacionado com a prevenção de doenças graves da visão, como a degeneração muscular e a catarata. As folhas contêm uma quantidade menor de luteína quando comparadas com as flores, porém, possuem uma quantidade maior de β caroteno (NIZZU; RODRIGUEZ-AMAYA, 2005).

A capuchinha, quando comparada com outros vegetais não convencionais, apresentou tanto nas folhas quanto nas flores, as maiores taxas de atividade antioxidante e maiores valores de constituições em carotenoides e vitamina C. As sementes de capuchinha possuem atividades antioxidantes, contendo alcalóides, flavonóides e taninos (HAYAT et al., 2017; LOBO, 2010). Além disso, a capuchinha também se destaca por apresentar elevado nível de fenóis (SILVA et al., 2018; LANDI et al., 2018), sendo estes mais que o dobro em relação ao relatado para genótipos de mirtilo, reconhecido como uma das mais ricas fontes de fenóis (CASTREJÓN et al., 2008). Estudos mostram uma forte relação linear entre o teor total de fenol e a atividade antioxidante em flores comestíveis (LI et al., 2014; NAVARRO-GONZALEZ et al., 2015; LANDI et al., 2018).

Os fenóis (incluindo ácido fenólico, flavonóides e antocianinas) são atualmente alvo de inúmeros estudos, já que sua ingestão tem sido associada à diminuição do risco de câncer, doenças cardiovasculares e distúrbios neurodegenerativos (SALEM et al., 2011).

Além destes benefícios à saúde, a capuchinha se tornou promissora para a prevenção e o controle da obesidade, pois exerce efeitos antidipogênicos. O extrato de etanol de capuchinha inibe eficazmente a expressão de moléculas envolvidas na regulação da

lipogênese e adipogênese, reduz triglicérides e acúmulo de lipídios nas células (KIM et al., 2017).

Com o aumento do consumo de capuchinha pela população, devido as propriedades medicinais, espera-se que, com a adição da biofortificação com Se, a capuchinha se torne uma opção mais nutritiva e acessível, que além de suas atribuições, supra a necessidade diária de Se para o ser humano.

2.5 Sistema semi-hidropônico

O termo hidroponia foi proposto por Willian F. Gericke, por volta de 1930, e tem origem em duas palavras gregas: *hidro* (água) e *phonos* (trabalho) o que significa ‘trabalho em água’. Durante a Segunda Grande Guerra, esta atividade ganhou expressão na medida em que ficou caracterizada a necessidade de produção com rapidez estratégica de alimentos para as tropas em conflito (DOUGLAS, 1987).

A técnica hidropônica se caracteriza por fornecer solução nutritiva para as raízes das plantas. E esse aspecto, muitas vezes, tem sido fonte de insucesso para alguns produtores, pois requer formulação e manejo correto das soluções nutritivas (FURLANI et al., 1999). De modo geral, os sistemas hidropônicos exigem um acompanhamento contínuo e controle de pH, condutividade elétrica e volume da solução nutritiva, em razão da capacidade limitada de volume de água nos reservatórios (PARADISO et al., 2014).

O uso de técnicas hidropônicas está sendo empregado, recentemente, na produção de flores e plantas ornamentais. Estudos têm demonstrado a qualidade dos produtos colhidos, além do rápido crescimento das espécies, economia de tempo, espaço e mão de obra, dentre outras vantagens (KIM; HAHN; PAEK, 2006; CHEN et al., 2008; PARK; JEONG, 2010). Além do ganho em qualidade dos produtos oriundos de técnicas hidropônicas, o produto final é mais homogêneo, o que o torna mais competitivo no mercado.

A produção de espécies ornamentais em sistemas hidropônicos é, na maioria das vezes, vinculada a substratos que possuem a função de sustentação da planta no sistema de produção, sendo os mais utilizados: areia, vermiculita, fibra de coco e casca de arroz carbonizada, o que passa a ser chamado sistema semi-hidropônico (FURLANI, 1999). O uso de substratos inertes é mais interessante que os substratos organo-minerais, já que estes últimos podem alterar a composição da solução nutritiva aplicada às plantas, além de poder atuar como veículo de transmissão de microrganismos patogênicos (PARADISO, 2014). Os substratos utilizados devem, no entanto, ser de fácil manipulação, proporcionar boa

ancoragem às plantas, facilitar as práticas culturais, e ainda, reduzir os custos de produção (FURLANI et al., 1999). Nesses sistemas semi-hidropônicos com a utilização de substratos, a solução nutritiva é aplicada diretamente às raízes das plantas, sobre o material inerte, e drenada ao final do sistema.

O crescimento e produção de flores de capuchinha em três soluções hidropônicas mostraram que o desenvolvimento vegetativo de capuchinha apresentou bom resultado nesse sistema de cultivo, considerando a produção de fitomassa fresca do caule e de folhas (MELO et al., 2011). As soluções nutritivas utilizadas não apresentaram diferenças na produção, indicando ser capazes de suprir as necessidades nutricionais. No trabalho dos referidos autores, a produção de flores de capuchinha, bem como o índice de área foliar, taxa de crescimento da cultura e produtividade biológica demonstraram maior acúmulo de matéria vegetal 49 dias após o plantio nesse sistema.

O cultivo em hidroponia resulta em produtos com excelente qualidade, sabor e aspectos externos superiores àqueles obtidos na agricultura tradicional, e há menor risco de contaminação por doenças endêmicas. A solução nutritiva e as condições de cultivo devem ser ajustadas às necessidades nutricionais de cada espécie de planta, cultivar, ambiente de crescimento, período do ano (intensidade e temperatura da luz) e qualidade da água utilizada na cultura hidropônica. A composição da solução nutritiva deve considerar a oferta total de nutrientes e a proporção dos elementos (SANTOS, 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Condições experimentais

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Setor de Paisagismo e Floricultura, Departamento de Agricultura na Universidade Federal de Lavras (DAG-UFLA), entre os meses de janeiro e julho de 2018.

Sementes comerciais de capuchinha foram dispostas em bandejas de polietileno expandido contendo 128 células, preenchidas com substrato comercial (Topstrato Hp) e irrigadas com água destilada por 45 dias.

Após esse período, as mudas foram selecionadas quanto ao vigor, uniformidade, com média de 12 cm de altura, e agrupadas em três tipos de plantas:

- a) Tipo 1: folhas verde claro e flores amarelas;
- b) Tipo 2: Folhas verde escuro e flores vermelhas;
- c) Tipo 3: Folhas verde escuro e flores laranjas.

As raízes foram lavadas com água destilada, e transplantadas para vasos de 12 L contendo fibra de coco, quando então foram aplicados os respectivos tratamentos de doses de selênio (0, 2, 4, 8, 16 $\mu\text{mol L}^{-1}$) em soluções nutritivas.

A solução básica foi composta por MPK (0,0286 g L^{-1}), nitrato de cálcio (0,0946 g L^{-1}), nitrato de potássio (0,0954 g L^{-1}), ácido bórico (0,0001 g L^{-1}), sulfato de cobre (0,00001 g L^{-1}), sulfato de zinco (0,0001 g L^{-1}), sulfato de manganês (0,0001 g L^{-1}), quelato de ferro (0,0168 g L^{-1}), molibdato de sódio (0,0009 g L^{-1}), sulfato de magnésio (0,0240 g L^{-1}), a variação das soluções ocorreu nas concentrações de selenato de sódio que constituiu em 0,000 g L^{-1} , 0,00039 g L^{-1} , 0,00078 g L^{-1} , 0,00157 g L^{-1} , 0,00315 g L^{-1} dos respectivos tratamentos de doses de selênio (0, 2, 4, 8, 16 $\mu\text{mol L}^{-1}$).

As plantas de capuchinha foram cultivadas no sistema semi-hidropônico em casa de vegetação com cobertura de 50% de luminosidade. Durante todo o período experimental, a solução nutritiva foi submetida à aeração constante e o pH monitorado diariamente, mantendo-se em 5,8–6,0 pela correção com NaOH ou HCl 0,1 mol L^{-1} .

O sistema de irrigação utilizado foi o manual e cada vaso recebia 100 mL da respectiva solução nutritiva diariamente.

Não foi encontrada na literatura nenhuma definição de variedade sobre as cores das flores de capuchinha. Portanto, essas foram diferenciadas pelo nome da cor das pétalas.

3.2 Parâmetros avaliados

3.2.1 Análises de crescimento

As plantas foram avaliadas aos 45 dias após o plantio, observando-se as características de parte aérea como: número de folhas, diâmetro da quarta folha (cm) de cima para baixo, altura da planta (cm), número de flores e diâmetro das flores (cm).

3.2.2 Teor de clorofila, massa seca e teor de selênio

As análises de teor de clorofila, massa seca e teor de selênio foram realizadas aos 60 dias após o plantio. Apenas as folhas da capuchinha, que também são comestíveis, foram utilizadas nas avaliações, pois a quantidade de flores produzidas não foi suficiente para realizar as análises. Somente as plantas cultivadas com as menores doses de Se (0, 2 e 4 $\mu\text{mol L}^{-1}$) foram analisadas, pois quando utilizada as concentrações de Se (8 e 16 $\mu\text{mol L}^{-1}$), houve morte das plantas, provavelmente por intoxicação de altas doses de selênio.

As análises de clorofila foram realizadas utilizando o medidor portátil de AtLeaf. Em cada planta, foi selecionada uma folha expandida e realizada uma leitura em um ponto da folha, na face adaxial.

Para determinação da massa seca, amostras foram coletadas e imediatamente pesadas em balança analítica. Após pesagem, as amostras foram mantidas em estufa a 68°C, por dois dias, até peso constante. Posteriormente à secagem, as folhas foram pesadas para determinação da massa seca.

Para determinação dos teores de selênio, as folhas secas em estufa foram maceradas e submetidas à análise química. As amostras foram digeridas com 5 mL de $\text{HNO}_3 \geq 65\%$ em tubos PTFE Teflon® (CEM Corporation, Matthews, NC, EUA). O extrato foi deixado em repouso durante a noite à temperatura ambiente e a digestão foi realizada na manhã seguinte. Para isso, os frascos foram hermeticamente selados e levados para um micro-ondas (marca CEM, modelo Mars-5), com temperatura ajustada a 175 °C e pressão controlada de 0,76 MPa por 25 minutos. Após a digestão, os extratos foram arrefecidos até a temperatura ambiente. Em seguida, o volume final do extrato foi suplementado com 5 mL adicionais de água deionizada. Os extratos foram transferidos para frascos menores (30 mL) após armazenamento a 5 °C até a análise. Uma amostra de material de referência padrão - SRM (White Clover - BCR 402, Instituto de Materiais de Referência e Medidas (IRMM), Geel,

Bélgica) com um teor de (6,70 mg kg⁻¹ em Se) conhecido e certificado foi incluído em cada lote de digestão de controle de qualidade, juntamente com uma amostra em branco que foi utilizada para calcular os limites de detecção e quantificação.

3.2.3 Delineamento e Análises estatísticas

O experimento foi instalado em delineamento experimental inteiramente casualizado. Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 5 (doses de Se) x 3 (cores de flores) totalizando 15 tratamentos. Foram utilizadas 5 repetições com uma planta por parcela por tratamento.

Os dados obtidos no experimento foram agrupados e submetidos à análise de variância e teste F, com auxílio do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014). Quando significativos ($P < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises de crescimento

Não houve efeito da interação entre as concentrações de Se e os tipos de plantas em relação ao número de folhas em plantas de capuchinha (FIGURA 1). No entanto, foi verificado para esta variável, efeito isolado das concentrações de Se (FIGURA 2). Observou-se que o número de folhas foi superior quando as plantas de capuchinha foram adubadas com $2 \mu\text{mol L}^{-1}$. Além disso, doses superiores a $2 \mu\text{mol L}^{-1}$ resultaram na redução do número de folhas

Figura 1 - Concentrações de selênio ($\mu\text{mol L}^{-1}$), tipos de planta e o número de folhas em plantas de capuchinha, aos 45 dias após plantio.

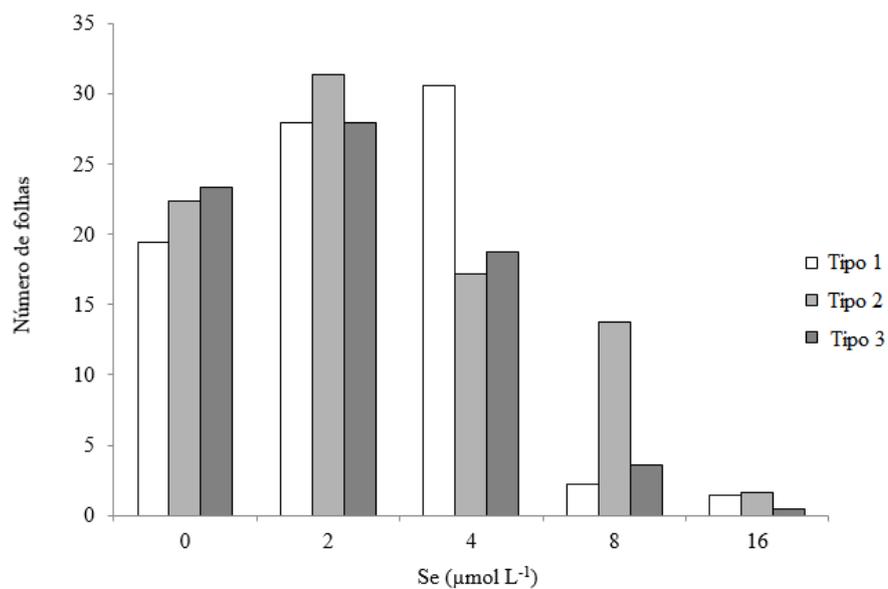
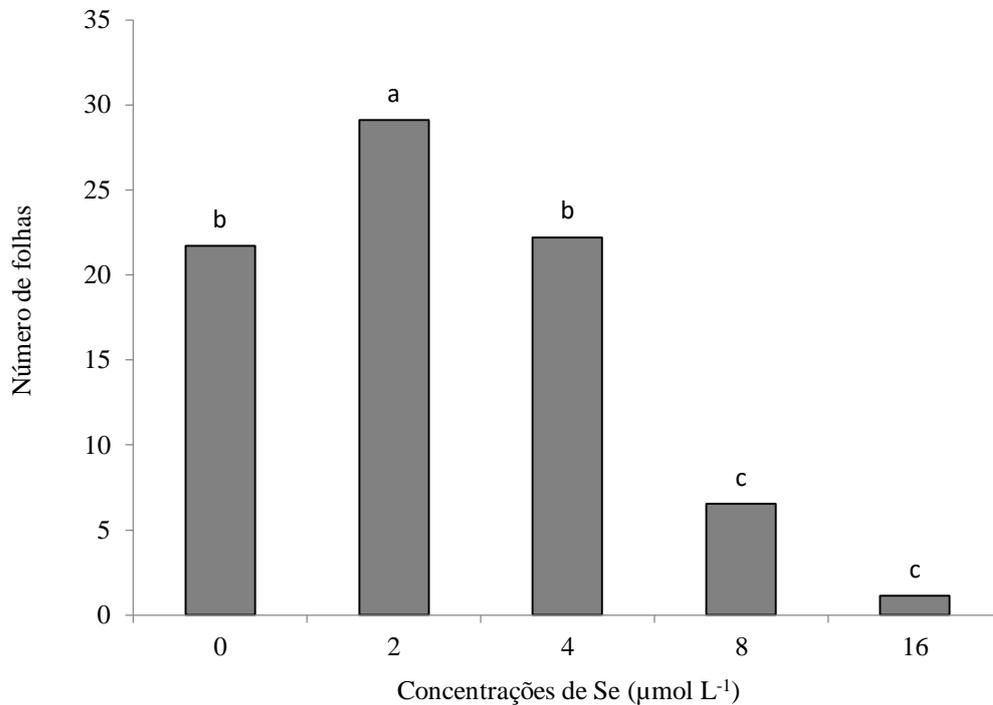
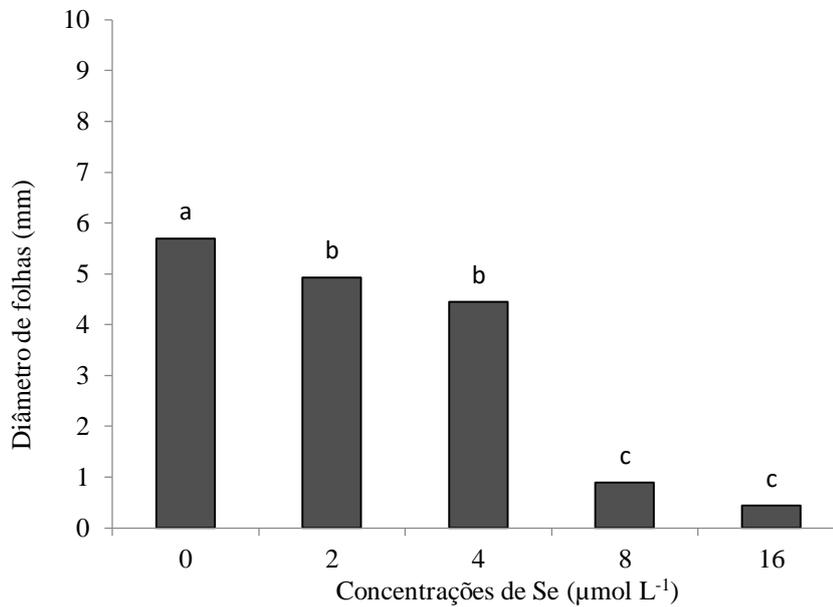


Figura 2 - Concentrações de selênio ($\mu\text{mol L}^{-1}$) e o número de folhas de capuchinha aos 45 dias após plantio.



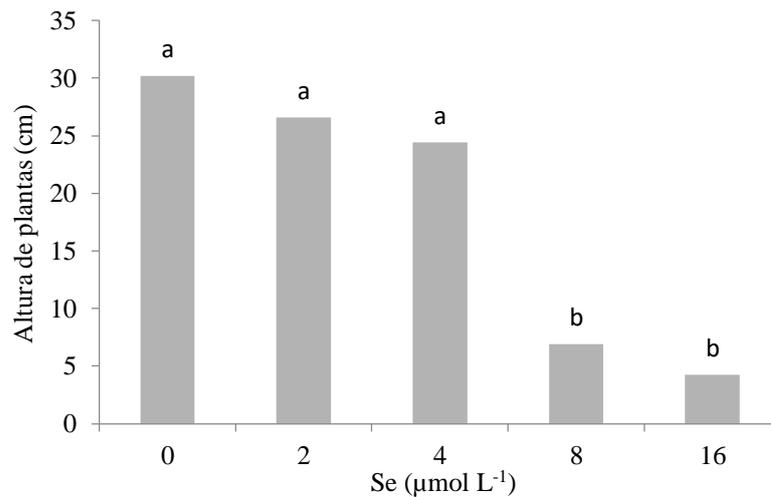
Analisando-se o diâmetro de folhas, também não houve efeito da interação entre os fatores estudados (concentrações de Se x tipos de planta). No entanto, a análise demonstrou efeito significativo para o fator concentrações de Se de forma isolada (FIGURA 3). Dessa forma, observou-se que o maior diâmetro da quarta folha de plantas de capuchinha foram obtidas quando as plantas não foram adubadas com Se. Adicionalmente, as concentrações de 8 e 16 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de selênio apresentaram efeito tóxico, causando a redução do diâmetro das folhas.

Figura 3 - Concentrações de selênio ($\mu\text{mol L}^{-1}$) e o diâmetro de folhas de capuchinha 45 dias após o plantio.



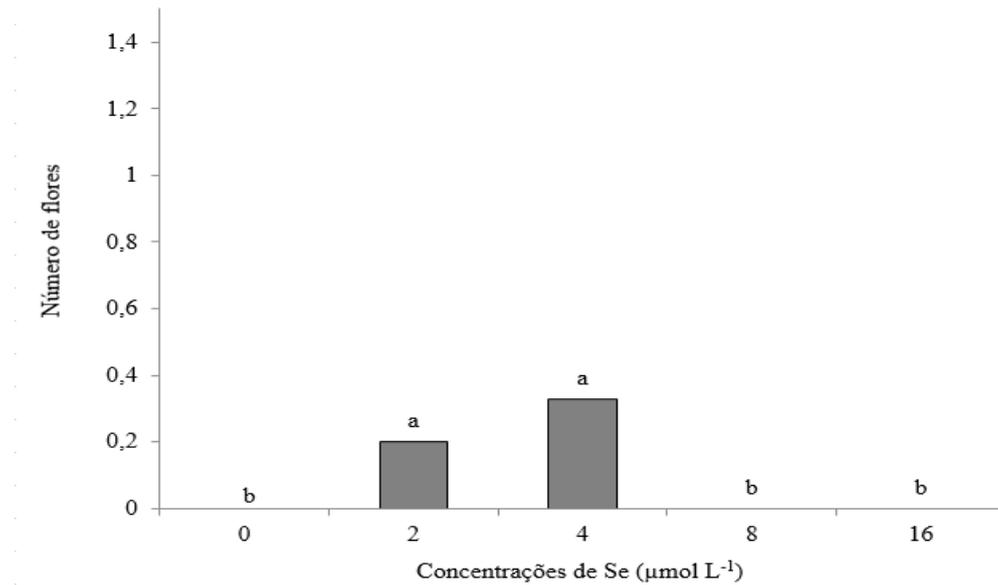
Com relação a variável altura de plantas também não foi observado efeito da interação entre os fatores concentração de Se e tipos de planta. Porém, verificou-se que altas concentrações de Se (8 e 16 $\mu\text{mol L}^{-1}$) apresentaram efeito marcante, reduzindo a altura das plantas (FIGURA 4).

Figura 4 - Concentrações de selênio ($\mu\text{mol L}^{-1}$) e altura de plantas de capuchinha 45 dias após o plantio.



Quanto ao número de flores, verificou-se que as concentrações de 2 e 4 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de selênio proporcionaram maior produção (FIGURA 5).

Figura 5 - Concentrações de selênio ($\mu\text{mol L}^{-1}$) e número de flores de capuchinha 45 dias após o plantio.



O mesmo resultado foi observado para o diâmetro de flores (FIGURA 6), em que os melhores resultados foram obtidos nas concentrações de 2 e 4 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de Se. Além do efeito isolado das concentrações de Se, observou-se efeito dos tipos de planta sobre o diâmetro de flores (FIGURA 7), onde os maiores valores foram obtidos em plantas do tipo 1.

Figura 6 - Concentrações de selênio ($\mu\text{mol L}^{-1}$) e diâmetro de flores de capuchinha 45 dias após o plantio.

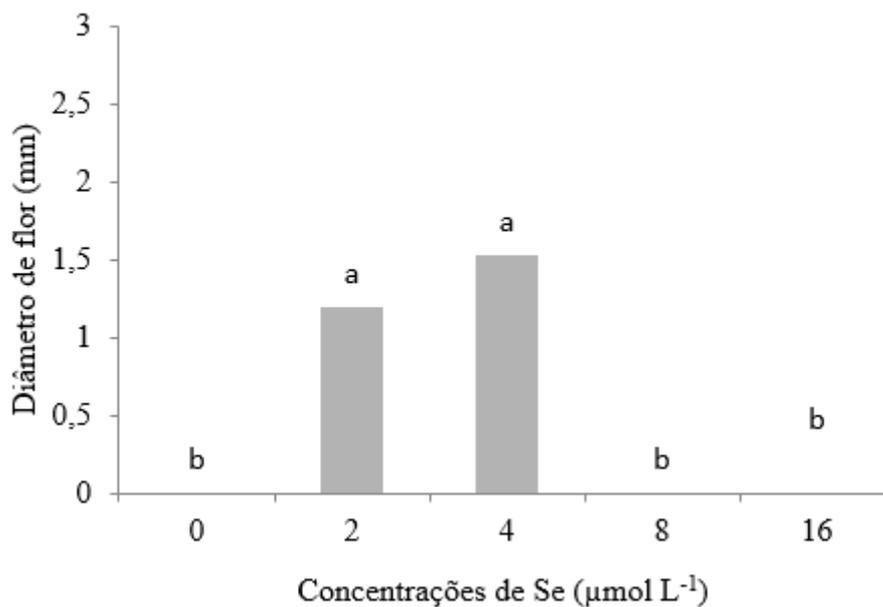
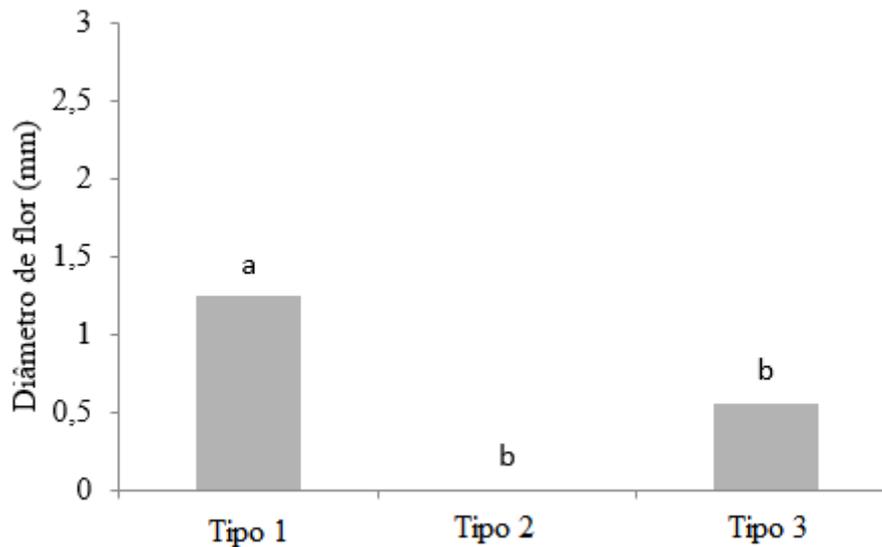


Figura 7 - Diâmetro de flores de capuchinha dos diferentes tipos de plantas aos 45 dias após o plantio.



Ao longo dos 45 dias do período experimental, os aspectos agrônômicos das plantas de capuchinha apresentaram melhor desempenho quando tratadas com selênio nas concentrações de 0, 2 e 4 $\mu\text{mol L}^{-1}$. Porém, observou-se ao final das avaliações, que doses maiores de selênio (8 e 16 $\mu\text{mol L}^{-1}$) provavelmente causaram toxidez das plantas de capuchinha, que estavam totalmente secas e quebradiças, resultando na morte das mesmas.

O Se presente em baixos teores na planta atua benéficamente sobre o crescimento e tolerância a estresses bióticos e abióticos. O efeito benéfico pode estar relacionado ao incremento na atividade antioxidante estimulada pela presença do Se (MENGEL et al., 2001).

Porém, altos teores de Se podem levar a sintomas de toxicidade, influenciando negativamente processos bioquímicos e fisiológicos, ocasionando reduções no desenvolvimento, qualidade e produtividade da planta (CAMAK, 2010). A consequência de altas concentrações de Se é que sua elevada absorção pode ocasionar danos a membrana através da peroxidação lipídica, resultando, conseqüentemente, no menor crescimento da planta e produtividade (TERRY et al., 2000; CHEN et al., 2014).

Resultados semelhantes foram descritos em hortaliças. A utilização de selenato de sódio como fonte de selênio na cultura da alface, reduziu em 13% no crescimento (parte aérea), quando foram aplicadas doses superiores a 80 $\mu\text{mol L}^{-1}$ (RÍOS et al., 2013). Na cultura do pepino, recebendo baixas concentrações de Se (6-20 $\mu\text{mol L}^{-1}$), as plantas apresentaram aumento significativo no crescimento da parte aérea e radicular, entretanto, quando submetidas a concentração de 80 $\mu\text{mol L}^{-1}$, as plantas passaram a apresentar redução de 15% no crescimento da parte aérea e de 21% na raiz (HAWRYLAK-NOWAK, 2015).

4.2 Teor de clorofila, massa seca e teor de selênio

As variáveis matéria seca, teor de clorofilas e conteúdo foliar de Se foram avaliadas apenas nas concentrações de 0 (controle), 2 e 4 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de Se, pois, ao final do experimento, a maioria das plantas adubadas com 8 e 16 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de Se morreram, e, portanto, não havia material suficiente para tais análises. Além disso, as folhas da capuchinha, que também são comestíveis, foram utilizadas nas avaliações, pois a quantidade de flores produzidas não foi suficiente para realizar as análises. Dessa forma, de acordo com a análise dos dados, não houve efeito significativo da interação entre os fatores estudados e nem o efeito isolado de concentrações de Se para as variáveis: massa seca e índice de clorofilas, havendo efeito apenas para o fator tipos de planta. Assim, observou-se que as plantas do tipo 3 obtiveram maior acúmulo de massa seca, e que plantas do tipo 2 e 3 apresentaram maior índice de clorofilas nas suas folhas (TABELA 1).

Tabela 1- Massa seca (g), teor de clorofila e coloração das folhas nos diferentes tipos de plantas de capuchinha.

	Tipo 1		Tipo 2		Tipo 3	
Massa seca (g)	107,1	b	100,67	b	158,3	a
Teor de clorofila	20,29	b	29,03	a	28,94	a
Coloração das folhas de capuchinha						

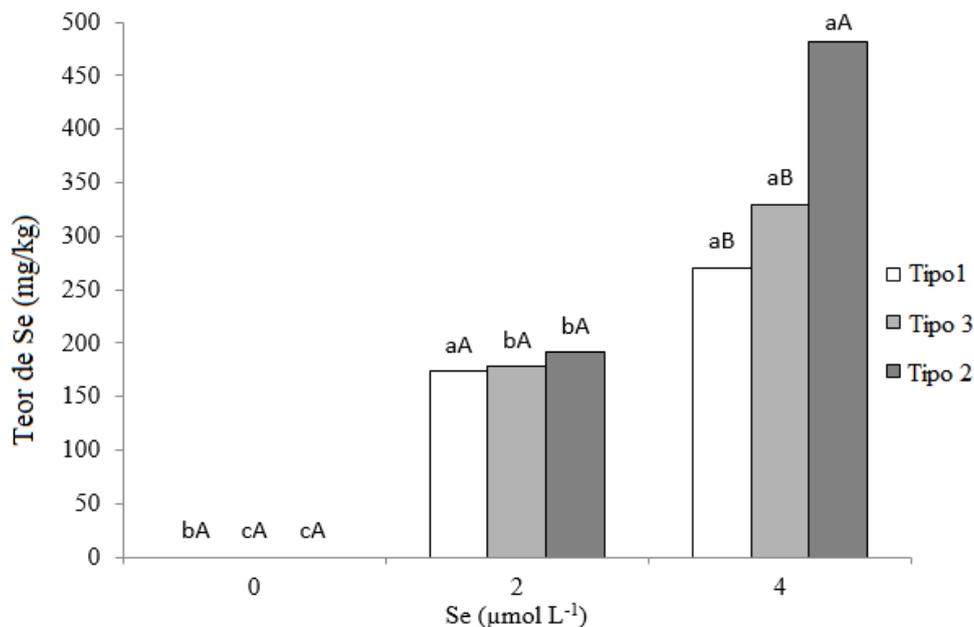
Em estudo de biofortificação em alface com Se os valores da massa seca da parte aérea foram superiores quando se utilizou o Se na forma de selenato (RAMOS et al., 2011). Porém, o aumento das concentrações de Se de 10 para 20 $\mu\text{mol L}^{-1}$, diminuiu a produção de massa seca da parte aérea e raiz. Resultado diferente do que foi encontrado com capuchinha, pois o Se não influenciou no aumento da massa seca de capuchinha.

Geralmente, em altas concentrações de Se, o teor de clorofila e carotenóides são afetados negativamente o que pode ser, parcialmente, devido à peroxidação lipídica das

membranas do cloroplasto (SUN et al., 2014; JIANG et al., 2017). No entanto, as doses de selênio não tiveram efeito significativo no aumento do teor de clorofila na capuchinha.

Quanto ao teor de Se foliar (FIGURA 8), observou-se efeito significativo da interação entre os fatores concentração de Se e tipos de planta. Esse resultado indica que as plantas com diferentes colorações de flores apresentam comportamento diferencial quanto à absorção e teor de Se. Assim, de acordo com os resultados apresentados na Figura 11, observa-se que as plantas adubadas com $4 \mu\text{mol L}^{-1}$ apresentaram maior teor de Se em suas folhas. Além disso, observou-se que as plantas de capuchinha do tipo 2 apresentaram capacidade de maior absorção e teor de Se no tecido foliar comparado às plantas do tipo 1 e 3.

Figura 8 - Influência da adubação com selênio ($\mu\text{mol L}^{-1}$) em plantas de capuchinha com diferentes colorações sobre o teor de Se foliar. As letras maiúsculas comparam as médias entre as cores e letras minúsculas comparam as médias entre as concentrações.



Quanto à biofortificação agronômica, a concentração de $4 \mu\text{mol L}^{-1}$ de Se na solução nutritiva, concentração esta que resultou na obtenção do maior teor foliar de Se, proporcionou incremento considerável de Se na folha de capuchinha em relação as plantas que não foram fertilizadas com Se, o que demonstrou grande afinidade da espécie em acumular o elemento em suas folhas. A folhas de capuchinha também são comestíveis e agregam cor e sabor aos pratos assim como as flores.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a ingestão humana necessária de Se é de 55 a 200 μg / dia para adultos. Ingerindo apenas uma folha de capuchinha tratada com as doses 2 ou 4 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de Se, já seria o suficiente para suprir a necessidade de Se diária para um indivíduo adulto, seguindo a recomendação da OMS, sendo a quantidade ingerida em média de 75 μg e 205 μg de Se, respectivamente, por folha de capuchinha.

O resultado obtido para o teor de Se nas folhas de capuchinha, demonstrou bastante superior quando se comparado ao encontrado por Ramos et al. (2011), no estudo de biofortificação de cultivares de alface com Se, pois o teor encontrado de Se na parte aérea, quando se aplicou o selenato na concentração de 10 $\mu\text{mol L}^{-1}$, atendeu em aproximadamente 5% a recomendação de ingestão de Se para adultos.

5 CONCLUSÕES

A capuchinha foi capaz de acumular quantidades significativas de Se em seu tecido foliar, sendo que na dose de $4 \mu\text{mol L}^{-1}$, as plantas absorveram maior quantidade de Se.

A capuchinha possui uma capacidade em absorver o selênio presente nas soluções nutritivas e acumulá-lo em suas folhas, conseqüentemente, há a possibilidade de biofortificação agrônômica nessa espécie.

As doses de concentração de Se de 8 e $16 \mu\text{mol L}^{-1}$ foram prejudiciais, causando a morte das plantas após 45 dias de cultivo.

A dose de Se ideal encontrada para a capuchinha é de $2 \mu\text{mol L}^{-1}$, onde as características agrônômicas são melhores e a absorção de Se pelas folhas foi satisfatória para a biofortificação, sendo que a ingestão de apenas uma folha de capuchinha seria capaz de suprir a necessidade diária de Se de um adulto.

REFERÊNCIAS

- BECK, M. A.; NELSON, H. K.; SHI, Q. et al. Selenium deficiency increases the pathology of an influenza virus infection. **FASEB Journal**, Rockville, v. 15, n. 8, p. 1481-1483, 2001.
- CARTES, P., JARA, A. A., PINILLA, L., ROSAS, A., AND MORA, M. L. Selenium improves the antioxidant ability against aluminium-induced oxidative stress in ryegrass roots. **Annals of Applied Biology**, Wellesbourne, v. 156, p. 297-307, 2010.
- CASTREJÓN A.D.R.; EICHHOLZ I.; ROHN S.; KROH L.W.; HUYSKENS-KEIL S. Phenolic profile and antioxidant activity of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) during fruit maturation and ripening. **Food Chemistry**, v. 109, p. 564-572, 2008.
- CAKMAK, I. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? **Plant and Soil**, v. 302, p. 1-17, 2008.
- CAKMAK, I.; PFEIFFER, W.H.; McCLAFFERTY, B. Biofortification of durum wheat with zinc and iron. **Cereal Chemistry**, v. 87, p. 10-20, 2010.
- CARDOSO B. R.; ONG T. P.; JACOB-FILHO W.; JALUUL O.; FREITAS M. I.; COZZOLINO S. M. Nutritional status of selenium in Alzheimers disease patients. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 103, n. 6, p. 803-806, 2010.
- CARTES, P.; GIANFREDA, L. & MORA, M.L. Uptake of selenium and its antioxidant activity in ryegrass when applied as selenate and selenite forms. **Plant and Soil**, v. 276, p. 359-367, 2005.
- CHEN, Y. et al. Description of an improved hydroponic research system for screening plants for nutrient abatement in constructed wetlands. **Applied Engineering in Agriculture**, St Joseph, v. 24, n. 5, p. 697-702, 2008.
- CHEN, Y.; MO, H. Z.; HU, L. B.; LI, Y. Q.; CHEN, J.; YANG, L. F. The endogenous nitric oxide mediates selenium-induced phytotoxicity by promoting ROS generation in Brassica rapa. **Plos One**, São Francisco, v.9, n.10, p. 109-115, 2014.
- COMBS, G. F. Selenium in global food systems. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 85, p. 517-547, 2001.
- COMINETTI, C.; COZZOLINO, S. M. F. Funções plenamente reconhecidas de nutrientes: Selênio. **Série de publicações ILSI Brasil**, São Paulo, v. 8, p. 1-20, 2009.
- DJANAGUIRAMAN M.; DURGA D. D.; SHANKER A. K.; SHEEBA J. A.; BANGARUSAMY U. Selenium – An Antioxidative Protectant In Soybean During Senescence. **Plant And Soil**, v. 272, p. 77-86, 2005.

- DOUGLAS, J. S. **Hidroponia:** cultura sem terra. São Paulo: Nobel, 1987, 141 p.
- DUMONT, E.; DE PAUW, L.; VANHAECKE, F.; CORNELIS, R. Speciation of se in bertholletia excelsa (brazil nut): a hard nut to crack? **Food Chemistry**, v. 95, n. 4, p. 684-692, 2006.
- ELKAHOUI, S.; SMAOUI, A.; ZARROUK, M.; GHRIR, R.; LIMAM, F. Salt-induced lipid changes in catharanthus roseus cultured cell suspensions. **Phytochemistry**, v. 65, p. 1911–1917, 2004.
- FELIPPE, G. M. **Entre o jardim e a horta:** as flores que vão para a mesa. São Paulo: Senac. 2004, 288 p.
- FERNANDES L.; CASAL, S.; PEREIRA A. J.; SARAIVA A. J.; RAMALHOSA E.; Uma perspectiva nutricional sobre flores comestíveis. **Acta Portuguesa de Nutrição**, Porto, n. 6, p. 32-37, 2016.
- FERNANDES L.; CASAL, S.; PEREIRA A. J.; SARAIVA A. J.; RAMALHOSA E.; Edible Flowers: A review of nutritional properties, antioxidants, antimicrobials and effects on human health. **Journal of food composition and analysis**, v. 60, p. 38-50, 2017.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- FERREIRA, K. S.; GOMES, J. C.; BELLATO, C. R.; JORDÃO, C. P. Concentrações de selênio em alimentos consumidos no Brasil. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 11, p. 172-177, 2002.
- FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas. **Instituto Agrônomo**, Campinas, n. 180, p. 52, 1999.
- GRAHAM, R. D.; WELCH, R. M.; SAUNDERS, D. A. et al. Nutritious subsistence food systems. **Advances in Agronomy**, v. 92 p. 1-74, 2007.
- HANSON, B.; LINDBLOM, S. D.; LOEFFLER, M. L.; PILON-SMITS, E. A. Selenium protects plants from phloem-feeding aphids due to both deterrence and toxicity. **New Phytol**, v. 162, p. 655-662, 2004.
- HARTIKAINEN, H.; XUE, T. L.; PIIRONEN, V. Selenium as an antioxidant and pro-oxidant in ryegrass. **Plant Soil**, v. 225, p. 193-200, 2000.
- HAWRYLAK-NOWAK, B.; MATRASZEK, R.; POGORZELEC, M. The dual effects of two inorganic selenium forms on the growth, selected physiological parameters and macronutrients accumulation in cucumber plants. **Acta Physiologiae Plantarum**, Warszawa, v. 37, n. 2, p. 37-41, 2015.
- HAYAT, M. U.; et al. Preliminary phytochemical screening and in vitro antioxidant activity of methanolic extract of *Tropaeolum majus* L. Seed. **Journal of Pharmaceutical Research International**, v. 19, p. 1-6, 2017.

HOTZ, C.; BROWN, K. H. Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control. **Food and Nutrition Bulletin**, v. 25, p. 91-204, 2004.

JIANG, C.; ZU, C.; LU, D.; ZHENG, Q.; SHEN, J.; WANG, H.; LI, D. Effect of exogenous selenium supply on photosynthesis, Na⁺ accumulation and antioxidative capacity of maize (*Zea mays* L.) under salinity stress. **Scientific Reports**, London, v. 7, p. 42039, 2017.

KIM, S. J.; HAHN, E. J; PAEK, K. Y. Production of chrysanthemum transplants as affected by hydroponic systems, electrical conductivity in nutrient solution, and photosynthetic photon flux. **Horticulture, Environment and Biotechnology**, v. 47, n. 6, p. 349-352, 2006.

KIM, G. C. et al. Anti-adipogenic effects of *Tropaeolum majus* (nasturtium) ethanol extract on 3T3-L1 cells. **Food & Nutrition Research**, v. 61, 2017.

LANDI, M.; RUFFONI, B.; COMBOURNAC, L.; GUIDI, L. Nutraceutical value of edible flowers upon cold storage. **Italian Journal of Food Science**, v. 30, p. 336 – 347, 2018.

LOBO, V.; PATIL, A.; PHATAK, A.; CHANDRA, N. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. **Pharmacognosy Reviews**, v. 4, p. 118-126, 2010.

LORENZI, H; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2002, 113 p.

LI, A.N.; LI, S.; LI, H. B.; XU, D. P.; XU, X. R.; CHEN, F. Total phenolic contents and antioxidant capacities of 51 edible and wildflowers. **Journal of Functional Foods**, v. 6, p. 319, 2014.

MALAFIA, G. Protein-energy malnutrition: A serious condition that still haunts the hospital context. **Revista Paulista de Pediatria**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 381-382, 2010.

MALORGIO, F.; DIAZ, K.; FERRANTE, A.; MENSUALI, A.; PEZZAROSSA, B. Effects of selenium addition on minimally processed leafy vegetables grown in floating system. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, p. 2243–2251, 2009.

MAIHARA, V. A.; GONZAGA, I. B.; SILVA, V. L.; FÁVARO, D. I. T.; VASCONCELLOS, M. B.A.; COZZOLINO, S. M. F. Daily dietary selenium intake of selected Brazilian population groups. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 259, p. 465-468, 2004.

MELO, E. F. R. Q.; SANTOS, O. S. dos. Growth and production of nasturtium flowers in three hydroponic solutions. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 584-589, 2011.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A; KOSEGARTEN, H; APPEL, T. Principles of plant nutrition. **International Potash Institute**, v. 5, cap. 20, p. 657-673, 2001.

MLCEK, J.; ROP, O. Fresh edible flowers of ornamental plants – A new source of nutraceutical foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, p.561–569, 2011.

MORA, M. DE LA L.; PINILLA, L.; ROSAS, A.; CARTES, P. Selenium uptake and its influence on the antioxidative system of white clover as affected by lime and phosphorus fertilization. **Plant Soil**, v. 303, 139-149, 2008.

MORA, M. L. et al. Improving selenium status in plant nutrition and quality. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Temuco, v. 15, n. 2, p. 486-503, 2015.

NAVARRO-GONZALEZ, I.; GONZALEZ-BARRIO, R.; GARCIA-VALVERDE, V.; BAUTISTA-ORTIN, A. B.; JESUS PERIAGO, M. Nutritional composition and antioxidant capacity in edible flowers: characterization of phenolic compounds by HPLC-DADESI/ MSn. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, p. 805, 2015.

NEWMAN, S. E.; O'CONNOR, A. S. **Edible Flowers**, Colorado State University Extension, n. 7237, 2009.

NIZZU, P. Y.; ROGRIGUEZ-AMAYA, A. B. Flowers and Leaves of *Tropaeolum majus* L. as rich sources of lutein. **Journal of Food Science**, v. 70, p. 605-609, 2005.

PARADISO, R. et al. Soilless cultivation of soybean for Bioregenerative Life-Support Systems: a literature review and the experience of the MELiSSA Project – Food characterisation Phase I. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 16, p. 69-78, 2014.

PARK, J. E.; JEONG, B. B. Flower yield and quality of two rosahybrida cultivars propagated by cutting, direct sticking, and stenting (cutting-graft). **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 51, n. 6, p. 483-486, 2010.

PEZZAROSSA, B.; REMORINI, D.; GENTILE, M. L.; MASSAI, R. Effects of foliar and fruit addition of sodium selenate on selenium accumulation and fruit quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, p. 781-786, 2012.

PUCCINELLI, M.; MALORGIO, F.; ROSELLINI, I.; PEZZAROSSA, B. Uptake and partitioning of selenium in basil (*Ocimum basilicum* L.) plants grown in hydroponics. **Scientia Horticulturae**, v. 225, p. 271-276, 2017.

RAMOS, S. J.; FRANQUIN, V.; ALMEIDA, H. J.; ÁVILA, F. W.; GUILHERME, L. R. G.; BASTOS, C. E. A.; ÁVILA, P. A. Selenato e selenito na produção, nutrição mineral e biofortificação com selênio em cultivares de alface. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 4, p. 1347-1355, 2011.

RAMOS, S. J.; FAQUIN, V.; GUILHERME, L. R. G.; CASTRO, E. M.; AVILA, F. W.; CARVALHO, G. S.; BASTOS, C. E. A.; OLIVEIRA, C. Selenium biofortification and antioxidante activity in lettuce plants fed with selenate and selenite. **Plant Soil Environ**, v. 12, p. 583-587, 2010.

RAYMAN, M. P. The argument for increasing selenium intake. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 61, p. 203-215, 2002.

_____. Selenium and human health. **The Lancet**, London, v. 379, n. 9822, p. 1256-1268, 2012.

RIBEIRO, W. S.; BARBOSA, J. A.; COSTA, L. C. da. **Capuchinha (*Tropaeolum majus* L.)** Brasília: Editora Kiron, 2012, 100 p.

RÍOS, J. J. et al. Biodortificação of Se and induction of the antioxidant capacity in lettuce plants. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 116, n. 3, p. 248-255, 2008.

RÍOS, J. J.; BLASCO, B.; LEYVA, R.; SANCHEZ-RODRIGUES, E.; RUBIO-WILHELMI, M. M.; ROMERO, L.; RUIZ, J. M. Nutritional balance changes in lettuce plant grown under different doses and forms of selenium. **Journal of Plant Nutrition**, Nova York, v. 36, n. 9, p.1344-1354, 2013.

SALEM, J. H.; CHEVALOT, I.; HARSCOAT-SCHIAVO, C.; PARIS, C.; FICK, M.; HUMEAU, C. Biological activities of flavonoids from *Nitraria retusa* (Forssk.) Ach. and their acylated derivatives. **Food Chemistry**, v. 124, p. 486-494, 2011.

SANGALLI, A.; VIEIRA, M. C.; ZÁRATE, N. A. H. Resíduo Orgânico e Nitrogênio na Produção de Biomassa da Capuchinha (*Tropaeolum majus* L.). **Revista Ciência Agrotecnologia**, v. 28, p. 831-839, 2004.

SANGALLI, A.; SCALON, S. P. Q.; CARVALHO, J. C. L. Perda de massa de flores de capuchinha após armazenamento. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 471-474, 2007.

SANTO, A. P. E.; MARTINS, I. S. S.; TOMY, S. C.; FERRO, V. O. Efeito anticoagulante in vitro do extrato hidroetanólico das folhas e flores edulas de *Tropaeolum majus* L. (Tropaeolaceae) sobre o plasma humano. **Latin American Journal of Pharmacy**, v. 26, p. 732-736, 2007.

SANTOS, O. S. **Soluções nutritivas: Hidroponia**. Santa Maria: Colégio Politécnico da UFSM, v. 1, p. 80-99, 2010.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005. p. 640.

SILVA, L. F. L.; SOUZA, D. C.; RESENDE, L. V.; NASSUR, R. DE C. M. R.; SAMARTINI, C. Q.; GONÇALVES, W. M. Nutritional Evaluation of Non-Conventional Vegetables in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, p. 1775-1787, 2018.

SILVA, T. P.; LIMA, J. S.; CAVATTE, R. P. Q.; CUQUEL, F. L.; FINGER, F. L. Physiology of Flower Development in *Tropaeolum majus* L. **Acta Horticulturae**, v. 1002, p. 193-197, 2013.

SUN, X.; ZHONG, Y.; HUANG, Z.; YANG, Y. Selenium accumulation in unicellular green alga *Chlorella vulgaris* and its effects on antioxidant enzymes and content of photosynthetic pigments. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 9, n. 11, 2014.

TERRY, N.; ZAYED, A. M.; SOUZA, M. P.; TARUN, A. S. Selenium in higher plants. **Annual review of plant physiology and plant molecular biology**, Haia, v. 51, n. 1, p. 401-432, 2000.

TURAKAINEN, M.; HARTIKAINEN, H.; EKHOLM, P.; SEPPÄNEN, M. M. Distribution of selenium in different biochemical fractions and raw darkening degree of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers supplemented with selenate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 8617–8622, 2006.

VALKAMA, E.; KIVIMÄENPÄÄ, M.; HARTIKAINEN, H.; WULFF, A. The combined effects of enhanced UV-B radiation and selenium on growth, chlorophyll fluorescence and ultrastructure in strawberry (*Fragaria X ananassa*) and barley (*Hordeum vulgare*) treated in the field. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 120, p. 267–278, 2003.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets – iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. **New Phytologist**, v. 182, p. 49-84, 2009.

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

XUE, T.; HARTIKAINEN, H.; PIIRONEN, V. Antioxidative and growth-promoting effect of selenium on senescing lettuce. **Plant and Soil**, v. 237, p. 55–61, 2001.

ZANETTI, G. D.; MANFRON, M. P.; HOELZEL, S. C. S. Análise morfo-anatômica de *Tropaeolum majus* L. (Tropaeolaceae). **Iheringia**, Porto Alegre, v. 59, n. 2, p. 173-178, 2004, (Série Botânica).

ZHANG, Y.; PAN, G.; CHEN, J.; HU, Q. Uptake and transport of selenite and selenate by soybean seedlings of two genotypes. **Plant Soil**, v. 253, p. 437-443, 2003.

ZHU, Y. G.; PILON-SMITS, E. A. H.; ZHAO, F. J.; WILLIAMS, P. N.; MEHARG, A. A. Selenium in higher plants: Understanding mechanisms for biofortification and phytoremediation. **Trends in plant science**, v. 14, p. 436-442, 2009.

ZHU, Z.; CHEN, Y. L.; SHI, G. Q.; ZHANG, X. J. Selenium delays tomato fruit ripening by inhibiting ethylene biosynthesis and enhancing the antioxidant defense system. **Food Chemistry**, v. 219, p. 179–184, 2017.