



BIOATIVIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE LARANJA SOBRE O DESEMPENHO GERMINATIVO DE SEMENTES DE RÚCULA

Cristina Batista de Lima¹; Júlio César Altizani Júnior²; João Gabriel Naime de Godoy³

¹Docentes do Curso de Agronomia da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, UENP/CLM. crislima@uenp.edu.br; ²Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Esalq/USP. Bolsista Doutorado/CNPq. altizani@usp.br; ³Discente do Curso de Agronomia, Campus Luiz Meneghel, Universidade Estadual do Norte do Paraná, UENP/CLM. Bolsista PIBIC/Fundação Araucária: naimedegodoyj@gmail.com

RESUMO

A crescente demanda por práticas agrícolas responsáveis tem impulsionado o desenvolvimento de alternativas ecológicas aos tratamentos convencionais de sementes. Extratos vegetais, com seus compostos bioativos, mostram potencial contra fitopatógenos, mas podem influenciar a qualidade fisiológica das sementes. Este estudo investigou a bioatividade do óleo essencial de laranja (OEL) no desempenho germinativo de sementes de rúcula (*Eruca sativa* L.). A pesquisa foi realizada na Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel (UENP/CLM), com sementes das cultivares 'Cultivada' e 'Gigante'. As sementes foram imersas durante 1 minuto em soluções aquosas de OEL nas concentrações de 0% (controle), 10%, 20% e 30% (m/m). O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 (cultivares) x 4 (concentrações). Foram avaliados o teor de água e o desempenho germinativo (testes de germinação e envelhecimento acelerado). Os resultados indicaram que, enquanto a pré-embebição em água destilada favoreceu a germinação, o OEL demonstrou um efeito inibitório significativo. Esse efeito reduziu a velocidade e o percentual de germinação em ambas as cultivares, sendo mais acentuado nas concentrações de 20% e 30%. A ação alelopática do OEL, demonstrada pelos resultados do estudo, pode inviabilizar sua utilização nas concentrações avaliadas para o tratamento de sementes de rúcula. Recomenda-se, portanto, a investigação de doses inferiores a 10%, a fim de determinar concentrações nas quais o OEL não comprometa a qualidade fisiológica das sementes.

PALAVRAS-CHAVE: Alelopatia; Qualidade fisiológica; Hortaliças.

Alguns compostos bioativos extraídos de plantas demonstraram controle eficiente de organismos fitopatogênicos, entretanto faltam estudos que comprovem que tais substâncias não prejudicam a qualidade fisiológica das sementes.

1 INTRODUÇÃO

O uso de extratos vegetais ricos em substâncias bioativas é uma abordagem inovadora no tratamento de sementes, por ser sustentável e menos agressiva ao meio ambiente, reduzindo riscos de intoxicação humana e poluição ambiental. Essa alternativa se torna ainda mais relevante no cultivo orgânico de hortaliças, onde fungicidas sintéticos são proibidos. A utilização desses recursos é uma opção vantajosa ao tratamento convencional, por ser um material de baixo custo e de fácil acesso aos agricultores. Esses extratos, que contêm um amplo espectro de metabólitos secundários como fenóis, alcalóides e flavonoides, possuem propriedades antimicrobianas. Numerosos estudos, inclusive, demonstraram o potencial de extratos de plantas contra uma ampla gama de fungos patogênicos (AHMED et al., 2023).

Os óleos essenciais contêm misturas de diversos compostos, por exemplo, monoterpenos, diterpenos, sesquiterpenos e alifáticos que são voláteis por natureza, geralmente obtidos de plantas medicinais e aromáticas, ervas e especiarias. Esses produtos têm sido investigados como agentes de controle contra o crescimento de fungos e a produção de aflatoxinas podendo originar novas classes de fungicidas vegetais com potencial controle de doenças de plantas cultivadas (NUZHAT; VIDYASAGAR, 2013). Extratos de plantas e óleos essenciais inibem fungos patogênicos por meio de três modos de ação: aumento da mortalidade fúngica (efeito fungicida), inibição do crescimento e



desenvolvimento fúngico (efeito fungistático) e/ou melhora do crescimento vegetal pela indução de respostas de defesa de plantas infectadas (DRAZ et al., 2019). O óleo essencial de laranja (OEL) contém limoneno, um aleloquímico com eficácia comprovada no controle de patógenos fúngicos importantes, como *Penicillium italicum* e *P. digitatum* (CACCIONI, 1998), além de *Alternaria alternata* e *A. dauci* (LIMA et al., 2016). Esses resultados destacam o OEL como uma valiosa opção para o controle fitossanitário no manejo de fitopatógenos em sementes.

Apesar da eficácia dos extratos vegetais no controle de agentes fitopatogênicos, a literatura também aponta para possíveis efeitos negativos sobre a velocidade de germinação e a emergência de plântulas. Entretanto, pouco se conhece sobre a interação dessas substâncias com efeitos alelopáticos na germinação e no crescimento de outras plantas (ALEXA et al., 2018). Essa dualidade evidencia a carência por pesquisas que possam fornecer um novo contexto para melhor compreensão dos efeitos alelopáticos e, ao mesmo tempo, ressalta a importância de uma avaliação minuciosa da qualidade fisiológica das sementes após o tratamento, a fim de garantir não apenas a sanidade, mas também o pleno desenvolvimento inicial das plantas (BORGHETTI, 2024).

Nesse contexto, o vigor é um parâmetro de avaliação essencial para compreender o comportamento da semente diante de diferentes condições e estresses. A qualidade inicial de um lote de sementes é tão crucial quanto a sua resistência a fatores de estresse, pois ambos atuam na determinação do potencial fisiológico e na estratificação dos níveis de vigor (FINCH-SAVAGE; BASSEL, 2016). É comum que lotes de sementes com percentuais de germinação semelhantes apresentem, de fato, diferentes níveis de vigor. Por essa razão, os testes de vigor são de extrema importância, pois permitem uma maior compreensão sobre a real qualidade fisiológica de lotes que, à primeira vista, poderiam ser considerados iguais em sua viabilidade (KRZYZANOWSKI et al., 2021).

A rúcula é uma hortaliça folhosa de destaque, reconhecida não apenas por seu sabor picante e odor agradável, mas também por sua composição nutricional superior, sendo uma excelente fonte de potássio, enxofre, ferro e vitaminas A e C (RAMOS et al., 2004). Sua versatilidade e valor nutritivo a tornam um item cada vez mais presente na dieta dos consumidores, impulsionando sua produção e comercialização. Além disso, o expressivo potencial econômico do mercado global de microverdes de rúcula, demonstra sua capacidade de gerar rápido retorno financeiro. Diante do exposto, o presente estudo foi realizado com o objetivo de verificar o efeito do óleo essencial de laranja sobre o desempenho germinativo de sementes de rúcula.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes, localizado no Campus Luiz Meneghel da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP/CLM), em Bandeirantes, PR.

2.1 MATERIAL BIOLÓGICO E PRODUTOS

Foram utilizadas sementes de rúcula das cultivares 'Cultivada' e 'Gigante' (categoria S2), com quatro lotes para cada cultivar. As sementes foram adquiridas em embalagens hermeticamente fechadas, isentas de tratamento sanitário prévio. O óleo essencial de laranja foi adquirido no comércio local. No preparo das soluções, o Renex 95 foi utilizado como agente emulsificante, facilitando a diluição do óleo essencial em água. O Amida 60, por sua vez, foi empregado como espessante para a estabilização da mistura.

2.2 ANÁLISES PADRÕES DE SEMENTES



Inicialmente, as sementes de rúcula foram submetidas a análises de caracterização dos lotes, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009):

Determinação do Teor de Água (TA): Realizada pelo método da estufa a 130 ± 3 °C, por um período de 1 hora. Para cada cultivar, foram utilizadas duas amostras de 2,0 g de sementes.

Teste de Germinação (TG): Quatro repetições de 50 sementes foram distribuídas equidistantemente sobre papel filtro umedecido com água destilada, em caixas plásticas transparentes (gerbox). As caixas foram mantidas sob temperatura constante de 20 °C. As avaliações ocorreram no quarto e no sétimo dia após a instalação do teste, registrando-se o número de plântulas normais.

Primeira Leitura do Teste de Germinação (PLG): Corresponde ao número de plântulas normais obtidas no quarto dia após a instalação do teste de germinação.

Teste de Envelhecimento Acelerado (EA): Foram utilizadas 220 sementes por lote/cultivar, distribuídas uniformemente sobre uma tela metálica em gerbox contendo 40 mL de solução salina (40 g de NaCl + 100 mL de água destilada), conforme metodologia de Jianhua e McDonald (1996). Os recipientes foram mantidos em câmara de germinação a 41 °C por 48 horas. Após o período de envelhecimento, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, sendo considerada apenas a primeira leitura, realizada no quarto dia após a instalação.

2.2 PREPARO E APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS

As soluções aquosas contendo o óleo essencial de laranja foram preparadas nas concentrações de 10%, 20% e 30% (m/m), sendo que a escolha das concentrações teve como objetivo avaliar o espectro de bioatividade do óleo essencial de laranja sobre as sementes analisadas. A menor concentração (10%) foi definida para verificar a ação de uma dose menos agressiva, enquanto as demais concentrações (20% e 30%) foram empregadas para explorar a manifestação de possíveis efeitos inibitórios. O preparo das soluções aquosas seguiu a metodologia de Altizani Júnior et al. (2020). Para um volume final de 20 mL, a massa de óleo essencial de laranja foi ajustada conforme cada concentração (2,0 g, 4,0 g e 6,0 g), enquanto as massas de Renex 95 (0,5 g) e de Amida 60 (0,5 g) foram mantidas constantes, completando-se o volume com água destilada.

As sementes foram imersas em cada solução por 1 minuto. Para o grupo controle (testemunha), as sementes foram embebidas em água destilada (equivalente a 0% de óleo essencial).

Após cada tratamento, as sementes foram novamente submetidas aos testes de Primeira Leitura e de Germinação, utilizando os mesmos procedimentos descritos anteriormente.

2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em um esquema fatorial 2 x 4 representando: 2 cultivares (Cultivada/Gigante) e 4 concentrações de óleo essencial (0%, 10%, 20% e 30%). Para cada combinação, foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes. Os dados originais obtidos em cada teste foram submetidos à análise de variância. As médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando-se o software Sisvar® (FERREIRA, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO



A análise do teor de água das sementes de rúcula revelou uma variação máxima de apenas 1% entre os lotes das duas cultivares avaliadas. ‘Gigante’ apresentou um valor mínimo de 5,1%, enquanto ‘Cultivada’ atingiu um percentual máximo de 6,1% (Tabela 1). Essa faixa de umidade é crucial e alinha-se às recomendações de Marcos Filho (2020), que sugere um teor entre 10% e 13% para sementes em geral, mas ressalta que para hortaliças armazenadas em embalagens impermeáveis, como é o caso, níveis de até 5,0% são ideais. O baixo teor de água é fundamental para reduzir a atividade respiratória das sementes, minimizando a velocidade de deterioração e favorecendo a conservação em embalagens herméticas (Nascimento, 2011). Os percentuais observados neste estudo indicam, portanto, que as sementes estavam em condições adequadas de armazenamento, o que é um ponto de partida favorável para os testes de germinação e vigor.

Tabela 1. Percentuais médios do teor de água (TA), de plântulas normais verificados na primeira leitura da germinação (PLG), no teste de germinação em laboratório (GL), no teste de envelhecimento acelerado (EA) de lotes de sementes de rúcula das cultivares Cultivada e Gigante. UENP/CLM, Bandeirantes-PR, 2022.

Cultivar	Lote	TA	PLG	TG	EA
Cultivada	1	5,3	98,5 A	99,0 A	95,0 A
	2	6,1	96,5 A	98,0 A	90,0 A
	3	5,4	93,5 A	94,5 A	88,0 A
	4	5,5	95,5 A	96,5 A	89,5 A
Gigante	1	5,3	97,5 A	97,5 A	93,0 A
	2	5,4	97,5 A	98,0 A	89,5 A
	3	5,4	93,5 A	96,0 A	85,5 A
	4	5,1	95,0 A	96,5 A	93,5 A
CV (%)	---	---	5,9	6,2	5,8

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. CV = Coeficiente de variação.

Os resultados dos testes de Primeira Leitura de Germinação (PLG), Teste de Germinação em Laboratório (GL) e Envelhecimento Acelerado (EA) demonstraram que não houve diferenças significativas entre os lotes das cultivares quanto à viabilidade e ao vigor inicial (Tabela 1), o que estabeleceu uma base homogênea para a avaliação do efeito dos tratamentos com óleo essencial. Conforme a escala de referência sugerida por Marcos-Filho (2020), que estabelece como de alto vigor lotes com germinação igual ou superior a 85% no teste de envelhecimento acelerado, os lotes de sementes de rúcula utilizados neste experimento podem ser classificados nessa categoria. Desse modo, a capacidade fisiológica para germinar e estabelecer plântulas normais, mesmo sob condições de estresse, foi um fator crucial na interpretação dos efeitos do óleo essencial de laranja.

Ao comparar o desempenho das sementes não tratadas com as embebidas em água destilada (concentração 0% do óleo essencial), observou-se que a hidratação inicial favoreceu a germinação das sementes de rúcula, tanto na primeira leitura quanto no teste de germinação final (Tabelas 1 e 2). Essa tendência foi particularmente evidente no lote 3 da cultivar Gigante, que registrou 89,0% de germinação para sementes não tratadas e 93,5% para as embebidas em água. Esse resultado sugere que a pré-embebição das sementes de rúcula em água acelera e uniformiza o processo germinativo, o que contribui para um desenvolvimento rápido e coeso das plântulas na fase de produção de mudas. Essa prática, conhecida como priming, pode ativar processos metabólicos iniciais, preparando a semente para uma germinação mais eficiente.



Tabela 2. Percentuais médios de plântulas normais, obtidas nos testes de primeira leitura de germinação e, de germinação em sementes de rúcula das cvs. Cultivada e Gigante, após tratamento com soluções aquosas, contendo diferentes concentrações do óleo essencial de laranja. UENP-CLM, Bandeirantes/PR, 2022.

Lote	Primeira leitura de germinação				Teste de germinação			
	Cultivada				Cultivada			
	0%	10%	20%	30%	0%	10%	20%	30%
1	96,5 Aa	95,0 Aa	90,0 Aa	80,5 Ab	97,0 Aa	95,5 Aa	94,5 Aa	93,5 Aa
2	94,5 Aa	89,0 Aa	83,5 Aa	84,5 Aa	99,0 Aa	95,0 Aa	93,5 Aa	90,0 Aa
3	94,5 Aa	93,0 Aa	88,5 Aa	80,5 Ab	95,5 Aa	96,5 Aa	93,0 Aa	85,5 Bb
4	95,5 Aa	93,0 Aa	82,0 Ab	85,5 Ab	96,5 Aa	96,5 Aa	90,0 Ab	90,5 Ab
Lote	Gigante				Gigante			
	0%	10%	20%	30%	0%	10%	20%	30%
1	94,5 Aa	94,0 Aa	92,0 Aa	91,0 Aa	95,5 Aa	95,5 Aa	94,5 Aa	93,5 Aa
2	96,0 Aa	70,0 Bb	74,0 Bb	77,0 Bb	97,5 Aa	93,0 Aa	87,5 Ab	87,5 Ab
3	89,0 Aa	89,0 Aa	87,0 Aa	79,5 Ba	95,5 Aa	93,5 Aa	92,0 Aa	85,5 Ab
4	95,5 Aa	79,5 Bb	80,5 Bb	80,0 Bb	97,5 Aa	91,0 Aa	92,0 Aa	89,5 Aa
CV (%)	7,8				5,2			

Médias seguidas por mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de ScottKnott a 5%; CV= coeficiente de variação.

Embora o percentual final de germinação (GL) tenha sido semelhante para ambas as cultivares, 'Cultivada' apresentou uma maior velocidade de germinação em comparação com 'Gigante' (Tabela 2). O óleo essencial de laranja (OEL), por sua vez, reduziu a velocidade de germinação em ambas as cultivares, mesmo em sua menor concentração (10%). Essa inibição foi mais pronunciada com o aumento da concentração, resultando em uma diminuição significativa na germinação total na maior dose (30%).

A redução na velocidade e percentual de germinação indica um efeito alelopático do óleo essencial de laranja sobre as sementes de rúcula. Conforme Borghetti (2024), aleloquímicos podem alterar a curva de distribuição da germinação, prolongando o processo e afetando a viabilidade. Os autores explicaram que tais compostos podem interferir de diversas maneiras nos processos fisiológicos da semente, como a permeabilidade das membranas, a transcrição e tradução do DNA, o funcionamento de mensageiros secundários, a respiração (por sequestro de oxigênio) e a conformação de enzimas e receptores. A presença do limoneno como aleloquímico principal no óleo essencial de laranja (Caccioni, 1998; Lima et al., 2016) reforça a plausibilidade desses efeitos.

Em relação a interferência alelopática é fundamental considerar que o alto vigor dos lotes estudados pode ter atenuado a magnitude dessa ação, pois lotes com maior potencial fisiológico tendem a apresentar uma capacidade natural de tolerância a condições de estresse (Marcos-Filho, 2020). Neste contexto, pode-se inferir que, em sementes de menor vigor, os efeitos inibitórios seriam potencializados. Em contrapartida, a capacidade de



superação das sementes utilizadas pode ter permitido que os efeitos inibitórios fossem evidentes apenas nas maiores concentrações. A complexidade das interações entre os aleloquímicos do óleo e os mecanismos fisiológicos da germinação da rúcula merece aprofundamento em estudos futuros.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demonstrou que o óleo essencial de laranja, nas concentrações de 10%, 20% e 30%, exerceu uma provável ação alelopática sobre o desempenho germinativo das sementes de rúcula. Essa bioatividade resultou em uma redução significativa na velocidade e percentual de germinação dos lotes analisados. O alto vigor das sementes analisadas pode ter atenuado a totalidade dos efeitos alelopáticos.

Recomenda-se, portanto, a investigação do óleo essencial de laranja em futuros estudos com doses inferiores a 10%. Essa abordagem estratégica pode revelar concentrações nas quais o óleo exerça seu efeito benéfico no controle de fitopatógenos sem comprometer o desempenho fisiológico das sementes de rúcula.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de doutorado e, a Fundação Araucária pela concessão da bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

AHMED, H. F. A.; SELEIMAN, M. F.; MOHAMED, I. A. A.; TAHA, R. S.; WASONGA, D. O.; BATTAGLIA, M. L. Atividade de óleos essenciais e extratos vegetais como

biofungicidas para supressão de fungos do solo associados à podridão e murcha da raiz da calêndula (*Calendula officinalis* L.). **Horticulturae**, v. 9, n. 2, p. 222, 2023.

<https://doi.org/10.3390/horticulturae9020222>.

ALEXA, E.; SUMALAN, R. M.; DANCIU, C.; OBISTIOIU, D.; NEGREA, M.; POIANA, M. A.; RUS, C.; RADULOV, I.; POP, G.; DEHELEAN, C. Synergistic Antifungal, Allelopathic and Anti-Proliferative Potential of *Salvia officinalis* L., and *Thymus vulgaris* L. Essential Oils. **Molecules**, v. 23, n.185, 2018. <https://doi.org/10.3390/molecules23010185>.

ALTIZANI JÚNIOR, J. C.; LIMA, C. B. de; COUTINHO, J. V.; MARTINS, V. M.; SHINOZAKI, G. A. Viabilidade de co-emulsões no preparo de soluções aquosas com óleos essenciais vegetais, visando o tratamento sanitário de sementes de alface. In: 10º Encontro Anual de Iniciação Tecnológica e Inovação, 2020, Bandeirantes. **Anais do 10º Encontro Anual de Iniciação Tecnológica e Inovação**. Bandeirantes: Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2020.

BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação: Princípios, Processos e Aplicações**. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2024. 456 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 399p, 2009.



CACCIONI, M. Relationship between volatile components of citrus fruit essential oils and antimicrobial action on *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum*. **International Journal of Food Microbiology**, v. 43, p. 73-79, 1998. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(98\)00099-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(98)00099-3).

DRAZ, I. S.; ELKWAGA, A. A.; ELZAAWELY, A. A.; EL-ZAHABY, H. M.; ISMAIL, A. W. A. Application of plant extracts as inducers to challenge leaf rust of wheat. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**. V. 9, n.6, 2019. <https://doi.org/10.1186/s41938-019-0109-9>.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

JIANHUA, Z.; McDONALD, M.B. The saturated salt accelerated aging test for small-seeded crops. **Seed Science and Technology**, v.25, p.123-131, 1996. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122607/records/647214a869d6cbfdd4a356f5>

LIMA, C. B.; RENTSCHLER, L. L. A.; BUENO, J. T.; BOAVENTURA, A. C. Plant extracts and essential oils on the control of *Alternaria alternata*, *Alternaria dauci* and on the germination and emergence of carrot seeds (*Daucus carota* L.). **Ciência Rural**, v. 46, n. 5, p. 764-770, 2016. DOI: 10.1590/0103-8478cr20141660

MARCOS-FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C. et al. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 2ed. Londrina: ABRATES, 2020. Cap.1, p.17-77.

NASCIMENTO, W. M. (Ed.). **Hortaliças: Tecnologia de Produção de Sementes**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2011. 316p.

NUZHAT, T.; VIDYASAGAR, G.M. Antifungal investigations on plant essential oils. A review. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**. v. 5, n. 2, p. 19-28, 2013. <https://www.researchgate.net/publication/283857924>.

RAJU, K.; ROSHAN, D. **Arugula microgreen market**. In: Indoor vertical farming, commercial greenhouses. Distribution channel: Pune (India), 2022. 200p.
RAMOS, N.P.; FLOR, E.P.O.; MENDONÇA, E.A.F.; MINAMI, K. Envelhecimento acelerado em sementes de rúcula (*Eruca sativa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, n.1, p.98-103, 2004.