

Efeitos da adubação potássica e de diferentes regimes de irrigação no desenvolvimento do almeirão

Magno Luiz Vidotto^{1*}; Reginaldo Ferreira Santos¹; Luciene Kazue Tokura¹; Noe Barroso dos Santos¹; Agostinho Rodrigues Zitha¹; Carlos Eduardo Camargo Nogueira¹

¹PPGEA – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel, Paraná.

*magnovidotto@outlook.com

Resumo: O almeirão (*Cichorium intybus* L.), hortaliça de grande importância econômica para pequenos produtores, é frequentemente consumido na forma de salada fresca nas regiões sul e sudeste do Brasil. Embora se destaque por sua robustez e se desenvolva bem sob temperaturas amenas, essa cultura é suscetível ao déficit hídrico. Diante disso, este estudo teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes níveis de irrigação e da aplicação de potássio no cultivo de Almeirão Folha Larga. O experimento foi conduzido a céu aberto em um conjunto de vasos de 5,5 litros no campo experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com e sem dose de cloreto de potássio equivalente a 80 kg ha⁻¹. Os níveis de irrigação adotados foram 50 %, 100 %, 150 % e 200 % da evapotranspiração potencial calculada pelo método de Thornthwaite e Camargo. Foram definidos 8 tratamentos com 3 repetições, totalizando 24 parcelas experimentais. Para determinar o desempenho do cultivar, foram analisadas as seguintes características morfofisiológicas: número de folhas (NF); diâmetro da planta (DP); comprimento da parte aérea (CPA); comprimento da raiz (CR); massa fresca da parte aérea (MFPA); massa seca da parte aérea (MSPA); comprimento da raiz (CR); massa fresca da raiz (MFR) e massa seca da raiz (MSR). Concluiu-se que a aplicação de um regime de irrigação equivalente a 200 % da ETp, com ou sem dose de potássio, resultou em plantas com maiores diâmetros e maior massa fresca e seca.

Palavras-chave: Estresse hídrico; *Cichorium intybus* L.; Evapotranspiração.

Effect of potassium application and varied irrigation levels on chicory development

Abstract: Chicory (*Cichorium intybus* L.), a profitable vegetable for small farmers, is frequently consumed as fresh salad in the Southern and Southeastern regions of Brazil. Although it is notable for its robustness and thrives in mild temperatures, this crop is susceptible to water deficit. Based on this, the aim of this study was to evaluate the effect of different irrigation levels and potassium application on the cultivation of Large-Leaf Chicory. The experiment was conducted outdoors in a set of 5.5-liter pots at the experimental field of the State University of Western Paraná. The experimental design used in this study was completely randomized (CRD), both with and without a dose of potassium chloride equivalent to 80 kg ha⁻¹. The adopted irrigation levels were 50 %, 100 %, 150 %, and 200 % of the potential evapotranspiration, calculated according to Thornthwaite and Camargo model. Eight treatments were defined, each with three replications, totaling 24 experimental plots. To evaluate the cultivar's performance, the following morphophysiological characteristics were analyzed: number of leaves (NF); plant diameter (DP); shoot length (CPA); root length (CR); fresh shoot weight (MFPA); dry shoot weight (MSPA); root length (CR); fresh root weight (MFR); and dry root weight (MSR). It was concluded that the application of the regime equivalent to 200 % of ETp, with or without potassium dose, resulted in larger and heavier plants.

Keywords: Water stress; *Cichorium intybus* L.; Evapotranspiration.

Introdução

O almeirão (*Cichorium intybus* L.), membro da família Asteraceae, é uma das hortaliças folhosas mais populares no Brasil, sendo frequentemente consumido na forma de salada fresca nas regiões sul e sudeste (FILGUEIRA, 2013). Com baixo teor calórico e rico em fibras, potássio, cálcio, fósforo e vitamina A, o almeirão tem sido cultivado e apreciado desde tempos antigos por civilizações que reconhecem suas qualidades culinárias e medicinais (ALMEIDA *et al.*, 2013). Em terras brasileiras, os cultivares mais comuns são aqueles com um sabor levemente amargo, como a Folha Larga, o Pão-de-Açúcar e a Catalonha produzidos por pequenos produtores (NOVO, TRANI e MINAMI, 2003).

Embora o almeirão se destaque por sua robustez e se desenvolva bem sob temperaturas de 12 °C a 24 °C, essa cultura, como a maioria das plantas, é constituída por 90 % de água, o que a torna suscetível ao déficit hídrico (RODRIGUES *et al.*, 2013). Segundo Bhattacharya (2021), o déficit hídrico ocorre quando a demanda de água pela planta excede a oferta de água disponível no solo ou quando o conteúdo de água no solo é inferior à 50 % da capacidade de campo. A oferta hídrica é determinada pela quantidade de água retida no solo até a profundidade do sistema radicular das culturas, enquanto que a demanda hídrica é definida pela taxa de transpiração das plantas ou pela evapotranspiração da cultura, que engloba tanto a transpiração das plantas quanto a evaporação do solo. A evapotranspiração é influenciada pelo ambiente de cultivo e por atributos-chave das culturas, tais como sua arquitetura, área foliar e estágio de desenvolvimento (BIANCHI, GERMINO e SILVA, 2016).

Conforme explica Taiz *et al.* (2017) o déficit hídrico, ou falta de água, é comum em diversos ambientes naturais e agrícolas, ocorrendo ao longo do dia e principalmente devido a períodos sem precipitação, sejam intermitentes ou contínuos. Esse déficit pode impactar as plantas de maneiras distintas durante as fases de crescimento vegetativo e reprodutivo. Quando as células vegetais enfrentam escassez de água, ocorre o fenômeno conhecido como desidratação celular, prejudicando processos fisiológicos essenciais (CAMPOS, SANTOS e NACARATH. 2021). Além disso, o déficit hídrico induz a acumulação de ácido abscísico, o que ocasiona o fechamento dos estômatos das folhas, reduz as trocas gasosas e inibe a fotossíntese (SANTOS e CARLESSO, 1998). Segundo Seleiman *et al.* (2021), os sintomas visuais típicos da falta de água nas plantas incluem murchamento, queda, amarelecimento, enrolamento ou escurecimento das folhas. O estresse hídrico também pode resultar em plantas de tamanho reduzido, maturação precoce, diminuição ou aumento no comprimento da raiz, aumento na proporção raiz-parte aérea e diminuição na área e peso foliar (MACHADO, 2004).

Ao longo do tempo, foram desenvolvidas várias estratégias para aliviar os efeitos negativos do déficit hídrico e aumentar a resistência à seca em diferentes fases de crescimento das plantas. Dentre elas, a aplicação de potássio é apontada por diversos estudos como capaz de atenuar os efeitos adversos em plantas submetidas ao estresse hídrico enquanto mantém sua produtividade (FRANÇA *et al.*, 2022; AKSU e ALTAY, 2020; WANG *et al.*, 2013). Segundo Johnson *et al.* (2022), o potássio desempenha um papel crucial no auxílio das plantas sob estresse hídrico, reduzindo os danos causados pela falta de água ao estimular sistemas enzimáticos antiestresse. Ele também favorece o crescimento de sistemas radiculares mais robustos e extensos para melhor absorção de água, aumenta a atividade fotossintética, mantém o turgor celular para evitar a murcha e reduz a taxa de respiração, prevenindo perdas de energia.

De acordo com Melo *et al.* (2022), a utilização de um sistema de irrigação também desempenha um papel crucial na mitigação do estresse hídrico, assegurando uma produção agrícola mais robusta, especialmente em regiões tropicais com clima quente e seco. Entretanto, a irrigação não deve ser vista apenas como um procedimento artificial para atender às condições do teor de água no solo visando ao aumento da produção. O produtor deve levar em consideração a espécie cultivada, as práticas de manejo, o tipo de solo e a taxa de evapotranspiração para fornecer a quantidade de água ideal e no tempo certo para as plantas (BRAGA, 2017).

Diante desse cenário, fica evidente a importância de se assegurar um teor adequado de umidade e de potássio no solo para que a cultura do almeirão cresça e se desenvolva sem complicações, evitando assim o estresse hídrico. Contudo, é fundamental não se atentar apenas ao rendimento final da cultura, mas também zelar pela utilização responsável dos recursos hídricos e minerais, empregando-os no momento e na medida certa para promover o desenvolvimento saudável das plantas (RODRIGUES *et al.*, 2013; COSTA, 2014).

No presente estudo, exemplares de Almeirão Folha Larga foram submetidas a diferentes regimes de irrigação, associados à aplicação controlada de potássio, com o objetivo de se avaliar os impactos da adubação potássica e do estresse hídrico no desenvolvimento dessa cultura.

Material e Métodos

O experimento foi realizado sob condições de campo durante 50 dias (entre 02/04/2024 e 21/05/2024) na área experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), campus de Cascavel, PR, localizada na altitude de 755 m e coordenadas geográficas 24°59'20" S e 53°26'58" W. Segundo a classificação de Köeppen, o clima da região é do tipo subtropical

úmido (Cfa), com precipitação média anual entre 1600 a 2000 mm, verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sendo a temperatura média anual de 21 °C e a umidade relativa do ar de 75 % (NITSCHE *et al.*, 2019).

A variedade de *Cichorium intybus* utilizada nesse experimento foi a Folha Larga. Essa variedade é conhecida por suas folhas compridas, largas e arredondadas, de cor verde clara com tons dourados. O Almeirão Folha Larga ou Radiche possui sabor levemente amargo e pode ser plantado o ano todo em locais de clima fresco, atingindo seu máximo potencial vegetativo no período de inverno. Sua germinação ocorre entre 5 a 7 dias e a colheita pode ser feita entre 60 e 70 dias após a semeadura.

As mudas utilizadas neste estudo foram adquiridas no comércio local e se encontravam com 20 dias de idade quando foram transplantadas em 24 vasos de 20 cm de diâmetro com volume de 5,5 L no dia 02 de abril de 2024. Os vasos do experimento foram preenchidos com uma mistura de Latossolo Vermelho distroférrico e de húmus de vermicompostagem. No primeiro dia, aplicou-se uma dose de 0,5 g (equivalente a 80kg ha⁻¹) de Cloreto de Potássio (KCl) triturado em 12 parcelas para que no dia 08 de abril de 2024 fosse iniciado o processo de irrigação localizada. Nos cinco primeiros dias após o transplantio, as plantas foram irrigadas com 500 ml de água afim de proporcionar uma melhor aclimatação e enraizamento das mudas.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC) com e sem a aplicação da dose de KCl. Foram definidos 8 tratamentos com 3 repetições cada, totalizando 24 parcelas experimentais dispostas em esquema de 4x6 em campo conforme ilustra a Figura 1. Aplicou-se, três vezes na semana, no final da tarde e em dias alternados, uma lámina d'água calculada a partir da estimativa da evapotranspiração potencial entre cada aplicação (Equações de 1 a 5) pelo método de Thornthwaite-Camargo (CAMARGO *et al.*, 1999). Os dados de temperatura do ar utilizados nos cálculos foram retirados da estação IDR de Santa Tereza do Oeste e a precipitação foi estimada localmente com o uso de um pluviômetro Ville de Paris.

$$Tef = 0,36((3 \cdot Tmáx) - Tmín) \quad (1)$$

$$ETp = 16 \cdot \left(10 \cdot \frac{Tef}{I}\right)^a \text{ para } 0 < Tef < 26,5 \text{ °C} \quad (2)$$

$$ETp = -415,85 + 32,24Tef - 0,43Tef^2 \text{ para } Tef \geq 26,5 \text{ °C} \quad (3)$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} (0,2Ti)^{1,514}, \text{ para } T \geq 0 \text{ °C} \quad (4)$$

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 1,7912 \cdot 10^{-2} I + 0,49239 \quad (5)$$

Em que: T_{ef} = temperatura efetiva ($^{\circ}\text{C}$); $T_{máx}$ = temperatura máxima diária ($^{\circ}\text{C}$); $T_{mín}$ = temperatura mínima diária ($^{\circ}\text{C}$); ET_p = evapotranspiração potencial (mm mês^{-1}); i = mês do ano; I = índice de temperatura média mensal ($^{\circ}\text{C}$); a = coeficiente de Thornthwaite para a região.

Figura 1 – Parcelas experimentais e desenvolvimento do Almeirão Folha Larga em campo aos 7 e 45 dias após transplantio (DAT).



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Os tratamentos foram organizados da seguinte forma: T1 – nível de irrigação correspondente a 0,5 (50 %) da evapotranspiração potencial (em mm dia^{-1}), T2 – nível de irrigação correspondente a 1,0 (100 %) da ET_p , T3 – nível de irrigação correspondente a 1,5 (150 %) da ET_p e T4 – nível de irrigação a 2,0 (200 %) da ET_p . Os outros 4 tratamentos (T5 a T8) receberam a mesma quantidade de água dos tratamentos citados anteriormente, com a adição da dose de KCl. Para a irrigação das plantas foi utilizada uma proveta graduada de 500 milímetros, garantindo assim melhor uniformidade e precisão na aplicação.

As plantas foram colhidas 50 dias após o transplantio (DAT). O material colhido foi lavado com água corrente e separado em parte aérea e raízes. O desempenho do almeirão foi avaliado através da determinação do número de folhas (NF); do diâmetro da planta (DP); do comprimento da parte aérea (CPA); da massa fresca da parte aérea (MFPA); da massa seca da parte aérea (MSPA); do comprimento da raiz (CR), da massa fresca da raiz (MFR) e da massa seca da raiz (MSR) de cada planta. Para determinar a massa seca, cada repetição do material foi colocado em saco de papel kraft devidamente identificados para secar em estufa de ventilação forçada a 60°C até massa constante e depois foram pesados em balança de precisão.

Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente pelo Teste de Tukey, com nível de significância de 5 %, utilizando o software Sisvar versão 5.8. O cálculo das doses de irrigação

e o gráfico de precipitação e de temperatura do ar foram feitos com o auxílio do software Microsoft Excel 2016.

Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta os resultados do efeito da aplicação de potássio e dos diferentes regimes de irrigação sobre o número de folhas, o comprimento da parte aérea, o comprimento da raiz e o diâmetro dos exemplares de almeirão avaliados neste estudo. Observa-se que não houve diferença estatisticamente significativa nas três primeiras variáveis analisadas. Fernandes (2015) também constatou que não havia diferença significativa no número médio de folhas ou no comprimento das plantas (altura) do almeirão Folha Larga cultivado em casa de vegetação sob diferentes níveis de irrigação (60 %, 80 %, 100 %, 120 % e 140 % da ETc). Embora não tenha sido observada diferença estatística significativa, percebe-se uma tendência de aumento no número de folhas e no comprimento das plantas com o incremento das doses de irrigação, sendo que o tratamento 4 (200 % ETp) apresentou valores médios superiores aos dos demais tratamentos. Santos e Pereira (2004), ao estudarem o comportamento de plantas de alface americana sob diferentes tensões de irrigação, também observaram que os exemplares submetidos a níveis mais elevados de déficit hídrico apresentaram menor comprimento.

Tabela 1 – Número de folhas (NF), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR) e diâmetro da planta (DP) de Almeirão Folha Larga cultivado sob diferentes regimes de irrigação, associados ou não à aplicação de potássio.

Tratamento	NF	CPA (cm)	CR (cm)	DP (cm)
T1 - 50% ETp	6,00 a	17,33 a	12,16 a	4,67 d
T2 - 100% ETp	7,00 a	18,67 a	12,00 a	5,67 bcd
T3 - 150% ETp	8,33 a	21,33 a	14,67 a	6,83 ab
T4 - 200% ETp	9,00 a	24,00 a	10,50 a	7,16 a
T5 - KCl + 50% ETp	7,00 a	20,33 a	11,50 a	4,83 cd
T6 - KCl + 100% ETp	6,67 a	20,83 a	11,17 a	5,33 cd
T7 - KCl + 150% ETp	7,33 a	22,17 a	13,33 a	7,17 abc
T8 - KCl + 200% ETp	8,33 a	24,00 a	12,67 a	7,33 a
Média	7,46	21,08	12,25	6,00
DMS	3,36	6,96	5,33	1,47
CV (%)	15,96	11,68	15,39	8,67

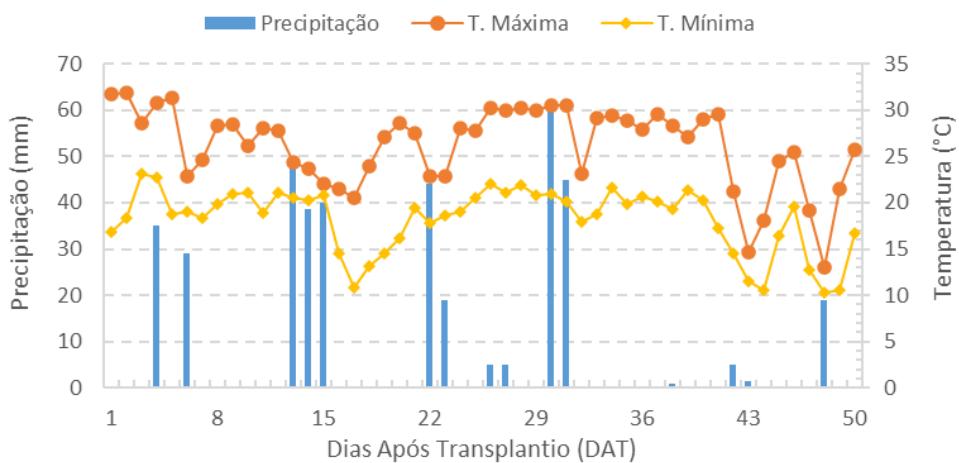
*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Na tabela anterior, observa-se que os tratamentos com regimes de irrigação de 150 % e 200 %, combinados ou não com doses de potássio, resultaram nas plantas com os maiores

diâmetros (folhas mais largas) ao final do experimento, sendo que os tratamentos T3 e T7 não diferiram estatisticamente do tratamento T2. Além disso, o tratamento T1 apresentou plantas com os menores portes dentre todos os tratamentos avaliados. Também é possível verificar que os tratamentos avaliados não apresentaram diferenças significativas quanto ao comprimento das raízes, indicando que o sistema radicular das plantas não foi afetado pela adubação potássica ou pelos diferentes regimes de irrigação. Essa indiferença foi certamente influenciada pelo grande volume de chuva observado no primeiro mês de condução do experimento em campo (Figura 2). No mês de abril, o total de precipitação acumulada foi de 265,6 mm, equivalente a 159 % do volume médio esperado para o período, que é de 167,4 mm. Em contraste, no mês de maio foram registrados apenas 131,5 mm de chuva (ou 67,6 % do esperado).

Figura 2 – Precipitação e temperatura do ar na área experimental nos meses de abril e maio.



Fonte: Elaborada pelos autores.

No primeiro mês, as raízes das plantas tiveram que se adaptar ao grande aporte de água e o impacto dos diferentes tratamentos foi minimizado. Já no segundo mês, o menor volume de água deve ter causado um maior estresse hídrico, exacerbando a sensibilidade das plantas às variações dos regimes e exigindo que as raízes se adaptassem rapidamente a nova condição. É importante salientar que, ao final do experimento, as plantas de menor porte apresentavam uma quantidade maior de raízes finas, enquanto as de maior porte possuíam raízes mais grossas. Segundo Fitter (2002), as raízes finas são responsáveis pela absorção de água e nutrientes, enquanto as raízes grossas desempenham principalmente a função de fixação da planta ao solo.

A Tabela 2 apresenta os resultados do efeito dos diferentes tratamentos sobre a massa fresca e seca da parte aérea e das raízes dos exemplares de Almeirão Folha Larga. Nota-se que

houve diferença significativa ao nível de 5 % para as quatro variáveis avaliadas. Percebe-se que os exemplares dos tratamentos T4 e T8 apresentaram os maiores valores para a massa fresca e para a massa seca da parte aérea, sendo que o tratamento T8 não diferiu estatisticamente dos tratamentos T2, T3, T6 e T7. Já os exemplares submetidos a níveis mais elevados de déficit hídrico (T1 e T5) apresentaram os menores valores dentre todos os tratamentos avaliados. As plantas irrigadas com 200 % da evapotranspiração (T4 e T8) apresentaram uma matéria seca da parte aérea 169,62 % superior à das plantas mantidas com 50 % (T1 e T5). Resultados semelhantes foram encontrados por Rodrigues *et al.* (2013) no cultivo de almeirão folha amarela em casa de vegetação sob doses de 80 %, 60 %, 40 % e 20 % da água disponível no solo, e por Silveira *et al.* (2015), ao estudar o desenvolvimento de alface americana irrigada com lâminas equivalentes a 50 %, 100 %, 150 %, 200 % e 250 % da evaporação potencial em ambiente protegido.

Tabela 2 – Massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR) e massa seca da raiz (MSR) de Almeirão Folha Larga cultivado sob diferentes regimes de irrigação, associados ou não à aplicação de potássio.

Tratamento	MFPA (g)	MSPA (g)	MFR (g)	MSR (g)
T1 - 50% ETp	10,25 c	1,04 c	1,13 b	0,20 b
T2 - 100% ETp	16,22 bc	1,62 bc	1,28 ab	0,23 b
T3 - 150% ETp	24,06 bc	2,31 bc	1,78 ab	0,32 ab
T4- 200% ETp	42,97 a	4,14 a	2,25 a	0,53 a
T5 - KCl + 50% ETp	14,43 c	1,43 bc	1,33 ab	0,23 b
T6 - KCl + 100% ETp	18,20 bc	1,71 bc	1,35 ab	0,21 b
T7 - KCl + 150% ETp	23,45 bc	2,02 bc	1,76 ab	0,27 b
T8 - KCl + 200% ETp	31,78 ab	2,79 ab	1,77 ab	0,30 ab
Média	22,67	2,13	1,58	0,29
DMS	17,07	1,61	1,04	0,25
CV (%)	26,62	26,68	23,39	31,49

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Em relação à massa fresca das raízes, observou-se diferença significativa apenas entre as médias dos tratamentos T4 e T1. Quanto à massa seca, o tratamento T4 não apresentou diferença estatística em comparação aos tratamentos T3 e T8. Essa indiferença pode ser atribuída à dificuldade de extração das raízes do solo e ao grande volume de chuvas registrado no primeiro mês do experimento. Apesar disso, é evidente uma tendência de aumento na massa fresca e seca das raízes à medida que se aumenta a quantidade de irrigação. Ao estudar o desenvolvimento de almeirão folha amarela, Rodrigues *et al.* (2013) também observaram que a massa fresca e seca do sistema radicular apresentou uma resposta linearmente decrescente com

a redução da água disponível no solo. Vandoorne *et al.* (2011), ao investigar o impacto do déficit hídrico em plantas de chicória, observaram redução significativa no peso fresco e seco das raízes. Esses pesquisadores também constataram que as plantas sob estresse aumentaram sua eficiência no uso da água e a concentração de açúcares solúveis nas folhas, ao mesmo tempo em que diminuíram a relação parte aérea-raiz e o potencial osmótico.

Conclusões

A aplicação de regime de irrigação equivalente ao tratamento de 200 % da evaporação potencial, combinados ou não com doses de potássio, resultou em plantas de Almeirão Folha Larga com maiores diâmetros e maior massa fresca e seca. Por outro lado, as plantas mantidas com 50 % da ETp mostraram uma redução significativa em 5 dos 8 parâmetros avaliados. Esses resultados evidenciam a importância do manejo adequado da irrigação para otimizar o crescimento e a produtividade dessa cultura. Entretanto, seria interessante repetir o experimento em ambiente protegido (estufa) para melhor avaliar os efeitos da adubação potássica.

Referências

- AKSU, G., ALTAY, H. The Effects of Potassium Applications on Drought Stress in Sugar Beet. **Sugar Tech.** v. 22, p. 1092–1102, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12355-020-00851-w>.
- ALMEIDA, T. B. F.; PRADO, R. M.; FLORES, R. A.; POLITI, L. S.; BARBOSA, J. C. Avaliação nutricional do almeirão cultivado em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 12, n. 3, p. 211-220, 2013.
- BHATTACHARYA, A. Effect of Soil Water Deficit on Growth and Development of Plants: A Review. In BHATTACHARYA A (Ed.), **Soil Water Deficit Physiology Issues Plants**. Singapore: Springer, p. 393–488. 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-33-6276-5_5.
- BIANCHI, L.; GERMINO, G. H.; SILVA, M. A. Adaptação das Plantas ao Déficit Hídrico. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 5, n. 4, p. 15-32, 2016.
- BRAGA, M. B. Considerações sobre manejo de irrigação em hortaliças. **Hortaliças em Revista**, Ano 6, n. 21, p. 12-13, 2017.
- CAMARGO, A. P.; MARIN, F. R.; SENTELHAS, P. C.; GIAROLLA, P. A. Ajuste da equação de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e superúmidos, com base na amplitude térmica diária. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 251-257, 1999. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/001597898>>. Acesso em: 19, mai. 2024.
- CAMPOS, A. J. M.; SANTOS, S. M; NACARATH, I. R. F. F. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i15.23155>.

COSTA, A. R. **Nutrição Mineral de Plantas Vasculares**. Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora. 2014. 139 p. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10174/12007>>. Acesso em: 19, mai. 2024.

FERNANDES, R. D. M. **Resposta do almeirão (*Cichorium intybus* L.) cultivar “folha larga” cultivado em estufa agrícola sob diferentes lâminas de irrigação**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2015. 130 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 3 ed., p. 421, 2013.

FITTER, A. H. Characteristics and functions of root systems. In: WEISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. (Ed.). **Plant roots: the hidden half**. 3 ed. New York: Marcel Dekker, p. 15-32, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcf252>.

FRANÇA, G. M.; FREIRE, A. L. O.; BATISTA, A. W.; FERREIRA, C. D.; FERREIRA, D. R. S. O potássio atenua os efeitos do déficit hídrico em mudas de pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart. & Zucc.). **Conjecturas**, v. 22, n. 2, 2022. DOI: <https://doi.org/10.53660/CONJ-662-701>.

JOHNSON, R.; VISHWAKARMA, K.; HOSSEN, M. S.; KUMAR, V.; SHACKIRA, A. M.; PUTHUR, J. T.; ABDI, G.; SARRAF, M. HASANUZZAMAN, M. Potassium in plants: Growth regulation, signaling, and environmental stress tolerance. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 172, n. 1, p. 56-69, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.01.001>.

MACHADO, A. V. **Efeitos do estresse hídrico em plantas jovens de *Hedyosmum brasiliense* Mart. (Chloranthaceae)**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. 65 p.

MELO, G. L.; PETRY, M. T.; SILVA, C. M.; NETTO, J. F.; MARTINS, J. D.; VILLA, B.; TONETTO, F.; MOURA, M. B.; MENDONÇA, M. T.; TOKURA, L. K. Ocorrências e controle de salinidade no uso de um sistema de irrigação localizada. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 16, n. 2, 2022.

NITSCHE, P. R; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; PINTO, L. F. D. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina, PR: IAPAR, 2019. 210 p.

NOVO, M. C. S. S.; TRANI, P. E.; MINAMI, K. Desempenho de três cultivares de almeirão sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 21, n. 1, p. 84-87, março 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362003000100018>.

RODRIGUES, R.; PIZETTA, S.; REIS, E.; HOTT, M.; TEIXEIRA, A. Influência de diferentes disponibilidades hídricas no desenvolvimento do almeirão. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, 2013.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v2n3p287-294>.

SANTOS, S. R.; PEREIRA, G. M. Comportamento da alface tipo americana sob diferentes tensões da água no solo, em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 569-577, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162004000300009>.

SELEIMAN M. F. AL-SUHAIBANI, N.; ALI, N.; AKMAL M.; ALOTAIBI, M.; REFAY, Y.; DINDAROGLU, T.; ABDUL-WAJI, H. H.; BATTAGLIA, M. L. Drought Stress Impacts on Plants and Different Approaches to Alleviate Its Adverse Effects. **Plants (Basel)**. v. 10, n. 2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10020259>.

SILVEIRA, L.; ROSA, H. A.; MULLER, F.; SANTOS, R. F. Eficiência de diferentes níveis de irrigação na cultura da alface americana (*Lactuca sativa* L.). **Revista Cultivando o Saber**, p. 24-32, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

VANDOORNE, B.; MATHIEU, A. S.; VAN DER ENDE, W.; VERGAUWEN, R.; PÉRILLEUX, C.; JAVAUX, M.; LUTTS, S. Water stress drastically reduces root growth and inulin yield in *Cichorium intybus* (var. *sativum*) independently of photosynthesis. **Journal of experimental Botany**, v. 63, n. 12, p. 4359-4373, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/ers095>.

WANG M.; ZHENG Q.; SHEN Q.; GUO S. The Critical Role of Potassium in Plant Stress Response. **International Journal of Molecular Sciences**. v. 14, n. 2, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms14047370>.