

Avaliação de diferentes fontes de boro associado à ácidos fúlvicos na cultura da alface

Evaluation of different sources of boron associated with the intake of fulvics in the lettuce crop

Evaluación de diferentes fuentes de boro asociadas al consumo de fúlvicos en el cultivo de lechuga

Recebido: 17/11/2022 | Revisado: 23/11/2022 | Aceitado: 24/11/2022 | Publicado: 02/12/2022

Vinícius Muniz Ribeiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8699-9075>
Centro Superior de Ensino e Pesquisa de Machado, Brasil
E-mail: vmr20@outlook.com

Kleso Silva Franco Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6807-8889>
Centro Superior de Ensino e Pesquisa de Machado, Brasil
E-mail: klesojr@gmail.com

Giselle Prado Brigante

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0952-0075>
Centro Superior de Ensino e Pesquisa de Machado, Brasil
E-mail: giselle.brigante@cesep.edu.br

Resumo

O cultivo de hortaliças no Brasil emprega um baixo nível tecnológico no sistema de adubação, onde prioriza-se os macronutrientes e raramente se fornece micronutrientes. Nesse contexto objetivou-se avaliar o comportamento de diferentes fontes de boro aplicadas em associação com ácidos fúlvicos via solo na cultura da alface crespa. O experimento foi instalado no município de Campestre MG, no período de 10/09/2022 a 19/10/2022. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados com 10 tratamentos e 4 repetições, perfazendo 40 unidades experimentais, em um sistema fatorial 2 x 5 (presença e ausência de ácidos fúlvicos em 4 fontes de boro e um controle). Aos 39 dias após o transplante procedeu-se a colheita das plantas e a avaliação dos parâmetros de massa fresca de parte aérea, massa seca de parte aérea, massa fresca de raiz, massa seca de raiz e diâmetro de caule. Os dados coletados foram submetidos a ANOVA e ao teste de Scott – Knott a 5% de significância. Para as variáveis massa fresca de parte aérea, massa seca de parte aérea e diâmetro de caule todas as fontes de boro foram iguais e não diferiram do controle, independente se aplicadas de forma isolada ou associada com ácidos fúlvicos, o mesmo ocorrendo nos tratamentos onde aplicou-se ácidos fúlvicos isoladamente. Nas variáveis massa fresca de raiz e massa seca de raiz ocorreu interação significativa entre as fontes de boro ácido bórico e ulexita, quando associadas à ácidos fúlvicos, sendo superiores aos demais tratamentos.

Palavras-chave: Nutrição; Micronutrientes; Substâncias húmicas.

Abstract

The cultivation of vegetables in Brazil employs a low technological level in the fertilization system, where macronutrients are prioritized and micronutrients are rarely provided. In this context, the objective was to evaluate the behavior of different sources of boron applied in association with fulvic acids via the soil in the culture of curly lettuce. The experiment was installed in the municipality of Campestre MG, from 09/10/2022 to 10/19/2022. The statistical design used was in randomized blocks with 10 treatments and 4 repetitions, making up 40 experimental units, in a 2 x 5 factorial system (presence and absence of fulvic acids in 4 sources of boron and a control). At 39 days after transplanting, the plants were harvested and the parameters of fresh mass of the aerial part, dry mass of the aerial part, fresh mass of the root, dry mass of the root and stem diameter were evaluated. The collected data were submitted to ANOVA and the Scott - Knott test at 5% significance level. For the variables fresh mass of shoots, dry mass of shoots and stem diameter, all sources of boron were the same and did not differ from the control, regardless of whether they were applied alone or associated with fulvic acids, the same occurring in the treatments where it was applied. fulvic acids alone. In the variables root fresh mass and root dry mass, there was a significant interaction between the sources of boron, boric acid and ulexite, when associated with fulvic acids, being superior to the other treatments.

Keywords: Nutrition; Micronutrientes; Humic substances.

Resumen

El cultivo de hortalizas en Brasil emplea un bajo nivel tecnológico en el sistema de fertilización, donde se priorizan los macronutrientes y rara vez se aportan los micronutrientes. En este contexto, el objetivo fue evaluar el comportamiento de diferentes fuentes de boro aplicadas en asociación con ácidos fúlvicos vía suelo en el cultivo de lechuga rizada. El experimento se instaló en el municipio de Campestre MG, del 10/09/2022 al 19/10/2022. El diseño estadístico utilizado

fue en bloques al azar con 10 tratamientos y 4 repeticiones, conformando 40 unidades experimentales, en sistema factorial 2 x 5 (presencia y ausencia de ácidos fúlvicos en 4 fuentes de boro y un testigo). A los 39 días del trasplante se cosecharon las plantas y se evaluaron los parámetros de masa fresca de la parte aérea, masa seca de la parte aérea, masa fresca de la raíz, masa seca de la raíz y diámetro del tallo. Los datos recolectados fueron sometidos a ANAVA y la prueba de Scott - Knott al 5% de nivel de significancia. Para las variables masa fresca de brotes, masa seca de brotes y diámetro del tallo, todas las fuentes de boro fueron iguales y no difirieron del testigo, independientemente de si se aplicaron solos o asociados a ácidos fúlvicos, ocurriendo lo mismo en los tratamientos. donde se aplicó ácidos fúlvicos solos. En las variables masa fresca de raíces y masa seca de raíces, hubo una interacción significativa entre las fuentes de boro, ácido bórico y ulexita, cuando se asociaron con ácidos fúlvicos, siendo superiores a los demás tratamientos.

Palabras clave: Nutrición; Micronutrientes; Sustancias húmicas.

1. Introdução

A alface (*Lactuca sativa*) é uma hortaliça folhosa herbácea e anual, possuindo um sistema radicular ramificado e superficial e um caule pequeno, de onde saem as folhas, que crescem em roseta ao redor do caule. Suas folhas podem ser lisas ou crespas, de coloração verde ou roxa, podendo ou não ocorrer a formação de cabeça. Em condições de cultivo a céu aberto o seu ciclo da sementeira até a colheita dura de 65 a 80 dias (Filgueira, 2008).

No Brasil a alface é a hortaliça mais produzida, atingindo 1,5 milhões de toneladas produzidas em cerca de 86,8 mil hectares de cultivo, gerando um valor de produção de 8 milhões de reais apenas no setor varejista (Pessoa & Machado Jr., 2021).

De forma geral a alface se desenvolve bem em solos com pH na faixa de 6 a 6,8, com bom teor de matéria orgânica e boa drenagem (Sediyama, et al., 2019).

Na ocasião do plantio recomenda-se aplicar calcário para elevar a saturação de bases do solo a 80%, incorporando a uma profundidade de 20 cm, com pelo menos 20 a 30 dias de antecedência do plantio (Trani, et al., 2014). Sempre que possível deve-se optar por calcários com teor de MgO superior a 12% (Yuri, et al., 2016).

A adubação mineral deve seguir os teores de potássio e fósforo presentes na análise de solo, em condições de teores médios recomenda-se 150 Kg.ha⁻¹ de N, 300 Kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 90 Kg.ha⁻¹ de K₂O, sendo todo o fósforo fornecido na ocasião do plantio e o potássio e nitrogênio parcelados de modo a fornecer 20% de N e K₂O no plantio, 20% no primeiro parcelamento, 30% no segundo parcelamento e 30% no terceiro parcelamento (Fontes, 1999).

A prática de adubação orgânica favorece o desenvolvimento radicular da alface, dado a melhoria proporcionada na física do solo, especialmente os compostos de origem animal, como o esterco de aves (Filgueira, 2008). Segundo Sediyama et al. (2019) a alface responde muito bem a adubação orgânica, devendo-se atentar ao teor de nitrogênio presente no material, pois elevados teores desse elemento podem levar ao pendoamento precoce, a maior suscetibilidade a doenças e má formação de cabeça. Recomenda-se a adição de 40 a 60 T.ha⁻¹ de esterco de curral curtido ou 12 a 15 T.ha⁻¹ de esterco de galinha, suínos, caprinos ou ovinos nos canteiros, cerca de 30 dias antes do transplantio (Trani, et al., 2014). Quando o solo se encontra degradado e com baixa atividade microbiana sugere-se a aplicação do composto bokashi na dose de 50 g a 200 g por m² de canteiro (Pacotte, 2020).

Azevedo et al. (2011) ao avaliarem doses de ácidos fúlvicos extraídos de esterco bovino, na cultura da alface, obtiveram que a dose de 10% v.v⁻¹ aplicado via rega aos 5, 15 e 25 dias após o transplantio promoveram incrementos significativos na massa fresca da parte aérea.

Borcioni, Mógor e Pinto (2016) ao testar doses de ácidos fúlvicos em mudas de alface 1 dia antes do transplantio, obtiveram incrementos significativos em massa fresca de parte aérea e raiz quando aplicou-se até 0,6% v.v⁻¹ de um produto comercial, em alface americana.

O boro é um micronutriente essencial para as plantas, pois na sua ausência estas não completam seu ciclo de vida (Dechen, et al., 2018), sendo responsável pela integridade estrutural da célula vegetal (Taiz, et al., 2017).

De acordo com Taiz et al. (2017) o boro atua na regulação do ciclo celular, na função da membrana plasmática, no alongamento das células em respostas hormonais e na ligação do polissacarídeo ramnogalactulorano II na parede celular.

O processo de formação do tubo polínico, floração e frutificação é extremamente dependente de boro, bem como o transporte de carboidratos, o crescimento meristemático, o processo de absorção de água e o metabolismo de Cálcio (Dechen, et al., 2018).

No Brasil o boro é o micronutriente mais deficiente em culturas perenes e anuais (Malavolta, 2006). É encontrado no solo adsorvido na matéria orgânica e nos minerais de argila, na composição dos minerais silicatados e associado aos hidróxidos de ferro e alumínio (Dechen, et al., 2018). Na solução do solo este elemento fica disponível para as plantas na forma de ácido bórico (H_3BO_3), entretanto em condições de pH maior que 7 sofre dissociação ficando na forma de H_2BO_3 (Raij, 2011).

As fontes de boro mais utilizadas são o Bórax (11% de B solúvel em água), Pentaborato (18% de B solúvel em água), Tetraborato 46 (14% de B solúvel em água), Tetraborato 65 (20% de B solúvel em água), Solubor (20% de B solúvel em água), Octaborato (21% de B solúvel em água), Ácido bórico (17% de B solúvel em água), Ulexita (10% de B pouco solúvel em água), Colemanita (10% de B pouco solúvel em água), Silicatos (2 a 6% de B insolúvel em água) e complexos orgânicos de boro (8% de B solúvel em água) (Malavolta, 2006).

Em condições de deficiência recomenda-se a aplicação de $1\text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de boro, preferencialmente na forma de bórax (Filgueira, 2008). A aplicação de 1 a $1,5\text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de boro e 1 a $3\text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de zinco no momento do plantio é recomendada, quando estes elementos se encontram em teores baixos (Pacotte, 2020).

Os sintomas de deficiência de boro no cultivo de alface são caracterizados por um fendilhamento longitudinal no sistema radicular, folhas novas necrosadas e pequenas, ondulamento nas bordas foliares associado ao engrossamento do limbo foliar, ficando as folhas com uma tonalidade prateada e textura áspera (Yuri, et al., 2016).

Pietroski et al. (2015) ao avaliar doses de boro na cultura da alface, em condições de solos com deficiência, observou incremento significativo na massa fresca de parte aérea, quando aplicado $12\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ de boro no solo via ácido bórico.

Ocorre que tradicionalmente os produtores de hortaliças em sua grande maioria, lançam mão apenas da adubação orgânica e dos macronutrientes primários (nitrogênio, fósforo e potássio), deixando de realizar adubações com micronutrientes, o que pode limitar a produção dos cultivos, visto que todos os nutrientes são essenciais para as plantas completarem seu ciclo de vida.

Nesse sentido objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de diferentes fontes de boro via solo, associado com ácidos fúlvicos em plantas de alface crespa.

2. Metodologia

O experimento foi conduzido no Sítio Rio do Peixe, localizado no município de Campestre – MG, nas coordenadas geográficas $21^{\circ}41'30''$ de latitude sul e $46^{\circ}11'12''$ de longitude oeste, em uma altitude de 1029 m (Google Earth, 2019). O clima predominante na área experimental segundo a classificação de Köppen e Geiger (1936) adaptado para as condições climáticas do Brasil por Alvares et al. (2013) é o subtropical de altitude com inverno seco e verão ameno (Cwb).

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, contendo 10 tratamentos e 4 repetições totalizando 40 parcelas experimentais, em um sistema fatorial 2×5 (presença e ausência de ácido fúlvico com 4 fontes de boro e um controle), conforme demonstrado na Tabela 1. Cada parcela experimental foi composta por dois (2) recipientes de saco plástico, de coloração preta, com fundo perfurado com 10 furos de 0,1 mm, com capacidade de 15 L de substrato, cada recipiente contendo uma (1) muda de alface crespa.

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos.

Tratamentos	Composição do fertilizante	Dose de boro (Kg.ha ⁻¹)	Dose do produto (L.ha ⁻¹ ou Kg.ha ⁻¹)	Dose do produto por recipiente (mL ou g)
T1 Borato de monoetanolamina	135 g.L ⁻¹ de B.	1	7,40	0,058
T2 Borato de monoetanolamina + ácido fúlvico	135 g.L ⁻¹ de B. e 349,25 g.L ⁻¹ de ácido fúlvico.	1	7,40 + 10	0,058 + 0,078
T3 Ácido bórico	17% de B.	1	5,88	0,046
T4 Ácido bórico + ácido fúlvico	17% de B. e 349,5 g.L ⁻¹ de ácido fúlvico.	1	5,88 + 10	0,046 + 0,078
T5 Ulexita	9% de B.	1	11,11	0,087
T6 Ulexita + ácido fúlvico	9% de B. e 349,25 g.L ⁻¹ de ácido fúlvico.	1	11,11 + 10	0,087 + 0,078
T7 Ácido bórico complexado com proteína	148,5 g.L ⁻¹ de B.	1	6,73	0,057
T8 Ácido bórico complexado com proteína + ácido fúlvico	148,5 g.L ⁻¹ de B. e 349,25 g.L ⁻¹ de ácido fúlvico.	1	6,73 + 10	0,057 + 0,078
T9 Ácido fúlvico	349,25 g.L ⁻¹ de ácido fúlvico.	1	10	0,078
T10 Controle	-	0	0	0

Fonte: Autores.

O enchimento dos recipientes foi realizado com terra de barranco peneirada. Realizou-se uma amostragem de solo composta à medida que a terra era retirada do barranco, com o objetivo de avaliar os parâmetros químicos e granulométricos do solo. O resultado da análise de solo está elucidado na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados da análise de solo.

Parâmetros avaliados	Metodologia	Resultados
Carbono orgânico	Walkley e Black	0,91 dag.Kg ⁻¹
pH	Água	6
Fósforo	Mehlich	3,4 mg.dm ³ ⁻¹
Potássio	Mehlich	141 mg.dm ³ ⁻¹
Cálcio	KCl 1 mol.L ⁻¹	1,21 cmolc.dm ³ ⁻¹
Magnésio	KCl 1 mol.L ⁻¹	0,61 cmolc.dm ³ ⁻¹
Alumínio	KCl 1 mol.L ⁻¹	0 cmolc.dm ³ ⁻¹
Acidez potencial	SMP	1,6 cmolc.dm ³ ⁻¹
Enxofre	Fosfato de cálcio	12,40 mg.dm ³ ⁻¹
Boro	Água quente	0,53 mg.dm ³ ⁻¹
Cobre	Mehlich	0,5 mg.dm ³ ⁻¹
Ferro	Mehlich	41,6 mg.dm ³ ⁻¹
Manganês	Mehlich	10,6 mg.dm ³ ⁻¹
Zinco	Mehlich	0,61 mg.dm ³ ⁻¹
Fósforo remanescente	CaCl ₂ – 60 mg.L ⁻¹ P	12,30 mg.dm ³ ⁻¹
Areia	Pipeta	37,7 %
Silte	Pipeta	17,7 %
Argila	Pipeta	44,6 %
Soma de bases	Calculado	2,18 cmolc.dm ³ ⁻¹
CTC	Calculado	3,78 cmolc.dm ³ ⁻¹
Saturação de bases	Calculado	57,63 %

Fonte: Autores.

Aplicou-se 1 Kg.ha⁻¹ de Boro com base nos resultados da análise de solo, seguindo as recomendações propostas por Filgueira (2008).

A calagem e a adubação orgânica foram realizadas de acordo com as recomendações de Trani et al. (2014) seguindo os resultados da análise de solo. Desse modo aplicou-se 994 Kg.ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT de 85%, CaO de 39% e MgO de 12% (equivalente a 2,43 g de calcário por recipiente) e 50 T.ha⁻¹ de esterco de curral (122 g por recipiente).

Na adubação mineral de plantio aplicou-se 400 Kg.ha⁻¹ de P₂O₅ por meio de 909 Kg.ha⁻¹ do fertilizante fosfato monoamônico (MAP), totalizando 7 g de MAP por recipiente, como sugerido por Fontes (1999).

A dose de ácido fúlvico foi de 10 L.ha⁻¹.

A calagem e a adubação orgânica com esterco de curral foram realizadas em cobertura e posteriormente homogeneizadas, até uma profundidade de 10 cm de solo, 10 dias antes do transplântio das mudas para o campo. Aos cinco (5) dias antes do transplântio realizou-se a adubação mineral de plantio e a aplicação de boro e ácidos fúlvicos.

Para facilitar a aplicação dos fertilizantes contendo boro e ácidos fúlvicos realizou-se uma pré diluição destes em água (com exceção da ulexita que é sólida e insolúvel em água), visando reduzir o teor de boro e ácidos fúlvicos na solução, permitindo a aplicação de um maior volume por recipiente, como demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Pré diluição dos fertilizantes.

Fertilizante	Dose diluída em 1 L de água	Dose da solução aplicada por recipiente
Ácido bórico	20 g	2,3 mL
Borato de monoetanolamina	20 mL	2,9 mL
Ácido bórico complexado com proteína	20 mL	2,85 mL
Ácido fúlvico	20 mL	3,9 mL

Fonte: Autores.

A solução contendo os fertilizantes a base de boro e ácidos fúlvicos pré diluídos foram aplicados com um regador sobre cada recipiente, diluídos em 1 L de água, com exceção da ulexita que foi aplicada de forma sólida em grânulos espalhados por todo o solo.

Para dosar os fertilizantes líquidos utilizou-se uma seringa, que possuía escala de 0,1 mL até 1 mL. Os fertilizantes sólidos foram pesados utilizando uma balança digital, com escala de 0,01 g até 500 g.

As mudas de alface crespa foram adquiridas já aptas para o transplântio em uma casa agropecuária do município de Campestre – MG, sendo transplantadas em número de duas por unidade experimental, cada uma em um recipiente plástico no dia 10/09/2022.

Após o transplântio das mudas para o campo realizou-se uma irrigação manual com regador, aplicando cerca de 1 L de água por recipiente, visando dar condições para o bom pegamento das mesmas.

Os tratos culturais foram apenas a irrigação diária no final do período da tarde e o controle manual de plantas invasoras.

A avaliação das mudas foi realizada no ponto de colheita da alface, aos 39 dias após o transplântio, em 19/10/2022. Avaliou-se as características da massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz, massa fresca total, massa seca da parte aérea, massa seca de raiz, massa seca total e diâmetro do caule.

A avaliação de massa fresca de raiz e parte aérea foi realizada em campo, realizando a pesagem das partes já lavadas em uma balança digital. Para avaliação da raiz realizou-se uma lavagem de todo o substrato contido no recipiente, removendo lentamente o solo, com cuidado para não danificar as raízes. Para a avaliação de massa seca retirou-se a maior parte da água

presente na parte aérea e raiz por meio de secagem ao sol durante cinco dias. Posteriormente utilizou-se um forno micro-ondas para completar a secagem da planta, utilizando a metodologia proposta por Melo et al. (2013). Após seca as partes das plantas foram pesadas em balança digital. A avaliação de diâmetro de caule foi realizada com um paquímetro.

Os dados coletados foram tabulados, submetidos a análise de variância e quando procedente ao teste de Scott - Knott a 5% de probabilidade, utilizando o software de análise estatística Sisvar (Ferreira, 2019).

3. Resultados e Discussão

Os dados climáticos na região da área experimental durante o período de condução do experimento estão elucidados na tabela 4.

Tabela 4 - Dados climáticos da área experimental durante o período de condução do experimento.

T °C Média	T °C Máxima	T °C Mínima	T °C Média da Max.	T °C Média da Min.
20,07	30,8	9,4	25,57	15,49

Fonte: Adaptado de Sismet Cooxupé (2022).

As condições de temperatura ideais para o cultivo da alface a pleno sol em sistema de cultivo tradicional situam-se na faixa de 7° C a 24° C, sendo que temperaturas acima de 25° C podem promover pendoamento precoce e redução na produtividade (Sediyama, et al., 2019). Nesse sentido durante a condução do experimento as plantas foram submetidas a temperaturas máximas acima das ideais para o cultivo, chegando até 30,8 °C, o que promoveu maior heterogeneidade na área experimental.

Os resultados das diferentes fontes de boro em associação com ácidos fúlvicos sobre a massa fresca da parte aérea da alface crespa estão demonstrados na Tabela 5.

Tabela 5 - Massa fresca de parte aérea da Alface em diferentes fontes de Boro na presença e ausência de Ácido Fúlvico.

Fontes de Boro	Massa fresca de parte aérea (g)	
	Ácido Fúlvico 10 L.ha ⁻¹	Sem Ácido Fúlvico
Boro MEA	149 Aa	206 Aa
Ácido bórico	197 Aa	138 Aa
Ulexita	195 Aa	144 Aa
Boro complexo	147 Aa	134 Aa
Controle	155 Aa	143 Aa
CV (%)	31,83	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott - Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Observou-se que independentemente da fonte de boro utilizado, se associado com ácidos fúlvicos ou aplicado isoladamente, os resultados em massa fresca da parte aérea foram iguais estatisticamente e não diferiram do controle, onde não ocorreu a aplicação de boro e ácidos fúlvicos. Este resultado encontra suporte em Ribeiro e Franco Júnior (2022), que ao avaliar a interação de diversas fontes de boro com ácidos fúlvicos não obtiveram incrementos significativos em massa fresca de parte aérea. Tais resultados se assemelham também aos encontrados por Berni et al. (2012), onde avaliando diversas doses de boro via solo e via foliar com a fonte bórax em alface americana não obtiveram incrementos significativos nos parâmetros de massa fresca total. Seguindo a mesma tendência Azevedo et al. (2021) ao avaliar ácidos húmicos e fúlvicos extraídos de esterco bovino, aplicados na cultura da alface, não obtiveram incrementos em peso fresco e em área foliar. Em contrapartida os resultados

encontrados por Pietroski et al. (2015) divergem dos relatados acima, onde notou-se incrementos em massa fresca da parte aérea da alface quando aplicou-se boro via ácido bórico no solo nas doses de 6 mg.dm^{-3} e 12 mg.dm^{-3} , com a dose mais elevada ocasionando sintomas de toxidez do elemento.

Nesse sentido acredita-se que os níveis de boro já presentes no solo da área experimental tenham contribuído para o pleno crescimento da parte aérea, sendo suficientes para a planta.

Ressalta-se que durante a condução do experimento não se visualizou nenhum sintoma de toxidez do elemento boro nas plantas. A caracterização de sintomas de toxidez de boro em plantas de alface se dá pelo bronzeamento e queima das partes marginais das folhas velhas (Rodrigues, et al., 2011).

Os resultados das diferentes fontes de boro em associação com ácidos fúlvicos na massa fresca de raiz estão presentes na Tabela 6.

Tabela 6 - Massa fresca de raiz da Alface em diferentes fontes de Boro na presença e ausência de Ácido Fúlvico.

Fontes de Boro	Massa fresca de raiz (g)	
	Ácido Fúlvico 10 L.ha^{-1}	Sem Ácido Fúlvico
Boro MEA	33 Ab	31 Ab
Ácido bórico	34 Aa	26 Ab
Ulexita	30 Ab	24 Ab
Boro complexado	28 Ab	30 Ab
Controle	30 Ab	24 Ab
CV (%)	15,75	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott – Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

O comportamento de todas fontes de boro com ou sem associação com ácidos fúlvicos foram semelhantes, não diferindo entre si estatisticamente, com a exceção do ácido bórico aplicado em associação com ácidos fúlvicos, que promoveu maior incremento em massa fresca de raiz, ocorrendo, portanto, um efeito sinérgico. Tal resultado é explicado pelo efeito promotor de crescimento radicular das substâncias húmicas, que possuem um efeito ativador de genes responsivos as auxinas, como o gene DR5 (García, et al., 2018), aumento na atividade da enzima rubisco, aumento no teor de clorofila e melhorias na condutância estomática (Hernandez, et al., 2015). Além disso o ácido bórico é um fertilizante solúvel em água e que fornece o elemento boro em forma prontamente disponível para a planta, tendo um efeito muito significativo no meristema apical de raiz (Dechen, et al., 2018).

Resultado semelhante foi encontrado em experimento com fertilizante rico em substâncias húmicas aplicado via solo na cultura da alface, com resultados significativos em comprimento e diâmetro de raiz, número de folhas e altura de planta (Kraemer & Dick, 2014). Oliveira et al. (2020) ao avaliar diferentes doses de ácidos húmicos em mudas de batata doce obteve incremento significativo em número de raízes quando aplicado na concentração de 20 mL.L^{-1} , entretanto os parâmetros massa fresca de raiz e massa seca de raiz não diferiram do controle.

Os resultados referentes a massa seca de parte aérea estão presentes na Tabela 7.

Tabela 7 - Massa seca de parte aérea da Alface em diferentes fontes de Boro na presença e ausência de Ácido Fúlvico.

Fontes de Boro	Massa seca de parte aérea (g)	
	Ácido Fúlvico 10 L.ha ⁻¹	Sem Ácido Fúlvico
Boro MEA	8 Aa	11 Aa
Ácido bórico	11 Aa	7 Aa
Ulexita	10 Aa	8 Aa
Boro complexado	8 Aa	7 Aa
Controle	8 Aa	8 Aa
CV (%)	32,5	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott – Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Todas as fontes de boro obtiveram respostas em massa seca de parte aérea iguais estatisticamente não diferindo do controle, e a associação com ácidos fúlvicos não promoveu nenhum ganho significativo. Resultado semelhante foi encontrado por Ferreira et al. (2019), onde ao avaliar doses de boro na cultura da couve flor não obteve incremento significativo com a aplicação de boro em massa seca de parte aérea. Em contraponto Nascimento et al. (2015) ao avaliar doses e fontes de boro na couve flor notou incrementos significativos em massa seca da planta quando utilizou-se a fonte ácido bórico nas doses de 0,5 a 2 mg.Kg⁻¹ de solo.

Em estudo de interação de ácidos orgânicos com boro na cultura do tomate, notou-se que o ácido húmico atua complexando o micronutriente boro, em algumas situações restringindo sua disponibilidade quando em solos com baixos teores de boro, causando reduções na massa fresca total da planta, entretanto quando o boro foi aplicado em uma dose para elevar o teor no solo para 2 mg.Kg⁻¹ de B ocorreu efeito benéfico dos ácidos húmicos, em especial no acúmulo de massa seca total da planta (Moschini & Silva, 2018).

Os resultados referentes a massa seca de raiz estão elucidados na Tabela 8.

Tabela 8 - Massa seca de raiz da Alface em diferentes fontes de Boro na presença e ausência de Ácido Fúlvico.

Fontes de Boro	Massa seca de raiz (g)	
	Ácido Fúlvico 10 L.ha ⁻¹	Sem Ácido Fúlvico
Boro MEA	5 Ab	5 Ab
Ácido bórico	7 Aa	4 Ab
Ulexita	7 Aa	3 Ab
Boro complexado	4 Ab	5 Ab
Controle	5 Ab	4 Ab
CV (%)	35,42	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott – Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

A associação do fertilizante a base de ácidos fúlvicos promoveu ganhos significativos em massa seca de raiz quando associado aos fertilizantes ácido bórico e ulexita, sendo superiores a todos os outros tratamentos. Fato relevante é que a ulexita quando associada com ácidos fúlvicos não promoveu ganho de massa fresca de raiz, entretanto ao avaliar a massa seca notou-se que ocorreu efeito significativo dessa interação. Acredita-se que o não efeito da ulexita com ácidos fulvicos em massa fresca de raiz seja pelo teor de água presente no recipiente ainda em campo, desse modo prevalece como variável resposta mais importante aquela obtida em massa seca.

A aplicação isolada de ácidos fúlvicos não promoveu ganhos em massa seca de raiz, divergindo de Santos (2019), onde em experimento conduzido durante a formação de mudas de alface, notou-se que a aplicação de fertilizante foliar a base de substâncias húmicas promoveu incrementos significativos em massa seca de raiz, quando aplicado na concentração de 40 mL.L⁻¹. Tal divergência pode ser justificada pela modalidade de aplicação e no ajuste de doses, onde na ocasião de Santos (2019) a aplicação foi via foliar e no atual experimento via solo e com dose de 10 L.ha⁻¹

O efeito positivo da ulexita associada com ácido fúlvico em massa seca de raiz pode ser explicado por uma possível reação de solubilidade, promovida por uma redução do pH do solo, oriunda da aplicação dos ácidos fúlvicos, pois a ulexita é uma fonte de boro insolúvel em água e solúvel em ácidos. Tal justificativa encontra suporte em Correia et al. (2016), onde ao avaliar solubilidade e lixiviação de boro com diferentes doses e fontes notou-se que a ulexita aplicada em associação com turfa aumentou a disponibilidade de boro, reduzindo sua adsorção.

Os resultados dos tratamentos em diâmetro do caule estão expostos na Tabela 9.

Tabela 9 - Diâmetro do caule da Alface em diferentes fontes de Boro na presença e ausência de Ácido Fúlvico.

Fontes de Boro	Diâmetro de caule (cm)	
	Ácido Fúlvico 10 L.ha ⁻¹	Sem Ácido Fúlvico
Boro MEA	1,56 Aa	1,76 Aa
Ácido bórico	1,67 Aa	1,46 Aa
Ulexita	1,67 Aa	1,46 Aa
Boro complexado	1,46 Aa	1,37 Aa
Controle	1,58 Aa	1,61 Aa
CV (%)	15,40	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott – Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Todas as fontes de boro foram iguais estatisticamente e não diferiram do controle quando se avaliou o diâmetro do caule. A associação de ácidos fúlvicos com fontes de boro e aplicado isoladamente também não promoveu incrementos significativos em diâmetro de caule. Tal resultado se assemelha ao encontrado por Silva (2016), onde ao avaliar a interação de doses de nitrogênio com doses de boro na cultura da alface percebeu que o boro somente promoveu aumento no diâmetro do caule quando associado a 200 Kg.ha⁻¹ de N, e que esse incremento foi igual estatisticamente onde aplicou-se 100 Kg.ha⁻¹ de N e não se aplicou boro. Nesse sentido é possível inferir que o incremento de diâmetro de caule com o micronutriente boro guarda estreita relação com o nitrogênio e que em doses médias normais de N não é necessário aplicar boro para incrementar diâmetro de caule.

4. Conclusão

A aplicação de boro via solo não promoveu incremento significativo em massa fresca de parte aérea, massa seca de parte aérea e diâmetro de caule, independentemente da fonte de boro utilizado e se associado ou não à ácidos fúlvicos, sendo todas as fontes iguais estatisticamente entre si.

A aplicação isolada de ácidos fúlvicos não promoveu incremento significativo em massa fresca de parte aérea, massa seca de parte aérea, massa fresca de raiz, massa seca de raiz e diâmetro de caule.

Quando se associou as fontes de boro ácido bórico com ácidos fúlvicos ocorreu incremento significativo em massa fresca de raiz e massa seca de raiz. A aplicação de ulexita associada com ácidos fúlvicos promoveu incremento significativo em massa fresca de raiz.

A aplicação de ácido bórico associado à ácidos fúlvicos bem como a aplicação de ulexita associada à ácidos fúlvicos aumentaram o desenvolvimento das raízes de forma semelhante, sendo, portanto, recomendados no cultivo de alface crespa.

Não se observou nenhum sintoma visual de toxidez dos fertilizantes aplicados nas plantas de alface.

Sugere-se que em trabalhos futuros seja avaliado também o efeito dos fertilizantes boratados associados à ácidos fúlvicos e aminoácidos aplicados via foliar na cultura da alface.

Referências

- Alvarez, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M. G. & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. 22 (6), 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Azevedo, S. A., Morais, J., Oliveira, R. A., Sousa, V. M. S., Nascimento, I. O., Dias, V. L. N. & Nunes, S. E. A. (2011). Efeitos dos ácidos húmicos e fúlvicos na qualidade da *Lactuca sativa* L. (Alface) em relação ao peso fresco área foliar e às concentrações de clorofila e teor de ferro. In *Congresso brasileiro de química: meio ambiente e energia, 51. Anais...* São Luís – MA.
- Azevedo, S. A., Morais, J., Sobrinho, N. A., Dias, V. L. N., Oliveira, J. D. & Nascimento, I. O. (2021). Avaliação da qualidade nutricional da alface cultivada em solo sob aplicação de ácidos húmicos e fúlvicos associados à adubação mineral. *Acta Tecnológica*. 15 (1), 81-96. <https://doi.org/10.35818/acta.v15i1.945>
- Berni, R. F., Chaves, F. C. M., Kano, C. & Batista, A. C. (2012). Efeito de doses de boro em aplicação via solo e foliar sobre alface americana no Amazonas. *Horticultura Brasileira*. 30 (2), 373-379.
- Borcioni, E., Mógor, A. F. & Pinto, F. (2016). Aplicação de ácido fúlvico em mudas influenciando o crescimento radicular e produtividade de alface americana. *Revista Ciência Agronômica*. 47 (3), 509-515. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160061>
- Correia, R. O. S. R., Teixeira, P. C., Mattos, B. B., Polidoro, J. C. & Mendonça, L. B. (2015). Solubilidade e mobilidade de fertilizantes boratados em condições controladas. In *Seminário pibic embrapa solos, 2015 – 2016. Anais...* Rio de Janeiro – RJ.
- Dechen, A. R., Nachttigall, G. R., Carmello, Q. A. C., Santos, L. A. & Sperandio, M. V. L. (2018). Micronutrientes. In M. S. Fernandes, S. R. Souza & L. A. Santos (Eds.), *Nutrição mineral de plantas* (pp. 491-562). Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- Ferreira, A. R., Lima Júnior, J. A., Oliveira, P. D., Aviz, W. L. C. & Santos, H. C. A. (2019). Desempenho produtivo de couve flor submetida a diferentes manejos de irrigação e doses de boro em ambiente protegido. *Revista Engenharia na Agricultura*. 27 (5), 440-451.
- Ferreira, D. F. (2019). Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista brasileira de biometria*. 37 (4), 529-535. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>
- Filgueira, F. A. R. (2008). *Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Editora UFV.
- Fontes, P. C. R. (1999). Alface. In A. C. Ribeiro, P. T. G. Guimarães & V. H. A. Venegas (Eds.), *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação* (pp. 177). Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais.
- García, A. C., Mina, J. M. G., Tavares, O. C. H., Santos, L. A. & Berbara, R. L. L. (2018). Substâncias húmicas e seus efeitos sobre a nutrição de plantas. In M. S. Fernandes, S. R. Souza & L. A. Santos (Eds.), *Nutrição mineral de plantas* (pp. 228-277). Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- Google Earth. (2019). Campestre. https://earth.google.com/web/search/Campestre,+MG/@-21.69194877,-46.18705835,1026.78912729a,270.05910661d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCaTi4YZC6TVAEaTi4YZC6TXAGT4dA_oyrAPAIavdNsc2p1rA
- Hernandez, O. L., Calderín, A., Huelva, R., Balmori, D. M., Guridi, F., Aguiar, N. O., Olivares, F. L. & Canellas, L. P. (2015). Humic substances from vermicompost enhance urban lettuce production. *Agronomy for Sustainable Development*. 35 (1), 225-232. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0221-x>
- Köppen, W. & Geiger, R. (1936). *Handbuch der Klimatologie: Das geographische System der Klimate*. Verlag von Gebrüder Borntraeger.
- Kraemer, V. L. & Dick, D. P. (2014). Efeito de fertilizante de leonardita no desenvolvimento da alface e nas frações húmicas do solo. In *Feira de inovação tecnológica da ufrgs, 4. Anais...* Porto Alegre – RS.
- Malavolta, E. (2006). *Manual de nutrição mineral de plantas*. Editora Agronômica Ceres.
- Melo, G. W., Rodighero, K., Freitas, R. F., Magro, R. D., Albarello, J. B. & Oliveira, P. D. (2013). Secagem rápida de tecidos de plantas para determinação da matéria seca. In *Congresso brasileiro de ciência do solo, 34. Anais...* Florianópolis – SC.
- Moschini, B. P. & Silva, C. A. (2018). Nutrição e crescimento do tomateiro em função da interação ácido húmico-boro. *Revista de Ciências Agrárias*. 41 (3), 663-673. <https://doi.org/10.19084/RCA18084>
- Nascimento, R., Moraes, V. R., Souza, J. A. & Moreira, A. (2015). Fontes e doses de boro no desenvolvimento vegetativo da couve flor. In *Reunião paranaense de ciência do solo, 4. Anais...* Cascavel – PR.
- Oliveira, A. J. M., Rangel Junior, I. M., Cavalcanti, V. P., Rodrigues, F. A., Sousa, L. F. & Pasqual, M. (2020). Ácido húmico como indutor de crescimento de mudas de batata doce Brazlândia Branca. In *Congresso brasileiro de agroecologia, 11. Anais...* São Cristóvão – SE.
- Paccote, M. R. (2020). *Manual técnico: Para cultivo de hortaliças*. Associação brasileira do comércio de sementes e mudas.

- Pessoa, H. P. & Machado Junior, R. (2021). *Folhosas: Em destaque no cenário nacional*. Revista Campo e Negócios. <https://revistacampoenegocios.com.br/folhosas-em-destaque-no-cenario-nacional/>
- Pietroski, M., Teixeira, S. O., Cardoso, M. A., Claudino, W. V., Domingues, T. R. & Caione, G. (2015). Doses de boro em solo cultivado com alface. In *Congresso brasileiro de ciência do solo, 35. Anais....* Natal – RN.
- Raij, B. Van. (2011). *Fertilidade do solo e manejo de nutrientes*. International Plant Nutrition Institute.
- Ribeiro, V. M., Franco Júnior, K. S. (2021). Avaliação de diferentes fontes de boro associado ao ácido fúlvico sobre a massa fresca da parte aérea da alface crespa. In *Congresso brasileiro de ciências biológicas online, 3. Anais....* <https://editoraime.com.br/revistas/index.php/rema/issue/view/49/25>
- Rodrigues, M. A., Silva, M. L. P., Bianco, M. S. & Cecílio Filho, A. B. (2011). Caracterização de sintomas visuais de excesso de micronutrientes em cultivares de alface. *Horticultura Brasileira*. 29 (2), 3708-3713.
- Santos, G. C. A. (2019). *Uso do produto Humix na formação de mudas de alface (Lactuca sativa)*. 21 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Tocantins.
- Sediyama, M. A. N., Ribeiro, J. M. O., Pedrosa, M. W. & Perez, A. L. (2019). Alface (*Lactuca sativa* L.). In T. J. Paula Júnior & M. Venzon (Eds.), *101 culturas: Manual de tecnologias agrícolas* (pp. 58-66). EPAMIG.
- Silva, J. M. S. (2016). *Adubação nitrogenada e boratada na produtividade da alface crespa (cv. Grand Rapids)*. 19 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Maranhão.
- Sismet Cooxupé. (2022). *Dados das estações meteorológicas*. <https://sismet.cooxupe.com.br:9000/dados/estacao/pesquisarDados/?estCooxupe=1&cdEstacao=17>
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M. & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed.
- Trani, P. E., Purquerio, L. F. V., Figueiredo, G. J. B., Blat, S. F. & Costa, C. P. (2014). Alface. In A. T. E. Aguiar, C. Gonçalves, M. E. A. G. Z. Paterniani, M. L. S. Tucci & C. E. F. Castro (Eds.), *Boletim 200: Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas* (pp. 8-10). Instituto agrônomo de Campinas.
- Yuri, J. E., Mota, J. H., Resende, G. M. & Souza, R. J. (2016). Nutrição e adubação da cultura da alface. In R. M. Prado & A. B. Cecílio Filho (Eds.), *Nutrição e adubação de hortaliças* (pp. 559-577). FCAV/CAPES.