

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**NUTRIÇÃO POTÁSSICA E USO DE CULTIVARES COM NÍVEL DE
RESISTÊNCIA AO MILDIO POTENCIALIZA O CRESCIMENTO DA ALFACE
INOCULADA COM PATÓGENO**

LINIKER PEDRO SALDANHA

JABOTICABAL, 2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**NUTRIÇÃO POTÁSSICA E USO DE CULTIVARES COM NÍVEL DE
RESISTÊNCIA AO MILDIO POTENCIALIZA O CRESCIMENTO DA ALFACE
INOCULADA COM PATÓGENO**

Liniker Pedro Saldanha

Orientador: Prof. Dr. Renato de Mello Prado

Coorientador: Lívia Tálita da Silva Carvalho

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das exigências para
Graduação em Engenharia Agrônômica.

JABOTICABAL, 2024

2º semestre/2024

S162n Saldanha, Liniker Pedro

Nutrição potássica e uso de cultivares com nível de resistência ao mildio potencializa o crescimento da alface inoculada com patógeno / Liniker Pedro Saldanha. -- Jaboticabal, 2025

44 p. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Renato de Mello Prado
Coorientadora: Lívia Tálita da Silva Carvalho

1. Agrônoma. 2. Efeito do potássio nas plantas. 3. Nutrição de plantas. 4. Fitopatologia. 5. Horticultura. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus Jaboticabal



LINIKER PEDRO SALDANHA

**NUTRIÇÃO POTÁSSICA E USO DE CULTIVARES COM NÍVEL DE RESISTÊNCIA
AO MÍLDIO POTENCIALIZA O CRESCIMENTO DA ALFACE INOCULADA COM
PATÓGENO**

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. Renato de Mello Prado
Coorientadora: Me. Livia Tálita da Silva Carvalho

Área de Concentração: Nutrição e Fisiologia

Data da defesa: 13/11/2024

(X) Aprovado

() Reprovado

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
RENATO DE MELLO PRADO
Data: 12/03/2025 11:59:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Renato de Mello Prado

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



Documento assinado digitalmente
KAMILA SILVA OLIVEIRA
Data: 10/03/2025 15:42:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Kamila Silva Oliveira

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



Documento assinado digitalmente
BIANCA CAVALCANTE DA SILVA
Data: 11/03/2025 21:32:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Bianca Cavalcante da Silva

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

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em:

25/03/2025

Prof. Dr. José Eduardo Corá
Chefe do Departamento

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, em lembrança à minha avó Mercedes Delmunde Camargo, à República Abatedouro e à Equipe GENPLANT.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer minha mãe, Karina Camargo, que sempre me apoiou e me incentivou a correr atrás dos meus sonhos, por ter me ensinado valores que fizeram eu me tornar quem sou hoje. Ao meu pai, por todo apoio, conselho e ensinamentos que foram necessários para me tornar o homem que sou.

À minha vó, Mercedes Delmunde Camargo, uma mulher guerreira, batalhadora e amável, tenho apenas a agradecer por todo momento em que passamos juntos, pelo cuidado que tinha por seus netos, e pelo apoio e incentivo recebido.

Aos meus tios e tias, pelos ensinamentos que foram necessários durante minha trajetória. Aos meus primos e primas pelos momentos de felicidade e descontração nas festas e reuniões de família.

Ao Prof. Dr. Renato de Mello Prado por me acolher como orientado, pelas orientações e conselhos ao longo do meu processo de graduação, por ser sempre solícito, e pela forma que coordena o GENPLANT, fazendo ser um excelente grupo.

À minha coorientadora e amiga Dr. Lívia Tálita da Silva Carvalho, pelo auxílio na condução do projeto, pelos conselhos, pelo compartilhamento de experiências, pelas risadas, e pelos bons momentos que mesmo sob pressão fazia com que a condução do experimento fosse mais leve.

A UNESP FCAV, por ter contribuído com todos ensinamentos e experiência adquiridos durante o período de graduação. A equipe GENPLANT,

que foi fundamental em nossa trajetória, e sem esse apoio o caminho seria muito mais difícil. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2022/13079-3, pela bolsa que me foi concedida, permitindo a realização deste projeto.

Aos membros da República Abatedouro, que me ajudaram em toda minha trajetória na graduação, além de terem ajudado na minha evolução profissional e pessoal. Agradeço imensamente por todos os momentos de descontração, amizade e companheirismo, que fizeram desses anos mais alegres e leves, em especial ao Gabriel Junior da Rocha Ribeiro (Is-tuart) e Gabriel Ramos (Rólistér) por todo companheirismo e desabafos durante esta caminhada.

À Yasmin Yasue Suzuki Bilbao (Tinker-Bell), cujo apoio e afeto foram fundamentais durante a realização deste projeto, por sempre me escutar e me apoiar, me incentivando a ser cada dia melhor, sua presença constante tanto nos momentos de alegria quanto nos desafios, foi um verdadeiro pilar de força e positividade. Sua generosidade de espírito e profundidade de caráter tornaram meus dias melhores e mais leves.

A todos os que, de alguma forma, contribuíram para minha trajetória até aqui.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Inoculação e reprodução do patógeno *Bremia lactucae* raça SPBl:01 em caixas gerbox forradas com papel germitest. 26
- Figura 2. Produtos químicos utilizados para fazer o preparo da solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950). 27
- Figura 3. Início da formação de mudas para o experimento. 29
- Figura 4. Representação gráfica das temperaturas médias (T med) em °C; aderente a umidade relativa (H média) ao decorrer do cultivo nas diferentes fases de desenvolvimento, sendo stage 1 casa de vegetação, e stage 2 desenvolvimento em câmara úmida 30
- Figura 5. Plantas de alface no início do desenvolvimento, durante o período stage 1, (A – Jade), (B- Solaris), (C – Laís). 31
- Figura 6. Índice de cor verde das plantas da cultivar Solaris (a), cultivar Laís (b), cultivar Jade (c), em função da inoculação com o patógeno *Bremia lactucae* sem K (-K) e com K (+K). As letras maiúsculas indicam diferença entre K na mesma condição do patógeno, e l letras minúsculas indicam diferença entre patógeno na mesma condição de K pelo teste de Student (LSD). ** e *: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, ns: não significativo. 33
- Figura 7. Área foliar das plantas da cultivar Solaris (a), cultivar Laís (b), cultivar Jade (c), em função da inoculação com o patógeno *Bremia lactucae* sem K (-K) e com K (+K). As letras maiúsculas indicam diferença entre K na mesma condição do patógeno, e letras minúsculas indicam diferença entre patógeno na mesma condição de K pelo teste de Student (LSD). ** e *: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, ns: não significativo. **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 8. Massa seca total (MST), das plantas da cultivar Solaris (a); cultivar Laís (b); cultivar Jade (c); em função da inoculação com o patógeno *Bremia lactucae* sem K (-K) e com K (+K). As letras maiúsculas indicam diferença entre K na mesma condição do patógeno, e l letras minúsculas indicam diferença entre patógeno na mesma condição de K pelo teste de Student

(LSD). ** e *: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, ns:
não significativo. 36

Sumário

RESUMO	X
ABSTRACT	XII
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	14
2. OBJETIVO	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 Influência do patógeno <i>Bremia lactucae</i> em plantas de alface	18
3.2 Influência do potássio nas plantas.....	19
3.3 Resistência genética ao patógeno <i>Bremia lactucae</i>	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 Tratamentos e delineamento experimental	23
4.2 Preparo do inóculo e inoculação.....	25
4.3 Preparo de solução nutritiva.....	26
4.4 Lavagem da areia.....	27
4.5 Cultivo.....	28
4.6 Instalação do experimento.....	30
4.7 Análises realizadas	31
4.7.1 Índice de cor verde.....	31
4.7.2 Área foliar.....	32
4.7.3 Produção de massa seca total	32
4.8 Análise estatística	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
6. CONCLUSÃO	36
7. REFERENCIAS.....	37

NUTRIÇÃO POTÁSSICA E USO DE CULTIVARES COM NÍVEL DE RESISTÊNCIA AO MILDIO POTENCIALIZA O CRESCIMENTO DA ALFACE INOCULADA COM PATÓGENO

RESUMO

A alface (*Lactuca sativa*) embora sendo a hortaliça folhosa mais consumida no mundo, a incidência da *Bremia lactucae* (míldio da alface) diminuiu muito a produtividade desta cultura. Uma alternativa sustentável para o controle desta doença é a combinação do emprego de cultivares com resistência associado a otimização da nutrição potássica. No entanto, ainda não é conhecido se a melhoria da nutrição potássica é mais efetiva em cultivares suscetíveis ou com algum nível de resistência ao míldio da alface. Para isso, foram realizados três experimentos para verificar a interferência da nutrição potássica no crescimento de cultivares de alface com suscetibilidade e com resistência incompleta e completa ao míldio. Os experimentos foram realizados na UNESP Câmpus de Jaboticabal em condição controlada, com as cultivares que apresentam diferentes níveis de resistência ao patógeno, Solaris (suscetível), Laís (resistência incompleta) e Jade (resistência completa), sendo cada cultivar um experimento, realizados simultaneamente. Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial 2x2, sendo ausência e presença do patógeno e ausência e presença do K na solução nutritiva (6mmol L⁻¹), dispostos em delineamento inteiramente casualizado com 6 repetições. O patógeno foi inoculado nas plantas utilizando esporângios lavados de tecidos infestados do hospedeiro e agitados em água deionizada. As análises realizadas foram: Índice de cor verde, área foliar e massa seca total. A inoculação da *Bremia lactucae* causou danos nas plantas deficientes em K ao diminuir a produção de massa seca da planta inteira

tanto em cultivares suscetível ao patógeno (Solaris) o que era esperado, mas também em cultivares com resistência completa (Jade), indicando que a resistência genética isoladamente não foi suficiente para atenuar a doença. Nas plantas com suficiência de K o uso do melhoramento genético é capaz de promover ótimo crescimento da planta mesmo com o patógeno míldio nas cultivares Laís e Jade que apresentaram resistência incompleta e completa respectivamente e sem efeito para cultivar suscetível (Solaris). A nutrição potássica foi eficiente para diminuir a ocorrência da *Bremia Lactucae* pois incrementou a produção de massa seca e deve ser indicada para plantas de diferentes grupos de reação ao patógeno, sensíveis, com resistência incompleta e completa.

Palavras-chave: Doença, fotossíntese, hortaliça, potássio.

**POTASSIUM NUTRITION AND THE USE OF CULTIVARS WITH MILDEW
RESISTANCE LEVELS ENHANCE THE GROWTH OF LETTUCE
INOCULATED WITH PATHOGENS**

ABSTRACT

Although lettuce (*Lactuca sativa*) is the most consumed leafy vegetable in the world, the incidence of *Bremia lactucae* (lettuce downy mildew) greatly reduces this crop's productivity. A sustainable alternative to control this disease is the combination of resistant cultivars associated with potassium nutrition optimization. However, it is still unknown whether improving potassium nutrition is more effective in cultivars that are susceptible or those that exhibit some level of resistance to lettuce downy mildew. To this end, three experiments were carried out to verify the interference of potassium nutrition in the growth of lettuce cultivars with susceptibility and incomplete and complete resistance to downy mildew. The experiments were carried out in controlled conditions at UNESP Jaboticabal Campus, using cultivars presenting different levels of resistance to the pathogen: Solaris (susceptible), Laís (incomplete resistance) and Jade (complete resistance), each cultivar constituted a separate experiment conducted simultaneously. The treatments were arranged in a 2x2 factorial scheme, with absence and presence of the pathogen and absence and presence of K in the nutrient solution (6mmol L⁻¹), arranged in a completely randomized design with 6 replications. The pathogen was inoculated into the plants using sporangia washed from infested host tissues and agitated in deionized water. The analyses made were: Green color index, leaf area and total dry mass. The inoculation of *Bremia lactucae* caused damage to K-deficient plants by reducing the total dry matter production not only in the cultivar susceptible to the pathogen (Solaris), as

expected, but also in the cultivar with complete resistance (Jade), indicating that genetic resistance alone was not sufficient to mitigate the disease. In plants with sufficient K, genetic improvement can promote optimal plant growth even in the presence of downy mildew in the Laís and Jade cultivars, which showed incomplete and complete resistance, respectively, with no effect on the susceptible cultivar (Solaris). Potassium nutrition was effective in reducing the occurrence of *Bremia lactucae* by increasing dry matter production and should be recommended for plants with different pathogen response groups, susceptible, with incomplete resistance, and with complete resistance.

Keywords: Disease, photosynthesis, vegetable, potassium.

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A alface é a hortaliça folhosa mais consumida no mundo, possuindo grande importância econômica e social (PAIM et al., 2020), sendo fonte de vitamina C, ferro, potássio e cálcio e possui compostos como carotenoides e flavonoides que agem com função antioxidante (MOTA et al., 2003). No Brasil, sua produção chega a atingir aproximadamente 1,11 milhões de toneladas por ano (CONAB, 2023).

No Brasil, encontram-se diferentes técnicas de cultivos de alface, como produção em campo aberto, ambiente protegido, sistema hidropônico ou orgânico (TAVARES et al., 2019). São cultivados no país cerca de 35 mil hectares, tendo o estado de São Paulo como o principal produtor (IBGE, 2024). É de suma importância a escolha de cultivares melhorados, visando garantir uma boa produção comercial, sendo recomendado o cultivo de plantas adaptadas a condições ambientais do local de cultivo e de manejo (FIORINI et al., 2016) e genótipos que garantem maior tolerância e/ou resistência a doenças (COSTA & SALA, 2005).

A faixa ideal de temperatura do ar para a produção de alface deve ser de 12 a 22°C e umidade relativa do ar entre 60 e 70%. Entretanto, essas condições climáticas também favorecem a ocorrência de muitas doenças, incluindo o míldio da alface, que é a principal doença dessa cultura em condições de baixa temperatura e de longos períodos de molhamento foliar (LEBEDA; PINK; ASTLEY, 2002; MICHELMORE & WONG, 2008; LOPES; QUEZADO-DUVAL; REIS, 2010).

O míldio da alface, é uma doença causada por oomicetos do Reino de Stramenopila *Bremia lactucae* Regel, sendo distribuída mundialmente

(ZAMBOLIM; VALE; COSTA, 2000) através do ar e água e a sua multiplicação ocorre em forma de progressão geométrica (FALL; VAN DER HEYDEN; CARISSE, 2016). Isso ocorre especialmente em temperaturas amenas (PAVAN & KUROSZAWA, 1997), e com presença de água nas superfícies foliares e com ação do vento potencializa a disseminação do patógeno na cultura (TÖFOLI; DOMINGUES; FERRARI, 2017) havendo a esporulação, germinação e penetração da *B. lactuceae* nos tecidos da planta hospedeira (PAVAN; KRAUSE-SAKATE & KUROSAWA, 2005).

Os sintomas da *B. lactucaae* se manifestam principalmente nas folhas, diminuindo a capacidade fotossintética da alface e a produtividade e ainda deixando impróprias para comercialização (VAN BRUGGEN & SCHERM, 1997). Os sintomas de clorose que evolui para necrose se manifestam em folhas mais velhas, sendo que na superfície abaxial das folhas forma-se esporangióforos, e esporângios que se manifestam numa coloração branca (MESQUITA, 2008).

O melhoramento para resistência da alface ao míldio foi iniciado por Jagger nos EUA (Califórnia) em 1926, e continuou na Europa e em Israel (CRUTE & JOHNSON, 1976). Todavia seu controle a partir de resistência genética é dificultado tendo em vista a alta variabilidade genética apresentada pela população de *B. lactucaae*, podendo representar diferentes níveis de patogenicidade e quebra de resistência frequente (VIDAL, 2018).

Nos estados Brasileiros o programa de melhoramento genético em alface para essa doença apontou que a cultivar Solaris, Lais e Jade apresentam suscetibilidade, resistência incompleta e resistência completa ao patógeno, respectivamente (MARIN et al., 2020), mas isso precisa ser comprovado em diferentes condições nutricionais e ambientais de cultivo.

O controle químico desta doença é uma opção, mas a alta frequência de uso de defensivos químicos, além de aumentar o custo de produção, pode ocorrer persistência de resíduos e contaminação ambiental e risco a saúde do consumidor e produtor, pela possibilidade de efeito residual nas folhas que serão consumidas.

Além do melhoramento genético temos outra opção sustentável para contribuir com a diminuição da doença, seria com manejo adequado da nutrição e consequentemente redução da necessidade de controle químico (LIMA et al., 2010), entretanto havendo deficiência nutricional pode favorecer a ocorrência de doenças (BALARDIN et al., 2006).

Um dos nutrientes mais importantes para diminuir a incidência de doenças é o K, pois sua ação enzimática favorece o metabolismo vegetal diminuindo acúmulo de aminoácidos que pode ser fonte de alimento para o patógeno (PRADO, 2020), e ao mesmo tempo é o segundo nutriente mais exigido em cultivos de *Lactuca sativa*, exercendo funções metabólicas essenciais para o crescimento (FURLANI, 2004). De um modo geral, o aumento das concentrações de potássio nas folhas reduz a suscetibilidade de doenças (MICHEREFF, 2001) visto em diferentes espécies como em plantas de soja (LEVY et al., 2004) e de café (GARCIA JUNIOR et al., 2003). A utilização de cultivares que apresentem resistência moderada, quando associada a uma nutrição mineral equilibrada possibilita um melhor controle de doenças (BALARDIN et al., 2006).

No entanto, em plantas de alface faltam estudos avaliando os benefícios do K no crescimento da planta e sua relação com desempenho de diferentes cultivares inoculadas com míldio. É conhecido que a nutrição equilibrada na

planta teria mais sucesso em cultivares com resistência incompleta ao patógeno tendo pouca viabilidade em plantas suscetíveis e resistentes (PRADO, 2021). No entanto, para patógenos de grande variabilidade como *B. lactucae* a nutrição potássica poderia beneficiar todas as classes de resistências, mas isso precisa ser comprovado.

Assim, hipotetizamos o fato que se a *B. lactucae* causar danos no crescimento da planta independente da resposta de resistência da cultivar de alface com deficiência nutricional, o fornecimento de K deverá ser eficiente para diminuir a ocorrência deste patógeno em todas as respostas de resistência e aumentar a produção de massa seca da planta. Uma estratégia sustentável para potencializar o crescimento da planta de alface com míldio seria empregar cultivares com nível de resistência combinado com ótima nutrição potássica.

Sendo aceita essas hipóteses, será possível compreender melhor as respostas da alface a aplicação de K e ao mesmo tempo avaliar seu potencial como mitigador do míldio, independentemente do nível de resistência da cultivar e estabelecer sinergia da nutrição e o melhoramento genético. Esta abordagem integrada não só impulsiona a investigação em melhoramento genético para avançar nos estudos, mas também proporciona uma base sólida para práticas agrícolas sustentáveis e eficientes e com menor uso de defensivos químicos.

2. OBJETIVO

Objetivou-se verificar a interferência da nutrição potássica em cultivares de alface com suscetibilidade e com resistência incompleta e completa ao míldio.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Influência do patógeno *Bremia lactucae* em plantas de alface

A *B. lactucae* Regel é oomiceto biotrófico obrigatório, que possui a presença de celulose e betaglucanas em sua parede celular, possui hifas ramificadas, micélio cenocítico, esporângios em formato arredondado, esporangióforos com as extremidades dilatadas, e zoósporos flagelados, desta forma eles podem formar estruturas denominadas como oósporos (TÖFOLI; DOMINGUES; FERRARI et al., 2017). Os esporângios de *B. lactucae* geralmente são formados no período noturno e liberados durante o período matutino devido exposição a luz solar (SU; VAN BRUGGEN; SUBBARAO, 2000). A penetração passiva do patógeno ocorre via estômatos e também via as células da epiderme, neste caso o metabolismo da alface acaba sendo prejudicado; as hifas intercelulares colonizam a superfície foliar, ocasionando inibição de elétrons (LEBEDA & PETRZLOVÁ, 2010)

Pelo fato da *B. lactucae* ser um patógeno biotrófico obrigatório, é necessário que o hospedeiro esteja vivo para garantir seu crescimento e reprodução (CARVALHO, 2021), de tal forma o patógeno necessita de alimento, sendo assim consome aminoácidos e assimilados produzidos pela planta (BERGER et al. 2007). Conforme o patógeno coloniza as folhas, resulta em uma redução da área foliar, consequentemente a produção de clorofila e os processos fisiológicos e nutricionais (CARVALHO, 2021).

Os danos são causados de maneira que plantas submetidas a este tipo de patógeno acabam induzindo estresse oxidativo, isso ocorre pelas chamadas ERO's, que são espécies reativas de oxigênio, e consequentemente o aumento do teor de malonaldeído (MDA) (AWASTHI et al, 2015; CARVALHO, 2021). Este é um composto orgânico que é produzido como subproduto do metabolismo

lipídico no organismo, podendo causar danos às células e aos tecidos vegetais (DA SILVA CURVÊLO, 2013). Assim o patógeno atua diminuindo compostos antioxidantes, a exemplo dos compostos fotossintetizantes, impedindo a ação de neutralização de espécies reativas de oxigênio (RESENDE et al. 2012), que fazem com que ocorra a degradação da clorofila (KHAN & SIDDIQUI, 2020), e diminuição dos níveis de carotenoides comprometendo a capacidade da planta de se proteger contra o estresse oxidativo (SILVA et al., 2018; DE CASSIA ALLVES, 2019).

Ainda são escassos os estudos que envolvem especificamente a atuação do míldio no metabolismo vegetal, o patógeno pode atuar silenciando genes ligados a produção de compostos antioxidantes (SEDLÁŘOVÁ et al. 2007), ou então que eles podem ser degradados para que sejam utilizados para formação de outros compostos que possam ter ação positiva para suprimir o patógeno (FAWE et al. 1998). Isso ocorre devido a interação patógeno hospedeiro que é muito influenciada pelo meio, e pode interferir na taxa de evolução do patógeno e modificar a expressão de genes de defesa do hospedeiro (BRUNELLI et al, 2017)

3.2 Influência do potássio nas plantas

O potássio em geral é o segundo nutriente mais exigido pelas plantas em termos de quantidade, perdendo apenas para o nitrogênio, além disso o requerimento deste nutriente para o ótimo crescimento e desenvolvimento vegetal está na faixa de 2 a 5% na matéria seca, podendo variar de acordo com a espécie e o órgão analisado (FAQUIN, 2005).

Em situação de campo o contato K e raiz ocorre predominantemente pelo fenômeno da difusão devido as condições de alto teor de argila e baixo teor de água no solo que acabam por ocasionar uma redução no fluxo de massa (GRIMME, 1976; PRADO, 2020).

Como o K é bastante permeável nas membranas plasmáticas, acaba se caracterizando como elemento de fácil absorção e transporte, podendo percorrer a longas distâncias pelo xilema, tendo alta redistribuição pelo floema (FAQUIN, 2005), e consequentemente alta mobilidade na planta.

Já é de vasto conhecimento que o K atua principalmente nas ativações enzimáticas, sendo mais de 60 enzimas dependentes do nutriente para que suas atividades sejam exercidas normalmente. A concentração de K é alta no citoplasma, otimizando o grau de hidratação das proteínas enzimáticas, acarretando em aumento da taxa de reações catalíticas, e também a afinidade com o substrato (EVANS & WILDES, 1971; FAQUIN, 2005; PRADO, 2020). Outro motivo para que haja a necessidade de maior concentração no nutriente no citosol e nos cloroplastos é para manter a neutralização de ânions e fazer a manutenção do pH garantindo melhor funcionamento das células (MARSCHNER, 1995).

É de praxe que o K está envolvido com a síntese de proteínas de maneira que provavelmente o nutriente atue na redutase do nitrato e também seja requerido na síntese desta enzima, pois sua deficiência acumula mais compostos nitrogenados solúveis como aminoácidos, amidas e nitrato (MARSCHNER, 1986; FAQUIN 2005; PRADO, 2020).

Além das funções já citadas o K também auxilia na osmorregulação, influenciando na expansão celular, transporte de íons e abertura e fechamento

dos estômatos, gerando potencial osmótico alto na raiz (PRADO, 2020). Desta maneira o K aumenta a turgidez das células guardas devido ao potencial osmótico, consequentemente há maior absorção de água das células guardas e adjacentes, dessa maneira diminui-se as perdas de água devido a redução da taxa de transpiração e o melhor funcionamento dos estômatos (PRADO, 2020).

A fotossíntese também é afetada pelo K, pois a regulação estomática contribui para que haja entrada de CO₂, assim esse nutriente promove a difusão de CO₂ nas células do mesófilo, além de ativar a ribulose -1,5- bifosfato carboxilase RuBP (rubisco), acarretando em maior atividade fotossintética (FAQUIN, 2005; PRADO, 2020). O K é também responsável pelo fluxo de H⁺ que é induzido pela luz, através das membranas dos tilacoides, favorecendo a síntese de ATP (TESTER & BLATT, 1989; PRADO, 2020).

O potássio auxilia no controle da permeabilidade da membrana citoplasmática, evitando o efluxo de açúcares e aminoácidos para o apoplasto, a falta deste nutriente pode ocasionar o acúmulo de aminoácidos que podem servir como alimento ao patógeno (OLIVEIRA, 2007). O aumento no teor de açúcares em plantas com deficiência de K ocorre pelo modo de atuação do nutriente em incorporar açúcares redutores com menor formação de amido e celulose, ocasionando um menor desenvolvimento da planta (GUTIERREZ et al., 1878; citado por SILVA, 2020).

3.3 Resistência genética ao patógeno *Bremia lactucae*

O controle do míldio em geral é feito a partir da utilização de cultivares resistentes e/ou fungicidas (MICHELMORE; WONG, 2008). De acordo com Vidal (2018), devido à grande variabilidade genética da *B. lactucae* o controle acaba

sendo dificultado graças as diferentes e numerosas raças do patógeno, opinião diferente a de Souza et al. (2011) sugerindo que o patógeno pode ter pouca variabilidade genética devido ao seu modo mais fácil de reprodução ser assexuado. Todavia além destas divergências é de suma importância que os programas de melhoramento genético monitorem e identifiquem as raças, sendo possível fazer a separação de genes que conferem resistência a doença, desenvolvendo linhagens de alface resistentes (SOUZA et al., 2011)

A relação entre a alface e o patógeno em questão pode ser compreendida a partir da interação gene-a-gene (MICHELMORE et al. 1984; VIDAL, 2018). Esta interação envolve os genes chamados Dm (Downy mildew), sendo os principais fatores de resistência e de virulência, desta maneira os fatores que se mostrarem dominantes ditam a forma da interação (JONES & DANGL, 2006)

Esses genes Dm podem induzir um alto nível de resistência ao míldio, todavia como foi dito devido à alta variabilidade genética da *B. lactucae*, a resistência pode ser quebrada após novos fatores de virulência ocorrerem dentro da população do patógeno (PETRŽELOVÁ et al., 2013). A alta pressão de seleção gerada após o uso de variedades resistentes acarreta o aparecimento de novas raças com novos fatores de virulência (VIDAL, 2018). Dessa forma se faz necessário que haja medidas alternativas de controle da doença, além de intensificar os esforços para que ocorra o desenvolvimento de novas cultivares resistentes.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Tratamentos e delineamento experimental

Os experimentos foram realizados na UNESP/FCAV em condição controlada sendo cultivado a alface em vasos preenchido com areia lavada utilizando solução nutritiva. Foram realizados os três experimentos com diferentes cultivares de alface, sendo experimento I com cultivar Solaris que apresenta suscetibilidade ao patógeno, experimento II com a cultivar Laís apresentando resistência incompleta ao patógeno, e experimento III com a cultivar Jade que apresenta resistência completa ao patógeno (MARIN et al., 2020; CAPRIO, 2021).

Os tratamentos de cada experimento foram arranjados em esquema fatorial 2x2, ausência (sem inoculação) e a presença do patógeno ($5,0 \times 10^4$ esporângios por ml), e a ausência (0 mmol L^{-1}) e a presença ($6,0 \text{ mmol L}^{-1}$) de K, na forma de cloreto de potássio, dispostos em delineamento inteiramente casualizado com seis repetições.

Nos experimentos utilizou-se solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950) na ausência e na presença do K, conforme o tratamento e o valor pH ajustado para $5,5 \pm 0,2$ com o uso de solução de ácido clorídrico e/ou hidróxido de sódio.

As três cultivares de alface utilizadas são 'Solaris' (suscetível), 'Jade' (resistência completa) e 'Laís' (resistência incompleta). A cultivar Solaris, apresenta alta tolerância ao pendoamento precoce, resistência ao transporte, tolerante a deficiência de Ca em épocas de chuva e alta temperatura, folhas grandes e crespas, boa uniformidade de canteiro com ciclo médio entre 40 a 50 dias (SEMINIS, 2022) essa cultivar apresenta suscetibilidade (S) a raças de

míldio como RS04, RS05, SPBI:01 (raça utilizada nos experimentos), SPBI:02 e SPBI:03 (MARIN et al., 2020; CAPRIO, 2021).

A cultivar Jade apresenta alta tolerância ao pendoamento precoce, folhas largas e numerosas, alta crespicidade, precocidade, uniformidade de canteiro, boa performance de pós-colheita, com ciclo médio de 52 dias (SAKATA, 2022) e apresenta resistência completa (RC) as raças RS04, RS05, SPBI:01 (raça utilizada nos experimentos), SPBI:02 e SPBI:03 o míldio da alface em pesquisa realizada em 2021 (CAPRIO, 2021).

A cultivar Laís, apresenta cabeça grande e compacta, do tipo americana, possui alto vigor, crescimento homogêneo e volumoso, com um ciclo de desenvolvimento que varia entre 70 a 80 dias (HORTEC, 2022). Segundo CAPRIO (2021), esta cultivar apresenta resistência incompleta (RI) as raças RS04 e SPBI:01 (raça utilizada nos experimentos), e resistência completa (RC) as raças SPBI:02 e SPBI:03. Em relação a raça RS05 a cultivar mostrou respostas heterogêneas ao míldio da alface.

Foi utilizado 6 unidades experimentais constituídas por um vaso (3,8 dm³) tendo diâmetro inferior de 15 cm e diâmetro superior de 19 cm e altura de 19 cm, contendo uma planta.

O patógeno foi inoculado nas plantas de acordo com a técnica de Ilott; Durgan; Michelmore (1987), utilizando-se de esporângios lavados de tecidos infestados do hospedeiro e agitados em água deionizada. A concentração do inóculo foi ajustada com a contagem dos esporângios em Câmara de Neubauer com o uso de microscópio eletrônico.

4.2 Preparo do inóculo e inoculação

A multiplicação do patógeno foi realizada a partir da inoculação de esporângios em plântulas de alface da cultivar 'Solaris' (Figura 1A). Os inóculos da raça SPBl:01 de *Bremia lactucae* foram concedidos pelo laboratório de genética e melhoramento de hortaliças da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da UNESP, Campus de Jaboticabal.

No processo de multiplicação dos esporângios, foram utilizadas caixas plásticas gerbox, de propriedade 11 x 11 x 3,5 cm, forradas com papel germitest úmido, sendo semeadas 60 sementes da cultivar 'Solaris'. Após as caixas gerbox estarem fechadas foram submetidas a incubação em câmara de crescimento com um fotoperíodo de 12h /12h, a temperatura média de 18°C, durante um período de uma semana (figura 1B). Após a sucessão do período determinado os cotilédones já estavam expandidos e aptos à inoculação dos esporângios do patógeno (CARVALHO, 2021).

As amostras do inóculo foram descongeladas, adicionou-se 10 ml de água deionizada, autoclavadas e agitadas, formando uma suspensão de esporângios. Estes esporângios que ficaram em suspensão foram inoculados com uso de pipetas descartáveis do tipo Pasteur nos cotilédones já desenvolvidos da alface da cultivar Solaris (ILOT et al., 1987). As caixas gerbox posteriormente foram incubadas em B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand), e submetidas a condições com fotoperíodo de 12h/12h e temperatura de 13°C durante 15 dias. O processo foi repetido durante três ciclos consecutivos para conseguir uma adequada quantidade de esporângios para serem utilizados no experimento.

O patógeno foi inoculado nas plantas de acordo com a técnica de Ilott; Durgan; Michelmores (1987), utilizando-se de esporângios lavados de tecidos

infestados do hospedeiro e agitados em água deionizada. A concentração do inóculo foi ajustada com a contagem dos esporângios em Câmara de Neubauer com o uso de microscópio eletrônico.



Figura 1. Inoculação e reprodução do patógeno *Bremia lactucae* raça SPBI:01 em caixas gerbox forradas com papel germitest. Na imagem (A) representa o processo de reprodução do patógeno a partir da inoculação em plântulas de alface. Na imagem (B) representa a incubação das caixas plásticas gerbox em câmara de crescimento.

4.3 Preparo de solução nutritiva

Para o preparo da solução nutritiva (Figura 2), foi utilizado a indicação de Hoagland e Arnon (1950) (Tabela 1), para compor a solução completa, e a solução com omissão de potássio. A solução completa foi utilizada para todas as plantas no início do cultivo, etapa de produção das mudas, com intuito de garantir todos os nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas de alface, no entanto, no tratamento sem K, foi fornecido somente 10% do recomendado de K. Após o transplântio para os vasos em casa de vegetação,

as plantas do tratamento sem K, receberam omissão total desse nutriente (0 mmol L^{-1}), e solução completa em plantas submetidas a suficiência de K (6 mmol L^{-1}).

Tabela 1. Composição da solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950).

Fertilizantes/Sais da solução estoque	Concentração da solução estoque (g por L de água)	completo	- N	- P	- K	- Ca	- Mg	- S
Volume da solução estoque por L da solução final								
-----mL/L-----								
1-KH ₂ PO ₄ (Mol L ⁻¹)	136,09	1	1	-	-	1	1	1
2-KNO ₃ (Mol L ⁻¹)	101,11	5	-	5	-	5	3	3
3-Ca (NO ₃) ₂ 5H ₂ O (Mol L ⁻¹)	236,16	5	-	5	5	-	4	4
4-MgSO ₄ 7H ₂ O (Mol L ⁻¹)	247,47	2	2	2	2	2	-	-
5-KCl (Mol L ⁻¹)	74,56	-	5	1	-	-	2	2
6-CaCl ₂ 2H ₂ O (Mol L ⁻¹)	147,02	-	5	-	-	-	1	1
7-NH ₄ H ₂ PO ₄ (Mol L ⁻¹)	115,31	-	-	-	1	-	-	-
8-NH ₄ NO ₃ (Mol L ⁻¹)	80,04	-	-	-	2	5	-	-
9-(NH ₄) ₂ SO ₄ (Mol L ⁻¹)	132,14	-	-	-	-	-	2	-
10-MgNO ₃ 6H ₂ O (Mol L ⁻¹)	256,43	-	-	-	-	-	-	2
11-Solução de micros (*)		1	1	1	1	1	1	1
12-Solução Fe EDTA (**)		1	1	1	1	1	1	1

(*)- Em 1L: 2,86 g H₃BO₃; 1,81 g MnCl₂ 4H₂O; 0,10 g ZnCl₂; 0,04 g CuCl₂; 0,02 g H₂MoO₄ H₂O.

(**)- 24,9 g de FeSO₄ 7H₂O ou 24,25 g de FeCl₂ 6H₂O; 33,2g EDTA-Na; 89 mL NaOH 1N completar em 800 mL H₂O. Arejar uma noite ao abrigo da luz, completar a 1 L de água.



Figura 2. Produtos químicos utilizados para fazer o preparo da solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950).

4.4 Lavagem da areia

Como substrato para os vasos, foi utilizado areia lavada. A areia foi peneirada para retirada de impurezas maiores e lavada de acordo com as

recomendações técnicas da Embrapa (EMBRAPA, 2018), após a lavagem foi colocada em vasos de 3,8 dm³. Foi adicionado uma solução de ácido clorídrico a 3% nos vasos, e deixado em repouso durante o período de 24 horas, com intuito de eliminar qualquer presença de matéria orgânica e/ou microorganismo. Após o repouso, os vasos foram lavados novamente, a fim de reduzir substancialmente os teores de HCl e o sobrenadante foi coletado para o monitoramento do pH e da condutividade elétrica.

4.5 Cultivo

As mudas foram produzidas em bandejas de plástico de 72 células contendo vermiculita e mantidas em casa de vegetação (Figura 3). Nesta fase as plantas receberam solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950) com diluição de 20% em seguida foram aumentadas para concentração de 100% até final do experimento. O transplântio foi realizado quando as mudas preencheram totalmente a célula com a raiz.

O cultivo das plantas do experimento foi realizado inicialmente em casa de vegetação favorecendo o crescimento da planta que permaneceram durante 30 dias após o transplântio, e em seguida foram transferidas para uma câmara úmida para inoculação do patógeno, e assim garantir ambiente para infecção da planta (temperatura de 16 a 19 °C e umidade relativa do ar superior a 70%), mantida 15 dias. Salienta-se que o K foi fornecido conforme os tratamentos em ambas as fases de cultivo.



Figura 3. Início da formação de mudas para o experimento.

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação e da câmara úmida foram registrados diariamente durante o desenvolvimento dos experimentos com o auxílio de um termohigrômetro (U23-001, Sigma Sensors, Brasil) (Figura 4).

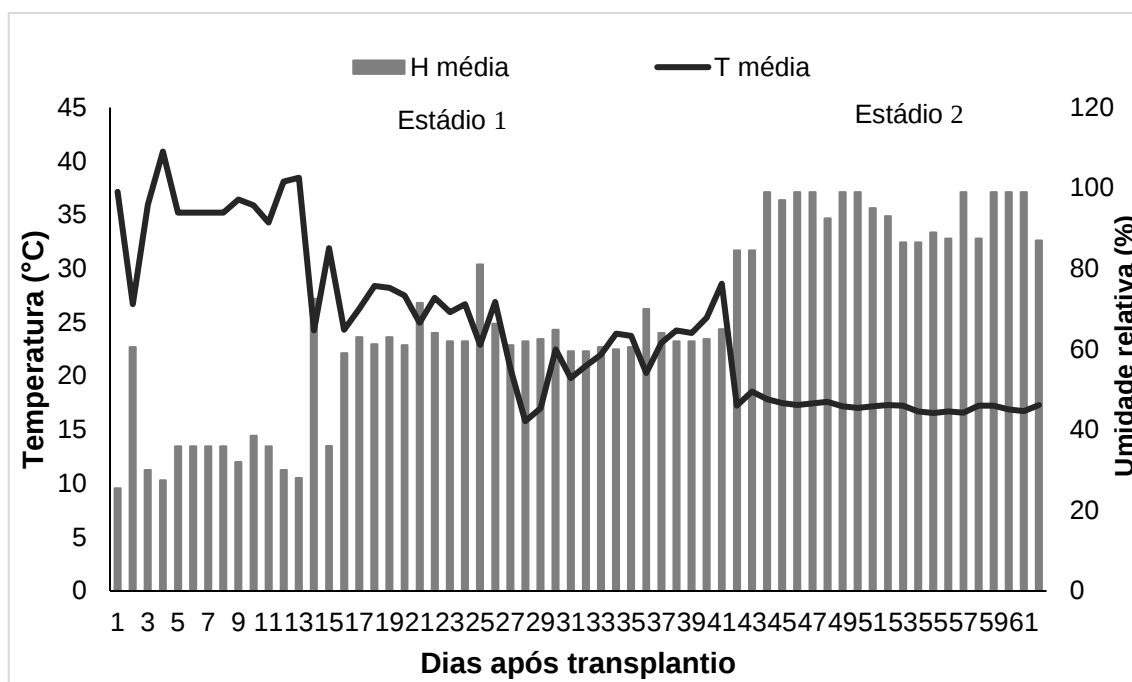


Figura 4. Resultados gráfica das temperaturas médias (T med) em °C; aderente a umidade relativa do ar (H média) ao decorrer do cultivo nas diferentes fases de desenvolvimento, sendo estágio 1 casa de vegetação, e estágio 2 desenvolvimento em câmara úmida

4.6 Instalação do experimento

Os experimentos foram realizados na Unesp Campus de Jaboticabal na cultura da alface utilizando as sementes das cultivares Solaris, Jade e Laís, que foram doadas pelo laboratório de genética e melhoramento de hortaliças da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da UNESP, Campus de Jaboticabal.

A semeadura foi realizada no dia 06 de fevereiro, em bandejas de polietileno contendo 72 células, foi utilizado como substrato a vermiculita, devido aos seus aspectos como uniformidade de composição química e granulométrica, porosidade, capacidade de retenção de água e esterilidade (MARTINS, 2012). Após 25 dias as mudas já se encontravam em situação adequada para que fosse feito o transplante para os vasos com areia lavada.

Após o transplante, as plantas permaneceram na casa de vegetação, com o fornecimento contínuo de nutrientes a partir da solução nutritiva de Hoagland e Arnon, de acordo com cada tratamento, sendo iniciado com diluição de 20% da força iônica da solução, aumentando gradativamente a cada semana, até atingir 100%, nessa etapa foi realizada lixiviação dos sais contidos na areia dos vasos para evitar salinidade.

Quando as plantas atingiram volume de massa suficiente para a realização das análises, com 35 dias após o transplantio, foram levadas para uma câmara úmida, com temperatura e umidade controladas para realizar a inoculação com o patógeno e dar condições favoráveis de temperatura baixa e umidade elevada para o patógeno se desenvolver.



Figura 5. Plantas de alface no início do desenvolvimento, durante o período estágio 1, (A – Jade), (B- Solaris), (C – Laís).

4.7 Análises realizadas

Aos 15 dias após a inoculação com os patógenos o experimento foi finalizado e realizado as devidas avaliações.

4.7.1 Índice de cor verde

O índice de cor verde (ICV) foi realizada pelo medidor portátil Chlorophyll Meter, modelo SPAD-502 e a leitura foi realizada na região central da lâmina

foliar, dispensando as folhas mais jovens e mais velhas, a partir de três medidas por folha e utilizou-se o valor médio.

4.7.2 Área foliar

O número de folhas de folhas foi determinado por contagem. A área foliar foi obtida com auxílio de um medidor de área foliar (L-3100, LiCor, EUA).

4.7.3 Produção de massa seca total

As plantas foram lavadas, secadas e pesadas em balança analítica (precisão de 0,001 g) para a obtenção da massa seca total (parte aérea e raiz).

4.8 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância ($p < 0,05$) e teste de Student (LSD) ($p \leq 0,05$). Cabe destacar que para todas as variáveis estudadas adotou-se estudo fatorial. Utilizou-se o software AgroEstat (BARBOSA & MALDONADO, 2015) para realizar as análises estatísticas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na presente pesquisa, observou-se que o patógeno *Bremia lactucae* foi capaz de causar danos a planta, diminuindo a produção de pigmentos fotossintéticos responsáveis pela coloração verde das folhas, sendo evidenciado pela redução do índice de cor verde nas plantas inoculadas (Figura 7a-b-c). O índice de cor verde foi influenciado significativamente tanto pelo K quanto pelo patógeno em ambas cultivares. O K apresentou uma resposta satisfatória para as cultivares dos experimentos II e III que possuem resistência completa e

incompleta (Figura 7b-c) visto que as plantas submetidas ao patógeno quando apresentaram suficiência de K apresentaram menor redução do índice de cor verde, todavia esse resultado não ocorreu para as plantas do experimento I que apresentam suscetibilidade a doença (Figura 7a).

A diminuição do índice de cor verde nas plantas que foram submetidas ao patógeno pode ter ocorrido devido ao hábito de crescimento do míldio, com os sintomas se manifestando na superfície foliar, com áreas cloróticas que posteriormente podem causar necrose, na região inferior das folhas há a presença de áreas esbranquiçadas devido aos esporangióforos e esporângios (KIMATI et al, 1997). E também pela indução do ERO's que é causada pelo patógeno (AWASTHI et al, 2015; CARVALHO, 2021).

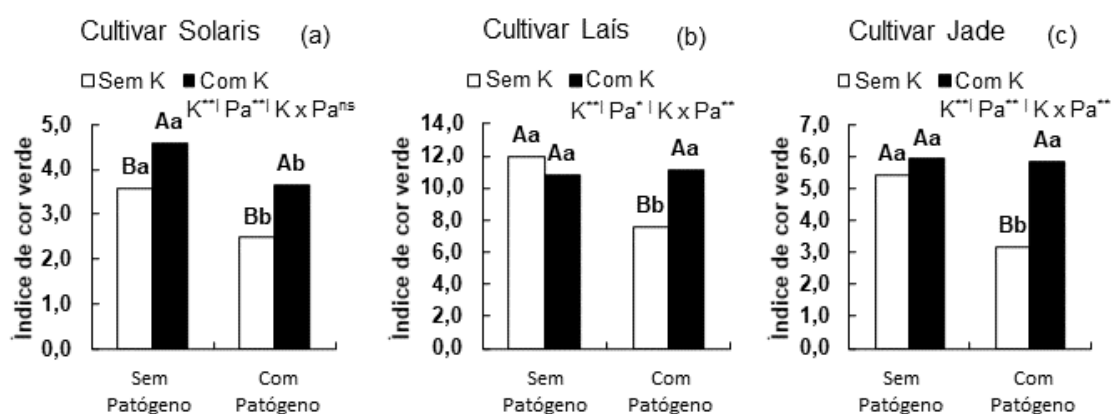


Figura 6. Índice de cor verde das plantas da cultivar Solaris (a), cultivar Laís (b), cultivar Jade (c), em função da inoculação com o patógeno *Bremia lactucae* sem K (-K) e com K (+K). As letras maiúsculas indicam diferença entre K na mesma condição do patógeno, e I letras minúsculas indicam diferença entre patógeno na mesma condição de K pelo teste de Student (LSD). ** e *: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, ns: não significativo.

O comportamento da área foliar (Figura 7a-b-c) nota-se que nas plantas do experimento I (cultivar Solaris), suscetíveis, o efeito do K não foi tão eficaz, visto que houve redução da área foliar para as plantas com inoculação tanto para

condições +K quanto -K (Figura 7a). Nas plantas dos experimentos II e III que apresentam resistência incompleta e completa fica evidente a influência positiva do K na área foliar, de modo que não houve divergência entre as plantas sadias e contaminadas quando estas apresentam suficiência e deficiência do nutriente (Figura 7b-c).

Resultado semelhante foi observado em estudo com plantas de milho submetidos a doses de potássio e estresse hídrico, onde a maior dose do nutriente proporcionou um aumento de área foliar de aproximadamente 8,6% no período de 69 DAE (VILELA & BULL, 1999). O K também foi eficiente na atenuação de cercosporiose no cafeeiro, onde doses isoladas do nutriente contribuíram para o aumento de área foliar, tendo a maior AFT (área foliar total) atingida com doses de 3,63 mmol/L de K (GARCIA JUNIOR et al., 2003).

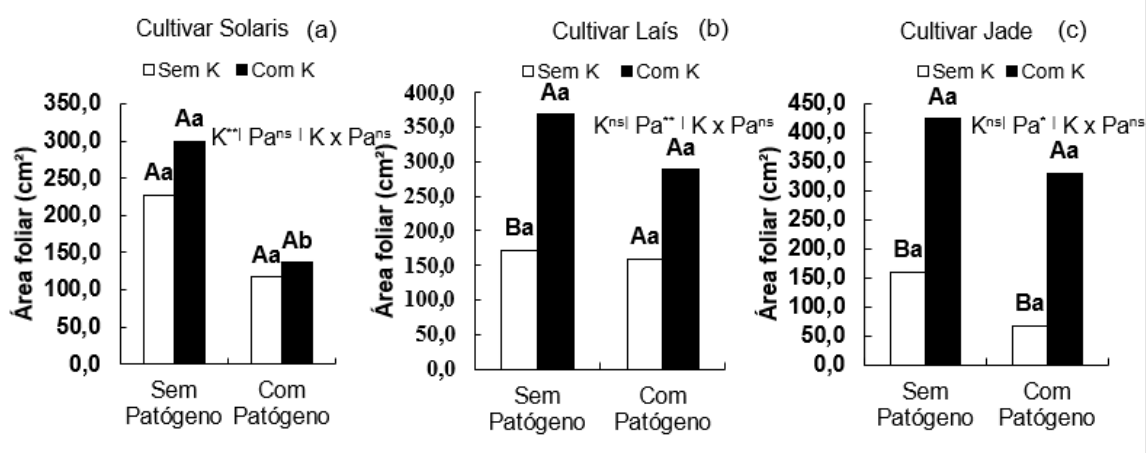


Figura 7. Área foliar das plantas da cultivar Solaris (a), cultivar Laís (b), cultivar Jade (c), em função da inoculação com o patógeno *Bremia lactucae* sem K (-K) e com K (+K). As letras maiúsculas indicam diferença entre K na mesma condição do patógeno, e letras minúsculas indicam diferença entre patógeno na mesma condição de K pelo teste de Student (LSD). ** e *: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, ns: não significativo.

A massa seca total das plantas (MST) (Figura 8-a-b-c) foi afetado pelo K e pelo patógeno em todas as cultivares estudadas.

Ao analisarmos o experimento I, cultivar Solaris (Figura 8-a) notamos que a inoculação do patógeno diminuiu a variável MST nas plantas cultivadas com solução nutritiva com e sem K. E o uso do K aumentou a MST nas plantas com e sem inoculação de patógeno indicando que o uso deste macronutriente é relevante para garantir um melhor crescimento dessas plantas.

Na análise do experimento II, cultivar Laís (Figura 8b), a inoculação das plantas com o patógeno não teve impacto na massa seca total (MST) das plantas cultivadas em solução nutritiva, independente da presença ou ausência de potássio (K). Entretanto, a adição de K na solução nutritiva aumentou a MST das plantas, tanto nas que foram inoculadas com o patógeno quanto nas que não foram. Isso indica a relevância desse macronutriente para o crescimento das plantas.

No experimento III, na Cultivar Jade (Figura 8c) cultivada com o fornecimento do K na solução nutritiva aumentou a variável MST nas plantas com e sem patógeno (Figura 7c). A inoculação com o patógeno diminuiu a MST apenas nas plantas com ausência do K na solução nutritiva.

O efeito benéfico do K no crescimento da alface também foi relatado por Santos et al. (2010) Embora o potássio não atue diretamente no aumento de MST das plantas, pode haver a melhoria nesse fator de maneira indireta, isso ocorre pelo papel nobre e fundamental que o potássio exerce. Participando de inúmeras funções como aumento de sítio ativo para reações catalíticas (EVANS & WILDES, 1971), manutenção do pH no citosol que garante um melhor funcionamento das células (MARSCHNER, 1995), auxilia na ativação da redutase do nitrato e também participa em várias etapas da síntese proteica (MALAVOLTA, 1984), abertura e fechamento de estômatos que auxiliam na

assimilação de CO₂ e promovendo sua difusão (MALAVOLTA et al. 1997; PRADO et al. 2004).

De forma geral descobrimos uma estratégia relevante para cultivo de alface com mínimo de dano do míldio seria a partir da exploração da sinergia da nutrição de plantas com melhoramento genético pelo fato que a nutrição potássica combinado com uso de cultivares com nível de resistência potencializa o crescimento desta hortaliça.

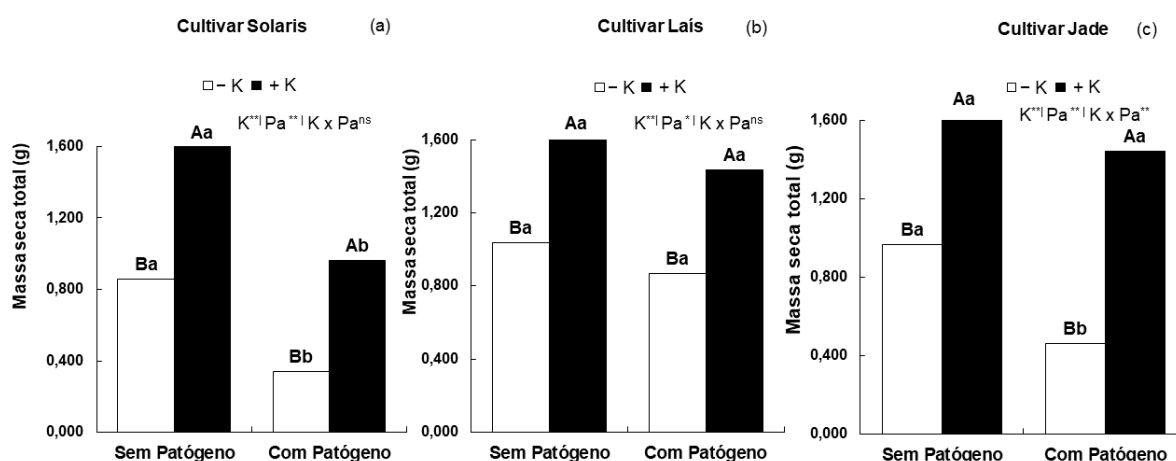


Figura 8. Massa seca total (MST), das plantas da cultivar Solaris (a); cultivar Laís (b); cultivar Jade (c); em função da inoculação com o patógeno *Bremia lactucae* sem K (-K) e com K (+K). As letras maiúsculas indicam diferença entre K na mesma condição do patógeno, e I letras minúsculas indicam diferença entre patógeno na mesma condição de K pelo teste de Student (LSD). ** e *: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, ns: não significativo.

6. CONCLUSÃO

A inoculação da *Bremia lactucae* causou danos nas plantas deficientes em K ao diminuir a produção de massa seca da planta inteira tanto em cultivares suscetível ao patógeno (Solaris) o que era esperado, mas também em cultivares com resistência completa (Jade), indicando que a resistência genética isoladamente não foi suficiente para atenuar a doença.

Nas plantas com suficiência de K o uso do melhoramento é capaz de promover ótimo crescimento das plantas mesmo com presença de míldio, mas restrito apenas as cultivares Laís e Jade que apresentaram resistência incompleta e completa respectivamente e sem efeito para cultivar suscetível (Solaris).

A nutrição potássica foi eficiente para diminuir a ocorrência da *Bremia Lactucae* pois incrementou a produção de massa seca e deve ser indicada para plantas de diferentes grupos de reação ao patógeno, sensíveis, com resistência incompleta e completa.

7. REFERENCIAS

- AWASTHI, R.; BHANDARI, K.; NAYYAR, H. Estresse térmico e homeostase redox em culturas agrícolas. *Fronteiras na Ciência Ambiental*, v. 11, 2015.
- BALARDIN, R. S. et al. Influência do fósforo e do potássio na severidade da ferrugem da soja *Phakopsora pachyrhizi*. *Fitopatologia Brasileira*, v. 31, p. 462-467, 2006.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Jaboticabal, FCAV/UNESP. p.396, 2015.
- BERGER, S., SINHA, A. K. & ROITSCH, T. Plant physiology meets phytopathology: plant primary metabolism and plant–pathogen interactions. *Journal of Experimental Botany*, v. 58, p. 4019–4026. 2007.
- BRUNELLI, K. R.; GIORIA, R.; KOBORI, R. F. Influência do aquecimento global na quebra de resistência genética a doenças em hortaliças. *Aquecimento Global e Problemas Fitossanitários*. Brasília – DF: EMBRAPA. p. 159-160, 2017.

- CAPRIO, C. H. Genômica populacional de *Bremia lactucae* e variação fenotípica para resistência em alface no Brasil. 109 p. Tese (doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal - SP, 2021.
- CARVALHO, L. T. da S. Monitoramento de fenótipos de virulência e fatores de resistência à *Bremia lactucae* nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. 38 p. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal - SP, 2021.
- COMUNICADO TÉCNICO, EMBRAPA. Limpeza de areia para experimentos em nutrição de plantas. ISSN 1679-0472, Lima Filho et al., MS, 2018. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/172296/1/Comunicado-232.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2023.
- COSTA, C. P. da; SALA, F. C. A evolução da alfacicultura brasileira. Horticultura Brasileira, v. 23, n. 1, p. 158-159, 2005.
- CRUTE, I. R.; JOHNSON, A. G. Breeding for resistance to lettuce downy mildew, *Bremia lactucae*. Annals of Applied Biology, v. 84, n. 2, p. 287-290, 1976.
- DA SILVA CURVÊLO, C. R. et al. Trocas gasosas e estresse oxidativo em plantas de algodoeiro supridas com silício e infectadas por *Ramularia areola*. Bragantia, v. 72, n. 4, p. 346-359, 2013.
- DE CASSIA ALLVES, R.; ZUCCO, M. F. DOS S.; CHECCHIO, M. V.; GRATÃO, P. L. Silício como indutor de resistência à *Bremia lactucae* na cultura da alface. Anais I CONIMAS e III CONIDIS. Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/63898>>. Acesso em: 05/01/2024 17:49
- EVANS, H.J.; WILDES, R. A. Potassium and its role in enzyme activation, In: PROC. 8TH COLLOQUIUM INTERNATIONAL POTASH INSTUTE. Bern, p.13-39, 1971.
- CONAB. Comercialização total de frutas e hortaliças. Brasília/DF, v. 7, 2023.

- FALL, M. L.; VAN DER HEYDEN, H.; CARISSE, O. A quantitative dynamic simulation of *Bremia lactucae* airborne conidia concentration above a lettuce canopy. PloS one, v. 11, n. 3, p. 144-147, 2016.
- FAQUIN, V. Nutrição mineral de plantas. Lavras: UFLA/Faepe, v. 183, 2005.
- FAWE, A., ABOU-ZAID, M., MENZIES, J. G. & BÉLANGER, R. R. Silicon-mediated accumulation of flavonoid phytoalexins in cucumber. Phytopathology v. 88, 396– 401, 1998.
- FIORINI, C. V. A. et al. Cultivares de alface sob manejo orgânico no inverno e na primavera na Baixada Fluminense. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 11, n. 4, p. 335-342, 2016.
- FURLANI, A. M. C. Nutrição Mineral. In KERBAUY, G. B. Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan. p. 57-58, 2004.
- GARCIA JUNIOR, D. et al. Incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro em função do suprimento de potássio e cálcio em solução nutritiva. Fitopatologia Brasileira, v. 28, p. 286-291, 2003.
- GRIMME, H. Soil factors of potassium availability, In> INDIAN SOCIETY OF SOIL SCIENCE. Potassium in soils, crop and fertilizers, New Delhi, p. 144-63. (Bolletín, 10), 1976.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. L. The water culture methods for growing plants without soil. Circular, v. 347, p. 32, 1950.
- HORTEC SEMENTES. Alface. Disponível em: <<https://www.hortec.com.br/produtos/alface/laís>>. Acesso em: 06 de set. 2022.
- Instituto Brasileira de Geografia e Estatística. IBGE. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/alface/br>> . Acesso em: 09/03/2025.

- ILOTT, T. W.; DURGAN, M. E.; MICHELMORE, R. W. Genetics of virulence in Californian populations of *Bremia lactucae* (lettuce downy mildew). *Phytopathology*, v. 77, n. 10, p. 1381-1386, 1987.
- JONES, J. D.; DANGL, J. L. The plant immune system. *Nature*, v. 444, n. 7117, p. 323–9, 2006.
- KHAN, M. R.; SIDDIQUI, Z. A. Uso de nanopartículas de dióxido de silício para o manejo de *Meloidogyne incognita*, *Pectobacterium betavascularum* e complexo de doença *Rhizoctonia solani* da beterraba (*Beta vulgaris* L.). *Scientia Horticulturae*, v. 265, p. 109-211, 2020.
- KIMATI, H. et al. Manual de Fitopatologia. Departamento de Fitopatologia Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo. Editora Agronomica Ceres Ltda v.2, p.32. Doenças das Plantas Cultivadas, 1997.
- LEBEDA, A.; PETRZELOVÁ, I. Screening for resistance to lettuce downy mildew (*Bremia lactucae*). In: Mass Screening Techniques for Selecting Crops Resistant to Disease, (eds. Miranda M & Lebeda A) 245–256 (International Atomic Energy Agency, 2010).
- LEBEDA, A.; PINK, D. A. C.; ASTLEY, D. Aspects of the interactions between wild *Lactuca* spp. and related genera and lettuce downy mildew (*Bremia lactucae*). In: SPENCER- PHILLIPS, P. T. N.; GISI, U.; LEBEDA, A. (Ed.). Advances in downy mildew research. Holanda: Kluwer Academic Publishers, p.85–117, 2002.
- LEVY, C. et al. Zimbabwe: a country report on soybean rust control. In: 7. World soybean research conference. February 29 to March 5, Foz do Iguassue, PR, Brazil. Embrapa, p. 340-348, 2004.
- LIMA, L. M. de et al. Relação nitrogênio/potássio com mancha de Phoma e nutrição de mudas de cafeeiro em solução nutritiva. *Tropical Plant Pathology*, v. 35, p. 223-228, 2010.
- LOPES, C. A.; QUEZADO-DUVAL, A. M.; REIS, A. Doenças da alface. Brasília DF DF: Embrapa Hortaliças, 2010.

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFÓS, p. 319, 1997.
- MARIN, M. V. et al. Distribution of races and virulence factors of *Bremia lactucae* in the main lettuce production area in Brazil. *Journal of Plant Pathology*, v. 102, n. 2, p. 395-407, 2020.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. London. Academic Press. 1995.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London, Academic Press Inc. P. 674, 1986.
- MARTINS, C. C. et al. Vermiculita como substrato para o teste de germinação de sementes de ipê-amarelo. *Semina: Ciências Agrárias*, v.1 p. 533-540, 2012.
- MESQUITA, P. G. Biologia, epidemiologia e controle do míldio (*Bremia lactucae*) da alface (*Lactuca sativa*) em viveiro. 164 p. Dissertação (Mestre em Ciência) – Instituto de Ciências Biológicas da 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.
- MICHEREFF, S. J. Epidemiologia de doenças de plantas. Recife. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de agronomia–Fitossanidade, 2001. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Sami-Michereff/publication/238794199_EPIDEMIOLOGIA_DE_DOENCAS_DE_PLANTAS/links/0deec52ea45e91eccd000000/EPIDEMIOLOGIA-DE-DOENCAS-DE-PLANTAS.pdf> Acessado em: 28 de janeiro de 2023.
- MOTA, J. H. et al. Avaliação de cultivares de alface americana durante o verão em Santana da Vargem, MG. *Horticultura Brasileira*, v. 21, p. 234-237, 2003.

- OLIVEIRA, A. F. de. Produtividade da soja e severidade de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) influenciadas pela aplicação foliar com fontes de potássio e doses de Tebuconazole. 51 p. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia - MG, 2007.
- PAIM, B. T. et al. Mild drought stress has potential to improve lettuce yield and quality. *Scientia Horticulturae*, v. 272, p. 109-578, 2020.
- PAVAN, M. A.; KRAUSE-SAKATE, R.; KUROSAWA C. Doenças da Alface. In: Kimati H., Amorim L., Filho A.B.; Camargo L.E.A., Rezende J.A.M.; (Eds) Manual de Fitopatologia. Doenças de plantas cultivadas, São Paulo, Brasil, Editora Agronômica Ceres, v. 2, p. 27-35, 2005.
- PAVAN, M. A.; KUROSAWA, C. Doenças da alface. In: KIMATI H. Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas. São Paulo: Ceres, v. 2, p. 18-25. 1997.
- PETRŽELOVÁ, I.; LEBEDA, A.; KOSMAN, E. Distribution, disease level and virulence variation of *Bremia lactucae* on *Lactuca sativa* in the Czech Republic in the period 1999–2011. *Journal of Phytopathology*, Berlin, v. 161, n. 7-8, p. 503-514, 2013.
- PRADO, R. M. et al. Aplicação de potássio no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro-amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 26, p. 295-299, 2004.
- PRADO, R. M. Nutrição de plantas. Editora Unesp, v.1, p.161-180, 2020.
- PRADO, R. M. Nutrição mineral de plantas tropicais. Springer International Publishing, Cham, v. 1, 670 p. 2021.
- RESENDE, R. S. et al. Trocas gasosas foliares e estresse oxidativo em plantas de sorgo supridas com silício e infectadas por *Colletotrichum sublineolum*. *Fitopatologia*, v. 102, n. 9, p. 892-898, 2012.

SAKATA SEED SUDAMERICA. Alface. Disponível em:
<https://www.sakata.com.br/hortalicas/folhosas/alface/crespa/jade>
 Acesso em: 06 de set. 2022.

SANTOS, Max Henrique Vieira dos et al. Uso da manipueira como fonte de potássio na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada em casa-de-vegetação. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 32, p. 729-733, 2010.

SEDLÁŘOVÁ, M., LUHOVÁ, L., PETŘIVÁLSKÝ, M. & LEBEDA, A. Localisation and metabolism of reactive oxygen species during *Bremia lactucae* pathogenesis in *Lactuca sativa* and wild *Lactuca* spp. *Plant Physiology and Biochemistry* 45, 607–616 (2007).

SEMINIS VEGETABLE SEEDS. Alface. Disponível em:
<http://www.seminis.com.br>. Acesso em: 06 de set. 2022.

SILVA, M. I. L.; NASCIMENTO, W. G.; RODRIGUES, C. R., SILVA, M. A. V.; SOARES, G. S. C. Silicon as an attenuator of salt stress in *Brachiaria brizantha* 'MG5'. *Revista Ciência Agronômica*, v. 49, p. 130-140, 2018.

SILVA, M. P. B. Importância do potássio na cultura do feijão. 34p. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Associação Educativa Evangélica, Anápolis – GO, 2020.

SOUZA, J. de O. et al. Novas raças de *Bremia lactucae*, agente causador do míldio da alface, identificadas no estado de São Paulo. *Horticultura Brasileira*, v. 29, p. 282-286, 2011.

SU, H.; VAN BRUGGEN, A. H. C.; SUBBARAO, K. V. Spore release of *Bremia lactucae* on lettuce is affected by timing of light initiation and decrease in relative humidity. *Phytopathology*, v. 90, n. 1, p. 67-71, 2000.

TAVARES, A. T., VAZ, J. C., HAESBAERT, F. M., REYES, I. D. P., ROSA, P. H. L., FERREIRA, T. A., NASCIMENTO, I. R. Adubação NPK como promotor de crescimento em alface. *Agri-Environmental Sciences*, v. 5, 9 p. 2019.

- TÖFOLI, J. G.; DOMINGUES, R. J.; FERRARI, J. T. Míldio da alface: severo e destrutivo. n. 224, 2017. Disponível em: <
<http://www.biologico.sp.gov.br/publicacoes/comunicados-documentos-tecnicos/comunicados-tecnicos/mildio-da-alface-severo-e-destrutivo>>. Acessado em: 20 de janeiro de 2023.
- VAN BRUGGEN, A. H. C.; SCHERM, H. Down mildew. Compendium of Lettuce Diseases. RM Davis, KV Subbarao, RN Raid, and EA Kurts, eds. American Phytopathological Society, St. Paul, MN, p. 17-19, 1997.
- VIDAL, R. L. Resistência de cultivares diferenciadoras do míldio da alface a nematoides de galha. 42 p. Dissertação (Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrárias e veterinárias – UNESP, Jaboticabal – SP, 2018.
- VILELA, E. F.; BÜLL, L. T. Avaliação do crescimento de plantas de milho em função de doses de potássio e estresse hídrico. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, p. 281-289, 1999.
- ZAMBOLIM, L.; VALE, F.X.R. do; COSTA, H. Controle de doenças de plantas-hortaliças. Viçosa: Editora UFV, v. 1, 2000.