



**MARCOS JOSÉ TEIXEIRA DE CASTRO**

**AVALIAÇÃO DE COBRE ORGÂNICO TRIBÁSICO NO  
DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE ALFACE**

**LAVRAS - MG  
2020**

**MARCOS JOSÉ TEIXEIRA DE CASTRO**

**AVALIAÇÃO DE COBRE ORGÂNICO TRIBÁSICO NO DESENVOLVIMENTO DE  
MUDAS DE ALFACE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte das  
exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção  
do título de Bacharel.

Prof. Dr. Cleiton Lourenço de Oliveira  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2020**

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

Castro, Marcos José Teixeira de.

Avaliação de cobre orgânico tribásico no desenvolvimento de mudas  
de alface / Marcos José Teixeira de Castro. – 2020.

42 p. : il.

Orientador: Cleiton Lourenço de Oliveira.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. Agroecologia. 2. Agricultura orgânica 3. *Lactuca sativa*. I.  
Oliveira, Cleiton Lourenço de. II. Título.

**MARCOS JOSÉ TEIXEIRA DE CASTRO**

**AVALIAÇÃO DE COBRE ORGÂNICO TRIBÁSICO NO DESENVOLVIMENTO DE  
MUDAS DE ALFACE**

**EVALUATION OF TRIBASIC ORGANIC COPPER IN THE DEVELOPMENT OF  
LETTUCE SEEDLINGS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte das  
exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção  
do título de Bacharel.

APROVADO em 21 de agosto com 2020.

Dr. Orlando Gonçalves Brito            UFLA

Ma. Sylmara Silva                      UFLA

Prof. Dr. Cleiton Lourenço de Oliveira  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2020**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por estar sempre iluminando o meu caminho e nunca deixando de interceder por mim mesmo nos momentos mais difíceis.

A todos os meus familiares, que me deram todo amor possível, em especial minha mãe Flora por sempre me apoiar em todas as circunstâncias e por sempre lutar para que eu realizasse meus sonhos.

Ao meu orientador Cleiton, por todos os ensinamentos nesse período, apoio e paciência durante meu experimento e escrita da monografia.

Aos membros presentes na banca, por terem aceitado meu convite e colaborado com meu trabalho.

Aos companheiros do setor de olericultura, em especial ao meu colega Matheus, por toda ajuda prestada durante a condução e nas avaliações do experimento.

Aos meus amigos Marlon, Matheus, Marco, Thiago, João Marcos, Fernando, Luís Henrique, Celso, Eric e Rafael e todos os outros que conheci durante a graduação por sempre estarem junto a mim nos momentos mais difíceis dessa caminhada.

A todas as pessoas que pude conhecer em Lavras, pelo companheirismo e pelas diversões que me ajudaram a distrair os pensamentos e seguir em frente mais tranquilo.

## RESUMO

Atualmente a agricultura orgânica está sendo muito difundida como contribuição para o desenvolvimento sustentável e melhoria da qualidade de vida, possibilitando à população a oferta e consumo de alimentos saudáveis e maior valor agregado para o produtor. O consumidor tem demonstrado maior interesse por produtos orgânicos, principalmente hortaliças, devido a qualidade nutricional e inocuidade dos alimentos consumidos, o que requer tecnologias que viabilizem a produção orgânica. A formação de mudas de qualidade é uma fase muito importante na cadeia produtiva de hortaliças orgânicas, além da utilização de produtos certificados para este sistema produtivo. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de doses de cobre orgânico sobre o crescimento e desenvolvimento de mudas de alface. O experimento buscou avaliar os possíveis efeitos de cada dosagem do cobre no desenvolvimento de mudas de alface. O experimento foi implantado em no setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 6x6, sendo seis cultivares de alface e seis doses de cobre orgânico, totalizando 36 tratamentos. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições. As cultivares utilizadas foram uma lisa (Regina 71), duas americanas (Laurel e Astra) e três roxas (Mimosa Salad Brown, Mirela e Red Star). Em relação às doses de cobre orgânico, utilizou as doses de 0, 15, 30, 45, 60 e 100 mL por 100 L de água do produto comercial. Cada parcela foi constituída por 10 mudas. Em todos os tratamentos, foi feita uma aplicação semanal à base de MAP e KCl, a fim de suprir as demandas nutricionais dos demais nutrientes necessários para um bom desenvolvimento da planta. Aos 21 dias após a semeadura, avaliou-se o número de folhas; diâmetro do coleto; altura total da muda e do sistema radicular; massa fresca total e do sistema radicular; massa seca de parte aérea e massa seca de sistema radicular. A utilização do produto a base de cobre afetou negativamente o crescimento de parâmetros que podem relacionar um efeito fitotóxico do cobre no desenvolvimento das mudas de alface.

**Palavras-chave:** Agroecologia. Agricultura orgânica. *Lactuca sativa*. Nutrição. Parâmetros.

## ABSTRACT

Organic agriculture has currently been widespread to contribute to sustainable development and improve the quality of life, offering the population the option of consuming healthy food and providing greater added value to the products. Consumers have shown greater interest in organic products, especially vegetables, due to the nutritional quality and harmlessness of the foods consumed, which require technologies to make organic production feasible. Growing quality is vital for the vegetable production chain and includes the use of certified products. Therefore, the experiment sought to evaluate the possible effects of each dose of organic copper on the growth and development of lettuce seedlings. The experiment was implemented in the olericulture sector of the Universidade Federal de Lavras (UFLA). The treatments were arranged in a 6x6 factorial scheme, with six lettuce cultivars and six doses of organic copper, totaling 36 treatments, in a completely randomized design, with three replicates. The cultivars used were one smooth (Regina 71), two American (Laurel and Astra), and three purple (Mimosa Salad Brown, Mirela, and Red Star). The doses of organic copper used were 0, 15, 30, 45, 60, and 100 mL of commercial product per 100 L of water. Each plot consisted of 10 seedlings. In all treatments, a weekly dose of MAP and KCl was applied to meet the nutritional demands of the other nutrients necessary for good plant development. The number of leaves, collar diameter, total height of the seedling, total height of the root system, total fresh mass, total root mass, shoot dry mass, and root dry mass were evaluated at 21 days after sowing. The use of the copper-based product negatively affected the parameters, possibly due to the phytotoxic effect of copper on the development of lettuce seedlings.

**Keywords:** Agroecology. Organic agriculture. *Lactuca sativa*. Nutrition. Parameters.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mudanças de seis cultivares de alface submetidas à diferentes doses de cobre orgânico, aos 14 dias após a semeadura. ....	26
Figura 2 - Mudanças retiradas da bandeja para avaliação.....	26
Figura 3 - Lavagem do sistema radicular das mudanças para posterior avaliação. ....	27
Figura 4 - Secagem das raízes em papel toalha e desenrolamento das mesmas.....	27
Figura 5 - Mudanças para pesagem da Massa Fresca Total.....	28
Figura 6 - Separação das mudanças para pesagem da Massa Fresca Radicular. ....	28
Figura 7 - Disposição dos sacos de papel para secagem na estufa. ....	29



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Importância relativa das principais doenças da alface sob diferentes etapas do cultivo de produção.....	21
Tabela 2 - Análise de variância para os caracteres, número de folhas, diâmetro do coleto, altura de parte aérea, comprimento de raiz, massa fresca de parte aérea, massa fresca de raiz, massa seca de parte aérea e massa seca de raiz avaliados em mudas de cultivares de alface submetidas à doses de cobre orgânico. ....	30
Tabela 3 - Médias do número de folhas em mudas de cultivares de alface submetidas à doses de cobre orgânico.....	31
Tabela 4 - Médias do diâmetro do coleto (mm) em mudas de cultivares de alface submetidas à doses de cobre orgânico. ....	32
Tabela 5 - Médias da altura da parte aérea (mm) em mudas de cultivares de alface submetidas à doses de cobre orgânico. ....	32
Tabela 6 - Médias do comprimento de raiz (mm) em mudas de cultivares de alface submetidas à doses de cobre orgânico. ....	33
Tabela 7 - Médias da massa fresca da parte aérea (g) em mudas de cultivares de alface submetidas à doses de cobre orgânico. ....	34
Tabela 8 - Médias da massa fresca radicular (g) em mudas de cultivares de alface submetidas à doses de cobre orgânico. ....	34
Tabela 9 - Médias da massa seca da parte aérea (g) em mudas de cultivares de alface submetidas à doses de cobre orgânico. ....	35
Tabela 10 - Médias da massa seca radicular (g) em mudas de cultivares de alface submetidas à doses de cobre orgânico. ....	36

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	12
<b>2.1</b>	<b>Agroecologia e Agricultura Orgânica</b> .....	12
<b>2.2</b>	<b>Cultivo da alface</b> .....	16
<b>2.3</b>	<b>Sintomas de deficiência e excesso do cobre em alface</b> .....	18
<b>2.4</b>	<b>Principais doenças na cultura da alface</b> .....	20
<b>2.5</b>	<b>A função do cobre no controle das doenças</b> .....	22
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	25
<b>3.1</b>	<b>Tratamentos</b> .....	25
<b>3.2</b>	<b>Semeadura</b> .....	25
<b>3.3</b>	<b>Avaliações fitotécnicas</b> .....	26
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	30
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	38
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	39

## 1 INTRODUÇÃO

O modelo de agricultura convencional ou industrial adotado no Brasil tem como referência a utilização intensiva de fertilizantes químicos altamente solúveis e agrotóxicos, sem os quais, segundo esta lógica, não há garantia de produção. Entretanto, como aponta Sarandon (2009), mesmo tendo proporcionado aumentos significativos de produtividade dos cultivos e formado sistemas aparentemente rentáveis, questiona-se a associação deste modelo a uma série de problemas ecológicos e socioambientais.

Segundo Bellon et al. (2011), as agriculturas tidas como alternativas ao modelo convencional são consideradas como de grande potencial para contribuir e enfrentar esses desafios da segurança alimentar e da preservação do meio ambiente, tais como a Agroecologia e a Agricultura Orgânica. Para além de objetivos comuns, ambas se referem à ecologia e questionam o modelo tecnológico implantado durante o século XX, porém, sustentam-se em definições, paradigmas e princípios diferenciados (BELLON et al., 2011).

De acordo com Abreu et al. (2012), a Agricultura Orgânica tem suas raízes na ciência do solo, enquanto a Agroecologia sustenta seus princípios na ecologia. Ambas têm distintas combinações, trocas e interações e expressam novas tendências da multifuncionalidade da agricultura e aproximação entre produtores e consumidores.

O processo de conversão da agricultura convencional para agroecológica preconiza a racionalização econômica e produtiva, além de provocar uma mudança nas atitudes e valores dos agricultores em relação ao manejo e conservação dos recursos naturais, como afirma Caporal (2004).

No Brasil, a alface é considerada a principal hortaliça folhosa e houve muitas mudanças quanto aos tipos varietais predominantes no país, da alface lisa até a década de 90, para o tipo crespa, mais cultivada atualmente. De acordo com Sala e Costa (2012), a alface americana vem apresentando maiores índices de crescimento e aceitação pelo mercado consumidor, pois suas folhas mais espessas têm conferido melhor sabor, crocância e durabilidade pós-colheita.

A atividade de produção de hortaliças em sistema orgânico tem crescido diante da necessidade de proteção da saúde dos produtores e consumidores e da preservação ambiental. Como no sistema convencional, a produção de mudas é uma das etapas mais importantes da produção de hortaliças orgânicas, pois a qualidade da muda determina o desempenho produtivo das plantas, além da utilização de fertilizantes orgânicos (SEDIYAMA et al. 2014).

As plantas necessitam receber níveis adequados de nutrientes, através dos macro e micronutrientes, para seu desenvolvimento normal e sua produção e a carência de informações sobre o micronutriente cobre é o que justificou o presente trabalho, que objetivou avaliar diferentes doses de cobre na época de produção de mudas, sobre as características produtivas e de qualidade da alface.

Para Marschner (1995), o cobre é um nutriente essencial para o crescimento das plantas quando em níveis adequados, sendo conhecido por desempenhar importante papel na nutrição mineral, bioquímica e fisiologia das plantas, participando de diversos processos metabólicos nas plantas.

A Instrução Normativa Nº 28 (MAPA, 2011), considera em seu Art. 14 que “No tratamento e armazenagem de sementes e mudas orgânicas, somente serão permitidos os produtos presentes no Anexo que trata das substâncias e práticas permitidas para manejo e controle de pragas e doenças nos vegetais em sistemas orgânicos de produção, da Instrução Normativa que regulamenta a produção animal e vegetal orgânica.”

Como a produção de mudas de qualidade é muito importante no cultivo de hortaliças para maior produtividade e diminuição de riscos, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de cobre orgânico sobre o crescimento e desenvolvimento de mudas de alface americana.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Agroecologia e Agricultura Orgânica

Ao longo do século XX, a humanidade conviveu com uma agricultura baseada na produtividade e produção em larga escala. Este modelo de produção se estabeleceu entre as décadas de 1960 e 1970, por meio de medidas articuladas de modernização da agricultura em uma ação denominada de Revolução Verde, a qual impulsionou o desenvolvimento de tecnologias, máquinas agrícolas e indústria química, que embora tenham aumentado a produção de alimentos, também causaram grandes impactos ao meio ambiente e à saúde do homem, por meio da ingestão de alimentos contaminados e do contato com os agrotóxicos (MOREIRA, 1995).

Para Graziano Neto (1986), foi nesse período que ocorreu uma das maiores transformações na história da agricultura mundial, baseada na melhoria do desempenho dos índices de produtividade agrícola, por meio da substituição dos moldes de produção locais ou tradicionais por novas tecnologias, fomentado com enormes sacrifícios sociais e ambientais.

Entretanto, de acordo com Gliessman (2009), dentre os principais impactos negativos deste modelo de produção, é possível destacar a degradação do solo, perda de diversidade genética, poluição do ambiente, dependência de insumos externos, desperdício e uso exagerado de água, perda do controle local sobre a produção agrícola e desigualdades locais.

Saradon (2009) destaca os problemas mais relevantes do modelo de produção da Revolução Verde como sendo a dependência crescente de combustíveis fósseis e a baixa eficiência energética; a degradação dos recursos naturais, contaminação de alimentos e meio ambiente; o uso crescente de agrotóxicos (inseticidas, herbicidas, fungicidas) e fertilizantes químicos; o impacto negativo sobre a saúde dos agricultores e dos consumidores; a erosão genética (perda de variedades crioulas); diminuição da biodiversidade com a simplificação dos agroecossistemas; a perda de técnicas, da cultura e de saberes tradicionais dos agricultores; e o aumento do êxodo e da pobreza rural

Com isso, disseminou-se pelo mundo o uso de produtos químicos na agricultura e na pecuária, despertando a necessidade de criar um sistema diferente de produção de alimentos de maneira mais sadia para o homem, para os animais e para o meio ambiente. Ou seja, um modelo de produção que contemple não só a dimensão econômica, mas também a social, ambiental, política e ética, estimulando a busca de uma forma de agricultura sustentável, com tecnologias ecologicamente adequadas, que respeitem o meio ambiente e as condições de vida

do homem que a pratica. Dessa forma, o sistema agroecológico surgiu diante do duplo desafio de ser sustentável e produtivo, para alimentar a população humana que é crescente (EMATER, 2005).

Existem vários estilos de agriculturas alternativas, as quais não se identificam com os objetivos puramente econômicos da agricultura convencional, que seguem diferentes crenças, filosofias, orientações teóricas, práticas e tecnologias e que, não necessariamente, seguem todos os princípios da Agroecologia.

A vulgarização do uso da expressão agro + ecologia tem levado muitas pessoas a confundir Agroecologia com um tipo de agricultura, o que significa um reducionismo com respeito à potencialidade que possui o enfoque agroecológico para o desenho de agriculturas sustentáveis e novas estratégias do desenvolvimento rural. (CAPORAL & COSTABEBER, 2004b)

Dentro de uma perspectiva mais agrônômica, dois ícones da pesquisa e do ensino neste campo de conhecimento apresentam a proposta da incorporação de aspectos socioculturais e econômicos aos conceitos de Agroecologia. Para Gliessman, (2000), a Agroecologia poderia ser definida como sendo a “aplicação dos princípios e conceitos da Ecologia no manejo e desenho de agroecossistemas sustentáveis”, ou como diz Altieri (1989), “a Agroecologia permite o estudo das atividades agrícolas sob uma perspectiva ecológica” e também “a Agroecologia é uma ciência que fornece os princípios ecológicos básicos para estudar, desenhar e manejar agroecossistemas produtivos, que conservem os recursos naturais, que sejam culturalmente apropriados, socialmente justos e economicamente viáveis”.

Sendo assim, a Agroecologia não é um tipo de agricultura alternativa, ao mesmo tempo em que destaca a complexidade dos processos socioculturais, econômicos e ecológicos que precisam ser enfrentados na dinâmica da transição agroecológica, que, muitas vezes, fogem do âmbito estrito das práticas agrícolas (EMATER, 2005).

Assim como diversos autores que defendem a Agroecologia enquanto ciência, Caporal e Costabeber (2002) sintetizam os conceitos de três renomados Agroecólogos (Altieri, Gliessman e Guzmán), que definiram a Agroecologia como Ciência ou um conjunto de conhecimentos de natureza multidisciplinar, cujos ensinamentos pretendem contribuir na construção de estilos de agricultura de base ecológica e na elaboração de estratégias de desenvolvimento rural, tendo-se como referência os ideais da sustentabilidade numa perspectiva multidimensional.

De acordo com a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (2005), a conceituação de Agroecologia permite afastar a confusão entre a Agroecologia, como enfoque científico, e as diferentes agriculturas alternativas, que são aquelas que não se identificam com os objetivos puramente econômicos da agricultura convencional, como a Orgânica, Ecológica, Permacultura, Biológica, Natural, Biodinâmica, etc.

De acordo com Costabeber (2004), a Agricultura Orgânica teve origem na Índia em 1931, com o inglês Albert Howard, tendo como base o sistema de compostagem com o uso de materiais vegetais e animais da propriedade, assegurando a vida biológica do solo, a ciclagem dos nutrientes e a nutrição e sanidade das culturas, sem nenhum caráter filosófico e religioso.

Existem muitas dúvidas e confusões sobre qual a diferença ou relação entre a Agroecologia e a Agricultura Orgânica. Por isso, Melão (2010) aponta que são termos distintos, sendo a Agroecologia uma ciência e a Agricultura Orgânica uma prática.

Apesar das origens imbricadas, a Agroecologia e a Agricultura Orgânica não devem ser vistas como sinônimos pois a primeira é uma ciência, com limites teóricos bem definidos, enquanto a segunda trata de uma prática agrícola que se expressa a partir de um encaminhamento tecnológico e mercadológico, que pode ou não respeitar os princípios agroecológicos (MELÃO, 2010).

Segundo Khatounian (2001), os movimentos de produção sem agroquímicos sentiram a necessidade de criar uma organização em nível internacional, tanto para o intercâmbio de experiências, quanto para estabelecer os padrões mínimos de qualidade para os produtos de todos os movimentos. Decidiu-se, então, pelo termo “Agricultura Orgânica” para designar o conjunto das propostas alternativas, aplicando, para todas elas, as normas e os procedimentos de identificação e certificação da Agricultura Orgânica.

No Brasil, a legislação determina que “para um produto ser considerado orgânico, o processo produtivo deve contemplar o uso responsável do solo, da água, do ar e dos demais recursos naturais, respeitando as relações ambientais, sociais e culturais” (BRASIL, 2003). Assim, o termo Agricultura Orgânica tem sido frequentemente usado para designar um sistema de produção que não utiliza produtos químicos e que adota manejo sustentável.

Pela legislação, também são denominados de agricultura orgânica os sistemas de produção ecológico, biodinâmico, natural, regenerativo, biológico, agroecológicos, permacultural e outros que atendam os princípios estabelecidos na Lei (BRASIL, 2003).

Conforme Abreu et al. (2012), a Agricultura Orgânica foi definida por alguns autores como agricultura de produtos, enquanto Meirelles (2000) afirma que a pressão do mercado tem feito com que muitos agricultores desenvolvam uma “Agricultura Orgânica de mercado”,

cuja preocupação é atender as exigências do mercado, se distanciando dos princípios ecológicos.

As normas e procedimentos para produção, processamento, identificação e certificação de produtos da agricultura orgânica, estão definidos pela Instrução Normativa de n.º 007 de 1999, do Ministério da Agricultura e pela Lei 10.831, de 23/12/2003 que regulamentam o sistema orgânico de produção. Ressalta-se o que diz a lei 10.831/2003 em relação ao sistema orgânico de produção:

Art. 1º Considera sistema orgânico de produção agropecuária todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não-renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente (BRASIL, 2003).

Hirata (2015) observou que na comercialização de um produto como “orgânico”, a legislação exige a certificação dos produtos por um organismo reconhecido oficialmente, podendo ser realizada por empresas de auditoria ou pelos Organismos de Avaliação da Conformidade Orgânica.

Conforme dados do *International Federation of Organic Agriculture Movements - IFOAM* (2017), a agricultura orgânica cresceu em terras agrícolas, produtores e mercados orgânicos. No entanto, o desenvolvimento varia muito entre países e regiões. Em 2017 as terras agrícolas orgânicas atingiram um nível recorde de 69,8 milhões de hectares, com aumento de 20% em relação a 2016, considerado o maior crescimento da área até agora. A Austrália lidera com 35,65 milhões de hectares e depois a Argentina com 3,39 milhões de hectares. Em todos os continentes, a área orgânica aumentou 1,4% da terra agrícola e em 14 países, 10% ou mais das terras agrícolas são orgânicas com 2,9 milhões de produtores, em 181 países com atividades orgânicas. Já no Brasil, o crescimento anual médio é de 30% e existe uma forte demanda do mercado exportador, especialmente, por países como o Japão, Estados Unidos e União Europeia (IFOAM, 2017).

Os autores Caporal e Costabeber (2004) sugerem que a transição da agricultura convencional para agriculturas sustentáveis ocorre mediante um processo gradual de mudanças, nas formas de manejo dos agroecossistemas. O processo é contínuo e multilinear,



no qual vão sendo apropriados e incorporados novos princípios, métodos, práticas e tecnologias, que levam à construção de agriculturas de base ecológica e ao redesenho dos agroecossistemas, para assegurar patamares mais adequados de sustentabilidade em todas as suas dimensões.

## 2.2 Cultivo da alface

Com nome popular alface e científico *Lactuca sativa* L., da família das Asteraceae, a alface é a hortaliça de folhas comestíveis mais popular, podendo ter folhas lisas ou crespas, com ou sem formação de cabeça. Também existem alfaces com folhas roxas ou folhas bem recortadas (SALA & COSTA, 2012).

Segundo Chitarra & Chitarra (2005), a alface é rica em folato, com boa quantidade de betacaroteno, vitamina C, potássio e certos fitoquímicos, como os flavonóides e lactucina. Além disso, os autores ressaltam que tão importante quanto a composição de nutrientes é a segurança de alimentos, os quais devem ser livres de toda e qualquer substância química, natural ou contaminante, causadora de danos à saúde do consumidor.

A alface é considerada a hortaliça folhosa mais importante mundialmente, sendo seu consumo principalmente *in natura* na forma de saladas. Dentre as variedades produzidas no Brasil, destacam-se a alface crespa, americana, lisa e romana, como principais no ranking das preferências nacionais de cultivo e consumo (SALA; COSTA, 2012).

O ano de 2019 se mostrou mais animador para o produtor de alface, sendo que a safra de verão 2018/19 (dez a jun) apresentou cotações elevadas e rentabilidade positiva em todas as regiões, por causa do clima favorável e da demanda aquecida, além da menor oferta, que refletiu em preços acima dos custos de produção (CEPEA, 2019). Na safra de inverno (jun a dez) de 2019, mesmo com a redução de 11,3% da área nas regiões produtoras, a procura retraída e a boa produtividade pressionaram as cotações, que ficaram abaixo do custo em determinados períodos.

Já a perspectiva para a safra de verão 2019/20, estimativas iniciais indicam aumento de 12% na área das regiões acompanhadas pelo Hortifruti/Cepea (2019). Para o inverno 2020, a aposta é de manutenção na área em relação à safra 2019, uma vez que os resultados no inverno costumam ser mais limitados e a demanda por folhosas, mais retraída. Contudo, esse cenário vai depender do comportamento da safra de verão 2019/20 e das condições climáticas até o momento do plantio.

No que se refere à comercialização da alface em 2019, depois de baixas de preços constantes, em novembro as cotações voltaram a subir, movimento característico desta época do ano, quando o período chuvoso prejudica a produção, reduz a disponibilidade da folhosa aos mercados e, conseqüentemente, pressiona os preços para cima. Assim, somente na Ceasa/PR - Curitiba os preços sofreram queda de 5,84%. Nos demais mercados as elevações foram na maioria deles expressivas. Na Ceasa/PE - Recife a alta foi de 41,36%, na Ceagesp - São Paulo de 26,73%, na Ceasa/ES - Vitória foi de 24,75%, na Ceasa/DF de 23,47% e na Ceasaminas - Belo Horizonte de 14,27%, dentre as maiores altas. Com aumentos menores de preço aparecem a Ceasa/GO - Goiânia (4,08%), a Ceasa/CE - Fortaleza (2,22%) e a Ceasa/RJ - Rio de Janeiro (1,51%). Este movimento de preço de alta observado em novembro deve continuar em dezembro e estender-se até o início do ano (CONAB, 2019).

Quanto à oferta, o período chuvoso prejudica a produção, diminuindo a disponibilidade da folhosa aos mercados, pressionando os preços para cima, além da demanda com o aumento das temperaturas e consumo da folhosa. De acordo com os dados da CONAB (2019), o que vai agir como fator de freio desta alta é a qualidade da folhosa, que é influenciada negativamente com precipitações pluviométricas constantes, juntamente com o calor.

A alface é uma folhosa com desenvolvimento radicular superficial e por ter ciclo curto de desenvolvimento, deve ser colhida antes do início do pendoamento (emissão do pendão floral), momento em que as folhas começam a apresentar um sabor amargo característico. O plantio em local definitivo é feito por mudas semeadas em bandejas ou copinhos, com produtividade normal em 1 hectare de 20000kg (EMBRAPA, 2010)

Segundo a Embrapa (2010), esta hortaliça pode ser cultivada durante o ano todo, em todas as regiões do Brasil, a depender da cultivar escolhida, já que existem variedades adaptadas a climas mais quentes e outras para plantio em regiões de clima ameno. A alface de verão pode ser plantada o ano todo e o início de colheita será de 50 a 70 dias após o plantio. Já a alface de inverno tem época de plantio diferenciada de acordo com cada região do país (de fevereiro a outubro) e início de colheita de 60 a 80 dias.

Dentre os tipos de alface cultivados no Brasil, a alface americana tem se destacado e, a partir do início dos anos 1990, aumentaram a demanda e o mercado de alface americana devido ao aumento das redes de lanchonetes *fast foods* (SALA & COSTA, 2012). Segundo os autores, as principais cultivares de alface americana disponíveis no mercado apresentam limitações de cultivo em determinadas regiões e épocas de plantio. O pendoamento precoce

devido a temperaturas elevadas, afeta a formação da cabeça e a alta pluviosidade tem limitado seu cultivo no período de verão devido a perdas ocasionadas por doenças fúngicas e bacterianas.

Ainda de acordo com Sala & Costa (2012), muitas cultivares de alface americana foram desenvolvidas e utilizadas ao longo dessas últimas décadas de plantio no Brasil, destacando as cultivares que são caracterizadas por apresentarem “cabeça” compacta e ideais para o para o segmento *fast food*.

No seguimento de alface tropicalizada, três novas cultivares de alface adaptadas às condições brasileiras de plantio e com conceito de crocância foram desenvolvidas pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). São cultivares inovadoras para o Brasil, que possui mercado promissor para variedades com espessura folhear da alface americana (mais grossa) e características de uma planta aberta (sem formação de cabeça). Esta inovação se dá porque elas têm como característica principal serem variedades tropicalizadas, ou seja, adaptadas às condições tropicais de cultivo do país e, junto a isso, aliam o conceito diferenciado de crocância - atributo que confere melhor característica para consumo, processamento e higienização (UFSCar, 2014).

As variedades Rubinela, Romanela e Crocantela foram desenvolvidas por um processo de melhoramento genético que levou cerca de cinco anos, para atender a demanda do mercado brasileiro, sendo adaptadas à condição do clima de plantio, com o conceito de crocância e necessidade de uma cadeia pós-colheita mais eficiente. Este mesmo processo foi realizado para a cultivar Brunela, lançada em 2013 pela UFSCar.

O Programa de Melhoramento de Alface do CCA da UFSCar/Araras desenvolve variedades tropicais crocantes, resistentes à uma determinada anomalia com objetivo de atender a demanda do mercado de alfaces (consumidores, empresas de semente, produtores rurais, instituições de pesquisa etc.) com conceitos inovadores de tropicalização e crocância.

A nutrição correta das plantas é fundamental para seu desenvolvimento normal e sua produção e no cultivo da alface, as plantas necessitam receber níveis adequados de nutrientes, através dos macro e micronutrientes. Dentro dos micronutrientes, o cobre é ainda negligenciado e pode representar boas respostas nas plantas.

### **2.3 Sintomas de deficiência e excesso do cobre em alface**

As hortaliças folhosas, como a alface, são consideradas exigentes em nutrientes, em função de seus ciclos curtos, apesar de absorverem quantidades relativamente pequenas de

nutrientes (NETO e TISCHER, 2012). Segundo os autores, para se obter alta produtividade e máximo retorno econômico, a cultura da alface necessita receber nutrientes em doses adequadas, que permitam o desenvolvimento pleno e o fornecimento de um produto de boa qualidade.

Na falta de um determinado nutriente em diferentes vegetais o estresse é similar, pois as funções desempenhadas por eles também são similares. Desta forma, conforme a necessidade nutricional da planta ou objetivo do estudo, as plantas quando cultivadas em solução nutritiva, permitem a análise das desordens nutricionais, em consequência da falta ou excesso de elementos, pois a solução nutritiva pode ser equilibrada (MEYER et al., 1983).

Os elementos designados como macronutrientes, devido à quantidade encontrada na planta (quilogramas por hectare) são: o nitrogênio (N); o fósforo (P); o potássio (K); o cálcio (Ca); o magnésio (Mg) e o enxofre (S). Por outro lado, ainda serão encontrados os chamados de micronutrientes, devido à baixa quantidade na planta (gramas por hectare), que são: o boro (B); o cloro (Cl); o cobalto (Co); o cobre (Cu); o ferro (Fe); o manganês (Mn); o molibdênio (Mo) e o zinco (Zn) (NETO E TISCHER, 2012).

Segundo Ferreira & Cruz (1991), o cobre é um nutriente exigido em pequenas quantidades pelas culturas, sendo um dos últimos a desenvolver sintomas visuais de deficiência, quando seu suprimento não atende à demanda das plantas. Isso geralmente ocorre em teores muito baixos no solo e na matéria seca das plantas, que varia de 2 a 20 mg kg<sup>-1</sup>.

Contudo, conforme Chartterjee & Chartterjee (2000) postulam, este nutriente não tem recebido muita atenção de pesquisadores que trabalham com hortaliças, apesar do importante papel na nutrição mineral, bioquímica e fisiologia das plantas. Alguns trabalhos, como o de Levesque & Mathur, (1983) mostram que a aplicação de cobre tem proporcionado incrementos na produção de alface.

Quando deficiente na alface, são observadas folhas novas em forma de taça com os bordos ondulados para baixo. Por outro lado, a toxicidade de Cu ocasiona inicialmente uma clorose nas folhas jovens, devido ao seu efeito tóxico nas raízes. Este efeito indireto é principalmente causado pela diminuição na fotossíntese líquida, redução dos espaços intercelulares e alterações nos cloroplastos. (CHARTTERJEE & CHARTTERJEE, 2000)

A faixa de toxicidade do nutriente para as plantas varia com as espécies e tipo de solo, embora exista uma concordância na literatura que teores maiores que 20 mg kg<sup>-1</sup> na matéria seca sejam suficientes para reduzir o rendimento, particularmente quando este nível é atingindo nas folhas, como é apontado por Davis (1980) apud Levesque & Mathur (1983).

Além disso, Malavolta *et al.* (1997) ressaltam que a fitotoxicidade de cobre pode, também, manifestar certas mudanças na absorção pelas plantas de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn (Foy *et al.*, 1978), sendo mais comum a deficiência de Fe, em razão da inibição competitiva entre estes dois íons durante a absorção, além de paralisar o crescimento radicular e radículas enegrecidas. Para os autores, a deficiência de cobre causa morte descendente de ramos, gemas múltiplas, altera a tonalidade das folhas, tornando-as verde-azuladas, enroladas com as margens cloróticas voltadas para baixo.

Levesque & Mathur (1983) verificaram sintomas de toxicidade em alface, quando os teores de Cu nas folhas atingiram  $45 \text{ mg kg}^{-1}$ . Esses sintomas são similares aos de deficiência de Fe e pode estar relacionado, em parte, pela habilidade do Cu em deslocar outros metais, especificamente Fe, promovendo deficiência.

## **2.4 Principais doenças na cultura da alface**

Segundo a Embrapa (1998), a alface é uma das hortaliças mais presentes na mesa dos brasileiros e os principais atributos de qualidade da alface são plantas bem formadas e com boa aparência da folhagem, com ausência de danos físicos, insetos e lesões provocadas por doenças.

Ainda em concordância com os dados da Embrapa (1998), a cultura da alface está sujeita ao ataque de várias doenças e pragas, com cerca de 75 doenças transmissíveis, causadas por fatores bióticos como bactérias, fungos, nematoides e vírus, relatadas na cultura ao redor do mundo. A maioria das doenças é de origem virótica, em grande parte ainda não presente no Brasil. Além dessas doenças, a cultura pode apresentar distúrbios fisiológicos não transmissíveis, geralmente, associados à nutrição da planta. Plantas mal nutridas, por sua vez, tornam-se mais vulneráveis ao ataque de patógenos. É importante que se considere que os sintomas de doenças podem variar de acordo com a cultivar e com as condições climáticas locais, muitas vezes necessitando de exames laboratoriais para complementar a diagnose visual.

De acordo com a Circular Técnica da Embrapa Hortaliças (1998), as doenças da parte aérea da alface não são toleráveis, por afetarem diretamente o órgão comercializável, e devem ser, cuidadosamente, controladas. Muitas vezes, os propágulos dos patógenos, responsáveis por essas doenças, são provenientes das lavouras vizinhas, onde o controle fitossanitário, eventualmente, não é feito de forma adequada. Em outros casos, ocorre que a doença aparece já na sementeira, com mudas sendo contaminadas através de sementes infectadas e/ou

infestadas com patógenos, de propágulos de patógenos, vindos de lavouras próximas estabelecidas, ou da transmissão por insetos-vetores, como nas doenças de origem virótica. De maneira geral, se tratando de patógenos da parte aérea da alface, a sobrevivência de um ciclo a outro da cultura dá-se em restos culturais não decompostos ou em sementes, no caso de certos fungos e bactérias ou em insetos-vetores e plantas hospedeiras alternativas, no caso de vírus de fungicidas.

As doenças da parte aérea causadas por fungos são: Míldio, Septoriose, Mancha-de-cercóspora, Rizoctoniose ou Queima-da-saia e Podridão-de-botritis. Já as doenças causadas por bactérias são a Mancha bacteriana e outras bacterioses (em especial do gênero *Pseudomonas*). Dentre as doenças causadas por vírus são citados o Mosaico, Vira-cabeça e Mosqueado. (EMBRAPA, 1998)

Embora ocorram em menor incidência, as doenças de raiz e caule podem ser mais importantes por inutilizarem comercialmente toda a planta, comprometendo a área para plantios posteriores por serem provocadas por patógenos que sobrevivem por longos períodos no solo, levando à necessidade de rotação de culturas. A Circular Técnica da Embrapa Hortaliças (1998) descreve, como doenças causadas por fungos, o tombamento ou *damping off* e a podridão-de-esclerotínia; a podridão-mole como doença causada por bactéria e nematoides-das-galhas como doença causada por nematoides. Também estão descritas as doenças de causas abióticas (não transmissíveis), como: coração-podre; queima-de-bordas; queima-das-raízes e mancha-ferruginosa.

A Tabela 1, apresentada pela Embrapa (1998), resume a importância dessas doenças em relação às etapas do cultivo da alface e aos sistemas de produção empregados.

Tabela 1 - Importância relativa das principais doenças da alface sob diferentes etapas do cultivo de produção.

(continua)

Doença	Sementeira	Campo Gotejamento	Campo Aspersão	Cultivo protegido Micro- aspersão	Cultivo protegido Gotejamento	Hidroponia
Tombamento	+++	++	+	++	++	-
Míldio	++	+	+++	+++	++	+++
Septoriose	+	+	+++	+++	++	++
Cercospora	+	+	+++	+++	+	+++
Mancha-bacteriana	-	+	++	++	-	+
Podridão-mole	+	+	+++	++	+	+++

Tabela 1 - Importância relativa das principais doenças da alface sob diferentes etapas do cultivo de produção.

(conclusão)

Doença	Sementeira	Campo Gotejamento	Campo Aspersão	Cultivo protegido Micro- aspersão	Cultivo protegido Gotejamento	Hidroponia
Esclerotínia	-	++	++	+++	++	+
Mosaico	+	++	+	+	+	+
Vira-cabeça	+	++	++	+	++	+
Rizoctoniose	-	++	++	++	++	-
Nematóide	+	+	++	++	++	-
Queima-de- bordas	+	+	+	+	+	++
Coração- podre	-	++	+	+	+	++
Queima-de- raízes	-	-	-	-	+	+++

Legenda:

- Ocorrência não relatada ou não provocando nenhum dano.
- + Ocorrência pouco provável ou não provocando pouco dano.
- ++ Ocorrência provável ou provocando danos intermediário.
- +++ Ocorrência muito provável ou provocando grandes danos.

Fonte: Circular Técnica da Embrapa Hortaliças 14 (1998).

## 2.5 A função do cobre no controle das doenças

De acordo com Moraes (2015), os metais pesados são componentes naturais dos solos e, como é o caso do cobre (Cu), são considerados micronutrientes essenciais para as plantas, que são organismos autotróficos que possuem a habilidade de captar energia luminosa e sintetizar componentes vitais a partir do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), água (H<sub>2</sub>O) e nutrientes (macro e micronutrientes). Para o autor:

A planta necessita, basicamente, de 17 elementos essenciais, que podem ser divididos em não-minerais e minerais. Os nutrientes não-minerais, carbono (C), hidrogênio(H) e oxigênio (O), são absorvidos a partir da água (H<sub>2</sub>O) e do gás carbônico (CO<sub>2</sub>). Dentre os nutrientes minerais, seis são absorvidos e exigidos em quantidades superiores aos demais (N, P, K, Ca, Mg e S) e são chamados de macronutrientes. Já os micronutrientes são exigidos em menores quantidades, como os elementos Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl e Ni. (MORAES, 2015)

Conforme citado por Moraes (2015), embora a mobilidade do Cu nas plantas seja restrita, Marschner (1995) argumenta sobre vários aspectos fisiológicos, envolvendo a translocação de cobre de folhas senescentes para folhas jovens. No entanto, este processo

parece ser dependente da concentração. Assim, considera-se haver deficiência de cobre, quando o teor deste elemento varia entre 1 a 5 mg kg<sup>-1</sup> na biomassa seca.

A presença de altas concentrações de cobre no solo afeta, negativamente, o crescimento e a produtividade das plantas, devido à peroxidação lipídica das membranas celulares ao comprometimento da atividade fotossintética e aos processos de absorção e assimilação de nutrientes. Segundo o autor, os mecanismos envolvidos no aumento da tolerância das plantas ao Cu podem ser bastante diversificados e um mecanismo de defesa, que, provavelmente, está presente na maioria das plantas, é a baixa translocação do Cu das raízes para a parte aérea. Além disso, o excesso de Cu pode causar estresse oxidativo em plantas (MORAES, 2015).

Para caracterizar o efeito de diferentes concentrações de cobre(Cu), peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e óxido nítrico (NO) sobre a germinação, crescimento inicial, ciclo celular e o metabolismo de alface, bem como a possível ação protetora do NO sobre a fitotoxicidade do Cu, Moraes (2015), realizou três experimentos conduzidos em delineamento experimental inteiramente casualizado para caracterizar o efeito do Cu e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sobre os aspectos fisiológicos e citológicos. As sementes foram expostas às concentrações 50; 100; 250 e 500 µM de CuSO<sub>4</sub>e 1,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 m M de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sendo água destilada utilizada como controle negativo. O Cu não influenciou a germinação (G%) e a biomassa seca (BS), no entanto, comprimento de raiz (CR) e biomassa fresca (BF) foram reduzidos conforme o aumento da concentração.

O cobre, em pequenas concentrações, atua como micronutriente essencial para o desenvolvimento vegetal, porém, em altas concentrações, pode ser fitotóxico, devido à produção de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio. Há poucos relatos na literatura sobre a avaliação da toxicidade desse metal em plantas, bem como as interações com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e NO sobre o metabolismo antioxidante e alterações citogenéticas sobre organismos-teste vegetal. Nesse sentido, o autor aponta que:

A exposição de *Lactuca sativa* L. a diferentes condições do agente toxicante cobre, bem como as interações com espécies reativas de oxigênio e os possíveis mecanismos de proteção, podem trazer subsídios para compreender a fitotoxicidade desse metal (MORAES, 2015).

Resende *et al.* (2003) também conduziram três ensaios distintos no período de dezembro de 2002 a fevereiro de 2003, no município de Três Pontas/MG, com o objetivo de avaliar a influência de doses de cobre sobre a produção de alface americana (*Lactuca sativa*



L.). Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso, com cinco doses de cobre (0,00; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,60 kg/ha) e quatro repetições, aplicadas em três diferentes épocas via foliar (14, 21 e 28 dias após o transplântio).

Segundo os autores, para a massa fresca comercial, verificou-se efeito significativo apenas nas doses, onde constatou-se um efeito quadrático, sendo a dose de 0,35 kg/ha de cobre a que promoveu o maior retorno, com um incremento de 20,5% no rendimento, comparativamente à testemunha sem aplicação. Observou-se no comprimento do caule apenas efeito para épocas de aplicação, na qual a aplicação aos 14 e 21 dias, com comprimento de 5,2 e 5,7 cm, respectivamente, foram estatisticamente superiores, apresentando um menor comprimento de caule. Constatou-se na sanidade das folhas um efeito quadrático, no qual a dose de 0,41 kg ha<sup>-1</sup> de cobre aplicada aos 21 e 28 dias após o transplante proporcionou a melhor sanidade das folhas externas.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Tratamentos

O ensaio foi conduzido no setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 6x6, sendo seis cultivares de alface e seis doses de cobre orgânico, totalizando 36 tratamentos. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições. As cultivares utilizadas foram uma lisa (Regina 71), duas americanas (Laurel e Astra) e três roxas (Mimosa Salad Brown, Mirela e Red Star). Em relação às doses de cobre orgânico, utilizou as doses de 0, 15, 30, 45, 60 e 100 mL por 100 L de água do produto comercial. Cada parcela foi constituída por 10 mudas.

#### 3.2 Semeadura

O substrato utilizado para o plantio foi o Tropstrato HT Hortaliças, que é um substrato a base de casca de pinus, turfa e vermiculita expandida. Ele foi obtido no Setor de Olericultura da UFLA e distribuído em 12 bandejas plásticas de 200 células.

Uma vez preenchidas, as bandejas foram irrigadas com as diferentes doses de cobre orgânico tribásico por meio de regador plástico. O volume de calda utilizado em cada tratamento foi de 1,8 L, resultado em doses do produto comercial de 0; 0,27 mL; 0,54 mL; 0,81 mL; e 0,96 mL.

Após a aplicação do Cu, as bandejas foram identificadas e transferidas para estufas com irrigação por aspersão. Após uma semana, utilizou-se um marcador de furos para definir, em cada célula, o local de recebimento das sementes. Posteriormente, procedeu-se a semeadura e recobrimento das sementes com uma fina camada de substrato. Depois de 10 dias, foi realizado o desbaste das plântulas em excesso, deixando apenas uma por célula.

Foi feita uma aplicação semanal à base de MAP e KCl, onde os dois produtos foram misturados em uma proporção de 70% e 30%, e após isso diluiu-se 25 gramas da mistura em 10 litros de água. Essa calda foi utilizada em todos os tratamentos, a fim de suprir suas demandas nutricionais dos demais nutrientes necessários para um bom desenvolvimento das mudas (FIGURA 1).

Figura 1 - Mudanças de seis cultivares de alface submetidas à diferentes doses de cobre orgânico, aos 14 dias após sementeira.



Fonte: Do autor (2020).

### 3.3 Avaliações fitotécnicas

Foram avaliados o número de folhas, diâmetro do coleto (mm), altura total da muda (cm), comprimento do sistema radicular (cm), massa fresca total (g) e do sistema radicular (g), massa seca de parte aérea (g) e do sistema radicular (g). As avaliações foram realizadas ao 21 dias após a sementeira, quando as mudas atingiram o tamanho comercial.

Para iniciar a avaliação, retirou-se individualmente da estufa cada tratamento, separando-se as mudas de cada parcela. Inicialmente foi contando o número de folhas de cada planta (FIGURA 2). Posteriormente, para as próximas avaliações, realizou-se a lavagem das mudas em água para retirada do substrato presente nas mudas, possibilitando observar sua estrutura radicular e seu coleto (FIGURA 3). Também foi realizada a secagem das plantas com papel toalha, para a realização dos posteriores passos (FIGURA 4).

Figura 2 - Mudanças retiradas da bandeja para avaliação.



Fonte: Do autor (2020).

Figura 3 - Lavagem do sistema radicular das mudas para posterior avaliação.



Fonte: Do autor (2020).

Figura 4 - Secagem das raízes em papel toalha e desenrolamento das mesmas.



Fonte: Do autor (2020).

Após essa etapa, utilizando-se um paquímetro digital, foi medido o diâmetro do coleto das mudas, referente ao ponto de encontro da raiz com o caule. Também foi avaliado a altura total da muda e o comprimento do sistema radicular.

Para a avaliação da massa fresca total e do sistema radicular, as mudas foram levadas para o laboratório do Setor de Olericultura e, com o auxílio de uma balança eletrônica de precisão, pesou-se, primeiramente, as plantas com parte aérea + raiz (FIGURA 5) e, após, apenas as raízes das plantas de cada parcela (FIGURA 6).

Figura 5 - Mudas para pesagem da Massa Fresca Total.



Fonte: Do autor (2020).

Figura 6 - Separação das mudas para pesagem da Massa Fresca Radicular.



Fonte: Do autor (2020).

Após a separação da parte aérea e do sistema radicular, essas parte foram colocadas em em sacos de papel, foram mantidas em uma estufa de circulação forçada de ar e com uma

temperatura constante de 60° C (FIGURA 7). A cada 24 horas, cada saquinho foi pesado, até que houvesse estabilização do peso seco (peso final).

Figura 7 - Disposição dos sacos de papel para secagem na estufa.



Fonte: Do autor (2020).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta o resumo da ANAVA para todos os caracteres avaliados. Para as doses, houve diferença significativa para todos os caracteres avaliados, enquanto que para o fator cultivar, as mesmas não diferiram significativamente ( $p \geq 0,05$ ) apenas para o diâmetro e MFA. Houve interação significativa entre doses e cultivares para altura de raiz, MFR e MAS.

Tabela 2 - Análise de variância para os caracteres, número de folhas, diâmetro do coleto, altura de parte aérea, comprimento de raiz, massa fresca de parte aérea, massa fresca de raiz, massa seca de parte aérea e massa seca de raiz avaliados em mudas de cultivares de alface submetidas à doses de cobre orgânico.

FV	GL	Quadrados médios			
		Número de Folhas	Diâmetro do coleto	Altura de parte Aérea	Comprimento de Raiz
Dose (D)	5	13,16 <sup>***</sup>	2,13 <sup>***</sup>	258,8 <sup>***</sup>	1561,22 <sup>***</sup>
Cultivar (C)	5	4,52 <sup>**</sup>	0,5	207,84 <sup>***</sup>	1050,43 <sup>***</sup>
D * C	25	1,07	0,19	52,13	444,62 <sup>**</sup>
Erro	72	1,1	0,24	46,38	219,01
<b>Total</b>	<b>107</b>				
<b>CV (%)</b>		17,61	26,88	31,46	15,66
<b>Média</b>		5,96	1,82	21,65	94,51

  

FV	Quadrados médios			
	MFA	MFR	MSA	MSR
Dose (D)	0,1027 <sup>**</sup>	0,145 <sup>***</sup>	0,014 <sup>**</sup>	0,023 <sup>**</sup>
Cultivar (C)	0,051	0,038 <sup>*</sup>	0,011 <sup>*</sup>	0,018 <sup>*</sup>
D * C	0,022	0,016 <sup>***</sup>	0,008 <sup>**</sup>	0,007
Erro	0,023	0,016	0,003	0,005
<b>Total</b>				
<b>CV (%)</b>	24	21,55	27,12	32,12
<b>Média</b>	0,64	0,58	0,22	0,23

<sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup>, <sup>\*\*\*</sup> =  $P \leq 0,05$ ,  $P \leq 0,01$  e  $P \leq 0,001$ , respectivamente

MFA: massa fresca de parte aérea; MFR: massa fresca de raiz; MSA: massa seca de parte aérea; MSR: massa seca de raiz

Fonte: Do autor (2020).

Os valores do desdobramento da interação para tamanho de folha estão dispostos na Tabela 3. Fixando-se a dose, houve diferença significativa em relação ao número de folhas. A dose de 15 mL foi a única em que houve diferenças entre as cultivares, na qual a Red Star apresentou o menor número de folhas, não ocorrendo diferenças significativas entre as demais cultivares

Ao avaliar o número de folhas dentro de cada cultivar, observou-se diferenças significativas entre as doses apenas na Laurel e MSB, em que a dose de 15 mL proporcionou um maior número de folhas, superando as demais.

Tabela 3 - Médias do número de folhas em mudas de cultivares de alface submetidas à doses de cobre orgânico.

Dose (mL)	Cultivar					
	Astra	Laurel	MSB	Mirela	Red Star	Regina 71
<b>0</b>	5,66 Aa <sup>1</sup>	5,66 Ba	6,75 Ba	5,49 Aa	4,41 Aa	5,98 Aa
<b>15</b>	7,33 Aa	8,66 Aa	8,50 Aa	7,08 Aa	5,33 Ab	8,24 Aa
<b>30</b>	5,00 Aa	5,44 Ba	5,66 Ba	5,46 Aa	5,16 Aa	6,73 Aa
<b>45</b>	5,73 Aa	6,20 Ba	6,03 Ba	6,40 Aa	5,10 Aa	5,66 Aa
<b>60</b>	5,00 Aa	4,00 Ba	5,93 Ba	5,33 Aa	4,97 Aa	4,78 Aa
<b>100</b>	6,33 Aa	5,73 Ba	6,40 Ba	6,41 Aa	5,55 Aa	6,56 Aa

<sup>1</sup> médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Do autor (2020).

Andriolo et al. (2003) avaliando o crescimento e desenvolvimento de plantas de alface provenientes de mudas com diferentes idades fisiológicas, em quatro datas no mês de julho, encontrou uma média de 6 folhas por muda, valores semelhantes a este trabalho, o que evidencia que as doses de Cu orgânico tribásico não influenciaram o número de folhas.

A Tabela 4 apresenta os dados de diâmetro de coleto, em que ao comparar dentro de cada dose, não foram verificadas diferenças significativas entre as cultivares. Contudo, houve diferenças significativas fixando-se a cultivar. As cultivares Astra, MSB, Mirela e Regina 71 não apresentaram diferenças significativas em relação ao diâmetro para cada dose aplicada. Contudo, para a cultivar Laurel, a dose de 60 mL apresentou desempenho inferior. Para a cultivar Red Star, as doses de 15, 30 e 100 mL apresentaram um maior diâmetro, superando o desempenho das demais doses.



Tabela 4 - Médias do diâmetro do coleto (mm) em mudas de cultivares de alface submetidas à doses de cobre orgânico.

Dose (mL)	Cultivar					
	Astra	Laurel	MSB	Mirela	Red Star	Regina 71
<b>0</b>	2,03 Aa <sup>1</sup>	1,84 Aa	1,76 Aa	1,75 Aa	1,75 Ba	1,80 Aa
<b>15</b>	2,00 Aa	2,07 Aa	1,66 Aa	2,08 Aa	2,50 Aa	2,35 Aa
<b>30</b>	2,29 Aa	1,66 Aa	1,90 Aa	1,60 Aa	2,44 Aa	1,93 Aa
<b>45</b>	2,06 Aa	1,59 Aa	1,92 Aa	2,13 Aa	1,37 Ba	1,50 Aa
<b>60</b>	1,58 Aa	0,62 Ba	1,15 Aa	1,18 Aa	1,24 Ba	1,37 Aa
<b>100</b>	2,56 Aa	1,81 Aa	1,94 Aa	2,12 Aa	2,29 Aa	1,98 Aa

<sup>1</sup> médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Do autor (2020).

A Tabela 5 evidencia que ao avaliar altura de plantas dentro de cada dose, observou-se que as cultivares diferiram entre si apenas na dose de 45 mL, na qual as cultivares MSB e Mirela apresentaram maior altura de parte aérea, superando as demais. Já para cada cultivar, houve diferença significativa nas doses empregadas. As cultivares Mirela, Red Star e Regina 71 não apresentaram diferenças significativas na altura de parte aérea em qualquer dose utilizada. A cultivar Astra apresentou melhor desempenho nas doses de 15, 30 e 100 mL. Já a cultivar Laurel alcançou maior altura de parte aérea com a dose de 15 mL de produto. A cultivar MSB apresentou desempenho superior para as doses de 0, 45 e 100 mL.

Tabela 5 - Médias da altura da parte aérea (mm) em mudas de cultivares de alface submetidas à doses de cobre orgânico.

Dose (mL)	Cultivar					
	Astra	Laurel	MSB	Mirela	Red Star	Regina 71
<b>0</b>	19,66 Ba <sup>1</sup>	15,88 Ba	27,54 Aa	23,26 Aa	17,18 Aa	21,38 Aa
<b>15</b>	29,55 Aa	28,62 Aa	18,61 Ba	33,92 Aa	27,78 Aa	23,08 Aa
<b>30</b>	25,18 Aa	13,07 Ba	21,98 Ba	21,44 Aa	24,55 Aa	18,85 Aa
<b>45</b>	14,82 Bb	16,75 Bb	29,99 Aa	30,42 Aa	21,83 Ab	15,84 Ab
<b>60</b>	11,38 Ba	11,29 Ba	16,97 Ba	21,99 Aa	16,37 Aa	15,59 Aa
<b>100</b>	23,31 Aa	15,99 Ba	29,47 Aa	27,80 Aa	26,20 Aa	21,97 Aa

<sup>1</sup> médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Do autor (2020).

A utilização de sulfato de cobre afetou negativamente o aumento de características que podem indicar efeito fitotóxico do cobre no crescimento da alface. Esses resultados são semelhantes aos observados por Zlobin et al. (2015), os quais afirmam que o cobre (100  $\mu\text{M}$ ) diminuiu significativamente o crescimento de *Brassica napus*. Da mesma forma, em estudo

anterior realizado por Shams et al. (2018), observou-se que 100, 200, 300, 400 e 600  $\mu\text{M}$  de sulfato de cobre tiveram efeitos tóxicos no crescimento de mudas de alface, enquanto que as doses de 400 e 600  $\mu\text{M}$  reduziram consideravelmente a germinação da semente e crescimento de mudas (SHAMS et al. 2018). Contudo, tal redução foi inferior à encontrada neste trabalho, o que se justifica por doses de cobre menores utilizadas pelo autor.

Os resultados do teste de média para comprimento de raiz estão dispostos na Tabela 6, onde o comprimento da raiz variou entre as cultivares na dose de 15 mL, em que a cultivar Astra apresentou o maior comprimento, não havendo diferenças entre as demais cultivares. Já na dose de 60 mL, a cultivar Laurel apresentou o menor comprimento de raiz. Em relação ao desempenho das cultivares em cada dose, houve diferenças significativas para comprimento radicular Astra e Laurel. Para a cultivar Astra, a dose de 15 mL proporcionou um maior comprimento, superando as demais. Já para a cultivar Laurel, a dose de 60 mL proporcionou o menor crescimento radicular, não ocorrendo diferenças entre as demais doses.

Tabela 6 - Médias do comprimento de raiz (mm) em mudas de cultivares de alface submetidas à doses de cobre orgânico.

Dose (mL)	Cultivar					
	Astra	Laurel	MSB	Mirela	Red Star	Regina 71
<b>0</b>	79,83 Ba <sup>1</sup>	91,13 Aa	99,26 Aa	110,35 Aa	95,05 Aa	97,95 Aa
<b>15</b>	135,00 Aa	85,20 Ac	111,23 Ab	97,55 Ac	92,58 Ac	109,34 Ab
<b>30</b>	82,11 Ba	93,67 Aa	82,83 Aa	99,85 Aa	105,91 Aa	106,89 Aa
<b>45</b>	96,63 Ba	80,11 Aa	92,86 Aa	84,82 Aa	89,99 Aa	116,62 Aa
<b>60</b>	75,16 Ba	42,95 Bb	84,62 Aa	81,37 Aa	84,07 Aa	97,27 Aa
<b>100</b>	97,18 Ba	102,61 Aa	103,44 Aa	91,44 Aa	93,79 Aa	111,93 Aa

<sup>1</sup> médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Do autor (2020).

Cao e colaboradores (2018), analisando a toxicidade combinada de microcistina-LR e cobre na alface, utilizando as doses de 1000 e 2000  $\mu\text{g L}^{-1}$  de cobre, inferiram que a exposição ao Cu diminuiu significativamente o comprimento da raiz, comprimento do caule e peso fresco de alface após 7 e 14 dias de exposição. Ainda assim, os valores encontrados pelo autor foram superiores aos deste trabalho (média de 150 mm), o que se explica por uma menor dose de cobre utilizada.

A Tabela 7 possui os dados de matéria seca de parte aérea. Não houve diferença significativa pelo teste de médias no desempenho de cada cultivar fixando-se as doses utilizadas. Contudo, houve diferença significativa fixando-se a cultivar, com destaque à

cultivar Red Star, em que uma maior massa fresca da parte aérea foi encontrada para as doses de 30, 45 e 100 mL. Nas demais cultivares, não foi apresentado maior massa fresca aérea em nenhuma das doses utilizadas.

Tabela 7 - Médias da massa fresca da parte aérea (g) em mudas de cultivares de alface submetidas à doses de cobre orgânico.

Dose (mL)	Cultivar					
	Astra	Laurel	MSB	Mirela	Red Star	Regina 71
0	0,69 Aa <sup>1</sup>	0,62 Aa	0,67 Aa	0,55 Aa	0,50 Ba	0,56 Aa
15	0,71 Aa	0,82 Aa	0,74 Aa	0,69 Aa	0,66 Ba	0,65 Aa
30	0,78 Aa	0,56 Aa	0,62 Aa	0,54 Aa	0,77 Aa	0,51 Aa
45	0,59 Aa	0,67 Aa	0,71 Aa	0,85 Aa	0,72 Aa	0,53 Aa
60	0,63 Aa	0,45 Aa	0,55 Aa	0,53 Aa	0,45 Ba	0,48 Aa
100	0,93 Aa	0,59 Aa	0,69 Aa	0,66 Aa	0,73 Aa	0,64 Aa

<sup>1</sup> médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Do autor (2020).

A Tabela 8 apresenta os dados médios de massa da matéria fresca radicular. As diferenças não foram significativas fixando-se a dose. Já fixando-se a cultivar, as cultivares Astra, Laurel, MSB e Red Star não apresentaram maior massa de matéria fresca radicular, independente da dose. Na cultivar Mirela, as doses de 15, 45 e 100 mL proporcionaram uma maior massa de matéria fresca radicular. Para a cultivar Regina 71, as mudas apresentaram uma maior massa de matéria fresca radicular nas doses de 15 e 100 mL. Houve diferença significativa entre pelo menos duas interações de dosagem e cultivar em relação à massa de matéria fresca de raiz.

Tabela 8 - Médias da massa fresca radicular (g) em mudas de cultivares de alface submetidas à doses de cobre orgânico.

Dose (mL)	Cultivar					
	Astra	Laurel	MSB	Mirela	Red Star	Regina 71
0	0,72 Aa <sup>1</sup>	0,58 Aa	0,50 Aa	0,47 Ba	0,52 Aa	0,56 Ba
15	0,69 Aa	0,71 Aa	0,62 Aa	0,64 Aa	0,80 Aa	0,75 Aa
30	0,67 Aa	0,47 Aa	0,45 Aa	0,45 Ba	0,62 Aa	0,49 Ba
45	0,57 Aa	0,65 Aa	0,57 Aa	0,82 Aa	0,64 Aa	0,57 Ba
60	0,51 Aa	0,47 Aa	0,47 Aa	0,43 Ba	0,50 Aa	0,40 Ba
100	0,81 Aa	0,56 Aa	0,56 Aa	0,63 Aa	0,68 Aa	0,69 Aa

<sup>1</sup> médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Do autor (2020).

Motta e colaboradores (2010), avaliando a influência de diferentes concentrações de Bokashi anaeróbico (Kenkibokashi) no substrato no desenvolvimento de mudas de alface cv. Lucy Brown, constataram que todos os tratamentos (doses crescentes de Kenkibokashi) obtiveram respostas positivas quanto à MFA e MFR. Os valores máximos encontrados para massa fresca de parte aérea (MFA) e massa fresca radicular (MFR), para uma dose de 85 g de produto foram, respectivamente, 35g e 5g. Tais valores superam os encontrados neste trabalho, o que evidencia que a utilização de cobre não proporcionou incremento em relação à estas variáveis.

Os dados de massa seca de parte aérea estão dispostos na Tabela 9. Não houve diferença significativa para as doses 0, 15, 30, 45 e 100 mL. Na dose de 60 mL, a cultivar Astra apresentou uma maior massa de matéria seca da parte aérea que as demais. Em relação ao desempenho das cultivares em cada dose, não houve diferença significativa na massa de matéria seca da parte aérea para as cultivares Mirela, Red Star e Regina 71. Para a cultivar Astra, a dose de 45 mL apresentou desempenho inferior. Para a cultivar Laurel, as doses de 30 e 60 mL proporcionaram uma menor massa de matéria seca da parte aérea. Para a cultivar MSB, as doses de 30 e 45 mL proporcionaram menor desempenho. Houve diferença significativa entre pelo menos duas interações de dosagem e cultivar em relação à massa de matéria seca da parte aérea.

Tabela 9 - Médias da massa seca da parte aérea (g) em mudas de cultivares de alface submetidas à doses de cobre orgânico.

Dose (mL)	Cultivar					
	Astra	Laurel	MSB	Mirela	Red Star	Regina 71
<b>0</b>	0,29 Aa <sup>1</sup>	0,25 Aa	0,27 Aa	0,21 Aa	0,20 Aa	0,19 Aa
<b>15</b>	0,26 Aa	0,31 Aa	0,29 Aa	0,25 Aa	0,16 Aa	0,23 Aa
<b>30</b>	0,22 Aa	0,16 Ba	0,15 Ba	0,13 Aa	0,26 Aa	0,18 Aa
<b>45</b>	0,14 Ba	0,25 Aa	0,20 Ba	0,27 Aa	0,23 Aa	0,16 Aa
<b>60</b>	0,38 Aa	0,14 Bb	0,23 Ab	0,21 Ab	0,16 Ab	0,18 Ab
<b>100</b>	0,31 Aa	0,23 Aa	0,30 Aa	0,23 Aa	0,27 Aa	0,21 Aa

<sup>1</sup> médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Do autor (2020).

Adam e colaboradores (2008), avaliando o efeito de aplicações foliares do extrato de *A. nodosum* e de solução de sulfato de cobre, isoladamente ou em associação, no acúmulo de matéria seca e no número de folhas de plantas de alface do tipo crespa cv. Camila, utilizando uma concentração de 0,3% de cobre na calda de pulverização, inferiram que a solução de

cobre reduziu significativamente o acúmulo de massa seca das plantas (5,51 e 4,24 g), com médias inferiores às observadas na testemunha (8,81 g), em todos os tratamentos com o elemento. Ainda assim tais valores foram superiores aos encontrados neste trabalho, o que evidencia que as doses de cobre utilizadas geraram efeito de redução no crescimento.

Shams et al. (2019), avaliando o crescimento, absorção de nutrientes e resposta à atividade enzimática da alface ao excesso de cobre, inferiram que a área foliar, matéria seca da parte aérea e raiz (média de 0,63 g) diminuiu significativamente com o aumento da concentração de cobre no meio de cultivo de alface, com a maior redução com 400 µM de sulfato de cobre. Tal valor foi superior ao encontrado neste trabalho, o que se justifica por uma menor dose de cobre utilizada.

A Tabela 10 expõe os dados médios de massa de matéria seca radicular. Para as doses em relação a cada cultivar, apenas a dose 0 mL apresentou diferença significativa, sendo a cultivar Astra a de menor massa de matéria seca radicular. Em relação ao desempenho das cultivares em cada dose, houve diferença significativa apenas para a cultivar Astra, em que as doses de 45 e 60 mL apresentaram menor massa de matéria seca radicular.

Tabela 10 - Médias da massa seca radicular (g) em mudas de cultivares de alface submetidas à doses de cobre orgânico.

Dose (mL)	Cultivar					
	Astra	Laurel	MSB	Mirela	Red Star	Regina 71
0	0,42 Ab <sup>1</sup>	0,29 Aa	0,22 Aa	0,20 Aa	0,24 Aa	0,22 Aa
15	0,30 Aa	0,25 Aa	0,21 Aa	0,26 Aa	0,34 Aa	0,26 Aa
30	0,28 Aa	0,15 Aa	0,17 Aa	0,15 Aa	0,20 Aa	0,19 Aa
45	0,19 Ba	0,26 Aa	0,20 Aa	0,30 Aa	0,22 Aa	0,19 Aa
60	0,17 Ba	0,24 Aa	0,18 Aa	0,16 Aa	0,24 Aa	0,15 Aa
100	0,35 Aa	0,25 Aa	0,24 Aa	0,20 Aa	0,22 Aa	0,24 Aa

<sup>1</sup> médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Do autor (2020).

Albuquerque e colaboradores (2009), comparando o desenvolvimento de mudas de alface a partir de sementes armazenadas e enriquecidas com micronutrientes e reguladores de crescimento, encontraram valores de massa seca de raiz entre 1,02 e 1,03 g, valores superiores aos encontrados neste trabalho.

Uma das razões da diminuição de área foliar sob estresse gerado por cobre pode se dar pelo acúmulo de lignina em células do xilema. Isso leva com que a parede celular se torne mais espessa, reduzindo o crescimento celular e a expansão da folha ao diminuir sua

elasticidade (GARCIA et al., 2018). Por fim, uma redução na taxa de área foliar pode levar a uma diminuição representativa na massa de matéria seca da parte aérea e raiz da alface (BARROS et al. 2015; ZHANG et al. 2014).

A conclusão do experimento de Moraes (2015) foi que o cobre alterou a divisão celular e isso influenciou diretamente na redução do comprimento de raiz e no incremento da biomassa fresca das plântulas de alface. No entanto, não influenciou na germinação e na biomassa seca total. A aplicação exógena de NO (na forma de SNP) foi capaz de reduzir os efeitos deletérios do cobre, restaurando o crescimento das raízes pela recuperação da divisão celular e refletindo diretamente no incremento de biomassa.

Concentrações elevadas de cobre afetam negativamente o crescimento e a produtividade das plantas, em razão da peroxidação lipídica das membranas celulares, ao comprometimento da atividade fotossintética, e aos processos de absorção e assimilação de nutrientes (MORAES, 2015).

## **5 CONCLUSÕES**

Os resultados deste experimento com alface apontam que, para doses de cobre orgânico tribásico, houve diferença significativa para todos os caracteres avaliados.

Porém, não se observou resposta satisfatória com a utilização do produto.

O travamento inicial das mudas devido a aplicação do cobre, pode ser um dos fatores para a influência negativamente no desenvolvimento das mudas de alface.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, L.S.; BELLON, S.; BRANDENBURG, A.; OLLIVIER, G.; LAMINE, C.; DAROLT, M.R.; AVENTURIER, P. Relações entre agricultura orgânica e agroecologia: desafios atuais em torno dos princípios da Agroecologia. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v.26, p.143-160, jul./dez. 2012. Editora UFPR
- ADAM, W. M. *et al.* APLICAÇÃO FOLIAR DE EXTRATO DE ALGA E SULFATO DE COBRE EM ALFACE NO SISTEMA ORGÂNICO. **Horticultura brasileira**, [s. l.], v. 26, n. 2, p. 1919-1922, jul/ago 2008.
- ALBUQUERQUE, K. A. D. *et al.* Desenvolvimento de mudas de alface a partir de sementes armazenadas e enriquecidas com micronutrientes e reguladores de crescimento. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 5, 30 Oct. 2009.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa**. Rio de Janeiro: PTA/FASE, 1989.
- ANDRIOLO, J. L. *et al.* Crescimento e desenvolvimento de plantas de alface provenientes de mudas com diferentes idades fisiológicas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.33, n.1, jan-fev, p.35-40, 2003
- BARROS, J. *et al.* The cell biology of lignification in higher plants. **Ann Bot**, v. 115, p. 1053-1074, 2015.
- BELLON, S. *et al.* The relationships between organic farming and agroecology. In: ISO FAR - International Society of Organic Agriculture Research, 2011, Gyeonggi Paldang (Coreia). **Anais...** 2011.
- BRASIL, [LEI Nº 10.831, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2003](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/110.831.htm). **Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências**. Casa Civil, 2003. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2003/110.831.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/110.831.htm)>, Acesso em 07 de dezembro de 2014.
- CAO, Q. *et al.* Combined toxicity of microcystin-LR and copper on lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Chemosphere**, v. 206, p. 474-482, 2018.
- CAPORAL F.R.; COSTABEBER, J.A. **Agroecologia: enfoque científico e estratégico para apoiar o desenvolvimento rural sustentável**. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2002. (Série Programa de Formação Técnico-Social da EMATER/RS. Sustentabilidade e Cidadania, texto 5).
- CAPORAL, F. R. e COSTABEBER, J. A. **Agroecologia e extensão rural: contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável**. Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA. 2004a.
- CAPORAL, F. R. e COSTABEBER, J. A. **Agroecologia: alguns conceitos e princípios**. Brasília: MDA/SAF/DATERIICA. 2004b.
- CHARTTERJEE, J.; CHARTTERJEE, C. **Phytotoxicity of cobalt, chromium and copper in cauliflower**. *Environmental Pollution*, v. 109, p. 69-74, 2000.



CHITARRA MIF; CHITARRA AB. 2005. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA. 785p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim Hortigranjeiro** - v.5, n.12, Brasília, dezembro 2019.

COSTABEBER, J. A. **Transição agroecológica: do produtivismo à ecologização**. In: **Agroecologia e extensão rural: contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável**. Brasília: MDA, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Circular Técnica da Embrapa Hortaliças 14**. Centro Nacional de Pesquisas de Hortaliças. Brasília-DF, Dezembro 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Catálogo Brasileiro de Hortaliças**. Hortaliças e Sebrae/setor horticultura. Brasília (DF) 2010.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Projeto Inovar - Sistema de Planejamento Participativo e Gestão Social - Agroecologia**. Volume 4. Belo Horizonte, 2005.

FERREIRA, Daniel Furtado. **Sisvar: um sistema computacional de análise estatística**. *Ciênc. agrotec.* [online]. 2011, vol.35, n.6, pp.1039-1042. ISSN 1413-7054. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.

FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. **Micronutrientes no solo**. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (eds.) *Micronutrientes na agricultura*. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p. 131-157.

GARCIA J. S. Short-term cadmium exposure induces gas exchanges, morphological and ultrastructural disturbances in mangrove *Avicennia schaueriana* young plants. **Mar Pollut Bull** 131 (Part A), p. 122-129, 2018.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora da Universidade - UFRGS, 2000.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 4.ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2009.

GRAZIANO NETO, Francisco. **Questão agrária e ecologia**. 2a Edição, São Paulo: Brasiliense, 1986.

HIRATA, A. R. **O potencial do Sistema Participativo de Garantia do Sul de Minas para o fortalecimento da agroecologia na região**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável e Extensão) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2015.

HORTIFRUTI BRASIL. **Retrospectiva 2019 e Perspectiva 2020**. Edição Especial, Ano 18, Nº 196 - CEPEA - ESALQ/USP - Piracicaba-SP, 2019.

INTERNATIONAL FEDERATION OF ORGANIC AGRICULTURE MOVEMENTS. **Organic Agriculture Worldwide 2017: Current Statistics**. Disponível em

<https://orgprints.org/33355/5/lernoud-willer-2019-global-stats.pdf>. Acesso em 28 de abril de 2020

KHATOUNIAN C. A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu. S.P. Agroecológica, 2001. p. 348.

LEVESQUE, M.P.; MATHUR, S.P. The effects of using copper for mitigating Histosol subsidence on: 1. The yield and nutrition of oats and lettuce grown on Histosols, mineral sublayers, and their mixtures. *Soil Science*, v. 135, n. 2, p. 88-100, 1983.

MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed, Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. IN 007, 1999. **Estabelece as normas de produção, tipificação, processamento, envase, distribuição, identificação e de certificação da qualidade para os produtos orgânicos de origem animal e vegetal**. Revogada pela IN 64/MAPA/2008. Disponível em <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegisacaoFederal>> Acesso em 23 de abril de 2015.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. IN 38, 2011. **Estabelece o Regulamento Técnico para a Produção de Sementes e Mudanças em Sistemas Orgânicos de Produção**. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/instrucao-normativa-no-38-de-02-de-agosto-de-2011-sementes-e-mudas-organicas.pdf/view>.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.

MELÃO, I.B. **Desenvolvimento Rural Sustentável a Partir da Agroecologia e da Agricultura Orgânica**. Nota Técnica Ipardes, Curitiba, n.8, out. 2010, 27p.

MEIRELLES, L. Produto Orgânico ou Produto Ecológico? **Centro Ecológico de Assessoria e Formação em Agricultura Ecológica**. Dom Pedro de Alcântara, jul. 2000. 9p..

MEYER, B.S. et al. **Introdução à fisiologia vegetal**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill. 1983, v.2, p. 541-593.

MOREIRA, L. F. **Diagnóstico dos problemas ecotoxicológicos causados pelo uso de inseticida (metamidofos) na região de Viçosa-MG** - Viçosa: UFV, 1995. P. 95.

MORAES, R. M. **Aspectos fisiológicos, metabólicos e alterações no ciclo celular de *Lactuca sativa* L. (ASTERACEAE) em resposta ao cobre, peróxido de hidrogênio e óxido nítrico**. 2015. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Tecnologia Ambiental) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2015. Disponível em: <https://bdtd.unifal-mg.edu.br:8443/bitstream/tede/795/5/Disserta%20c3%a7%20de%20Rodrigo%20Mira%20Moraes.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2020.

MOTTA, I. S. *et al.* Lettuce seedling production with different concentrations of Bokashi. *In: SEMINÁRIO DE AGROECOLOGIA DO MATO GROSSO DO SUL*, 3, 2010, Corumbá, MS. **Anais do evento** [...] 2010. p. 1-5. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/869960/1/Agroecologia13.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2020.

NETO, M. S; TISCHER, J. C. **Avaliação da deficiência de macronutrientes em alface cresspa**. Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, vol. 16, núm. 2, 2012, pp. 43-57 Universidade Anhanguera, Campo Grande, Brasil

RESENDE, G. M. et al. **Adubação foliar de cobre em alface americana (Lactuca sativa L.)** Embrapa Semi-Árido; UFLA; REFRICON. 2003

SALA F.C.; COSTA C.P. **Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira**. Horticultura Brasileira, v.30, n.2, p. 187-194, 2012.

SEDIYAMA, M.A.N et al. **Cultivo de hortaliças no sistema orgânico**. Rev. Ceres vol. 61 supl. Viçosa Nov./Dec. 2014

SHAMS, M. *et al.* Nitric oxide alleviates copper toxicity in germinating seed and seedling growth of Lactuca sativa L. **Not Bot Horti Agrobo**, v. 46, n. 1, p. 167-172, 2018

SHAMS, M. *et al.* Growth, nutrient uptake and enzyme activity response of Lettuce (Lactuca sativa L.) to excess copper. **Environmental sustainability**, v. 2, p. 67-73, 28 fev. 2019.

SARANDON, S. J. **Educación y formación en agroecología: una necesidad impostergable para un desarrollo rural sustentable**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 2; CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE AGROECOLOGIA, Curitiba, 2009. Anais... Curitiba, 2009.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Três novas cultivares de alface adaptadas às condições brasileiras de plantio e com conceito de crocância são lançadas pela UFSCar esta semana**. Disponível em [http://www.saci.ufscar.br/servico\\_release?id=69813&pro=3](http://www.saci.ufscar.br/servico_release?id=69813&pro=3). Acesso em 06 de Maio de 2020.

ZHANG, Q. *et al.* Silicon alleviation of cadmium toxicity in mangrove (Avicennia marina) in relation to cadmium compartmentation. **J Plant Growth Regul**, v. 33, p. 233-242, 2014.

ZLOBIN, I. *et al.* (2015) Brassica napus responses to short-term excessive copper treatment with decrease of photosynthetic pigments, differential expression of heavy metal homeostasis genes including activation of gene NRAMP4 involved in photosystem II stabilization. **Photosynth Res**, v. 135, p. 141-150, 2015.