



BACHARELADO EM AGRONOMIA

**ALESSANDRO DANTE CAMPOS COELHO
JHESSICA DIAS SILVA COSTA
MARCELO BARBOSA DA COSTA
RONALDO JOSÉ PACHECO SILVA**

**AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE NA CULTURA DA ALFACE
CRESPA COM A UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS À BASE DE
MICRONUTRIENTES**

Bom Despacho - MG

2023

**ALESSANDRO DANTE CAMPOS COELHO
JHESSICA DIAS SILVA COSTA
MARCELO BARBOSA DA COSTA
RONALDO JOSÉ PACHECO SILVA**

**AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE NA CULTURA DA ALFACE
CRESPA COM A UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS À BASE DE
MICRONUTRIENTES**

Artigo apresentado como exigência parcial para obtenção do título de bacharel em Agronomia à comissão julgadora designada pela coordenação de trabalhos de conclusão de curso da UNA.

Orientador: Prof. Me. Carlos Allan Pereira dos Santos

Bom Despacho, 11 de dezembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Ana Paula Sato Ferreira

UNA

Prof. Dr. Lucimário Pereira Bastos

AGES

RESUMO

O desenvolvimento satisfatório da alface está diretamente relacionado a nutrição adequada das plantas. Objetivou-se avaliar o desenvolvimento e produtividade da alface crespa em função do posicionamento de fertilizantes formulados à base de micronutrientes durante o ciclo da cultura. Conduziu-se um experimento na Fazenda Patos de Minas, em Dores do Indaiá (MG), para avaliar o efeito de quatro tratamentos sobre a cultura da alface: T1 - Real Micros + ZMC Plus, T2 - Real Micros + ZMC Plus + Cálcio, T3 - Real Micros + ZMC Plus + Cálcio + Boro e T4 - Convencional (Controle). Adotou-se o Delineamento em blocos casualizado e cinco repetições por tratamento. As variáveis-resposta massa de folhas, massa de raiz, número de folhas, diâmetro de caule e comprimento de raiz foram avaliadas aos 15 dias após o transplântio (DAT) e na colheita. Aos 15 DAT, verificou-se que o T3 resultou em 22,20 g a mais que o T4 e o menor número de folhas ocorreu no T4. Na colheita, o T4 apresentou valores menores para comprimento de raiz comparado ao T3. Concluiu-se que o posicionamento de fertilizantes formulados à base de micronutrientes influencia o desenvolvimento inicial e final da alface crespa. A aplicação de Real Micros + ZMC Plus + Cálcio + Boro contribuiu para maior massa de folhas ao longo do ciclo da cultura e o uso de Real Micros + ZMC Plus e Real Micros + ZMC Plus + Cálcio apresentou efeito positivo sobre o número de folhas, massa e comprimento de raiz.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*; nutrição de plantas; nutrientes essenciais.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 4 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 5 |
| 2.1 A cultura da alface | 5 |
| 2.2 Alface tipo solta crespa | 6 |
| 2.3 Aspectos nutricionais da cultura da alface | 8 |
| 2.4 Micronutrientes | 9 |
| 3 METODOLOGIA | 10 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES | 12 |
| 5 CONCLUSÕES | 16 |
| REFERÊNCIAS | 16 |

1 INTRODUÇÃO

A alface é uma planta oriunda do continente asiático cuja introdução no Brasil ocorreu no século XVI. Taxonomicamente, a alface é uma espécie representante da família Asteraceae que possui nome científico *Lactuca sativa* L. No Brasil, essa hortaliça destaca-se no cenário nacional como uma das mais consumidas, o que ocorre devido aos aspectos nutricionais da cultura, a qual apresenta teores satisfatórios de vitaminas A e C, além de ser fonte de minerais como o fósforo e o ferro (Resende *et al.*, 2018; Almeida *et al.*, 2020; Demartelaere *et al.*, 2020). a

No Brasil, o cultivo de alface é realizado em praticamente todo o ano e corresponde, na atualidade, a aproximadamente 1,5 milhões de toneladas anuais. Essa produção é obtida em uma área cultivada de cerca de 87 mil hectares (Pessoa; Machado Júnior, 2021).

Dentre os grupos de cultivares de alface, os quais são definidos em função da presença ou não de arranjo das folhas no formato de cabeças e das características das folhas, incluiu-se a alface crespa. Esse grupo tem como características principais a ausência de formação de cabeça e folhas crespas e compreende cultivares amplamente aceitas pelo mercado consumidor. Tanto as características da cultura quanto o preço contribuíram para que alface crespa apresentasse preferência de 70% do mercado brasileiro (Colariccio; Chaves, 2017; Resende *et al.*, 2018).

Nos sistemas produtivos de hortaliças, o que inclui cultivos comerciais de alface, a nutrição vegetal a partir do fornecimento de macronutrientes e micronutrientes é prática comum visando a garantia de produtividade satisfatória, pois o incremento na produtividade de uma determinada cultura de interesse agrícola está diretamente relacionado à nutrição da planta e, portanto, à quantidade total de nutrientes absorvidos por essa ao longo do seu ciclo de desenvolvimento (Schmitt, 2021).

Nesse contexto, de acordo com Godinho *et al.* (2019), o uso de micronutrientes tem apresentado resultados interessantes na horticultura (Godinho *et al.*, 2019). Além disso, cabe destacar a disponibilidade de micronutrientes inferior a demanda da cultura pode resultar em efeitos negativos ao crescimento e desenvolvimento vegetal (Vicente, 2021). Portanto, estudos científicos que investiguem o uso de produtos formulados à base de micronutrientes na horticultura

são importantes. Na cultura da alface, a aplicação de fertilizantes capazes de disponibilizar esses nutrientes essenciais às plantas pode contribuir para incrementos na produtividade e qualidade final, o que pode beneficiar os agentes envolvidos na cadeia produtiva dessa cultura. Contudo, esses benefícios dependem do desenvolvimento de estudos científicos que permitam uma visão mais ampla sobre o uso de tecnologias agrícolas que atuem na nutrição da cultura, o que justifica o presente estudo.

Esse estudo teve como objetivo avaliar o desenvolvimento e produtividade da alface crespa em função do posicionamento de fertilizantes formulados à base de micronutrientes durante o ciclo da cultura.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma espécie da família botânica Asteraceae, cuja domesticação ocorreu a partir de *Lactuca serriola*, uma espécie selvagem originária das regiões temperadas do Mediterrâneo. A introdução no continente europeu, mais precisamente na Europa Ocidental, remete ao século XV. Mais tardiamente, a partir das expedições de Cristóvão Colombo, a alface foi introduzida na América e, conseqüentemente, no Brasil (Costa; Sala, 2005; Sala; Costa, 2012).

Desde a sua introdução no território brasileiro, a alface possui importância alimentar, sendo um alimento amplamente consumido em virtude do teor de vitaminas, sais minerais e fibras. Contribui ainda para o considerável consumo dessa hortaliça o baixo índice calórico. Cabe destacar que essa hortaliça é consumida, especialmente, na forma *in natura*, no preparo de saladas e sanduíches, dentre outros (Guerra *et al.*, 2017; Queiroz; Cruvinel; Figueiredo, 2017). Além disso, a importância dessa espécie não se limita ao Brasil, visto que essa é considerada a hortaliça mais consumida e de maior relevância econômica em todo o mundo (Paim *et al.*, 2020).

De acordo com e Luengo (2017), a alface compreende uma planta do grupo das hortaliças folhosas, as quais apresentam ciclo curto, alta demanda por tratamentos culturais que se estendem do plantio a colheita e considerável perecibilidade (Vilela; Luengo, 2017). Dentre as espécies desse grupo, o que inclui a couve,

espinafre, rúcula, repolho, agrião, chicória, acelga e almeirão, a alface é a de maior consumo no Brasil (Echer *et al.*, 2016).

Quanto ao volume produzido, o cultivo de alface resulta em cerca de 1,5 milhões de toneladas anualmente (Pessoa; Machado Júnior, 2021). E ainda que a produção de hortaliças folhosas como a alface seja realizada em todas as regiões brasileiras, essa se concentra no sul e sudeste brasileiro, sendo que ambas as regiões respondem, conjuntamente, por 84% da área cultivada no país (Vilela; Luengo, 2022).

Do ponto de vista botânico, a planta de alface apresenta porte herbáceo, caule curto e não ramificado, no qual desenvolvem-se as folhas. As folhas da alface apresentam cor verde, variando do verde-amarelo ao verde escuro, embora algumas variedades possam apresentar folhas de cor roxa. Quanto ao sistema radicular, as raízes são pivotantes, curtas e finas e desenvolvem-se, sobretudo, na profundidade do solo de 25 centímetros, aproximadamente (Filgueira, 2008). As raízes podem explorar profundidades superiores, atingindo até 60 centímetros, em sistemas de produção em que se adota a semeadura direta (Moreira *et al.*, 2016).

Outro aspecto importante acerca dessa cultura é que o crescimento e o desenvolvimento da alface são bastante influenciados pelas características ambientais. As plantas de alface desenvolvem-se bem sob condições de temperatura entre 15,5 °C e 18,3 °C, consideradas ideais para o cultivo. No entanto, caso as temperaturas durante a noite sejam baixas, a alface tolera, por alguns dias, temperaturas entre 26,6 °C e 29,4 °C (Santos, 2016). Além disso, a alface apresenta alta exigência hídrica, sendo que a demanda aumenta ao longo do ciclo da cultura (Santos, 2018; Ianke *et al.*, 2018). Diante disso, as irrigações devem ser realizadas frequentemente, visto que a elevada capacidade de síntese de biomassa, a área foliar elevada que culmina em alta evapotranspiração, e o sistema radicular superficial, contribuem significativamente para demanda hídrica considerável. A obtenção de uma produtividade considerável depende de teores de umidade do solo superiores a 80% (Filgueira, 2008).

2.2 Alface tipo solta crespa

Ao longo do tempo foram desenvolvidas diversas cultivares comerciais de alface, o que permitiu atender as demandas dos consumidores e produtores por plantas com diferentes colorações, tamanhos e formatos (Suinaga *et al.*, 2013). Em

virtude da formação ou não de cabeça e das principais características das folhas, as cultivares são agrupadas em cinco grupos, os quais são denominados tipos morfológicos, a saber: tipo repolhuda crespa ou americana, o tipo repolhuda manteiga, o tipo solta crespa, o tipo solta lisa e o tipo romana (Hens; Suinaga, 2009).

Dentro do contexto da alfacultura nacional, a principal transformação foi a substituição da alface lisa pela crespa, considerada atualmente a de maior importância econômica. O cultivo de alface crespa iniciou nacionalmente a partir da cultivar Grand Rapids, cultivar originada nos Estados Unidos. Essa cultivar apresenta algumas características interessantes como a boa produção de massa foliar, folhas tenras e flexíveis, bordos foliares ondulados, crescimento rápido e coloração verde claro. O ciclo é considerado precoce e pode se completar em cerca de 30 dias após o transplântio das mudas (Sala; Costa, 2012).

Em suma, no que tange às características principais das cultivares de alface dentro do tipo solta crespa, destacam-se a formação de folhas crespas e grandes e ausência de formação de cabeça, textura consistente e macia (Figura 1). Outro aspecto importante é a variação na coloração das folhas, sendo que essas podem ser roxas ou verdes (Hens; Suinaga, 2009). Essas características contribuíram pela preferência dessas cultivares, sendo que a alface crespa é considerada a preferida por parte de 70% da população brasileira. A alface americana e a romana, por sua vez, respondem por 15% e 10% da preferência do mercado consumidor, respectivamente (Sala; Costa, 2012; Suinaga *et al.*, 2013).



Figura 1. Alface crespa. Fonte: EMBRAPA.

2.3 Aspectos nutricionais da cultura da alface

Comparativamente à outras culturas de interesse agrícola, a alface absorve quantidades pequenas de macro e micronutrientes. No entanto, em virtude do ciclo curto de desenvolvimento, a cultura é considerada exigente do ponto de vista nutricional (Yuri *et al.*, 2016). Dentre os nutrientes demandados pela cultura da alface, destacam-se o potássio, nitrogênio, fósforo e cálcio, os quais, na ordem apresentada, são considerados os mais extraídos (Yuri *et al.*, 2016).

Visto que a alface é uma planta composta, basicamente, por folhas, essa cultura responde bem aos nutrientes envolvidos no crescimento vegetativo, como o nitrogênio. Diante disso, a adubação nitrogenada exerce grande influência sobre a quantidade produzida e a qualidade final, sendo essa última relacionada principalmente a cor e tamanho da planta (Milhomens, 2015).

Quanto ao fósforo, esse nutriente é considerado o mais limitante em sistemas de cultivo convencional e sua demanda tende a ser maior na fase final do ciclo da cultura. O fósforo é um macronutriente importante no metabolismo vegetal e o seu adequado fornecimento é indispensável para a formação e desenvolvimento do sistema radicular. Adicionalmente, a deficiência desse nutriente nas plantas manifesta-se a partir do amarelecimento na bordadura de folhas mais velhas. Em casos mais severos, o amarelecimento pode evoluir para necrose (Vaz *et al.*, 2019; Covolan; Ferreira; Gomes, 2022; Silva; Silva, 2019).

Quanto ao potássio, esse nutriente também é fundamental ao desenvolvimento da alface e esse nutriente atua na regulação da abertura e fechamento estomático, alongamento celular, regulação osmótica, estabilização do pH citoplasmático, ativação de enzimas, dentre outros. A sua deficiência é marcada pela necrose das folhas mais velhas, sendo que em casos mais severos pode se observar necrose de áreas Inter nervais (Vaz *et al.*, 2019; Silva; Silva, 2019).

A cultura também responde bem ao fornecimento dos macronutrientes cálcio, magnésio e enxofre. O cálcio, por exemplo, possui funções metabólicas e estruturais ao atuar como componente de membranas e parede celular. Esse elemento também é fundamental para que a planta responda aos estímulos do meio. Cabe mencionar que além dos macronutrientes, a alface demanda alguns micronutrientes, dentre os

quais podemos destacar o ferro, manganês, zinco, boro e cobre (Kano; Cardoso; Villas Boas, 2012).

2.4 Micronutrientes

Os micronutrientes, assim como os macronutrientes, são essenciais para o crescimento, desenvolvimento e funcionamento metabólico da alface. Essa essencialidade ocorre porque a capacidade de absorver e metabolizar esses elementos, bem como disponibiliza-los as diferentes estruturas vegetais, possui relação direta com o funcionamento eficaz da planta (Sperotto *et al.*, 2014).

O zinco, por exemplo, é um nutriente que desempenha papel de suma relevância na germinação e desenvolvimento inicial das plantas. Esse micronutriente também atua em diversas reações enzimáticas e no metabolismo de auxinas e carboidratos, além da sua participação na síntese de proteínas (Guirra *et al.*, 2015). Quanto ao cobre, esse elemento participa de diversos processos da fisiologia vegetal, como o metabolismo de parede celular, sinalização hormonal, mobilização do ferro, transporte de elétrons no processo fotossintético e respiração pela organela mitocôndria (Ameh; Sayes, 2019).

A função do micronutriente ferro na fisiologia vegetal está relacionada ao potencial redox celular. Também estão envolvidos nesse sistema redox os nutrientes cobre e manganês, embora também desempenhe papel relevante na fotossíntese, síntese de lignina e desintoxicação dos radicais de superóxido nas células. Quando ao níquel, esse atua no metabolismo de nitrogênio, visto que é um componente da enzima urease. A atuação do molibdênio no metabolismo de nitrogênio, por outro lado, está relacionada à participação desse micronutriente nas enzimas nitrogenase e nitrato redutase. O cloro atua promovendo o funcionamento ideal do fotossistema II e regula processos osmóticos enquanto que o boro é indispensável para funcionamento e estabilização da parede celular e das membranas (Cakmak *et al.*, 2023; Tripathi *et al.*, 2015).

Frente à função de cada nutriente no metabolismo vegetal e essencialidade dos mesmos, o adequado posicionamento e disponibilização desses são fundamentais (Tripathi *et al.*, 2015). Diante disso, Silva *et al.* (2012) afirmam que uma alternativa para o adequado fornecimento de micronutrientes à cultura da alface é o

posicionamento de fontes micronutrientes capazes de disponibilizar nutrientes essenciais para as plantas, como o cobre, zinco, níquel, etc.

3 METODOLOGIA

O ensaio experimental foi realizado na Fazenda Patos de Minas, localizada no município de Dores do Indaiá, Minas Gerais. A propriedade rural na qual o estudo foi realizado está localizada sob as coordenadas geográficas 19° 27' 51" Sul (Latitude) e 45° 36' 3" Oeste (Longitude) e apresenta altitude média de 675 metros. O clima na região é classificado como Tropical Típico, com duas estações: seca e chuvosa.

A área experimental apresentava dimensões de 50 metros por 1,20 metros, o que correspondeu a 60 m². Quanto ao histórico, nos últimos quatro anos foram realizados o cultivo de hortaliças folhosas. Anteriormente a esse período, o solo era destinado ao cultivo de cana-de-açúcar.

Antes da implantação do estudo, realizou-se a amostragem do solo nas profundidades de 20 e 40 centímetros e a amostra composta foi enviada ao laboratório RiberSolo Laboratório de Análise do Solo e Foliar para análise dos atributos químicos (Tabela 1).

Tabela 1: Resultado da análise de solo para os atributos químicos do solo.

| Amostras | Resultados expressos por volume de terra fina seca ao ar | | | | | | | | | | | | | |
|----------|--|----|----|-----|----|----|------|------|---|------|-----|----|----|------|
| | pH | MO | P | K | Ca | Mg | H+Al | Al | S | SB | CTC | V% | m% | B |
| 0-20 cm | 4,4 | 26 | 12 | 3,2 | 37 | 13 | 58 | 3,3 | 5 | 53,2 | 111 | 48 | 6 | 0,24 |
| 20-40 cm | - | 15 | 6 | 2,5 | 24 | 10 | 61 | 13,6 | 6 | 36,5 | 98 | 37 | 27 | 0,15 |

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

A partir do resultado da análise do solo, procedeu-se ao cálculo da quantidade de calcário a ser aplicado na calagem. Essa etapa consistiu na aplicação de calcário calcítico com PRNT 85/90 e dosagem de 4 ton ha⁻¹. A aplicação de calcário foi realizada manualmente, um ano antes da implantação do experimento. Nessa etapa, também foi realizada a aplicação de 1,2 ton ha⁻¹ de gesso agrícola. Cabe mencionar que a cada ciclo de cultivo de alface na propriedade, realiza-se a aplicação de 200 g de calcário por metro quadrado.

Quanto aos tratos culturais, à adubação de plantio, realizada no dia 11/10/2022, consistiu na aplicação de 200 gramas por metro quadrado de um

fertilizante NPK de fórmula 04-30-10. Após a aplicação do fertilizante, a área foi irrigada adotando lâmina de 7 mm. Os tratos culturais foram padronizados em todas as parcelas experimentais.

No pré-plantio, realizou-se uma pulverização de inseticidas da classe dos neonicotinóides e piretróides por meio do produto comercial Zeus[®]. A aplicação foi realizada diretamente na bandeja contendo as mudas comerciais, sendo adotada a dosagem de 4 ml do produto comercial por litro de água. Destaca-se que a mesma aplicação foi adotada aos 8, 16, 24 e 32 dias após o plantio em todas as parcelas experimentais.

O plantio manual foi feito em canteiros com espaçamento de 30 centímetros entre plantas e linhas. Mudas comerciais de alface crespa, cultivar Ariel, foram adquiridas no comércio local e semeadas no dia 26/09/2023. Essa cultivar de alface apresenta alto volume de folhas, uniformidade, plantas grandes e de cor verde intenso, folhas largas e simétricas, tolerância à queima das bordas e pendoamento. O plantio dessa cultivar pode ser realizado durante todo o ano, sendo indicada para cultivos de verão. Essa etapa foi realizada manualmente.

A adubação de cobertura foi realizada aos 14 e 21 dias após o plantio a partir da aplicação de 150 gramas por metro quadrado de ureia (56% de N). E transcorridos 19 dias em relação ao plantio procedeu-se a primeira aplicação do fungicida Nativo[®], sendo a segunda realizada com 25 dias. Nessa etapa, a aplicação de micronutrientes ocorreu concomitante a pulverização dos inseticidas. Cabe destacar que tanto a aplicação de inseticida quanto fungicida foram realizadas por meio de uma bomba costal com capacidade de 20 L adotando-se a dosagem de 40 ml. O manejo de plantas daninhas ao longo do ciclo da cultura, entre 40 e 45 dias após o plantio, foi feito manualmente.

O experimento foi conduzido adotando o Delineamento em blocos casualizado (DBC), com quatro tratamentos e cinco repetições, o que totalizou 20 parcelas experimentais. Cada repetição correspondeu a um canteiro com 25 plantas de alface. Os tratamentos analisados corresponderam a diferentes fertilizantes formulados à base de micronutrientes (Tabela 2).

Tabela 2: Fertilizantes à base de micronutrientes avaliados quanto ao desenvolvimento e produtividade da alface crespa.

| Tratamentos | Descrição | Dosagem dos produtos |
|-------------|--|------------------------------|
| T1 | Real Micros + ZMC Plus | 40 mL + 5 mL |
| T2 | Real Micros + ZMC Plus + Cálcio | 40 mL + 5 mL + 30 mL |
| T3 | Real Micros + ZMC Plus + Cálcio + Boro | 40 mL + 5 mL + 30 mL + 20 mL |
| T4 | Convencional (Controle) | - |

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Os tratamentos foram aplicados aos 7, 14 e 21 dias após o plantio das mudas de alface, sendo a aplicação via pulverização com bomba costal com capacidade de 20 L. O tratamento convencional adotado como controle correspondeu ao manejo convencional adotado na propriedade, sem a realização da aplicação dos fertilizantes minerais mistos Real Micros, ZMC Plus, e dos nutrientes cálcio (Ca) ou boro (B). O produto Real-Micros possui garantia de 1,00% de nitrogênio (N), 1,955% de enxofre (S), 0,30% de boro (B), 0,30% de cobre (Cu), 4,00% de manganês (Mn) e 6,00% de zinco (Zn). A garantia do ZMC Plus apresenta garantia de 2,5% de N, 30,09% de Cu, 8,36% de molibdênio (Mo) e 61,44% de Zn. O posicionamento do cálcio foi a partir do produto Vitaphol Calcio, fertilizante mineral simples cuja garantia é de 14% de Ca. O boro foi disponibilizado pelo fertilizante Humicbor, o qual apresenta garantia de 9% de B, 1% de potássio e 6% de carbono orgânico total.

As avaliações foram realizadas em dois momentos, sendo: 15 dias após o transplante e na colheita. Na primeira avaliação, foram avaliadas cinco plantas em cada parcela, sendo as variáveis-resposta aferidas número total de folhas, comprimento de raiz, diâmetro de caule, massa fresca de parte aérea e massa fresca de raiz. O número de folhas foi contabilizado por unidades e o comprimento de raiz determinado com auxílio de uma régua graduada em centímetros. A massa fresca de parte aérea e raiz foi aferida a partir de uma balança analítica, em gramas (Bonnet *et al.*, 2019).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Na análise estatística será adotado o software SISVAR[®].

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aos 15 dias após o transplante, constatou-se que os fertilizantes formulados à base de micronutrientes influenciaram as variáveis massas de folhas, número de

folhas e comprimento de raiz (Tabela 3). Para a variável massa de folhas, verificou-se superioridade do tratamento Real Micros + ZMC Plus + Cálcio + Boro comparado aos demais. Nesse tratamento, o valor de massa obtido foi 22,20 gramas superiores ao convencional, além de serem 11,60 gramas superiores aos tratamentos Reais Micro + ZMC Plus e Real Micros + ZMC Plus + Cálcio.

Tabela 3: Desenvolvimento inicial da alface, aos 15 dias após o transplante, em função do uso de fertilizantes formulados à base de micronutrientes. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

| Tratamentos | Massa de folhas | Massa de raiz | Número de folhas | Diâmetro de caule | Comprimento de raiz |
|--|-----------------|---------------|------------------|-------------------|---------------------|
| Real Micros + ZMC Plus | 27,00 b | 1,40 a | 9,00 a | 1,19 a | 8,70 a |
| Real Micros + ZMC Plus + Cálcio | 27,00 b | 1,60 a | 8,00 a | 1,25 a | 8,60 a |
| Real Micros + ZMC Plus + Cálcio + Boro | 38,60 a | 1,60 a | 9,00 a | 1,25 a | 8,80 a |
| Convencional (Controle) | 16,40 c | 1,20 a | 6,00 b | 1,00 a | 7,50 b |
| CV (%) | 7,92 | 17,73 | 12,23 | 16,83 | 6,49 |
| D.M.S. | 4,056 | 0,486 | 1,840 | 0,371 | 1,026 |

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

A maior massa de folhas obtida no tratamento Real Micros + ZMC Plus + Cálcio + Boro pode ser explicada pela atuação do boro, visto que a aplicação do boro é a única diferença em relação ao tratamento Real Micros + ZMC Plus + Cálcio, o qual apresentou valor de massa inferior. Esse resultado é coerente com Lima e colaboradores (2023), os quais destacam a importância do boro no desenvolvimento inicial de plantas de alface (Lima *et al.*, 2023).

Além disso, de modo semelhante ao observado no presente estudo, Braz (2019) constatou que as plantas de alface são responsivas à aplicação de boro e que esse nutriente influencia a massa fresca da planta. Ainda segundo a autora desse estudo, aos 14, 21 e 28 dias após o transplante, verificou-se aumento na massa das plantas com aumento das doses desse micronutriente, demonstrando a relação entre incremento de massa e disponibilidade de boro à alface (BRAZ, 2019).

O número de folhas variou entre 6,00 e 9,00 unidades, sendo observado que o tratamento convencional apresentou menor valor para essa variável comparado aos demais. Os tratamentos referentes à aplicação de Real Micros + ZMC Plus, com ou sem cálcio e boro, não diferiram estatisticamente entre si. Comportamento semelhante

foi observado para variável comprimento de raiz, na qual o tratamento convencional diferiu dos demais e foi relativamente inferior (Tabela 3).

O maior número de folhas em função da aplicação dos fertilizantes formulados à base de micronutrientes pode ser explicado, pelo menos parcialmente, pela função do zinco no desenvolvimento das plantas. Essa sugestão fundamenta-se no estudo realizado por Decaro *et al.* (1983), no qual o efeito do zinco sobre o incremento do número de folhas foi relatado para a cultura do milho.

Quanto aos resultados obtidos na colheita da alface, constatou-se, assim como observado aos 15 dias após o transplântio, maior massa de folhas no tratamento Real Micros + ZMC Plus + Cálcio + Boro, o qual foi estatisticamente superior aos demais. Além disso, os tratamentos Real Micros + ZMC Plus e Real Micros + ZMC Plus + Cálcio apresentaram valores intermediários de massa de folhas e ambos foram superiores ao tratamento convencional (Tabela 4).

Tabela 4: Desenvolvimento final da alface, na colheita, em função do uso de fertilizantes formulados à base de micronutrientes. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

| Tratamentos | Massa de folhas | Massa de raiz | Número de folhas | Diâmetro de caule | Comprimento de raiz |
|--|-----------------|---------------|------------------|-------------------|---------------------|
| Real Micros + ZMC Plus | 243,60 b | 10,40 ab | 23,60 a | 2,80 a | 12,30 ab |
| Real Micros + ZMC Plus + Cálcio | 258,20 b | 9,20 b | 24,60 a | 2,85 a | 12,20 ab |
| Real Micros + ZMC Plus + Cálcio + Boro | 311,00 a | 10,80 a | 26,60 a | 2,80 a | 13,30 a |
| Convencional (Controle) | 147,40 c | 6,00 c | 19,60 b | 2,35 a | 10,60 b |
| CV (%) | 9,26 | 8,26 | 7,22 | 16,22 | 11,52 |
| D.M.S. | 41,752 | 1,415 | 3,20 | 0,824 | 2,619 |

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Diante disso, sugere-se que o boro tenha sido responsável pela maior massa de folhas, visto que, embora a quantidade demandada de boro pelas plantas seja considerada baixa, essa micronutriente afeta o desenvolvimento de hortaliças (Ganeshamurthy *et al.*, 2018). Além disso, esse elemento afeta de forma expressiva o crescimento vegetal, sobretudo sob condições de elevada deficiência desse nutriente (Araújo; Silva, 2012).

Quanto às funções do boro nas plantas, podemos destacar o papel no crescimento meristemático e a atuação na síntese de parede celular. Esse nutriente também é importante para o funcionamento da membrana da célula e atua no

metabolismo de carboidratos e transporte de auxinas, sendo muito relevante na fase de crescimento das plantas (Tariq; Mott, 2007). Logo, os resultados obtidos nesse estudo são coerentes com a literatura científica e comprovam efeito desse nutriente no incremento de massa na cultura da alface, o que está relacionado ao melhor crescimento e desenvolvimento da cultura.

Para a massa de raiz, verificou-se que o tratamento Real Micros + ZMC Plus + Cálcio + Boro foi superior ao tratamento controle e Real Micros + ZMC Plus + Cálcio e não diferiu estatisticamente do Real Micros + ZMC Plus (Tabela 4). A superioridade do referido tratamento em relação ao controle pode estar relacionada à função do boro na planta, pois, de acordo com Tadeu (2016), esse nutriente é importante para o crescimento das raízes, sendo que restrições no crescimento radicular são comuns sob condições de deficiência desse nutriente (Tadeu, 2016).

Nesse contexto, cabe pontuar que, no geral, o boro é um micronutriente com teor reduzido em solos com baixo teor de matéria orgânica, como os solos arenosos, e teores elevados de ferro, alumínio e cálcio (Silva *et al.*, 2013). Portanto, visto que a cultura da alface é responsiva ao boro, sugere-se que, em condições de baixa disponibilidade, as plantas de alface sejam ainda mais responsivas à aplicação desse nutriente, sobretudo no que tange o crescimento do sistema radicular.

O número de folhas no tratamento convencional foi inferior aos demais tratamentos avaliados e esses não diferiram estatisticamente entre si. Para a variável-resposta diâmetro de caule, não foi observada diferença estatística significativa entre os tratamentos. Por fim, quanto ao comprimento de raiz, observou-se que o tratamento convencional apresentou valores menores para essa variável comparada à aplicação de Real Micros + ZMC Plus + Cálcio + Boro. Os tratamentos Real Micros + ZMC Plus e Real Micros + ZMC Plus + Cálcio apresentaram valores intermediários e não diferiram estatisticamente dos tratamentos convencional e Real Micros + ZMC Plus + Cálcio + Boro, conforme exposto na tabela 4.

Aparentemente, a presença de micronutrientes nos tratamentos estudados, com exceção do tratamento convencional adotado como controle, teve papel importante no desenvolvimento de folhas e comprimento de raiz, o que pode ser justificado pelo papel desempenhado por esses na planta. Esses nutrientes, assim como os macronutrientes, desempenham funções bioquímicas no metabolismo

celular que são consideradas fundamentais para que as plantas possam completar o seu ciclo de desenvolvimento (Vidigal *et al.*, 2021).

Resultados semelhantes foram relatados por outros autores, como Pinho *et al.* (2011), os quais relataram que os micronutrientes zinco, cobre, ferro, manganês e boro influenciaram o número de folhas na cultura do antúrio. Além disso, Andrade e Boaretto (2019), ao estudar a nutrição das plantas jovens da espécie florestal *Cariniana estrellensis* em função da disponibilidade ou deficiência de micronutrientes, constataram papel importante do boro no processo de desenvolvimento radicular.

O diâmetro de caule, por sua vez, não foi influenciado pelos tratamentos estudados tanto na fase de desenvolvimento inicial da cultura quanto no final do ciclo. A ausência de resposta do diâmetro do caule de alface à adubação também foi relatada por Dias *et al.* (2013), os quais constaram que esse parâmetro de crescimento e desenvolvimento da alface não respondeu à aplicação de diferentes doses de nitrogênio. Além disso, os autores destacam que essa variável não possui impacto significativo na obtenção de melhor produtividade quando se considera essa hortaliça.

5 CONCLUSÕES

Concluiu-se que o posicionamento de fertilizantes formulados à base de micronutrientes influencia o desenvolvimento inicial e final da alface crespa. A aplicação de Real Micros + ZMC Plus + Cálcio + Boro contribuiu para maior massa de folhas ao longo do ciclo da cultura e o uso de Real Micros + ZMC Plus e Real Micros + ZMC Plus + Cálcio apresentou efeito positivo sobre o número de folhas, massa e comprimento de raiz.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Samantha Vieira; BALDINI, Luiz Felipe Guedes; TECCHIO, Marco Antonio; SILVA, Paulo Roberto Arbex. Desempenho operacional e dados agronômicos de transplante manual e mecanizado na cultura da alface. **Energia na Agricultura**, v. 35, n. 1, p. 29-37, 2020.

AMEH, Thelma; SAYES, Christie M. The potential exposure and hazards of copper nanoparticles: A review. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 71, p. 103220, 2019.

ANDRADE, Marcelo Leandro Feitosa de; BOARETTO, Antônio Enedi. Deficiência de micronutrientes em plantas jovens de *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze. **Scientia Forestalis**, v. 47, n. 122, p. 303-316, 2019.

ARAÚJO, Érica de O.; DA SILVA, Marcos A.C. Interação boro e zinco no crescimento, desenvolvimento e nutrição do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, p. 720-727, 2012.

BONETT, Lucimar Pereira; OLIVEIRA, Karym Mayara de; KABAYASHI, Gabriel Hitoshi; GINO, Bruna Garcia; MAGALHÃES, Héliida Mara; CRUZ, Rayane Monique Sete da. Produtividade da alface cv. Isabela[®] sob aplicação de fertilizantes líquidos. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 4, p. 74-81, 2019.

BRAZ, Tirza Kretli Silva. **Efeito de aplicação de diferentes doses de boro na produtividade de alface americana em sistema hidropônico nas condições climáticas da cidade de Parauapebas – PA**. 2019. 37f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia.) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas, 2019.

CAKMAK, Ismail; BROWN, Patrick; COLMENERO-FLORES, José M.; HUSTED, Søren; KUTMAN, Bahar Y.; NIKOLIC, Miroslav; RENGEL, Zed; SCHMIDT, Sidsel B.; ZHAO, Fang-Jie. Micronutrients. In: RENGEL, Zed; CAKMAK, Ismail; WHITE, Philip John (Ed.). **Marschner's Mineral Nutrition of Plants**. London: Academic Press, 2023. p. 283-385.

COLARICCIO, Addolorata; CHAVES, Alexandre Levi Rodrigues. **Aspectos Fitossanitários da Cultura da Alface**. São Paulo: Instituto Biológico, 2017. (Boletim técnico, 29).

COSTA, Ciro Paulino da; SALA, Fernando Cesar. A evolução da alfacultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Brasília-DF, v. 23, n.1, p.158-159, 2005.

COVOLAN, Almir Rogério; FERREIRA, Tatiane Cristovam; GOMES, Edilson Ramos. Influência do ambiente protegido no cultivo da alface em adubação orgânica e convencional. **Energia na Agricultura**, v. 37, n. 1, p. 76-84, 2022.

DECARO, Sergio Tadeu; VITTI, Godofredo Cesar; FORNASIERI FILHO, Domingos; MELO, Wanderley José de. Efeito de doses e fontes de zinco na cultura do milho (*Zea mays*). **Revista de Agricultura, Piracicaba**, v. 58, n. 1-2, p. 25-36, 1983.

DEMARTELAERE, Andréa Celina Ferreira *et al.* A influência dos fatores climáticos sob as variedades de alface cultivadas no Rio Grande do Norte. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 90363-90378, 2020.

DIAS, José Lourenço Lagassi; ZANATTO, Ildelfonsa Benitez; ZANUZO, Marcio Roggia; MENDES, Bruno Leonardo; LORINI, Alexandre; HACKBARTH, Ana Carolina. Desempenho agrônomico de alface submetida a diferentes fontes de nitrogênio em cobertura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBCS, 2013. p. 1-4.

ECHER, Roges; LOVATTO, Patrícia Braga; TRECHA, Calisc Oliveira; SCHIEDECK, Gustavo. Alface à mesa: implicações sócio-econômicas e ambientais da semente ao prato. **Revista Thema**, v. 13, n. 3, p. 17-29, 2016.

FILGUEIRA, Fernando Antonio Reis. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa-MG: Editora UFV, 2008. 421p.

GANESHAMURTHY, Arakalagud Nanjundaiah; KALAIVANAN, D.; RUPA, T.R.; MANJUNATH, B.L. An assessment of the fertilizer needs of horticultural crops in India. **Indian Journal of Fertilisers**, v. 15, n. 3, p. 286-295, 2019.

GODINHO, Emmanuel Zullo; SANTOS, Anne Kathleen Oliveira dos; ROCKENBACH, Bianca; BUNDSCHEN, Gabriela Carolina. Resposta da beterraba à aplicação de fertilizante mineral e organomineral no cultivo de verão. **Revista Agropampa**, v. 2, n. 2, p. 238-248, 2019.

GUERRA, Antonia Mirian Nogueira de Moura *et al.* Atividade fotossintética e produtividade de alface cultivada sob sombreamento. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia – PB, v. 38, n. 3, p. 125-132, 2017.

GUIRRA, Keylan Silva; SILVA, José Eduardo Santos Barboza da; SILVA, Glória Caroline Santos Barboza da; DANTAS, Bárbara França; ARAGÃO, Carlos Alberto. Germinação de sementes de tomateiro tratadas com fontes de ferro e zinco para biofortificação agrônômica. **Scientia Plena**, v. 11, n. 10, p. 1-7, 2015.

HENZ, Gilmar Paulo; SUINAGA, Fábio. Tipos de alface cultivados no Brasil. Brasília, DF: EMBRAPA, 2009. 7p.

IANKE, Marcelino Krause; FERREIRA, Elvis Pantaleão; Broseghini, Jéssica; LAURETTI, Luciene; HADDADE, Ismail Ramalho; COLOMBO, Joao Nacir. Cultivo da alface (*Lactuca sativa* L.) com água condensada por aparelhos de ar condicionado. **Revista Ifes Ciência**, v. 4, n. 1, p. 92-103, 2018.

KANO, Cristiaini; CARDOSO, Antonio Ismael Inácio; VILLAS BOAS, Roberto Lyra. Acúmulo de nutrientes e resposta da alface à adubação fosfatada. **Revista Biotemas**, v. 25, n. 3, p. 39-47, 2012.

LIMA, Iuri Fernando Rodrigues; SANTOS, Danilo Marcelo Aires dos; RAMOS, Michele Ribeiro; PEREIRA, Arison José. Doses de boro enriquecidas com sulfato de zinco no crescimento inicial de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.). **Revista Agri-Environmental Sciences**, Palmas-TO, v. 9, n.2, p. 1-11, 2023.

MILHOMENS, K. Kiara Barros; NASCIMENTO, Ildon Rodrigues do; TAVARES, Rodrigo de Castro; FERREIRA, Tiago Alves; SOUZA, Maiko Emiliano. Avaliação de características agrônômicas de cultivares de alface sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal – PB, v. 10, n. 1, p. 143-148, 2015.

MOREIRA, Meire Helena de Oliveira; ALMEIDA, Gustavo Rennó Reis; CUNHA, Luciane Tavares da; QUEIROZ, Roberto Luiz. Interações alelopáticas sobre o desenvolvimento de alface (*Lactuca sativa*, L. cv. Vanda) cultivada em solo cafeeiro. **Revista Da UI_IPSantarém**, v. 4, n. 4, p. 1-16, 2016.

PESSOA, Herika Paula; MACHADO JÚNIOR, Ronaldo. **Folhosas em destaque no cenário nacional**. 2021. Disponível em: <
<https://revistacamponegocios.com.br/folhosas-em-destaque-no-cenario-nacional/>>. Acesso em: 24 dez. 2023.

QUEIROZ, Angélica; CRUVINEL, Vinicius; FIGUEIREDO, Kamila Maria. Produção de alface americana em função da fertilização com organomineral. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia – GO, v. 14, n. 25, p. 1053-1063, 2017.

RESENDE, Geraldo Milanez de; YURI, Jony Eish; COSTA, Nivaldo Duarte. **Cultivo de alface-crespa no Submédio do Vale do São Francisco**. Petrolina: EMBRAPA, 2018.

SALA, Fernando Cesar; COSTA, Cyro Paulino da. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Brasília-DF, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012.

SANTOS, Anna Paula Rodrigues dos. **Características agronômicas e qualidade da alface (*Lactuca sativa* L.) sob fertilização orgânica e mineral**. 2016. 114 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SANTOS, Kamila Souza. **Pegada hídrica e análise econômica da cultura de alface cultivada sob irrigação no município de Itabaiana – SE**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018.

SCHMITT, Marcelo. **Dosagens de biofertilizantes na cultura da alface**. 2021, 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Campo Largo, 2021.

SILVA, André Leite Silva; SOARES, Danilo de Araújo; SILVA, Douglas Ramos Guelfi; REZENDE, Paulo Renato de Costa; PEREIRA, Andreane Bastos; ANDRADE, André Baldansi; CHAGAS, Wantuir Filipe Teixeira Chagas; MARCHI, Giuliano. **Teor e acúmulo de micronutrientes em plantas de alface adubadas com fontes alternativas de nutrientes**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 30.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 14.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 12.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 9.; SIMPÓSIO SOBRE SELÊNIO NO BRASIL, 1., 2012, Maceió. **Anais...** Maceió: SBCS, 2012.

SILVA, Gerarda Beatriz Pinto da; SILVA, Raphael Pinto da. **Manejo nutricional da alface: o que é preciso saber**. 2019. Disponível em: <
<https://revistacamponegocios.com.br/manejo-nutricional-da-alface-o-que-e-preciso->

[saber/#:~:text=O%20manejo%20nutricional%20de%20alface,defici%C3%AAsncias%20de%20nutrientes%20no%20solo>.](#) Acesso em: 03 dez. 2023.

SILVA, Inêz Pereira da; SILVA, Jose Tadeu; CARVALHO, Janice Guedes. Nitrogênio e boro em mudas de bananeira Prata Anã cultivadas em casa de vegetação. **Agrarian**, v. 6, n. 19, p. 51-59, 2013.

SPEROTTO, Raul A.; RICACHENEVSKY, Felipe K.; WILLIAMS, Lorraine E.; VASCONCELOS, Marta W.; MENGUER, Paloma K. From soil to seed: micronutrient movement into and within the plant. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, n. 438, p. 1-3, 2014.

SUINAGA, Fábio Akiyoshi; BOITEUX, Leonardo Silva; CABRAL, Cléia Santos; RODRIGUES, Cecília da Silva. **Métodos de avaliação do florescimento precoce e identificação de fontes de tolerância ao calor em cultivares de alface do grupo varietal**. Brasília – DF: EMBRAPA, 2013. 4 p.

TADEU, José Carlos. **Efeito de diferentes doses de boro na produtividade da alface americana**. 2016. 35f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Brasil, Descalvado, 2016.

TRIPATHI, Durgesh Kumar; SINGH, Shweta; SINGH, Swati; MISHRA, Sanjay; CHAUHAN, Devendra Kumar; DUBEY, Nawal Kishore. Micronutrients and their diverse role in agricultural crops: advances and future prospective. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 37, p. 1-14, 2015.

VAZ, Jéssika Coelho; TAVARES, Aline Torquato; HAESBAERT, Fernando Machado; REYES, Irais Dolores Pascual; ROSA, Pedro Henrique Lacerda; FERREIRA, Tiago Alves Ferreira; NASCIMENTO, Ildon Rodrigues. Adubação NPK como promotor de crescimento em alface. **Revista Agri-Environmental Sciences**, Palmas-TO, v. 5, p. 1-9, 2019.

VIDIGAL, Sânzio Mollica; PUIATTI, Mário; MOREIRA, Marialva Alvarenga. **Nutrição e adubação da abóbora híbrida tetsukabuto/moranga**. Belo Horizonte- MG: EPAMIG, 2021. 8 p. (Circular Técnica n. 336).

VILELA, Nirlene Junqueira; LUENGO, Rita de Fátima Alves. **Produção de Hortaliças Folhosas no Brasil**. 2022. Disponível em: <
<https://revistacampoenegocios.com.br/producao-de-hortalicas-folhosas-no-brasil/>>.
Acesso em: 03 dez. 2023.

YURI, Jony Eishi; MOTA, José Hortêncio; RESENDE, Geraldo Milanez de; SOUZA, Rovilson José de. Nutrição e adubação da cultura da alface. In: PRADO, Renato de Mello; CECÍLIO FILHO, Arthur Bernardes (Ed.). **Nutrição e adubação de hortaliças**. Jaboticabal - SP:UNESP, 2016. p. 559-577.