

Campus Colorado do Oeste
Coordenação do Curso Licenciatura em Ciências Biológicas

MARIA IVANI FLAUZINO DE ABREU

**EFEITOS DO TRATAMENTO COM CLORETO DE CÁLCIO (CaCl_2) SOBRE A
GERMINAÇÃO E O CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE ALFACE
(*Lactuca sativa L.*), SOB ESTRESSE TÉRMICO**

MARIA IVANI FLAUZINO DE ABREU

EFEITOS DO TRATAMENTO COM CLORETO DE CÁLCIO (CaCl₂) SOBRE A GERMINAÇÃO E O CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE ALFACE (*Lactuca sativa L.*), SOB ESTRESSE TÉRMICO

Artigo Científico entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) - *Campus Colorado do Oeste*, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciada, junto ao curso de Ciências Biológicas, sob orientação da professora Roberta Carolina Ferreira Galvão de Holanda.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Abreu, Maria Ivani Flauzino de.

Efeitos do tratamento com cloreto de cálcio (CaCl₂) sobre a germinação e o crescimento inicial de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.), sob estresse térmico / Maria Ivani Flauzino de Abreu. - Colorado do Oeste, 2025.
17 f. : il.

Orientador(a): Prof^a. Dra. Roberta Carolina Ferreira Galvão de Holanda.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Colorado do Oeste, 2025.

1. Salinidade. 2. Hortaliça. 3. Potencial osmótico. 4. Temperatura.
I. Holanda, Roberta Carolina Ferreira Galvão de (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Juliana Machado da Silva Sasset, CRB-11/1140

MARIA IVANI FLAUZINO DE ABREU

EFEITOS DO TRATAMENTO COM CLORETO DE CÁLCIO (CaCl₂) SOBRE A GERMINAÇÃO E O CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE ALFACE (*Lactuca sativa L.*), SOB ESTRESSE TÉRMICO

Artigo Científico entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) - *Campus* Colorado do Oeste, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciada, junto ao curso de Ciências Biológicas, sob orientação da professora Roberta Carolina Ferreira Galvão de Holanda.

Aprovado em: 17/07/2025 pela banca examinadora.

Adinan Alves da Silva
Membro da Banca

Fábio Araújo da Silva
Membro da Banca

Roberta Carolina Ferreira Galvão de Holanda
Orientadora

RESUMO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma cultura exigente quanto ao fornecimento de nutrientes para o seu pleno crescimento e desenvolvimento. Ela possui crescimento inicial que demanda cuidados desde a germinação, a fim de reduzir efeitos de estresses abióticos, como o estresse térmico que consiste em um desafio constante à agricultura. Nesse sentido, o cálcio (Ca) tem um papel fundamental no equilíbrio osmótico e sinalização celular durante a germinação, além de ser um componente de membranas. Estudos indicam que sua utilização pode diminuir os impactos negativos do calor excessivo; desse modo, a aplicação de Ca durante a germinação das sementes, pode ser uma alternativa acessível para o bom estabelecimento da cultura e minimização de condições de estresse. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi investigar os efeitos do tratamento com CaCl_2 sobre a germinação e o crescimento inicial de plântulas de alface sob estresse térmico, induzido por temperatura de 30° C. Foram avaliadas a taxa de germinação, comprimento, massas fresca e seca de plântulas normais, sob a influência de 0, 10, 25 e 50 mmol.L^{-1} de CaCl_2 . O tratamento das sementes com CaCl_2 a 10 e 25 mmol.L^{-1} não influenciou o desenvolvimento das plântulas, em condições de 30° C, para o tempo avaliado. A dose de 50 mmol.L^{-1} reduziu a germinação, o comprimento das plântulas e sua massa fresca, indicando que o processo de expansão celular foi prejudicado pelo efeito osmótico dos sais disponíveis no substrato de germinação. Recomenda-se a realização de estudos com intervalos e doses inferiores às investigadas neste trabalho.

Palavras-chave: Salinidade, hortaliça, potencial osmótico, temperatura.

ABSTRACT

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is a demanding crop in terms of nutrient supply for full growth and development. Its initial growth requires care from germination onwards in order to reduce the effects of abiotic stresses, such as heat stress, which is a constant challenge for agriculture. In this sense, calcium (Ca) plays a fundamental role in osmotic balance and cell signaling during germination, as well as being a component of membranes. Studies indicate that its use can reduce the negative impacts of excessive heat; in this way, the application of Ca during seed germination can be an affordable alternative for good crop establishment and minimizing stress conditions. In view of the above, the aim of this study was to investigate the effects of CaCl_2 treatment on the germination and initial growth of lettuce seedlings under heat stress induced by a temperature of 30°C. The germination rate, length, fresh and dry mass of normal seedlings under the influence of 0, 10, 25 and 50 mmol.L^{-1} CaCl_2 were evaluated. The treatment of the seeds with CaCl_2 at 10 and 25 mmol.L^{-1} did not influence the development of the seedlings, under conditions of 30° C, for the time evaluated. The 50 mmol.L^{-1} dose reduced germination, seedling length and fresh mass, indicating that

the cell expansion process was impaired by the osmotic effect of the salts available in the germination substrate. It is recommended that studies be carried out at lower intervals and doses than those investigated in this work.

Keywords: Salinity, vegetable, osmotic potential, temperature.

INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) pertencente à família *Asteraceae* é uma hortaliça folhosa extremamente exigente em nutrientes e o cálcio (Ca) é um deles. Ela apresenta alta exigência nutricional principalmente do cálcio, potássio, nitrogênio e fósforo (Beserra, 2021). É uma cultura de crescimento inicial lento, o que requer muito mais atenção desde a germinação da semente até sua colheita. Segundo Moreira (2024), ela é rica em nutrientes, consumida no mundo inteiro e foi introduzida no Brasil no século XVI. Apresenta importância social e econômica por ser uma hortaliça folhosa popular consumida mundialmente (Hao *et al.*, 2018).

A alface tem grande importância econômica, sendo considerada moderadamente sensível à salinidade (Adhikari, *et al.*, 2019). A temperatura ideal para a germinação de suas sementes encontra-se entre 15 e 20°C (Brasil, 2009), portanto temperaturas altas podem afetar a germinação das sementes dessa cultura. Segundo Nascimento e Cantliffe (2002), dois fatores impedem a germinação das sementes sob altas temperaturas, a termoinibição e a termodormência.

A cultura da alface tem melhor desenvolvimento sob temperaturas em torno de 20°C (Maldonade, 2014); sendo, portanto, suscetível ao estresse térmico. Com o aumento das temperaturas globais houve prejuízos à sua produção. No estado de Rondônia, das mais de 50 espécies de alface cultivadas, mais da metade está sendo explorada comercialmente, devido aos cultivos protegidos, que têm permitido colheita durante o ano inteiro, com oferta de produtos de melhor qualidade e com redução do uso de agroquímicos (Emerick, 2024).

Em regiões onde o calor é excessivo, como na região do Cone Sul de Rondônia, mais precisamente em Colorado do Oeste, a temperatura predominante encontra-se em torno dos 24°C, com mínima de 13° C e podendo chegar à máxima de 36°C (Semusa, 2022). Diante disso, o estresse térmico é uma ameaça para a produção da alface na região, pelo fato dela ser uma cultura sensível às variações de temperatura que podem desencadear várias respostas fisiológicas negativas, além de comprometer o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos das hortaliças, levando a uma baixa germinação. Para Nascimento, *et al.* (2012), a germinação das sementes de alface é fortemente afetada em temperaturas altas.

Em Colorado do Oeste-RO, a cultura da alface tem se desenvolvido como parte da agricultura familiar e da diversificação da produção agrícola da região. A produção abastece a cidade e regiões vizinhas, devido ao solo fértil e às políticas públicas de apoio à agricultura familiar. É uma cultura considerada frágil, já que o clima da cidade pode chegar a 36°C e ocorrerem períodos de intensas chuvas, exigindo cuidados desde o plantio até sua colheita (Semusa, 2022). De acordo com Maldonade (2014),

a alface é uma hortaliça de folhas delicadas e sensíveis que reage facilmente às variações do clima, como mudanças de temperatura. Nesse contexto, um dos possíveis cuidados com a cultura pode ser o tratamento de sementes com cálcio (Ca).

O Ca é conhecido por desempenhar um papel importante na resposta das plantas aos estresses abióticos. Estudos sugerem que sua aplicação no tratamento de sementes pode ajudar em respostas de tolerância às condições de estresse térmico (Castañares, 2019; Adtunji *et al.* 2020), mitigando os efeitos negativos sobre o crescimento, a fisiologia e a produção vegetal.

Segundo Zachow (2014), uma das melhores estratégias para mitigar os efeitos do estresse térmico em hortaliças é o tratamento com Ca. De acordo com Faquin (2012), a calagem e a adubação são as maneiras mais rápidas e acessíveis, das quais se dispõem para aumentar a produção de alimentos, fibras e energia. A aplicação de Ca pode ajudar as plantas a tolerar as condições adversas de temperaturas e reduzir os danos causados pelo estresse térmico; assim, o tratamento de sementes com Ca pode ser viável como indutor de tolerância ao estresse desde a fase de germinação (Wang *et al.* 2022).

Sob estresse térmico a germinação das sementes torna-se afetada devido à interferência de fatores salinos, gastos maiores com a reserva de água, impedindo a germinação e crescimento das hortaliças. Isso ocorre porque a água é reagente na digestão hidrolítica de tecidos de reserva da semente, participa de reações enzimáticas e atua no transporte de metabólitos (Nunes *et al.*, 2009).

O uso do Ca em dose ideal não desencadeia estresse no processo de germinação. Porém, sua aplicação em excesso pode retardá-la e comprometê-la, já que o Ca pode inibir a remobilização de reservas e desencadear distúrbios nos sistemas de membranas do eixo embrionário (Schossler *et al.*, 2012).

Investigar o efeito do estresse térmico no desenvolvimento de alface tratada com Ca, consiste em uma possibilidade acessível e de baixo custo para o fortalecimento dos cultivos agrícolas diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas. Tal investigação pode ser realizada por meio de teste de germinação. Diante do exposto, este trabalho visa investigar os efeitos do tratamento com CaCl_2 sobre a germinação e o crescimento inicial de plântulas de alface sob estresse térmico, induzido por temperatura de 30° C.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de realização do experimento e seleção das sementes para o teste de germinação

O experimento foi realizado no laboratório de Fisiologia Vegetal e Nutrição de Plantas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, IFRO, Campus Colorado do Oeste, no período de 16 de outubro a 22 de outubro de 2024. Para a implantação do experimento foram selecionadas 1600 sementes de alface trindade americana (*Lactuca sativa* L.) do lote 855, 100% natural. Para tanto, buscou-se a uniformidade das sementes quanto ao tamanho, cor e forma, priorizando o uso

de sementes médias, amarelas e sem deformações. Após essa padronização, elas foram colocadas dentro de caixas gerbox que continham papel de germinação. A figura 1 apresenta algumas etapas do processo de montagem do experimento.



Figura 1. Figura A - Montagem do experimento com sementes de alface (*L. sativa*) em experimento realizado sob condições controladas, de germinação. Figura B: Pipetagem de soluções no substrato de germinação.

Fotos: Bastolla (2024).

Aplicação dos tratamentos e avaliações fisiológicas

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) e consistiu em quatro tratamentos com soluções de solução de cloreto de cálcio (CaCl_2), nas concentrações de 0 mmol.L^{-1} , 10 mmol.L^{-1} , 25 mmol.L^{-1} e 50 mmol.L^{-1} , definidas com base em estudos prévios realizados sobre o tema, e quatro repetições de 100 sementes. Uma solução estoque de CaCl_2 a 100 mol.L^{-1} foi preparada previamente e a partir dela foram diluídas as demais soluções utilizadas neste trabalho. As características das soluções utilizadas no experimento, constam na tabela 1.

Tabela 1 - Características das soluções de CaCl_2 utilizadas no experimento.

| CaCl_2 (mmol.L^{-1}) | Potencial Osmótico* (MPa) | Observação |
|---|------------------------------|--------------|
| 0 | 0 | CONTROLE |
| 10 | -0,07 | TRATAMENTO 1 |
| 25 | -0,18 | TRATAMENTO 2 |
| 50 | -0,37 | TRATAMENTO 3 |

* Calculado de acordo com Wyn Jones & Gorham (1983).

O papel de germinação foi umedecido em volume equivalente a 2,5 vezes a sua massa seca, com água destilada (CONTROLE) e soluções de CaCl_2

(TRATAMENTOS), conforme consta na tabela 1 e recomenda Brasil (2009). O substrato foi, durante todo o teste, mantido suficientemente úmido a fim de fornecer às sementes a quantidade de água necessária para sua germinação. Ele não foi tão umedecido a ponto de formar uma película de água em torno das sementes, já que este excesso poderia restringir a aeração, prejudicando a germinação (Brasil, 2009). Segundo FIGLIOLIA *et al.*(1993), para realizar o teste de germinação, o substrato deve fornecer condições adequadas às sementes, garantindo que elas consigam germinar e que as plântulas se desenvolvam corretamente.

O experimento foi mantido sob condições controladas em estufa com Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), com fotoperíodo de 16 horas e temperatura constante de 30°C, por 7 dias (Figura 2A).

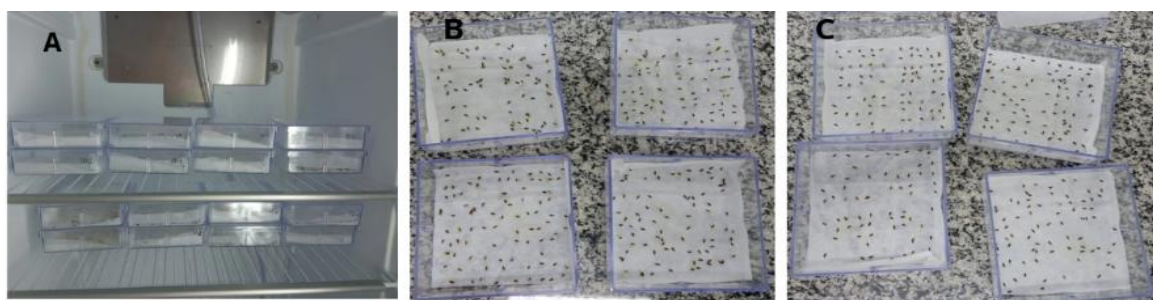


Figura 2. Experimento com sementes de alface (*L. sativa* L.) realizado sob condições controladas, no laboratório de Fisiologia Vegetal do IFRO, *Campus* Colorado do Oeste. A: Caixas gerbox mantidas sob condições controladas na DBO. B: Sementes de alface tratadas com CaCl_2 a 25 mmol.L^{-1} no 4º dia de experimento. C: Sementes de alface tratadas com CaCl_2 a 50 mmol.L^{-1} no 4º dia de experimento.

Fotos: Bastolla (2024).

AVALIAÇÕES FISIOLÓGICAS

A taxa de germinação foi determinada aos 4 e 7 dias após início do experimento. No 7º dia de experimento também foi realizada a classificação das sementes como duras, dormentes e mortas e as plântulas foram classificadas como normais e anormais (BRASIL, 2009). A tabela 2 apresenta os critérios utilizados para a classificação das sementes e plântulas.

Tabela 2. Critérios utilizados para classificar as sementes como duras, mortas, dormentes e germinadas e as plântulas como normais e anormais, aos 7 dias de experimento realizado sob condições controladas.

| Sementes | | Plântulas | |
|------------|--|-----------|--|
| Duras | não absorveram água durante o período do teste | Normais | apresentam todas as suas estruturas essenciais completas e funcionais, sem danos que comprometem seu crescimento |
| Mortas | amolecidas e atacadas por microorganismos e sem sinais de germinação | | |
| | | | Sementes |
| | | | Plântulas |
| | | | Duras |
| | | | não absorveram água durante o período do teste |
| | | | Normais |
| | | | apresentam todas as suas estruturas essenciais completas e funcionais, sem danos que comprometem seu crescimento |
| | | | Mortas |
| | | | amolecidas e atacadas por microorganismo sem sinais de germinação |
| | | | Dormentes |
| | | | absorveram água, intumesceram, mas não germinaram |
| | | | Anormais |
| | | Anormais | apresentam defeitos estruturais ou fisiológicos (estruturas ausentes, crescimento fraco) e infecção oriunda da semente |
| | | | Germinadas |
| | | | absorveram água, intumesceram e apresentaram mais que 2mm de radícula |
| | | | apresentam defeitos estruturais ou fisiológicos (estruturas ausentes, crescimento fraco) e infecção oriunda da semente |
| Germinadas | absorveram água, intumesceram e apresentaram mais que 2 de radícula | | |

Fonte: Elaborada pela autora com base em Brasil (2009).

No 7º dia de experimento, também foram avaliados o comprimento total (CP) e a massa da matéria fresca (MF) e da matéria seca (MS) das plântulas. O CP foi medido com régua milimetrada do ápice da raiz ao ápice da parte aérea. A MF representou a massa úmida obtida em balança analítica, imediatamente após a

classificação das plântulas e a MS foi obtida após secagem em estufa à 65° C até obtenção de massa constante.

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados foram analisados por meio do teste de normalidade de Shapiro-Wilk e análise de variância com um fator (ANOVA com um fator), para os dados que apresentaram distribuição normal em torno da média. Teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste de Dunn, foi aplicado para os dados que não apresentaram distribuição normal em torno da média, por meio do software R Studio, ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da avaliação das sementes aos 7 dias de experimento demonstram que, embora a taxa de germinação tenha sido inferior, quando foram tratadas com 50 mM de CaCl₂, houve uma tendência à morte e à dormência das sementes submetidas à 30° C em condição de baixo potencial osmótico (Tabela 3).

Tabela 3 - Porcentagem de sementes de alface duras (%SDur), mortas (%SM), dormentes (%SDor) e germinadas (G7), no 7º dia de exposição a diferentes concentrações de CaCl₂ no laboratório de Fisiologia Vegetal do IFRO, *Campus Colorado do Oeste*.

| Tratamentos (mmol.L ⁻¹) | %SDur | %SM | %SDor | %G7 |
|--|--------------|---------------|--------------|------------|
| 0 | 2,5 ± 1,8 a | 0,25 ± 0,25 a | 54,2 ± 6,8 a | 43 ± 5,2 a |
| 10 | 16,7 ± 5,3 a | 0,0 ± 0,0 a | 41,7 ± 2,9 a | 42 ± 2,6 a |
| 25 | 26,2 ± 8,3 a | 0,7 ± 0,7 a | 30,0 ± 9,2 a | 43 ± 4,1 a |
| 50 | 10,0 ± 7,8 a | 18,5 ± 1,4 a | 54,5 ± 11,3a | 17 ± 6,3 b |

Fonte: Elaborada pela autora.

O excesso de sais no substrato de germinação pode levar ao efeito osmótico, devido à dificuldade de as sementes absorverem água durante seu processo de embebição (Bohm e Souza, 2023). Esse fato foi previamente relatado por Hubner et al. (2021), quando afirmaram que a salinidade reduz o potencial osmótico, dificultando a absorção de água necessária para iniciar os processos germinativos. Adicionalmente, é possível que o efeito combinado do Ca²⁺ e Cl⁻, na maior dose de CaCl₂ fornecida à temperatura de 30°C, tenha corroborado para um atraso na velocidade de germinação das sementes e, conseqüentemente, para a baixa taxa de sementes germinadas no 4º e 7º dias de experimento (Tabela 4). Paralelamente, a redução significativa da porcentagem de plântulas anormais, quando as sementes foram tratadas com 50 mmol.L⁻¹ de CaCl₂, merece destaque (Tabela 4). É possível que a combinação da temperatura de 30° C com as condições de baixo potencial osmótico, tenham iniciado a indução de efeitos deletérios sobre a germinação (Tabela 3), influenciando o desenvolvimento de plântulas normais nesta concentração. Em

estudo realizado por Lavezo et al. (2015), com a *Petiveria alliacea L.*, foram observados efeitos semelhantes.

Tabela 4 - Porcentagem de sementes germinadas no 4º dia (G4) de experimento e porcentagem de sementes germinadas (G7), número de plântulas normais (PN) e anormais (PA) no 7º dia de experimento realizado sob condições controladas.

| Tratamentos (mmol.L ⁻¹) | G4* % | G7* % | PN** | PA* |
|--|-------------|-------------|------------|-------------|
| 0 | 20 ± 3,9 a | 43 ± 5,2 a | 22 ± 0,9 a | 12 ± 4,0 a |
| 10 | 21 ± 2,4 a | 42 ± 8,0 a | 21 ± 0,6 a | 21 ± 2,5 a |
| 25 | 14 ± 1,8 ab | 43 ± 0,2 a | 21 ± 3,2 a | 22 ± 1,5 a |
| 50 | 3,0 ± 1,7 b | 17 ± 5,81 b | 13 ± 0,0 a | 3,7 ± 2,1 b |

*Média ± Erro-padrão. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Média ± Erro-padrão. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados sugerem maior absorção de Ca pelas sementes, sendo este o motivo do atraso e comprometimento da germinação das sementes tratadas com 50 mmol.L⁻¹. Isso indica a possibilidade do tratamento com CaCl₂ a 50 mmol.L⁻¹, ter induzido um estresse osmótico ou toxidez sob condição térmica desfavorável.

Como não foram observados efeitos deletérios sobre a germinação das sementes supridas com CaCl₂ a 0, 10 e 25 mmol.L⁻¹, infere-se que não foi estabelecido um estresse térmico ou osmótico, durante o processo de germinação de sementes, para essas doses, a 30º C. Semelhantemente, não foi observada inibição da embebição das sementes de alface a 30ºC, como relataram em seu trabalho Bertagnolli *et al.*, (2003). Adicionalmente, o fornecimento de CaCl₂ a 10 e 25 mmol.L⁻¹ não influenciou positivamente a germinação e o desenvolvimento das plântulas. Porém constatou-se o efeito combinado do fornecimento de CaCl₂ a 50 mmol.L⁻¹ com a temperatura de 30º C sobre a taxa de germinação aos 4 e 7 dias de experimento (Tabela 4).

Sabe-se que o uso do Ca na dose ideal não gera estresse na germinação (Han *et al.*, 2014; Ferreira *et al.*, 2017; Stefanello *et al.*, 2021). Além disso, Pan (2025) relata que o Ca é essencial para as plantas, por atuar no controle, na atividade enzimática e no equilíbrio osmótico. Porém, estudos indicam que em excesso, o Ca pode causar estresse osmótico e ainda potencializar o estresse térmico, fato observado neste estudo a 50 mmol.L⁻¹. Castañares (2019), relatou previamente resposta similar, ao afirmar que o CaCl₂ em concentrações altas pode causar estresse osmótico, que juntamente com temperaturas altas causa prejuízos à germinação.

Provavelmente, quando aplicado a 50 mmol.L⁻¹, o CaCl₂ foi o agente indutor de estresse para a embebição das sementes, germinação e, conseqüentemente, desenvolvimento inicial das plântulas a 30º C. Ele induziu estresse osmótico, sem influenciar significativamente o acúmulo de massa seca pelas plântulas (Tabela 5).

Tabela 5 - Comprimento total (CP), massa fresca (MF) e massa seca (MS) de 15 plântulas de alface, obtidas em experimento realizado em Colorado do Oeste – RO.

| Tratamento (mmol.L ⁻¹) | CP (cm)* | MF (g)** | MS (g)* |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| 0 | 2,1390 ± 0,13 a | 0,6262 ± 0,45 ab | 0,0179 ± 0,00 a |
| 10 | 2,1116 ± 0,14 ab | 0,1727 ± 0,01 b | 0,0168 ± 0,00 a |
| 25 | 2,0116 ± 0,11 abc | 0,1596 ± 0,01 abc | 0,0169 ± 0,00 a |
| 50 | 1,5555 ± 0,05 d | 0,0878 ± 0,03 c | 0,0129 ± 0,00 a |

*Média ± Erro-padrão. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Média ± Erro-padrão. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste de Dunn ao nível de 5% de probabilidade.

A tabela 5 também demonstra que o fornecimento de CaCl₂ a 50 mmol.L⁻¹ influenciou negativamente o comprimento total e a massa fresca das plântulas no 7º dia de experimento, indicando que a absorção e retenção de água nos tecidos foi prejudicada pelo efeito osmótico dos sais disponíveis no substrato de germinação.

Estudos prévios demonstram os efeitos negativos do estresse osmótico induzido por soluções salinas sobre a germinação e o vigor de sementes. Ferreira *et al.* (2017), ao utilizarem soluções de CaCl₂ com potencial osmótico de -0,8 MPa em sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.), observaram redução na germinação, na velocidade de germinação e no vigor, atribuídos à indução de estresse osmótico. De maneira semelhante, Stefanello *et al.* (2021) relataram que o potencial osmótico de -0,30 MPa comprometeu a germinação e o vigor de sementes de chia (*Salvia hispanica* L.). À luz desses achados, observa-se que o potencial osmótico aplicado às sementes de alface no presente estudo (-0,37 MPa, conforme Tabela 1) é próximo ao utilizado com sementes de chia, o que pode explicar as alterações fisiológicas observadas, possivelmente associadas ao estresse osmótico provocado pela alta concentração salina.

A salinidade pode prejudicar a germinação das sementes por diversos motivos (Han *et al.*, 2014), incluindo o consumo de energia armazenada na semente que diminui a disponibilidade de água, prejudicando a expansão celular e os demais processos metabólicos necessários ao desenvolvimento inicial da plântula (Bohm, *et al.* 2023). Esta pode ser a explicação para as reduções em CP e MF.

Segundo Ribeiro (2015), o Ca é um nutriente importante na preservação da capacidade de absorção das raízes mediante a manutenção da integridade da membrana plasmática. Ele desempenha um papel crucial na regulação do crescimento e desenvolvimento das plantas, além de sua função estrutural na parede celular. Porém, neste experimento, o fornecimento de Ca, nas doses e fonte testadas, combinado à temperatura de 30 °C não foi benéfico para a germinação das sementes de alface em concentrações de 50 mmol.L⁻¹, ocasionando baixa taxa de germinação e danos ao crescimento das plântulas; sendo, portanto, um agente estressor.

CONCLUSÃO

A aplicação de CaCl_2 a 50 mmol.L^{-1} em sementes de alface, sob temperatura de 30°C , resultou em redução significativa da taxa de germinação, bem como do desenvolvimento inicial das plântulas, evidenciado pela diminuição de seu comprimento e massa fresca. Em contrapartida, as concentrações de 10 e 25 mM não apresentaram efeitos expressivos sobre esses parâmetros.

Estudos futuros podem explorar o efeito de doses inferiores às utilizadas neste trabalho, outras fontes de Ca, temperaturas e/ou cultivares de alface diferentes, além da interação do CaCl_2 com outros sais ou hormônios vegetais, a fim de buscar compreender os mecanismos de tolerância ao estresse osmótico.

REFERÊNCIAS

ADTUNJI, A. E. *et al.* Effects of inorganic salt solutions on vigour, viability, oxidative metabolism and germination enzymes in aged cabbage and lettuce seeds. **Plants (Basel)**, v. 9, n. 9, p. 1164, 2020.

ADHIKARI, A. *et al.* Effects of salinity stress on growth and yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.): a review. **International Journal of Agriculture Innovations and Research**, v. 7, n. 5, p. 2319-1473, 2019.

BERTAGNOLLI, C. M.; MENEZES, N. L.; STORCK, L.; SANTOS, O. S. dos; PASQUALLI, L. L. Desempenho de sementes nuas e peletizadas de alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a estresses hídrico e térmico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 1, p. 7–13, 2003. Trabalho aceito para publicação em 08 de janeiro de 2003.

BESERRA, João Victor Silva. *Impacto da aplicação de reguladores de crescimento e enraizador sobre a cultura da alface (Lactuca sativa L.)*. Cristalina – GO: **Instituto Federal Goiano** – Campus Cristalina, Curso de Tecnologia em Horticultura, 2021. Trabalho de Conclusão de Curso.

BOHM, FRANCIELE ZANARDO; SOUZA, MILLENA NETO A. Efeitos da salinização provocada por cloreto de cálcio, cloreto de sódio e cloreto de potássio no crescimento inicial de alface (*Lactuca sativa* L.). **Revista AgroTecnologia, Anápolis**, v. 14, n. 1, p. 16-21, 2023. ISSN eletrônico: 2179-5959. ISSN impresso: 2179-5940.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes – RAS**. Brasília: MAPA, 2009.

CASTAÑARES, J. L.; BOUZO, C. A. Effect of exogenous melatonin on seed germination and seedling growth in melon (*Cucumis melo* L.) under salt stress. **Horticultural Plant Journal**, 2019.

CASTAÑARES, J. L. Priming with calcium chloride improves lettuce (*Lactuca sativa* L.) germination at high temperatures. **Horticultura Argentina**, v. 38, n. 97, p. –, sep.-dic. 2019.

COLORADO DO OESTE. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Saúde. Plano Municipal de Saúde 2022-2025. Colorado do Oeste, RO: **Prefeitura Municipal de Colorado do Oeste**, 2022.

EMERICK, HEBER FABRIS *et al.* Desempenho agrônômico de cultivares de alface sob diferentes doses de adubo orgânico na região de Ariquemes/RO. 31 jul. 2024.

FAQUIN, WALDEMAR. Nutrição mineral de plantas. Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras – UFLA; **Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão – FAEPE**, 2005.

FIGLIOLIA MB, OLIVEIRA EC and PIÑA-RODRIGUES FCM. 1993. **Análise de sementes**. In: AGUIAR IB, PIÑARODRIGUES FCM and FIGLIOLIA MB (Coord), Sementes florestais tropicais. Brasília: ABRATES, p. 137-174.

FERREIRA, W. N. *et al.* Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* cv. BRS Tumucumaque). **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 30, n. 4, p. 1009–1016, out./dez. 2017. DOI:10.1590/1983-21252017v30n422rc.

HAN, D. H. *et al.* Effect of exogenous calcium on seed germination and seedling physiological characteristics of *Lycium ruthenium*. **Zhongguo Zhong Yao Za Zhi**, v. 39, n. 1, p. 34-39, jan. 2014.

HAO, X.; PAPADOPOULOS, A. P. Sustainable greenhouse vegetable production through automation and climate control technologies. **Acta Horticulturae**, v. 1227, p. 1–10, 2018. DOI:10.17660/ActaHortic.2018.1227.1.

HUBNER, V.; SANTOS, R. F.; JÚNIOR, L. A. Z.; DANIEL, C.; PINTO, J. S. salinidade na emergência do nabo forrageiro. **Revista Cultivando o Saber**, v. 14, p. 153-163, 2021.

LAVEZO, A. M.; GUIMARÃES, S. C.; MARTINS, C. C.; MELO, L. C. Estresse osmótico na germinação de sementes de *Petiveria alliacea* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 17, n. 4, p. 641-647, 2015.

MALDONADE, Iriani Rodrigues; MATTOS, Leonora Mansur; MORETTI, Celso Luís. **Manual de boas práticas agrícolas na produção de alface**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2014. (Documentos / Embrapa Hortaliças, n. 142). 44 p.

MOREIRA, MATHEUS KIYOSHI SATO. Avaliação agrônômica da influência de diferentes substratos e volumes de recipientes na qualidade de mudas de alface. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus Colorado do Oeste**, 2024.

NASCIMENTO, W. M.; CRODA, M. D.; LOPES, A. C. A. Produção de sementes, qualidade fisiológica e identificação de genótipos de alface termotolerantes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 3, p. 510–517, 2012.

NASCIMENTO, W. M.; CANTLIFFE, D. J. Germinação de sementes de alface sob altas temperaturas. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 20, n. 1, p. 103-106, mar. 2002.

NUNES, A. S. *et al.* Fontes e níveis de salinidade na germinação de sementes de *Crotalaria juncea* L. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 3, p. 753–757, 2009.

PAN, JINGYI, *et al.* Effects of exogenous calcium on seed germination and physiological traits of alfalfa (*Medicago sativa*) seedlings. **BMC Plant Biology**, v. 25, n. 1, p. 1–12, 2025.

RIBEIRO, A. A.; SIMEÃO, M.; SANTOS, D. P. Crescimento da alface cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de cálcio. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 9, n. 4, p. 298-303, 2015.

SCHOSSLER, T. R. *et al.* Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. Enciclopédia Biosfera, **Centro Científico Conhecer, Goiânia**, v. 8, n. 15, p. 1563-1578, 2012.

STEFANELLO, R. *et al.* Germination of chia seeds submitted to saline stress. **Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá**, v. 43, e50154, 2021. DOI: 10.4025/actasciagron.v43i1.50154.

WANG, Y.; SHEN, C.; JIANG, Q.; WANG, Z.; GAO, C.; WANG, W. Seed priming with calcium chloride enhances stress tolerance in rice seedlings. **Plant Science**, v. 323, p. 111381, 2022. doi:10.1016/j.plantsci.2022.111381.

ZACHOW, KARINE *et al.* Choque térmico combinado ao cálcio na indução de tolerância do tomate ao armazenamento refrigerado. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 13, n. 1, p. 47–56, 2014. DOI: 10.18188/sap.v13i1.6405.