

USO DE EXTRATOS VEGETAIS APLICADOS VIA SOLO NO DESEMPENHO PRODUTIVO DA ALFACE AMERICANA

 <https://doi.org/10.56238/arev7n4-274>

Data de submissão: 26/03/2025

Data de publicação: 26/04/2025

Isla Vitória de Carvalho Lima

Graduanda em Engenharia Agronômica

UEMASUL/Campus Imperatriz

E-mail: virginiaabandeira.20200003126@uemasul.edu.br

Jonathan dos Santos Viana

Doutor em Agronomia (Ciência do Solo)

UEMASUL/Campus Imperatriz

E-mail: jonathan.viana@uemasul.edu.br

<https://orcid.org/0000-0003-4734-9843>

Daniel Carlos Machado

Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo)

UNESP/Campus Jaboticabal

E-mail: daniel.c.machado@unesp.br

Leônidas Leoni Belan

Doutor em Agronomia (Fitopatologia)

UEMASUL/Campus Imperatriz

E-mail: leonidas.belan@uemasul.edu.br

Wilson Araújo da Silva

Doutor em Agronomia

UEMASUL/Campus Imperatriz

E-mail: wilson@uemasul.edu.br

Cristiane Matos da Silva

Doutora em Ciência e Tecnologia Ambiental

UEMASUL/Campus Imperatriz

E-mail: cristiane.silva@uemasul.edu.br

André Luiz Pereira da Silva

Doutor em Agronomia (Ciência do Solo)

UFRA/Campus Castanhal

Email: andreengronomo@gmail.com

Anatercia Ferreira Alves

Doutora em Fitotecnologia – Biotecnologia e Melhoramento de Plantas

UEMASUL/Campus Imperatriz

E-mail: anatercia@yahoo.com.br

Kalyne Pereira Miranda Nascimento
Mestra em Agricultura e Ambiente
UEMASUL/Campus Imperatriz
E-mail: kalyneengenheiraag@hotmail.com

Leanne Teles Pereira
Mestre em Ciências Florestais e Ambientais
UEMASUL/CCA
E-mail: leanne.pereira@uemasul.edu.br

RESUMO

A alface destaca-se como uma hortaliça de grande valor nutricional, sendo uma das mais consumidas pela população brasileira. São vários os entraves encontrados na produção dessa cultura, no qual pode-se destacar o tipo de solo que a mesma é cultivada. Diante desse cenário, o presente trabalho teve como objetivo investigar os efeitos dos extratos vegetais aplicados via solo de textura arenosa sobre o desempenho produtivo da alface americana. O estudo foi realizado em ambiente de campo, no Cinturão Verde, localizado em Imperatriz, Maranhão. O experimento foi delineado em blocos ao acaso, esquema fatorial 3 x 4, em 3 repetições. Os tratamentos consistiram na combinação de 3 extratos de plantas e 4 diferentes doses de extratos. Foram realizadas as seguintes determinações: massa fresca aérea, caule e de raiz, além do número de folhas, diâmetro e comprimento do caule, e produtividade. O extrato de girassol mexicano destacou-se, com as doses de 150 g e 225 g 4 L⁻¹ de água apresentando os melhores resultados para a massa fresca aérea, número de folhas, diâmetro e peso do caule, além da produtividade. O extrato de vinagreira apresentou melhor desempenho na dose de 75 g 4 L⁻¹ de água. O extrato de mamona teve resultados mais expressivos na dose de 75 g 4 L⁻¹ de água. Conclui-se que o manejo adequado de doses e tipos de extratos vegetais pode maximizar os benefícios desses produtos naturais, reduzindo a dependência de insumos químicos e promovendo a saúde do solo.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L. Extratos vegetais. Produtividade.

1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) pertence à família Asteraceae (Sediyama et al., 2007) originária de espécies silvestres, que ainda podem ser encontradas em regiões de clima temperado, no sul da Europa e na Ásia Ocidental, conforme Filgueira (2003). Devido ao sabor, preço reduzido para o consumidor e qualidade nutricional, torna-se a principal salada consumida pela população (Silva et al., 2013).

A alface é apontada como a hortaliça folhosa de maior importância na alimentação do brasileiro, já que é a hortaliça mais consumida no Brasil e no mundo, o que assegura importante parcela do mercado brasileiro de hortaliças a essa espécie, sendo de grande importância econômica e produtiva (Milhomens et al. 2015). A grande demanda por essa hortaliça tem incentivado a adoção de novas tecnologias de cultivo, visando aumentar a produtividade, reduzir os custos de produção e oferecer ao mercado um produto de melhor qualidade a um preço mais acessível (Silva et al., 2013).

Segundo Filgueira (1982), dentre as hortaliças, a alface constitui-se em uma das mais ricas fontes de minerais e de celulose. A alface exerce um papel relevante na dieta e na promoção da saúde humana, pois é rica em vitaminas e minerais essenciais, é a mais popular dentre as folhas são consumidas. É reconhecida por suas propriedades calmantes, com alto conteúdo de vitaminas A, B e C, além de cálcio, fósforo, potássio, fibras e dentre outros minerais (Shi et al., 2022).

As pesquisas no setor agrícola vêm se desenvolvendo de forma crescente devido a necessidade de fornecer nutrientes às plantas, porém, levando em consideração os custos de produção, aumento da demanda na produção de alimentos e os problemas ambientais que a sociedade atual vem enfrentando (Chiconato et al., 2013).

A busca por uma forma mais segura e sustentável de cultivo, a chamada agricultura alternativa, traz para discussão o uso de produtos menos agressivos com a intenção de harmonizar o crescimento econômico com o bem-estar social e a preservação dos recursos naturais. Esses produtos podem ser utilizados como fertilizantes, antifúngicos, antimicrobianos, indutores de resistência, herbicidas, nematicidas, promotores de crescimento e, principalmente, no controle de organismos fitopatogênicos Carvalho (2021).

Nesse sentido, o uso de extratos vegetais tem se mostrado uma abordagem promissória, pois esses extratos contêm compostos bioativos que desempenham funções essenciais nas plantas contribuindo para o desenvolvimento vegetal, incluindo a regulação do crescimento, proteção contra patógenos e estresse ambiental. Segundo Santos et al. (2013), relatam que existem diversos tipos de plantas com potencial inseticida, fungicida, nematicida e herbicida, capazes de controlar ou evitar a contaminação das plantas e do solo por meio de metabólitos secundários tais como as quinonas, flavonóides, óleos essenciais, alcalóides, dentre outros.

Os efeitos dos extratos vegetais são decorrentes de suas substâncias fitoquímicas, presentes em variadas partes do vegetal, como sementes, folhas e frutos, possuindo propriedades que possuem uma extensa magnitude em tratamentos terapêuticos contra microrganismos e uma opção de controle de insetos com baixo custo, sem danos aos aplicadores e consumidores, vindos de fontes renováveis (Bezerra, 2012). O caráter químico do extrato é aprazado através do seu teor em substâncias dos seguintes grupos: alcaloides, saponinas, taninos, óleos gordos, óleos essenciais, mucilagens, antisséptico, flavonoides, ácido orgânico (Carvalho, 2001).

Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo investigar os efeitos dos extratos vegetais aplicados via solo sobre o desempenho produtivo da alface americana. Esta pesquisa visa contribuir para o desenvolvimento de práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes, oferecendo alternativas naturais que possam melhorar a produtividade e a qualidade da alface, além de promover a conservação do solo e do ambiente agrícola como um todo.

2 METODOLOGIA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O estudo foi realizado em ambiente de campo, no Cinturão Verde, localizado em Imperatriz, Maranhão, Brasil ($5^{\circ} 31' 32''$ S; $47^{\circ} 26' 35''$ W). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical com precipitação média anual de 1.221 mm e temperatura média anual de 27,1 °C.

O solo da área onde foi conduzido o experimento caracteriza-se por apresentar textura predominantemente média a arenosa, o que resulta em baixa capacidade de retenção de umidade. Essas características tornam o solo altamente suscetível à erosão. Durante os períodos de maior precipitação, foram identificados pontos com drenagem deficiente, nos quais a infiltração da água é dificultada devido à presença de uma camada impermeável no perfil do solo.

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O experimento foi delineado em blocos ao acaso, esquema fatorial 3×4 , com 12 tratamentos em 3 repetições. Os tratamentos consistiram na combinação de 3 extratos de plantas e 4 diferentes doses de extratos, sendo o primeiro fator, extratos vegetais de Girassol mexicano (*Tithonia diversifolia* L.), vinagreira (*Hibiscus sabdariffa* L.) e mamona (*Ricinus communis* L.) e o segundo fator, com níveis de doses dos extratos vegetais: 0; 75 g, 150 g, 225 g de folhas frescas/ 4 L de água.

2.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

A área é historicamente cultivada com hortaliças folhosas, bastante uniforme em relação a cor de solo e topografia, além disso não há registros de manchas de solo. O preparo do solo foi iniciado com desfragmentação mecânica dos restos culturais, seguido de escarificação e nivelamento dos canteiros. As mudas da cultivar de alface BRS Leila foram obtidas de um produtor local na região de Imperatriz – MA, já estabelecidas com 4 a 5 folhas definitivas, prontas para o transplante.

O experimento foi implantado no dia 15/07/2024, numa área de 90 m², com 3 canteiros tendo dimensões de 1,0 m x 18 m cada, totalizando 12 parcelas de 1,5 m². Cada parcela foi composta por 5 linhas da cultura, adotando espaçamento de 0,25 m x 0,25 m, com 20 plantas por parcela. As duas linhas de cultivo das laterais, bem como 0,25 m de cada extremidade das linhas centrais foram consideradas como bordadura, não sendo utilizadas para as avaliações das plantas da área útil da parcela.

O solo foi revolvido durante uma semana e exposto à radiação solar, afim de reduzir a população da praga de solo. O preparo do extrato vegetal foi realizado com a coleta de folhas frescas presentes na propriedade. Após a coleta, procedeu com a lavagem do material em água corrente. Posteriormente, seguiu-se com pesagem das folhas em balança com precisão de 0,001 g, e após realizou-se a Trituração do material em liquidificador doméstico, adicionando as dosagens estabelecidas para um volume fixo de água de 4 L.

A aplicação dos diferentes extratos vegetais se deu por meio da adição do material sobre o solo sem a realização da peneiragem, afim de favorecer maior reação do produto final no solo. Apenas após 1 dia da adição do extrato ao solo, que se procedeu o transplantio das mudas, e logo após 7 dias do transplantio realizou-se uma adubação mineral com uso da formulado comercial 10 – 10 -10, na dosagem de 47 g planta⁻¹ em uma única aplicação.

Os tratos culturais realizados durante condução da cultura, consistiram na aplicação diária de 3 mm de água advinda da irrigação do tipo tripa, parcelada duas vezes ao dia. Além do mais, semanalmente era realizada a capina manual, afim de reduzir a competição das ervas espontâneas por água e nutrientes presentes na área de cultivo da cultura principal, alface. Durante desenvolvimento da cultura em campo, não foi notada presença de patógenos e de pragas, não sendo necessário o uso de defensivos agrícolas.

2.4 VARIÁVEIS ANALISADAS

No período de 32 dias após transplantio das mudas, foram colhidas plantas da área experimental com o objetivo de avaliar características agronômicas da cultura. Para isso, foram coletadas 5 plantas das áreas úteis de cada parcela e posteriormente avaliadas quanto aos parâmetros estabelecidos.

Foram realizadas as seguintes determinações: massa fresca da parte aérea, caule e de raiz, além do número de folhas, diâmetro e comprimento do caule e produtividade. A determinação de massa fresca aérea, caule e de raiz foram realizadas por meio da pesagem em balança semi-analítica, no Laboratório de Pesagem da UEMASUL/CCA, sendo essa medida expressa em g planta⁻¹. O número de folhas foi mensurado por meio da contagem de folhas totais por planta. O diâmetro e comprimento do caule, foram determinados com uso de paquímetro digital, valores expressos em mm. E a produtividade, expressa em kg ha⁻¹, foi estimada com base na massa fresca da planta de alface e extrapolada para hectare.

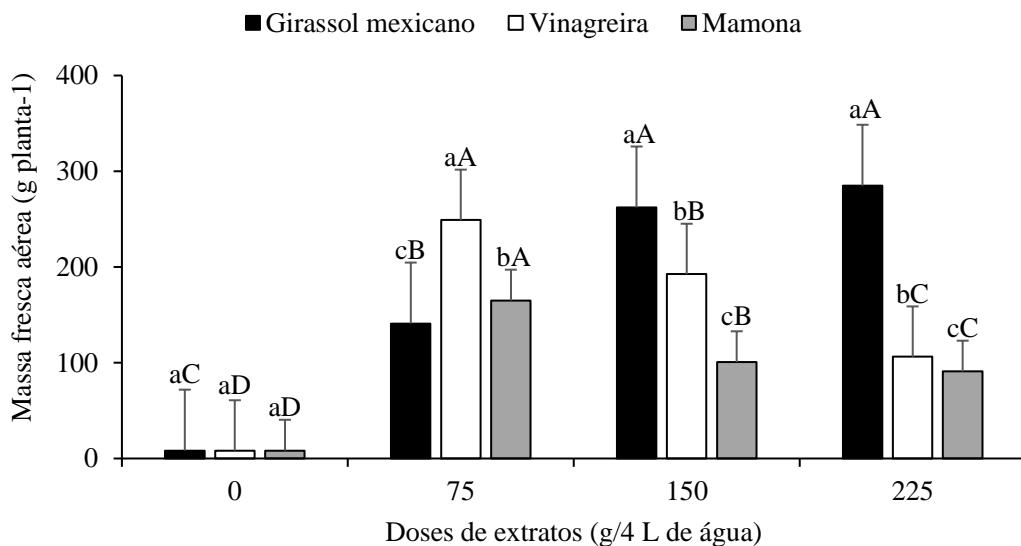
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram testados quanto à normalidade dos erros (Royston, 1995) e homogeneidade de variância (Gastwirth et al., 2009), sendo submetidos à análise de variância pelo teste F ($p<0,05$), e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p<0,05$), utilizando o software Agroestat, versão 1.0.

3 RESULTADOS

A Figura 1 ilustra o comportamento da cultura de alface em função da aplicação de diferentes extratos vegetais no solo de cultivo. Os resultados do estudo indicaram diferenças significativas da interação dos fatores estudados (p -valor $< 0,01$). Especificamente para o extrato de girassol mexicano (*Tithonia diversifolia*), as dosagens de 150 e 225 g 4 L⁻¹ de água foram as mais expressivas, proporcionando massas frescas aéreas de 262,2 g e 284,9 g planta⁻¹, respectivamente.

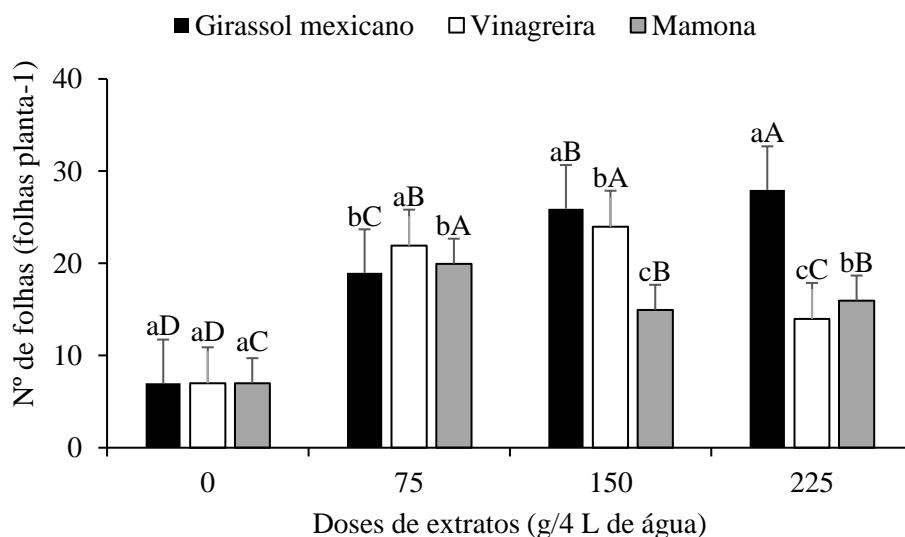
Figura 1. Massa fresca aérea da alface submetido a aplicação de extratos de Girassol Mexicano (*Tithonia diversifolia* L.), Vinagreira (*Hibiscus sabdariffa* L.) e Mamona (*Ricinus communis* L.) via solo. As letras maiúsculas indicam a comparação dos extratos entre as doses; as letras minúsculas indicam a comparação dos extratos dentro da dose. **significativo ($p < 0,01$).



Fonte: Lima *et al.* (2025)

A Figura 2 apresenta os resultados relacionados à quantidade de folhas desenvolvidas em plantas de alface submetidas à aplicação de extratos vegetais no solo. O experimento revelou diferenças significativas para interação dos fatores estudados (p -valor $< 0,01$).

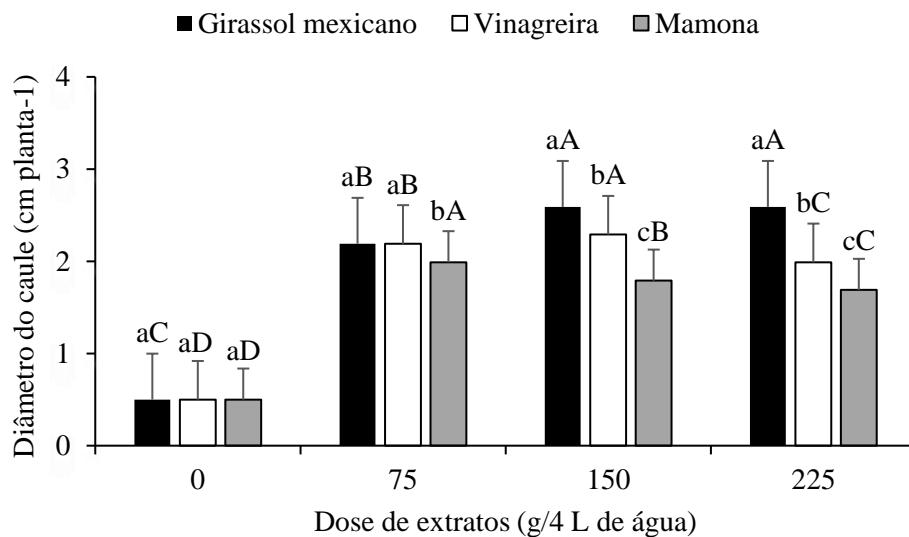
Figura 2. Número de folhas de alface submetido a aplicação de extratos de Girassol Mexicano (*Tithonia diversifolia* L.), Vinagreira (*Hibiscus sabdariffa* L.) e Mamona (*Ricinus communis* L.) via solo. Letras maiúsculas indicam a comparação dos extratos entre as doses; as letras minúsculas indicam a comparação dos extratos dentro da dose. **significativo ($p < 0,01$).



Fonte: Lima *et al.* (2025)

A Figura 3 apresenta o diâmetro do caule das plantas de alface submetidas à aplicação de extratos vegetais no solo. Houve interação significativa para a interação dos fatores, p-valor <0,01.

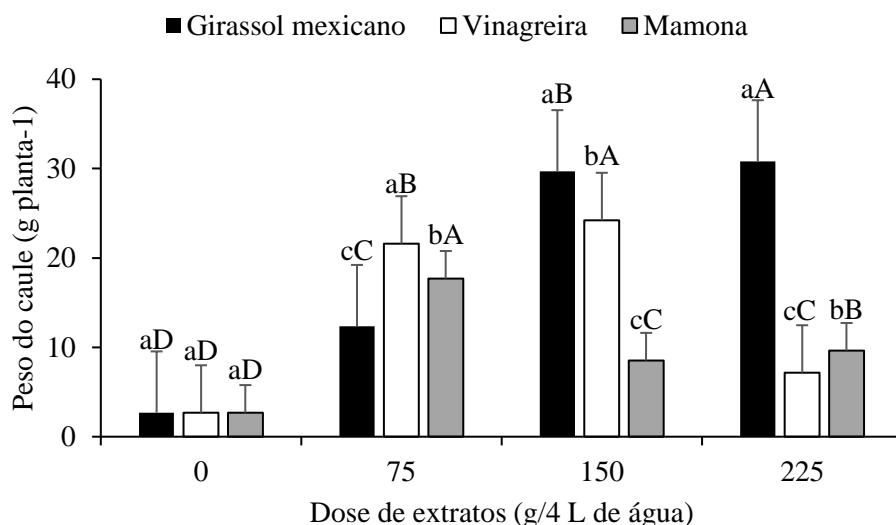
Figura 3. Diâmetro do caule da alface submetida a aplicação de extratos de Girassol Mexicano (*Tithonia diversifolia* L.), Vinagreira (*Hibiscus sabdariffa* L.) e Mamona (*Ricinus communis* L.) via solo. Letras maiúsculas indicam a comparação dos extratos entre as doses; as letras minúsculas indicam a comparação dos extratos dentro da dose. **significativo (p < 0,01).



Fonte: Lima *et al.* (2025)

A Figura 4 exibe o peso do caule das plantas de alface submetidas à aplicação de extratos vegetais no solo. Observou-se diferença significativa em relação aos fatores, doses e espécies vegetais, com p-valor < 0,01.

Figura 4. Peso do caule da alface submetido a aplicação de extratos de Girassol Mexicano (*Tithonia diversifolia* L.), Vinagreira (*Hibiscus sabdariffa* L.) e Mamona (*Ricinus communis* L.) via solo. Letras maiúsculas indicam a comparação dos extratos entre as doses; as letras minúsculas indicam a comparação dos extratos dentro da dose. **significativo ($p < 0,01$).

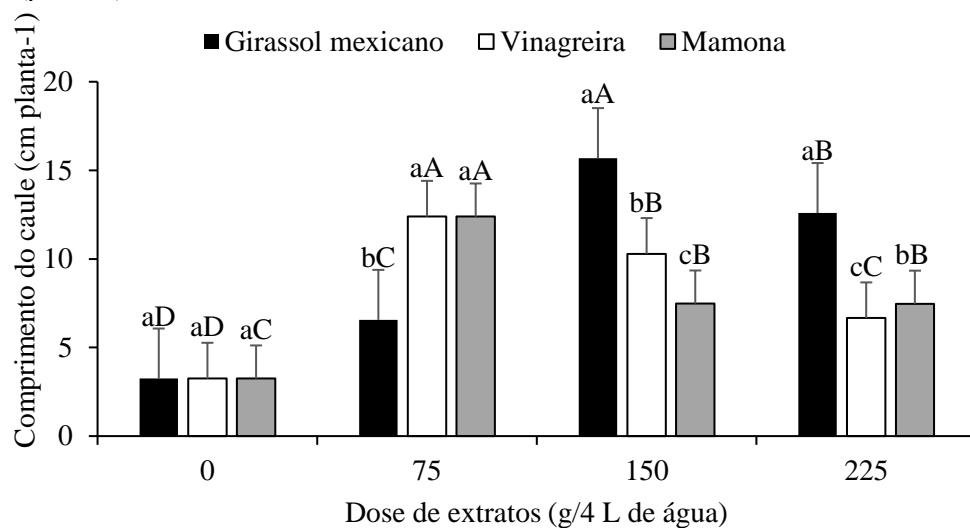


Fonte: Lima *et al.* (2025)

A Figura 5 apresenta o comprimento do caule das plantas de alface submetidas à aplicação de extratos vegetais no solo. Observou-se uma diferença significativa em relação aos fatores, doses e espécies vegetais, com p -valor $< 0,01$.

De acordo com a Figura 5, o extrato de girassol mexicano (*Tithonia diversifolia*) apresentou diferença significativa em relação às doses e aos demais tratamentos. A maior média de comprimento de caule foi observada na dose de 150 g 4 L⁻¹ de água, com 15,69 cm, enquanto a menor média ocorreu na dose de 75 g 4 L⁻¹ de água, com 6,56 cm, quando comparada ao grupo controle (testemunha).

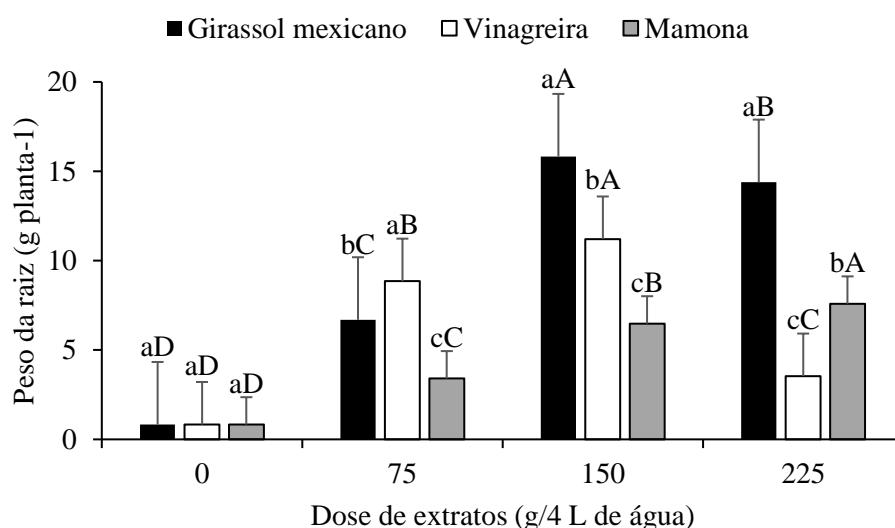
Figura 5. Comprimento do caule da alface submetido a aplicação de extratos de Girassol Mexicano (*Tithonia diversifolia* L.), Vinagreira (*Hibiscus sabdariffa* L.) e Mamona (*Ricinus communis* L.) via solo. As letras maiúsculas indicam a comparação dos extratos entre as doses; as letras minúsculas indicam a comparação dos extratos dentro da dose. **significativo ($p < 0,01$).



Fonte: Lima *et al.* (2025)

A Figura 6 refere-se ao peso das raízes das plantas de alface submetidas à aplicação de extratos vegetais via solo. Observou-se uma diferença significativa tanto entre as doses quanto entre os tratamentos estudados ($p < 0,01$).

Figura 6. Peso da raiz da alface submetido a aplicação de extratos de Girassol Mexicano (*Tithonia diversifolia* L.), Vinagreira (*Hibiscus sabdariffa* L.) e Mamona (*Ricinus communis* L.) via solo. Letras maiúsculas indicam a comparação dos extratos entre as doses; as letras minúsculas indicam a comparação dos extratos dentro da dose. **significativo ($p < 0,01$).

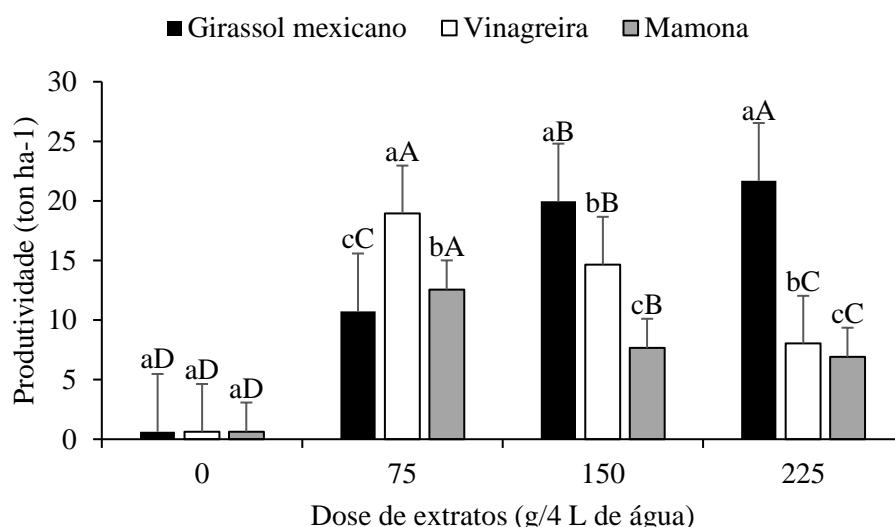


Fonte: Lima *et al.* (2025)

O extrato de girassol mexicano (*Tithonia diversifolia*) apresentou o maior peso de raízes em comparação aos outros tratamentos, com uma média de 15,83 g na dose de 150 g 4 L⁻¹ de água e 14,39 g na dose de 225 g 4 L⁻¹ de água.

A Figura 7, trata-se da produtividade de alface submetidas a aplicação de extratos vegetais via solo. Em relação a produtividade é notório que ocorreu diferença significativa para as variáveis estudadas ($p < 0,01$).

Figura 7. Produtividade da alface submetida a aplicação de extratos de Girassol Mexicano (*Tithonia diversifolia* L.), Vinagreira (*Hibiscus sabdariffa* L.) e Mamona (*Ricinus communis* L.) via solo. Letras maiúsculas indicam a comparação dos extratos entre as doses; as letras minúsculas indicam a comparação dos extratos dentro da dose. **significativo ($p < 0,01$).



Fonte: Lima *et al.* (2025)

A maior produtividade foi observada no tratamento com extrato de girassol, seguido pelo extrato de vinagreira e, por último, o extrato de mamona (Figura 7). O extrato de girassol proporcionou a maior produtividade, com 21,69 ton ha⁻¹ na dose de 225 g 4 L⁻¹ de água, devido à disponibilidade de nutrientes suficientes para o desenvolvimento da alface.

4 DISCUSSÃO

Com o aumento das doses do extrato de girassol mexicano, verificou-se um incremento progressivo na massa fresca aérea das plantas de alface (Figura 1). Esse comportamento pode ser atribuído à alta concentração de nitrogênio presente na composição do girassol mexicano, um nutriente essencial para o desenvolvimento foliar. Estudos prévios ressaltam a capacidade da *T. diversifolia* de acumular elevadas quantidades de nitrogênio e outros minerais em suas folhas (Ruiz *et al.*, 2009; García, 2017), o que reforça sua eficácia como biofertilizante no cultivo agrícola.

Pesquisas indicam que essa espécie possui concentrações significativas de nutrientes, especialmente nitrogênio (N) e fósforo (P), além de uma alta relação carbono/nitrogênio (C/N) (Almeida et al., 2009). Essas características tornam a planta uma excelente opção para adubação, sendo utilizada como extrato vegetal para promover o desenvolvimento de plantas, permitindo assim o aumento da massa fresca da parte aérea. Logo, a combinação de nutrientes essenciais, compostos bioativos, efeito bioestimulante e melhoria das condições do solo favorecendo o aumento da massa fresca aérea da alface. Isso ocorre porque o *Tithonia diversifolia* atua como um fertilizante orgânico de liberação rápida e um promotor de crescimento, maximizando os processos fisiológicos e bioquímicos da planta.

Em relação ao extrato de vinagreira (*Hibiscus sabdariffa*), observa-se um comportamento distinto daquele observado com o extrato de girassol mexicano (Figura 1). Na dose de 75 g 4 L⁻¹ de água, o desempenho foi superior, resultando em uma massa fresca aérea de 249,13 g. Entretanto, nas doses de 150 g 4 L⁻¹ de água e 225 g 4 L⁻¹ de água, houve um declínio acentuado no desempenho, com valores reduzidos para 192,63 g e 106,27 g de massa fresca aérea, respectivamente.

Esse declínio no peso da massa fresca aérea da alface pode ser atribuído ao aumento da concentração de extratos de vinagreira, os quais contêm compostos alelopáticos. Esses compostos são conhecidos por induzir estresse químico, oxidativo e osmótico, interferindo no metabolismo das plantas e criando condições adversas no solo. Apesar de contribuírem para o aumento da disponibilidade de nutrientes e eficiência de crescimento em concentrações moderadas, doses excessivas tornam-se tóxicas, prejudicando o desenvolvimento das plantas.

Estudos de Hoffmann et al. (2007) corroboram esses achados, demonstrando que extratos de espécies como espirradeira (*Nerium oleander*) e comigo-ninguém-pode (*Dieffenbachia seguine*) causam reduções nas biomassas frescas e secas de plântulas de alface e picão-preto (*Bidens pilosa*). Essas reduções foram proporcionais ao aumento da concentração dos extratos, evidenciando os efeitos tóxicos de doses elevadas.

Um comportamento similar foi observado no tratamento com o extrato de mamona (*Ricinus communis*), cuja melhor performance ocorreu na dose de 75 g 4 L⁻¹ de água, resultando em 165,05 g de massa fresca aérea. Com o aumento das doses, verificou-se uma redução progressiva na massa fresca aérea das plantas de alface submetidas a esse tratamento (Figura 1).

Esse declínio é atribuído ao possível efeito alelopático do extrato de mamona sobre as plantas de alface. Em concentrações mais elevadas, os compostos presentes no extrato podem ter impactado negativamente o desenvolvimento tanto da parte aérea quanto do sistema radicular das plantas. Esse

efeito ocorre devido à interferência no metabolismo vegetal, potencialmente causada por compostos secundários que limitam o crescimento e a eficiência fisiológica.

Segundo Dela Pena et al. (2013), o extrato aquoso de margaridão pode ser utilizado como uma alternativa de fertilizante foliar orgânico, sendo eficaz para aumentar a produtividade de hortaliças folhosas nas Filipinas. Além disso, estudos indicaram que a biomassa de *T. diversifolia* teve efeitos positivos no desenvolvimento das partes aéreas e das raízes do feijoeiro. Esse benefício está associado à aplicação de cobertura morta, que contribuiu para a adição significativa de fósforo (P) e potássio (K) ao solo, promovendo uma maior absorção desses nutrientes pelas plantas (Mustonen et al., 2014).

Para o extrato de vinagreira (*Hibiscus sabdariffa*), a melhor resposta foi observada na dose de 150 g 4 L⁻¹ de água, com uma média de 23,98 folhas por planta. Em contrapartida, a menor quantidade de folhas foi registrada na dose de 225 g 4 L⁻¹ de água, apresentando uma média de 13,98 folhas.

No que se refere a variável número de folhas, o tratamento com girassol mexicano (*Tithonia diversifolia*) apresentou destaque. À medida que as doses foram incrementadas, as plantas submetidas a este tratamento demonstraram respostas superiores, alcançando uma média de 27,96 folhas na dose de 225 g 4 L⁻¹ de água.

Em relação ao extrato de mamona (*Ricinus communis*), as plantas de alface submetidas à dose de 75 g 4 L⁻¹ de água exibiram o maior número médio de folhas, com 19,96 folhas por planta. Entretanto, verificou-se uma redução gradual no número de folhas à medida que as doses foram incrementadas.

A diminuição no número de folhas em ambos os tratamentos é explicada pela presença de compostos químicos em doses altas, com propriedades alelopáticas nos extratos vegetais, como os flavonoides. Esses compostos são conhecidos por interferirem no crescimento e no desenvolvimento das plantas, impactando diretamente o processo de divisão celular (Hess, 1987).

Observou-se que as plantas de alface tratadas com o extrato de girassol (*Tithonia diversifolia*) apresentaram os maiores diâmetros de caule nas doses de 150 e 225 g 4 L⁻¹ de água, sem diferenças significativas entre essas doses, com um valor médio de 2,59 cm. Ao comparar esses resultados com os obtidos para os demais extratos em cada dose, verificou-se uma diferença significativa entre os tratamentos. O extrato de girassol destacou-se como o mais eficaz, seguido pelo extrato de vinagreira (*Hibiscus sabdariffa*), enquanto o extrato de mamona (*Ricinus communis*) apresentou os menores valores médios de diâmetro do caule.

As plantas tratadas com o extrato de girassol mexicano (*Tithonia diversifolia*) apresentaram uma resposta crescente à medida que as doses do extrato aumentaram. O menor peso de caule foi

observado na dose de 75 g 4 L⁻¹ de água, com 12,37 g, enquanto o maior peso foi registrado na dose de 255 g 4 L⁻¹ de água, com 30,8 g planta⁻¹.

Os resultados obtidos neste estudo são consistentes com os de Oyerinde et al. (2009), que investigaram os efeitos alelopáticos de *T. diversifolia* na germinação, crescimento e conteúdo de clorofila do milho. Seus resultados indicaram que o extrato aquoso de brotos frescos de *T. diversifolia* promoveu, de forma significativa, o aumento do peso fresco, do peso seco da área foliar, do peso das raízes, além de estimular o crescimento das mudas de milho.

As plantas tratadas com o extrato de vinagreira (*Hibiscus sabdariffa*) apresentaram os maiores pesos de caule nas doses de 75 e 150 g 4 L⁻¹ de água, com médias de 21,61 g e 24,13 g, respectivamente. Em contrapartida, os menores valores de peso de caule foram observados nas plantas submetidas à dose de 225 g 4 L⁻¹ de água, com 7,17 g planta⁻¹.

Por outro lado, o extrato de mamona (*Ricinus communis*) resultou nos menores valores de peso de caule quando comparado aos outros extratos. As plantas tratadas com a dose de 75 g 4 L⁻¹ de água apresentaram o maior peso de caule, com uma média de 17,69 g, enquanto as doses de 150 e 225 g 4 L⁻¹ de água mostraram os menores valores.

Resultados semelhantes foram encontrados por Borges et al. (2007), que observaram a diminuição do crescimento da parte aérea e das raízes das plantas de alface à medida que a concentração do extrato de folhas secas de mamona aumentava. Pesquisas adicionais indicaram que a aplicação do extrato de folhas secas de mamona reduziu tanto a germinação quanto o desenvolvimento das plantas de alface Borges et al. (2011).

Em uma pesquisa realizada por Ajayi et al. (2017) com feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.), foi observado que os extratos de *Tithonia diversifolia* promoveram o desenvolvimento das plantas ao longo de todo o ciclo, desde a germinação até a fase de maturidade, ocasionou também a redução da densidade de plantas espontâneas como *Bidens pilosa* e *Brachiaria brizantha*. Ilori et al. (2007) também observaram que *T. diversifolia* pode favorecer o desenvolvimento de intervalos de crescimento em plantas mais maduras, após a fase inicial de estabelecimento das mudas de *Oryza sativa*.

O extrato de mamona (*Ricinus communis*) apresentou melhor desempenho na dose de 75 g 4 L⁻¹ de água, com uma média de comprimento de caule de 12,39 cm. Nas doses de 150 e 225 g 4 L⁻¹ de água, não foi observada diferença significativa entre as doses, sendo que ambas apresentaram valores inferiores em comparação à dose de 75 g 4 L⁻¹ de água. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2011), que estudaram o extrato de folhas secas de mamona. Os autores relataram que o extrato causou uma interferência significativa no desenvolvimento das plântulas, especialmente

inibindo o crescimento radicular, e que essa influência foi mais pronunciada nas concentrações mais altas do extrato.

A aplicação do extrato de girassol mexicano favoreceu uma melhor absorção de nutrientes pelo sistema radicular, resultando em raízes mais vigorosas. Os compostos bioativos presentes no extrato estimularam o crescimento radicular, promovendo a expansão das raízes e, consequentemente, o aumento do peso e da massa radicular.

O extrato de vinagreira (*Hibiscus sabdariffa*) apresentou a maior média de peso das raízes na dose de 150 g 4 L⁻¹ de água, com 11,21 g, e o menor peso na dose de 4 L⁻¹ de água, com 3,54 g. Entre as doses de 150 e 225 g 4 L⁻¹ de água, observou-se uma diminuição acentuada no peso das raízes. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de as raízes serem geralmente mais sensíveis às substâncias presentes nos extratos, em comparação com outras estruturas das plântulas (Chon et al., 2000). Isso ocorre devido ao contato direto e prolongado das raízes com os aleloquímicos presentes no extrato, enquanto as demais estruturas das plântulas estão em contato menos contínuo. Além disso, essa resposta pode ser um reflexo da fisiologia distinta entre as diferentes partes da planta (Aquila et al., 2000).

As alfaces submetidas ao extrato de mamona (*Ricinus communis*) apresentaram um aumento no peso das raízes conforme as doses foram elevadas, alcançando um peso de 7,59 g na dose de 225 g 4 L⁻¹ de água (Figura 6). O extrato de mamona contém compostos bioativos, como alcaloides, terpenos e ricinina, que possuem propriedades alelopáticas ou bioestimulantes. Esses compostos podem atuar de forma seletiva, afetando certas plantas ou partes específicas, mas sem interferir de maneira significativa no desenvolvimento radicular. Mesmo com o aumento das doses de extrato de mamona, observou-se que as raízes se desenvolveram de maneira mais vigorosa na dose mais alta do extrato, indicando uma resposta positiva a esses compostos.

Em Gana, a adubação verde com *T. diversifolia* é amplamente recomendada para hortaliças (Partey et al., 2011), e em Camarões, a combinação de biomassa de *T. diversifolia* com NPK aumentou em 45% a produção de mandioca em comparação ao tratamento sem insumos (Bilong et al., 2017). Estudos no Quênia também mostraram que a biomassa de *T. diversifolia* pode resultar em rendimento de milho similar ao de adubação com N, P e NPK, sugerindo sua utilização como fonte alternativa de fertilizante (Achieng et al., 2010).

Segundo Dayoolagbende et al. (2019), a combinação de fertilizante nitrogenado (uréia) com cobertura morta de *Tithonia diversifolia* elevou de forma significativa os níveis de nitrogênio, matéria orgânica, porosidade total, teor de umidade, capacidade de troca catiônica e taxa de infiltração do solo.

Esses efeitos resultaram em um aumento na produtividade do milho e na melhoria das propriedades físico-químicas do solo.

O extrato de vinagreira apresentou maior produtividade na dose de 75 g 4 L⁻¹ de água, com 18,96 ton ha⁻¹, enquanto o extrato de mamona obteve a maior produtividade também na dose de 75 g 4 L⁻¹ de água, com 12,56 ton ha⁻¹. No entanto, as alfaces tratadas com extratos de vinagreira e mamona apresentaram menor desenvolvimento em comparação às tratadas com extrato de girassol mexicano. As doses superiores a 75 g 4 L⁻¹ causaram efeitos alelopáticos, reduzindo a produtividade devido à dificuldade das plantas em se desenvolver com o aumento das concentrações dos compostos. Segundo Rodrigues et al. (1999), esses efeitos podem ser atribuídos aos compostos alelopáticos, que inibem a germinação e o crescimento ao interferirem na divisão celular, na permeabilidade das membranas e na ativação de enzimas, prejudicando a produtividade final.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que a aplicação de extratos vegetais via solo demonstrou ser uma estratégia eficaz para potencializar o desempenho produtivo da alface americana, promovendo um melhor desenvolvimento em comparação com o tratamento testemunha.

O extrato de girassol mexicano (*Tithonia diversifolia*) destacou-se, com as doses de 150 g e 225 g 4 L⁻¹ de água apresentando os melhores resultados para a massa fresca aérea, número de folhas, diâmetro e peso do caule, além da produtividade, que atingiu 21,69 ton ha⁻¹ na dose de 225 g 4 L⁻¹.

O extrato de vinagreira (*Hibiscus sabdariffa*) apresentou melhor desempenho na dose de 75 g 4 L⁻¹ de água, proporcionando melhor crescimento e produtividade da alface, o aumento das concentrações das doses do extrato resultou em efeitos alelopáticos prejudiciais, reduzindo a eficiência produtiva. De forma semelhante, o extrato de mamona (*Ricinus communis*) teve resultados mais expressivos na dose de 75 g 4 L⁻¹ de água, alcançando melhores respostas da alface aos índices avaliados, chegando a uma produtividade de 12,56 ton ha⁻¹.

Este estudo evidencia que o manejo adequado de doses e tipos de extratos vegetais pode maximizar os benefícios desses produtos naturais, reduzindo a dependência de insumos químicos e promovendo a saúde do solo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL) do Centro de Ciências Agrárias - CCA pela infraestrutura que possibilitou a realização das avaliações do experimento. Também expressamos nossa profunda gratidão ao Sr Jesusmar, pela parceria estabelecida

na implantação e condução do experimento, localizada em sua propriedade no Cinturão Verde de Imperatriz – MA.

REFERÊNCIAS

- ACHIENG, J. O.; OUMA, G.; ODHIAMBO, G.; MUYEKHO, F. Effect of *Tithonia diversifolia* (Hemsley) and inorganic fertilizers on maize yield on Alfisols and Ultisols of Western Kenya. *Agriculture and Biology Journal of North America*, v. 1, n. 5, p. 740-747, 2010.
- AJAYI, O.A.; AKINOLA, M.O.; RASHEED, O. AWODOYIN. Allelopathic potentials of aqueous extracts of *Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray in biological control of weeds in cowpea cropping system. *International Journal of Agriculture and Economic Development*, v.5, n.1, p.11-28, 2017.
- AQUILA, M. E. A. Efeito alelopático de *Ilex paraguariensis* A. St. -Hil. na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. *Iheringia Série Botânica*, Porto Alegre, v. 53, n. 23, p. 51-66, 2000.
- ALMEIDA, A. P.; XAVIER. A. S.; ARRUDA, L. A. M.; BARROS, A. P. O.; ALVES, A.O.; LOPES, V. Influência do tipo de estaca na propagação de *Tithonia diversifolia* (Hemsley) Gray. *Environmental Research*. v. 3. p. 39-46. 2009.
- BEZERRA, N. A. Avaliação da atividade antimicrobiana de *Eugenia uniflora* L. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2012.
- BILONG, E. G. et al. Effets des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* et des engrains minéraux sur la croissance, le développement et le rendement du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) en zone forestière du Cameroun. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, v. 11, n. 4, p. 1716-1726, 2017.
- BORGES, C. S.; CUCHIARA, C. C.; SILVA, S. D. A.; BOBROWSKI, V. L. Efeitos citotóxicos e alelopáticos de extratos aquosos de *Ricinus communis* utilizando diferentes bioindicadores. *Tecnol. & ciênc. agropec.*, João Pessoa, v.5, n.3, p.15-20. 2011.
- BORGES, C. S.; CUCHIARA, C. C.; MACULAN, K.; SOPEZKU, M. de S.; BOBROWSKI, V. L. Alelopacia do Extrato de Folhas Secas de Mamona (*Ricinus communis* L.). *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v.5, Sup.2, p.747-749. 2007.
- CARVALHO, J. V. Fitoterápicos do Cerrado. 2001. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Biologia) - Centro Universitário de Brasília, Faculdade de Ciências da Saúde, Brasília, 2001.
- CARVALHO, R. S. Extratos vegetais na agricultura e no tratamento de sementes. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2021.
- CHICONATO, D. A.; SIMONI, F.; GALBIATTI, J. A.; FRANCO, C. F.; CARAMELO, A. D. Resposta da alface à aplicação de biofertilizante sob dois níveis de irrigação. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 29, n. 2, p. 392-399, Mar./Abr, 2013.
- CHON, S.U., COUTTS, J.H. & NELSON, C.J. Effects of light, growth media, and seedling orientation on bioassays of alfalfa autotoxicity. *Agronomy Journal*, Madison, v. 92, n. 4, p. 715-720, 2000.

DAYO-OLAGBENDE, G. O.; EWULO, B. S.; AKINGBOLA, O. O. Combined effects of tithonia mulch and urea fertilizer on soil physico-chemical properties and maize performance. *Journal of Sustainable Technology*, v. 10, n. 1, p. 86-93, 2019.

DELA PENA, C., BARTOLOME, D., BANWA, T. (2013). The potential of *Tithonia diversifolia* (Wild Sunflower) as organic foliar fertilizer. *European scientific journal* 4: 465-468

FILGUEIRA, F.A.R. *Manual de olericultura*. 2.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982. 687 p. 5-15, 2003.

FILGUEIRA, F. A. R. *Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 2^a edição revista e ampliada- Viçosa: UFV, 2002. 412p. Il.

GARCÍA, I. R. *Potencialidades de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la alimentación animal*. *Livestock Research for Rural Development*, v. 29, p. 4, 2017.

HESS. F.D. Herbicide effects on the cell cycle of meristematic plant cells. *Reviews of Weed Science*, v.3, p.183-203, 1987.

HOFFMANN, C.E.F.; NEVES, L.A.S. das; BASTOS, C.F.; WALLAU, G.L. da. Atividade alelopática de *Nerium Oleander* L.e *Dieffenbachia picta* schott sem ementes de *Lactuca Sativa* L.e *Bidens pilosa* L. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v.6, n.1,p.11-21, 2007.

ILORI, OJ, OTUSANYA, O. E ADELUSI, A. (2007). Efeitos fitotóxicos da *Tithonia diversifolia* sobre germinação e crescimento de *Oryza sativa*. *Research Journal of Botany*. 2:23-32.

MUSTONEN, P. S.; OELBERMANN, M.; KASS, D. C. L. Response of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray biomass retention or removal in a slash and mulch agroforestry system. *Agroforestry systems*, v. 88, n. 1, p. 1-10, 2014.

MILHOMENS, K. K. B.; NASCIMENTO, I. R. DO; TAVARES, R. DE C.; FERREIRA, T. A.; SOUZA, M. E. Avaliação de características agronômicas de cultivares de alface sob diferentes doses de nitrogênio. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 10, n. 1, p. 143 - 148, 2 Jun. 2015.

OYERINDE, RO, OTUSANYA, OO E AKPOR, OB (2009) Efeito alelopático de *Tithonia diversifolia* sobre a germinação, crescimento e teor de clorofila do milho (*Zea mays* L.) *Pesquisa Científica e Ensaio*. 4(12): 1553-1558.

PARTEY, S. T. et al. Decomposition and nutrient release patterns of the leaf biomass of the wild sunflower (*Tithonia diversifolia*): a comparative study with four leguminous agroforestry species. *Agroforestry Systems*, v. 81, n. 2, p. 123-134, 2011.

RUÍZ, T. E., FEBLES, G., DÍAZ, H., ACHANG, G. Effect of the section and the planting method of the stem on the establishment of *Tithonia diversifolia*. *Cuban Journal of Agricultural Science*, v. 43, n. 1, p. 89-91, 2009.

RODRIGUES, F. C. M. P.; LOPES B. M. Potencial alelopático de *Mimosa caesalpinaefolia* Benth sobre sementes de *Tabebuia alba* (Cham.) Sandw. *Série Técnica Floresta e Ambiente*, Rio de Janeiro, v. 8, n.1, p.130 - 136, 1999.

SANTOS, P. L; PRANDO, M. B; MORANDO, R; PEREIRA, G. V. N; KRONKA, A. Z. Utilização de extratos vegetais em proteção de plantas. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, v. 9, n. 17, p. 2562-2576, 2013.

SEDIYAMA, M A N; RIBEIRO, J M O; PEDROSA M W. Alface (*Lactuca sativa L.*) In: JÚNIOR, T J de P; VENZON, M. 101 Culturas: Manual de Tecnologias agrícolas- Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. 800p.

SILVA, R. R.; SILVA, M. J. S.; DINIZ, N. B.; COELHO, M. J. A. - Efeito alelopático de extrato seco de mamona (*Ricinus communis L.*) no desenvolvimento inicial de feijão (*Vigna unguiculata (L.) Walp.*). In: Resumos do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia – Fortaleza/CE. 2011. Anais... Cadernos de Agroecologia, v.6, n.2. 2011.

SILVA, L. B.; NODARI, I. D. E.; JÚNIOR, S. S.; DIAS, L. D. E.; NEVES; J.F. Produção de alface sob diferentes sistemas de cultivo. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; 2013. 1742p.

SHI, M.; GU, J.; WU, H.; RAUF, A.; EMRAN, T.B.; KHAN, Z.; MITRA, S.; ALJOHANI, A.S.M.; ALHUMAYDHI, F.A.; AL-AWTHAN, Y.S. Phytochemicals, Nutrition, Metabolism, Bioavailability, and Health Benefits in Lettuce - A Comprehensive Review. *Antioxidants* v. 11, e1158, 2022.