

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIA  
CÂMPUS DE JABOTICABAL  
DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO VEGETAL

**EFEITOS DO SILÍCIO NA INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA À *Bremia lactucae* EM MUDAS DE ALFACE**

YASMIN ABOU ARABI SILVEIRA

Orientador: Prof.º Dr.º Arthur Bernardes Cecílio Filho  
Coorientador: Prof.º Dr.º Pablo Forlan Vargas

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, para graduação em ENGENHARIA AGRÔNOMICA.

Jaboticabal - SP  
1º semestre/2025

S587e      Silveira, Yasmin Abou Arabi  
Efeitos do silício na indução de resistência à *Bremia lactucae*  
em mudas de alface / Yasmin Abou Arabi Silveira. --  
Jaboticabal, 2025  
30 p. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia  
Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal  
Orientador: Arthur Bernardes Cecílio Filho  
Coorientador: Pablo Forlan Vargas

1. *Lactuca sativa*. 2. Míldio. 3. Ácido silícico. I. Título.

**YASMIN ABOU ARABI SILVEIRA**

**EFEITOS DO SILÍCIO NA INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA À *Bremia lactucae* EM  
MUDAS DE ALFACE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho

Coorientador: Prof. Dr. Pablo Forlan Vargas

Área de Concentração:

Data da defesa: 08/04/2025

( X ) Aprovado

( ) Reprovado

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 **PABLO FORLAN VARGAS**  
Data: 22/04/2025 15:19:58-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Pablo Forlan Vargas

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira – Campus de Registro

Documento assinado digitalmente  
 **RITA DE CÁSSIA PANIZZI**  
Data: 23/04/2025 16:08:16-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rita de Cássia Panizzi

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Documento assinado digitalmente  
 **IZABELLA GARBELINE OKUMA**  
Data: 22/04/2025 19:01:27-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ma. Izabella Garbeline Okuma

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em:

*ad referendum*

*25/04/2025*  
18/03/2025



Prof. Dr. Cibeale Chalita Martins  
Chefe do Departamento

## **Oferecimento**

A meus pais Samira Abou Arabi Silveira e Marino Silveira, que se dedicaram a me apoiar financeiramente e emocionalmente durante esse período, por me proverem essa oportunidade e todas as outras que me trouxeram até aqui.

## **Agradecimentos**

Aos meus pais Samira Abou Arabi Silveira e Marino Silveira, por todo apoio, oportunidade, paciência e dedicação que tiveram comigo, isso foi fundamental para que eu pudesse chegar até aqui. Agradeço principalmente a minha mãe que nunca desistiu de mim.

A faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP), por ter me acolhido e me ofertado tanto, não apenas conhecimento prático e teórico, mas também experiências profissionais e amizades que nunca vou me esquecer.

Ao departamento de produção vegetal que foi minha casa durante esse período de graduação. Por terem me recebido e confiado no meu trabalho.

A CNPq pelas oportunidades de bolsas que me foram concedidas, permitindo que desenvolvesse projetos, e dessa forma impactasse positivamente a sociedade.

Ao meu orientador Prof.º Dr.º Arthur Bernardes Cecílio Filho, coorientador Prof.º Dr.º. Pablo Forlan Vargas e a Dra.º Lívia Carvalho por me prestarem assistência e permitirem que esse projeto fosse concluído. A todos os professores, funcionários e servidores que dedicam seu tempo e esforço a instituição.

A todos que de algum modo estiveram envolvidos e contribuíram para minha graduação.

## ÍNDICE

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>RESUMO .....</b>                                                      | <b>V</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                                    | <b>VI</b> |
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                | <b>7</b>  |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>                                     | <b>8</b>  |
| 2.1. A cultura da alface .....                                           | 8         |
| 2.2. <i>Bremia lactucae</i> .....                                        | 9         |
| 2.3. Silício .....                                                       | 12        |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                                         | <b>14</b> |
| 3.1. Preparo do inóculo e condições de crescimento.....                  | 14        |
| 3.2. Delineamento experimental .....                                     | 15        |
| 3.3. Fornecimento de Silício.....                                        | 15        |
| 3.4. Análises realizadas .....                                           | 16        |
| 3.4.1 Análises da doença.....                                            | 16        |
| 3.4.2 Índice de extravasamento de eletrólitos.....                       | 16        |
| 3.4.3 Produção de massa úmida e seca das plantas.....                    | 16        |
| 3.4.4 Análise estatística .....                                          | 17        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                    | <b>17</b> |
| 4.1 Análise de doença e índice de extravasamento de eletrólitos .....    | 17        |
| 4.2 Produção de massa úmida e seca, número de folhas e área foliar ..... | 20        |
| <b>7 CONCLUSÃO .....</b>                                                 | <b>24</b> |
| <b>LITERATURA CITADA .....</b>                                           | <b>25</b> |

## RESUMO

A alface é considerada a principal hortaliça folhosa consumida no Brasil, sendo cultivada o ano todo, durante o período do inverno a principal doença que acomete a cultura é o míldio (*Bremia lactucae*), podendo levar a perdas superiores a 80% (TÖFOLI, DOMINGUES, FERRARI, 2017). Uma alternativa pouco utilizada para prevenção da doença é a adubação silicatada. Visto isso, esse projeto objetivou verificar o uso da adubação silicatada na indução de resistência ao míldio em mudas de alface. O trabalho foi realizado no Departamento de Produção Vegetal (UNESP- FCAV). Foi utilizado um inóculo da raça SPBl:01, do código sexteto 31-09-00, de *Bremia lactucae* e a cultivar Solaris do tipo crespa. Foi usado o esquema fatorial 2x2, sendo o primeiro fator a inoculação com patógeno (ausência- 0 mmol L<sup>-1</sup>/ presença- 1,0 x 10<sup>5</sup> esporângios por mL<sup>-1</sup>) e o segundo fator o fornecimento de Si (-Si - 0 mmol L<sup>-1</sup>/ + Si- 2,0 mmol L<sup>-1</sup>). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 8 repetições. Foram avaliados a severidade da doença, ocorrência da doença, índice de extravasamento eletrolítico, obtenção da massa úmida e massa seca. Foi realizada análise de variância pelo teste F (p≤0,05), e as médias comparadas pelo teste de Student (LSD) (p≤0,05). Verificou-se que o Si mitiga danos causados pelo míldio (*Bremia lactucae*), acelera a reação do sistema de estresse antioxidante, reduzindo a intensidade da doença. Além de assegurar melhor desempenho fisiológico, resultando em mudas com desenvolvimento vegetal mais rápido e transplante precoce.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*; míldio; ácido silícico.

## ABSTRACT

Lettuce is considered the main leafy vegetable consumed in Brazil, your production occurs all year, during the winter period the main disease that affects the crop is downy mildew (*Bremia lactucae*), which can lead to losses of more than 80% (TÖFOLI, DOMINGUES, FERRARI, 2017). An unusual alternative to prevent the disease is to use silicate fertilizer. Given this, this project aimed to verify the use of silicate fertilizer in inducing resistance against downy mildew in lettuce seedlings. The work was carried out at the Department Plant Production (UNESP-FCAV). An inoculum of the *Bremia lactucae* breed SPBI:01, from the sextet code 31-09-00 and the curly type Solaris cultivar was used. A 2x2 factorial scheme was used, with the first factor being inoculation with pathogen (absence - 0 mmol L<sup>-1</sup>/ presence - 1.0 x 10<sup>5</sup> sporangia per mL<sup>-1</sup>) and the second factor being the supply of Si (-Si - 0 mmol L<sup>-1</sup>/ + Si- 2.0 mmol L<sup>-1</sup>). The experimental design was completely randomized, with 8 replications. The severity of the disease, occurrence of the disease, electrolyte leakage index, wet mass and dry mass were evaluated. Analysis of variance was performed using the F test (p≤0.05), and the averages compared using the Student test (LSD) (p≤0.05). It was found that Si mitigates damage caused by downy mildew (*Bremia lactucae*), accelerates the reaction of the antioxidant stress system, reducing the intensity of the disease. In addition to ensuring better physiological performance, resulting in seedlings with faster plant development and earlier transplantation.

Keywords: *Lactuca sativa*; downy mildew; silicic acid.

## 1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é considerada a principal hortaliça folhosa consumida no Brasil. Seu cultivo ocorre ao longo do ano todo.

Em temperaturas amenas, alta pluviosidade e baixa intensidade de luz, o patógeno que mais acomete a cultura da alface é o míldio (*Bremia lactucae*), chegando a causar perdas de até 80% da produção, a depender do estágio que afeta a cultura (TÖFOLI, DOMINGUES, FERRARI, 2017). Essas condições climáticas são encontradas no período de inverno no estado de São Paulo.

Os sintomas mais comuns da doença são manchas amareladas, normalmente angulares na parte adaxial da folha. E ao progredir essas manchas se tornam necróticas, e recobertas por um crescimento branco na parte abaxial (COLARICCIO, CHAVES, 2017; TÖFOLI, DOMINGUES, FERRARI, 2017). O oomiceto infecta a alface em qualquer estágio da produção, mas plântulas e mudas sofrem maior prejuízo, muitas vezes impedindo o desenvolvimento da cultura e levando a morte.

A prevenção da doença conta com um conjunto de manejos integrados para obtenção de maior sucesso, como: uso de cultivares resistentes, nutrição equilibrada, irrigação por gotejamento, eliminação dos restos culturais, boa aeração e incidência de luz (TÖFOLI, DOMINGUES, FERRARI, 2014). Além disso o uso de sementes e mudas de boa qualidade é fundamental, uma vez que acelera o ciclo de produção, aumenta o percentual de sobrevivência e a produtividade (ANTUNES *et al.*, 2018).

Uma alternativa de manejo visando aumentar a resistência contra

patógenos pouco difundida é a adubação silicatada (NETA *et al.*, 2024). Essa adubação é muito empregada principalmente em gramíneas, porém outras culturas já demonstraram se beneficiar, dentre elas a cultura da alface, apesar de se caracterizar como uma planta não acumuladora do elemento (LANA *et al.*, 2003; SANTOS *et al.*, 2021).

Dentre esses benefícios verificou-se um menor tempo de transplante e colheita, aumento de peso, altura e diâmetro de plantas (GONZAGA *et al.*, 2020; SORDI, ZIMERMANN, LOSS, 2020). Além desses benefícios conhecidos, o Si pode proporcionar o aumento da tolerância aos estresses ambientais como, toxicidade de metais pesados, salinidade, estresse hídrico, pragas e doenças (CASSEL *et al.*, 2021).

Adicionalmente o Si é capaz de estimular a produção de compostos secundários do metabolismo, como os polifenóis e enzimas relacionadas com os mecanismos de defesa, proporcionando uma resposta mais rápida contra possíveis estresses (GAUR *et al.*, 2020).

Visto isso, objetivou verificar o uso da adubação silicatada em mudas de alface, na indução de resistência ao míldio.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. A cultura da alface**

Pertencente à família Asteraceae, a alface (*Lactuca sativa* L.), se caracteriza por ser uma planta anual, herbácea, com caule diminuto em que se prendem as folhas (HENZ, SUINAGA, 2009). Originou-se de espécies silvestres, ainda hoje encontradas em regiões de clima temperado, no sul da Europa e na Ásia Ocidental (SORDI, ZIMERMANN, LOSS, 2020).

Possui uma grande importância econômica mundial, sendo a China responsável por 52% da produção, representando um total 23,6 milhões de toneladas (DEMARTELAERE *et al.*, 2020).

Além da importância econômica a planta também dispõe de importância social, produzindo em torno de quatro empregos por hectare, e contemplando principalmente agricultores familiares (VILELA, LUENGO, 2017 apud YOKORO, PEREIRA, 2020).

A alface é uma alternativa muito atrativa aos horticultores devido seu ciclo curto, alta produtividade e sua possibilidade de cultivo o ano todo (TÖFOLI, DOMINGUES, FERRARI, 2017). Sua rápida perecibilidade e largo consumo, acaba levando a produção em várias regiões, especialmente em áreas próximas dos grandes centros, os chamados “cinturões verdes” (VILELA, LUENGO, 2017 apud YOKORO, PEREIRA, 2020).

Seu consumo é principalmente cru, em saladas, sendo considerada a principal hortaliça folhosa consumida no Brasil (QUEIROZ, CRUVINEL, FIGUEIREDO, 2017 apud SOUZA *et al.*, 2020). Sendo algumas de suas tipologias a crespa, americana, lisa, romana, mimosa, entre outras (ECHER *et al.*, 2016 apud YOKORO, PEREIRA, 2020).

## **2.2. *Bremia lactucae***

Dentre os patógenos que acometem a alface, o míldio (*Bremia lactucae*) é considerado um dos mais importantes, podendo causar perdas superiores a 80% (TÖFOLI, DOMINGUES, FERRARI, 2017). A *Bremia lactucae* é um oomiceto pertencente à família Peronosporaceae, o organismo

é um parasita biotrófico, possui ciclos de reprodução assexuada e sexuada e causa infecção do tipo policíclica (MESQUITA, 2008).

No ciclo assexuado os esporos depositados nas células epidérmicas do vegetal germinam, e por meio de micélios cenocíticos crescem pelo mesófilo da planta, onde desenvolvem haustórios para obter nutrientes. Em seguida para completar o ciclo, esporangióforos emergem através dos estômatos e produzem grande número de esporângios assexuais que se depositam em outros tecidos vegetais (MICHELMORE; WONG, 2008).

A doença começa a manifestar sintomas de 5 a 14 dias após o início da infecção, esses sintomas compreendem manchas foliares verde claras ou amarelas, úmidas e de tamanho variável, apresentam aspecto angular, sendo delimitadas pelas nervuras das folhas. Ao evoluírem essas manchas tornam-se necróticas, pardas e recobertas por um crescimento branco na parte abaxial da folha (COLARICCIO, CHAVES, 2017; TÖFOLI, DOMINGUES, FERRARI, 2017).

A doença pode atingir todos os estágios da planta, porém plântulas e mudas são mais vulneráveis. Em plântulas o oomiceto causa a morte dos cotilédones impedindo a produção, já na fase de muda o oomiceto, afeta principalmente as folhas basais, causando a necrose e diminuindo a produtividade (COLARICCIO; CHAVES, 2017; TÖFOLI, DOMINGUES, FERRARI, 2017). Na fase adulta, o contato com o míldio pode não desencadear sintomas aparentes (LEBEDA *et al.*, 2008).

A contaminação pode acontecer por restos de cultura contaminados

não decompostos, infestação de oósporos no solo ou estruturas do fungo carregadas pelo vento ou água (LOPES, QUEZADO-DUVAL, REIS, 2010). O controle do míldio é obtido com o uso de cultivares resistentes, aplicação de fungicidas e redução de molhamento foliar (FRANCO, 2020).

Porém a variabilidade genética do patógeno é muito ampla, existindo diversas raças do agente causal, o que dificulta a obtenção de linhagens resistentes (TÖFOLI, DOMINGUES, FERRARI, 2014). Conjunto a isso, o uso de produtos fitossanitários além de oneroso, gera persistência de resíduos, resistência do patógeno ao produto e possui baixa eficiência (SCHETTINI, LEGG, MICHELMORE, 1991 aput FRANCO, 2020).´

Visto isso, melhores resultados de controle são alcançados com a junção de várias práticas de manejo (YUEN, LORBEER, 1983 aput MESQUITA, 2008).

Para prevenção da doença Töfoli, Domingues e Ferrari (2014) propõem: uso de sementes e mudas de boa qualidade, uso de cultivares resistentes adaptadas, irrigação por gotejamento, eliminação de restos culturais, fornecimento de nutrição equilibrada, boa aeração entre as plantas e incidência de luz solar. Evidenciando a importância da época de plantio e manejo, uma vez que são fundamentais na intensidade da doença, já que temperaturas amenas (15°C- 25°C) e água livre favorecem a infecção e a germinação dos esporos (MESQUITA, 2008).

O emprego de mudas de boa qualidade é um fator essencial, dado que impacta diretamente o desempenho final das plantas, resultando em um

aumento do percentual de sobrevivência e da produtividade, ao mesmo tempo em que reduz riscos e o tempo necessário para colheita (ANTUNES *et al.*, 2018). Dessa forma, mudas pouco desenvolvidas condicionam plantas de baixa qualidade, com maior ciclo e aumento do custo de produção (SILVA *et al.*, 2017).

### **2.3. Silício**

O Silício (Si) constitui o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, representando de 27% a 30% desta (BAKHAT *et al.*, 2018; CASSEL *et al.*, 2021). Na composição do solo, sua maioria é encontrada na forma de minerais e rochas (BAKHAT *et al.*, 2018). Dessa maneira, mesmo que presente em grandes quantidades, parte considerável dos solos possui escassez de Si captável pela planta, ou seja, na forma de ácido silícico ( $H_4SiO_3$ ) (GAUR *et al.*, 2020). No contexto da atividade agrícola, o Si não é essencial na finalização do ciclo vegetal (CORRÊA, 2019). No entanto é um elemento benéfico, que proporciona inúmeros benefícios as plantas, e mitiga danos causados por condições de estresse biótico e abiótico. (ISLAM *et al.*, 2020).

As plantas podem se agrupar em três categorias diferentes, quanto a absorção de Si, são elas as acumuladoras, as intermediárias e as não acumuladoras. As plantas acumuladoras realizam a absorção do elemento por processo ativo, normalmente sendo monocotiledôneas (Gramineae), já as plantas intermediárias desempenham a absorção do elemento por simplasto na mesma velocidade da absorção de água enquanto as plantas

não acumuladoras também efetuam a absorção do elemento por simplasto, porém com a velocidade de absorção menor do que a velocidade da água, sendo por fluxo de transpiração. A diferença de agrupamento das espécies determina a concentração de Si encontrada na parte aérea, sendo acima de  $10,0 \text{ g kg}^{-1}$  em plantas acumuladoras, menor que  $10,0 \text{ g kg}^{-1}$  em plantas intermediárias e inferior a  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  em plantas não acumuladoras (MA, TAKAHASHI *et al.* 1990 apud OLIVEIRA, 2009). A alface caracteriza-se por ser uma espécie não acumuladora de Si (LANA *et al.*, 2003; SANTOS *et al.*, 2021).

Em estudos, Gonzaga *et al.* (2020) verificaram que o uso de Si acelerou o desenvolvimento de mudas de alface possibilitando um tempo menor para transplante e colheita. Sordi, Zimmermann e Loss (2020) por sua vez verificaram resultados significativos nas variáveis de peso, altura e diâmetro de plantas de alface suplementadas com silício. Esses autores acreditam que essas mudanças estão correlacionadas com o incremento da taxa fotossintética, causada pela melhora da arquitetura foliar da planta (MARSCHNER, 1995 apud GONZAGA *et al.*, 2020; SORDI, ZIMERMANN, LOSS, 2020).

Além disso, o Si acarreta o aumento da tolerância da planta aos estresses ambientais como, salinidade, estresse hídrico, toxicidade de metais pesados, doenças (CASSEL *et al.*, 2021). Adicionalmente, quando absorvido, esse elemento promove a formação de uma camada dupla, estruturada de Si e cutícula (CORRÊA, 2019). Ademais fomenta a produção de compostos secundários ao metabolismo, como os polifenóis e enzimas

relacionadas com os mecanismos de defesa (GAUR *et al.*, 2020).

Tais desencadeamentos contribuem para fortalecer a resistência aos ataques de pragas, nematoides e doenças. Do mesmo modo, promovem melhorias da arquitetura foliar, causando o aumento da taxa fotossintética. Também aceleram a formação de raízes. Por outro lado, reduzem a transpiração, proporcionando o aumento da tolerância ao estresse hídrico e salinidade. Ainda, podem promover a absorção de outros nutrientes e a diminuir o efeito tóxico de metais pesados (ISLAM *et al.*, 2020; HUANG *et al.*, 2021; CASSEL *et al.*, 2021).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Preparo do inóculo e condições de crescimento**

O trabalho foi realizado no Laboratório de Genética e Melhoramento de Olerícolas, do Departamento de Produção vegetal (UNESP-FCAV). Foi utilizado um inóculo da raça SPBl:01, do código sexteto 31-09-00, de *Bremia lactucae*, que estava armazenado no freezer a -20 °C no laboratório, o inóculo foi multiplicado usando sementes da alface cultivar Solaris do tipo crespa, que apresenta alta suscetibilidade ao patógeno. Essa mesma cultivar foi utilizada na condução dos experimentos.

O experimento foi conduzido em câmara de crescimento no laboratório, com fotoperíodo de 12/12 e temperatura de 18°C. As plantas foram expostas ao patógeno aos 15 dias após a emergência. O patógeno foi inoculado nas plantas de acordo com a técnica de Ilott *et al.* (1987), utilizando-se de esporângios lavados de tecidos infestados do hospedeiro e agitados em

água deionizada. A concentração do inóculo foi ajustada para  $1,0 \times 10^5$  esporângios por  $\text{ml}^{-1}$  com a contagem dos esporângios em Câmara de Neubauer com o uso de microscópio eletrônico.

### **3.2 Delineamento experimental**

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 8 repetições e a unidade experimental formada por uma célula de bandeja de 200, preenchida com vermiculita. Os tratamentos foram arranados em esquema fatorial  $2 \times 2$ , contemplando o primeiro fator a inoculação com patógeno e o segundo fator o fornecimento de Si. Sendo ausência de patógeno (sem inoculação) e presença ( $1,0 \times 10^5$  esporângios por  $\text{mL}^{-1}$ ) combinado com ausência silício (-Si) ( $0 \text{ mmol L}^{-1}$ ) e presença (+Si) sendo fornecida na bandeja de absorção radicular ( $2,0 \text{ mmol L}^{-1}$ ).

### **3.3 Fornecimento de Silício**

Utilizou-se como fonte de Si o silicato de potássio ( $128 \text{ g L}^{-1}$  Si e  $126 \text{ g L}^{-1}$   $\text{K}_2\text{O}$ , pH 12); sendo realizado o equilíbrio da quantidade de potássio presente na fonte no tratamento -Si, utilizando uma solução de cloreto de potássio (KCl). Realizou-se fornecimento contínuo da solução às plantas utilizando a recomendação de Hoagland e Arnon (1950), tendo a força iônica da solução aumentada gradativamente iniciando com 10% e a partir de 10 dias após a emergência atingiu 50% permanecendo até final do experimento. O valor pH da solução nutritiva foi ajustado para  $5,5 \pm 0,2$ .

### **3.4 Análises realizadas**

#### **3.4.1 Análises da doença**

Foram avaliados a severidade da doença usando uma escala diagramática criada baseada no trabalho de Dickinson & Crute (1974) com notas de 0 a 3, onde: 0 tem ausência de esporangióforos visíveis nas folhas, 1 apresenta esporulação limitada com esporangióforos esporádicos, 2 possui menos de 50% da folha coberta por esporangióforos, e 3 dispõe mais de 50% da área da folha cotilédone coberta por esporangióforos. E a ocorrência da doença, com a contagem da quantidade de folhas doentes por planta.

#### **3.4.2 Índice de extravasamento de eletrólitos**

Foram coletados cinco discos ( $26,4 \text{ mm}^2$ ) da primeira folha completamente desenvolvida e em seguida determinou-se o índice de extravasamento de eletrólitos segundo métodos descritos por Dionisio-Sese e Tobita (1998).

#### **3.4.3 Produção de massa úmida e seca das plantas**

As plantas foram separadas em parte aérea e raiz, posteriormente realizou-se a pesagem utilizando a balança analítica (precisão de 0,001 g) para a obtenção da massa úmida.

Para a realização da análise de massa seca, as plantas foram lavadas em água corrente, solução detergente (0,1% v/v), solução de ácido clorídrico (0,3% v/v) e água deionizada. O material vegetal foi seco em estufa de circulação forçada de ar ( $65 \pm 5^\circ\text{C}$ ), até atingir massa constante e em seguida obteve-se a massa seca da parte aérea e da raiz das plantas.

### 3.4.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ), e as médias comparadas pelo teste de Student (LSD) ( $p \leq 0,05$ ). Utilizou-se o software SAS (versão 9.4) para realizar as análises estatísticas.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise de doença e índice de extravasamento de eletrólitos

Ao analisar o parâmetro índice de doença, nota-se que as plantas sem aplicação de Si demonstraram um índice 25% maior em razão á aquelas que receberam a aplicação de Si (Figura 1a). Esse resultado está associado aos benefícios estruturais e fisiológicos que o Si promove nas plantas, atrapalhando o desenvolvimento do míldio, o qual demonstrou menor severidade nesses tratamentos.

Nos aspectos estruturais, a silificação, que consiste na deposição de uma dupla camada de sílica na parede celular das plantas, cria uma barreira física que dificulta a fase de infecção do patógeno-hospedeiro. (LANA *et al.*, 2003 aput SANTOS *et al.*, 2021).

Para a cultura da alface, essa hipótese foi confirmada por Alves *et al.* (2019), cujos estudos demonstraram que o pré- tratamento de sementes de alface com Si reduziu a incidência de míldio. Esses estudos sugerem que tal redução está associada com a silicificação nas células da epiderme da planta, que promovem maior rigidez nos tecidos e por fim atuam como uma barreira física contra a penetração de hifas do oomiceto.

O resultado foi uma redução da incidência da doença e manutenção

do crescimento das plântulas. Agindo positivamente sob o período de incubação, período latente, tamanho da colônia ou lesão, número de lesões, expansão de lesões, produção de inóculo por infecção local. Portanto mitigou a gravidade da doença e sua curva de progresso (ALLVES *et al.*, 2019).

Nos aspectos fisiológicos, o Si atua como um sinalizador bioquímico, ativando o metabolismo secundário da planta, com a formação de compostos fenólicos e aumento da atividade de enzimas responsáveis pela proteção da planta (BURTET, 2018).

Em estudos realizados por Martinati (2008) verificou-se a redução dos sintomas da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) em plantas de cafeeiro suscetíveis quando adubadas com Si. De acordo com a autora, essa redução foi atribuída ao tempo de resposta de defesa da planta, que, quando adubada com Si, ocorria de forma mais acelerada. Essa resposta foi caracterizada pela ativação de enzimas relacionadas ao estresse oxidativo, como catalase, superóxido dismutase e peroxidases.

As enzimas de estresse oxidativo fazem parte do sistema antioxidante responsável por proteger as plantas contra as formas citotóxicas de oxigênio ativado, conhecidas como espécies reativas de oxigênio (EROS) (BARBOSA *et al.*, 2023). A ativação desse sistema antioxidante é crucial para proteção da planta, principalmente nos primeiros momentos de infecção, em que há síntese de EROs em resposta ao estresse biótico. A neutralização dessas EROs é essencial, pois elas danificam a parede celular da planta, o que pode ser verificado pela peroxidação lipídica e extravasamento eletrolítico (SOUZA

*et al.*, 2022). Essa neutralização envolve uma série de enzimas, como por exemplo a superóxido dismutase que atua sobre o radical superóxido ( $O_2^-$ ), convertendo-o em peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), uma espécie reativa de oxigênio, sendo tóxica para o metabolismo da planta. Atua também a catalase por sua vez, elimina o  $H_2O_2$ , o transformando em oxigênio ( $O_2$ ) e água ( $H_2O$ ) (BARBOSA *et al.*, 2023).

Enquanto o grupo das peroxidases catalisam as reações de desintoxicação do  $H_2O_2$ , o transformando em  $H_2O$  (BARBOSA *et al.*, 2023). Participam também da biossíntese de lignina e da degradação do ácido indolacético (IAA), tendo uma ampla gama de doadores de elétrons (AL-AGHABARY, ZHU, SHI, 2005; ISLAM *et al.*, 2020).

No presente trabalho, ao analisar o parâmetro de extravasamento de eletrólitos, notamos que não houve interação entre o Si e o patógeno (Figura 1b). Ou seja, embora o míldio e o Si terem causado um impacto significativo individualmente, os dois fatores em conjunto não foram capazes de demonstrar resultados significativos.

Apesar disso os tratamentos expostos ao míldio demonstraram diferenciação, significativa, em relação a aplicação de Si. Plantas submetidas a adubação silicatada demonstraram um extravasamento 37% menor do que plantas sem adubação silicatada, o que se pode verificar na Figura 1b. Esse resultado era esperado, justamente pelo Si acelerar a resposta do sistema antioxidante da planta, auxiliando assim na defesa e por consequência reduzindo os danos causados pelas espécies EROs a parede

celular.

Já os tratamentos de plantas saudáveis, mesmo tendo apresentado menor extravasamento do que as plantas doentes, elas não se diferenciaram em relação a presença ou ausência da adubação silicatada (Figura 1b). Ou seja, o Si não influenciou no extravasamento eletrolítico em plantas saudáveis.

Dessa forma pode-se concluir que o Si obteve sucesso ao mitigar os danos causados pelo míldio (*Bremia lactucae*), causando uma reação mais rápida do sistema de estresse antioxidante, e por fim reduzindo a severidade da doença.

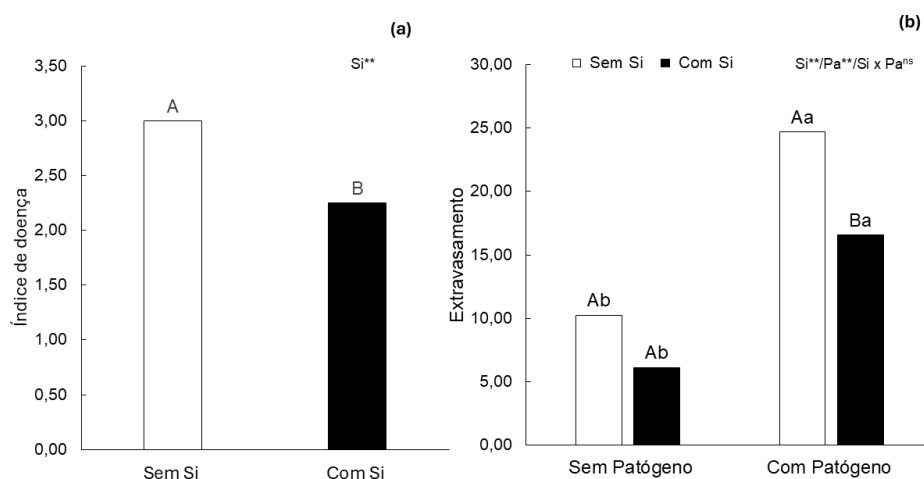


Figura 1: **(a)** Severidade de doença das plantas cultivadas com variação na aplicação de Si (-Si e +Si). Em que A e B, se referem ao patógeno, e as médias foram comparadas entre “-Si” e “+ Si” pelo teste de Student (0,05). **(b)** Extravasamento de eletrólitos das plantas cultivadas com variação na aplicação de Si (-Si e +Si) e submetidas a ausência ou a presença do patógeno. Em que as letras maiúsculas A e B, são referentes a adubação com silício, e foram comparadas entre si pelo teste de de Student (0,05), dentro da mesma condição “com patógeno” ou “sem patógeno”. Já as letras minúsculas a e b, são referentes a presença do patógeno, e foram comparadas entre si pelo teste de Student (0,05), dentro da mesma condição “-Si” ou “+Si”. Médias seguidas da mesma letra não possuem diferença estatística pelo teste de Student (0,05).

## 4.2 Produção de massa úmida e seca, número de folhas e área foliar

Para os parâmetros área foliar, massa úmida e massa seca houve

interação entre o Si e o patógeno, enquanto para número de folhas essa relação não foi significativa (Figuras 2a, 2b, 2c e 2d). Observando o patógeno, nota-se que sua presença causou um impacto negativo em todas as variáveis analisadas, para ambos os tratamentos (-Si e +Si).

Dessa forma os tratamentos expostos a condição “com patógeno” expressaram resultados inferiores em relação a aqueles livres desse contato. Principalmente em razão aos danos causados pela doença, que demonstraram uma redução dos fatores fisiológicos, refletindo em um menor número de folhas, área foliar e massa por consequência.

No entanto observando o Si dentro dessa condição, nas Figuras 2a, 2c e 2d, ficou evidente que a aplicação gerou um maior acúmulo para número de folhas, massa úmida e massa seca, sendo mais significativa do que a ausência do elemento. Esse acúmulo totalizou, respectivamente, 39%, 54% e 46% de acréscimo em folhas e massa. Enquanto para a variável área foliar, Figura 2b, sob a presença de patógeno, a aplicação de Si não expressou diferença quando comparada ao tratamento sem aplicação do elemento.

No mesmo sentido, os tratamentos sob a condição “sem patógeno” apresentaram comportamento similar, com exceção da área foliar, em que nesse contexto demonstrou acréscimo significativo em relação a aplicação de Si (Figuras 2a, 2b, 2c e 2d). Ocorrendo um maior acúmulo de número de folhas, área foliar e massa nas amostras com aplicação de Si, em relação a aquelas que não tiveram contato com o elemento. Acúmulo esse, correspondente a 26% de número de folhas, 48% de área foliar, 43% de

massa úmida e 54% de massa seca.

O uso de Si na falta de estresse biótico ou abiótico já foi reconhecido como favorável para a produção vegetal. Um estudo conduzido por Gonzaga *et al.* (2020) em plantas de alface, demonstrou um melhor desempenho de massa úmida e massa seca parte aérea e raiz, em plantas submetidas a adubação de Si. Além disso o autor afirmou que o elemento acelerou o desenvolvimento de mudas, aumentando o número de folhas, possibilitando que o transplante e o ponto de colheita ocorressem mais rapidamente.

Nesse estudo, foi possível de verificar, nas Figuras 2a, 2c e 2d, resultados semelhantes aos observados no estudo de Gonzaga *et al.* (2020). Na ausência de estresse biótico, observou-se incremento em massa e número de folhas, o que possibilitou o transplante mais rápido de mudas. Porém ainda nas mesmas figuras, esse incremento ainda pode ser visto na presença de estresse biótico, uma vez que a planta adubada com Si em contato com o míldio ainda expressava incremento nesses parâmetros, garantindo um desenvolvimento vegetal acelerado.

Uma resposta para esse melhor desempenho pode estar associada a relação Carbono (C)/ Silício (Si). Fernandes (2021), em estudos sobre amendoim, uma planta não acumuladora de Si, afirma que a modificação na relação estequiométrica C/Si, resulta no incremento da taxa fotossintética, eficiência do uso do carbono e, conseqüentemente, no acúmulo de massa seca.

Essa alteração estequiométrica ocorre por conta de o Si demandar

menos energia para se incorporar nos tecidos das folhas, em razão de sua alta permeabilidade na dupla camada lipídica, substituindo assim parte do C na parede celular (RAVEN, 1983).

Teixeira *et al.* (2020) enfatiza a importância de alterações estruturais tais quais melhoris na arquitetura foliar, folhas mais eretas e resistentes como fatores a se considerar pensando no desempenho de fitomassa. Isso devido garantirem melhor captação de energia solar e crescimento das plantas, aumentarem a resistência mecânica das células e assegurarem uma maior rigidez estrutural dos tecidos.

No entanto, os benefícios atribuídos a esse elemento não se limitam apenas à sua função estrutural. Portanto o acúmulo de massa pode estar associado ao papel que o Si possui no mecanismo de defesa da planta, atuando como um sinalizador de proteínas estratégicas como a superóxido desmutase, catalase e peroxidase. Enzimas que fazem parte do sistema antioxidante e protegem as plantas contra as formas citotóxicas de oxigênio ativado, EROs (BARBOSA *et al.*, 2023).

A ativação do sistema oxidante garante que a planta se proteja do patógeno, mas além disso também permite que seu metabolismo funcione de maneira mais eficiente. Como observado nos resultados do presente trabalho.

Verificou-se que os benefícios do Si, foram capazes de reduzir a intensidade da doença, assegurando um melhor desempenho fisiológico da planta, por permitir um maior número de folhas e acúmulo de massa (Figuras

2a, 2c e 2d). Esses resultados garantiram mudas com um desenvolvimento vegetal acelerado, mais resistentes e com a possibilidade de um transplante precoce.

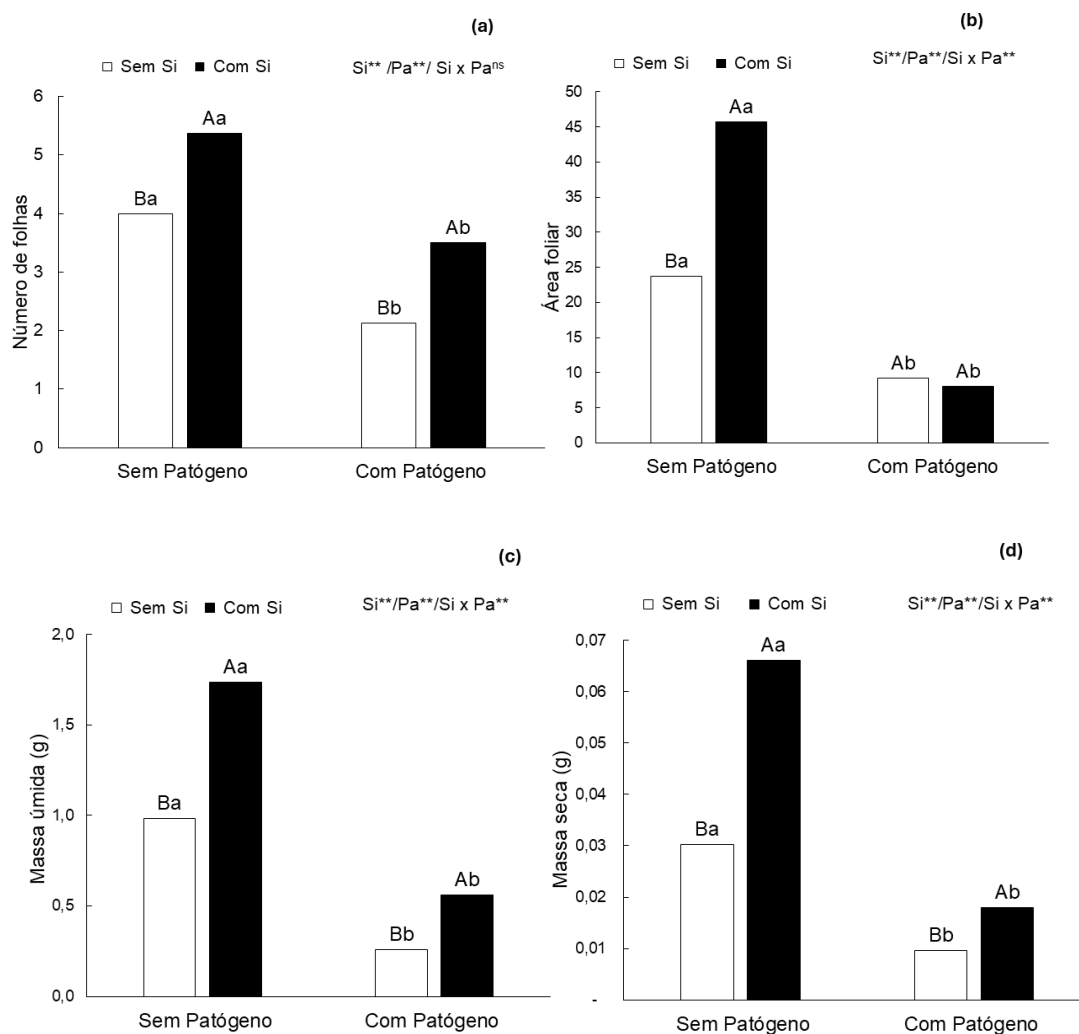


Figura 2: **(a)** Número de folhas, **(b)** área foliar, **(c)** massa úmida e **(d)** massa seca das plantas cultivadas com variação na aplicação de Si (-Si e +Si) e submetidas a ausência ou a presença do patógeno. Em que as letras maiúsculas A e B, são referentes a adubação com silício, e foram comparadas entre si pelo teste de Student (0,05), dentro da mesma condição “com patógeno” ou “sem patógeno”. Já as letras minúsculas a e b, são referentes a presença do patógeno, e foram comparadas entre si pelo teste de Student (0,05), dentro da mesma condição “-Si” ou “+Si”. Médias seguidas da mesma letra não possuem diferença estatística pelo teste de Tukey.

## 7 CONCLUSÃO

O Si mitiga os danos causados pelo míldio (*Bremia lactucae*) na cultura da alface. Ativa o mecanismo de defesa, acelera a reação do sistema de

estresse antioxidante, reduzindo a intensidade da doença.

Além disso o Si ainda assegura um melhor desempenho fisiológico, o que permite mudas com desenvolvimento vegetal mais rápido e transplante precoce.

### LITERATURA CITADA

- AL-AGHABARY, K.; ZHU, Z.; SHI, Q. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. **Journal of plant nutrition**, v. 27, n. 12, p. 2101-2115, 2005.
- ALLVES, R. C.; ZUCCO, M. F. dos; CHECCHIO, M. V.; LUPINO GRATÃO, P. L. Silício como indutor de resistência à *Bremia lactucae* na cultura da alface. **Anais do XXXIV Congresso de Iniciação Científica**, UNESP Jaboticabal, 2019.
- ANTUNES, L.F.S.; SCORIZA, R. N.; FRANÇA, E. M. ; SILVA, D. G da; CORREIA, M. E. F.; LEAL, M. A. de A.; ROUWSL, J. R. C. Desempenho agrônomo da alface crespa a partir de mudas produzidas com gongocomposto. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.8, n.3, p.57-65, 2018.
- BAKHAT, H. F.; BIBI, N.; ZIA, Z.; ABBASI, A.; HAMMADI, H. M.; FAHAD, S.; ASHRAF, M. R.; SHAH, G. M.; RABBANI, F.; SAEED, S. Silicon mitigates biotic stresses in crop plants: a review. **Crop Protection**, v. 104, p. 21–34, 2018.
- BARBOSA, M. R.; SOUZA, L. M. de; NASCIMENTO, K. R. P. ROS e o estresse oxidativo por seca em plantas. **Multidisciplinary Sciences Reports**, v. 3, n. 3, 2023.
- BURTET, G. W. Silício e *Azospirillum brasilense* associado ao controle químico sobre a severidade de *Pantoea ananatis* em milho. **Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) — Universidade Federal de Santa Maria**, Santa Maria, RS, 2018.
- CASSEL, J. L.; GYSI, T.; ROTHER, G. M.; PIMENTA, B. D.; LUDWIG, R. L.; SANTOS, D. B. Benefícios da aplicação de silício em plantas. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 4, p. 6601-

6615, 2021.

COLARICCIO, A.; CHAVES, A. L. R. Aspectos fitossanitários da cultura da alface. **Boletim técnico do Instituto Biológico**, São Paulo, n. 29, p. 1-126, jul. 2017.

CORRÊA, C. V. Aplicação de silício em plantas de tomate cultivar Micro-Tom sob déficit hídrico. **Tese (Doutorado em Fitotecnia) — Universidade de São Paulo**, Piracicaba, SP, 2019.

DEMARTELAERE, A. C. F.; SILVA, T. B. M.; PRESTON, H. A. F.; FERREIRA, A. S.; RODRIGUES, A. L. S.; FEITOSA, S. S.; PRESTON, W.; MEDEIROS, D. C.; ROSADO, A. K. H. B.; SILVA, R. M.; BENJAMIM, R. F. O cultivo hidropônico de alface com água de reuso. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.11, p. 90206-90224, 2020.

DICKINSON, C. H.; CRUTE, J. R. The influence of seedling age and development on the infection of lettuce by *Bremia lactucae*. **Annals of Applied Biology**, v. 76, p. 49–61, 1974.

DIONISIO-SESE, M.; TOBITA, S. Antioxidant responses of rice seedlings to salinity stress. **Plant Science**, v. 135, n. 1, p. 1-9, 1998.

ECHER, R.; LOVATTO, P. B.; TRECHA, C. O.; SCHIEDECK, G. Alface à mesa: implicações socioeconômicas e ambientais da semente ao prato. **Revista Thema**, v.13, n.3, p. 17-29, 2016.

FERNANDES, S. Silício em diferentes modos de aplicação modifica a estequiometria C: Si e as trocas gasosas aumentando a eficiência de uso do C e a produção de massa seca de plantas de amendoim. **Trabalho de iniciação científica (Produção Agrícola) — Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”**, Jaboticabal, SP, 2021.

FRANCO, C. A. *Bremia lactucae*: monitoramento, dinâmica populacional e sensibilidade a fungicidas. **Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de plantas) — Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”**, Jaboticabal, SP, 2020.

GAUR, S.; KUMAR, J.; KUMAR, D.; CAUHAN, D. K.; PRASAD, S. M.; SRIVASTAVA, P. K. Fascinating impact of silicon and silicon transporters in plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 202, p. 110885, 2020.

- GONZAGA, T. O. D.; ARAUJO, C.; ANDRADE, A. L.; RIBEIRO-SANTOS, J. M.; SILVA, G.B.; SILVA, V. L. Produção de mudas de alface (*Lactuca sativa*) submetidas a diferentes doses de Silício. **Scientific Eletronic Archives**, v.13, n.1, p. 1-7, 2020.
- HENZ, G. P.; SUINAGA, S. Tipos de alface cultivados no Brasil. **Brasília Embrapa Hortaliça**, DF, 2009.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. L. The water culture methods for growing plants without soil. **Circular**, v. 347, p. 32, 1950.
- HUANG, H.; LI, M.; RIZWAN, M.; DAI, Z.; YUAN, Y.; HOSSAIN, M. M.; CAO, M.; XIONG, S.; TU, S. Synergistic effect of silicon and selenium on the alleviation of cadmium toxicity in rice plants. **Journal of Hazardous Materials**, v. 401, p. 123393, 2021.
- ILOTT, T. W.; DURGAN, M. E.; MICHELMORE, R. W. Genetics of virulence in California populations of *Bremia lactucae* (Lettuce Downy Mildew). **Phytopathology**, Saint Paul, v. 77, n. 10, p. 1381-1386, 1987.
- ISLAM, W.; TAYYAB, M.; KHALIL, F.; HUA, Z.; HUANG, Z.; CHEN, H. Y. H. Silicon-mediated plant defense against pathogens and insect pests. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 168, p. 104641, 2020. DOI: 10.1016/j.pestbp.2020.104641.
- LANA, R. M. Q., KORNDÖRFER, G. H., ZANÃO Júnior, L. A., SILVA, A. F.; LANA, A. M. Q. Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro. **Biosci. J.**, 19, 15-20, 2003.
- LEBEDA, A.; SEDLÁŘOVÁ, M.; PETŘIVÁLSKÝ, M.; PROKOPOVÁ, J. Diversity of defence mechanisms in plant–oomycete interactions: a case study of *Lactuca* spp. and *Bremia lactucae*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 122, p. 71–89, 2008.
- LOPES, C. A.; QUEZADO-DUVAL, A. M.; REIS, A. Doenças da alface. Brasília: **Embrapa Hortaliças**, p. 68, 2010.
- MA, J. F.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth and phosphorus uptake rice. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 126, n. 1, p. 115-119, 1990.
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. **Academic Press**,

v.2, p. 899, 1995.

MARTINATI, J. C. Aspectos bioquímicos em plantas de cafeeiro tratadas com silício. **Tese (Doutorado em Energia nuclear na agricultura e no ambiente) — Universidade de São Paulo**, Piracicaba, SP, 2008.

MESQUITA, P. G. Biologia, epidemiologia e controle do míldio (*Bremia lactucae*) da alface (*Lactuca sativa*) em viveiro. **Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) — Universidade de Brasília**, Brasília, DF, 2008.

MICHELMORE, R.; WONG, J. Classical and molecular genetics of *Bremia lactucae*, cause of lettuce downy mildew. **European Journal of Plant Pathology**, v. 122, n. 1, p. 19-30, 2008.

NETA, F. X. Q.; ASSIS, V. C. S. de S.; OLIVEIRA, C. da S.; BERTI, M. P. da S. Dinâmica do silício no sistema solo-planta e sua participação no metabolismo e nutrição de plantas: uma revisão. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 9, p. e6671, set. 2024.

OLIVEIRA, L. A. Silício em plantas de feijão e arroz: absorção, transporte, redistribuição e tolerância ao cádmio. **Tese (Doutorado em Energia nuclear na agricultura e no ambiente) — Universidade de São Paulo**, Piracicaba, SP, 2009.

QUEIROZ, A. A.; CRUVINEL, V. B.; FIGUEIREDO, K. M. E. Produção de alface americana em função da fertilização com organomineral. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.14, n. 25, p. 1053-1063, 2017.

RAVEN J.A. The transport and function of silicon in plants. **Biological Reviews**. v.58, p.179–207, 1983.

SANTOS, L. C.; SILVA, G. A. M.; ABRANCHES, M. O.; ROCHA, J. L. A.; SILVA, S. T. A.; RIBEIRO, M. D. S.; GOMES, V. R.; SEVERO, P. J. S.; BRILAHNTE, C. L.; SOUSA, F. Q. O papel do silício nas plantas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e3810716247-e3810716247, 2021.

SCHETTINI, T. M.; LEGG, E. J.; MICHELMORE, R. W. Insensitivity to Metalaxyl in California Populations of *Bremia lactucae* and Resistance of California Lettuce Cultivars to Downy Mildew. **Phytopathology** 81:64–70, 1991.

- SILVA, A. C.; SILVA, V. S. G.; MANTOVANELLI, B. C.; SANTOS, G. M. Formação de mudas de alface em diferentes bandejas e substratos. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 15, n. 1, p. 465-471, 2017.
- SORDI, A.; ZIMERMANN, G.; LOSS, V. P. Avaliação do crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.) após a aplicação de silício na raiz. **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste**, v. 5, p. e2512- e25124, 2020.
- SOUZA, L. C. de; FIGUEIREDO, E. L. P.; OLIVEIRA OLIVEIRA, H. B.; MONTEIRO, L. R. M.; BARROS, L. T. C.; NASCIMENTO, J. F.; BRITO, A. E. de A.; NASCIMENTO, V. R. do; MONTEIRO, G. G. T. N.; NETO, C. F. de O. Respostas do sistema antioxidante em plantas contaminadas por metais pesados. **Ciências agrárias: o avanço da ciência no brasil**, v. 4, p. 177–191, 2022. DOI:10.37885/220509001.
- SOUZA, S. V.; ALMEIDA, M. G.; OLIVEIRA, L. E. N.; SABBAG, O. J. Análise do crescimento de alface sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Agricultura Familiar**, v. 2, p. 107-120, 2020.
- TEIXEIRA, G. C. M.; ROCHA, A. M. S.; OLIVEIRA, K. S.; SARAH, M. M.; OLIVEIRA FILHO, A. S. B.; PRADO, R. M.; PALARETTI, L. F. Silício na mitigação dos estresses por deficiência de manganês e pelo déficit hídrico em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. **Científica**, v. 48, n. 2, p. 170–187, 2020. DOI:10.15361/1984-5529.2020v48n2p170-187.
- TÖFOLI, J. G.; DOMINGUES, R. J.; FERRARI, J. T. Míldio da alface: severo e destrutivo. **Repositório biológico**, n. 224, 2017.
- TOFOLI, J. G.; DOMINGUES, R. J.; FERRARI, J. T. Míldio e mofo branco da alface: doenças típicas de inverno. **Biológico**, São Paulo, v. 76, n. 1, p. 19-24, 2014.
- VILELA, N. J.; LUENGO, R. F. A. Produção de Hortaliças Folhosas no Brasil. **Campo & Negócios, Hortifruti**, Uberlândia, v. XII, n. 146, p. 22-27, 2017.
- YOKORO, G. K.; PEREIRA, J. A. produção e comercialização da alface: um estudo a partir das perspectivas do município de Naviraí-MS. **Revista Científica Agropampa**, v. 3, n. 3, p. 64-79, 2020.

YUEN, J. E. & LORBEER, J. W. Metalaxyl controls downy mildew and supplements horizontal resistance to *Bremia lactucae* lettuce grown on organic soil in New York. **Plant Dis.** n.67, p. 615- 618, 1983.