



A DENSIDADE DE TRICOMAS DE VARIEDADES DE ALGODOEIRO INFLUENCIAM A PREFERÊNCIA DE *Tetranychus ludeni* (ZACHER)?

Taciana Keila dos Anjos Ramalho¹, Cláudia Helena Cysneiros Matos^{1*}, Carlos Romero Ferreira de Oliveira¹, Yasmin Bruna de Siqueira Bezerra¹ & Maria Luíza Tavares Matheus¹

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Núcleo de Ecologia dos Artrópodes, Av. Gregório Ferraz Nogueira, s/n, José Tomé de Souza Ramos, CEP: 56909-535, Serra Talhada, PE, Brazil.

E-mails: claudia.matos@ufrpe.br (*autora correspondente); carlos.foliveira@ufrpe.br; tacianakeila04@gmail.com; yasmin_bruna2@hotmail.com; luizatavares13@gmail.com

Resumo: As características morfológicas das plantas podem atuar negativamente sobre os herbívoros, limitando sua mobilidade, alimentação e desenvolvimento. Os tricomas não glandulares exercem esse papel, dependendo de sua densidade e distribuição. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a preferência do ácaro-praga *Tetranychus ludeni* Zacher em variedades de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. - Malvaceae) com diferentes densidades de tricomas. Experimentos foram realizados nas variedades BRS Aroeira, BRS Verde, BRS Safira e BRS 201 que variam em sentido crescente quanto à densidade de tricomas não glandulares em suas folhas. Quatro discos de folhas (3,5 cm Ø) de cada variedade foram dispostos equidistantemente em placas de Gerbox® com 1% de ágar, interligados por um disco plástico central. Uma quantidade de 20 fêmeas adultas de *T. ludeni* foram soltas no centro da arena, de maneira que pudessem escolher entre as variedades disponíveis. Observou-se que este ácaro teve preferência para estadia e oviposição pelas variedades BRS 201 e BRS Safira. Estas variedades apresentaram as maiores densidades de tricomas e sendo assim os tricomas não parecem ter efeito deletério sobre este herbívoro. Possíveis causas dessa preferência são discutidas em resposta à relação planta-herbívoro.

Palavras-chave: Defesa morfológica; Tetranychidae; *Gossypium hirsutum*.

DOES TRICHOME DENSITY OF COTTON VARIETIES INFLUENCE THE PREFERENCE OF *Tetranychus ludeni* (ZACHER)? Plant morphology can negatively affect herbivores, limiting its mobility, feeding and development. Non-glandular trichomes exert this role, depending on its density and distribution. The objective of this study was to evaluate the preference of *Tetranychus ludeni* Zacher mite pests on cotton varieties (*Gossypium hirsutum* L. - Malvaceae) with different densities of trichomes. Experiments were performed in BRS Aroeira, BRS Verde, BRS Safira and BRS 201 varieties which have increasing non-glandular trichome densities on their leaves. Four leaf discs (3.5 cm Ø) of each variety were equidistantly arranged in Gerbox® plates with 1% agar, interconnected by a central plastic disc. Twenty adult females of *T. ludeni* were released in the center of the arena to choose among the available varieties. It was observed that this mite had preference for lodging and oviposition in BRS 201 and BRS Safira varieties. These varieties showed the highest trichome densities and had no deleterious effect on this herbivore. Possible reason for this preference are discussed in in the context of plant-herbivore relationship.

Keywords: Morphological defense; Tetranychidae; *Gossypium hirsutum*.

INTRODUÇÃO

As plantas se protegem dos herbívoros através de mecanismos de defesa constitutiva e induzida. A defesa constitutiva é aquela presente naturalmente nas plantas, representada por barreiras físicas ou químicas, independente da ação desses organismos. Já a defesa induzida só se torna ativa após a ação dos herbívoros sobre elas (Price *et al.* 1980, Nantongo *et al.* 2022). Dentre os mecanismos de defesa constitutiva, características morfológicas como tricomas, presença de depósitos cuticulares, disponibilidade de refúgios, maior espessura da epiderme, presença de domácias foliares, tipo de brácteas e folhas (Calhoun *et al.* 1994, Harris *et al.* 1994, Underwood & Rausher 2000, D'Esposito *et al.* 2021, Resende *et al.* 2022) podem atuar de forma negativa sobre os herbívoros (Read & Stokes 2006, Peiffer *et al.* 2009, Matos *et al.* 2009, Xing *et al.* 2017, Queiroz *et al.* 2020) e favorecer a estadia de inimigos naturais (Agrawal 2000, Loughner *et al.* 2008; Weber *et al.* 2012, Schmidt 2014). Essas estruturas variam de forma intra e interespecífica nas plantas, sendo capazes de determinar a ocorrência, abundância e diversidade de organismos que as habitam (Petters 2002).

Os diferentes tipos estruturais das plantas afetam diretamente a preferência alimentar, a escolha por sítios de oviposição e vulnerabilidade tanto dos herbívoros, como nos inimigos naturais (Fordyce & Agrawal 2001, Mishalska 2003; Riddick & Simmons, 2014, Zhang *et al.* 2021). Os tricomas constituem apêndices epidérmicos presentes em diversas partes das plantas (Metcalf & Chalk 1950, Fahn 1990, Chopra *et al.* 2019, Fambrini & Pugliesi 2019) e que podem exercer este efeito, dificultando a mobilidade de herbívoros sobre a superfície foliar, de acordo com sua forma, tamanho e densidade (tricomas tectores) (Melo & Silva Filho 2002, Petters 2002, Lill *et al.* 2006, Matos *et al.* 2011, Zhang *et al.* 2014), ou ainda, podem disponibilizar refúgios aos inimigos naturais favorecendo a oviposição e estadia da prole, ou não interferir na ação desses organismos (Mishalska 2003, Styrsky *et al.* 2005, Krimmel & Pearse 2014, Wheeler & Krimmel 2015). Os tricomas e podem variar na sua dimensão e disposição, de acordo com as funções que exercem na planta (Melo & Silva Filho 2002, Petters 2002, Matos *et al.* 2009).

No caso específico do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) os tricomas são apêndices unicelulares, sem glândulas (tricomas tectores), simples ou estrelados (Bondada & Oosterhuis 2000, Wang *et al.* 2019, Yuan *et al.* 2021). Segundo Metcalfe & Chalk (1950) tricomas estrelados são característicos de Malvaceae e podem apresentar variação em sua densidade, inclusive entre espécies de um mesmo gênero (Metcalf & Chalk 1979) ou até mesmo entre variedades (Lee 1985, Wright *et al.* 1999, Yuan *et al.* 2021) e atuam como defesa física.

Nesse contexto, sabendo da influência que essas estruturas podem exercer sobre herbívoros e seus inimigos naturais, no presente estudo foi avaliada a preferência do ácaro *Tetranychus ludeni* Zacher (Acari: Tetranychidae) por variedades de algodoeiro *Gossypium hirsutum* L. (Malvaceae) com diferentes densidades de tricomas. Testou-se a hipótese de que o ácaro prefere folhas com menores densidades de tricomas.

O ácaro *T. ludeni* é considerado praga ocasional do algodoeiro (Gallo *et al.* 2002), mas no semiárido pernambucano vem ocasionando perdas significativas à cultura (Ferraz *et al.* 2017, Alves *et al.* 2023). Este ácaro ocorre na face inferior das folhas, tem preferência pelas folhas do ponteiro e da região mediana da planta e provoca o aparecimento de clorose que, posteriormente, evolui para manchas vermelhas ou necróticas (Moraes & Flechtmann 2008). É uma espécie típica de regiões em que as temperaturas médias são superiores a 25° C (Alves *et al.* 2023). Nesse sentido, as regiões semiáridas apresentam características que favorecem a sua ocorrência e desenvolvimento, sendo necessários estudos que contribuam com informações sobre suas interações com as plantas hospedeiras.

MATERIAL E MÉTODOS

Plantio das variedades de algodoeiro

Quatro variedades de algodoeiro *Gossypium hirsutum* L. com diferentes densidades de tricomas: BRS Aroeira (19,32 tricomas/cm² folha), BRS Verde (43,83 tricomas/cm² folha), BRS 201 (99,78 tricomas/cm² folha) e BRS Safira (108,35 tricomas/cm² folha) foram utilizadas para a realização do estudo. Esta caracterização quanto à densidade

de tricomas foi obtida por Ferraz (2013). As plantas foram semeadas em vasos de 5 L na proporção 3:1:1 (solo, substrato comercial e esterco bovino), dispostos em gaiolas (1 m²) revestidas de organza, de maneira a mantê-las limpas para realização dos bioensaios. As sementes utilizadas foram provenientes da Embrapa Algodão, Campina Grande – PB.

Criação-estoque dos ácaros

Indivíduos de *Tetranychus ludeni* coletados de folhas de algodoeiro *G. hirsutum* foram levados ao laboratório para os bioensaios. As colônias de ácaros foram mantidas em folhas de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. (Fabaceae) dispostas com a face abaxial para cima no interior de placas Gerbox® contendo espuma constantemente umedecidas com água destilada e recobertas com papel filtro. As bordas das folhas foram recobertas com algodão hidrófilo umedecido para manter a turgidez foliar e impedir a fuga dos ácaros das arenas (Reis & Alves 1997). As criações foram mantidas em câmaras do tipo B.O.D (25 ± 2°C, 70 ± 10% UR e 12 horas de fotofase) e todos os bioensaios foram realizados sob essas condições.

Atratividade e preferência para oviposição de *T. ludeni* em diferentes variedades de algodoeiro

Os bioensaios foram montados em placas Gerbox® contendo substrato Ágar a 1%. Em cada placa foram colocados quatro discos de folhas (3,5 cm Ø) de algodoeiro (sendo um disco de cada variedade), dispostos na forma de um quadrado. No centro da arena foi adicionado um disco plástico central, interligando os quatro discos de algodoeiro, no qual foram liberadas 20 fêmeas de *T. ludeni*, de modo que pudessem escolher entre as variedades dispostas nas arenas (Adaptado de Esteves Filho *et al.* 2010).

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 4x4, com 20 repetições. Foram realizadas avaliações periódicas a cada 12 horas, totalizando 48 horas, procedendo-se a contagem de ácaros vivos e ovos/variedade de algodoeiro. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey (P ≤ 5%).

Para avaliar o número de ovos dos ácaros nas variedades em função dos períodos de avaliação,

os dados foram submetidos à análise de variância multivariada com medidas repetidas no tempo (Oliveira *et al.* 2003, Ayres *et al.* 2007), com o auxílio de software SAS 9.2.

Sobrevivência e oviposição de *T. ludeni* em diferentes variedades de algodoeiro em teste sem chance de escolha

A fim de avaliar a sobrevivência e taxa de oviposição dos ácaros em cada variedade separadamente, um experimento foi realizado. Em particular, foram montadas arenas individuais de cada variedade, em placas de Petri (5,0 cm Ø), com substrato Ágar a 1% e cada placa recebeu um disco de folha de uma das variedades de algodoeiro (3,5 cm Ø), cujas bordas foram envoltas com algodão hidrófilo umedecido para manter a turgescência da folha. Em cada arena foram liberadas 20 fêmeas de *T. ludeni*.

O experimento foi disposto em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 4x4, com cinco repetições de cada variedade (totalizando 20 arenas). As avaliações foram realizadas a cada 12 horas, por um período de 48 horas, observando-se o número de ácaros vivos e ovos de *T. ludeni* em cada arena. Os resultados referentes ao número de ácaros vivos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e suas médias comparadas pelo teste de Tukey (P ≤ 5%). Os resultados do número de ovos dos ácaros nas variedades em função dos períodos de avaliação foram submetidos à análise de variância multivariada com medidas repetidas no tempo (Oliveira *et al.* 2003, Ayres *et al.* 2007), com o auxílio de software SAS 9.2.

RESULTADOS

Atratividade e preferência para oviposição de *T. ludeni* em diferentes variedades de algodoeiro

Houve efeito das variedades de algodoeiro testadas sobre a preferência de adultos de *T. ludeni* (F = 17,85; P ≤ 0,01). Entretanto, não houve efeito do tempo (F = 1,12; P ≥ 0,05) nem da interação tratamento x tempo (F = 1,76; P ≥ 0,05). Adultos de *T. ludeni* apresentaram preferência pela variedade BRS 201 (F = 10,91; P < 0,001) (Tabela 1).

Tabela 1. Número médio de fêmeas de *Tetranychus ludeni* em variedades de algodoeiro *Gossypium hirsutum* com diferentes densidades de tricomas, em experimento com chance de escolha conduzido em laboratório ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotofase) por um período de 48 horas.

Table 1. Average number of *Tetranychus ludeni* females on *Gossypium hirsutum* cotton varieties with different trichome densities, in a randomized experiment conducted in the laboratory ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ RH and 12 hours of photophase) for a period of 48 hours.

Variedades de Algodoeiro	<i>Tetranychus ludeni</i>
	Adultos (Média \pm EP; n=20)
BRS 201	5,15 \pm 0,39 a
BRS Verde	2,74 \pm 0,45 b
BRS Aroeira	2,65 \pm 0,32b
BRS Safira	1,0 \pm 0,17 b

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

*Means followed by the same lower case letter in the column do not differ by the Tukey's Test ($P < 0.05$).

No que se refere ao número de ovos, observou-se que a interação variedade x tempo foi significativa (Wilks' Lambda = 0,72438748; $F [9; 134,01] = 2,11$; $P = 0,0328$) (Figura 1). Em todas as variedades de algodoeiro, o número de ovos de *T. ludeni* aumentou em função do tempo, no entanto, na variedade BRS 201 foi mais representativo, sobressaindo-se entre as demais, na maioria dos intervalos avaliados (Figura 1).

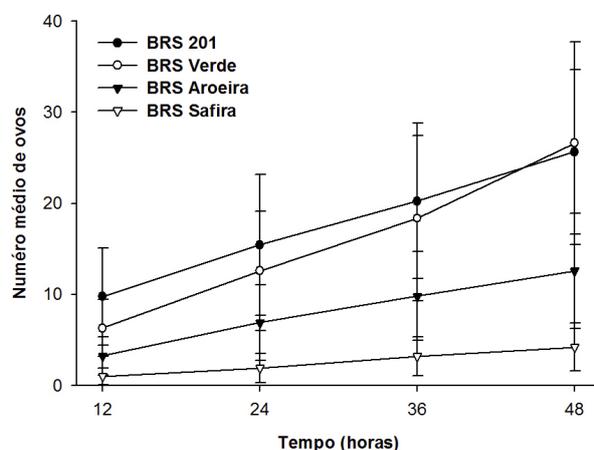


Figura 1. Número de ovos (Média \pm EP) do ácaro *Tetranychus ludeni* sobre variedades de algodoeiro *Gossypium hirsutum* com diferentes densidades de tricomas, em experimento com chance de escolha conduzido em laboratório ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotofase) por um período de 48 horas.

Figure 1. Number of *Tetranychus ludeni* eggs (Mean \pm SD) on *Gossypium hirsutum* cotton varieties with different trichome densities, in a randomized experiment conducted in the laboratory ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ RH and 12 hours of photoperiod) for a period of 48 hours.

Sobrevivência e oviposição de *T. ludeni* em diferentes variedades de algodoeiro em teste sem chance de escolha

Houve efeito das variedades de algodoeiro na sobrevivência de adultos de *T. ludeni* ($F = 6,51$; $P < 0,001$). A menor sobrevivência foi observada na variedade BRS Aroeira que diferiu significativamente da BRS 201 e BRS Verde, mas não diferiu da Safira (Figura 2).

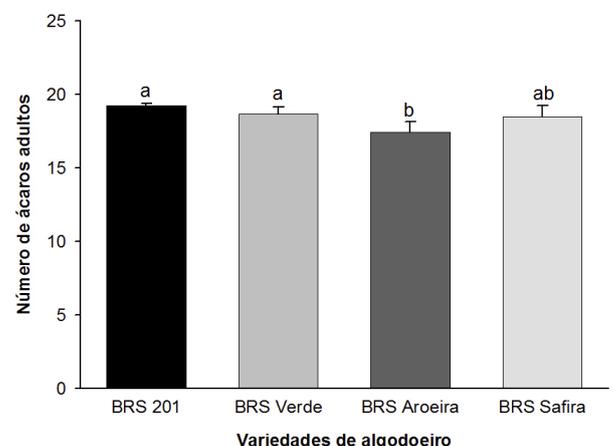


Figura 2. Sobrevivência de fêmeas adultas de *Tetranychus ludeni* em variedades de algodoeiro *Gossypium hirsutum* com diferentes densidades de tricomas, em experimento sem chance de escolha conduzido em laboratório ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotofase) por um período de 48 horas.

Figure 2. Survival of *Tetranychus ludeni* adult females on *Gossypium hirsutum* cotton varieties with different trichome densities, in no-choice experiment conducted in the laboratory ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ RH and 12 hours of photophase) for a period of 48 hours.

Em relação ao número de ovos observou-se efeito significativo da interação tempo versus variedade (Wilks' Lambda = 0,09788565; F [9; 34,223] = 6,08; P < 0,0001) (Figura 3). O número de ovos aumentou em função do tempo, havendo destaque para variedade BRS Safira em todos os tempos avaliados (Figura 3).

DISCUSSÃO

Os tricomas presentes nas variedades de algodoeiro analisadas no presente estudo não atuaram de forma deletéria sobre o ácaro *T. ludeni*. A preferência de *T. ludeni*, observada no presente estudo para estadia e oviposição nas variedades BRS 201 e BRS Safira não demonstra efeito negativo significativo dos tricomas sobre este ácaro, uma vez que as duas variedades apresentam as maiores densidades de tricomas. Isso pode ter ocorrido pelo fato dessas estruturas se apresentarem amplamente distribuídas no limbo foliar das variedades, pois, segundo Agrawal (2000) quando se concentram em determinadas regiões da folha como as nervuras ou formam domácias foliares podem facilitar o controle de herbívoros pela alocação de maiores densidades de inimigos naturais. Ainda, segundo Agrawal *et al.* (2000), quando domácias artificiais foram adicionadas a plantas de algodoeiro houve uma diminuição de três espécies de herbívoros (ácaros, pulgões e mosca-branca) e o aumento de várias espécies de predadores, havendo uma melhoria na produção de algodão, reforçando o que foi supracitado.

O efeito deletério dos tricomas tectores sobre os herbívoros já foi observado em muitas espécies de plantas de importância econômica (Levin 1973, Agrawal 2000, Paron & Lara 2005; Matos *et al.* 2009, Onyambus *et al.* 2011, Kariyat *et al.* 2017, Sulek & Cakmak 2022). Essas estruturas podem atuar, por exemplo, reduzindo a dispersão dos herbívoros nas plantas ou dificultando a alimentação desses organismos ao tentarem inserir suas peças bucais na superfície das folhas (Glas *et al.* 2012; Marquis, 2012; Fürstenberg-Hägg *et al.* 2013; Karyat *et al.* 2017).

Matos *et al.* (2009) avaliaram o desenvolvimento do ácaro-branco *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) em cinco espécies de pimenta Capsicum com diferentes densidades de tricomas distribuídos de forma distinta

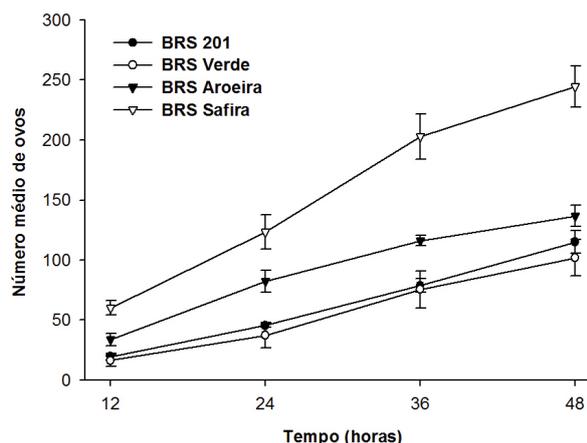


Figura 3. Número de ovos (Média ± EP) de *Tetranychus ludeni* em variedades de algodoeiro *Gossypium hirsutum* com diferentes densidades de tricomas, em teste sem chance de escolha conduzido em laboratório ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotofase) por um período de 48 horas.

Figure 3. Number of *Tetranychus ludeni* eggs (Mean ± SD) on *Gossypium hirsutum* cotton varieties with different trichome densities, in no-choice test conducted in the laboratory ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ RH and 12 hours of photoperiod) for a period of 48 hours.

na face abaxial das folhas: desde tricomas agrupados na forma de domácias a espécies com tricomas amplamente distribuídos recobrando uniformemente todo o limbo foliar. Os autores observaram uma relação negativa no crescimento populacional deste ácaro em função do aumento das densidades dessas estruturas nas folhas, demonstrando que este caráter morfológico foi limitante ao desenvolvimento da praga.

Onyambus *et al.* (2011) observaram em seu estudo uma possível resistência de variedades de tomateiro ao ácaro-praga *Tetranychus evansi* (Baker & Pritchard) (Acari: Tetranychidae), inferindo que isso está parcialmente associado aos tipos e densidades de tricomas, uma vez que nas variedades com maior densidade de tricomas os ácaros apresentaram maior fecundidade, mas não completaram seu desenvolvimento, morrendo na fase larval. Este fato corrobora, em parte, ao encontrado neste estudo, em que a oviposição de *T. ludeni* correlacionou-se positivamente com o aumento da pubescência nas variedades de algodoeiro avaliadas. Entretanto, a viabilidade dos ovos não foi avaliada, o que deve ser considerado em trabalhos subsequentes.

Na verdade, o que se tem observado em relação aos ácaros-praga é que o efeito deletério dos tricomas ocorre comumente nas plantas em que estes são do tipo glandular (Maluf *et al.* 2007, Saeidi & Mallik 2012, Savi *et al.* 2019, Resende *et al.* 2020). Já para insetos-praga estudos demonstram que, na maioria dos casos, há efeito deletério dos tricomas em geral sobre esses organismos (Lill *et al.* 2006, Dalin *et al.* 2008, Kaplan *et al.* 2009, Kariyat *et al.* 2017, Usman *et al.* 2020, Ambidi *et al.* 2022).

Mas, alguns autores revelam padrões para insetos herbívoros semelhantes ao obtido no presente estudo. Leite *et al.* (2003) observaram que a densidade de tricomas não influenciou as populações dos artrópodes *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera: Aphididae) e *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) em acessos de maxixe-do-reino *Cyclanthera pedata* (L.) Schrad. (Curcubitaceae). Os autores ressaltam que este fato pode ser decorrente de uma maior concentração de tricomas na face adaxial das folhas nessas plantas, enquanto a presença dos insetos se dá frequentemente na face abaxial.

Leite *et al.* (2008) avaliaram o efeito dos tricomas tectores de cinco acessos de ginseng-brasileiro (Spreng.) Pedersen (Amaranthaceae) sobre a incidência de *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae), *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) e *T. ludeni* e concluíram que os tricomas não influenciaram a incidência dos artrópodes avaliados. Os autores destacaram ainda que uma provável explicação para este fato pode se dever aos tricomas desta planta serem tectores, ressaltando uma maior eficiência de defesa para os tricomas do tipo glandular. Porém, a defesa física realizada através dos tricomas tectores é comprovadamente eficiente em diversos complexos planta-herbívoro, como os já mencionados anteriormente.

No presente estudo, fatores relacionados à questão nutricional das plantas podem ter contribuído para o observado nas variedades de algodoeiro avaliadas, uma vez que a qualidade da planta hospedeira afeta diretamente o desenvolvimento, sobrevivência e permanência do herbívoro (Price *et al.* 1986).

Alguns autores relataram que um maior conteúdo de nitrogênio na planta pode levar a um rápido desenvolvimento, densidade populacional

e fecundidade de *Panonychus* (Metatetranychus) *ulmi* (Koch) (Breukel & Post 1959, Crooker 1985, English-Loeb 1989) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) (Wilson *et al.* 1994) – e este último na cultura algodoeira. Com base nessas considerações, a preferência do ácaro *T. ludeni* para BRS 201, talvez seja um indicativo de que esta variedade apresenta maior conteúdo de nitrogênio do que as demais testadas.

Além disso, o clima semiárido pode influenciar a presença de tricomas em algumas plantas, pois, entre outras atribuições, a pubescência aumenta a condutividade térmica da superfície foliar, elevando a perda de calor por convecção. Isso é mais evidente para plantas em ambientes quentes e secos, como é o caso do feijoeiro, que apresenta maior número de tricomas em ambientes secos (Dahlin *et al.* 1992, Salem-Fnayou 2017).

Diante do exposto, os tricomas nas variedades de algodoeiro testadas nestes estudo não se apresentaram como fator limitante à ocorrência de *T. ludeni*, refutando a hipótese proposta na pesquisa. Isso ocorreu, provavelmente, devido a maneira como estão distribuídos nas folhas ou mesmo porque as densidades máximas encontradas nessas variedades estejam aquém do necessário para atuar efetivamente na defesa contra *T. ludeni*. Assim, as diferenças observadas no que se refere à oviposição e estadia de *T. ludeni* podem ser explicadas pela resistência do tipo antixenose para as variedades de algodoeiro testadas, já que algumas foram menos preferidas por este ácaro.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE pela concessão de bolsa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- Alves, JJA, Matos, CHC, Oliveira, CRF, Pereira, VLC, Bezerra, CWF, & Fonseca, KS 2023. Are vegetable adjuvants increasing the efficiency of the aqueous extract of *Sarcomphalus joazeiro* on *Tetranychus ludeni*?. Bulletin of Insectology, 76 (1): 9-19.
- Agrawal, AA, Karban, R. & Colfer, RG 2000. How leaf domatia and induced resistance

- affect herbivores, natural enemies and plant performance. *Oikos*, 89(1), 70–80. DOI: 10.1034/j.1600-0706.2000.890108.x
- Ambidi, V., Bantewad, S., Mishra, SP, Hingane, A., & Jaba, J. 2022. Morpho-Biochemical Parameters Associated with Resistance to Pod Borer Complex of Pigeonpea. *Pakistan Journal of Zoology*, 54(1), 405–411. DOI: 10.17582/JOURNAL.PJZ/20200703050747
- Ayres, M., Ayres Júnior, M., Ayres, DL, & Santos, ADA 2007. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Instituto Mamirauá: Belém: p. 364.
- Bondada, BR, & Oosterhuis, DM 2000. Comparative epidermal ultrastructure of cotton (*Gossypium hirsutum*) leaf, bract and capsule wall. *Annals of Botany*, 86(6), 1143–1152. DOI: 10.1006/anbo.2000.1283
- Breukel, LM, & Post, A 1959. The influence of manurial treatment of orchards on the population density of *Metatetranychus ulmi* (Koch) (Acari, Tetranychidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2(1), 38–47. DOI: 10.1111/j.1570-7458.1959.tb02095.x
- Calhoun, DS, Jones, JE, Caldwell, WD, Burriss, E., Leonard, BR, Moore, SH, & Aguillard, W. 1994. Registration of La. 850082 FN and La. 850075 FHG, two cotton germplasm lines resistant to multiple insect pest. *CropSci*, 34(1), 316–317. DOI: 10.2135/cropsci1994.0011183X003400010085x
- Chopra, D., Mapar, M., Stephan, L., Albani, MC, Deneer, A., Coupland, G., Willing, EM, Schellmann, S., Schneeberger, K., Fleck, C., Schrader, A., & Hülskamp, M. 2019. Genetic and molecular analysis of trichome development in *Arabidopsis thaliana*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(24), 12078–12083. DOI: 10.1073/pnas.1819440116
- Crooker, A. 1985. Embryonic and juvenile development. In: Helle W Sabelis MW (ed) *Spider mites: their biology natural enemies and control*, Amsterdã: Elsevier: p. 163.
- Dahlin RM, Brick MA, & Ogg, JB 1992. Characterization and density of trichomes on three common bean cultivars. *Economic Botany*, 46(3), 299–304. DOI: 10.1007/BF02866628
- D'Esposito, D., Manzo, D., Ricciardi, A., Garonna, AP, de Natale, A., Frusciante, L., Pennacchio, F., & Ercolano, MR 2021. Tomato transcriptomic response to *Tuta absoluta* infestation. *BMC Plant Biology*, 21(1), 1–14. DOI: 10.1186/s12870-021-03129-9
- English-Loeb, GM 1989. Nonlinear responses of spider mites to drought-stressed host plants. *Ecological Entomology*, 14(1), 45–55. DOI: 10.1111/j.1365-2311.1989.tb00752.x
- Esteves Filho, AB, Oliveira, JV, Torres, JB, & Gondim Jr, MGC 2010. Biologia comparada e comportamento de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) em algodoeiro Bollgard™ e isolinha não-transgênica. *Neotropical Entomology*, 39(3), 338–344.
- Fahn, A. 1990. *Plant Anatomy*. New York: Pergamon Press: p. 588.
- Fambrini, M., & Pugliesi, C. 2019. The dynamic genetic-hormonal regulatory network controlling the trichome development in leaves. *Plants*, 8(8), 1–30. DOI: 10.3390/plants8080253
- Ferraz, CS 2013. Parâmetros biológicos e potencial de predação de *Euseius citrifolius* sobre *Tetranychus ludeni* em variedades de algodoeiro. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Serra Talhada. pág 78.
- Fordyce, JA, & Agrawal, AA 2001. The role of plant trichomes and caterpillar group size on growth and defense of the pipevine swallowtail *Battus philenor*. *Journal of Animal Ecology*, 70(6), 997–1005. DOI: 10.1046/j.0021-8790.2001.00568.x
- Ferraz, JCB, Matos, CHC, Oliveira, CFR de, Sá, MGR, & Conceição, AGC 2017. Acaricidal activity of juazeiro leaf extract against red spider mite in cotton plants. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52 (7): 493-499. DOI: 10.1590/S0100-204X2017000700003
- Fürstenberg-Hägg, J., Zagrobelny M., Bak, S. 2013. Plant defense against insect herbivores. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(5): 10242-10297. DOI: 10.3390/ijms140510242.
- Gallo, D, Nakano, O, Silveira Neto, S, Carvalho, RPL, Baptista, G C de, Berti Filho, E, Parra, JRP, Zucchi, RA, Alves, SB, Vendramim, JD, Marchini, LC, Lopes, JRS, & Omoto, C 2002. *Entomologia Agrícola*. 10ª ed. Piracicaba: FEALQ: p. 402.

- Glas, J.J., Schimmel, B.C.J., Alba, J.M., Escobar-Bravo, R., Schuurink, R.C., Kant, M.R. 2012. Plant glandular trichomes as targets for breeding or engineering of resistance to herbivores. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(12): 17077-17103. DOI: 10.3390/ijms131217077.
- Harris, FA, Calhoun, DS, & Furr, R. 1994. Cotton varietal resistance to cotton aphid. In: Beltwide Cotton Conference, San Diego: Proceedings: p. 1008.
- Kaplan, I., Galen, PD, & Denno RT 2009. The costs of anti-herbivore defense traits in agricultural crop plants: a case study involving leafhoppers and trichomes. *Ecological Applications*, 19(4), 864–872. DOI: 10.1890/07-1566.1
- Kariyat, RR, Smith, JD, Stephenson, AG, de Moraes, CM, & Mescher, MC 2017. Non-glandular trichomes of *Solanum carolinense* deter feeding by manduca sexta caterpillars and cause damage to the gut peritrophic matrix. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1849), 1–9. DOI: 10.1098/rspb.2016.2323
- Krimmel, BA, & Pearse, I. 2014. Generalist and sticky plant specialist predators suppress herbivores on a sticky plant. *Arthropod-Plant Interactions*, 8(5), 403–410. DOI: 10.1007/s11829-014-9318-z
- Lee, JA 1985. Revision of the genetics of the hairiness-smoothness system of *Gossypium*. *Journal of Heredity*, 76(2), 123–126. DOI: 10.1093/oxfordjournals.jhered.a110036
- Leite, GLD, Rocha, SL, Amorim, CAD, Costa, CA, & Veloso, RVS 2004. Efeito de tricomas foliares sobre a população de artrópodes em maxixe-do-reino (*Cyclanthera pedata*). *Revista de Ciências da Vida*, 23(1), 137–141.
- Leite, GLD, Pimenta, M, Fernandes, PL, Veloso, RVS & Martins, ER 2008. Fatores que afetam artrópodes associados a cinco acessos de ginseng-brasileiro (*Pfaffia glomerata*) em Montes Claros, Estado de Minas Gerais. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 30(1), 07–11.
- Levin, DA 1973. The role of trichomes in plants defense. *The Quarterly Review of Biology*, 48(1, Part 1), 3–15. DOI: 10.1086/407484
- Lill, JT, Marquis, RJ, Forkner, RE, Le Corff J., Holmberg, N., & Barber, NA 2006. Leaf Pubescence Affects Distribution and Abundance of Generalist Slug Caterpillars (Lepidoptera: Limacodidae). *Environmental Entomology*, 35(3), 797–806. DOI: 10.1603/0046-225X-35.3.797
- Loughner, R., Goldman, K., Loeb, G., & Nyrop, J. 2008. Influence of leaf trichomes on predatory mite (*Typhlodromus pyri*) abundance in grape varieties. *Experimental and Applied Acarology*, 45(3), 111–122. DOI: 10.1007/s10493-008-9183-5
- Maluf, WR, Inoue, IF, Ferreira, RDPD, Gomes, LAA, Castro, EMD, & Cardoso, MDG 2007. Higher glandular trichome density in tomato leaflets and repellence to spider mites. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(9), 1227–1235. DOI: 10.1590/S0100-204X2007000900003
- Matos, CHC, Pallini, A., Venzon, M., Freitas, RCP, Rezende, DDM, & Schoederer, JH 2009. Os tricomas de *Capsicum* spp. interferem nos aspectos biológicos do ácaro-branco, *Polyphagotarsonemus latus* Banks (Acari: Tarsonemidae)? *Neotropical Entomology*, 38(5), 589–594. DOI: 10.1590/S1519-566X2009000500005
- Matos, CHC, Pallini, A., Vezon, M., Rezende, DDM, & Freitas, RCP 2011. Caracterização morfológica e classificação da superfície foliar de pimentas quanto à presença de tricomas e domácias. *Horticultura Brasileira*, 29(2), 181–186. DOI: 10.1590/S0102-05362011000200008
- Melo, MO, & Silva-Filho MC 2002. Plant-insect interaction: an evolutionary arms race between two distinct defense mechanisms. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 14(2), 71–81. DOI: 10.1590/S1677-04202002000200001
- Marquis RJ. Uma abordagem geral das defesas das plantas contra ação dos herbívoros. In: K Del-Claro, HM Torezan-Silingardi (Eds.), *Ecologia das interações plantas-animais: uma abordagem ecológica-evolutiva*. pp. 55-66. Rio de Janeiro: Technical Books.
- Metcalfe, CR, & Chalk, L. 1950. *Anatomy of the dicotyledons: leaves, stem, and wood in relation to taxonomy with note on economic uses*. 2ª edição. London: Oxford University Press: p. 1167.
- Mishalska, K. 2003. Climbing of leaf trichomes by eriophyid mites impedes their location by predators. *Journal of Insect Behavior*, 16(6), 833–844. DOI: 10.1023/B:JOIR.0000018323.55232.31
- Moraes, GJ, & Flechtmann, CHW 2008. Manual

- de Acarologia, Acarologia Básica e Ácaros de Plantas Cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: Holos Editora: p.110.
- Nantongo, JS, Potts, BM, Frickey, T, Telfer, E, Dungey, H, Fitzgerald, H, & O'Reilly-Wapstra, JM 2022. Analysis of the transcriptome of the needles and bark of *Pinus radiata* induced by bark stripping and methyl jasmonate. BMC Genomics, 23(1), 1–36. DOI: 10.1186/s12864-021-08231-8
- Oliveira, CRF de, Faroni, RLD'A, & Guedes, RN 2003. Host egg preference by the parasitic mite *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae). Journal of Stored Products Research, 39 (5): 571–575. DOI: 10.1016/S0022-474X(02)00060-7
- Onyambus, GK, Maranga, RO, Gitonga, LM, & Knapp M. 2011. Host plant resistance among tomato accessions to the spider mite *Tetranychus evansi* in Kenya. Experimental and Applied Acarology, 54(4), 385–393. DOI: 10.1007/s10493-011-9446-4
- Peiffer, M., Tooker, JF, Luthe, DS, & Felton, GW 2009. Plants on early alert: glandular trichomes as sensors for insect herbivores. New Phytologist. 184(3), 644–656. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2009.03002.x
- Petters, PJ 2002. Correlations between leaf structural traits and the densities of herbivorous insect guilds. Biological Journal of the Linnean Society, 77 (1), 43–65. DOI: 10.1046/j.1095-8312.2002.00091.x
- Price, PW, Bouton, CE, Gross, P, McPherson, BA, Thompson, JN, & Weis AE 1980. Interactions among three trophic levels: Influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. Annual review of Ecology and Systematics, 11(1), 41–65. DOI: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.es.11.110180.000353>
- Price, PW 1986. Ecological aspects host plant and resistance biological control: interactions among three trophic levels. In: Boethel DJ Eikenbary RD (Eds.) Interactions of plant resistance and parasitoid and predators of insects, Wiley: New York: 640p.
- Queiroz, EB, Silva, FC, Junior, CB, Araújo, MS, Hirose, E., & Jesus, FG 2020. Antixenosis in soybean to *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae) mediated by leaf color and trichome density. Phytoparasitica, 48(5), 813–821. DOI: 10.1007/s12600-020-00840-5
- Read, J., & Stokes, A. 2006. Plant biomechanics in an ecological context. American Journal of Botany, 93(10), 1546–1565. DOI: 10.3732/ajb.93.10.1546
- Reis, PR, & Alves EV 1997. Criação do ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) em laboratório. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, 26(3), 565–568. DOI: 10.1590/S0301-80591997000300021
- Resende, JTV, Dias, DM, Erpen-Dalla Corte, L., Constantino, LV, Ventura, MU, Lima Filho, RB, Oliveira, LVB, & Silva, PR 2022. The introgression of resistance to *Tuta absoluta* in tomato based on glandular trichomes. Arthropod-Plant Interactions, 16(1), 87–99. DOI: 10.1007/s11829-021-09873-x
- Resende, JTV, Filho, RBL, Ribeiro, LK, Corrêa, JVW, Maciel, CDG, & Youssef, K. 2020. Strawberry genotypes with resistance to *Tetranychus urticae* mediated by leaf trichomes. Ciencia e Agrotecnologia, 44(1), 1–9. DOI: 10.1590/1413-7054202044006920
- Riddick, EW, & Simmons, AM 2014. Do plant trichomes cause more harm than good to predatory insects?. Pest management science, 70(11), 1655–1665. DOI: 10.1002/ps.3772
- Saeidi, Z., & Mallik, B. 2012. Entrapment of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Prostigmata: Tetranychidae), by type IV glandular trichomes of *Lycopersicon peruvianum*. Journal of Entomological Society of Iran, 31(2):15–27.
- Salem-Fnayou, AB, Ghorbel, A., Mliki, A., & Jemaa, R. 2017. Ultrastructural aspects of adaptation of “Asli” local grapevine cultivar (*Vitis vinifera* L.) to arid environments. Acta Horticulturae, 1157, 197–202. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1157.29
- Savi, PJ, Moraes, GJ, Junior, AB, Melville, CC, Carvalho, RF, Lourenção, AL, & Andrade, DJ 2019. Impact of leaflet trichomes on settlement and oviposition of *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) in African and South American tomatoes. Systematic and Applied Acarology, 24(12), 2559–2576. DOI: 10.11158/saa.24.12.19
- Schmidt, RA 2014. Leaf structures affect predatory mites (Acari: Phytoseiidae) and biological control: a review. Experimental and Applied

- Acarology, 62(1), 1–17. DOI: 10.1007/s10493-013-9730-6
- Styrsky, J., Kaplan, I., & Eubanks, MP 2006. Plant trichomes indirectly enhance tritrophic interactions involving a generalist predator, the red imported fire ant. *Biological Control*, 36(3), 375–384. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2005.10.003
- Sulek, N., & Cakmak, I. 2022. Performance of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on six cotton varieties with varying degree of leaf pubescence. *Systematic and Applied Acarology*, 27(3), 450–459. DOI: 10.11158/saa.27.3.4
- Underwood, N., & Rausher, MD 2000. The effects of host plant genotype on herbivore populations dynamics. *Ecology*, 81(6), 1565–1576. DOI:10.1890/0012-9658(2000)081[1565:TE OHPG]2.0.CO;2
- Usman, A., Khan, A., Shah, RA, & Iqbal, T. 2020. Appraisal of different tomato genotypes against *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) Infestation with reference to morphological plant characters. *Sarhad Journal of Agriculture*, 36(2), 375–382. DOI: 10.17582/JOURNAL.SJA/2020/36.2.375.382
- Wang, Z., Yang, Z., & Li, F. 2019. Updates on molecular mechanisms in the development of branched trichome in *Arabidopsis* and nonbranched in cotton. *Plant biotechnology journal*, 17(9), 1706–1722. DOI: 10.1111/pbi.13167
- Weber, MG, Clements, WL, Donoghue, MJ, & Agrawal, AA 2012. Phylogenetic and Experimental Tests of Interactions among Mutualistic Plant Defense Traits in *Viburnum* (Adoxaceae). *The American Naturalist*, 180(4), 450–463. DOI: 10.1086/667584
- Wheeler Jr, AG, & Krimmel, BA 2015. Mirid (Hemiptera: Heteroptera) specialists of sticky plants: adaptations, interactions, and ecological implications. *Annual Review of Entomology*, 60, 393–414. DOI: 10.1146/annurev-ento-010814-020932
- Wilson, LJ 1994. Plant-quality effect on life-history parameters of the twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on cotton. *Journal of Economic Entomology*, 87(6), 1665–1673. DOI: 10.1093/jee/87.6.1665
- Wright, RJ, Thaxton, P.M., El-Zik, KM, & Paterson, AH 1999. Molecular mapping of genes affecting pubescence of cotton. *Journal of Heredity*, 90(1), 215–219. DOI: 10.1093/jhered/90.1.215
- Xing, Z., Liu, Y., Cai, W., Huang, X., Wu, S., & Lei, Z. 2017. Efficiency of trichome-based plant defense in *Phaseolus vulgaris* depends on insect behavior, plant ontogeny, and structure. *Frontiers in Plant Science*, 8, 2006. DOI: 10.3389/fpls.2017.02006
- Yuan, R., Cao, Y., Li, T., Yang, F., Yu, L., Qin, Y., Du, X., Liu, F., Ding, M., Jiang, Y., Zhang, H., Paterson, AH, & Rong, J. 2021. Differentiation in the genetic basis of stem trichome development between cultivated tetraploid cotton species. *BMC Plant Biology*, 21(1), 1–14. DOI: 10.1186/s12870-021-02871-4
- Zhang, L., Qin, Z., Liu, P., Yin, Y., Felton, GW, & Shi, W. 2021. Influence of plant physical and anatomical characteristics on the ovipositional preference of *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae). *Insects*, 12(4), 326–340. DOI: 10.3390/insects12040326

Submitted: 13 April 2022

Accepted: 30 May 2023

Published on line: 06 July 2023

Associate Editor: Fernando Farache