



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI
PRÓ-REITORIA DE ENSINO
ENGENHARIA AGRÔNOMICA**

VINÍCIUS GOULART MELO

**FERTILIZANTES FOLIARES NA RESPOSTA AO DÉFICIT
HÍDRICO NA CULTURA DA ALFACE (*Lactuca sativa* L.)**

SETE LAGOAS – MG

2022

VINÍCIUS GOULART MELO

**FERTILIZANTES FOLIARES NA RESPOSTA AO DÉFICIT
HÍDRICO NA CULTURA DA ALFACE (*Lactuca sativa* L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de São João Del Rei, *campus* de Sete Lagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Aline de Almeida Vasconcelos

SETE LAGOAS – MG

2022

VINÍCIUS GOULART MELO

**FERTILIZANTES FOLIARES NA RESPOSTA AO DÉFICIT
HÍDRICO NA CULTURA DA ALFACE (*Lactuca sativa* L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de São João Del Rei, *campus* de Sete Lagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Área de concentração: Fisiologia

Sete Lagoas, 23 de dezembro, 2022.

Banca Examinadora:

Dr. Leonardo Lucas Carvanevalli Dias – UFSJ/CSL

Dr. Vitor de Laia Nascimento – UFLA

Dra. Aline de Almeida Vasconcelos – UFSJ/CSL

Orientadora

RESUMO

A alface é considerada a hortaliça com maior importância no Brasil, com uma expressiva relevância econômica e social, além da sua importância na alimentação dos brasileiros. Para um bom desenvolvimento das alfaces seu cultivo deve estar relacionado em solos estruturados, arejados, ricos em matéria orgânica e nutrientes e com adequada umidade. Portanto solos inférteis exigem adubação de forma eficiente para suprir suas necessidades e obter uma boa produtividade. Sendo assim, aplicação dos fertilizantes com a presença dos aminoácidos pode trazer diversos benefícios para as plantas, pois eles são biotivadores, fornecem energia para as plantas, compensando as perdas pelos processos de respiração e decomposição, além daquelas ocasionadas por agentes redutores de estresse, contribuindo, assim, com a capacidade celular de absorver água e nutrientes solventes. Dentre os aminoácidos a prolina e a glicina betaina possuem funções de grande importância, principalmente para as plantas, nas quais sofrem estresse abióticos. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizados, com quatro repetições, no esquema fatorial 5x3, correspondendo a aplicação dos fertilizantes foliares, sendo o primeiro fator a aplicação dos fertilizantes foliares, dentre esses fertilizantes foliares, foram utilizados o hidrolisado (fertilizante composto de aminoácidos, oriundo do couro de bovinos, possuindo 20 aminoácidos), Sais + EDTA (compostos de agentes quelantes dos minerais), NPK Max com a presença da leonardita (fertilizante composto de aminoácidos, macronutrientes, micronutrientes e leonardita), NPK Max sem a presença da leonardita (fertilizante composto de aminoácidos, macronutrientes, micronutrientes) e sem aplicação do fertilizante e as lâminas de reposição hídrica de 100%, 75% e 50% referente a capacidade de campo. As avaliações consistiram em análises dos parâmetros físicos e fotossintéticos, além da quantificação da prolina e do conteúdo relativo de água nas folhas. As plantas de alface submetidas as aplicações dos fertilizantes contendo a presença dos aminoácidos apresentaram uma melhor eficiência no uso de água, além de manterem a fotossíntese ativa igual nos diferentes tratamentos, mesmo com a condutância estomática menor, mostrando efeitos benéficos com a aplicação dos aminoácidos. O teor de prolina aumentou em condições de déficit hídrico auxiliando no ajuste osmótico.

Palavra-chave: alface, déficit hídrico, aminoácidos, prolina, condutância estomática

ABSTRACT

Lettuce is considered the most important vegetable in Brazil, with significant economic and social relevance, in addition to its importance in the diet of Brazilians. For a good development of lettuces, its cultivation must be related to structured, airy soils, rich in organic matter and nutrients and with adequate humidity. Therefore, infertile soils require efficient fertilization to meet their needs and obtain good productivity. Therefore, application of fertilizers with the presence of amino acids can bring many benefits to plants, as they are bioactivators, provide energy to plants, compensating for losses through respiration and decomposition processes, in addition to those caused by stress-reducing agents, contributing to, thus, with the cellular capacity to absorb water and solvent nutrients. Among the amino acids, proline and glycine betaine have functions of great importance, especially for plants, which suffer abiotic stress. The experiment was conducted in a completely randomized design, with four replications, in a 5x3 factorial scheme, corresponding to the application of foliar fertilizers, the first factor being the application of foliar fertilizers, among these foliar fertilizers, the hydrolyzate was used (fertilizer composed of amino acids, from bovine leather, with 20 amino acids), Salts + EDTA (compounds of mineral chelating agents), NPK Max with the presence of leonardite (fertilizer composed of amino acids, macronutrients, micronutrients and leonardite), NPK Max without the presence of leonardite (fertilizer composed of amino acids, macronutrients, micronutrients) and without application of fertilizer and water replacement depths of 100%, 75% and 50% referring to field capacity. The evaluations consisted of analysis of the physical and photosynthetic parameters, in addition to the quantification of proline and relative water content in the leaves. Lettuce plants subjected to applications of fertilizers containing the presence of amino acids showed better efficiency in water use, in addition to maintaining the same active photosynthesis in the different treatments, even with lower stomatal conductance, showing beneficial effects with the application of amino acids. The proline content increased under conditions of water deficit, helping in the osmotic adjustment.

Keywords: lettuce, water deficit, amino acids, proline, stomatal conductance

Sumário

1. Introdução.....	7
2. Material e Métodos	9
3. Resultados	11
4. Discussão.....	16
5. Conclusão.....	18
6. Referências.....	18

1. Introdução

A alface (*Lactuca sativa* L.), pertencente à família Asteraceae, é considerada a hortaliça com maior importância no Brasil, com uma expressiva relevância econômica e social (YURI et al., 2016). Originária do mediterrâneo, seu cultivo é praticado principalmente por pequenos agricultores, ou seja, de agricultura familiar, ou em grandes produções de forma industrial, sendo consumida *in natura* (ROSA et al., 2019). A alface tem uma grande importância na alimentação dos brasileiros, devido as suas fontes de vitaminas, sais minerais e fibras, além de apresentar baixas calorias, sendo considerado um alimento de alto valor nutritivo (VERDE -GOIÁS, 2022). Os principais atributos considerados para se ter uma alface de qualidade são hortaliças com boa aparência, bem formadas, ausência de insetos, doenças e lesões em suas folhas (PAULO HENZ, 2009).

De acordo com Pessoa e Machado (2021), a área ocupada com a produção de folhosas, no Brasil, é de 174 mil hectares, sendo que 49,9% correspondente à produção de alface, gerando um montante médio anual de R\$ 8 bilhões apenas no setor de varejo, e uma produção de 1,5 milhões de toneladas ao ano. O estado de São Paulo destaca-se como maior produtor e consumidor de alface no país, seguido pelos dos estados do Paraná e Minas Gerais.

O bom desenvolvimento das alfases está relacionado ao cultivo em solos estruturados, arejados, ricos em matéria orgânica e nutrientes e com adequada umidade (Yuri et al., 2016) A alface é muito exigente no requerimento de água durante seu ciclo de cultivo, devido a sua ampla área foliar e, conseqüente, intensa evapotranspiração. Além disso, as hortaliças, em sua grande maioria, são constituídas por aproximadamente de 95% de água, sendo necessário uma reposição hídrica para o sistema solo-planta (HAMADA; TESTEZLAF, 1995). A falta ou a não reposição hídrica satisfatória acarreta uma perda excessiva de água pela planta por evapotranspiração e, conseqüentemente, haverá uma diminuição em sua

produção(FILGUEIRA, 2008). Nesse sentido, para se obter uma boa produtividade, a umidade recomendada do solo deve estar acima de 80% durante todo ciclo de cultivo (SILVA, 2017).

Além da exigência de um solo com alta umidade, a cultura da alface requer solos ricos em nutrientes, devido a sua alta exigência principalmente por potássio (K), nitrogênio (N), cálcio (Ca) e fósforo (P) (FILGUEIRA, 2000). Portanto, solos com baixa fertilidade exigem adubação de forma eficiente a fim de suprir as necessidades da planta, proporcionando desenvolvimento e produtividade. Atualmente, existem várias formas de fornecer nutrientes via fertilizantes, sendo eles minerais, orgânicos ou organominerais, podendo ser disponibilizados para planta via solo ou via foliar. Esses fertilizantes podem ser bons fornecedores de macronutrientes, micronutrientes, além de aminoácidos. Filgueira (2000) afirma que as melhores respostas produtivas estão relacionadas a adubações com N e P. Contudo, todos os nutrientes essenciais desempenham papéis importantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas, dentre os mais exigidos pela alface o N é necessário para a síntese da clorofila e está envolvido no processo da fotossíntese(DECHEM; NACHTIGALL, 2007). O P desempenha papéis importantes na fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão e crescimento celular, além de promover a formação e crescimento de raízes, promovendo melhores qualidade dos frutos, hortaliças e grãos(DECHEM; NACHTIGALL, 2007). O K é vital para a fotossíntese, tem elevada contribuição para o potencial osmótico da planta, além do seu impacto na produtividade e qualidade das plantas(DECHEM; NACHTIGALL, 2007). Por fim, o Ca é um elemento essencial para o crescimento dos meristemas e ápices radiculares, impede danos à membrana celular e atua indiretamente no rendimento das culturas atuando no crescimento das raízes, estimula a atividade microbiana, auxilia na disponibilidade do material orgânico e na absorção de outros nutrientes (DECHEM; NACHTIGALL, 2007).

Absorção do N é realizada principalmente pelas raízes das plantas, em formas inorgânicas de nitrato (NO_3^-), amônio (NH_4^+) ou N_2 da atmosfera através das bactérias fixadoras de nitrogênio (JAMTGARD et al., 2010; MARSCHNER E RENGEL, 2012). Por mais que a absorção de N pelas formas inorgânicas sejam a principal via de absorção de N pelas plantas, a absorção pela forma orgânica, é mais viável energeticamente em relação à via inorgânica, uma vez que a mesma ocorre por meio de aminoácido, ao passo que a absorção inorgânica, pelas formas de NO_3^- , NH_4^+ ou N_2 , requerem mais energia (TEIXEIRA et al., 2018). Esses aminoácidos são definidos como a unidade essencial pela formação das moléculas de proteínas, sendo elas ácidos de carbono orgânico que são formados por amina (NH_2), carboxila (COOH) e o grupo alquil (R) sendo ele referente para cada tipo de aminoácidos existentes (ABID et al., 2019).

Os aminoácidos podem trazer diversos benefícios, pois são bioativadores, ou seja, fornecem energia para as plantas compensando as perdas pelos processos de respiração e decomposição, além daquelas ocasionadas por agentes redutores de estresse, contribuindo, assim, com a capacidade celular de absorver água e nutrientes solventes(ABID; ZEBOON; AL-BEHADILI, 2019). Além disso, promovem o crescimento, aumentam as proteínas sintetizadoras que participam das funções do metabolismo, melhoram a qualidade dos grãos de algumas culturas, são precursores de hormônios, sinalizam diferentes progressões fisiológicas, regulam a absorção de nitrogênio, desenvolvimento de sistema radicular, entre outros (ABID et al., 2019).

Dentre os aminoácidos, a prolina e a glicina betaina possuem funções de grande valia, principalmente para as plantas que sofrem estresses abióticos decorrentes de deficiência hídrica, sendo está uma das principais causas de disfunções e reduções em produtividades (MONTEIRO et al., 2014). A prolina ativa mecanismo fisiológico de proteção em situações adversas, promovendo o ajuste osmótico, eficiente na manutenção da turgência celular, proporcionando proteção por curtos períodos de estresse e preservando a integridade de proteínas, enzimas e membranas celulares (MARIJUAN et al., 2013). Do mesmo modo, a glicina betaína, um composto quaternário de amônio, apresenta função fisiológica relacionada com a osmorregulação do citosol e compartimentos celulares, na proteção de proteínas e na estabilização de membranas (mecanismo biomoleculares) (ABID et al., 2019). Logo, esses aminoácidos são osmoprotetores que estão envolvidos na sinalização e regulação das respostas das plantas a múltiplos estresses, desempenhando papéis adaptativos na medição do ajuste osmótico e na proteção de estruturas subcelulares em plantas estressadas. No entanto, nem todas as plantas conseguem acumular esses compostos em quantidades adequadas para prevenir esses efeitos causados pelo estresse hídrico (estresse de seca em plantas), sendo necessária o fornecimento destes compostos via adubação.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi investigar a ação do fertilizante foliar organomineral, NPK Max, no qual, contém a presença de macronutrientes, micronutrientes e de aminoácidos, através de aplicações semanais, em condições de deficiência hídricas.

2. Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação localizada na Universidade Federal de São João del Rei (UFSJ-CSL), no município de Sete Lagoas, Minas Gerais, localizada a 19°28'32.0"S, 44°11'44.1W e altitude 800 metros. Vasos de 4 L foram preenchidos com solo coletado na área experimental da UFSJ-CSL, na camada de 0 a 20 centímetros, que após coletado, foi homogeneizado e peneirado utilizando-se peneira de 2 mm.

O experimento foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições, no esquema fatorial de 5 X 3, sendo o primeiro fator a aplicação dos fertilizantes foliares, dentre esses fertilizantes foliares, foram utilizados o hidrolisado (fertilizante composto de aminoácidos, oriundo do couro de bovinos, possuindo 20 aminoácidos, sendo eles: ácido aspártico, ácido glutâmico, serina, glicina betaína, histidina, taurina, arginina, treonina, alanina, prolina, tirosina, valina, metionina, cistina, isoleucina, leucina, fenilamina, lisina, hidroxiprolina, triptofano), Sais + EDTA (compostos de agentes quelantes dos minerais), NPK Max com a presença da leonardita (fertilizante composto de aminoácidos, nitrogênio, fosforo, potássio, zinco, manganês, cobre, magnésio, boro, molibdênio, cálcio, enxofre e leonardita), NPK Max sem a presença da leonardita (fertilizante composto de aminoácidos, nitrogênio, fosforo, potássio, zinco, manganês, cobre, magnésio, boro, molibdênio, cálcio e enxofre) e sem aplicação do fertilizante. O segundo fator correspondeu às três lâminas de irrigação, relacionado à reposição hídrica de 100%, 75% e 50% da capacidade de campo do vaso. Cada vasos de plantas foram espaçadas com 25 cm entre plantas e 30 cm entre fileiras.

A espécie utilizada neste experimento foi a *Lactuca sativa* cultivar Vanda, caracterizada por plantas com porte grande, folhas compridas, coloração verde-clara brilhante, moderada crespicidade, talo grosso e sistema radicular vigoroso. As mudas foram adquiridas em um viveiro localizado no município de Bom

Despacho-MG, e foram transplantadas para os vasos no dia 26 de abril de 2022, sendo transplantadas 3 mudas por vaso e seu desbaste foi realizado após 7 dias do transplântio das mudas.

Os tratamentos de irrigação foram feitos a partir da determinação da capacidade de campo no vaso conforme a metodologia proposta por Casaroli e Van Lier (2008). Nesse sentido, o controle da umidade foi feito por meio da pesagem de todos os vasos diariamente, calculando-se a lâmina de água a aplicar, a partir da diferença entre o armazenamento máximo e o armazenamento atual, sendo ele referente a cada tratamento de reposição hídrica. Para a aplicação dos fertilizantes, utilizou-se um pulverizador costal de CO₂, com a pressão a 2 bar. As aplicações foram realizadas semanalmente, totalizando 5 aplicações, sendo a primeira aplicação com 7 dias após o transplântio e as demais aplicações a cada 7 dias. A dose utilizada dos fertilizantes foi de 10 mL do produto comercial para 1 litro de calda, como recomendada pelo fabricante. Também foi realizado uma adubação de cobertura utilizando ureia como fonte de nitrogênio na dose de 300 kg ha⁻¹.

As medidas de trocas gasosas foram realizadas em folhas completamente expandidas, no período de 8 h às 11 h da manhã, sendo realizada com 41 dias de cultivo, com o auxílio de analisador de gás por infravermelho (IRGA; da marca CID, Inc., modelo CI-340 Handheld Photosynthesis System). Os parâmetros fotossintéticos analisados foram, radiação fotossintética ativa (Rf); temperatura do ar (Ta); temperatura da folha (Tf); taxa de fluxo de massa (W); taxa de fotossíntese líquida (A); taxa de transpiração (E); condutância estomática (Gs) e concentração de CO₂ interna (Ci).

A coleta das plantas foi realizada aos 49 dias após o transplântio, no dia 14 de junho de 2022, e determinadas as variáveis relativas ao seu desenvolvimento, produtividade e análises fisiológica como, massa fresca (MFA) e massa seca (MSA) referente a parte aérea, massa fresca (MFR) e massa seca (MSR), referente a raiz, diâmetro de caule (DC), comprimento de raiz (CR), determinação do conteúdo relativo de águas nas folhas (CAF) e quantificação de prolina (Pr) nas folhas, também foram realizados as avaliações do número de folhas (NF) e diâmetro de planta (DP), sendo elas analisadas no dia da colheita e durante o ciclo da cultura, nos dias 7, 14, 21, 28 e 35 dias após o transplântio. As plantas foram armazenadas em sacos de papel, tal como recomendado por Quaggio et al. (2005) e levadas ao Laboratório de Fertilidade do solo e Nutrição de Plantas da UFSJ *campus* Sete Lagoas, secas em estufa de circulação forçada a 60°C até peso constante.

Foram coletadas uma folha por planta para a quantificação de prolina e as quais foram mantidas em ultra freezer -70°C até a realização da análises. A quantificação de prolina ($\mu\text{g g}^{-1}$ MF) foi realizada segundo o protocolo colorimétrico de Abrahám et al. (2010). Para determinação da estimativa rápida do conteúdo relativo de água, retirou-se um disco de folha em folhas completamente expandida seguindo a metodologia proposta por (SMART[®]; BINGHAM2, 1974).

A análise estatísticas para os parametros os atributos físicos (NF, DP, MFA, MSA, CR, MFR e MSR), bem como os atributos fotossintéticas (Rf, Ta, Tf, W, A, E e Ci), a quantidade de prolina e condutância estomática foram submetidos à ANOVA de dois fatores, posteriormente ao teste de normalidade de resíduos (*Shapiro-Wilk*) e homocedasticidade de variâncias (*Bartlett's-Test*). Quando houve diferença entre as médias dos tratamentos, o teste de Tukey foi aplicado.

Para avaliação do efeito dos tratamentos sobre o número de folhas, ao longo dos dias de cultivo, aplicou-se análise de regressão linear. Considerou-se nível de significância de 5% em todas as análises. As análises dos dados foram realizadas utilizando-se o software SAS®.

3. Resultados

Não houve efeito significativo (ANOVA, $p < 0,05$) para os atributos físicos de NF, DP, MFA, MSA, CR, MFR, MSR e DC (Tabelas 1, 2 e 3, respectivamente, para reposição hídrica de 100%, 75% e 50%).

Tabela 1: Valores médios (\pm desvio-padrão) dos atributos físicos da ‘alface crespa’ relacionados com os tratamentos dos fertilizantes foliares na reposição hídrica de 100% da capacidade de campo.

Tratamentos	NF ^{ns}	DP ^{ns}	MFA ^{ns}	MSA ^{ns}	CR ^{ns}	MFR ^{ns}	MSR ^{ns}	DC ^{ns}
Controle	23,00 \pm 1,14	27,63 \pm 3,07	80,13 \pm 14,94	7,40 \pm 1,98	47,50 \pm 9,57	50,70 \pm 13,87	9,38 \pm 2,00	1,55 \pm 0,17
Hidrolisado	23,00 \pm 5,88	28,25 \pm 2,33	82,13 \pm 42,13	6,60 \pm 3,67	26,13 \pm 15,67	29,75 \pm 33,85	5,90 \pm 7,27	1,40 \pm 0,43
Sais+EDTA	24,50 \pm 1,73	27,88 \pm 2,83	76,20 \pm 9,11	6,48 \pm 0,71	38,25 \pm 8,77	32,13 \pm 6,88	4,95 \pm 0,34	1,45 \pm 0,13
NPK com Leonardita	23,75 \pm 0,50	28,50 \pm 1,73	83,58 \pm 6,01	7,90 \pm 1,16	46,00 \pm 10,03	48,85 \pm 7,52	8,88 \pm 1,57	1,50 \pm 0,20
NPK sem Leonardita	22,00 \pm 2,58	26,00 \pm 1,47	63,05 \pm 9,56	6,00 \pm 1,34	37,50 \pm 13,07	41,60 \pm 33,80	7,63 \pm 7,67	1,30 \pm 0,08

ns- Não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade; NF- número de folhas; DP- diâmetro da planta (cm); MFA- massa fresca parte aérea (g); MSA- massa seca parte aérea (g); CR- comprimento da raiz (cm); MFR- massa fresca raiz (g); MSR- massa seca raiz (g); DC- diâmetro do caule (cm).

Tabela 2: Valores médios (\pm desvio-padrão) dos atributos físicos da ‘alface crespa’ relacionados com os tratamentos dos fertilizantes foliares na reposição hídrica de 75% da capacidade de campo.

Tratamentos	NF ^{ns}	DP ^{ns}	MFA ^{ns}	MSA ^{ns}	CR ^{ns}	MFR ^{ns}	MSR ^{ns}	DC ^{ns}
Controle	21,75 \pm 0,96	27,25 \pm 2,10	56,90 \pm 10,91	5,85 \pm 1,32	35,00 \pm 10,98	31,28 \pm 14,51	6,30 \pm 3,55	1,30 \pm 0,22
Hidrolisado	20,75 \pm 0,96	24,25 \pm 0,50	59,03 \pm 12,20	6,55 \pm 2,30	25,25 \pm 13,00	21,80 \pm 7,77	4,18 \pm 1,74	1,25 \pm 0,19
Sais+EDTA	21,25 \pm 1,26	27,38 \pm 1,56	65,40 \pm 11,71	7,98 \pm 1,62	29,88 \pm 7,73	34,55 \pm 10,73	6,30 \pm 2,75	1,38 \pm 0,11
NPK com Leonardita	20,25 \pm 1,92	24,50 \pm 1,62	55,45 \pm 10,87	6,13 \pm 0,39	33,13 \pm 10,10	29,20 \pm 8,56	6,18 \pm 2,00	1,20 \pm 0,07
NPK sem Leonardita	22,00 \pm 1,15	26,25 \pm 1,71	64,90 \pm 6,91	7,20 \pm 0,68	32,75 \pm 12,15	39,33 \pm 20,20	8,18 \pm 4,27	1,40 \pm 0,08

ns- Não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade; NF- número de folhas; DP- diâmetro da planta (cm); MFA- massa fresca parte aérea (g); MSA- massa seca parte aérea (g); CR- comprimento da raiz (cm); MFR- massa fresca raiz (g); MSR- massa seca raiz (g); DC- diâmetro do caule (cm).

Tabela 3: Valores médios (\pm desvio-padrão) dos atributos físicos da ‘alface crespa’ relacionados com os tratamentos dos fertilizantes foliares na reposição hídrica de 50% da capacidade de campo.

Tratamentos	NF ^{ns}	DP ^{ns}	MFA ^{ns}	MSA ^{ns}	CR ^{ns}	MFR ^{ns}	MSR ^{ns}	DC ^{ns}
Controle	12,25 ± 1,89	21,50 ± 1,47	22,35 ± 3,56	3,75 ± 0,86	16,00 ± 9,53	13,03 ± 12,91	3,13 ± 3,46	0,83 ± 0,10
Hidrolisado	13,25 ± 0,96	20,50 ± 1,29	26,40 ± 9,37	4,38 ± 1,57	14,50 ± 11,15	9,48 ± 6,63	1,88 ± 1,30	0,95 ± 0,13
Sais+EDTA	11,75 ± 5,74	19,00 ± 6,89	17,20 ± 15,16	2,73 ± 2,07	16,00 ± 13,29	7,88 ± 8,15	1,28 ± 1,31	0,68 ± 0,50
NPK com Leonardita	9,75 ± 2,22	20,13 ± 2,39	15,05 ± 4,10	3,15 ± 1,14	17,63 ± 12,17	8,55 ± 5,89	1,85 ± 1,53	0,75 ± 0,26
NPK sem Leonardita	9,50 ± 1,73	19,13 ± 1,03	13,43 ± 2,75	2,23 ± 0,75	15,75 ± 8,18	6,88 ± 1,88	1,48 ± 0,29	0,68 ± 0,10

ns- Não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade; NF- número de folhas; DP- diâmetro da planta (cm); MFA- massa fresca parte aérea (g); MSA- massa seca parte aérea (g); CR- comprimento da raiz (cm); MFR- massa fresca raiz (g); MSR- massa seca raiz (g); DC- diâmetro do caule (cm).

Não houve efeito significativo (ANOVA, $p < 0,05$) para os parâmetros de Rf, Ta, Tf, W, A, E e Ci (Tabelas 4, 5 e 6, respectivamente, para reposição hídrica de 100%, 75% e 50%).

Tabela 4: Valores médios (\pm desvio-padrão) dos atributos fotossintéticos da ‘alface crespa’ relacionados aos tratamentos com os fertilizantes foliares na reposição hídrica de 100% da capacidade de campo.

Tratamentos	Rf ^{ns}	Ta ^{ns}	Tf ^{ns}	W ^{ns}	A ^{ns}	E ^{ns}	Ci ^{ns}
Controle	332,33 ± 210,52	13,93 ± 1,93	14,27 ± 2,08	0,31 ± 0,00	10,84 ± 5,37	0,99 ± 0,23	809,63 ± 52,87
Hidrolisado	264,17 ± 24,31	15,43 ± 1,23	15,73 ± 1,27	0,31 ± 0,00	6,53 ± 1,34	0,63 ± 0,08	801,33 ± 34,48
Sais+EDTA	373,40 ± 118,00	15,03 ± 1,47	15,37 ± 1,75	0,31 ± 0,00	7,13 ± 0,67	0,75 ± 0,14	806,80 ± 10,61
NPK com Leonardita	217,70 ± 76,12	15,03 ± 1,12	14,50 ± 1,55	0,31 ± 0,00	3,22 ± 2,69	0,53 ± 0,33	861,47 ± 25,14
NPK sem Leonardita	286,37 ± 234,73	15,77 ± 0,67	15,77 ± 0,46	0,31 ± 0,01	3,86 ± 2,90	0,68 ± 0,16	857,23 ± 52,75

ns- Não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade; Rf- radiação fotossintética ativa ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$); Ta- temperatura do ar (deg C); Tf- temperatura da folha (deg C); W- taxa de fluxo de massa ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$); A- taxa de fotossíntese ativa ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$); E- taxa de transpiração ativa ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$); Ci- concentração de CO₂ interna (ppm).

Tabela 5: Valores médios (\pm desvio-padrão) dos atributos fotossintéticos da ‘alface crespa’ relacionados aos tratamentos com os fertilizantes foliares na reposição hídrica de 75% da capacidade de campo.

Tratamentos	Rf ^{ns}	Ta ^{ns}	Tf ^{ns}	W ^{ns}	A ^{ns}	E ^{ns}	Ci ^{ns}
Controle	224,70 ± 90,96	14,10 ± 1,67	14,27 ± 1,35	0,31 ± 0,00	10,47 ± 3,21	0,77 ± 0,12	798,80 ± 51,36
Hidrolisado	289,77 ± 185,79	15,40 ± 0,98	15,30 ± 0,79	0,31 ± 0,00	6,93 ± 3,15	0,68 ± 0,11	816,63 ± 46,99
Sais+EDTA	433,17 ± 93,38	15,17 ± 1,42	15,63 ± 1,79	0,31 ± 0,00	10,75 ± 3,38	0,88 ± 0,19	791,87 ± 19,70
NPK com Leonardita	247,20 ± 180,26	15,13 ± 1,29	15,17 ± 1,76	0,31 ± 0,00	8,16 ± 2,61	0,68 ± 0,23	795,97 ± 6,60
NPK sem Leonardita	250,23 ± 117,79	15,77 ± 0,29	15,50 ± 0,53	0,31 ± 0,00	5,07 ± 3,18	0,63 ± 0,13	843,30 ± 54,01

ns- Não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade; Rf- radiação fotossintética ativa ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$); Ta- temperatura do ar (deg C); Tf- temperatura da folha (deg C); W- taxa

de fluxo de massa ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$); A- taxa de fotossíntese ativa ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$); E- taxa de transpiração ativa ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$); Ci- concentração de CO_2 interna (ppm).

Tabela 6: Valores médios (\pm desvio-padrão) dos atributos fotossintéticos da ‘alface crespa’ relacionados aos tratamentos com os fertilizantes foliares na reposição hídrica de 50% da capacidade de campo.

Tratamentos	Rf ^{ns}	Ta ^{ns}	Tf ^{ns}	W ^{ns}	A ^{ns}	E ^{ns}	Ci ^{ns}
Controle	358,23 \pm 140,45	14,33 \pm 1,93	14,70 \pm 2,95	0,31 \pm 0,00	4,45 \pm 6,28	0,50 \pm 0,31	809,50 \pm 81,84
	603,30 \pm 108,13	15,70 \pm 0,72	16,50 \pm 0,26	0,31 \pm 0,00	6,73 \pm 3,98	0,57 \pm 0,34	766,93 \pm 28,72
Sais+EDTA	251,37 \pm 144,67	15,13 \pm 1,10	15,40 \pm 0,87	0,31 \pm 0,00	3,99 \pm 0,91	0,51 \pm 0,05	817,03 \pm 32,87
	NPK com Leonardita	232,33 \pm 50,45	15,23 \pm 1,45	15,53 \pm 1,79	0,31 \pm 0,00	6,78 \pm 0,90	0,56 \pm 0,04
NPK sem Leonardita	237,27 \pm 92,97	15,87 \pm 0,21	16,13 \pm 0,40	0,31 \pm 0,00	7,91 \pm 0,73	0,62 \pm 0,16	766,60 \pm 30,27

ns- Não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade; Rf- radiação fotossintética ativa ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$); Ta- temperatura do ar (deg C); Tf- temperatura da folha (deg C); W- taxa de fluxo de massa ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$); A- taxa de fotossíntese ativa ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$); E- taxa de transpiração ativa ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$); Ci- concentração de CO_2 interna (ppm).

A análise de regressão linear, relacionados aos atributos físicos, coletados semanalmente, indicaram que não houve efeitos significativos ($p < 0,05$) para o parâmetro de número de folhas avaliadas com 7, 14, 21, 28 e 35 dias. Os gráficos 1, 2 e 3, mostram as médias entre os tratamentos relacionados a cada reposição hídrica.

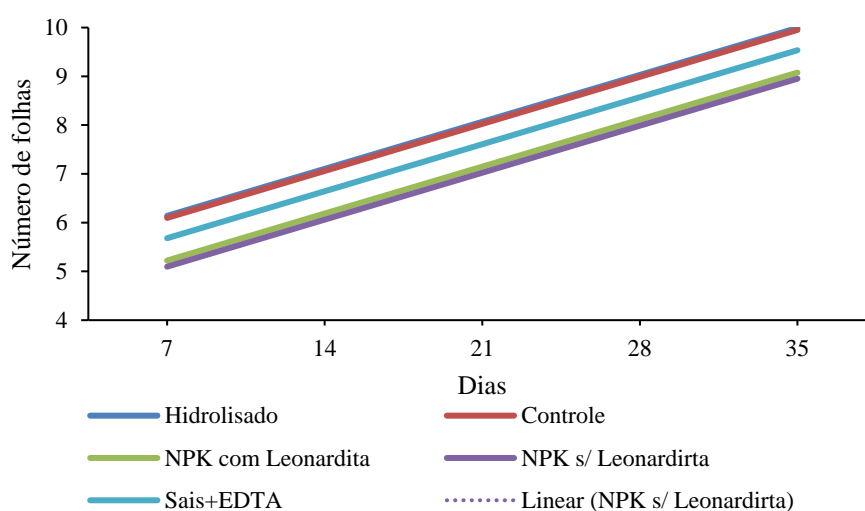


Figura 1: Valores médios do número de folhas de alface em relação aos dias durante o ciclo da cultura dos tratamentos com os fertilizantes foliares na reposição hídrica de 50% da capacidade de campo.

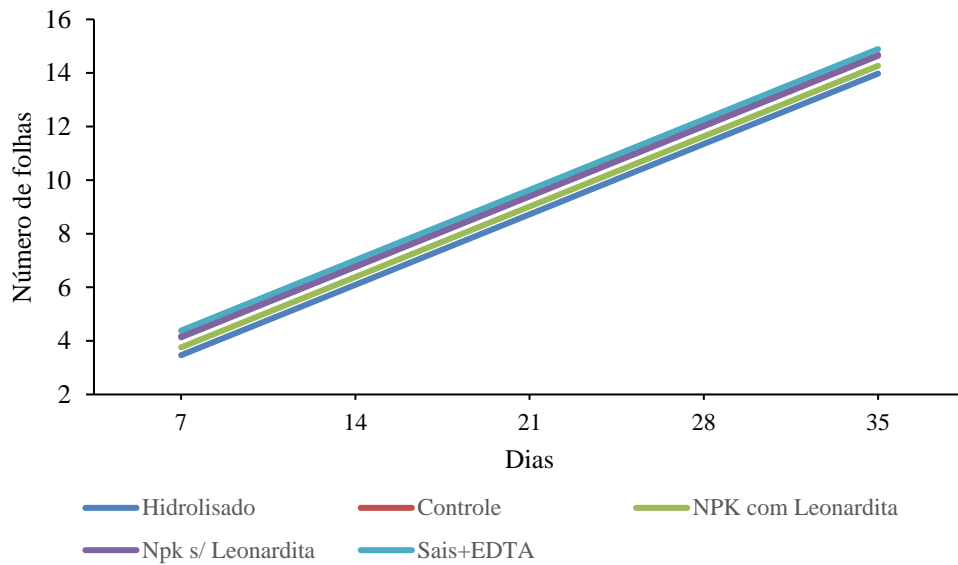


Figura 2: Valores médios do número de folhas de alface em relação aos dias durante o ciclo da cultura dos tratamentos com os fertilizantes foliares na reposição hídrica de 75% da capacidade de campo.

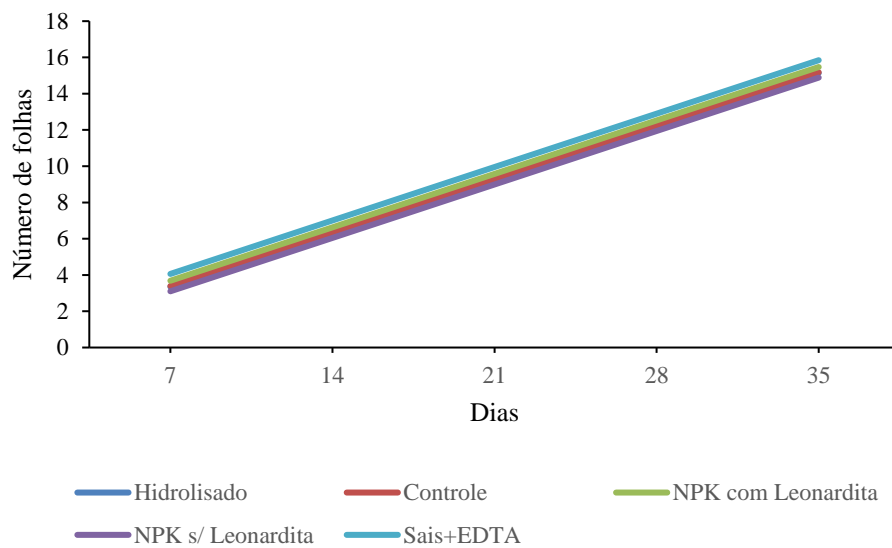
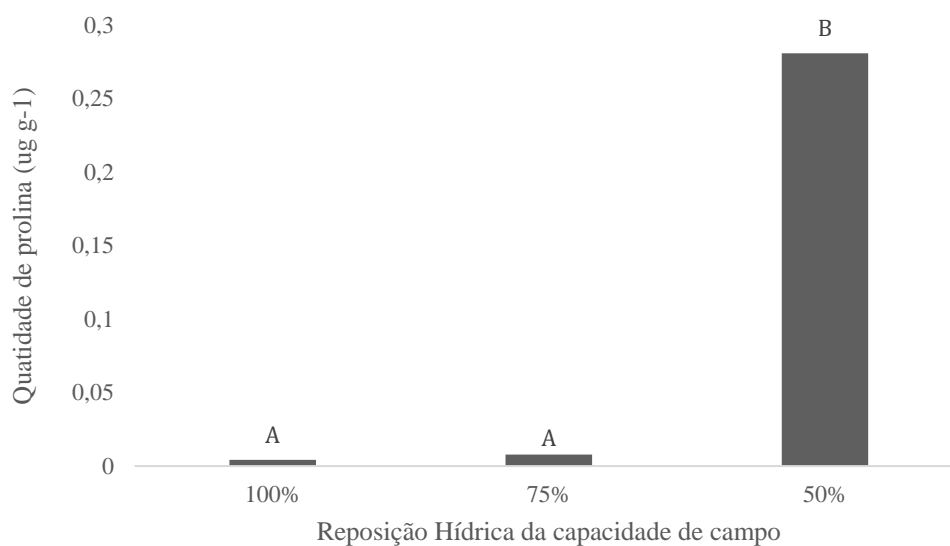


Figura 3: Valores médios do número de folhas de alface em relação aos dias durante o ciclo da cultura dos tratamentos com os fertilizantes foliares na reposição hídrica de 100% da capacidade de campo.

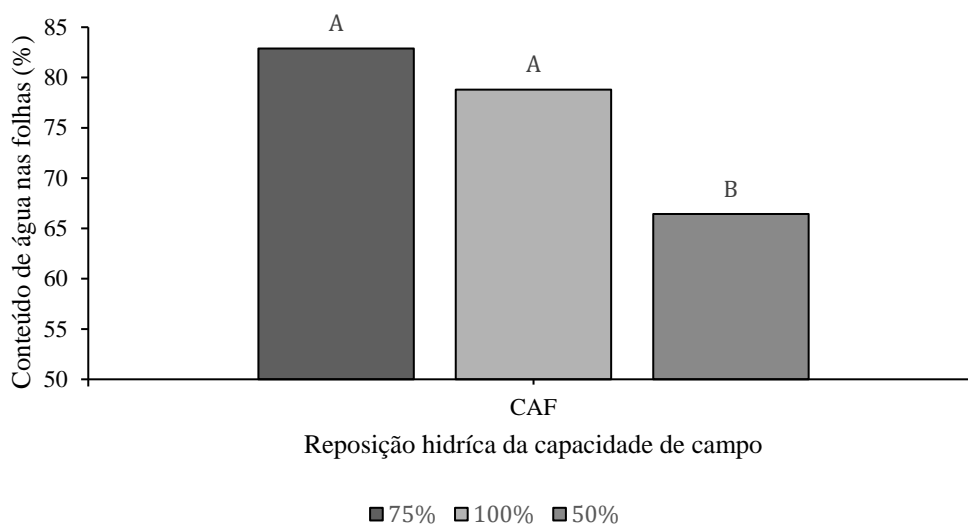
Houve diferenças significativas ($p < 0,05$) relacionados aos atributos físicos e fotossintéticos, para os parâmetros de CAF, Gs e Pr. Para os parâmetros de CAF e Pr houve efeitos significativos relacionados aos tratamentos de reposição hídrica, contudo ao parâmetro fotossintético Gs, houve efeito significativo relacionado aos tratamentos com a aplicação dos fertilizantes.

Figura 4: Valores médios da quantidade de prolina presente na folha da ‘alface crespa’ nos diferentes tratamentos de reposição hídrica.



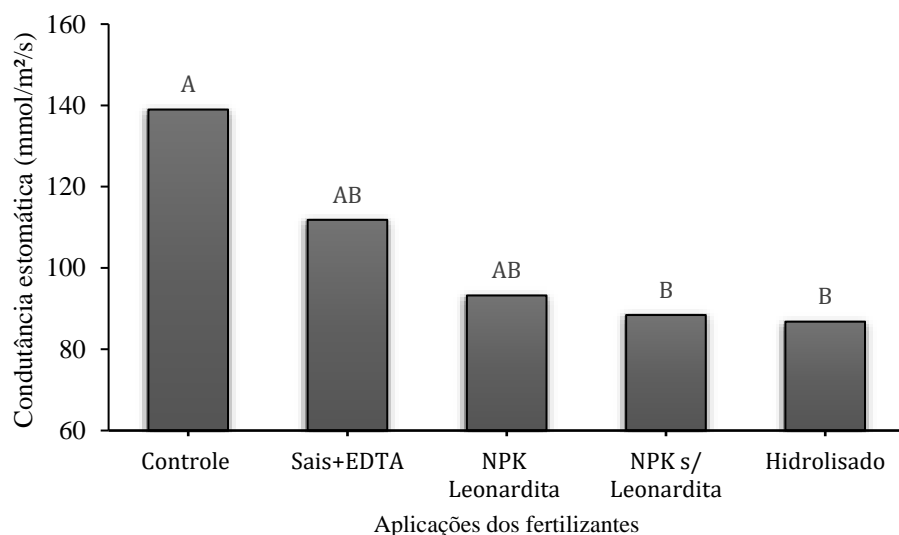
Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.
Fonte: Autores (2022)

Figura 5: Valores médios da porcentagem do conteúdo de água nas folhas (CAF) da ‘alface crespa’ nos diferentes tratamentos de reposição hídrica.



Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.
Fonte: Autores (2022)

Figura 6: Valores médios da condutância estomática representados pelas aplicações dos diferentes fertilizantes foliares.



Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Autores (2022)

4. Discussão

Observou-se uma maior concentração da prolina nas folhas fresca da alface quando as plantas foram submetidas a uma reposição hídrica de 50% da capacidade de campo, ou seja, em condições de estresses abióticos, as hortaliças apresentaram maiores teores de prolina em seus tecidos foliares (Figura 4). Resultados similares foram observados em estudos de Aleman et al. (2014), Ahmed et al. (2009) e Cristina de Almeida Azevedo et al. (2018) demonstrando que em condições de estresse hídrico as plantas acumulam prolina em seus tecidos foliares.

Neste sentido, como resposta ao estresse, as plantas acumulam grandes quantidades de solutos osmoprotetores, como a prolina, sendo que tal acúmulo pode estar relacionado à proteção das proteínas da desnaturação, proporcionando estabilização das membranas celulares por interações com fosfolipídios. De acordo com a literatura (FAROOQ, 2009; CLAUSSEN, 2005) a presença dos aminoácidos combate os radicais de hidroxilas, promove manutenção de turgor da célula além de proteger as enzimas e as moléculas da oxidação devido à presença de espécies reativas de oxigênio. Além disso, o acúmulo de prolina nos tecidos foliares também pode ser utilizada como fonte de energia, de N e carbono que promove a recuperação das atividades fisiológicas na planta (HEMAPRABHA et al., 2013).

Verificou-se uma menor concentração do conteúdo de água nas folhas (CAF) nas folhas de alface quando as plantas foram submetidas a uma reposição hídrica de 50% da capacidade de campo, mostrando que o CAF é reduzido na medida que se intensifica o déficit hídrico (Figura 5). Todavia, na medida que há um decréscimo de água no solo, as células-guardas começam a perder turgor, passando por uma

desidratação do protoplasma, a membrana celular sofre danos e conseqüentemente as respostas fisiológicas são afetadas (SHINOHARA; LESKOVAR, 2014).

Contudo, as plantas submetidas a reposição hídrica de 75% da capacidade de campo, mostraram melhor desempenho em relação àquelas submetidas na reposição hídrica de 100% da capacidade de campo, essa diferença pode ser explicada devido ao ajuste osmótico realizado pelas plantas em condições de estresse hídrico, ou seja, tal ajuste pode ocorrer tanto nas raízes quanto nas folhas, contribuindo para manter a absorção de água e o turgor celular que são essenciais nos processos fisiológicos (ZHANG; NGUYEN; BLUM, 1999). Tal resultado também foi encontrado no trabalho de Maria alves (2019).

A análise dos dados de condutância estomática relacionada com as aplicações dos fertilizantes foliares (Figura 6) revela uma menor condutância estomática para as aplicações dos fertilizantes NPK sem a leonardita e do hidrolisado, contudo, mostra que, essas duas aplicações diferem significativamente do controle, no qual, o mesmo obteve uma maior média para os parâmetros de condutância estomática. A condutância estomática está associada a abertura dos estômatos, sendo indicativo da capacidade das folhas realizarem trocas gasosas com o meio uma vez que os mesmos são responsáveis pelo fluxo de entrada de CO₂ para realização da fotossíntese e o fluxo de perda de água por transpiração (RADIN et al., 1996)

Os estômatos estão localizados na epiderme das folhas, e com isso conseguem responder rapidamente às variações ambientais. Sendo assim, ela pode variar ao longo do tempo para que as perdas de água sejam minimizadas em favor da maximização da assimilação de CO₂. Vale ressaltar que a perda de água é inevitável com a abertura dos estômatos para a aquisição de CO₂ (KRAMER; BOYER, 1995). Portanto, uma redução na taxa de assimilação de CO₂ durante o estresse hídrico está relacionado com a diminuição do CO₂ no interior da folha, ocasionando o fechamento dos estômatos (ROSA et al., 1991). Com o decréscimo na disponibilidade de água no solo, há uma diminuição no potencial da água nas folhas e conseqüentemente uma redução da turgência e da condutância estomática (SHALHEVET, 1983) que por sua vez está relacionada com a disponibilidade de água para as plantas. Assim, a menor disponibilidade de água para as plantas leva ao fechamento dos estômatos que, por sua vez bloqueia o fluxo de CO₂ para as folhas, afetando diretamente o acúmulo de fotoassimilados, que, por fim, pode afetar a produtividade (GHOLZ et al, 1990).

Nesse sentido, há relatos na literatura Ahmed et al. (2009) que em condições de déficit hídrico de longa duração há uma diminuição da atividade fotossintética, bem como a redução da condutância estomática. No estudo de Ahmed et al. (2009) foram realizados cultivos de oliveira sob condição de estresse hídrico demonstrando redução na produtividade uma vez que a atividade fotossintética e a condutância estomática também sofreram um declive diante das condições abióticas do meio.

Entretanto, no presente estudo, notou-se que a atividade fotossintética foi mantida a mesma em condições de estresse hídrico (Tabelas 4, 5 e 6), ainda que as aplicações de NPK sem Leonardita e do hidrolisado apresentaram uma menor condutância estomática em relação aos outros tratamentos (Figura 6), indicando que não houve declínio da produtividade devido à presença dos aminoácidos. Esse resultado demonstra que a presença dos aminoácidos nos tecidos foliares tem vantagens, pois, ainda que se tenha constatado redução da condutância estomática, a taxa de fotossíntese ativa não difere entre as aplicações.

Portanto, as aplicações com a presença dos aminoácidos revelam uma melhor eficiência no uso da água sob déficit hídrico sendo capazes de economizá-la e, conseqüentemente, adquirindo maior tolerância à escassez de água (BAHADUR et al., 2011). Além da resistência ao estresse hídrico, outro efeito esperado com o uso da fertilização direta nas plantas utilizando os aminoácidos é o aumento da produtividade, devido à rápida incorporação dos aminoácidos no metabolismo como se fosse sintetizado pelas plantas, contribuindo assim, para o processo de desenvolvimento, crescimento e produção (RUSSO; BERLYN, 1991).

Nesse sentido, pela análise do incremento da produção utilizando a aplicação dos aminoácidos (Tabelas 1,2 e 3) é possível perceber que, embora não tenha sido constatado efeitos macroscópicos de aumento da produtividade, não significa que a mesma não tenha sido aumentada uma vez que para a realização dos experimentos foram utilizadas altas diluições do produto e em baixas concentrações os efeitos de produtividade não podem ser percebidos. De acordo com a literatura, existe uma relação entre a concentração de aminoácidos presentes nos fertilizantes e o aumento da produtividade sendo que, espera-se maior produtividade em maiores concentrações (LUCAS; DE OLIVEIRA, 2018).

Além disso, considerando que a produtividade está relacionada com atividade fotossintética e condutância estomática, é possível sugerir um efeito positivo em termos de produtividade, uma vez que a fotossíntese ativa foi mantida mesmo com a redução da condutância estomática devido à presença dos aminoácidos, ou seja, as plantas que tiveram contato com os produtos com aminoácidos em sua composição apresentaram mais condições de manutenção de sua produção do que àquelas que não receberam fertilizantes enriquecidos.

5. Conclusão

As plantas de alface submetidas a aplicação dos fertilizantes foliares contendo os aminoácidos mostraram ser mais eficientes no uso de água, além de manter a fotossíntese ativa igual nos diferentes tratamentos, mesmo com a condutância estomática menor, mostrando efeitos benéficos com a aplicação dos aminoácidos. O teor de prolina aumenta em condições de déficit hídrico auxiliando no ajuste osmótico.

6. Referências

- ABID, H. A.-R. B.; ZEBOON, N. H.; AL-BEHADILI, A. O PAPEL E A IMPORTÂNCIA DOS AMINOÁCIDOS NAS PLANTAS: UMA REVISÃO. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/349966775>>.
- ABRAHÁM, E. et al. Methods for determination of proline in plants. *Methods in molecular biology* (Clifton, N.J.), v. 639, p. 317–331, 2010.
- AHMED, C.; BEN ET AL. Changes in gas exchange, proline accumulation and antioxidative enzyme activities in three olive cultivars under contrasting water availability regimes. *Environmental and Experimental Botany*, v. 67, n. 2, p. 345–352, 2009.
- ALEMAN, C. C. et al. Cultivo de Alface Irrigada sob Diferentes Coberturas de Solo. *Byte Systems - Solucoes Digitais*, 8 jul. 2014.
- ANDRÉ RAIMUNDO DA SILVA. Crescimento e a produtividade da alface em função da reposição hídrica. *Areia*: [s.n.].
- BAHADUR, A.; CHATTERJEE, A.; KUMAR, R. Bases fisiológicas e bioquímicas da tolerância à seca em hortaliças. [s.l: s.n.].

- CASAROLI, D.; DE JONG VAN LIER, Q. CRITÉRIOS PARA DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE VASO (1). [s.l: s.n.].
- CLAUSSEN, W. Proline as a measure of stress in tomato plants. . *Plant Science*, v. 168, n. 1, p. 241–248, 2005.
- CRISTINA DE ALMEIDA AZEVEDO, N. et al. COMPORTAMENTO DA PROLINA EM PLANTAS JOVENS DE CASTANHEIRA-DOBRASIL (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) SUBMETIDAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA E REIDRATAÇÃO. *International Journal Education and Teaching*, 23 jul. 2018.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Fertilidade do solo. 1ª ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007.
- FAROOQ, M. ET AL. Plant drought stress : effects , mechanisms and management. . *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA., v. 29, n. 1, p. 185–212, 2009.
- FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2000.
- FILGUEIRA, F. A. R. . Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. . Viçosa: UFV, 2008.
- GHOLZ, . . H.L.; EWEL, K. C.; TESKEY, R. O. Water and forest productivity. *Forest Ecological Management*, Amsterdam, . v. 30, p. 1–18, 1990.
- HAMADA, E. ;; TESTEZLAF, R. . Desenvolvimento e produtividade da alface submetida a diferentes lâminas de água através da irrigação por gotejamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 30, p. 1201–1209, 1995.
- HEMAPRABHA, G. et al. Evaluation of Drought Tolerance Potential of Elite Genotypes and Progenies of Sugarcane (*Saccharum* sp. hybrids). *Sugar Tech*, v. 15, p. 9–16, 2013.
- J E. YURI ET AI. Nutrição e adubação de hortaliças. Jaboticabal: FCAV/CAPES, 2016.
- JAMTGARD, S.; NASHOLM, T.; HUSS-DANELL, K. Compostos de nitrogênio em soluções de solo de terras agrícolas. *Solo Biol. Bioquímica*, 2010.
- KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. Water Relations of Plants and Soils. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=H6aHAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=\(Kramer+%26+Boyer,+1995\).&ots=BYKi72P79L&sig=PUKgYsF0XSESOPmx_FHK_Yv1XB8#v=onepage&q=\(Kramer%20%26%20Boyer%2C%201995\).&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=H6aHAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=(Kramer+%26+Boyer,+1995).&ots=BYKi72P79L&sig=PUKgYsF0XSESOPmx_FHK_Yv1XB8#v=onepage&q=(Kramer%20%26%20Boyer%2C%201995).&f=false)>. Acesso em: 13 nov. 2022.
- LUCAS, J.; DE OLIVEIRA, E. AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DA ALFACE CRESPA SOBRE O EFEITO DA APLICAÇÃO DO BIOFERTILIZANTE ORGANOMINERAL À BASE DE EXTRATO DE ALGAS MARINHAS E AMINOÁCIDOS. [s.l: s.n.].
- MARIA ALVES, F. FLÁVIA MARIA ALVES ESTRATÉGIAS PARA MITIGAR OS EFEITOS DO DEFICIT HÍDRICO NO TOMATEIRO. [s.l: s.n.].
- MARIJUAN, M. P.; BOSCH, S. M. Ecophysiology of invasive plants: osmotic adjustment and antioxidants. *Trends in Plant Science*, 2013. (Nota técnica).
- MARSCHNER, P.; RENGEL, Z. Nutrient Availability in Soils. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants: Third Edition*, p. 315–330, 1 jan. 2012.
- MONTEIRO, J. G. et al. Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 49, n. 1, p. 18–25, 2014.
- PAULO HENZ, G.; SUINAGA, F.; HENZ, G. Comunicado Técnico 75. nov. 2009.
- PESSOA, H. P.; MACHADO, R. J. Folhosas : Em destaque no cenário nacional.

- QUAGGIO, J. A.; MATTOS JÚNIOS, D.; CANTARELLA, H. Manejo da fertilidade do solo na citricultura. . Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, 2005.
- RADIN, B. et al. Comportamento estomático do milho em diferentes disponibilidades de radiação solar e hídricas. p. 608–610, 1996.
- ROSA, L. M.; DILLENBURG, L. R.; FORSETH, I. N. Responses of soybean leaf angle, photosynthesis and stomatal conductance to leaf and soil water potential. . *Annals of Botany*, p. 51–58, 1991.
- ROSA, N. L. et al. INFLUÊNCIA NA ADUBAÇÃO FOLIAR NA CULTURA DA ALFACE. [s.l: s.n.].
- RUSSO, R. O.; BERLYN, G. P. The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, v. 1, n. 2, p. 19–42, 2 jan. 1991.
- SHALHEVET, J. Plants under salt and water stress. In: FOWDEN, L.; MANSFIELD, T.; STODDART, J. *Plant adaptation to environmental stress* London: Chapman & Hall, 1983. cap 7, p.133-54. p. 133–154, 1983.
- SHINOHARA, T.; LESKOVAR, D. I. Effects of ABA, antitranspirants, heat and drought stress on plant growth, physiology and water status of artichoke transplants. *Scientia Horticulturae*, v. 165, p. 225–234, jan. 2014.
- SMART¹, R. E.; BINGHAM², G. E. Rapid Estimates of Relative Water Content *Plant Physiol.* [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://academic.oup.com/plphys/article/53/2/258/6074417>>.
- TEIXEIRA, W. F. et al. Seed and foliar application of amino acids improve variables of nitrogen metabolism and productivity in soybean crop. *Frontiers in Plant Science*, v. 9, 28 mar. 2018.
- VERDE -GOIÁS, R. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO CAMPUS RIO VERDE BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA NUTRIÇÃO ORGANOMINERAL DE HORTALIÇAS (ALFACE E RÚCULA): UMA REVISÃO DE LITERATURA TÉRIO DA SILVA FERREIRA FILHO. [s.l: s.n.].
- ZHANG J; NGUYEN HT; BLUM A. Análise genética de ajuste osmótico em plantas cultivadas. , 1999. (Nota técnica).