

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA SALINIDADE DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NO ACÚMULO DE BIOMASSA DO ALMEIRÃO

Filippo Giordano Bruno Pimentel de Lima¹, Júlio Ciqueira de Almeida², Renato Santos Marques³, Alexsandro Oliveira da Silva⁴, Tarcísio Ferreira de Oliveira², José Amilton Santos Júnior⁴

RESUMO: Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo quantificar a produção de biomassa seca do almeirão 'Catalonha' cultivado em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade e temperatura da solução nutritiva. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, entre agosto e dezembro de 2024, na UFRPE, Recife-PE. Os tratamentos foram compostos por quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) combinados a duas faixas de temperatura (ambiente e resfriada entre 20 e 25 °C); esses tratamentos foram alocados em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 × 2, com quatro repetições. Foram avaliadas as seguintes variáveis: massa seca das folhas, do caule, das raízes e total. Os dados foram submetidos à análise de variância em nível de 0,05 de probabilidade. Verificou-se que o aumento da salinidade reduziu a biomassa seca da planta, especialmente nas folhas. A solução nutritiva em temperatura ambiente promoveu maior acúmulo de biomassa seca em comparação à solução resfriada.

PALAVRAS-CHAVE: *Cichorium intybus*; Hidroponia; Estresse salino.

INFLUENCE OF TEMPERATURE AND SALINITY OF THE NUTRIENT SOLUTION ON BIOMASS ACCUMULATION OF CHICORY

ABSTRACT: This study was conducted with the aim of quantifying the dry biomass production of 'Catalonha' chicory grown in a hydroponic system under different levels of salinity and nutrient solution temperature. The experiment was carried out in a protected environment, between August and December 2024, at UFRPE, Recife-PE. The treatments

¹ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Depto de Engenharia Agrícola - UFRPE, CEP: Recife, PE. Fone (81) 9 8365-1728. e-mail: filippogiordano2002@gmail.com

² Doutorando em Engenharia Agrícola, Depto de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE.

³ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Depto de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE.

⁴ Professor Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE.

consisted of four levels of electrical conductivity of the nutrient solution (1.5, 3.0, 4.5, and 6.0 dS m⁻¹) combined with two temperature ranges (ambient and cooled between 20 and 25 °C); these treatments were arranged in a randomized block design, in a 4 × 2 factorial scheme, with four replications. The following variables were evaluated: dry mass of leaves, stems, roots, and total biomass. Data were subjected to analysis of variance at a 0.05 probability level. It was found that increasing salinity reduced the plant's dry biomass, especially in the leaves. The nutrient solution at ambient temperature promoted greater dry biomass accumulation compared to the cooled solution.

KEYWORDS: *Cichorium intybus*; Hydroponics: Salt stress.

INTRODUÇÃO

O cultivo hidropônico de hortaliças folhosas tem se destacado como uma alternativa produtiva eficiente, especialmente em regiões com limitações de solo ou disponibilidade hídrica. Entre suas principais vantagens estão o uso racional da água, o controle preciso da nutrição mineral e o aumento da produtividade em ambientes controlados (WANG et al., 2023).

Na hidroponia, a qualidade da água utilizada na preparação das soluções nutritivas é um fator crítico para o desempenho das culturas. Em muitas regiões, especialmente semiáridas, a utilização de águas salobras é comum, o que pode comprometer o crescimento das plantas devido à presença de sais, como o cloreto de sódio (NaCl), com efeitos adversos sobre processos fisiológicos e o acúmulo de biomassa (CRUZ et al., 2021).

Outro fator relevante é a temperatura da solução nutritiva, que influencia diretamente a absorção de nutrientes, o metabolismo radicular e o crescimento das plantas. Alterações nesse parâmetro podem intensificar ou mitigar os efeitos da salinidade, sendo, portanto, uma variável de manejo essencial em sistemas hidropônicos (SILVA et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2023).

Diante desse contexto, é fundamental compreender como a interação entre salinidade e temperatura da solução nutritiva afeta o desempenho de espécies hortícolas cultivadas em hidroponia. Assim, o presente trabalho teve como objetivo quantificar a produção de biomassa seca de plantas de almeirão 'Catalonha' submetidas a soluções nutritivas preparadas com águas salobras, aplicadas em temperatura ambiente ou resfriadas na faixa de 20 a 25 °C.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado entre agosto e dezembro de 2024, em casa de vegetação, no DEAGRI/UFRPE, Recife-PE. Utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizados, analisados em esquema fatorial 4×2 , com quatro repetições (32 unidades experimentais). Os tratamentos combinaram quatro níveis de condutividade elétrica (1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) e duas temperaturas de aplicação da solução nutritiva (ambiente e resfriada entre 20 a 25 °C).

As soluções nutritivas de todos os tratamentos foram preparadas uma única vez em um reservatório único de 500 L, por meio da solubilização de fertilizantes conforme Furlani (1998) em água de abastecimento (CEa de $\cong 0,20$ dS m⁻¹), obtendo-se uma CEsn inicial de 1,5 dS m⁻¹. Para os demais níveis de CEsn, após a preparação da solução nutritiva base, adicionou-se quantidades de NaCl com base na equação de Richards (1954) até atingir os valores desejados de 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹.

As unidades experimentais consistiram de tubos ou calhas de PVC (1,40 m de comprimento por 0,10 m de diâmetro), com células de 60 mm de diâmetro, espaçadas em 14 cm. Cada bloco experimental foi constituído de um módulo hidropônico com cavaletes de madeira, cada um suportando 12 tubos ou parcelas experimentais. Adotou-se circulação fechada, com manejo individual da solução nutritiva por sistema “calha-reservatório”, planejado para funcionar das 08:00 às 17:00, em ciclos de aplicação e descanso de 15 minutos de forma automatizada. Para o resfriamento e manutenção da temperatura da solução nutritiva entre 20 e 25 °C, 16 reservatórios - um para cada nível de CE e suas respectivas repetições, foram inseridos em dois freezers horizontais, que dispunham de controle de temperatura.

O almeirão (*Cichorium intybus* cv. Catalonha) foi semeado em copos plásticos de 180 mL com fibra de coco e transplantado aos 22 dias para os módulos, com nove mudas por tubo e 2,22 L de solução nutritiva por planta. Condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido e temperatura da solução nutritiva foram monitorados diariamente para ajustes.

Ao final do experimento (50 dias após a semeadura – DAS), foram coletadas as três plantas centrais de cada parcela experimental para determinação da massa fresca. As amostras foram pesadas em balança de precisão ($\pm 0,001$ g) e acondicionadas separadamente em sacos de papel devidamente identificados. Posteriormente, as amostras foram secas em estufa com circulação de ar forçada a 65 °C até atingirem peso constante. Após a secagem, foram determinadas as massas secas das folhas (MSF), do caule (MSC), das raízes (MSR) e a massa seca total (MST) de cada planta.

Os dados foram submetidos à análise de variância por meio do teste F, em nível de 0,05 de probabilidade. Quando constatados efeitos significativos, as médias obtidas em função dos níveis de condutividade elétrica foram avaliadas por análise de regressão e as temperaturas da solução nutritiva foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade. As análises foram realizadas com o auxílio do Software SISVAR (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de massa seca do almeirão 'Catalonha' não foi influenciada ($P > 0,05$) pela interação entre os tratamentos nas variáveis massa seca das folhas - MSF, massa seca do caule - MSC, massa seca da raiz - MSR e massa seca total - MST. Sob efeito do aumento da condutividade elétrica, todas estas variáveis foram afetadas ($P \leq 0,01$), enquanto que, para o fator temperatura da solução nutritiva, apenas a massa seca das folhas, massa seca do caule e massa seca total foi afetada significativamente ($P \leq 0,05$) (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da ANOVA para massa seca das folhas - MSF, massa seca do caule - MSC, massa seca da raiz - MSR e massa seca total - MST de plantas de Almeirão 'Catalonha' expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e aplicadas em diferentes temperaturas.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		MSF	MSC	MSR	MST
CEsn	3	44.8327**	0.1506**	3.6214*	78.6609**
R. Linear	1	111.2556**	0.3940**	1060.38**	207.6852**
R. Quad.	1	10.7880ns	0.0060ns	0.0331ns	9.7130ns
Temp.	1	118.3491*	0.2926*	0.2756ns	120.0087*
CEsn X Temp.	3	2.1829ns	0.0222ns	0.7885ns	5.8904ns
Bloco	3	1.2878ns	0.0600ns	47.1143ns	48.4738**
Resíduos	21	4.7667	0.0213	0.9482	9.2042
CV	(%)	17.94	4.29	12.78	13.07

CEsn – Condutividade elétrica da solução nutritiva; Temp. – temperatura da solução nutritiva; CV – coeficiente de variação; GL – grau de liberdade; ns – não significativo; *, **Significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente.

A produção de massa seca das folhas foi sensível ao aumento da CEsn, em comparação às demais variáveis de biomassa seca (massa seca de raiz e caule), com uma redução de 1,1118 g por planta para cada unidade de condutividade elétrica incrementada (Figura 1). Em termos

percentuais, essa foi a variável mais impactada, com uma perda estimada de 34,1% ao longo do intervalo de CEsn avaliado.

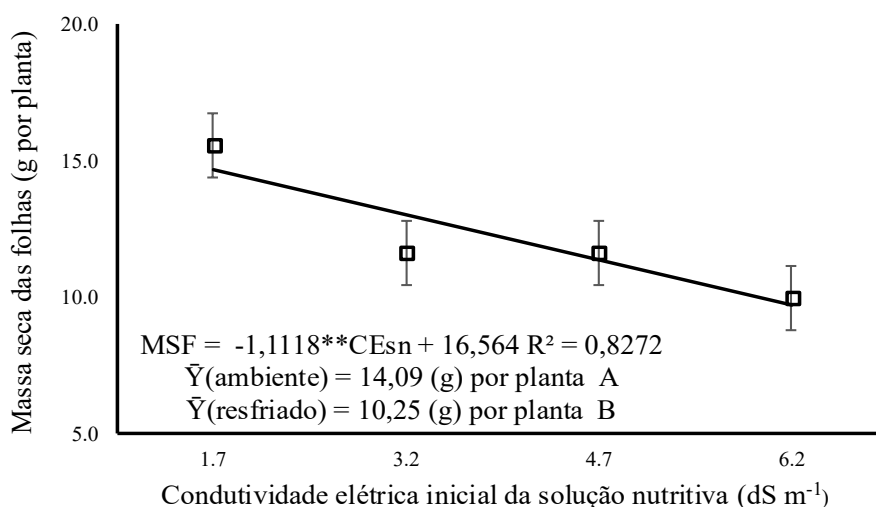


Figura 1. Produção de massa seca das folhas - MSF de plantas de almeirão 'Catalonha' submetidas a diferentes níveis de salinidade, em cultivo com solução nutritiva à temperatura ambiente e sob resfriamento.

No comparativo entre cultivo com solução resfriada e em temperatura ambiente, observou-se que a produção média de massa seca das folhas sob temperatura ambiente foi superior à do tratamento com controle da temperatura. Enquanto as plantas mantidas em temperatura ambiente apresentaram uma média de 14,09 gramas por planta, aquelas submetidas ao resfriamento produziram em média 10,25 gramas por planta. Isso representa uma redução de aproximadamente 27,2% na massa seca das folhas no tratamento resfriado em relação ao ambiente, indicando que a menor temperatura pode ter limitado o crescimento foliar ou reduzido a atividade metabólica das plantas.

Comportamento semelhante ao observado na produção de massa seca das folhas também foi verificado na produção de massa seca do caule e das raízes. Para o caule, a massa seca apresentou uma redução de 0,0662 g por planta ao longo do intervalo de CEsn avaliado. A produção estimada foi de 3,56 g por planta na CEsn de 1,5 dS m⁻¹, decaindo para 3,26 g por planta na CEsn de 6,0 dS m⁻¹, o que representa uma perda acumulada de 8,37% (Figura 2).

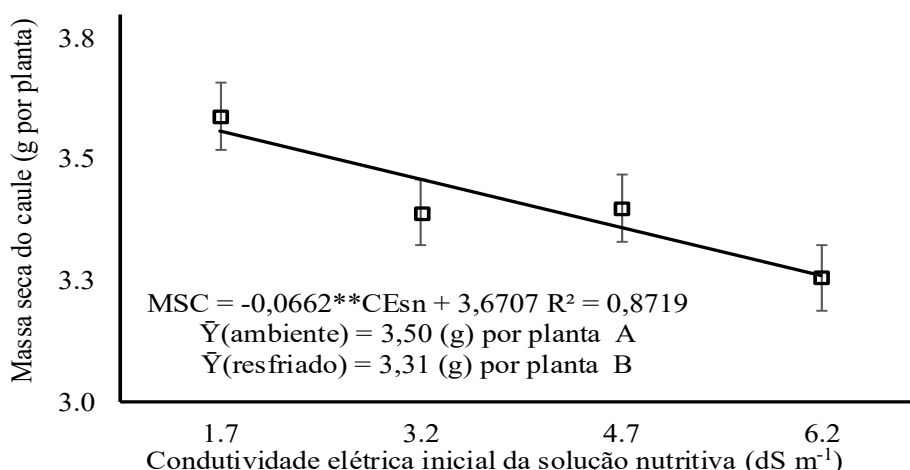


Figura 2. Produção de massa seca do caule (MSC) de plantas de almeirão 'Catalonha' cultivadas sob diferentes níveis de salinidade, com solução nutritiva em temperatura ambiente e resfriada.

Embora a diferença na massa seca do caule entre as soluções em temperatura ambiente (3,50 g por planta) e sob resfriamento (3,31 g por planta) tenha sido estatisticamente significativa, a variação percentual foi de apenas 5,4%. Apesar da significância estatística, a proximidade dos valores médios sugere que esse parâmetro, isoladamente, pode não ser um bom indicador para a tomada de decisão agrônômica, dada sua baixa relevância prática no contexto produtivo do almeirão 'Catalonha'.

Para a massa seca de raiz, também foi observada uma tendência de redução ao longo do intervalo de CESn estudado. A produção estimada passou de 8,39 g por planta na CESn de 1,5 dS m⁻¹ para 6,85 g por planta na CESn de 6,0 dS m⁻¹, resultando em uma diminuição de 0,3432 g por planta por acréscimo unitário na condutividade elétrica da solução nutritiva. Essa redução corresponde a uma perda acumulada de aproximadamente 18,4% (Figura 3).

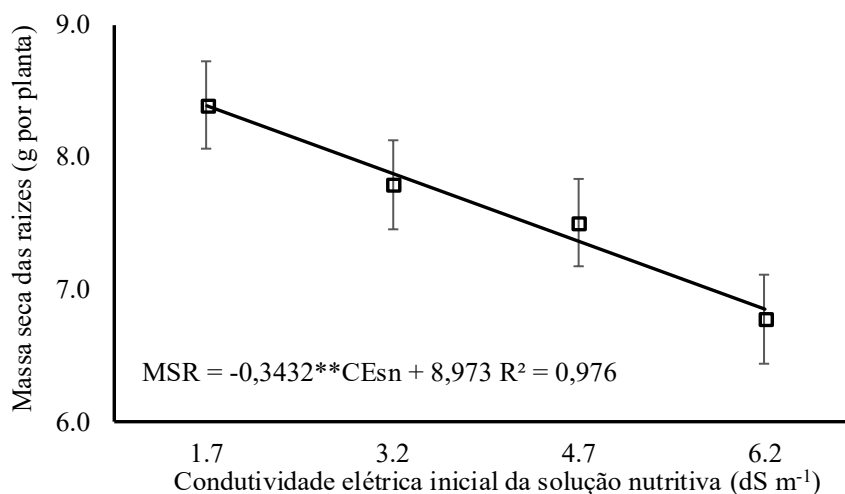


Figura 3. Acúmulo de massa seca das raízes (MSR) de plantas de almeirão 'Catalonha' submetidas a diferentes níveis de salinidade, em cultivo com solução nutritiva à temperatura ambiente e sob resfriamento.

A massa seca total (MST) das plantas de almeirão 'Catalonha' foi significativamente afetada pelo aumento da CEsn, com uma redução de 1,5191 g por planta por cada dS m^{-1} incrementado ao longo do intervalo de salinidade avaliado (Figura 4).

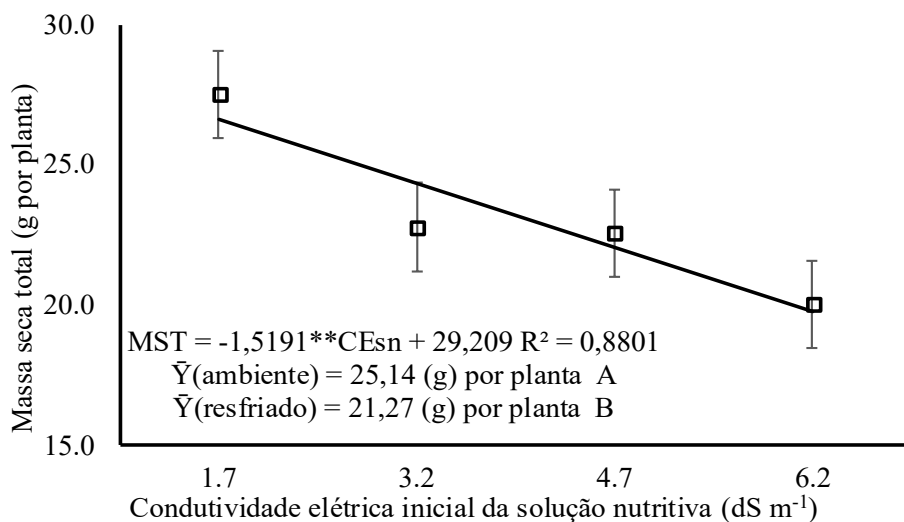


Figura 4. Acúmulo de massa seca das total (MST) de plantas de almeirão 'Catalonha' submetidas a diferentes níveis de salinidade, em cultivo com solução nutritiva à temperatura ambiente e sob resfriamento.

A produção de massa seca total variou de 26,63 g por planta na CEsn de 1,5 dS m^{-1} para 19,79 g por planta na CEsn de 6,0 dS m^{-1} , evidenciando uma redução acumulada de aproximadamente 25,65% ao longo do intervalo de salinidade estudado. Essa diminuição expressiva reflete o efeito negativo do estresse salino sobre o crescimento e o acúmulo de biomassa nas plantas, sendo amplificada principalmente pela acentuada queda na massa seca das folhas, que representou a maior parte da perda total observada.

Na comparação entre as soluções em temperatura ambiente e sob resfriamento, a massa seca total das plantas foi superior no ambiente, com média de 25,14 g por planta, em contraste com 21,27 g no resfriado. Essa diferença representa uma redução de aproximadamente 15,4% na produção total de biomassa sob resfriamento, indicando que essa condição térmica interfere negativamente no acúmulo geral de massa seca do almeirão 'Catalonha'.

O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn) provocou reduções significativas ($P \leq 0,01$ ou $P \leq 0,05$) na produção de biomassa seca do almeirão 'Catalonha', com destaque para a massa seca das folhas (MSF), que apresentou uma perda estimada de 34,1% no intervalo de CEsn avaliado (Figura 1A). Esse comportamento evidencia a alta sensibilidade da parte aérea ao estresse salino, o que pode comprometer processos fisiológicos essenciais, como a fotossíntese e o acúmulo de assimilados (Taiz et al., 2017).

As diminuições observadas na massa seca das raízes e do caule corroboram o impacto negativo da salinidade sobre o crescimento geral da planta. A redução no desenvolvimento radicular pode limitar a absorção de água e nutrientes, prejudicando o fornecimento de assimilados às partes aéreas, conforme relatado por Martins et al. (2019), e refletido nas perdas verificadas na MSF e na massa seca do caule (MSC).

Em relação à temperatura da solução nutritiva, os melhores resultados foram obtidos com a aplicação em temperatura ambiente, que apresentou valores até 27,3% superiores na MSF em comparação ao tratamento resfriado. Esses resultados divergem dos encontrados por Oliveira et al. (2023), que reportaram efeitos positivos da redução da temperatura nas variáveis produtivas do almeirão ‘folha larga’.

CONCLUSÕES

O resfriamento da solução nutritiva, por si só, não mitiga os efeitos da salinidade e, por isso, não é recomendado para o cultivo do almeirão ‘Catalonha’ em soluções nutritivas preparadas com águas salobras, sobretudo aquelas com predominância de NaCl.

A redução na produção de massa seca do almeirão ‘Catalonha’, especialmente nas folhas, ocorre a partir da CEs_n 1,5 dS m⁻¹.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFRPE, ao PGEA, ao CNPq, a CAPES e ao InctAgris pelo apoio técnico-científico, infraestrutura, concessão de bolsas de estudo e pelo financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRUZ, R. I. F.; SILVA, G. F. D.; SILVA, Ê. F. DE F.; SOARES, H. R.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; SANTOS, H. R. Water yield and consumption of cauliflower plants grown in a hydroponic system using brackish waters and different flow rates. **Revista Brasileira de Engenharia**

Agrícola e Ambiental, v. 25, p. 422-428, 2021. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n6p422-428>

FERREIRA, D. F. A computer analysis system to fixed effects split plot type designs: Sisvar. **Brazilian Journal of Biometrics**, v. 37, p. 529-535, 2019.

FURLANI, P. R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia - NFT. **Campinas: Instituto Agrônômico**, 1998. 30 p. Boletim técnico 168.

MARTINS, J. B.; SANTOS, J. A.; BARTUSCH, V. P.; GHEYI, H. R.; BEZERRA, E.; SILVA, M. M. DA. Water relations in parsley plants cultivated in brackish nutrient solutions of different cationic natures. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 662-668, 2019. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n9p662-668>

OLIVEIRA, T. F.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; SILVA, M. G.; GHEYI, H. R.; ALMEIDA, J. C.; GUISELINI, C. Cultivo do almeirão sob soluções nutritivas preparadas em águas salobras e aplicadas em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, p. 719-728, 2023. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n9p719-728>

RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington, DC: United States Department of Agriculture, 1954. 160 p. **Agriculture Handbook 60**. Available on: https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/20360500/hb60_pdf/hb60complete.pdf. Accessed on: Apr. 2021.

SILVA, M. G.; OLIVEIRA, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, M. G. B.; SANTOS, C. C. Hydroponic cultivation of coriander using fresh and brackish waters with different temperatures of the nutrient solution. **Engenharia Agrícola**, v. 40, p. 674-683, 2020b. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v40n6p674-683/2020>

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. F. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

WANG, L.; NING, S.; ZHENG, W.; ZHANG, L.; LIU, C.; YANG, Q.; ZHANG, Y. Performance analysis of two typical greenhouse lettuce production systems: commercial hydroponic production and traditional soil cultivation. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 2023. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1165856>