

CONTROLE QUÍMICO ECOLÓGICO DE CURVULARIA EM RÚCULA SOB SISTEMA ORGÂNICO

ECOLOGICAL CHEMICAL CONTROL OF CURVULARIA IN ARUGULA UNDER ORGANIC SYSTEM

CONTROL QUÍMICO ECOLÓGICO DE CURVULARIA EN RÚCULA BAJO SISTEMA ORGÁNICO

 <https://doi.org/10.56238/arev7n10-101>

Data de submissão: 13/09/2025

Data de publicação: 13/10/2025

Tayssa Ferreira Lima
Engenheira Agrônoma
Instituição: Universidade Federal do Acre
E-mail: tayssa.lima@sou.ufac.br

Júlio de Souza Marques
Doutorando em Produção Vegetal
Instituição: Instituto de Educação Federal do Acre
E-mail: julio.marques@sou.ufac.br

Mikaella Souza Teixeira
Doutoranda em Produção Vegetal
Instituição: Universidade Federal do Acre
E-mail: mikaella.teixeira@sou.ufac.br

Sebastião Elviro de Araújo Neto
Doutor em Fitotecnia
Instituição: Universidade Federal do Acre
E-mail: sebastiao.neto@sufac.br

Regina Lúcia Félix Ferreira
Doutor em Fitotecnia
Instituição: Universidade Federal do Acre
E-mail: regina.ferreira@ufac.br

RESUMO

A rúcula (*Eruca sativa*) é uma hortaliça cujo cultivo vêm crescendo no Brasil, apreciada por seu sabor picante, propriedades nutricionais e medicinais. No entanto, o aumento da incidência do fungo *Curvularia* sp. tem causado prejuízos econômicos à cultura, comprometendo sua produtividade. A ausência de pesticidas registrados para o controle do fungo, em condições de campo para a cultura, tem incentivado a busca por métodos alternativos de controle, visando reduzir as perdas de produção da hortaliça e o uso de agroquímicos. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência de fungicidas ecológicos no controle da curvularia da rúcula em sistema orgânico de produção. Para isso, o experimento foi conduzido no Sítio Ecológico Seridó, em Rio Branco – AC, em ambiente protegido sob cultivo orgânico. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: T1: testemunha (água),

T2: calda bordalesa (0,5%), T3: calda sulfocálcica (4%), T4: óleo de citronela (1%) e T5: óleo de nim (1%). O fungo *Curvularia* sp. foi isolado, multiplicado e inoculado em campo. Foram avaliadas as variáveis massa fresca total da parte aérea (MFPAT), massa fresca comercial (MFC), massa seca comercial (MSC), produtividade, incidência da doença e pendoamento. Os dados foram submetidos à ANOVA e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados indicaram que não houve diferença estatisticamente significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos para as variáveis de produtividade e desenvolvimento da cultura, incluindo MFPAT, MFC e MSC. Entretanto, verificou-se que a incidência de *Curvularia* sp. variou entre os tratamentos ($p<0,05$), sendo menor no tratamento com óleo de citronela (23,94%) e maior na calda bordalesa (44,31%), sugerindo uma menor eficácia deste último no controle do fungo. O óleo de nim e a calda sulfocálcica apresentaram incidências intermediárias e não diferiram estatisticamente da testemunha. Embora os produtos alternativos não tenham impactado significativamente a produtividade da rúcula, a menor incidência do patógeno, observada no tratamento com óleo de citronela, sugere que este é uma opção viável para o manejo ecológico da doença na cultura.

Palavras-chave: Eruca Sativa. Controle Biológico. Doenças Fúngicas. Agricultura Orgânica.

ABSTRACT

Arugula (*Eruca sativa*) is a vegetable whose cultivation has been growing in Brazil, appreciated for its spicy flavor, nutritional, and medicinal properties. However, the increasing incidence of the fungus *Curvularia* sp. has caused economic losses to the crop, compromising its productivity. The absence of registered pesticides for controlling the fungus under field conditions for this crop has encouraged the search for alternative control methods, aiming to reduce both production losses and the use of agrochemicals. In this context, the present study aimed to evaluate the efficiency of ecological fungicides in controlling arugula *curvularia* in organic production system. For this purpose, the experiment was conducted at Sítio Ecológico Seridó, in Rio Branco – AC, in a protected environment under organic cultivation. The experimental design adopted was randomized blocks, with five treatments and four replications. The treatments were: T1: control (water), T2: Bordeaux mixture (0.5%), T3: lime sulfur (4%), T4: citronella oil (1%) and T5: nim oil (1%). The fungus *Curvularia* sp. was isolated, multiplied, and inoculated in the field. The variables evaluated were total fresh shoot mass (TFSM), commercial fresh mass (CFM), commercial dry mass (CDM), productivity, disease incidence, and bolting. Data were subjected to ANOVA and means comparison by Tukey's test at 5% probability. The results indicated no statistically significant difference ($p>0.05$) among treatments for productivity and crop development variables, including TFSM, CFM, and CDM. However, it was found that the incidence of *Curvularia* sp. varied among treatments ($p<0.05$), being lower in the citronella oil treatment (23.94%) and higher in the Bordeaux mixture (44.31%), suggesting lower efficacy of the latter in controlling the fungus. Nim oil and lime sulfur showed intermediate incidences and did not differ statistically from the control. Although alternative products did not significantly impact arugula productivity, the lower incidence of the pathogen observed in the treatment with citronella oil suggests that this is a viable option for the ecological management of the disease in the crop.

Keywords: Eruca Sativa. Biological Control. Fungal Diseases. Organic Agriculture.

RESUMEN

La rúcula (*Eruca sativa*) es una hortaliza cuyo cultivo ha estado creciendo en Brasil, apreciada por su sabor picante y sus propiedades nutricionales y medicinales. Sin embargo, la mayor incidencia del hongo *Curvularia* sp. ha causado pérdidas económicas al cultivo, comprometiendo su productividad. La falta de pesticidas registrados para el control del hongo en condiciones de campo ha fomentado la

búsqueda de métodos de control alternativos, con el objetivo de reducir las pérdidas de producción de hortalizas y el uso de agroquímicos. En este contexto, este estudio tuvo como objetivo evaluar la eficacia de los fungicidas ecológicos en el control de la rúcula curvularia en un sistema de producción orgánica. El experimento se llevó a cabo en el Sitio Ecológico Seridó en Rio Branco, Acre, en un ambiente protegido bajo cultivo orgánico. El diseño experimental adoptado fue un diseño de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro réplicas. Los tratamientos fueron: T1: control (agua), T2: caldo bordelés (0,5%), T3: sulfuro de cal (4%), T4: aceite de citronela (1%) y T5: aceite de neem (1%). El hongo *Curvularia* sp. Se aisló, multiplicó e inoculó en campo. Se evaluaron las variables masa fresca total de brotes (MFT), masa fresca comercial (MFC), masa seca comercial (MSC), rendimiento, incidencia de enfermedades y espigamiento. Los datos se sometieron a un ANOVA y se compararon las medias mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Los resultados no indicaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos para las variables de rendimiento y desarrollo del cultivo, incluyendo MFT, MFC y MCD. Sin embargo, la incidencia de *Curvularia* sp. varió entre los tratamientos ($p < 0,05$), siendo la más baja en el tratamiento con aceite de citronela (23,94%) y la más alta en el caldo bordelés (44,31%), lo que sugiere una menor eficacia de este último en el control del hongo. El aceite de neem y el sulfuro de cal presentaron incidencias intermedias y no difirieron estadísticamente del control. Si bien los productos alternativos no afectaron significativamente la productividad de la rúcula, la menor incidencia del patógeno observada en el tratamiento con aceite de citronela sugiere que es una opción viable para el manejo ecológico de enfermedades en el cultivo.

Palabras clave: Eruca Sativa. Control Biológico. Enfermedades Fúngicas. Agricultura Orgánica.

1 INTRODUÇÃO

A rúcula (*Eruca sativa*) é uma hortaliça folhosa, pertencente à família Brassicaceae, a mesma da couve, couve-flor, repolho, acelga, rabanete, brócolis. Originária da região do Mediterrâneo, introduzida no Brasil por meio dos primeiros imigrantes italianos, é rica em sais minerais, vitaminas A e C, possuindo substâncias essenciais para a manutenção da saúde. Está gradualmente conquistando lugar de destaque na alimentação dos brasileiros, bastante apreciada pelo seu sabor picante, forte e aroma agradável (Lana; Tavares, 2010).

As folhas de rúcula, produto de interesse comercial, apresentam baixa durabilidade no período pós-colheita, sendo frequentemente utilizadas cruas em saladas, como componente de sucos saudáveis e como tempero em massas, como as pizzas. Além de seu valor gastronômico, a rúcula é tida como uma planta com propriedades medicinais diversas. Estas incluem benefícios como auxílio à digestão, capacidade diurética, estímulo ao organismo, efeitos laxativos e propriedades anti-inflamatórias (Reghin *et al.*, 2005).

No Brasil, três espécies são reconhecidas e empregadas para o consumo humano: *Eruca sativa* Miller, *Diplotoxis tenuifolia* L. e *Diplotoxis muralis* L (Steiner *et al.*, 2011). A produção orgânica da rúcula surge como uma escolha altamente vantajosa para os agricultores, graças ao seu crescimento rápido, fácil cultivo em canteiros, não possui grande demanda e dependência por insumos externos. Essa planta pode ser cultivada durante todas as estações do ano, adaptando-se a variadas regiões, embora temperaturas amenas sejam as mais propícias para o seu desenvolvimento e melhor qualidade do produto.

Apesar disso, a produtividade da rúcula é limitada devido a problemas fitossanitários, destacando-se o aumento da incidência da doença conhecida como curvularia da rúcula, causada pelo fungo *Curvularia* sp. essa fitopatia provoca manchas necróticas e deformações foliares, reduzindo o vigor das plantas e, em casos severos, levando à perda total do plantio, em função do baixo padrão de qualidade comercial. causando prejuízos econômicos. Vale ressaltar que a curvularia não afeta apenas a rúcula; todas as brássicas são suscetíveis, assim como outras culturas.

Para o controle da maioria das doenças na agricultura, são utilizados os tratamentos químicos convencionais, os agrotóxicos. Contudo, a crescente demanda por alimentos saudáveis, livres de contaminação por resíduos químicos, tem incentivado a busca por métodos alternativos de controle de pragas e doenças na agricultura (Barros, 2015).

As doenças fúngicas resultam em prejuízos agrícolas que dependendo do grau de severidade da doença, podem causar perdas de até 100% da produção, especialmente em casos graves. Essas perdas,

causadas por fungos, afetam tanto a quantidade quanto a qualidade dos produtos agrícolas (Laurett; Ribeiro; Vitória, 2016).

O uso correto de substâncias naturais tem sido uma estratégia eficaz para combater doenças em plantas, seja devido às suas propriedades antifúngicas ou à presença de compostos que estimulam respostas de defesa. Isso contribui para a diminuição da necessidade e dependência de produtos agrotóxicos na agricultura (Carvalho; Amorim; Peixinho, 2021).

Portanto, o desenvolvimento de novas abordagens tecnológicas, como o uso de produtos alternativos no cultivo da rúcula surge como uma estratégia viável para o controle de *Curvularia* sp. em sistemas orgânicos no Acre. Essa abordagem pode aumentar a produtividade, reduzir a resistência e a incidência do patógeno, diminuir o uso de agroquímicos e os custos de manejo, mantendo a qualidade da hortaliça. Diante da ausência de pesticidas registrados para o controle da doença em condições de campo, torna-se evidente a importância de pesquisas que avaliem a eficácia desses produtos.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de fungicidas químicos no controle ecológico de curvularia na rúcula em sistema orgânico de produção.

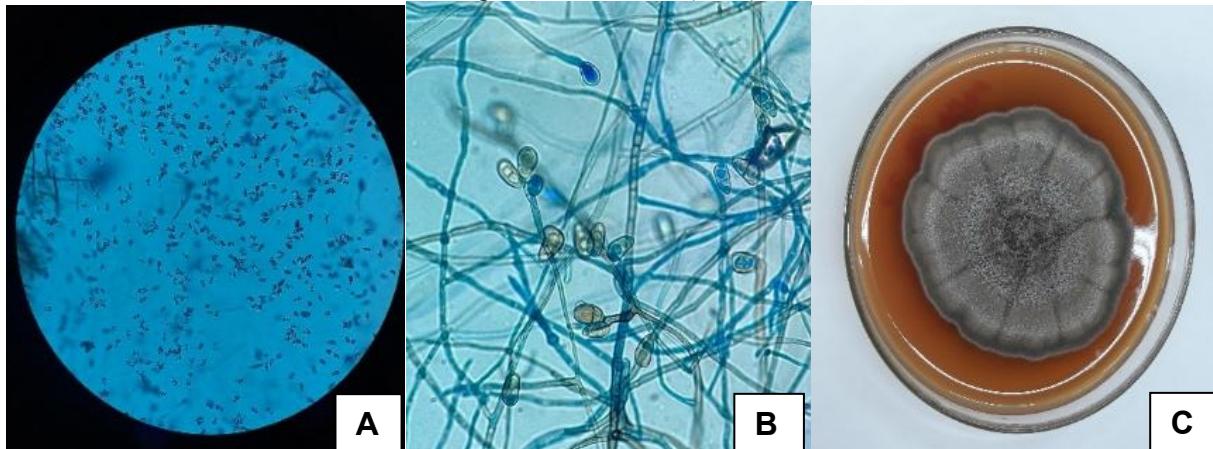
2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental sob cultivo orgânico de hortaliças desde 2008, em ambiente protegido, localizado no Sítio Ecológico Seridó, município de Rio Branco - AC, Rodovia AC - 10, km 04, latitude de 9° 53' 16" S, longitude de 67° 49' 11" W, a uma altitude de 170 m. A região possui clima equatorial, quente e úmido. O experimento foi realizado de janeiro a março de 2024, durante o qual a temperatura média registrada foi de 28,15 °C e umidade relativa do ar de 82,66 % (INMET, 2024).

2.1 MATERIAL BIOLÓGICO

A obtenção do inóculo de *Curvularia* sp. para esse estudo foi a partir de plantas naturalmente infectadas que apresentavam sintomas da doença coletadas do local onde foi instalado o experimento em campo, o material biológico coletado foi encaminhado ao Laboratório de Microbiologia da Universidade Federal do Acre (UFAC), Rio Branco - AC, para análise e identificação do fungo patogênico *Curvularia* sp. através da literatura e com o auxílio do microscópio, logo foi realizado o isolamento, a purificação e, posteriormente, a multiplicação do fungo em meio de cultura ágar batata dextrose (BDA), suplementado com cloranfenicol para inibição de bactérias, mantido em temperatura ambiente por 52 dias (Figura 1), conforme a metodologia de Bueno *et al.* (2022).

Figura 1. *Curvularia* sp. A, B e C) germinação de conídios ou esporos. Morfologia da colônia em placa de Petri, meio ágar batata dextrose (BDA)



Fonte: Fotografia criada pela primeira autora.

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos: T1 = Água (Testemunha), T2 = Calda bordalesa (0,5%), T3 = Calda sulfocálcica (4%), T4 = Óleo de citronela (1%) e T5 = Óleo de nim (1%), os quais foram distribuídos em quatro blocos, com cada parcela contendo oito plantas.

2.3 PRODUÇÃO DE MUDAS

A produção de mudas da rúcula foi por propagação via semente, cultivar Astro de ciclo médio total, 35 dias (precoce), folhas largas pouco recortadas de coloração verde escura. Semeadura indireta em bandejas de isopor 200 células, utilizando substrato orgânico composto por: Solo orgânico 30%, composto orgânico 30%, caule de palheira de composto 30%, fino de carvão 10%, calcário $1,0 \text{ kg m}^{-3}$, termofosfato $1,5 \text{ kg m}^{-3}$ e sulfato de potássio $1,0 \text{ kg m}^{-3}$. Semeadura de três sementes por célula com desbaste realizado após sete dias, mantendo 2 plantas selecionadas por célula, conduzidas em viveiro protegido com filme transparente de 100 micras e tela (sombrite) com 50% de sombreamento, sob o filme e nas laterais do viveiro.

2.4 PREPARO DO SOLO E ADUBAÇÃO

O solo da área onde o experimento foi instalado é classificado como argissolo vermelho-amarelo alítico plíntossólico de textura franco-arenosa (IBGE, 2005). Os valores encontrados na análise química do solo na camada de 0-20 cm de profundidade mostraram: pH = 5,6; Matéria orgânica (MO) = $51,3 \text{ g dm}^{-3}$; Fósforo (P) = $256,5 \text{ mg dm}^{-3}$; Cálcio (Ca) = $87,5 \text{ mmolc dm}^{-3}$; Magnésio (Mg) = 58 mmolc

dm⁻³; Alumínio (Al) = 0,0 mmolc dm⁻³; (H+Al) = 28,5 mmolc dm⁻³; Soma de Bases (SB) = 153,6 mmolc dm⁻³; Capacidade de Troca Catiônica (CTC) = 182,1 mmolc dm⁻³; Saturação por Bases (V) = 84,35%; Relação Cálcio/Magnésio (Ca/Mg) = 1,52; Relação Magnésio/Potássio (Mg/K) = 8,13.

O cultivo protegido, em estufa tipo carpela de 4,6 x 30 m, com 1,8 m de pé direito e 3,0 m de altura central, coberto com filme transparente de 100 µm e laterais abertas. O preparo do solo foi realizado primeiramente com a retirada do mulching plástico e limpeza da vegetação espontânea manualmente, seguido da adição de 15 t ha⁻¹ de composto orgânico (base seca) e revolvimento com o uso de enxada rotativa aclopada em microtrrador de 6,5 Hp.

Os canteiros convencionais, com 1,20 m de largura e 0,20 m de altura, foram nivelados manualmente com o auxílio de enxada e novamente cobertos com mulching plástico dupla face (preto/branco), perfurado no espaçamento adotado de 0,30 x 0,30 m em triângulo, com duas plantas por cova, conforme recomendação de Reghin *et al.*, (2005).

O transplantio das mudas de rúcula para o local definitivo foi realizado no dia 16/02/2024, quando foram apresentados de 3 a 4 folhas definitivas, estádio de desenvolvimento adequado para o transplante. A irrigação foi por microaspersão, com aplicações diárias de 6 mm de água, próximo à capacidade de campo para atender às necessidades da cultura durante todo o seu ciclo de desenvolvimento (Figura 2). Para o controle da lagarta das folhas (*Dione juno juno*), foi aplicado *Bacillus thuringiensis* na dosagem de 60 g do produto comercial para 20 L de água.

Figura 2. Mudas de rúcula recém-transplantadas para os canteiros A) irrigação por microaspersão B)



Fonte: Fotografia criada pela primeira autora.

2.5 FUNGO *Curvularia* sp. INOCULAÇÃO *IN VIVO*

A inoculação do fungo *Curvularia* sp. no experimento de campo foi realizada no dia 08/03/2024, após 21 dias do transplantio das mudas (Figura 3). A suspensão fúngica foi preparada e ajustada para uma concentração final de 10^6 conídios mL^{-1} , conforme metodologia descrita por Araújo Neto *et al.* (2014).

Para a obtenção da suspensão de conídios, foram adicionados 10 mL de água destilada e esterilizada às placas de Petri contendo colônias fúngicas purificadas. A remoção dos conídios foi feita com o auxílio de uma escova de dente esterilizada de cerdas macias, por meio de esfregaço na superfície da colônia. A solução obtida foi filtrada com gazes esterilizadas para remover resíduos indesejáveis.

A contagem e o ajuste da concentração de conídios foram realizados utilizando uma câmara de Neubauer-Improved. Para isso, uma pequena gota da suspensão de esporos foi depositada na extremidade, entre lâmina e lamínula, permitindo a dispersão do líquido por capilaridade. Em seguida, a câmara foi posicionada sob um microscópio óptico para a contagem dos conídios contidos no quadrado central (campo E) e ajuste da concentração para 10^6 conídios por mL. Esse procedimento foi repetido 10 vezes para a obtenção de 100 mL da suspensão final (MENEZES; ASSIS, 2004).

A inoculação *in vivo* foi realizada por meio de um borrifador manual, aplicando a suspensão uniformemente sobre as plantas de rúcula, garantindo o contato superficial do patógeno com os tecidos vegetais (Figura 3).

Figura 3. Inoculação *in vitro* do fungo.



Fonte: Fotografia criada pela primeira autora.

2.6 CONTROLE QUÍMICO DO FUNGO PATOGÊNICO

O controle químico ecológico da curvularia foi realizado de forma preventiva, com a primeira aplicação dos tratamentos onze dias após o replantio das mudas de rúcula no dia 27/02/2024, a segunda aplicação em 01/03/2024 e a terceira em 05/03/2024, bem como, de forma curativa 72 horas após a inoculação do fungo. Assim, foram realizadas mais três aplicações dos tratamentos, totalizando seis aplicações (Quadro 1). Cada tratamento aplicado por meio de borrifadores manuais (capacidade 500 mL) nas seguintes doses (tratamentos): T1= Testemunha (H_2O), T2= Calda bordalesa (0,5%), T3= Calda sulfocálcica (4%), T4= Óleo de citronela (1%), T5= Óleo de nim (1%) diluídos em água potável, duas vezes por semana.

Quadro 1. Cronograma das principais operações realizadas no experimento

Operação	Datas (2024)
Transplantio	16/fev
Tratamento preventivo	27/fev, 01/ mar, 05/ mar
Inoculação	08/mar
Tratamento curativo	11/ mar, 14/ mar, 19/ mar
Colheita	28/mar

Fonte: Autores.

Figura 4. Método de aplicação dos tratamentos e isolamento da área das parcelas para evitar o efeito deriva



Fonte: Fotografia criada pelo segundo autor.

A colheita manual da rúcula foi realizada 41 dias após o transplantio. As plantas foram colhidas por meio de corte no colo, a 1 cm do nível do solo, considerando oito plantas de cada parcela.

Figura 1. Colheita manual da rúcula A e B



Fonte: Fotografia criada pelo segundo autor.

2.7 VARIÁVEIS ANALISADAS

Após a colheita, foi realizado a separação das folhas doentes das folhas sadias, visando avaliar a massa fresca total da parte aérea (MFPAT), a massa fresca comercial (MFC), a massa seca comercial, a produtividade comercial, pendoamento e a incidência da doença. A massa fresca total da parte aérea foi quantificada em balança eletrônica (g planta^{-1}), seguida pela remoção das folhas senescentes e doentes (FD) para obter a massa fresca comercial.

A produtividade comercial foi estimada pelo produto da massa fresca comercial e da densidade de plantio, expressa em g m^{-2} . A incidência da doença, calculada pela seguinte expressão: (número de folhas doentes/número de folhas totais) $\times 100$, também expresso em porcentagem.

A matéria seca comercial (MSC) determinada após a secagem da parte aérea em estufa de circulação de ar a 60°C , com avaliação diária até atingir massa constante. As massas, fresca e seca da parte aérea das plantas de rúcula foram mensuradas em balança eletrônica de precisão (0,01 g), expressas em g planta^{-1} .

2.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Após obter todos os dados, foi verificado a normalidade dos erros (Shapiro; Wilk, 1965), homogeneidade das variâncias por meio do teste de Levene (1960) e análise de variância utilizando o teste F. Para as variâncias significativas, foi efetuado a comparação de médias pelo teste de Tukey (1949). O nível de significância dos testes foi de 5% de probabilidade (APÊNDICES A, B e C).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença estatisticamente significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos químicos ecológico (água (testemunha), calda bordalesa, calda sulfocálcica, óleo de citronela e óleo de nim) no controle da *Curvularia* sp. para as variáveis: massa fresca total da parte aérea (MFPAT), massa fresca comercial (MFC) e massa seca comercial (MSC) da rúcula cultivar Astro (Tabela 1).

Tabela 1. Efeitos de diferentes tratamentos no controle da *Curvularia* sp. sobre a Massa Fresca Total da Parte Aérea (MFPAT), massa fresca comercial (MFC) e massa seca comercial (MSC) da rúcula (*Eruca sativa*).

Tratamentos	MFPAT (g)	MFC (g) g planta ⁻¹	MSC (g)
Água (Testemunha)	124,21 a*	98,79 a	8,84 a
Calda Bordalesa (0,5%)	110,78 a	72,82 a	6,33 a
Calda Sulfocálcica (4%)	145,54 a	117,79 a	10,00 a
Óleo de Citronela (1%)	133,19 a	113,09 a	8,88 a
Óleo de Nim (1%)	171,93 a	137,66 a	12,35 a
CV (%)	28,86	33,17	29,33

*Média seguidas de mesma letra não diferem ($p>0,05$) entre si pelo teste Tukey.

Fonte: Tabela elabora pela primeira autora, com dados do experimento.

O manejo ecológico de doenças representa uma alternativa viável para reduzir os impactos de fungos fitopatogênicos sem comprometer a segurança alimentar e a sustentabilidade da produção. Segundo Araújo Neto e Ferreira (2019), estratégias agroecológicas, como o uso de produtos biológicos, extratos vegetais e controle químico natural, podem contribuir para o controle fitossanitário de culturas agrícolas. Assim, mesmo que os tratamentos testados não tenham apresentado diferenças significativas na biomassa da rúcula, seu uso pode ser integrado a estratégias complementares de manejo sustentável, considerando possíveis benefícios de longo prazo para o equilíbrio do agroecossistema, garantindo produtos de alta qualidade nutricional.

Embora a calda bordalesa tenha potencial fungicida e seja amplamente utilizada no manejo de doenças em diversas culturas, que indiretamente pode melhorar a produtividade, não há estudos específicos sobre sua eficácia no controle da *Curvularia* sp. em rúcula. Neste experimento, as plantas submetidas a esse tratamento apresentaram sintomas de fitotoxicidade, como queimaduras, logo após a primeira aplicação (Figura 5). Tal fato pode ser atribuído à maior sensibilidade da rúcula ao sulfato de cobre.

Apesar disso, a calda bordalesa tem demonstrado eficiência no controle de outras doenças fúngicas em diferentes culturas. Pinto, Teixeira e Ribeiro (2022) observaram que sua aplicação a 1,5% reduziu significativamente a severidade da cercosporiose em pimenta-malagueta (*Capsicum frutescens*) cultivada em áreas de baixada

Figura 5. Sintomas de fitotoxicidade em folhas de rúcula tratadas com calda bordalesa após a primeira aplicação A) e após a última aplicação B)



Fonte: Fotografias criadas pela primeira autora.

Da mesma forma, a calda sulfocálcica, outro produto tradicionalmente empregado na agricultura por suas propriedades fungicidas e inseticidas de ação protetora e curativa, não demonstrou, neste estudo, resultados expressivos no controle da incidência de *Curvularia* sp. De modo semelhante, o óleo de nim reconhecido por suas propriedades inseticidas e fungicidas utilizado no manejo de pragas e doenças, também não apresentou desempenho satisfatório no controle do fungo, indicando que a eficiência desses produtos pode variar conforme a cultura e o patógeno-alvo.

Embora o presente estudo não tenha encontrado diferenças significativas nos parâmetros de massa da rúcula tratada com óleo de nim, este apresentou os maiores valores de biomassa, com MFPAT de 171,93 g, MFC de 137,66 g e MSC de 12,35 g, sugerindo uma provável ação benéfica no crescimento da rúcula. Segundo Xuan *et al.* (2004) O extrato de casca de nim e folhas exerce uma forte inibição sobre a germinação e o crescimento de várias culturas, como alfafa, feijão, cenoura e rabanete. Porém, em concentrações diluídas (como 1/10 e 1/4 da concentração original), o extrato da casca de nim mostrou efeitos estimulantes no crescimento de plântulas de arroz, indicando que, sob certas condições, pode fomentar o crescimento de algumas plantas.

O estudo de Silva *et al.* (2017) avaliou a eficácia de defensivos alternativos no controle da antracnose (*Colletotrichum* ssp.) em cebolinha orgânica, destacando que o óleo de nim (*Azadirachta indica*) e a calda sulfocálcica foram os tratamentos mais eficientes na redução da severidade da doença.

Os resultados evidenciam a viabilidade do uso de produtos naturais no manejo fitossanitário, podendo ser aplicados a outras culturas agrícolas.

A análise estatística indicou que não houve efeito significativo ($p > 0,05$) entre os tratamentos químicos testados—água (testemunha), calda bordalesa, calda sulfocálcica, óleo de citronela e óleo de nim—para as variáveis de produtividade e pendoamento da rúcula (*Eruca sativa*). No entanto, observou-se uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos em relação à incidência de *Curvularia* sp. (Tabela 2).

Dentre os tratamentos avaliados, verificou-se que a incidência de *Curvularia* sp. variou entre os tratamentos ($p < 0,05$), sendo menor no tratamento com óleo de citronela (23,94%) e maior na calda bordalesa (44,31%), sugerindo uma menor eficácia deste último no controle do fungo, cuja toxicidade favoreceu a incidência da doença. O óleo de nim e a calda sulfocálcica apresentaram incidências intermediárias e não diferiram estatisticamente da testemunha (Tabela 2).

Tabela 2. Produtividade, pendoamento de rúcula (*Eruca sativa*) e incidência da *Curvularia* sp. sob diferentes tratamentos ecológicos.

Tratamentos	Produtividade	Pendoamento	Incidência
	kg m ⁻²	%	
Água (Testemunha)	2,20 a*	36,31 a	32,62 ab
Calda Bordalesa (0,5%)	1,62 a	18,75 a	44,31 b
Calda Sulfocálcica (4%)	2,62 a	34,29 a	32,23 ab
Óleo de Citronela (1%)	2,51 a	27,56 a	23,94 a
Óleo de Nim (1%)	3,06 a	50,89 a	32,63 ab
CV (%)	33,15	49,46	19,51

*Média seguidas de mesma letra não diferem ($p > 0,05$) entre si pelo teste Tukey.

Fonte: Tabela elabora pela primeira autora, com dados do experimento.

A ausência de diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos para produtividade e pendoamento da rúcula sugere que os defensivos alternativos testados não influenciaram o desempenho agronômico da cultura, resultado semelhante ao estudo de Rossi *et al.* (2024), que avaliou a aplicação de calda bordalesa em cebolinha orgânica (*Allium fistulosum*). Nesse estudo, diferentes concentrações (0,5%, 1,0%, 1,5% e 2,0%) foram aplicadas semanal ou quinzenalmente, mas não houve impacto significativo no rendimento da cultura nem no controle da antracnose causada por *Colletotrichum* sp., também, foi observada baixa eficiência da calda bordalesa na redução da severidade da doença, indicando que sua ação pode ser limitada em determinadas condições.

Estes resultados confrontam-se com Dias (2024), ao estudar o manejo integrado da antracnose em cebolinha orgânica, observou que a aplicação da calda bordalesa contribuiu para a redução da doença e o aumento da produtividade. No entanto o autor alerta que sua eficácia pode ser variável entre

espécies, exigindo atenção a fatores como fitotoxicidade e interação com o ambiente para garantir um controle eficiente e seguro.

A produtividade e o pendoamento da rúcula são influenciados diretamente pelas condições ambientais. Ricce *et al.* (2018) apontam que a cultura apresenta melhor desenvolvimento sob temperaturas entre 15°C e 25°C, sendo que temperaturas elevadas induzem o pendoamento precoce, comprometendo a qualidade comercial das folhas, pois resulta em folhas menos tenras e mais amargas.

Desse modo, a ausência de diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos para produtividade e pendoamento pode estar relacionada às condições climáticas durante o cultivo, que podem não ter sido limitantes para a expressão dessas variáveis. Logo, a escolha da época de plantio é um fator determinante para evitar perdas produtivas devido ao estresse térmico e ao florescimento precoce da cultura (Ricce *et al.*, 2018).

No presente estudo, a calda bordalesa não foi eficaz no controle de *Curvularia* sp., apresentando a maior incidência da doença (44,31%) entre os tratamentos avaliados. Esse desempenho inferior pode ser explicado pelos achados de Wordell Filho e Debarba (2007), que apontam que a eficácia da calda bordalesa depende da sua concentração, do pH da solução e das condições climáticas locais. Quando aplicada em condições adversas, como altas temperaturas ou elevada umidade, a calda pode causar fitotoxicidade, resultando em necrose foliar. Esse efeito compromete a fotossíntese, reduz o vigor da planta e aumenta sua vulnerabilidade a fitopatógenos.

De acordo com Xu e Xue (2019) O estresse ambiental ou a presença de toxinas, pode levar à degradação de proteínas, que são então regeneradas ou transformadas em outras proteínas. Durante esse processo de transição, aminoácidos livres são liberados na seiva da planta.

A fitotoxicidade da calda bordalesa pode gerar espécies reativas de oxigênio (EROs), como peróxido de hidrogênio e radicais livres, um efeito semelhante ao observado com a aplicação de sais, óleos, agrotóxicos, ácidos e outras substâncias químicas. Nesses casos, a proteólise (quebra de proteínas) torna-se necessária para regenerar as proteínas danificadas pelas EROs (Shahzad *et al.*, 2018; Sharma *et al.*, 2019). No entanto, a proteólise induzida pelo estresse pode deixar a planta mais vulnerável a pragas e doenças, pois libera açúcares solúveis e aminoácidos livres na seiva, que podem atrair patógenos e insetos (Chaboussou, 1987).

O óleo de citronela foi o tratamento que proporcionou o controle mais efetivo de *Curvularia* sp., com a taxa de incidência mais baixa (23,94%), resultado semelhante ao observado por Peixinho *et al.* (2019) que estudaram a ação do óleo essencial de Citronela (*Cymbopogon nardus* L) sobre o patógeno *Lasiodiplodia theobromae* em cachos de videira.

Os autores verificaram que o óleo essencial testado foi capaz de inibir o crescimento micelial de *L. theobromae* em 100%. No tratamento curativo, a aplicação do óleo de Citronela a 0,25% proporcionou uma redução de 38% na incidência de infecção em bagas de uva inoculadas com *L. theobromae*, além de diminuir a severidade da doença em 56%. Já no tratamento preventivo, a mesma concentração de óleo reduziu em 52% a infecção das bagas da cultivar Itália, com uma redução de 66,3% na severidade da doença.

Em outro trabalho, Brito *et al.* (2015) observaram que concentrações a partir de 25% do extrato de citronela inibiram o crescimento micelial e a esporulação de *Curvularia eragrostidis* *in vitro*.

No estudo realizado por Pereira *et al.* (2011) foi constatado ação fungitóxica *in vitro* e *in vivo* do óleo de citronela sobre a germinação dos conídios e no crescimento micelial do patógeno *C. coffeicola* aplicado na concentração de 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$. O óleo de citronela contém compostos biologicamente ativos, como citronelal, geraniol e β -citronelol, que possuem propriedades antifúngicas, antimicrobianas e repelentes. Esses compostos podem causar danos à membrana celular do patógeno, levando ao extravasamento do conteúdo celular, conforme observado pelos autores. Esse efeito tóxico direto ao patógeno foi mais pronunciado em comparação com outros óleos essenciais, destacando a citronela como uma opção mais eficaz.

Resultados também semelhantes foram obtidos por Santos *et al.* (2020), que registraram ação antifúngica do óleo de citronela contra *Lasioplodia theobromae*, *Fusarium* sp. e *Penicillium* sp., esse efeito pode estar relacionado à presença de monoterpenos e fenóis que interfere na germinação e desenvolvimento dos fungos. Atuando na defesa das plantas contra microrganismos e insetos.

Em consonância com os resultados obtidos neste estudo, Chagas *et al.* (2021) avaliando o efeito fungitóxico do óleo essencial de manjericão (*Ocimum basilicum*) e do capim citronela (*Cymbopogon nardus*), sobre o desenvolvimento *in vitro* dos fungos *Alternaria solani*, *Curvularia* sp., *Cercospora* sp., causadores de patologias na cultura do tomate observaram que o óleo essencial de capim citronela, de acordo com as equações de regressão ajustadas, apresentou a maior taxa de redução do Índice de Crescimento Micelial (ICM) sobre o fungo *Curvularia* sp., com uma taxa de redução de -0,4597. Essa taxa foi superior à observada para os outros fungos testados, demonstrando a eficácia do óleo de citronela na inibição do crescimento desse fungo.

Em suma, a efetividade do óleo de citronela no controle de doenças fúngicas está associada à sua composição química, rica em compostos bioativos, seus mecanismos de ação contra fitopatógenos, condições de teste favoráveis e concentrações ótimas que maximizaram seu potencial antifúngico.

A inibição do crescimento de *Curvularia* sp., resultando em menor incidência da doença no estudo em questão, reflete a atividade biológica desses constituintes. O óleo de citronela demonstra

um potencial promissor como alternativa no manejo fitossanitário em sistemas de produção orgânica, sobretudo para o cultivo da rúcula, reforçando sua viabilidade no controle ecológico de fitopatógenos.

4 CONCLUSÕES

A aplicação de calda bordalesa, calda sulfocálcica, óleo de citronela e óleo de nim não altera a massa fresca total da parte aérea, a produtividade, o pendoamento, a massa fresca comercial e a massa seca comercial da rúcula (*Eruca sativa*).

O óleo de citronela é uma alternativa viável para reduzir a incidência de *Curvularia* sp. na rúcula em sistema orgânico.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO NETO, S. E. de; FRANCISCO, W. de M.; ANDRADE NETO, R. de C.; LUSTOSA, C.; RIBEIRO, S. A. L. Controle pós-colheita da antracnose do maracujazeiro amarelo com aplicação de óleo de copaíba. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 36, n. 2, p. 509-514, jun. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/WtpQpwR3DwX3f4H93tXyy7F/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 jun. 2023.
- ARAÚJO NETO, S. E. de; FERREIRA, R. L. F. *Agricultura ecológica tropical*. 1. ed. Rio Branco: Sebastião Elviro de Araújo Neto, 2019. 169 p.
- BARROS, L. S. de. Controle de fitopatógenos com extratos vegetais. 2015. 78 f. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical) – Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2015. Disponível em: https://ri.ufmt.br/bitstream/1/2436/1/TESE_2015_Liliane%20Silva%20de%20Barros.pdf. Acesso em: 21 jun. 2023.
- BRITO, N. M.; NASCIMENTO, L. C. Potencial fungitóxico de extratos vegetais sobre *Curvularia eragrostidis* (P. Henn.) Meyer in vitro. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, Campinas, v. 17, n. 2, p. 230-238, jun. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpm/a/TBK9fCpn4r9WCXvBcD4yNRm/?lang=pt>. Acesso em: 11 jun. 2023.
- BUENO, T. da R.; BEZ, F. S.; BOCCHÈSE, C. A. C.; DRAWANZ, B. B. Guia prático para isolamento e conservação de fungos fitopatogênicos. Vacaria: Uergs, 2022. Disponível em: https://repositorio.uergs.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/2863/27749_atualizado_guia_praatico_para_isolamento_de_fungos_com_isbn_e_ficha_30_05_2022.pdf?sequence=-1&isAllowed=y. Acesso em: 25 jun. 2023.
- CARVALHO, V. N.; AMORIM, E. P. da R.; PEIXINHO, G. de S. Avaliação da eficiência de diferentes formas de controle da queima das folhas do inhame causada por *Curvularia eragrostides*. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 47, n. 1, p. 34-37, jan./mar. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sp/a/y8KGhyk8YQ6DnzFrdxyhb3K/?lang=pt>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- CHABOUSSOU, F. *Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose*. Tradução de Maria José Guazzelli. Porto Alegre: L&PM, 1987. 256 p. il.
- CHAGAS, L. F. B.; de CASTRO, H. G.; JÚNIOR, A. F. C.; OLIVEIRA, H. K. M. Efeito do Óleo Essencial do Manjericão e Capim Citronela na Inibição de Fungos Fitopatogênicos da Cultura do Tomate. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.7, n.12, p. 120758-120771, dec. 2021.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Mapa de pedologia do Acre*. 1. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoesambientais/pedologia/10871pedologia.html?=&t=downloads>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- DIAS, I. da S. Densidade de plantio e calda bordaleza como manejo integrado de antracnose em cebolinha orgânica. 2024. *Dissertação (Produção Vegetal) - Universidade Federal do Acre*, 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Dados meteorológicos: Histórico. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 10 de jan. 2025.

LANA, M. M.; TAVARES, S. A. 50 hortaliças: como comprar, conservar e consumir. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/854775>. Acesso em: 10 jun. 2023.

LAURETT, L.; RIBEIRO, J. R. D.; VITÓRIA, E. L da. Produtos alternativos no controle de doenças fúngicas. Revista Univap, São José dos Campos, v. 22, n. 40, 2016. Disponível em: <http://revista2.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/984>. Acesso em: 2 ago. 2023.

LEVENE, H. Robust tests for equality of variances. In: OLKIN, I.; HOTELLING, H. (Org.). Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling. Stanford: Stanford University Press, p. 278-292, 1960.

MENEZES, M.; ASSIS, S.M.P. Guia prático para fungos fitopatogenicos. 2. ed. Recife: UFRPE, 2004. 53.

PEIXINHO, G. S.; RIBEIRO, V. G.; AMORIM, E. P. R.; MORAIS, A. C. N. Ação do óleo essencial de citronela (*Cymbopogon nardus* L.) sobre o patógeno *Lasiodiplodia theobromae* em cachos de videira cv. Itália. Summa Phytopathologia, Botucatu, v. 45, n. 4, p. 428-431, jul. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sp/a/LGJKDFYkzhS3FSzfRz3PpCb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 30 jul. 2023.

PEREIRA, R.B.; LUCAS, G.C.; PERINA, F.J.; RESENDE, M.L.V.; ALVES, E. Potential of essential oils for the control of brown eye spot in coffee plants. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.35, n.1, p. 115- 23, Jan/Feb. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/cPmtT8CnsXyVtqGsgcHtS6p/>. Acesso em: 27 mar. 2025.

PINTO, C. M. F.; TEIXEIRA, H.; RIBEIRO, W. S. Potencial de produtos alternativos para o controle da mancha-de-cercospora em pimenta-malagueta cultivada em área de encosta. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, Viçosa, MG, v. 12, n. 1, p. 114-123, set. 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/14508/7669>. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/12345>. Acesso em: 27 fev. 2025.

REGHIN, M. R.; OTTO, R. F.; OLINIK, J. R.; JACOBY, C. F. S. Efeito do espaçamento e do número de mudas por cova na produção de rúcula nas estações de outono e inverno. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 29, n. 5, p. 953-959, out. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/C5w7Hf4S3nkvRdsp3ncRYmR/?lang=pt>. Acesso em: 7 ago. 2023.

RICCE, W. S.; PANDOLFO, C.; MARCHESI, D. R.; MASSIGNAM, A. M.; VIANNA, L. F. N. Análise de riscos climáticos para a cultura da rúcula no estado de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, 2018. 8 p.

ROSSI, A. J. D.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; UCHÔA, T. L.; PINTO, G. P.; ALMEIDA, A. G.; CARVALHO, L. A. Organic cultivation of *Allium fistulosum* under concentrations of Bordeaux mixture. Comunicata Scientiae, v. 15, p. 1- 5, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/CS.v15.4091>. Acesso em: 27 fev. 2025.

SANTOS, D. V.; AMORIM, E. P. R.; CARVALHO, V. N.; SANTOS, D. S.; FERREIRA, T. C. Análise patológica e tratamento alternativo de patógenos em sementes de gravoleira. *Summa Phytopathologica*, v. 46, n. 1, p. 69- 70, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/177193>. Acesso em: 27 fev. 2025.

SILVA, D. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; FERREIRA, R. L. F.; RIBEIRO, S. A. L.; SILVA, R. S.; SILVA, N. M. Controle alternativo da antracnose em cebolinha orgânica cultivada em ambiente protegido e campo. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 13, n. 3, p. 223- 228, jul./set. 2017. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/index>. Acesso em: 27 fev. 2025.

STEINER, F.; PIVETTA, L. A.; CASTOLDI, G.; PIVETTA, L. G.; FIOREZE, S. Produção de rúcula e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 6, n. 2, p. 230-235, abr./jun. 2011. Disponível em: <https://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v6i2a950>. Acesso em: 9 abr. 2025.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, Boston, v. 52, n. 3/4, p. 591- 611, Dec. 1965. Disponível em: <https://www.jstor.org/page-scan-delivery/get-page-scan/2333709/0>. Acesso em: 20 jul. 2023.

SHARMA, A.; KUMAR, V.; THUKRAL, A. K.; BHARDWAJ, R. Responses of plants to pesticide toxicity: an overview. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 37, e019184291, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/5zYFppzvXqsBpyjNkkcGMBG>. Acesso em: 9 abr. 2025.

SHAHZAD, B. et al. Papel do 24-epibrassinolídeo (EBL) na mediação do estresse oxidativo induzido por metais pesados e pesticidas em plantas: uma revisão. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 147, p. 935-944, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.09.047>. Acesso em: 9 abr. 2025.

TUKEY, J. W. Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics*, New Jersey, v. 5, n. 2, p. 99-114, Jun. 1949. Disponível em: <https://www.jstor.org/page-scan-delivery/get-page-scan/3001913/0>. Acesso em: 20 jun. 2023.

WORDELL FILHO, J. A.; DEBARBA, J. F. Emprego da calda bordalesa no controle de doenças. *Agropecuária Catarinense*, v. 20, n. 1, p. 41- 43, mar. 2007. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/index>. Acesso em: 27 fev. 2025.

XU, F. Q.; XUE, H. W. The ubiquitin-proteasome system in plant responses to environments. *Plant Cell Environ*, Nottingham, v. 42, n. 10, p. 2931- 2944, 30 de Jul. 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/pce.13633>. Acesso em: 4 ago. 2023.

XUAN, T. D.; TSUZUKI, E.; HIROYUKI, T.; MITSUHIRO, M.; KHANH, T. D.; CHUNG, I. M. Evaluation on phytotoxicity of nim (*Azadirachta indica* A. Juss) to crops and weeds. *Crop Protection*, v. 23, n. 4, p. 335- 345, Abr. 2004.