

Original araştırma (Original article)

Bazı bitki uçucu yağlarının *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) üzerindeki fumigant toksisiteleri¹

Fumigant toxicity of some plant essential oils to *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae)

Tuğba SELİMOĞLU² Ayhan GÖKÇE^{3*} Dürdane YANAR⁴

Summary

The fumigant toxicity of five plant essential oils (*Foeniculum vulgare* Miller, *Lavandula stoechas* L., *Thymbra spicata* L., *Teucrium polium* L. and *Heracleum platytaenium* Boiss.) were tested on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Col.: Bruchidae) under laboratory conditions. Single dose (100 µl/L) of plant essential oils were initially tested on adult stage of *A. obtectus*. The greatest fumigant toxicity against *A. obtectus* was seen with *F. vulgare* essential oil, followed by *T. spicata* and *L. stoechas* essential oils. In the dose response bioassays with *F. vulgare*, *T. spicata* and *L. stoechas*, the calculated LC₅₀ values were 22,3 µl/L, 32,4 µl/L and 46,3 µl/L respectively. The main components of plant essential oils of three plants showing high response were determined by GC-MS analysis. *F. vulgare* essential oil's main components were anisole (79%) and L-Fenchone (13%). *T. spicata* and *L. stoechas* contain L-Fenchone (55%, 57%), Camphor (24%, 24%) and Eucalyptol (13%, 13%) respectively. Main components L-Fenchone and Camphor caused about 100% mortality at 80 µl/L dose in 48 hours. The results indicate that *F. vulgare* essential oil or its components may have a potential in controlling of *A. obtectus*.

Key words: *Acanthoscelides obtectus*, *Foeniculum vulgare*, fumigant toxicity, essential oil

Özet

Bu çalışmada 5 farklı bitkiden [*Foeniculum vulgare* (Rezene), *Lavandula stoechas* (karabaşotu), *Thymbra spicata* (Karabaş Kekiği), *Teucrium polium* (adi yavşanotu), *Heracleum platytaenium*] elde edilen uçucu yağlarının *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Col.:Bruchidae) (Fasulye Tohum Böceği) üzerine olan fumigant toksisiteleri laboratuvar koşullarında test edilmiştir. Yapılan çalışmada, bitkilerden elde edilen uçucu yağlar fasulye tohum böceğinin erginlerine karşı uygulanmıştır. Yapılan tek doz fumigant etki denemelerinde (100 µl/L) en yüksek fumigant toksisite *F. vulgare* bitkisinden elde edilen uçucu yağlarda gözlenmiş, bunu *T. spicata* ve *L. stoechas* bitkilerinden elde edilen uçucu yağlar takip etmiştir. Çalışmanın ikinci kısmında yürütülen doz-etki denemeleri sonucunda LC₅₀ değerleri *F.vulgare* için 22,3 µl/L, *T. spicata* için 32,4 µl/L ve *L. stoechas* için 46,3 µl/L olarak hesaplanmıştır. Yüksek etki gösteren üç bitkinin uçucu yağlarının ana bileşenleri GS-MS analizi ile belirlenmiştir. *F. vulgare* bitkisinin ana bileşenlerinin anisole (%79) ve L-Fenchone (%13), *T. spicata* ve *L. stoechas* bitkileri uçucu yağlarının ana bileşenlerinin sırasıyla L-Fenchone (%55, %57), Camphor (%24, %24) ve Eucalyptol (%13, %13) den oluştuğu belirlenmiştir. Ana bileşenlerden L-Fenchone ve Camphor 80 µl/L dozda 48 saat sonunda %100 oranında ölüme neden olduğu saptanmıştır. Çalışma sonuçları özellikle *F. vulgare* uçucu yağı veya bileşenlerinin fasulye tohum böceğinin mücadelesinde kullanma potansiyeline sahip olabileceğini göstermiştir.

Anahtar sözcükler: *Acanthoscelides obtectus*, *Foeniculum vulgare*, fumigant toksisite, uçucu yağ

¹ Bu makale birinci yazarın yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır ve bir kısmı, 3–5 Şubat 2014 tarihinde Antalya'da düzenlenen Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi'nde poster olarak sunulmuş ve özet olarak basılmıştır.

² Bozok Üniversitesi, Tarım ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Yozgat, Türkiye

³ Niğde Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Niğde, Türkiye

⁴ Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Tokat, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author) email: ayhan.gokce@nigde.edu.tr

Alınış (Received): 22.07.2014

Kabul ediliş (Accepted): 10.03.2015

Çevrimiçi Yayın Tarihi (Published Online): 22.04.2015

Giriş

Yemelik tane baklagiller son derece sağlıklı bir besin grubu olup, protein kalitesi bakımından da hayvansal proteinlere yakındır (Anonymous, 2004). Dünyada insan beslenmesindeki bitkisel proteinlerin % 22'si, karbonhidratların % 7'si; hayvan beslenmesindeki proteinlerin % 38'i karbonhidratların % 5'i yemelik tane baklagillerden sağlanmaktadır (Wery & Grignac, 1983).

Baklagiller üreticilerin imkânlarına bağlı olarak kısa veya uzun vadeli depolanmaktadır. Ürünler, depolama süresince fungus, bakteri, böcek ve kemirgen gibi zararlı etmenlerin saldırılarına maruz kalmakta ve bunun bir sonucu olarak kalite ve kantite kayıpları görülmektedir. Depolanmış ürünlerde zarar yapan etmenlerin başında böcekler gelmektedir. Bu zararlılar depolama süresi boyunca halen yüksek oranda zarar meydana getirmektedirler (Shaaya et al., 1997).

Fasulye yetiştiriciliği yapılan alanlarda ve depolanmış ürünlerde sorun olan türlerden en önemlisi fasulye tohum böceği, *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae)'dir. Fasulye tohum böceği ürünün fiziksel ve biyolojik değerinde önemli kayıplara neden olabilmektedir. Tarlada taze taneye giren larvalar hasat sonrası ürünle depoya taşınmakta, ergin olana kadar kotiledon ve embriyodan beslenmektedir. Taneden çıkan erginler depoda yeni dölleri vererek zararını sürdürmektedir. Diğer baklagillerde zarar yapan ve depo koşullarında üreyemeyen Bruchidae türlerinden farklı olarak bir tanede çok sayıda delik oluşturması ve yılda 4-5 döl vermesi zararın şiddetini artırmaktadır (Atak, 1975).

Depolanmış ürünlerde böcek zararını azaltmak için kültürel, mekanik ve kimyasal mücadele yöntemleri kullanılmaktadır. Depo zararlıları ile mücadelede hızlı sonuç alınması sebebiyle insektisit kullanımı yaygındır (Anonymous, 2008). Organik-fosforlu ve pyrethroid grubu insektisitler ile fumigantlar depo zararlısı böceklerle mücadelede en çok kullanılan kimyasallardır. Bu insektisit grupları içerisinde yer alan pirimiphos methyl, malathion ve cypermethrin baklagil tohum böceklerine karşı ruhsatlı olarak kullanılan aktif maddelerdir (Anonymous, 2013). Kullanılan insektisitlerin çoğu ithal edilmekte ve ülkemiz ekonomisine önemli seviyede mali yük getirmektedir. Bununla birlikte insektisitlerin çevre ve insan sağlığı üzerinde büyük olumsuz etkileri vardır (Yıldırım et al., 2005). Bahsedilen olumsuzluklardan daha da önemlisi böcekler, kullanılan insektisitlere karşı zamanla dayanıklılık kazanmakta ve bunun sonucunda mücadele güçleşmektedir. Depo zararlısı baklagil tohum böceklerinden olan *Callosobruchus maculatus*'un carbaryl ve lindane aktif maddelerine karşı dayanıklılık kazandığı belirlenmiştir (Whalon et al., 2012).

Ürünlerdeki zararlı popülasyonunun artması sonucunda üretici ekonomik zarar eşiğini dikkate almadan zararlı popülasyonunu azaltmak için yoğun bir şekilde ilaçlama yapmaktadır. Yoğun ilaçlama sonucunda zararlılar dayanıklılık kazanmakta ve böylece dayanıklı böcekleri kontrol altına almak da zorlaşmaktadır. Bu durumun çözümü olarak üretici, ilaçlama sayısını ve dozunu artırarak dirençli popülasyonların oluşmasına yol açmakta ve bu şekilde çevre ve insan sağlığına da zarar vermektedir.

Zararlıların dayanıklılık kazanması, kalıntı ve yüksek toksisite gibi nedenlerden dolayı, alternatif mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi ve uygulamaya aktarılması depolanmış ürün zararlıları ile mücadelede büyük önem taşımaktadır (Çam et al., 2012). Alternatif mücadele yöntemleri içerisinde bitkilerden elde edilen ekstraktlar ve uçucu yağlar depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede önemli bir yer tutmaktadır.

Son yıllarda uçucu yağların depolanmış ürün zararlılarına karşı böcek öldürücü aktiviteleri ile ilgili çalışmalar oldukça hız kazanmıştır (Lee et al., 2004; Karakoç et al., 2006; Rajendran & Sriranjini, 2008; Chu et al., 2010; Çam et al., 2012). Uçucu yağlar, bitki materyallerinden kolaylıkla buhar distilasyon yöntemiyle edilebilmektedir ve memeliler için düşük toksisite gösterirken, depo zararlıları için yüksek oranda toksisiteye sahiptir (Shaaya et al., 1997). Örneğin, *Chenopodium ambrosioides* L. yapraklarından elde edilen uçucu yağ *Prostephanus truncatus* (Horn), *Callosobruchus chinensis* L., *Callosobruchus*

maculatus, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*'a karşı yüksek oranda fumigant toksisite gösterdiği bildirilmiştir (Tapondjou et al., 2002). Bittner et al. (2008), *Thymus vulgaris* Gomortega keule, *Laurelia sempervirens*, *Eucalyptus globulus* ve *Origanum vulgare* bitkilerinden elde etikleri uçucu yağların *A. obtectus* üzerinde fumigant aktiviteye sahip olduğu saptamışlardır. Bu ve benzer çalışmalar, uçucu yağlar ve bu yağların bileşenleri, zararlılar ile mücadelede kullanılan fumigantlara alternatif olabilecek potansiyel kaynaklar olarak öne çıkartılmaktadırlar.

Bu çalışmada laboratuvar koşullarında 5 farklı bitkiden elde edilen uçucu yağların depolanmış baklagillerde zarar meydana getiren *A. obtectus* erginlerine karşı fumigant toksisiteleri, en etkili olan uçucu yağların bileşenleri ve bu ana bileşiklerin fumigant toksisiteleri araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Böcek kültürlerinin yetiştirilmesi

Denemede kullanılan *A. obtectus* erginleri Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'ne ait stok kültürlerinden elde edilmiştir. *A. obtectus* erginlerinin yetiştirilmesinde 5 litrelik cam kavanozlar kullanılmıştır. Kavanozların ağızları paket lastiği yardımıyla tül ile kapatılmıştır. Böcekler kavanozlara alınarak 27 ± 2 °C sıcaklıkta ve % 50 bağıl nem (B.N.) koşullarında inkübatörde muhafaza edilmiştir. Aynı yaşta popülasyonlar elde etmek için 5 litrelik kavanozlar, 1/3 oranında temiz horoz tipi kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) ile doldurulmuştur. Ergin dişi ve erkekler 48 saat süreyle bu kavanozlar içine alınarak yumurtlamaya bırakılmıştır. İnkubasyon süresi sonunda ergin bireyler 7 mm lik elek kullanılarak fasulye danelerinden ayrılmış ve yumurta bırakılmış fasulye taneleri tekrar kavanozlara konularak 27 ± 2 °C ve %50 B. N. inkübe edilerek ergin çıkışları beklenmiştir.

Denemede kullanılan bitkiler

A.obtectus'a karşı uçucu yağlarının fumigant etkisi test edilen bitkilerin Latince isimleri, familyaları, çalışmada kullanılan vejetatif kısımları ve toplanma yerleri Çizelge 1' de verilmektedir. Toplanan bitkiler Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nden Yrd. Doç. Dr. Bedrettin Selvi tarafından teşhis edilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan bitkilerin botanik isimleri, familyaları, kullanılan kısımları ve toplanma yerleri

Botanik İsmi	Familya	Kullanılan Kısım	Toplandığı Yer
<i>Foeniculum vulgare</i> Miller	Apiaceae	Gövde ve yaprak	Tokat
<i>Heracleum platytaenium</i> Boiss	Umbelliferae	Meyve, gövde ve yaprak	Tokat
<i>Lavandula stoechas</i> L.	Lamiaceae	Gövde ve yaprak	Denizli
<i>Thymbra spicata</i> L.	Lamiaceae	Çiçek ve yaprak	Mersin
<i>Teucrium polium</i> L.	Lamiaceae	Gövde ve yaprak	Tokat

Uçucu yağların elde edilmesi

Denemede kullanılmak üzere toplanan bitkilerin gövde ve yaprak kısımları birbirinden ayrılarak serin ve doğrudan güneş ışığı almayan şartlarda sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Buhar Distilasyon işlemi için Neo-Clevenger (Wise Therm™) aparatı kullanılmıştır. Kuru örneklerden 50'şer gram olarak tartılıp 500 ml'lik şilifli balonlar içerisine aktarılmış ve üzerlerine 500 ml su (1:10) ilave edilerek Neo-Clevenger cihazına yerleştirilmiştir. Uçucu yağların distilasyon işlemi 1 saat süreyle gerçekleştirilmiştir. Elde edilen uçucu yağlar, denemede kullanılıncaya kadar ağız teflon kapaklı 10 ml'lik cam tüpler içerisinde buzdolabında +4°C'de saklanmıştır.

Tek doz fumigant etki çalışmaları

Denemede 10 ml hacimli ve sıkıştırmalı kapaklı cam tüpler kullanılmıştır. Bir numaralı Whatman filtre kağıdından 10 mm'lik diskler kesilerek toplu iğne yardımıyla denemede kullanılan cam tüplerin kapaklarına sabitlenmiştir. Uçucu yağlar, aseton (Sigma-Aldrich,%99,9) ile hacimce % 10'luk uçucu yağ-aseton karışımı olacak şekilde seyreltildikten sonra GilsonTM pipet yardımıyla alınarak uçucu yağ için 100 µl/L dozda olacak şekilde filtre kâğıtlarına emdirilmiştir. Çözücünün ortamdan uzaklaşması amacıyla diskler steril kabin altında 5 dk süreyle beklendikten sonra bir toplu iğne yardımıyla lastik kapaklara sabitlenmişlerdir. Kapaklar içlerinde 10 adet 5 günlük karışık cinsiyette ergin *A. obtectus* ve onların beslenmesi için yıkanıp kurutulmuş 3 adet horoz tipi fasulye danesi bulunan tüplerin üzerine yerleştirilmiştir. Kimyasal standart olarak Dichlorvos (Nofar 55 ECTM) etkili maddeli insektisiti üretici firmanın önerdiği dozda (15 ml/m³) kullanılmıştır. Denemeler tesadüfi blok deneme desenine göre üç tekrarlı olarak kurulmuş olup her tekrar da üç adet tekerrür bulunmaktadır. Kontrolde 100 µl/L dozda saf aseton kullanılmış ve üç farklı tarihte tekrar edilmiş olup her tekrar 3 tekerrürden oluşmaktadır. Böcekler 24 saat boyunca 25°C'de ve % 50 B.N. koşullarında inkübe edilmiştir. Yirmi dört saat sonunda ilk ölüm-canlı sayımları yapılmış olup ikinci sayım böcekler 25 °C sıcaklıkta 24 saat bekletildikten sonra yapılarak ölüm oranları kayıt altına alınmıştır.

Doz ölüm fumigant etki çalışmaları

Tek doz fumigant etki çalışmaları sonucunda yüksek toksisite gösteren *F. vulgare*, *L. stoechas* ve *T. spicata* bitkilerden elde edilen uçucu yağların *A. obtectus* erginlerine karşı fumigant doz-ölüm denemeleri yürütülmüştür. Çalışmada, ön denemelerle belirlenmiş olan 5,10, 25, 50, 75 ve 100 µl/L 'lik dozlar kullanılmıştır. Bu dozları içeren %10'luk uçucu yağ-aseton karışımları yukarıda belirttiği gibi filtre kâğıtlarına emdirilmiş ve bu diskler asetonun uçması için 5 dakika süreyle çeker ocak altında bekletilmiştir. Kapaklara sabitlenen diskler, daha önce 3 adet fasulye danesi ve 5 günlük karışık cinsiyette 10 adet ergin fasulye tohum böceği bulunan tüplere yerleştirilmiştir. Denemede kullanılan böcekler 25°C'de 24 saat süreyle uçucu yağlara maruz bırakılmıştır. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekrarlı olarak kurulmuştur. Bir tekrarda her bir doz üç tekerrürlü olarak denenmiştir. Böcekler kontrolde 100 µl/L dozda aseton ile muamele edilmiştir. Canlı-ölüm sayımları tek doz fumigant etki denemesinde olduğu gibi gerçekleştirilmiştir.

Uçucu yağların analizi

Uçucu yağın bileşenlerinin belirlenmesi için; her bir uçucu yağdan 20 mg tartılarak 2 mL aseton içinde çözülmüş ve Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi (GC-MS) (Perkin ElmerTM 500 GC, ABD) ile analiz edilmiştir. Analizde kapiler kolon (SGE BPX5, 30 m, 0.25 mm, 25 µm I.D. BPX70 apolar) kullanılmıştır. Taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmış olup ve akış hızı 1 mL/dakika'dır. Enjeksiyon bloğu sıcaklığı 250°C, hacmi ise 1 µL'dir. Elektron kaynağı sıcaklığı 240°C, enerjisi ise 70 eV'dir. Kütle tarama aralığı 40-230 Da'dır. GC transfer hattı 240°C sıcaklıktadır. Fırın başlangıç sıcaklığı 50°C'den başlanarak 5°C/dakika ısıtma hızı ile 200°C'ye kadar çıkartılmıştır. Toplam analiz süresi 30 dakika sürmüştür. Uçucu yağ bileşenlerinin tanımlanması NIST 2008, Wiley, Pfleger kütüphaneleri kullanılarak yapılmıştır.

Ana bileşenlerin fumigant toksisitesi

Uçucu yağ analizleri sonucunda belirlenen sonuçlara göre her bitki için en yüksek miktarda bulunan bileşenler (*F. vulgare* bitkisi için L-Fenchone ve anisole; *T. spicata* ve *L. stoechas* bitkileri için ise L-fenchone, Camphor ve Eucalyptol) ile çalışmalar yürütülmüştür. Ana bileşenlerin fumigant toksisite denemelerinde fumigant etki doz-ölüm testleri sonuçlarına göre elde edilen LC₅₀ ve LC₉₀ değerlerine bakılarak her bitki için ana bileşenlerin 2 farklı dozu uygulanmıştır. *F. vulgare* bitkisi için L-Fenchone ve anisole uçucu yağ ana bileşenlerinin 0,025 ml/L ve 0,06 ml/L'lik dozları *A. obtectus* erginleri üzerinde denenmiştir. *T. spicata* ve *L. stoechas* bitkilerinde ise yüksek miktarda bulunan uçucu yağ ana

bileşenlerinden L-fenchone, Camphor ve Eucalyptol ile iki farklı dozda denemeler kurulmuştur. *T. spicata* bitkisi uçucu yağ ana bileşenleri için 0,04 ml/L ve 0,08'lik; *L. stoechas* bitkisi uçucu yağ ana bileşenleri için ise 0,05 ml/L ve 0,09 ml/L'lik dozlar kullanılmıştır. Denemeler yukarıda belirtilen yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiş ve meydana gelen ölümler 24 saat aralıklarla 2 gün boyunca kayıt altına alınmıştır. Çalışmada kullanılan L-Fenchone (CAS numarası: 1179-95-5) (Sigma-Aldrich), Camphor (CAS numarası: 76-22-2) (Sigma-Aldrich), anisole (CAS numarası: 100-66-3) (Sigma-Aldrich) ve Eucalyptol (CAS numarası: 470-82-6) (Sigma-Aldrich) ana bileşenleri İstanbul Gül Laboratuvarı'ndan temin edilmiştir.

İstatistiksel analizler

Denemelerde alınan tüm sonuçlar önce % ölüm değerlerine çevrilmiş olup daha sonra arcsin transformasyonuna tabi tutulmuştur. Arcsin değerleri ile varyans analizi (ANOVA) ($P \leq 0.05$) ve bunu takiben muameleler arasındaki farklılıklar belirlemek amacıyla % 5 önem seviyesinde Tukey çoklu karşılaştırma testi yürütülmüştür. Tüm istatistiksel analizler MINITAB™ Release 14 paket programı yardımıyla yürütülmüştür (McKenzie & Goldman, 2005). Doz-ölüm denemelerinde elde edilen sonuçlar ise Polo-PC™ (LeOra, 1994) paket programı kullanılarak probit analizine tabi tutulmuş ve LC_{50} ve LC_{90} değerleri ile % 95 güven aralıkları belirlenmiştir.

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Tek doz fumigant etki tarama testi sonucuna göre bitki uçucu yağlarının *A. obtectus* erginlerine değişen oranlarda fumigant toksisite gösterdiği saptanmıştır. Bitki uçucu yağlarının 24 saat sonunda meydana getirdiği ölüm oranları karşılaştırıldığında, muameleler arasında istatistiki olarak önemli derecede farklılığın bulunduğu tespit edilmiştir ($F=79,43$; $sd=6;15$; $P<0,05$). Denemede kullanılan bitki uçucu yağlarından *F. vulgare* % 100, *T. spicata* % 96 ve *L. stoechas* % 91 ölüm oranları ile en yüksek etkiye sahip uçucu yağlar olup, kimyasal standart olarak kullanılan insektisit dichlorvos ile istatistiki olarak aynı grupta yer almışlardır (Çizelge 2). Çalışmada kullanılan bitkilerden *T. polium* % 28, *H. platytaenium* ise % 19 oranında ölümlere neden olmuştur.

Çizelge 2. Bitki uçucu yağlarının ve kimyasal standart Dichlorvos'un *Acanthoscelides obtectus* üzerinde uygulamadan 24 ve 48 saat sonra meydana getirdiği ölüm oranları

Muamele	% Ölüm $\pm SH^*$	
	24.saat	48.saat
Kontrol	0,37 $\pm$ 1,12c ¹	1,49 $\pm$ 1,12d
<i>Foeniculum vulgare</i>	100,00 $\pm$ 0,00a	100,00 $\pm$ 0,00a
<i>Lavandula stoechas</i>	90,68 $\pm$ 1,20a	92,59 $\pm$ 0,63b
<i>Thymbra spicata</i>	96,27 $\pm$ 2,90a	97,82 $\pm$ 1,79ab
<i>Teucrium polium</i>	28,20 $\pm$ 0,62b	32,02 $\pm$ 0,83c
<i>Heracleum platytaenium</i>	19,31 $\pm$ 1,66b	21,68 $\pm$ 1,48c
Dichlorvos	98,51 $\pm$ 1,12a	100,00 $\pm$ 0,00a

¹ Aynı sütundaki ortalamaları takip eden farklı küçük harfler, ortalamaların istatistiksel olarak önemli derecede farklı olduğunu gösterir (Anova $P<0,05$, Tukey test).

*SH: Standart hata

Bitki uçucu yağlarının 48 saat sonunda meydana getirdiği ölüm oranlarına bakıldığında, 24 saat sonuçlarına paralel olarak muameleler arasında istatistiki olarak önemli farklılığın bulunduğu tespit edilmiştir ($F=125,98$; $sd=6;15$; $P<0,05$). *T. spicata* ve *L. stoechas* bitkilerinin etkinlikleri çok az miktarda artarak sırasıyla % 98 ve % 93 olarak belirlenmiştir. *T. polium* ve *H. platytaenium* bitkileri ise 24 saat sonunda elde edilen verilere paralel olarak 48 saat sonunda da *T. polium* % 32, *H. platytaenium* % 22 ölüm oranları ile test edilen uçucu yağlar içerisinde en düşük etkiye sahip uçucu yağlar olarak belirlenmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar, bu bitkiler ile daha önce yapılan fumigant toksisite çalışmaları ile paralellik göstermektedir. Shaaya et al. (1991), çalışmamızda da etkinliğini test ettiğimiz *L. stoechas*

uçucu yağının, depo zararlılarından *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae), *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus) (Coleoptera: Silvanidae), *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) ve *Sitophilus oryzae* (Linnaeus) (Coleoptera: Curculionidae)'nın erginlerine karşı fumigant etki gösterdiklerini, elde edilen sonuçlara göre *R. dominica* erginlerine en yüksek etki gösterdiğini saptamışlardır. Perrucci (1995), depo zararlısı bir akar olan *Tyrophagus longior*'a karşı iki farklı tür lavanta bitkisi (*Lavandula stoechas*, *Lavandula angustifolia*), nane (*Mentha piperita*) ve ökalıptus (*Eucalyptus globulus*) bitki uçucu yağlarının fumigant ve kontakt toksisitelerini test etmiş ve en yüksek doz olan 6 µl/lık dozda 2 lavanta bitkisi uçucu yağının hem kontakt hem de fumigant toksisite sonucunda % 100 ölüme neden olduğunu tespit etmiştir. Saraç & Tunç (1995), *Pimpinella anisum*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Thymbra spicata* ve *Satureja thymbra* bitkilerinden elde edilen uçucu yağları *E. kuehniella*'nın son larva dönemine ve *T. confusum* ve *S. oryzae*'nin ergin dönemlerine karşı olan toksik etkilerini araştırmışlardır. *Thymbra spicata* uçucu yağının *S. oryzae* erginlerine karşı biyolojik aktivite gösterdiğini tespit etmişlerdir.

A. obtectus erginleri üzerinde yapılan doz-etki denemeleri sonuçlarına göre *F. vulgare* uçucu yağının en yüksek fumigant etkiye sahip olduğu saptanmıştır. LC₅₀ ve LC₉₀ değeri sırasıyla 22,3 µl/L ve 50,5 µl/L olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3). Çalışmada kullanılan diğer bitkilerin LC₅₀ değerlerine bakıldığında *T. spicata* için 32,4 µl/L, *L. stoechas* için 46,3 µl/L olarak tespit edilmiştir. LC₉₀ değerleri de *T. spicata* için 68,0 µl/L, *L. stoechas* için ise 83,1 µl/L olarak belirlenmiştir. *A. obtectus* üzerinde test edilen diğer bitki uçucu yağları için de hesaplanan LC₅₀ ve LC₉₀ değerleri arasında farklılık görüldüğü diğer araştırmacılar tarafından da belirtilmektedir. Papachristos & Stamopoulos (2002a), *A. obtectus*'un larva ve pupa dönemlerine karşı *Lavandula hybrida* (lavanta), *Rosmarinus officinalis* (biberiye) ve *Eucalyptus globulus* (ökalıptus) uçucu yağlarının fumigant toksisitesini test etmiş ve LC₅₀ değerlerinin 0,6-76 µl/L arasında olduğunu saptamışlardır. Karakoç et al. (2006), *Salvia officinalis*, *Cuminum cyminum*, *Anethum graviolens*, *Mentha spicata*, *Micromeria fruticosa* subsp. *brachycalyx* ve *Ocimum minimum* uçucu yağlarını *A. obtectus*, *S. granarius* ve *S. oryzae*'ye karşı test etmişlerdir. *C. cyminum* uçucu yağının *A. obtectus* için LC₅₀ değerini 29,01 µl/L olarak bulmuşlardır. Papachristos & Stamopoulos (2002b), çalışmalarında *A. obtectus* erginleri için *L. hybrida* LC₅₀ değerini 2,3 µl/L olarak hesaplamışlardır. Bizim çalışmamızda *L. stoechas*'ın LC₅₀ değeri 46,3 µl/L olarak bulunmuştur. Bu iki çalışma arasındaki farklılığın bitki türleri arasında farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bitkilerde bulunan sekonder metabolitler olarak adlandırılan maddelerin yapısı ve miktarı bitki çeşidine, iklim koşullarına ve toplandığı yere göre değişiklik gösterdiği bir çok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur (Telci et al., 2006; Sellami et al., 2009).

Çizelge 3. *Foeniculum vulgare*, *Lavandula stoechas* ve *Thymbra spicata* uçucu yağlarının *Acanthoscelides obtectus* erginleri üzerindeki toksisite (LC₅₀ ve LC₉₀) değerleri

Muamele	Test Edilen Toplam Birey Sayısı	Eğim±SH*	LC ₅₀ (µl/L) (Güven aralıkları)	LC ₉₀ (µl/L) (Güven aralıkları)	X ² değeri**
<i>F. vulgare</i>	630	0,454±0,045	22,3 (18,2-26,3)	50,5 (44,7-55,8)	3,06
<i>T. spicata</i>	630	0,360±0,035	32,4 (26,7-37,9)	68,0 (60,8-77,6)	3,31
<i>L. stoechas</i>	630	0,349 ± 0,030	46,3 (41,1-51,4)	83,1 (76,1-92,1)	3,75

*SH: Standart hata

** $X^2_{0,05,4} = 9,48$

A. obtectus erginlerine karşı yüksek oranda fumigant toksisite gösteren *F. vulgare* uçucu yağının GC-MS analiz sonuçlarına göre, anisole ve L- fenchone en yüksek miktarda bulunan ana bileşenler

olarak tespit edilmiştir. *F. vulgare* uçucu yağının içerisinde anisole % 79,23 ve L- fenchone ise % 13,30 oranında tespit edilmiştir. Diğer bileşenlerin α -Pinene, α -4-Dimethylstyrene, α -Phellandrene olup, bunların oranlarının tüm yağ oranları içerisinde düşük düzeyde ($\geq$ %2) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. *Foeniculum vulgare*, *Lavandula stoechas* ve *Thymbra spicata* uçucu yağlarının ana bileşenleri ve oranlar

Gelme Zamanı	Bileşik İsmi	% Alan		
		<i>F. vulgare</i>	<i>L. stoechas</i>	<i>T. spicata</i>
3,629	Diacetonealcohol	-	-	0,06
4,085	Ethylbenzene	-	-	0,15
4,091	p-Xylene	-	0,06	-
4,312	Tetracyclo[3,3,1,0(2,4),0(6,8)]nonae	-	0,08	-
5,457	α -Pinene	2,13	0,33	0,24
5,812	Camphene	-	0,59	0,39
6,528	β -Thujene	0,13	-	-
6,936	α -Myrcene	0,13	-	-
7,291	α -Phellandrene	1,04	-	-
7,874	α -4-Dimethylstyrene	1,62	0,23	0,17
8,007	Limonene	0,64	0,14	0,09
8,101	Eucalyptol	-	13,43	13,43
8,931	Terpinene	0,71	-	-
9,862	L-Fenchone	13,30	55,19	57,60
11,656	Fenchol, exo-	0,13	0,50	0,36
11,703	Camphor	-	23,67	24,03
12,399	Borneol	-	0,08	-
12,446	Santolinaalcohol	-	0,16	-
12,787	Terpinenol	-	0,07	-
13,243	p-menth-1-en-8-ol	-	0,09	-
13,39	α -Thujenal	-	0,16	-
13,443	Myrtenol	-	0,25	0,27
13,624	Anisole, p-allyl-	79,23	-	-
14,253	Fenchylacetate	0,39	0,48	0,32
14,702	Carvone	0,49	0,14	0,06
16,442	Carvacrol	-	0,35	0,25
16,436	Bornylacetate	-	-	0,44
16,998	(-)-Myrtenylacetate	-	1,45	1,28
17,755	tert-Butylindole	-	0,06	-
22,407	γ -Cadinene	-	0,06	-
23,190	Ledol	-	0,75	-
24,724	Aromadendrene	-	-	0,46
24,730	Sativene	-	0,41	0,21
24,998	Carvacrol	-	0,35	-

T. spicata ve *L. stoechas* bitkilerinden elde edilen uçucu yağların GC-MS analiz sonuçları incelendiğinde ise her iki bitki içinde aynı ana bileşenlerin yüksek miktarda bulunduğu görülmektedir. *T. spicata* uçucu yağında L-Fenchone % 55,19; Camphor % 23,67 ve Eucalyptol % 13,43 oranında bulunmaktadır (Çizelge 4). *L. stoechas* uçucu yağında ise L-Fenchone % 57,60; Camphor % 24,03 ve Eucalyptol % 13,43 oranında bulunduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Bu çalışmada kullanılan bitkilere ait uçucu yağların ana bileşenlerine ve kompozisyonlarına benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir (Perrucci, 1995; Rozman et al., 2007). Rozman et al. (2007), *Lavandula angustifolia*, *Rosmarinus officinalis*, *Thymus vulgaris* ve *Laurus nobilis* uçucu yağlarında bulunan ana bileşenler olan 1,8-cineole, Camphor, eugenol, linalool, carvacrol, thymol, borneol, bornylacetate olarak bildirmektedirler. Perrucci (1995), *L. angustifolia*, *L. stoechas*, *Mentha piperita* ve *Eucalyptus globulus* uçucu yağlarının ana bileşenlerinin linalool, linalylacetate, fenchone, menthone, menthol, Eucalyptol'den oluştuğunu saptamıştır.

Çalışmada kullanılan *F. vulgare* bitki uçucu yağ ana bileşenlerinin uygulamadan 24 saat sonunda oluşturduğu fumigant toksisite değerleri karşılaştırıldığında 60 µl/L'lik dozda L-Fenchone % 92 ölüm oranına neden olmuştur. Kırk sekiz saat sonunda L-Fenchone ana bileşeninin ölüm oranı % 97'ye yükselmiştir (Çizelge 5). Bununla birlikte diğer önemli ana bileşen olan Anisole hem 25 µl/L doz hem de 60 µl/L dozda 24 saat sonunda %17, 48 saat sonunda %33 civarında ölüme neden olmuştur.

Çizelge 5. *Foeniculum vulgare* bitkisi uçucu yağ ana bileşenlerinin *Acanthoscelides obtectus* karşı uygulamadan 24 ve 48 saat sonraki fumigant etkileri

Muamele	% Ölüm ±SH*	
	24.saat	48.saat
Kontrol	1,49±1,12	3,33±0,00
L-Fenchone 25 µl/L	43,29±0,45	54,49±1,05
L-Fenchone 60 µl/L	92,41±5,86	97,19±2,58
Anisole 25 µl/L	16,58±0,20	31,85±1,77
Anisole 60 µl/L	17,66±0,27	33,22±0,50

*SH: Standart hata

T. spicata uçucu yağ ana bileşen toksisite sonuçlarına göre 24 saat sonunda 80 µl/L 'lik dozda % 99 ölüm oranı ile Camphor ana bileşeni en yüksek fumigant etki göstermiş bunu % 97 ölüm oranı ile L-Fenchone takip etmiştir (Çizelge 6). Bu dozda en düşük etki gösteren ana bileşenin ise % 37 ölüm oranı ile Eucalyptol olduğu tespit edilmiştir. Kırk sekiz saat sonunda en yüksek fumigant aktiviteyi % 100 ölüm oranı ile Camphor ve % 99 ölüm oranı ile L -fenchone ana bileşenlerinde gözlenmiştir. Eucalyptol (80 µl/L) ise 48 saat sonunda % 61 oranında ölüme neden olmuştur.

Çizelge 6. *Thymbra spicata* bitkisi uçucu yağ ana bileşenlerinin *Acanthoscelides obtectus* karşı uygulamadan 24 ve 48 saat sonraki fumigant etkileri

Muamele	% Ölüm ±SH	
	24.saat	48.saat
Kontrol	1,49±1,12	3,33±0,00
L-Fenchone 40 µl/L	55,73±1,89	66,76±0,39
L-Fenchone 80 µl/L	97,82±1,79	99,63±1,12
Camphor 40 µl/L	83,85±6,81	96,59±3,45
Camphor 80 µl/L	99,63±1,12	100,00±0,00
Eucalyptol 40 µl/L	14,41±0,07	32,10±0,54
Eucalyptol 80 µl/L	37,75±0,16	61,12±0,04

*SH: Standart hata

Rozman et al. (2007), *Lavandula angustifolia*, *Rosmarinus officinalis*, *Thymus vulgaris* ve *Laurus nobilis* bitki uçucu yağlarında bulunan ana bileşenler olan 1,8-cineole, Camphor, eugenol, linalool, carvacrol, thymol, borneol, bornylacetate ve linalylacetate'ın üç depo zararlısı (*Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica* (F.) ve *Tribolium castaneum*) üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. 1,8-cineole, borneol ve thymol ana bileşenlerinin 0,1µl/720 ml dozda 24 saat sonunda *S. oryzae* üzerinde yüksek derecede toksisiteye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Aynı koşullarda *R. dominica* üzerinde denenen

Camphor ve linalool ana bileşenlerinin % 100 oranında ölüme neden olduğu tespit edilmiştir. İlginç olarak *T. castaneum*'a karşı test edilen ana bileşenlerden hiçbirinin en yüksek doz olan 100 µl /720 ml de 24 saat sonunda % 20 civarında ölüme neden olduğunu bildirmektedirler. Ana bileşenlerin etkinliği uygulamadan 7 gün sonra 1,8-cineole % 92, Camphor % 77 ve linalool % 70 olarak tespit edilmiştir.

Lavandula stoechas uçucu yağlarının ana bileşenlerinden 24 saat sonunda en yüksek fumigant etkiyi 90 µl/L 'lik dozda % 100 ölüm oranı ile Camphor ve % 99 ölüm oranı ile L-Fenchone (90 µl/L) ana bileşenlerde saptanmıştır. Kırksekiz saat sonundaki her iki ana bileşen *A. obtectus* erginlerinin %100 ölümüne neden oldukları belirlenmiştir. Eucalyptol ana bileşeninin %75 ölüm oranı ile Camphor ve L-Fenchone ana bileşenlerine oranla daha az etkili olduğu tespit edilmiştir. Ana bileşenlerin 50 µl/L dozunda 24 saat Camphor %98, L-Fenchone % 62 ve Eucalyptol %35 oranında ölüme neden olmuştur. Inkübasyon süresinin 48 saate çıkarıldığında ölüm oranları sırasıyla %76, %100 ve % 50 olarak gerçekleştiği saptanmıştır. Regnault-Roger ve Hamraoui (1995), *A. obtectus* erginlerine karşı p-cymene, α-pinene, camphor, linalool, terpineol, cuminaldehyde, cinnamaldehyde, anethole, carvacrol, thymol, estragole ve eugenol monoterpenoidlerinin toksik etkilerini test etmişlerdir. Fumigant toksisitesini tespit etmek amacıyla 24 ve 48 saat uygulama süreleri için LC₅₀ konsantrasyonlarını belirlemişler ve erginlere en fazla toksisiteyi carvacrol, thymol, eugenol, linalool ve terpineol'un gösterdiğini bildirmişlerdir.

Çizelge 7. *Lavandula stoechas* bitkisi uçucu yağ ana bileşenlerinin *Acanthoscelides obtectus* karşı uygulamadan 24 ve 48 saat sonraki fumigant etkileri

Muamele	% Ölüm ±SH*	
	24.saat	48.saat
Kontrol	1,49±1,12	3,33±0,00
L-Fenchone 50 µl/L	62,27±0,27	76,72±0,16
L-Fenchone 90 µl/L	99,63±1,12	100,00±0,00
Camphor 50 µl/L	98,51±1,12	100,00±0,00
Camphor 90 µl/L	100,00±0,00	100,00±0,00
Eucalyptol 50 µl/L	35,27±1,70	49,97±1,47
Eucalyptol 90 µl/L	62,82±3,18	75,05±1,68

*SH: Standart hata

Bu çalışma sonucunda elde edilen verilerin bu konuda yapılacak olan çalışmalara ışık tutacağı şüphesizdir. Uçucu yağların ve çalışmada test edilen özellikle L-Fenchone ve Camphor ana bileşenlerinin formülasyon haline getirilerek, depolanmış ürün zararlılarına karşı fumigant olarak kullanımına yönelik çalışmaların uçucu yağların tam potansiyelinin anlaşılmasında faydalı olacağı düşünülmektedir.

Yararlanılan Kaynaklar

- Anonymous, 2004. Dünyada ve Türkiye'de Yemelik Tane Baklagiller Tarımı. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Teknik Yayınlar Dizisi No: 5, Ankara, 1-14s.
- Anonymous, 2008. Zirai Mücadele Teknik Talimatları. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, 1c, Ankara, 208s.
- Anonymous, 2013. Baklagil Tohum Böcekleri, (Web sayfası: http://bku.tarim.gov.tr/bku#bku_zararli_organizmalar), (Erişim Tarihi: 25.10.2013).
- Atak, E. D., 1975. Fasulye Tohum Böceği (*Acanthoscelides obtectus* (Say))'nin Biyo-ekolojisi ve Mücadelesi Üzerine Araştırmalar. T. C. Tarım Bakanlığı Zirai Mücadele ve Zirai karantina Genel Müdürlüğü Araştırma Eserleri Serisi, Teknik Bülten 7, İstanbul, 64s.
- Bittner, M. L., M. E. Casanueva, C. C. Arbert, M. A. Aguilera, V. J. Hernández & J. V. Becerra, 2008. Effects of essential oils from five plant species against the granary weevils *Sitophilus zeamais* and *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera). Journal of the Chilean Chemical Society, 53 (1): 1455-1459.

- Chu, S. S., Q. R. Liuan & Z. L. Liu, 2010. Insecticidal activity and chemical composition of the essential oil of *Artemisia vestita* from China against *Sitophilus zeamais*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 38 (4): 489-492.
- Çam, H., Ö. C. Karakoç, A. Gökçe, İ. Telci & İ. Demirtaş, 2012. Farklı nane türlerine ait klonların uçucu yağlarının buğday biti [*Sitophilus granarius* L.] (Coleoptera: Curculionidae)]'ne fumigant etkisi. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 36 (2): 255-263.
- Karakoç, Ö. C., A. Gökçe & İ. Telci, 2006. Bazı bitki uçucu yağlarının *Sitophilus oryzae* L., *Sitophilus granarius* L. (Col.: Curculionidae) ve *Acanthoscelides obtectus* Say. (Col.: Bruchidae)'a karşı fumigant etkileri. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 30 (2): 123-135.
- Lee, B. H., P. C. Annis, F. Tumaalii & W. S. Choi, 2004. Fumigant toxicity of essential oils from the myrtaceae family and 1,8-cineole against 3 major stored-grain insects. *Journal of Stored Products Research*, 40: 553-564.
- LeOra Software, 1994. Polo-PC a User's Guide to Probit or Logit Analysis, 1119, Shattuck Avenue, Berkeley, CA, 94707.
- Mckenzie, J. D. & R. Goldman, 2005. The Student Guide to MINITAB Release 14 Manual. Pearson Education, Boston, MA.
- Papachristos, D. P. & D. C. Stamopoulos, 2002a. Toxicity of vapours of three essential oils to the immature stages of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, 38: 365-373.
- Papachristos, D. P. & D. C. Stamopoulos, 2002b. Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, 38: 117-128.
- Perrucci, S., 1995. Acaricidal activity of some essential oils and their constituents against *Tyrophagus longior*, a mite of stored food. *Journal of Food Protection*, 58 (5): 560-563.
- Rajendran, S. & V. Srianjini, 2008. Plant products as fumigants for stored-product insect control. *Journal of Stored Products Research*, 44 (2): 126-135.
- Regnault-Roger, C. & A. Hamraoui, 1995. Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of kidneybean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Stored Products Research*, 31 (4): 291-299.
- Rozman, V., I. Kalinovic & Z. Korunic, 2007. Toxicity of naturally occurring compounds of Lamiaceae and Lauraceae to three stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 43: 349-355.
- Saraç, A., & İ. Tunç, 1995. Toxicity of essential oil vapours to stored-product insects. *Zeitschrift fuer Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 102: 69-74.
- Sellami, I. H., E. Maamouri, T. Chahed, W. A. Wannes, M. E. Kchouka & B. Marzouka, 2009. Effect of growth stage on the content and composition of the essential oil and phenolic fraction of sweet marjoram (*Origanum majorana* L.). *Industrial Crops and Products*, 30: 395-402.
- Shaaya, E., U. Ravid, N. Paster, B. Juven, U. Zisman & V. Pissarev, 1991. Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects. *Journal of Chemical Ecology*, 17 (3): 499-504.
- Shaaya, E., M. Kostjucovski, J. Eilberk & C. Sukprakarn, 1997. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored product insect. *Journal of Stored Product Research*, 33: 7-15.
- Tapondjou, L. A., C. Adler, H. Bouda & D. A. Fontem, 2002. Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. *Journal of Stored Products Research*, 38: 395-402.
- Telci, I., E. Bayram, G. Yılmaz & B. Avcı, 2006. Variability in essential oil composition of Turkish basil (*Ocimum basilicum* L.). *Biochemical Systematics and Ecology*, 34: 489-497.
- Wery, J. & P. Grignac, 1983. Uses of Legumes and their economic importance. In *Technical Handbook on Symbiotic Nitrogen Fixation*. FAO, 1-8 p, Rome, Italy.
- Whalon, M. E., D. Mota-Sanchez, R. M. Hollingworth & L. Duynslage, 2012. Arthropod Pesticide Resistance Database. (Web page: <http://www.pesticideresistance.org>) (Erişim Tarihi: 20.12.2012).
- Yıldırım, E., M. Kesdek, L. Aslan, O. Calmasur & F. Şahin, 2005. The effects of essential oils from eight plant species on two pests of stored product insects. *Fresenius Environmental Bulletin*, 14 (1): 23-27.