

IX Congresso Internacional das Ciências Agrárias

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E AVALIAÇÃO TÓXICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE *MESOSPHERUM SUAVEOLENS* E *ALPINIA ZERUMBET* SOBRE *TETRANYCHUS URTICAE*

Apresentação: Comunicação Oral

Herus Pablo Firmino Martins¹; Erika Pereira da Silva²; Mariano O. A. I. Rojas³; Douglas Rafael e Silva Barbosa⁴

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IXCOINTERPDVAgro.0192>

RESUMO

Diversas pragas agrícolas afetam culturas no Brasil e no mundo, sendo o ácaro-polífago *Tetranychus urticae* uma das mais preocupantes devido aos danos econômicos significativos que causa em diversas plantações. O controle mais comum dessa praga envolve a aplicação de produtos químicos. No entanto, o uso repetido desses compostos resulta em degradação ambiental e na seleção de populações resistentes, principalmente por conta do rápido ciclo de vida do ácaro, que se completa em cerca de 14 dias sob condições de alta temperatura e baixa umidade. Como alternativa sustentável, os óleos essenciais vêm ganhando destaque por seu menor impacto ambiental e boa eficácia no manejo de pragas. Este estudo teve como objetivo avaliar a toxicidade dos óleos essenciais de *Mesosphaerum suaveolens* e *Alpinia zerumbet* contra *Tetranychus urticae*. A metodologia utilizada envolveu a extração dos óleos por hidrodestilação e a realização de bioensaios, a fim de determinar as concentrações letais (CL₅₀ e CL₉₀) dos óleos em *T. urticae* por meio de contato direto. A análise dos dados foi feita pelo modelo Probit, que possibilitou a avaliação da relação concentração-resposta. Os resultados indicaram que o óleo de *M. suaveolens* foi mais tóxico, com uma CL₅₀ de 4,24 µL/mL e CL₉₀ de 15,08 µL/mL, enquanto o óleo de *A. zerumbet* apresentou CL₅₀ de 8,74 µL/mL e CL₉₀ de 46,24 µL/mL. Ambos os óleos se mostraram eficazes no controle de *T. urticae*, com o óleo de *M. suaveolens* destacando-se por sua maior toxicidade.

Palavras-Chave: Bioatividade, Bioacaricida, Prospecção, Toxicidade.

INTRODUÇÃO

O ácaro *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), popularmente conhecido como ácaro-rajado, é uma das pragas polífagas mais importantes no cenário agrícola global, devido aos significativos danos que causa em diversas culturas de alto valor econômico. No Brasil, culturas como alface, algodão, feijão, mamão, tomate e morango são especialmente

¹Estudante do Curso de Bacharelado em Agronomia do IFMA do Campus Codó; E-mail: herus.pablo@acad.ifma.edu.br

²Estudante do Curso de Bacharelado em Agronomia do IFMA do Campus Codó; E-mail: erika.silva@acad.ifma.edu.br

³Estudante do Curso de Bacharelado em Agronomia do IFMA do Campus Codó; E-mail: ibanez@ifma.edu.br

⁴Professor Orientador Dr. de Entomologia Agrícola do Curso de Bacharelado em Agronomia do Campus Codó; E-mail: douglas.barbosa@ifma.edu.br

afetadas por essa praga (Moraes e Flechtmann, 2008). Esse ácaro alimenta-se de clorofila e seiva, causando inicialmente clorose nas folhas, que pode evoluir para necrose dos tecidos, queda foliar e, em casos severos, a morte da planta (Gallo *et al.*, 2002).

Os métodos de controle tradicionais, como o químico, biológico e mecânico, têm sido amplamente empregados no manejo de *T. urticae*. No entanto, o uso excessivo de acaricidas tem levado ao desenvolvimento de populações resistentes, tornando o controle químico cada vez menos eficaz e gerando preocupações ambientais e de saúde pública (Stumpf e Nauen, 2002). A resistência adquirida por esses ácaros, aliada à rápida proliferação e ciclo de vida curto, compromete a eficiência dos métodos convencionais (Grbic *et al.*, 2011).

Nesse contexto, a busca por alternativas sustentáveis, como o uso de óleos essenciais, tem ganhado destaque. Extraídos de plantas aromáticas, os óleos essenciais são compostos por uma complexa mistura de substâncias voláteis, como terpenos e sesquiterpenos, que possuem propriedades inseticidas, antifúngicas e repelentes (Estrella Santamaria *et al.*, 2020; Ganjewala, 2009). Além de sua eficácia no controle de pragas, esses produtos são biodegradáveis e apresentam menor impacto ambiental em comparação aos acaricidas sintéticos.

O presente estudo visa avaliar a composição química e o efeito tóxico dos óleos essenciais de *Mesosphaerum suaveolens* e *Alpinia zerumbet* sobre *Tetranychus urticae*, uma das pragas agrícolas mais desafiadoras. A escolha dessas plantas é justificada pelo potencial inseticida previamente relatado em estudos, que indicam que seus óleos essenciais podem atuar como uma alternativa viável no manejo integrado de pragas (Salamah *et al.*, 2018; Cronquist, 1981). A metodologia utilizada envolveu a caracterização química dos óleos, seguida pela avaliação de sua toxicidade em bioensaios com *T. urticae*, com o objetivo de fornecer dados que possam contribuir para o desenvolvimento de estratégias de controle mais sustentáveis e eficazes.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os ácaros são artrópodes do subfilo *Chelicerata*, representando o segundo maior grupo de animais terrestres, ficando atrás apenas dos insetos. Dentro deste grupo diversificado e extenso, encontramos várias linhagens principais, como *Pycnogonida*, representado pelas aranhas marinhas; *Xiphosura*, representado pelos caranguejos-ferradura; e *Arachnida*, o maior grupo, que inclui ácaros e carrapatos (*Acari*), aranhas (*Araneae*) e escorpiões (*Scorpiones*), entre outros (Lindquist *et al.*, 2009; Walter e Proctor, 2013).

Os representantes da família *Tetranychidae* (*Acari*: *Tetranychidae*) são ácaros fitófagos que atacam uma grande diversidade de plantas (Migeon *et al.*, 2010). Dentro dessa família, o

ácaro rajado, *Tetranychus urticae*, é uma das pragas mais relevantes no mundo agrícola, causando grandes prejuízos em diversas culturas ao se alimentar de plantas perenes e anuais, afetando aproximadamente 1.100 espécies de plantas pertencentes a mais de 140 famílias (Attia *et al.*, 2013; Grbic *et al.*, 2011).

No Brasil, *T. urticae* infesta culturas importantes como soja, feijão, macieira, mamoeiro, mandioca, morangueiro, tomate e algodão (Flechtmann, 1976; Gallo *et al.*, 2002; Boom *et al.*, 2003; Weihrauch, 2004). O ataque dessa praga se inicia nas folhas medianas e se espalha pelas extremidades da planta, causando manchas branco-prateadas que escurecem, levando à queda das folhas e à redução da produtividade das culturas (Flechtmann, 1983; Tonet *et al.*, 2000; Campo *et al.*, 2000).

O uso de defensivos agrícolas para o controle de pragas é comum, mas eles são amplamente criticados pelos impactos na saúde pública e no meio ambiente, além da rápida evolução da resistência de *T. urticae* aos produtos químicos (Rani *et al.*, 2021; Darp, 2010). Uma alternativa é a utilização de óleos essenciais e extratos vegetais com atividade inseticida de origem botânica (Attia *et al.*, 2013).

Dentre as plantas com potencial para o controle de pragas, destaca-se *Mesosphaerum suaveolens*, uma planta nativa da América tropical com propriedades inseticidas, larvicidas, repelentes, antifúngicas e bactericidas (Silva, 2018; Abagli *et al.*, 2012; Tesch *et al.*, 2015). Seus óleos essenciais contêm monoterpenos, diterpenos e sesquiterpenos, compostos de interesse agrônômico com atividades biológicas amplamente estudadas (Branquinho e Resende, 2015).

Estudos mostram que os óleos essenciais de *Mesosphaerum suaveolens* possuem ação repelente contra várias pragas agrícolas e eficácia no controle de carrapatos, como *Rhipicephalus microplus*, além de suas propriedades antimicrobianas e larvicidas (Xu, 2013; Nantitanon, 2007; Silva, 2017). Essa planta apresenta grande potencial para o desenvolvimento de alternativas sustentáveis no combate a *T. urticae*, contribuindo para a proteção das culturas sem os impactos negativos dos defensivos químicos convencionais.

Outro óleo essencial de grande importância é o de *Alpinia zerumbet*, uma planta amplamente encontrada no nordeste do Brasil, cujos constituintes químicos incluem monoterpenos como 1,8-cineol e terpeno-4-ol. Estudos mostram o potencial dessa planta no controle de pragas devido às suas propriedades antimicrobianas e inseticidas (Victório *et al.*, 2009; Silva, 2018).

Essas evidências sustentam a hipótese de que os óleos essenciais dessas plantas podem ser eficazes no controle de *T. urticae*. Estudos anteriores indicam que o uso de óleos essenciais

no manejo de pragas é uma abordagem viável para reduzir a dependência de produtos químicos sintéticos e minimizar os impactos ambientais e à saúde humana (Garay, 2020; Silva *et al.*, 2022).

METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza quantitativa do tipo experimental. O campo de pesquisa foi o município de Codó – MA, e os sujeitos envolvidos no estudo foram plantas de *Mesosphaerum suaveolens* e *Alpinia zerumbet*, bem como indivíduos de *Tetranychus urticae* criados em laboratório.

Coleta das Plantas e Identificação do Material Botânico

As plantas *Mesosphaerum suaveolens* e *Alpinia zerumbet* foram coletadas no município de Codó – MA (latitude -4.45562, longitude -43.8924). A coleta foi realizada com o auxílio de colaboradores, no momento em que houver quantidade suficiente de material botânico para a extração dos óleos essenciais. A identificação das plantas foi feita utilizando literatura especializada e as amostras foram depositadas no Herbário Graziela Barroso (TEPB) da Universidade Federal do Piauí (UFPI). A classificação das espécies seguirá as diretrizes do Angiosperm Phylogeny Group (APG IV), e o status de nativa ou exótica foi baseado no site Flora do Brasil. Este estudo foi registrado no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado – SisGen, em conformidade com a legislação sobre o acesso ao patrimônio genético.

Extração dos Óleos Essenciais

Os óleos essenciais foram extraídos das folhas frescas das plantas por meio do método de hidrodestilação, utilizando um aparelho tipo Clevenger modificado. O material vegetal foi triturado e submetido ao processo por três horas, após o qual o óleo foi coletado e tratado com sulfato de sódio anidro P.A. para a remoção da água remanescente.

Cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas dos óleos essenciais

As análises cromatográficas dos óleos essenciais foram realizadas utilizando um cromatógrafo a gás acoplado a espectrômetro de massas (GC-MS) Shimadzu QP2010 Plus, operando em modo de varredura (Scan) na faixa de 40 a 650 unidades de massa atômica (u.m.a). A coluna capilar utilizada foi uma Rxi-5ms (10 m x 0,10 mm x 0,10 µm). O injetor operou em

modo splitless, com temperatura constante de 250 °C. O programa de temperatura do forno foi configurado com uma temperatura inicial de 40 °C, mantida por 1 minuto, seguida de um aquecimento de 40 °C a 320 °C a uma taxa de 35 °C/min, permanecendo em 320 °C por 1 minuto. O gás de arraste utilizado foi hélio, com fluxo constante de 0,45 mL/min.

O detector de massas operou nas seguintes condições: energia de ionização de 70 eV, temperatura da interface de 250 °C e temperatura da fonte de íons de 200 °C. Os dados quantitativos dos componentes do óleo essencial foram obtidos pela normalização das áreas dos picos nos cromatogramas, expressos como percentagens.

Determinação do Índice de Retenção Linear (LRI)

Para garantir a correta atribuição do Índice de Retenção Linear (LRI) de cada componente da amostra, foi utilizada uma mistura padrão de alcanos (C7 – C50) da Sigma-Aldrich. O padrão (1 µL) foi injetado no sistema GC-MS, operando nas mesmas condições descritas anteriormente. Os tempos de retenção dos alcanos foram usados como padrões externos de referência para o cálculo do LRI, juntamente com os tempos de retenção dos compostos presentes nos óleos essenciais. O software GCMSolution, utilizado no aparelho, calculou automaticamente os índices de retenção linear, sem a necessidade de cálculos manuais pela equação de Van den Dool e Kratz.

Os valores de LRI obtidos foram comparados com dados da literatura para fases estacionárias de polaridade equivalente à coluna Rxi-5ms utilizada neste trabalho, auxiliando na identificação e caracterização dos compostos presentes nos óleos essenciais.

CrITÉRIOS de Identificação

A identificação dos compostos foi realizada utilizando os seguintes critérios:

1. Comparação dos espectros de massas com bibliotecas digitais (NIST);
2. Análise do padrão de fragmentação dos espectros de massas, comparada com dados da literatura sobre os índices de retenção linear (LRI);
3. A variação considerada para os valores de LRI foi de ± 100 unidades, equivalente a um átomo de carbono dos padrões de hidrocarbonetos;
4. A busca dos LRI na literatura foi feita considerando fases estacionárias equivalentes à da coluna Rxi-5ms usada nas análises.

Criação de *Tetranychus urticae*

A criação de *Tetranychus urticae* foi mantida em plantas de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes* L.), cultivadas em vasos de 5L com terra misturada a húmus (3:1). As plantas foram infestadas com ovos, larvas, ninfas e adultos do ácaro rajado e mantidas em uma sala climatizada a 25 ± 1 °C, com umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. A criação estoque foi mantida sem exposição aos óleos essenciais (Santana *et al.*, 2020).

Avaliação da Toxicidade dos Óleos Essenciais

O efeito letal dos óleos essenciais sobre fêmeas adultas de *Tetranychus urticae* foi avaliado utilizando o método residual em discos de folhas de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), com 5,0 cm de diâmetro. As concentrações testadas foram 8, 16, 32, 64, 128, 194 e 260 µL/mL, e cada concentração contou com cinco repetições. Os discos foliares foram imersos nas diferentes concentrações dos óleos essenciais e na solução controle (água destilada + DMSO) por cinco segundos, sob leve agitação. Após a secagem ao ar livre por 30 minutos, cada disco foi infestado com 10 fêmeas adultas de *T. urticae*. Os discos tratados foram então colocados sobre papel de filtro umedecido em bandejas plásticas, mantidas em estufa incubadora a 25 ± 1 °C e $70 \pm 10\%$ de umidade relativa. A mortalidade dos ácaros foi avaliada 48 horas após a aplicação, sendo considerados mortos os indivíduos que não apresentassem movimentação ao serem tocados com um pincel fino (Santana *et al.*, 2020).

Análise estatística e delineamento experimental

As concentrações dos óleos essenciais para os testes de toxicidade foram determinadas através do PROC PROBIT do programa SAS version 8.02 (SAS INSTITUTE, 2001). As Razões de Toxicidade (RT) foram obtidas, através do quociente entre a CL₅₀ e/ou CL₉₀ do óleo de menor toxicidade e as CL₅₀ e/ou CL₉₀ dos demais óleos, individualmente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise Cromatográfica e Identificação Química dos Óleos Essenciais

Os resultados da análise do óleo essencial de *A. zerumbet* mostraram que os componentes majoritários são 1,8-cineol (14,05%), sabineno (12,62%); beta-cimeno (6,87%); terpinen-4-ol (6,03%) e beta-eudesmol (4,5%). Cada um desses compostos possui características que podem influenciar na eficácia do óleo essencial no controle de pragas de importância agrícola (Tabela 1).

Dentre os componentes majoritários desse óleo, o composto químico com maior

porcentagem é o 1,8 – cineol o mesmo é um monoterpeno bastante estudado por possuir atividades inseticidas, repelentes, ovicidas e entre outras ações que podem controlar o desenvolvimento de determinada praga (Gharib *et al.*, 2024). Além disso, estudos mostram que o 1,8-cineol (ou eucaliptol) ao interagir com a camada lipídica da cutícula do inseto parece aumentar a penetração de outros compostos químicos dos óleos essenciais, as atividades desses compostos podem ser relacionadas a interferência do sistema nervoso, bloqueio respiratório, alteração comportamental e repelência (Tak; Isman, 2015; Tripathi; Mishra, 2016; Lima, 2019).

Tabela 1: Compostos químicos do óleo essencial de *A. zerumbet*.

Composto	Tempo de retenção	LRI obtido	LRI literatura	Método de identificação*	%	CAS	Referência
alfa-tujeno	2,34	889	926	NIST + LRI	1,68	2867-05-02	1
alfa-pineno	2,38	896	933	NIST + LRI	1,52	127-91-3	2
Sabineno	2,60	940	973	NIST + LRI	12,62	3387-41-5	2
beta-cimeno	2,86	995	1023	NIST + LRI	6,87	535-77-3	3
1,8-Cineol	2,90	1002	1032	NIST + LRI	14,05	470-82-6	4
hexanoato de vinila	3,10	1043	-	NIST**	2,96	3050-69-9	-
<i>p</i> -Ment-8-en-1-ol	3,24	1070	1147	NIST + LRI	1,65	7299-41-4	5
terpin-3-en-1-ol	3,43	1110	1120	NIST + LRI	1,32	586-82-3	6
biciclo[3.1.0]hexan-2-ona	3,51	1126	1147	NIST + LRI	1,4	513-20-2	6
terpinen-4-ol	3,60	1144	1179	NIST + LRI	6,03	562-74-3	7
Ascaridol	3,80	1185	1257	NIST + LRI	1,87	512-85-6	8
Elemol	5,05	1457	1542	NIST + LRI	0,83	639-99-6	9
Nerolidol	5,08	1465	1535	NIST + LRI	0,74	142-50-7	10
óxido de cariofileno	5,19	1498	1582	NIST + LRI	2,71	1139-30-6	7
gama-eudesmol	5,35	1545	1630	NIST + LRI	1,1	1209-71-9	7
beta-eudesmol	5,42	1567	1649	NIST + LRI	4,5	473-15-4	11

* NIST = Identificação feita através da biblioteca de espectrometria de massas (NIST); LRI = identificação feita através do índice de retenção linear.

**Similaridade espectral igual a 97.

Outro componente encontrado em quantidade significativa é o sabineno, um monoterpeno que tem atraído atenção por suas propriedades inseticidas promissoras. Esse composto tem demonstrado ser uma alternativa viável e mais segura aos pesticidas sintéticos, oferecendo uma solução natural para o manejo de pragas. Estudos indicam que o sabineno exibe

atividade inseticida expressiva contra uma ampla variedade de espécies de insetos de importância agrícola e de produtos armazenados, incluindo *Aphis pomi*, *Tribolium castaneum*, *Lasioderma serricorne*, *Sitophilus zeamais* e *Sitophilus oryzae* (Zhou *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2015; Owolabi *et al.*, 2020).

Pesquisas ressaltam o potencial do sabineno como uma alternativa aos pesticidas convencionais, principalmente devido à sua baixa toxicidade para mamíferos e impacto ambiental reduzido. Sua eficácia foi amplamente demonstrada no controle de pragas de importância agrícola, como o *Tribolium castaneum* (besouro do amendoim) e o *Sitophilus zeamais* (caruncho do milho), que são conhecidos por causar danos significativos em produtos armazenados (Wang *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2011).

O óleo essencial de *Mesosphaerum suaveolens* analisado apresentou uma composição química rica em monoterpenos e sesquiterpenos, com destaque para cinco componentes majoritários: beta-sabineno (15,78%), espatulenol (12,28%), beta-bourboneno (11,13%), 1,8-cineol (11,01%) e beta-eudesmol (8,52%). Esses compostos possuem atividades biológicas que os tornam potenciais agentes de controle de pragas, especialmente no manejo de ácaros de importância agrícola (Tabela 2).

Tabela 2: Compostos químicos do óleo essencial de *M. suaveolens*.

Composto	Tempo de retenção	LRI obtido	LRI literatura	Método de identificação*	%	CAS	Referência
alfa-pineno	2,38	896	933	NIST + LRI	1,91	80-56-8	1
beta-sabineno	2,60	941	977	NIST + LRI	15,78	3387-41-5	2
1,8-cineol	2,90	1002	1039	NIST + LRI	11,01	470-82-6	3
Fenchona	3,18	1060	1086	NIST + LRI	2,27	126-21-6	4
Fenchol	3,31	1085	1110	NIST + LRI	1,93	1632-73-1	5
terpinen-4-ol	3,60	1145	1173	NIST + LRI	0,96	562-74-3	6
beta-bourboneno	4,46	1321	1384	NIST + LRI	11,13	5208-59-3	7
4,11,11-trimetil-8-metileno-biciclo[7.2.0]undec-3-eno	4,60	1348	1460	NIST + LRI	0,32	889360-49-0	8
Elemol	5,05	1457	1542	NIST + LRI	1,22	639-99-6	9
Espatulenol	5,17	1492	1548	NIST + LRI	12,28	6750-60-3	10
Viridiflorol	5,22	1508	1589	NIST + LRI	0,63	552-02-3	11
beta-eudesmol	5,42	1568	1649	NIST + LRI	8,52	473-15-4	12

* NIST = Identificação feita através da biblioteca de espectrometria de massas (NIST); LRI = identificação feita através do índice de retenção linear.

O óleo essencial de *M. suaveolens* tem sido amplamente investigado devido às suas notáveis propriedades químicas e biológicas. Esse óleo é caracterizado por uma composição

rica em compostos bioativos, cuja concentração pode variar de acordo com fatores sazonais e a parte da planta utilizada para extração (Luz *et al.*, 2020; Bezerra *et al.*, 2022).

Estudos anteriores apresentaram resultados consistentes com o presente trabalho, nos quais os componentes majoritários identificados incluem frequentemente o 1,8-cineol, espatulenol e sabineno. Esses compostos desempenham papéis cruciais em diversas atividades biológicas, destacando-se por suas propriedades larvicidas, antioxidantes, anti-inflamatórias e, em particular, acaricidas (Lima *et al.*, 2022; Luz *et al.*, 2020; Bezerra *et al.*, 2022; Castro *et al.*, 2018).

Embora ambos os óleos essenciais apresentem compostos em alta concentração, com a atividade acaricida geralmente atribuída aos constituintes majoritários, é importante considerar que a eficácia do óleo essencial pode não ser resultado exclusivo desses componentes principais. Estudos sugerem que a atividade biológica dos óleos essenciais pode ser modulada pela interação com compostos presentes em menor quantidade. Assim, o efeito acaricida pode ser potencializado pelo sinergismo entre os componentes majoritários e minoritários, criando uma ação combinada mais eficaz (Bressanin, 2017; Chaudhari *et al.*, 2021; Lopes, 2012).

Efeito letal dos óleos essenciais sobre fêmeas adultas de *T. urticae*

Na avaliação da toxicidade dos óleos essenciais contra *Tetranychus urticae*, o óleo essencial de *Mesosphaerum suaveolens* apresentou maior eficácia, com uma CL₅₀ (concentração letal média para 50% da população) de 4,24 µL/mL e intervalo de confiança de 95% (IC95%) entre 3,41 e 5,25 µL/mL. O valor de CL₉₀ (concentração letal para 90% da população) foi de 15,08 µL/mL, com IC95% entre 11,50 e 21,49 µL/mL (Tabela 1). Em contrapartida, o óleo essencial de *Alpinia zerumbet* apresentou valores de CL₅₀ e CL₉₀ significativamente maiores, sendo 8,74 µL/mL (IC95%: 6,82 - 10,85 µL/mL) e 46,24 µL/mL (IC95%: 31,38 - 90,88 µL/mL), respectivamente (Tabela 3).

Essa diferença nos valores de toxicidade indica que o óleo de *M. suaveolens* é consideravelmente mais tóxico para *T. urticae* do que o óleo de *A. zerumbet*, uma vez que não houve sobreposição dos intervalos de confiança das concentrações letais. A ausência dessa sobreposição confirma a significância estatística da maior toxicidade do óleo de *M. suaveolens*.

O modelo Probit utilizado na análise mostrou-se apropriado para descrever a relação concentração-mortalidade, com valores de qui-quadrado (χ^2) abaixo de 5,0 e níveis de probabilidade (P) variando entre 0,11 e 0,33, o que indica um bom ajuste dos dados ao modelo. A inclinação da linha de regressão (2,32 para *M. suaveolens* e 1,77 para *A. zerumbet*) reforça que o óleo de *M. suaveolens* possui uma curva concentração-resposta mais acentuada, ou seja,

a letalidade aumenta mais rapidamente conforme se eleva a concentração do óleo (Tabela 3).

Tabela 3: Efeito de toxicidade os óleos essenciais de *A. zerumbet* e *M. suaveolens* sobre *T. urticae*

Óleo essencial	n	GL	Inclinação (±EP)	CL50		CL90		X2	P
				(IC95%)	RT50	(IC95%)	RT90		
<i>M. suaveolens</i>	250	3	2,32±0,21	4,24	2,06	15,08	3,06	3,36	0,33
				(3,41 – 5,25)		(11,50 – 21,49)			
<i>A. zerumbet</i>	250	3	1,77±0,26	8,74	-	46,24	-	5,91	0,11
				(6,82 – 10,85)		(31,38 – 90,88)			

n= número de insetos usados no teste; GL= grau de liberdade; EP = erro padrão da média; IC= intervalo de confiança; RT = razão de toxicidade; χ^2 = Qui-quadrado; P= probabilidade.

O modelo Probit utilizado na análise mostrou-se apropriado para descrever a relação concentração-mortalidade, com valores de qui-quadrado (χ^2) abaixo de 5,0 e níveis de probabilidade (P) variando entre 0,11 e 0,33, o que indica um bom ajuste dos dados ao modelo. A inclinação da linha de regressão (2,32 para *M. suaveolens* e 1,77 para *A. zerumbet*) reforça que o óleo de *M. suaveolens* possui uma curva concentração-resposta mais acentuada, ou seja, a letalidade aumenta mais rapidamente conforme se eleva a concentração do óleo (Tabela 3).

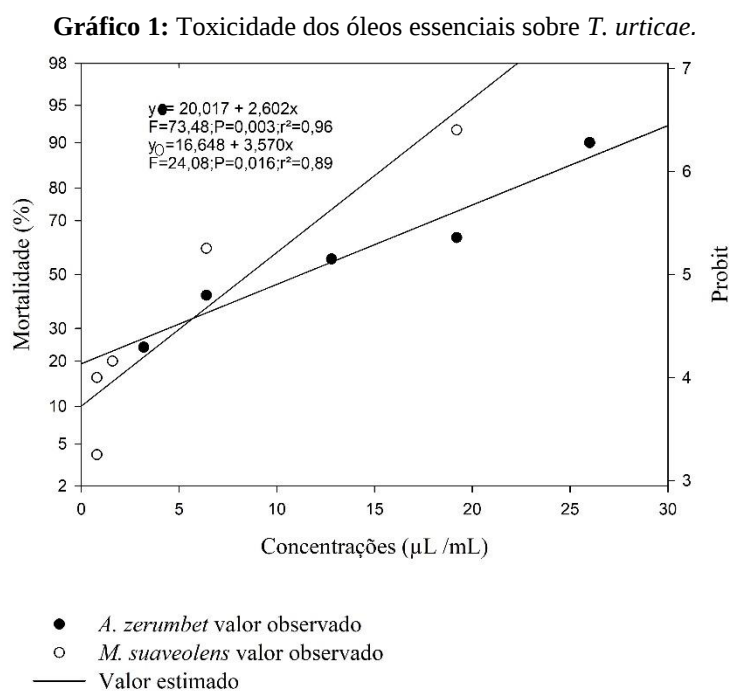
O efeito tóxico dos óleos essenciais sobre a vida de insetos e ácaros pode ser atribuído à interação com o sistema nervoso, possivelmente devido à ação de compostos monoterpenos, que podem inibir a enzima acetilcolinesterase, ou ainda pela inibição da síntese de quitina (França *et al.*, 2017).

Quando observada a mortalidade dos ácaros com relação as concentrações, foi notado que utilizando o modelo Probit para avaliar a eficácia dos óleos essenciais de *Alpinia zerumbet* e *Mesosphaerum suaveolens* no controle do ácaro *Tetranychus urticae*. No eixo x, estão representadas as concentrações dos óleos essenciais em µL/mL, e no eixo y, a mortalidade (%) observada nos testes, com uma linha de regressão indicando o valor estimado pelo modelo Probit (Gráfico 1).

Para *A. zerumbet*, a equação de regressão foi $y = 20,017 + 2,602x$, com um coeficiente de determinação $r^2 = 0,96$, o que indica uma forte correlação entre a concentração e a mortalidade. O valor de F (73,48) e o P-valor ($P = 0,003$) sugerem que a regressão é altamente significativa. Para *M. suaveolens*, a equação de regressão foi $y = 16,648 + 3,570x$, com um coeficiente de determinação $r^2 = 0,89$. Embora a correlação também seja alta, o valor de F (24,08) e o P-valor ($P = 0,016$) indicam que a regressão é significativa, mas com menor força

em comparação a *A. zerumbet* (Gráfico 1).

A linha sólida e os círculos preenchidos referem-se aos valores observados para o óleo essencial de *A. zerumbet*, enquanto os círculos vazios indicam os valores observados para *M. suaveolens*. Os coeficientes de regressão linear para ambos os óleos essenciais estão indicados nas equações de regressão.



Fonte: Própria (2024)

Os resultados mostram que ambos os óleos essenciais apresentam uma relação positiva entre a concentração e a mortalidade de *T. urticae*, com *A. zerumbet* mostrando uma correlação ligeiramente mais forte. No entanto, o óleo de *M. suaveolens* requer menores concentrações para alcançar níveis semelhantes de mortalidade, como indicado pelos valores mais baixos de CL_{50} . Esses dados reforçam a eficácia do óleo essencial de *M. suaveolens* como uma alternativa viável para o controle de pragas, especialmente devido à sua menor concentração necessária para obter altos níveis de mortalidade.

Em relação à toxicidade dos óleos essenciais sobre ácaros do gênero *Tetranychus*, diversas espécies têm sido estudadas e produzidas a partir de uma ampla gama de plantas, incluindo orégano (*Origanum onites* L.), tomilho (*Thymbra spicata* L.), lavanda (*Lavandula stoechas* L.) e menta (*Mentha spicata* L.). Esses óleos foram avaliados em relação a adultos de *Tetranychus cinnabarinus* e foram classificados como tóxicos (Sertkaya *et al.*, 2010).

A prática de misturar diferentes óleos essenciais para o controle de determinados ácaros também tem sido explorada. Ataíde *et al.* (2022) conduziram um estudo em que utilizaram

combinações dos óleos essenciais de *Rosmarinus officinalis*, *Mentha piperita*, *Melaleuca alternifolia* e *Commiphora myrrha*, relatando uma mortalidade significativa em adultos de *T. urticae* e classificando essas misturas como tóxicas.

Estudos anteriores têm demonstrado a eficácia dos óleos essenciais no combate ao ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*), como evidenciado na pesquisa conduzida por Souza *et al.* (2017). Em tal trabalho, foi avaliada a toxicidade do óleo essencial de eucalipto sobre *T. urticae*, e os resultados indicaram concentrações letais capazes de controlar o desenvolvimento da praga, ressaltando o significativo potencial acaricida dessa substância.

Além disso, outros trabalhos relataram a capacidade dos óleos essenciais de reduzir a fecundidade de *T. urticae* (Pontes *et al.*, 2010; Ribeiro *et al.*, 2016). Contudo, esses estudos não esclareceram se a diminuição da fecundidade era diretamente atribuível às propriedades dos óleos ou à mortalidade dos ácaros. Diante disso, a investigação da ação tóxica dos óleos essenciais sobre pragas agrícolas, com ênfase no ácaro-rajado, é de grande relevância. O uso dessas alternativas naturais apresenta a vantagem de minimizar os impactos negativos ao meio ambiente, reforçando a sua importância no manejo sustentável de pragas.

CONCLUSÕES

O presente trabalho demonstrou que os óleos essenciais de *Mesosphaerum suaveolens* e *Alpinia zerumbet* têm eficácia no controle do ácaro *Tetranychus urticae*, com destaque para *M. suaveolens*, que apresentou menor concentração letal média e maior toxicidade. A pesquisa confirma a hipótese de que o óleo de *M. suaveolens*, devido à sua composição química, é uma alternativa promissora para o controle de pragas agrícolas. Além disso, os resultados contribuem para a busca de soluções naturais e sustentáveis no manejo de pragas, oferecendo alternativas aos pesticidas convencionais.

REFERÊNCIAS

A review of the major biological approaches to control the worldwide pest *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with special reference to natural pesticides. *Journal of Pest Science*, v. 86, p. 361-386, 2013.

ABAGLI, Ayaba Z. et al. Potential of the bush mint, *Hyptis suaveolens* essential oil for personal protection against mosquito biting. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 2012. v. 28, n. 1, p. 15-19.

Aldilene Lima, Y. M. L. Fernandes, Carolina R. Silva, L. Costa-Júnior, P. L. Figueiredo, O. Monteiro, J. Maia and C. D. da Rocha. "Anthelmintic evaluation and essential oils composition of *Hyptis dilatata* Benth. and *Mesosphaerum suaveolens* Kuntze from the Brazilian Amazon.." *Acta tropica* (2022): 106321 . <https://doi.org/10.2139/ssrn.3961576>.

Almeida Bezerra, J., Rodrigues, F., Bezerra, J., Pinheiro, A., Menezes, S., Tavares, A., Costa, A., Fernandes, P., Silva, V., Costa, J., Cruz, R., Morais-Braga, M., Coutinho, H., Albergaria, E., Meiado, M., Siyadatpanah, A., Kim, B., & Oliveira, A., 2022. Traditional Uses, Phytochemistry, and Bioactivities of *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine : eCAM*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/3829180>.

Almeida-Bezerra, J., Rodrigues, F., Bezerra, J., Pinheiro, A., Menezes, S., Tavares, A., Costa, A., Fernandes, P., Silva, V., Costa, J., Cruz, R., Morais-Braga, M., Coutinho, H., Albergaria, E., Meiado, M., Siyadatpanah, A., Kim, B., & Oliveira, A. Traditional Uses, Phytochemistry, and Bioactivities of *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine : eCAM*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/3829180>.

ATAIDE, J. O.; DEOLINDO, F. D.; HOLTZ, F. G.; HUVER, A.; ZAGO, H. B.; MENINI, L. Acaricidal activity and repellency of commercial essential oils on *Tetranychus urticae* in vitro and protected cultivation. *Agronomía Colombiana*, v. 39, 2022.

BOOM, C. E. M. van den; BEEK, T. A. van; DICKE, M. Differences among plant species in acceptance by the spider mite *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of Applied Entomology*, Hamburg, v. 127, n. 3, p. 177-183, 2003.

BRANQUINHO, N. A. de A.; RESENDE, O. Avaliação de teor e composição dos óleos essenciais de três espécies de *Hyptis*, submetidas a diferentes velocidades e temperaturas de secagem. 2015.

BRESSANIN, GRACIELI GOMES NONATO. EFEITO ACARICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DAS PLANTAS ALPINIA ZERUMBET E CURCUMA ZEDOARIA (ZINGIBERACEAE) NO CONTROLE DE RHIPICEPHALUS MICROPOLUS (ACARI: IXODIDAE). 2017.

C. Wang, Kai Yang, H. Zhang, Jie Cao, Rui Fang, Z. Liu, S. Du, Y. Wang, Z. Deng and Ligang Zhou. "Components and Insecticidal Activity against the Maize Weevils of *Zanthoxylum schinifolium* Fruits and Leaves." *Molecules*, 16 (2011): 3077 - 3088. <https://doi.org/10.3390/molecules16043077>.

Camilla Sena da Silva, Caroline Fernanda Albuquerque, A. P. D. Coelho, Cristiane Fernandes Lisboa and M. P. Gonzatto. "Essential oils with contact insecticidal activity and encapsulation

methods: a literature review." *Revista Engenharia na Agricultura - REVENG* (2022). <https://doi.org/10.13083/reveng.v30i1.14272>.

CHAUDHARI, A. K.; SINGH, V. K.; KEDIA, A.; DAS, S.; DUBEY, N. K. Essential oils and their bioactive compounds as eco-friendly novel green pesticides for management of storage insect pests: prospects and retrospects. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 28, p. 18918-18940, 2021.

CRONQUIST, A. Devolution and classification of flowering plants. New York: New York Botanical Garden, p. 555, 1988.

DARP. Database of Artropods Resistance to Pesticides, 2010.

de LIMA, M. E. C., OLIVEIRA, H., Monteiro, A. F. M., & Fazolin, M. Avaliação inseticida de composições químicas por adição de monoterpenos, sesquiterpenos e fenilpropanoides ao dilapiol, (2019).

Estrella Santamaria, M., Arnaiz, A., Rosa-Diaz, I., González-Melendi, P., Romero-Hernandez, G., Ojeda-Martinez, D.A., Garcia, A., Contreras, E., Martinez, M., Diaz, I. Plant defenses against *Tetranychus urticae*: Mind the gaps. *Plants*, 2020. <https://doi.org/10.3390/plants9040464>

FLECHTMANN, C. H. W. *Ácaros de importância agrícola*. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1976.

FLECHTMANN, C. H. W. *Ácaros de importância agrícola*. 5. ed. São Paulo: Nobel, 1983.

FRANÇA, S. M. DE.; BREDA, M. O.; BARBOSA, D. R. S.; ARAUJO, A. M. N.;

Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R.P.L., Batista, G.C., Parra, J.R.P., Berti Filho, E., Zucchi, R.A., Alves, S.B., Vendramini, J.D., Marchini, L.C., Lopes, J.R.S., Omoto, C. *Entomologia agrícola*. FEALQ. 450p, 2002.

Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R.P.L., Batista, G.C., Parra, J.R.P., Berti Filho, E., Zucchi, R.A., Alves, S.B., Vendramini, J.D., Marchini, L.C., Lopes, J.R.S., Omoto, C. *Entomologia agrícola*. FEALQ. 450p, 2002.

Ganjewala, D., Cymbopogon essential oils: Chemical compositions and bioactivities. *Int. J. Essent. Oil Ther*, 2009.

GHARIB, A.M.; EL-SHEWY, A.M.; HAMOUDA, S.S.A.; GAD, H.A.; ABDELGALEIL, S.A.M. Insecticidal, biochemical and histological effects of monoterpenes against *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, v.27, n.2, p. 102256, 2024.

Grbić, M., Van Leeuwen, T., Clark, R.M., Rombauts, S., Rouzé, P., Grbić, V., Osborne, E.J., *et al.* The genome of *Tetranychus urticae* reveals herbivorous pest adaptations. *Nature*, 2011. <https://doi.org/10.1038/nature10640>

GUEDES, A. C. The Sublethal Effects of Insecticides in Insects. In: SHIELDS, V. D. C. (Org). *Biological Control of Pest and Vector Insects*. Townson: IntechOpen, . p. 23-39, 2017.

HOFFMANN-CAMPO, C. B. et al. *Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado*. Londrina:

Embrapa Soja, 2000.

Julio Garay. "Review of Essential Oils: A Viable Pest Control Alternative." 71 (2020). <https://doi.org/10.31901/24566608.2020/71.1-3.3244>.

K. N. C. Castro, K. Canuto, E. S. Brito, L. Costa-Júnior, I. Andrade, J. A. Magalhães and D. M. Barros. "In vitro efficacy of essential oils with different concentrations of 1,8-cineole against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*." *Revista brasileira de parasitologia veterinária = Brazilian journal of veterinary parasitology : Orgao Oficial do Colegio Brasileiro de Parasitologia Veterinaria*, 27 2 (2018): 203-210 . <https://doi.org/10.1590/S1984-296120180015>.

Lindquist, e. E.; krantz, g. W.; walter, d.e. Order Mesostigmata. In: Krantz, G.W. e Walter, D.E. (eds) *A Manual of Acarology*, Third Edition, Texas Tech University Press, Lubbock, Texas, 2009.

LOPES, F. Inseticidas botânicos no manejo de lepdópteros-praga de hortaliças. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão, 2012.

M. Owolabi, A. Ogundajo, A. O. Alafia, K. O. Ajelara and W. Setzer. "Composition of the Essential Oil and Insecticidal Activity of *Launaea taraxacifolia* (Willd.) Amin ex C. Jeffrey Growing in Nigeria." *Foods*, 9 (2020). <https://doi.org/10.3390/foods9070914>.

MIGEON, A.; NOUGUIER, E.; DORKELD, F. Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae. *Trends in acarology*, p. 557-560, 2010.

Moraes, G.D., Flechtman, C.W., *Manual de acarologia. Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil*. Ribeirão Preto, 2008.

NANTITANON, Witayapan; CHOWWANAPOONPOHN, Sombat; OKONOGI, Siriporn. Antioxidant and Antimicrobial Activities of Hyptis suaveolens Essential Oil. *Scientia Pharmaceutica*, [s.l.], v. 75, n. 1, p.35-46, 2007. MDPI AG.DOI: <http://dx.doi.org/10.3797/scipharm.2007.75.35>

PONTES, W. J. T.; SILVA, J. M. O.; DA CAMARA, C. A. G.; GONDIM-JÚNIOR, M. G. C.; OLIVEIRA, J. V.; SCHWARTZ, M. O. E. Chemical composition and acaricidal activity of the essential oils from fruits and leaves of *Protium bahianum* daly. *J. Essent. Oil Res.*, v. 22, n. 3, p. 279-282, 2010.

Rani, L., Thapa, K., Kanojia, N., Sharma, N., Singh, S., Grewal, A.S., Srivastav, A.L., Kaushal, J., 2021. Uma extensa revisão sobre as consequências dos pesticidas químicos na saúde humana e no meio ambiente. *J. Limpo. Prod.* 283, 124657. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124657>

RIBEIRO, N.; CAMARA, C.; RAMOS, C. Toxicity of essential oils of *Piper marginatum* Jacq. against *Tetranychus urticae* Koch and *Neoseiulus californicus* (McGregor). *Chil. J. Agric. Res.*, v. 76, n. 1, p. 71-76, 2016.

Salamah, A et al. Chromosome numbers of some Asteraceae species from Universitas Indonesia Campus, Depok, Indonesia. *Biodiversitas*, 2018.19 (6), 2079-2087.

Santana, M.F. De, Oliveira, V. De, Breda, M.O., Barbosa, S., Host preference , acaricides



effects and population growth of *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari : Tarsonemidae) on white and colored cotton cultivars. 2020.

Santana, M.F. De, Oliveira, V. De, Breda, M.O., Barbosa, S., Host preference , acaricides effects and population growth of *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari : Tarsonemidae) on white and colored cotton cultivars, 2020. <https://doi.org/10.1002/ps.6010>.

Shixing Zhou, Caixia Wei, Chi Zhang, C. Han, N. Kuchkarova and H. Shao. "Chemical Composition, Phytotoxic, Antimicrobial and Insecticidal Activity of the Essential Oils of *Dracocephalum integrifolium*." *Toxins*, 11 (2019). <https://doi.org/10.3390/toxins11100598>.

SILVA, Ives Antônio Lessa Queiroz. Composição química e atividade inseticida do óleo essencial de *Hyptis suaveolens*. 2018.

SILVA, T. P. da et al. Obtenção e avaliação da atividade larvicida da nanoemulsão do óleo essencial de *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. sobre *Aedes aegypti* e *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). 2017.

Souza, L. P. de, ZAGO, H. B., Pinheiro, P. F., Valbon, W. R., Zuim, V., & Pratissoli, D. Chemical composition and toxicity of eucalyptus essential oil on spotted spider mite. *Comunicata Scientiae*, 7(4), 486–493, 2017. <https://doi.org/10.14295/cs.v7i4.1502>

STUMPF, N.; NAUEN, R. Marcadores bioquímicos ligados à resistência à abamectina em *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Bioquímica de Pesticidas*, v. 72, p. 111–121, 2002.

T. Luz, J. Leite, L. D. de Mesquita, S. Bezerra, D. Silveira, J. D. de Mesquita, Ribeiro Edilene Carvalho Gomes, C. Vilanova, M. N. D. S. Ribeiro, F. D. do Amaral and D. Coutinho. "Seasonal variation in the chemical composition and biological activity of the essential oil of *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze." *Industrial Crops and Products*, 153 (2020): 112600. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112600>.

TAK, J. H.; ISMAN, M. B. Enhanced cuticular penetration as the mechanism for synergy of insecticidal constituents of rosemary essential oil in *Trichoplusia ni*. 6 W W, v. 5, p. 12690, 2015.

Tesch, N., R. Marquez Yanez, X. Mendoza Rojas, L. Rojas-Fermin, J. Velasco Carrillo, T. Diaz, F. Mora Vivas, C. Yanez Colmenares P. E Melendez Gonzales. Chemical Composition and Antibacterial Activity of Essential Oil *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. (Lamiaceae) from the Venezuelan Plains. *Revista Peruana de Biología* 22:103- 107, 2015.

TONET, L. G.; GASSEN, D. N., SALVADORI, J. R. Estresses ocasionados por pragas. In: BONATO, E. R. (Ed.). *Estresses em soja*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000.

TRIPATHI, A. K.; UPADHYAY, S.; BHUIYAN, M.; BHATTACHARYA, P. R. A review on prospects of essential oils as biopesticide in insect-pest management. I 3 3 WW , v. 1, n. 5, p. 52-63, 2009.

VICTÓRIO, C. P., ALVIANO, D.S., ALVIANO, C.S., LAGE, C.L.S. Chemical composition of the fractions of leaf oil of *Alpinia zerumbet* (Pers.) BL Burt & RM Sm. and antimicrobial activity. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 19, n. 3, p. 697-701, 2009.

Walter DE, Proctor HC. Mites: Ecology, Evolution & Behaviour. Dordrecht, Neth.: Springer. 2nd ed. 2013.

Wang, Y., Zhang, L., Feng, Y., Zhang, D., Guo, S., Pang, X., Geng, Z., Xi, C., & Du, S. (2019). Comparative evaluation of the chemical composition and bioactivities of essential oils from four spice plants (Lauraceae) against stored-product insects. *Industrial Crops and Products*. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2019.111640>.

WEIHRAUCH, F. A new monitoring approach for the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), in hop culture. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, Stuttgart, v. 111, n. 2, p. 197-205, 2004.

XU, Dian-hong et al. The essential oils chemical compositions and antimicrobial, antioxidant activities and toxicity of three Hyptis species. *Pharmaceutical Biology*, [s.l.], v. 51, n. 9, p.1125-1130, 13 jun. 2013. Informa UK Limited. DOI: <http://dx.doi.org/10.3109/13880209.2013.781195>.

Y. Wang, C. You, K. Yang, Y. Wu, R. Chen, W. Zhang, Z. L. Liu, S. Du, Z. Deng, Z. Geng and J. Han. "Bioactivity of Essential Oil of Zingiber purpureum Rhizomes and Its Main Compounds against Two Stored Product Insects.", 108 (2015): 925 - 932. <https://doi.org/10.1093/jee/fov030>.

