

Bazı bitki uçucu yağların iki noktalı kırmızı örümcek *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) ergin dişileri üzerine akarısidal etkisi

Acaricidal effects of some plant essential oils on the adult females of two spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)

Asiye UZUN YİĞİT¹, Fatma Zehra OK², Ozan DEMİRÖZER¹, Arif ŞANLI²

¹İsparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Merkez, Isparta, Türkiye.

²İsparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Merkez, Isparta, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
<p>Article history: Recieved / Geliş: 31.10.2022 Accepted / Kabul: 27.02.2023</p> <p>Anahtar Kelimeler: İki noktalı kırmızı örümcek Uçucu yağ İnsektisidal aktivite Zararlı</p> <p>Keywords: Two spotted spider mite Essential oil Insecticidal activity Pest</p> <p>✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Asiye UZUN YİĞİT asiyeeuzun@isparta.edu.tr</p>	<p>Bu çalışmada, beş farklı bitki uçucu yağın [nane (<i>Mentha arvensis</i> L.), kekik (<i>Origanum onites</i> L.), limon otu (<i>Cymbopogon citratus</i>), okaliptüs (<i>Eucalyptus globulus</i>) ve karanfil (<i>Syzygium aromaticum</i> L.)] akarısidal etkisi iki noktalı kırmızı örümcek (<i>Tetranychus urticae</i> Koch, Acari: Tetranychidae) ergin dişileri üzerinde belirlenmiştir. Çalışmada uçucu yağların 4 farklı konsantrasyonu (%0.01, 0.02, 0.03 ve 0.04) yaprak-disk (4 cm) yöntemine göre hazırlanmış fasulye yaprakları üzerindeki ergin dişilere püskürtülerek uygulanmıştır. Uygulamalardan sonraki 24. saatte tüm uçucu yağların %0.04 konsantrasyonunda gerçekleşen ölümün %6±1.87-%11±1.00, 72 saat sonra ise % 25±3.53-%41±1.87 (P< 0.001, F=11.7) arasında değiştiği, en yüksek ölümün limon otu'nda olduğu (%41±1.87) belirlenmiştir. Beşinci günde en yüksek ölüm kekik uygulamasında (%77±5.14, %0.04 konsantrasyon) olmuştur. Son gözlem günü olan 7. günde, limon otu %99±1.00 (%0.04 konsantrasyon) ölüme neden olurken, bunu sırasıyla karanfil (%98±1.22), kekik (%96±1.87), okaliptüs (%85±2.73) ve nane (%82±2.00) uçucu yağı uygulamaları takip etmiştir. Çalışmadaki 5 uçucu yağın uygulamadan 7 gün sonra en yüksek uygulama dozunda (%0.04) <i>T. urticae</i> ergin dişileri üzerinde toksik etkisinin olduğu belirlenmiştir. Limon otu, karanfil ve kekik uçucu yağlarının <i>T. urticae</i> ergin dişileri üzerinde önemli bir akarısit etkisi olabileceği düşünülmektedir.</p>
<p>Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.</p> <p>OPEN ACCESS CC BY NC</p>	<p>ABSTRACT</p> <p>In this study, the effects of five essential oils [mint (<i>Mentha arvensis</i> L.), thyme (<i>Origanum onites</i> L.), lemon grass (<i>Cymbopogon citratus</i>), eucalyptus (<i>Eucalyptus globulus</i>) and clove (<i>Syzygium aromaticum</i> L.)] were determined on female adults of two spotted spider mite (<i>Tetranychus urticae</i> Koch, Acari:Tetranychidae). Four different concentrations (0.01, 0.02, 0.03, and 0.04%) of essential oils were applied to adult females on bean leaves prepared according to the leaf-disc method (4 cm) in plastic petri dishes by spraying. At the 24th and 72nd hours following the applications, the mortality rates at the lowest dose of 0.04% of all essential oils ranged between 6±1.87%-11±1.00% and 25±3.53%-41±1.87% (P= 0.000, F=11.711), respectively. The highest mortality rate was in lemongrass treatment (41±1.87% in 0.04% dose) at the 72nd hour. On the 5th day of the observations, the highest mortality rate was in thyme application (77±5.14% in 0.04% dose) and there was no significant difference in lemongrass and clove treatments. On the 7th day, lemongrass oil caused 99±1.00% death, followed by clove (98±1.22%), thyme (96±1.87%) and eucalyptus (85±2.73) and peppermint (82±2.00) treatments in 0.04% concentration. Five of the seven tested essential oils had a toxic effect on the <i>T. urticae</i> females at the highest concentration seven days after application. It can be concluded that the essential oils of lemongrass, clove, and thyme can have a significant acaricidal effect on <i>T. urticae</i> females.</p>
<p>Cite/Atıf</p>	<p>Uzun Yiğit, A., Ok, F.Z., Demirözer, O., & Şanlı, A. (2023). Bazı bitki uçucu yağların iki noktalı kırmızı örümcek <i>Tetranychus urticae</i> Koch (Acari: Tetranychidae) ergin dişileri üzerine akarısidal etkisi. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i>, 28 (2), 319-328. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1197071</p>

GİRİŞ

İki noktalı kırmızı örümcek *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) meyveler, sebzeler, pamuk ve süs bitkileri dahil olmak üzere birçok tarımsal üründe önemli verim kayıplarına neden olabilen önemli bir zararlıdır (Stumpf ve ark., 2001; Van Leeuwen ve ark., 2007). Bugüne kadar, bu zararlı için dünya çapında hem açık alanda üretilen ürünlerde hem de seralarda 3877 konukçu türü kaydedilmiştir (Attia ve ark., 2013; Migeon & Dorkeld, 2022). Nimf ve erginler konukçu bitkilerde beslendiğinde kloroplast, CO₂ alımı, fotosentez ve terlemeyi azaltarak önemli verim kayıplarına neden olmaktadır (Sances ve ark., 1982). Küçük vücut boyutu, yüksek doğurganlığı ve son derece yüksek pestisit direnci nedeniyle, tarımsal üretim sistemlerinde kontrol edilmesi en zor zararlılardan birisi olarak bilinmektedir (Van Leeuwen ve ark., 2010; Monteiro ve ark., 2013; Dittman & Schausberger, 2017). Pestisitler, kolay uygulanmaları, hızlı sonuç vermesi ve düşük ekonomik maliyetleri nedeniyle hastalık ve zararlı kontrolünde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Bernardi ve ark., 2012; Ilias ve ark., 2012; Marcic ve ark., 2012). Hızlı popülasyon gelişimi, yüksek doğurganlık ve haplo-diploid cinsiyet belirleme kabiliyeti *T. urticae*'nin pestisitlere karşı hızlı direnç geliştirmesini kolaylaştıran faktörler arasında yer almaktadır (Grbic ve ark., 2011). Ayrıca, sentetik akarisit kullanımına dayalı kontrol yöntemlerinin bazen hedef zararlıların sayısını ekonomik eşik değerlerinin altında tutmakta yetersiz kaldıkları da bilinmektedir (Tirello ve ark., 2012). Pestisitlerin aşırı kullanımına bağlı olarak zararlılarda gelişen direnç ve bunlara ek olarak, üretimlerinden uygulanmaları aşamasına kadar neden oldukları çevre kirliliği sorunları, sürdürülebilir ve çevre dostu kontrol yöntemlerine olan talebi dünya genelinde arttırmaktadır (Attia ve ark., 2013).

Uçucu yağlar veya bileşenleri çevresel etki ve insan sağlığı açısından sentetik pestisitlere uygun bir alternatif sağlayabilecek bitkisel ürünler olarak bilinmektedir (Isman ve ark., 2010; Kara ve ark., 2022). Uçucu yağlar, lipofilik ve yüksek uçucu özelliğe sahip sekonder metabolitlerden oluşan kompleks karışımlar olup, sentezlendikleri bitkilerde stres faktörlerine karşı koruyucu olarak görev yaparken, dış ortam için cezbedici, repellent, bazı stres şartlarına karşı dayanıklılık sağlama ve bazı kimyasal savunma sinyallerini uyarma gibi farklı ekolojik fonksiyonlar göstermektedirler. Uçucu yağ bileşenlerinin ekotoksikolojik risklerinin yok denecek kadar düşük olması ve doğada çabuk kaybolabilme özellikleri nedeniyle birçok zararlının mücadelesinde, pestisitlere alternatif olarak kullanılabilecekleri düşünülmektedir (Miresmailli & Isman, 2006; Isman, 2020). Yapılan araştırmalarda, uçucu yağların da içinde bulunduğu sekonder metabolitlerin memelilere, balıklara ve insanlara karşı çok düşük seviyede toksik etki gösterdikleri ve zararlıların kontrolünde uygun seçeneklerden birisi olabilecekleri belirtilmektedir (Liu ve ark., 2000; Murray, 2006; Regnault-Roger ve ark., 2012). Uçucu yağlar, eklembacaklılarda beslenmeyi engelleyici, kaçırcı, deri değiştirme ve solunum engelleme, büyüme ve doğurganlık azaltma ve öldürme etkisi dahil olmak üzere birçok etki şekline sahiptir (Akhtar & Isman, 2004; Alexenizer & Dorn, 2007). Uçucu yağların antifungal, antibakteriyel, herbisidal ve insektisidal etkilerine yönelik çok sayıda araştırma yapılmış olup, akarisidal etkilerine yönelik çalışmalar sınırlı kalmıştır (Kesdek ve ark., 2019; Bozkurt ve ark., 2020; Nohutçu ve ark., 2021; Türkmen ve ark., 2022). Konu ile ilgili olarak, farklı uçucu yağların *T. urticae* üzerine etkilerine yönelik araştırmalar yapılmış ve bazı uçucu yağların akarisidal etki gösterdiği belirtilmiştir (Choi ve ark., 2004; Çalmaşur ve ark., 2006; Cavalcanti ve ark., 2010; Han ve ark., 2010; Neves ve ark., 2011). Bunlara ek olarak bazı araştırmacılar *T. urticae* ergin bireyleri için alternatif akarisitler olarak uçucu yağ kullanımını umut verici sonuçlarla desteklemektedir (Boyd & Alverson, 2000; Chiasson ve ark., 2004; Attia ve ark., 2011a, b).

Bu çalışma, farklı familyalara ait beş farklı bitki uçucu yağın [nane (*Mentha arvensis* L.), kekik (*Origanum onites* L.), limon otu (*Cymbopogon citratus*), okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) ve karanfil (*Syzygium aromaticum* L.)] farklı uygulama dozlarının *T. urticae* ergin dişileri üzerindeki akarisidal etkisinin belirlenmesi amacı ile yürütülmüştür.

MATERYAL ve YÖNTEM

Biyolojik materyaller

Çalışmada, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Entegre Mücadele Laboratuvarı'nda üretilen *Tetranychus urticae* Koch popülasyonlarına ait ergin dişi bireyler ve nane (*Mentha arvensis*), kekik (*Origanum onites*), limon otu (*Cymbopogon citratus*), okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) ve karanfil (*Syzygium aromaticum*) uçucu yağları materyal olarak kullanılmıştır. *Tetranychus urticae* üretimi 25 ± 2 °C sıcaklık, % 70 ± 10 orantılı nem uzun gün aydınlatmalı iklim odalarında fasulye bitkileri üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada, limon otu (Lemon Grass Essential Oil, CAS number 8007-02-1) okaliptüs (Eucalyptus Essential Oil, CAS number 8000-48-4) ve karanfil (Clove Bud Essential Oil, CAS number 8015-97-2) uçucu yağları satın alım (ithalat, Hindistan) yolu ile temin edilmiştir. Nane (*Mentha arvensis* L.) ve kekik (*Origanum onites* L.) uçucu yağları ise doğal ortamlarından toplanıp kurutulmuş herbaryum örneklerinden clevenger tipi hidro-distilasyon cihazında 100 °C'de 3 saat süreyle damıtılması ile elde edilmiştir (European Pharmacopoeia, 1997).

Uçucu yağların kimyasal içeriklerinin belirlenmesi

Çalışmada kullanılan uçucu yağların bileşenleri GC/MS (QP Shimadzu 2010 Plus) cihazında tespit edilmiştir. 10 µl uçucu yağ 1 ml n-hekzan içinde eritildikten sonra GC/MS cihazının CP-Wax 52 CB (50 m x 0.32 mm; 0.25 µm) kolonuna enjekte edilmiştir. Kolon sıcaklığı 60 °C'den 220 °C'ye dakikada 10 °C artırılarak çıkartılmış ve 220 °C'de 10 dakika bekletilmiştir. Enjeksiyon bloğu sıcaklığı 240 °C ve dedektör sıcaklığı 250 °C olarak tutulmuştur. Dedektör enerji akışı 70 eV, iyonlaştırma türü EI ve helyum akış hızı 20 ml/dk olarak ayarlanmıştır. Bileşenler, kütle spektrumlarının standart maddelerin geliş zamanlarının NIST ve Wiley kütüphanelerinde rapor edilen değerleri ile karşılaştırılması yoluyla tanımlanmıştır (Rostad & Pereira, 1986; Adams, 2007). Uçucu yağ oluşturucu önemli bileşenler; nane: %71.5 mentol, %7.7 menthon, kekik: %71.9 carvacrol, %7.7 gama-terpinen, okaliptüs: %80 1,8-cineol, karanfil: %82.4 eugenol, %8.6 eugenol asetat, limon otu: % 48.1 geranial, %34.6 neral olarak tespit edilmiştir.

Uçucu yağların akarisidal etkinliklerinin belirlenmesi

Çalışmada nane, kekik, limon otu, okaliptüs ve karanfil uçucu yağlarının % 0.01, 0.02, 0.03 ve 0.04 (1000, 2000, 3000, 4000 ppm/100 mL su) dozları kullanılmıştır. Biyoetkinlik çalışmaları 9 cm çapında plastik petri kaplarında, her bir uçucu yağ dozu için beş tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Fasulye yaprağı diskleri 4 cm çapında kesilerek plastik petri kaplarında tutulan steril suya doymuş pamuk üzerine yerleştirilmiştir. Daha sonra yeni ergin dişiler 20 ergin / disk olacak şekilde yumuşak uçlu fırça yardımıyla aktarılmıştır. Her bir uçucu yağ dozuna ait solüsyon 4 bar basınçta püskürtme sağlayan modifiye edilmiş bir düzenek yardımıyla 10 saniye süre ile ergin bireylerin yer aldığı yaprak disklerin üzerine püskürtülerek uygulanmıştır. Püskürtme işleminden sonra petri kapları kontrollü iklim odası koşullarında tutulmuştur. Ölü-canlı sayımlarına uygulamalardan 24 saat sonra başlanmış ve 7. güne kadar sayımlar yapılmıştır. Stereomikroskop altında ince bir iğne ile dokunulan bireylerde hareket görülmediğinde ölü kabul edilmiştir (Lee ve ark., 1997).

Uygulamadaki ölüm oranları Abbott formülü ile hesaplanmıştır [% ölüm= (1-uygulamadan sonraki birey sayısı / uygulamadan sonra kontroldeki birey sayısı) *100] (Abbott, 1925). Elde edilen bu verilere Arcsin açısı transformasyonu uygulanmış ve bu transforme verilere IBM SPSS® Statistics (Version 20.0) paket programı yardımıyla tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) gerçekleştirildikten sonra Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Çizelgelerde ise transformasyon öncesi veri kullanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Tetranychus urticae ergin dişi bireylerine püskürtme yöntemi ile %0.01 dozunda karanfil, kekik, limon otu, okaliptus ve nane uçucu yağları uygulandıktan 24 saat sonra ölüm oranları %2±1.22-%3±1.22 arasında değişmiştir (Çizelge 1). Uçucu yağlar %0.02 dozunda uygulandığında ölüm oranları %3±1.22-%5±1.58 arasında olurken %0.03 dozunda ise %5±1.58-%7±1.22 arasında gerçekleşmiştir. En yüksek uygulama dozunda (%0.04) ise ölüm oranları %6±1.87-%11±1.00 arasında olup, en yüksek ölüm oranı kekik uçucu yağı uygulamasında gözlenmiştir. Uygulamadan 72 saat sonra ise %0.01, 0.02 ve 0.03 dozlarında sırası ile %14±1.87-%26±1.00, %20±2.23-%29±1.87 ve %20±2.23-%37±2.00 arasındaki ölüm oranları %0.04 dozunda %25±3.53-%41±1.87 olarak saptanmıştır. Limon otu uçucu yağının %0.04 dozu ergin dişi bireylerde %41±1.87 ölüm oranı ile diğer uçucu yağlardan daha etkili bulunmuştur. Uygulamadan 5 gün sonra, en yüksek uygulama dozunda *T. urticae* ergin dişilerinde ölüm oranları %52±4.359-%77±5.148 (P<0.001, F=6.184) arasında iken, en yüksek ölüm oranı kekik uçucu yağında olup, limon otu ve karanfil uçucu yağlarından istatistiki olarak farkı olmadığı saptanmıştır. Son gözlem gününde ise, *T. urticae* ergin dişileri ölüm oranları %0.01, 0.02, 0.03 ve 0.04 dozlarında sırasıyla %49±2.44-%85±3.16, %59±2.91-%93±2.00, %62±2.55-%98±1.22 ve %82±2.00-%99±1.00 aralığında belirlenmiştir. Uçucu yağlar %0.04 dozunda uygulandıktan 7 gün sonra, limon otu uçucu yağında ölüm oranı %99±1.00 olarak gerçekleşirken, bunu sırası ile karanfil (%98±1.22), kekik (%96±1.87), okaliptus (%85±2.74) ve nane (%82±2.00) uygulamaları takip etmiştir (P<0.001, F=33.8). Uygulamada kullanılan uçucu yağların dozları arttıkça meydana gelen ölüm oranlarının da arttığı gözlenmiştir. Bunun yanında her bir uçucu yağın tüm dozları zamana bağlı olarak değerlendirildiğinde; uygulamadan itibaren 24 saat, 72 saat, 5. gün ve 7. günlerde ölüm oranlarının giderek arttığı ve bu artışta istatistiki olarak önemli bulunduğu görülmüştür (Çizelge 1).

Çizelge 1. Bazı uçucu yağların *Tetranychus urticae* Koch'un ergin dişileri üzerindeki ölüm etkisi

Table 1. Mortality effect of some essential oils on the adult females of *Tetranychus urticae* Koch

Uygulamalar	Dozlar (%)	Gözlem zamanları				P	F
		24 saat	72 saat	5. gün	7. gün		
Karanfil	0.01	3±1.22 b D	24±1.87 efgh C	56±4.58 abcde B	85±3.16 cdef A	0.00	100.05
	0.02	5±0.00 ab D	26±1.00 defg C	58±4.63 abcd B	88±2.00 abcde A	0.00	209.45
	0.03	6±1.00 ab D	32±1.22 abcde C	70±5.24 abc B	94±2.44 abcd A	0.00	118.94
	0.04	8±1.22 ab D	35±2.23 abcd C	73±4.359 ab B	98±1.22 ab A	0.00	159.65
Kekik	0.01	3±1.22 b D	25±1.58 defg C	59±5.56 abcd B	85±3.16 cdef A	0.00	95.89
	0.02	5±1.58 ab D	29±1.87 bcdef C	60±6.89 abcd B	86±1.87 bcdef A	0.00	78.64
	0.03	7±1.22 ab D	30±1.58 bcdef C	67±4.06 abcd B	95±2.73 abc A	0.00	112.16
	0.04	11±1.00 a D	39±1.87 ab C	77±5.14 aB	96±1.87 abc A	0.00	100.66
Limon otu	0.01	2±1.22 b D	26±1.00 defg C	60±3.16 abcd B	84±4.30 cdef A	0.00	69.26
	0.02	4±1.00 b D	29±1.00 bcdef C	68±4.35 abcd B	93±2.00 abcd A	0.00	119.86
	0.03	6±1.00 ab D	37±2.00 abc C	74±1.87 ab B	98±1.22 ab A	0.00	257.97
	0.04	8±1.22 ab D	41±1.87 a C	76±6.40 a B	99±1.00 a A	0.00	114.44
Okaliptus	0.01	2±1.22 b D	17±2.00 gh C	47±2.55 cde B	63±3.39 gh A	0.00	93.32
	0.02	3±1.22 b D	23±1.22 efgh C	57±3.39 abcde B	75±1.00 fg A	0.00	144.49
	0.03	5±1.58 ab D	25±3.16 defg C	60±4.47 abcd B	76±1.00 ef A	0.00	77.72
	0.04	6±1.87 ab D	27±3.39 cdefg C	61±4.00 abcd B	85±2.73 cdef A	0.00	86.74
Nane	0.01	3±1.22 b D	14±1.87 h C	34±4.84 e B	49±2.44 i A	0.00	43.87
	0.02	4±1.87 b D	20±2.23 fgh C	46±2.91 de B	59±2.91 hi A	0.00	60.32
	0.03	5±1.58 ab D	20±2.23 fgh C	49±4.00 cde B	62±2.55 h A	0.00	68.06

Çizelge 1 (devamı). Bazı uçucu yağların *Tetranychus urticae* Koch'un ergin dişileri üzerindeki ölüm etkisi

Table 1 (continued). Mortality effect of some essential oils on the adult females of *Tetranychus urticae* Koch

	0.04	6±1.87 ab D	25±3.53 defg C	52±4.35 bcde B	82±2.00 def A	0.00	79.12
P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
F	2.90	11.71	6.18	33.84			

a, b, c, d, e, f, g, h, i: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P <0.05).

A, B, C, D: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P <0.05).

Dünya genelinde birçok tarımsal zararlıda olduğu gibi *T. urticae*'yi de baskı altında tutabilmek amacıyla kültürel, kimyasal ve biyolojik mücadele gibi bitki koruma yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Powell & Lindquist, 1997; Bethke ve ark., 2001). Çevre sağlığı açısından değerlendirildiğinde, zararlı popülasyonlarını ekonomik zarar seviyesinin altında tutmaya yönelik mevcut alternatif stratejiler arasında bitkisel kökenli aktif bileşenlere dayalı üretilen pestisitler son yıllarda umut verici yöntemler arasında yer almaktadır (Heuskin ve ark., 2011). Özellikle, bir dizi zengin biyoaktif kimyasal bünyesinde barındıran ve tarımsal zararlıları kontrol etmenin diğer bir farklı yolu olarak görülen uçucu yağlar ve bunların bileşenlerinin bitki koruma amacıyla kullanımı daha da ön plana çıkmaktadır (Attia ve ark., 2013). Birçok uçucu yağ ve bunların ana bileşenleri, insektisidal, akarisidal, repellent ve beslenmeyi önleyici özelliklerinden dolayı zararlı kontrol ajanları olarak ortaya çıkmaktadır (Saxena, 1989; Isman, 2000; Bernard & Xue, 2004; Papachristos ve ark., 2004). Uçucu yağlar ve monoterpenoidlerin akarlar üzerinde toksite oluşturduğu birçok araştırmacı tarafından da bildirilmiştir (Badawy ve ark., 2010; Cavalcanti ve ark., 2010; Sertkaya ve ark., 2010; Roh ve ark., 2011).

Bu çalışmada ele alınan uçucu yağların *T. urticae* ergin dişileri üzerindeki etkileri ile ilgili daha önce yürütülen az sayıda çalışma bulunmaktadır. Modarres-Najafabadi (2012) ve Afify ve ark. (2012) püskürtme yöntemi ile okaliptüs ve kekik uçucu yağı uygulamalarının %0.5, 1, 2, 3 ve 4 dozlarında ergin dişilerde 24 saat sonra ölüm oranlarının okaliptüs için %17.50, %27.50, %40, %70 ve %80, kekikte ise %20, %30, %42.50, %72.50 ve %85 olduğunu bildirmişlerdir. Yürütülen bu çalışmada ise, kekik ve okaliptüs uçucu yağlarının % 0.01, 0.02, 0.03 ve 0.04 dozları uygulandıktan 7 gün sonra sırası ile %85±3.162, 86±1.871, 95±2.739, 96±1.871 ve %63±3.391, 75±1.000, 76±1.000, 85±2.739 ölüm meydana gelmiştir. İki farklı çalışmada kullanılan uçucu yağ dozları arasındaki farklılığın çalışmalarda kullanılan uçucu yağların kimyasal içeriklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ergin dişi bireylere temas yöntemi ile uygulandığında okaliptüs (*Eucalyptus ghomphocephala*) yağının toksik olmadığı (Attia ve ark., 2012a), kekik (*Thymus vulgaris*) yağının toksik olduğu (Roh ve ark., 2011), nane türlerinden *Mentha piperita*'nın toksik (Mansour ve ark., 1986), *M. spicata*'nın hafif toksik (Mansour ve ark., 1986) ya da yüksek toksik (De Souza ve ark., 2022), *M. pulegium*'un (Attia ve ark., 2012) yüksek toksik olduğu bildirilmiştir. Yürütülen bu çalışmada ise uçucu yağlar yüksek konsantrasyonda uygulandıktan 24 saat sonra toksik değilken, 3 gün sonra hafif toksik, 5 gün sonra ise karanfil, okaliptus ve nane uçucu yağları orta derecede, kekik ve limon otu yüksek derecede toksik bulunmuştur. Uygulamadan 7 gün sonra ise limon otu (%99±1.00), karanfil (98±1.22), kekik (%96±1.871), okaliptus (%85±2.73) ve nane'nin (%82±2.00) *T. urticae* dişi bireylerine yüksek oranda toksik olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada kullanılan uçucu yağların *T. urticae*'ye karşı toksik etkilerinin uçucu yağı oluşturan bileşenlerin özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Uçucu yağlar, farklı biyolojik aktivitelere sahip olan çok sayıda bileşenden oluşmaktadır. Ortaya çıkan biyolojik aktivite yağı oluşturan önemli bileşenlerin bireysel etkilerinden olabileceği gibi farklı bileşenler arasındaki sinerjik etkiden de kaynaklanabilmektedir. Bu nedenle, bazen ana bileşenler bazen ise uçucu yağların kendisi daha yüksek biyolojik aktivite göstermektedir. Uçucu yağ bileşenlerinin *T. urticae*'ye karşı akarisidal aktiviteleri ile ilgili çok sayıda çalışma yürütülmüştür. Konu ile ilgili olarak; Lee ve ark. (1997), yaprak daldırma yöntemi ile uyguladıkları 1.000 ppm dozunda carvacrol'un *T. urticae* erginlerinde 24 saat sonra %90, 72 saat sonra ise %100 ölüme neden olduğunu bildirmiştir. Benzer olarak, carvacrol'un *T. urticae* üzerine

yüksek toksik etki gösterdiği daha önceden yapılmış benzer çalışmalarda da bildirilmiştir (Erler & Tunç, 2005; Cavalcanti ve ark., 2010). Yürütülen bu çalışmada ise yüksek oranda carvacrol içeren kekik uçucu yağının *T. urticae* erginlerinde 5. ve 7. günde % 77-96 ölüme neden olduğu saptanmıştır. Çalışmada kullanılan okaliptüs uçucu yağı yüksek oranda (% 80) 1,8-cineole içermekte olup yüksek konsantrasyonda uygulandığında *T. urticae* erginlerinde % 85 ölüme neden olmuştur. Lee ve ark. (1997) yaprak daldırma yöntemi ile 10.000 ppm 1.8-cineole uygulamasında 24 saat sonra %90 ölüm, 1.000 ppm uygulamalarında ise 24 saat sonra %10, 72 saat sonra ise %40 ölüm meydana geldiğini bildirmiştir. Okaliptüs uçucu yağının *T. urticae* yumurta ve erginleri için yüksek oranda toksik olduğu Batish ve ark. (2008) tarafından da bildirilmiştir. Çalışmada kullanılan karanfil uçucu yağında %82.4 oranında eugenol bulunmakta olup, karanfil uçucu yağının yüksek dozunda *T. urticae* erginlerinde ölüm oranı 7 gün sonra %98'e ulaşmıştır. Eugenol'ün *T. urticae* erginlerinde toksisiteye neden olduğu, ortaya çıkan toksisitenin uygulama dozuna bağlı olarak değiştiği ve 1.000 ppm dozunda 24 saat sonra %10, 72 saat sonra %60, 10.000 ppm dozunda ise 24 saat sonra %100 ölüm meydana geldiği bildirilmiştir (Lee ve ark., 1997). Başka bir çalışmada ise *Euphorbia kansui* köklerinden elde edilen eugenol'in *T. urticae* erginlerinde akarisidal etkiye sahip olmadığı bildirilmiştir (Dang ve ark., 2010). Mevcut çalışmamızda % 48.1 oranında geraniol içeren limonotu uçucu yağı *T. urticae* üzerine yüksek derecede toksisite göstermiş, 7 gün sonra yapılan sayımlarda yüksek konsantrasyonda %99 oranında ölüme neden olmuştur. Bulgularımıza benzer olarak, Lee ve ark. (1997) 10.000 ppm dozunda uygulanan geraniol'ün *T. urticae* erginlerinde % 100 ölüme neden olduğunu, 1.000 ppm dozunda ise ölüm oranının 72 saat sonra %50 olduğunu saptamışlardır. Geraniol'ün yüksek derecede akarisidal etki gösterdiği Traina ve ark. (2005) ve Jeon ve ark. (2009) tarafından da rapor edilmiştir.

Aromatik bitkilerden elde edilen uçucu yağlar ve bunların bileşenleri, hızlı bozulma, düşük kalıntı, zararlıların doğal düşmanlarına karşı genel olarak çok düşük seviyede olumsuz etkileri ve kolayca üretilemeyen çapraz direnç dahil olmak üzere sentetik pestisitlere göre çeşitli avantajlar nedeniyle birçok böcek zararlısını kontrol etmek için geleneksel pestisitlere bir alternatif olarak kabul edilmektedir (Bostanian ve ark., 2005; Isman, 2006; González ve ark., 2015; Wollinger ve ark., 2016; Liao ve ark., 2017). Yapılan mevcut çalışmada daha önceki çalışmalarda akarisidal etkiye sahip olduğu belirlenen uçucu yağ bileşenlerini dört farklı oranda içeren 5 farklı uçucu yağın *T. urticae* ergin dişileri üzerindeki lethal etkisi belirlenmiştir. Diğer çalışmalardan farklı olarak özellikle pratiğe uygun olması açısından uçucu yağlar püskürtme yöntemi ile *T. urticae* ergin dişi bireylerinin bulunduğu yaprak disklere uygulanmıştır. Ayrıca, çalışmada kullanılan dozların daha önce yürütülen çalışmalardan yüksek oranlarda seyreltilmiş olmasının da uçucu yağların daha uzun zaman aralığında daha yüksek ölüm oranlarına neden olmasına yol açtığı söylenebilir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre yüksek oranlarda geraniol, eugenol ve carvacrol bileşenlerini içeren limon otu, karanfil ve kekik uçucu yağlarının *T. urticae* ergin dişi bireyleri üzerinde önemli akarisidal etkiye sahip olduğu ve bu zararlının diğer gelişim dönemleri üzerindeki etkilerinin de ortaya çıkarılmasının ileriki çalışmalar için önemli olduğu düşünülmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

ETİK ONAY BEYANI

Bu makalede insan veya hayvan deneklerle herhangi bir çalışma bulunmaması nedeniyle etik onaya gerek duyulmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Abbott, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265-267. <http://dx.doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>
- Adams, P.R. (2007). *Identification of essential oil components by gas chromatography/ mass spectrometry, 4th Edition*. Allured Publ., Carol Stream, IL, USA.
- Afify, A.M.R., Ali F.S., & Turky, A.F. (2012). Control of *Tetranychus urticae* Koch by extracts of three essential oils of chamomile, marjoram and eucalyptus. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2 (1), 24-30. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(11\)60184-6](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(11)60184-6)
- Akhtar, Y., & Isman, M.B. (2004). Comparative growth inhibitory and antifeedant effects of plant extracts and pure allelochemicals of four phytophagous insect species. *The Journal of Applied Entomology*, 128, 32-38. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2003.00806.x>
- Alexenizer, M., & Dorn, A. (2007). Screening of medicinal and ornamental plants for insecticidal and growth regulating activity. *Journal of Pest Science*, 80, 205-215. <https://doi.org/10.1007/s10340-007-0173-x>
- Attia, S., Grissa, K.L., Lognay, G., Heuskin, S., Mailleux, A.C., & Hance, T. (2011a). Chemical composition and acaricidal properties of *Deverra scoparia* essential oil (Araliales: Apiaceae) and blends of its major constituents against *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology*, 104, 1120-1228. <https://doi.org/10.1603/EC10318>
- Attia, S., Grissa, K.L., Ghrabi, Z.G., Mailleux, A.C., Lognay, G., & Hance, T. (2011b). Assessment of the acaricidal activity of several plant extracts on the phytophagous mite *Tetranychus urticae* (Tetranychidae) in Tunisian citrus orchards. *Bulletin Société royale belge d'Entomologie Koninklijke Belgische Vereniging voor Entomologie*, 147, 71-97.
- Attia S., Grissa, L.K., Ghrabi, G.Z., Mailleux, A.C., Lognay, G., & Hance, T. (2012). Acaricidal activity of 31 essential oils extracted from plants collected in Tunisia. *Journal of Essential Oil Research*, 24, 279-288. <https://doi.org/10.1080/10412905.2012.676777>
- Attia, S., Grissa, K.L., Lognay, G., Bitume, E., Hance, T., & Mailleux, A.C., (2013). 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*, 86, 361-386. <https://doi.org/10.1007/s10340-013-0503-0>
- Badawy, M.E.I., El-Arabi, S.A.A., & Abdelgaleil, S.A.M. (2010). Acaricidal and quantitative structure activity relationship of monoterpenes against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. *Experimental and Applied Acarology*, 52, 261-274. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2019.02.006>
- Batish, D.R., Singh, H.P., Kohli, R.K., & Kaur, S. (2008). *Eucalyptus* essential oil as a natural pesticide. *Forest Ecology and Management*, 256, 2166-2174. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.08.008>
- Bernard, D.R., & Xue, R. (2004). Laboratory evaluation of mosquito repellents against *Aedes albopictus*, *Culex nigripalpus* and *Ochlerotatus triseriatus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 41, 726-730. <https://doi.org/10.1603/0022-2585-41.4.726>
- Bernardi, D., Botton, M., da Cunha, U.S., Bernardi, O., Malausa, T., Garcia, M.S., & Nava, D.E. (2012). Effects of azadirachtin on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and its compatibility with predatory mites (Acari: Phytoseiidae) on strawberry. *Pest Management Science*, 69, 75-80. <https://doi.org/10.1002/ps.3364>
- Bethke, A., Siapno, O., & Redak, R. (2001). The latest miticides. *Greenhouse Product News*, 14, 54-56.
- Bostanian, N.J., Akalach, M., & Chiasson, H. (2005). Effects of a chenopodium-based botanical insecticide/acaricide on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Aphidius colemanii* (Hymenoptera: Braconidae). *Pest Management Science*, 61, 979-984. <https://doi.org/10.1002/ps.1065>
- Boyd, D.W., & Alverson, D.R. (2000). Repellency effects of garlic extracts on two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of Entomological Science*, 35, 86-90.

- Bozkurt, İ.A., Soylu, S., Kara, M., & Soylu, E.M. (2020). Chemical composition and antibacterial activity of essential oils isolated from medicinal plants against gall forming plant pathogenic bacterial disease agents. *KSU Tarım ve Doğa Dergisi*, 23, 1474-1482. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.723544>
- Cavalcanti, S.C.H., Niculau Edos, S., Blank, A.F., Caˆmara, C.A.G., Arauˆjo, I.N., & Alves, P.B. (2010). Composition and acaricidal activity of *Lippia sidoides* essential oil against two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch). *Bioresource Technology*, 101, 829-832. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.08.053>
- Chiasson, H., Bostanian, N.J., & Vincent, C. (2004). Acaricidal properties of a Chenopodium-based botanical. *Journal of Economic Entomology*, 97, 1373-1377. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-97.4.1373>
- Choi, W.I., Lee, S.G., Park, H.M., & Ahn, Y.J. (2004). Toxicity of plant essential oils to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Journal of Economic Entomology*, 97, 553-558. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-97.2.553>
- Çalmasur, Ö., Aslan, I., & Şahin, F. (2006). Insecticidal and acaricidal effect of three Lamiaceae plant essential oils against *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. *Industrial Crops and Products*, 23, 140-146. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2005.05.003>
- Dang, Q.L., Choi, Y.H., Choi, G.J., Jang, K.S., Park, M.S., Park, N.J., Lim, C.H., Kim, H., Ngoc, L.H., & Kim, J.C. (2010). Pesticidal activity of ingenane diterpenes isolated from *Euphorbia kansui* against *Nilaparvata lugens* and *Tetranychus urticae*. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 13, 51-54. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2009.09.002>
- De Souza, L.P., Zuim, V., Stinguel, P., Pinheiro, P.F., & Zago, H.B. (2022). Toxicity of essential oil of *Mentha piperita* (Lamiaceae) and its monoterpenoid menthol against *Tetranychus urticae* Kogan 1836 (Acari: Tetranychidae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 94 (4), 2-10. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202220200427>
- Dittmann, L., & Schausberger, P. (2017). Adaptive aggregation by spider mites under predation risk. *Scientific Reports*, 7, 10609. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-10819-8>
- Erlor F., & Tunç, T. (2005). Monoterpenoids as fumigants against greenhouse pests: toxic, development and reproduction-inhibiting effects. *Journal of Plant Diseases and Plant Protection*, 112, 181-192.
- European Pharmacopoeia (2022, August). Council of Europe Publishing, 3rd edn. Strasbourg. <https://pheur.edqm.eu/home>
- González, J.O.W., Stefanazzi, N., Murray, A.P., Ferrero, A.A., & Fernández Band, B. (2015). Novel nanoinsecticides based on essential oils to control the German cockroach. *Journal of Pest Science*. 88, 393-404. <https://doi.org/10.1007/s10340-014-0607-1>
- Grbic, M., Van Leeuwen, T., & Clark, R.M. (2011). The genome of *Tetranychus urticae* reveals herbivores pest adaptations. *Nature*, 479 (7374), 487-492. <https://doi.org/10.1038/nature10640>
- Han, J., Choi, B.R., Lee, S.G., Kim, S.I., & Ahn, Y.J. (2010). Toxicity of plant essential oils to acaricide-susceptible and resistant *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Journal of Economic Entomology*, 103, 1293-1298. <https://doi.org/10.1603/EC09222>
- Heuskin, S., Lorge, S., Godin, B., Leroy, P., Frère, I., Verheggen, F.J., Haubruge, E., Wathélet, J.P., Mestdagh, M., Hance, T., & Lognay, G. (2011). Optimisation of a semiochemical slow-release alginate formulation attractive towards *Aphidius ervi* Haliday parasitoids. *Pest Management Science*, 68 (1), 127-36. <https://doi.org/10.1002/ps.2234>
- Ilias, A., Roidakis, E., Grispou, M., Nauen, R., Vontas, J., & Tsagkarakou, A. (2012). Efficacy of ketoenols on insecticide resistant field populations of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and sweet potato whitefly *Bemisia tabaci* from Greece. *Crop Protection*, 42, 305-311. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.07.024>
- Isman, M.B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, 19, 603-608. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00079-X](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00079-X)

- Isman, M.B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51, 45-66. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151146>
- Isman, M.B. (2020). Botanical insecticides in the twenty-first century-fulfilling their promise? *Annual Review of Entomology*, 65, 233-249. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-025010>
- Isman, M.B., Miresmailli, S., & Machial, C. (2010). Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. *Phytochemistry Review*, 10, 197-204. <https://doi.org/10.1007/s11101-010-9170-4>
- Jeon, J.H., Lee, C.H., & Lee, H.S. (2009). Food protective effect of geraniol and its congeners against stored food mites. *Journal of Food Production*, 72, 1468-1471. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-72.7.1468>
- Kara, M., Türkmen, M., & Soyulu, S. (2022). Rezene ve defne uçucu yağ karışımlarının kimyasal bileşenlerinin servi sürgün uç yanıklığı hastalık etmeni *Pestalotiopsis funerea*'ya karşı antifungal etkinliklerinin belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 25 (1), 113-126. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.a.vi.904966>
- Kesdek, M., Bozhüyük, A. U., & Kordali, Ş. (2019). Acaricidal effects of the essential oils obtained from different plants on carmine spider mite (*Tetranychus cinnabarinus* boisduval) (Acari: Tetranychidae) adults. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24 (1), 7-14.
- Lee, S., Tsao, R., Peterson, C., Coates, J.R., & Lee, S.K. (1997). Insecticidal activity of monoterpenoids to western Corn rootworm (Col.: Chrysomelidae), Twospotted Spidermite (Acari: Tetranychidae), and Housefly (Dip.: Muscidae). *Journal of Economic Entomology*, 90, 883-892. <https://doi.org/10.1093/jee/90.4.883>
- Liao, M., Xiao, J.J., Zhou, L.J., Yao, X., Tang, F., Hua, R.M., Wu, X.W., & Cao, H.Q. (2017). Chemical composition, insecticidal and biochemical effects of *Melaleuca alternifolia* essential oil on the *Helicoverpa armigera*. *Journal of Applied Entomology*, 141, 721-728. <https://doi.org/10.1111/jen.12397>
- Liu, S.Q., Shi, J.J., Cao, H., Jia, F.B., Liu, X.Q., & Shi, G.L. (2000). *Survey of pesticidal component in plant, in entomology in China in 21th Century*. Science and Technical Press, pp. 1098-1104.
- Mansour, F., Ravid, U., & Putievsky, E. (1986). Studies of the effects of essential oils isolated from 14 species of Labiatae on the carmine spider mite *Tetranychus cinnabarinus*. *Phytoparasitica*, 14, 137-142. <https://doi.org/10.1007/BF02980899>
- Marcic, D., Petronijevic, S., Drobnjakovic, T., Prijovic, M., Peric, P., & Milenkovic, S. (2012). The effects of spirotetramat on life history traits and population growth of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology*, 56, 113-122. <https://doi.org/10.1007/s10493-011-9500-2>
- Migeon, A., & Dorkeld, F. (2022). Spider mites web: A comprehensive database for the Tetranychidae. <http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb>
- Miresmailli, S., & Isman, M.B. (2006). Efficacy and persistence of rosemary oil as an acaricide against two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on greenhouse tomato. *Journal of Economic Entomology*, 99, 2015-2023. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-99.6.2015>
- Modarres-Najafabadi, S.S. (2012). Control of *Tetranychus urticae* Koch by thyme, lavender and eucalyptus essential oils. *Journal of Medicinal Plants and By-Products*, 1, 43-47. <https://doi.org/10.22092/JMPB.2012.108446>
- Monteiro, L.B., Kuhn, T.M.A., Mogor, A.F., & da Silva E.D.B. (2013). Biology of the two-spotted spider mite on strawberry plants. *Neotropical Entomology*, 43, 183-188. <https://doi.org/10.1007/s13744-013-0184-7>
- Murray, M.B. (2006). Botanical insecticides deterrents and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51, 45-66. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151146>
- Neves, I.I.D.A., Da Camara, C.A.G., De Oliviera, J.C.S., & De Almeida, A.V. (2011). Acaricidal activity and essential oil composition of *Petiveria alliacea* L. from Pernambuco (Northeast Brazil). *Journal of Essential Oil Research*, 23, 23-26. <https://doi.org/10.1080/10412905.2011.9700426>

- Nohutçu, L., Şelem, E., Tunçtürk, R., & Tunçtürk, M. (2021). Uçucu yağların tarımsal hastalık ve zararlılara karşı kullanımı. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35 (2), 499-523.
- Papachristos, D., Karamaniol, K., Stamopoulos, D., & Menkissoglu-Spirudi, U. (2004). The relationship between the chemical composition of three essential oils and their insecticidal activity against *Acanthoscelides obtectus* (Say). *Pest Management Science*, 60, 514-520. <https://doi.org/10.1002/ps.798>.
- Powell, C., & Lindquist, R. (1997). *Spider Mites (Acari-Tetranychidae)*. Ball Publishing, Batavia.
- Regnault-Roger, C., Vincent, C., & Arnasson, J.T. (2012). Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annual Review of Entomology*, 57, 405-425. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120710-100554>
- Roh, H.S., Lim, E.G., Kim, J., & Park, C.G. (2011). Acaricidal and oviposition deterring effects of santalol identified in sandalwood oil against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Journal of Pest Science*, 84, 495-501. <https://doi.org/10.1007/s10340-011-0377-y>
- Rostad, C.E., & Pereira, W.E. (1986). Kovats and Lee retention indices determined by gas chromatography/mass spectrometry for organic compounds of environmental interest. *Journal of High Resolution Chromatography*, 9, 328-334. <https://doi.org/10.1002/jhrc.1240090603>.
- Sances, F.V., Toscano, N.C., LaPre, L.F., Oatman, E.R., & Johnson, M.W. (1982). Spider mites can reduce strawberry yields. *California Agriculture*, 36, 15-16.
- Saxena, R.C. (1989). *Insecticides from neem*, In: Arnason JT, Philogéne BJR and Morand P (Eds.), *Insecticides of plant origin*, Arnason JT, Philogéne BJR and Morand P (Eds.), American Chemical Society, 110-135. Washington.
- Sertkaya, E., Kaya, K., & Soylu, S. (2010). Acaricidal activities of the essential oils from several medicinal plants against the carmine spider mite (*Tetranychus cinnabarinus* Boisd.) (Acarina: Tetranychidae). *Industrial Crops and Products*, 31, 107-112. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.09.009>
- Stumpf, N., Zebitz, C.P.W., Kraus, W., Moores, G.D., & Nauen, R. (2001). Resistance to organophosphates and biochemical genotyping of Acetylcholinesterases in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 69, 131-142. <https://doi.org/10.1006/pest.2000.2516>
- Tirello, P., Pozzebon, A., Cassanelli, S., Van Leeuwen, T., & Duso, C. (2012). Resistance to acaricides in Italian strains of *Tetranychus urticae*: toxicological and enzymatic assays. *Experimental and Applied Acarology*, 57, 53-64. <https://doi.org/10.1007/s10493-012-9536-y>
- Triana, O., Cafarchia, C., Capelli, G., Lacobellis, N.S., & Otranto, D. (2005). In vitro acaricidal activity of four monoterpenes and solvents against *Otodectes cynotis* (Acari:Psoroptidae). *Experimental and Applied Acarology*, 37, 141-146. <https://doi.org/10.1007/s10493-005-0359-y>
- Türkmen, M., Kara, M., Maral, H., & Soylu, S. (2022). Determination of chemical component of essential oil of *Origanum dubium* plants grown at different altitudes and antifungal activity against *Sclerotinia sclerotiorum*. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46, e15787. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15787>
- Van Leeuwen, T., Van Pottelberge, S., Nauen, R., & Tirry, L. (2007). Organophosphate insecticides and acaricides antagonise bifentazate toxicity through esterase inhibition in *Tetranychus urticae*. *Pest Management Science*. 63, 1172-1177. <https://doi.org/10.1002/ps.1453>
- Van Leeuwen, T., Vontas, J., Tsagkarakou, A., Dermauw, W., & Tirry, L. (2010). Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: A review. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 40, 563-572. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2010.05.008>
- Wollinger, A., Perrin, É., Chahboun, J., Jeannot, V., Touraud, D., & Kunz, W. (2016). Antioxidant activity of hydro distillation water residues from *Rosmarinus officinalis* L. leaves determined by dpph assays. *Comptes Rendus Chimie*, 19, 754-765. <https://doi.org/10.1016/j.crci.2015.12.014>