

Original article (Orijinal araştırma)

***Rosmarinus officinalis* L. (Lamiales: Lamiaceae) uçucu yağının
Callosobruchus maculatus (Fabricius, 1775) (Coleoptera:
Chrysomelidae)'un ergin öncesi dönemlerine karşı fumigant toksisitesi¹**

Fumigant toxicity of *Rosmarinus officinalis* L. (Lamiales: Lamiaceae) essential oil against immature stages of *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Chrysomelidae)

Melek GÜDEK^{2*}

Hüseyin ÇETİN³

Summary

The cowpea beetle, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Chrysomelidae) is a major pest of stored legumes seeds such as cowpea, chickpea, lentil, soybean, bean in both Turkey and many other countries. In this study, the fumigant effect of the essential oil obtained from rosemary [*Rosmarinus officinalis* L. (Lamiales: Lamiaceae)] plant was investigated against eggs, first and last-instar larvae and pupae of *C. maculatus* in chickpea. The study was conducted at Selçuk University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection Entomology Laboratory under conditions at 28±2°C temperature, 55±5% relative humidity and fully dark conditions in 2013. As parallel to the increase of exposure time and applied dose, an increase occurred in mortality of immature stages of *C. maculatus*. First instar larvae and eggs were the most susceptible stages to rosemary oil while the pupae and last-instar larvae were the most tolerance stages. LC₅₀ values for eggs, first and last instar larvae and pupae were found as 34.57, 27.64, 60.39 and 60.34 µl/l for 24 h exposure time of rosemary essential oil vapor, respectively. At 50 µl/l air dose of rosemary oil and exposure time of 24 h, mortality rates of eggs, first instar larvae, last instar larvae and pupae were determined 100, 91.33, 56 and 46%, respectively. In conclusion, rosemary essential oil showed high fumigant toxicity against the immature stages of *C. maculatus*.

Key words: *Rosmarinus officinalis*, essential oil, fumigant toxicity, *Callosobruchus maculatus*, immature stages

Özet

Türkiye'de ve birçok ülkede Börülce tohum böceği, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Chrysomelidae) börülce, nohut, mercimek, soya fasulyesi, kuru fasulye gibi depolanan baklagil tohumlarında önemli bir zararlıdır. Bu çalışmada, nohutta Börülce tohum böceğinin yumurtalarına, dane içerisindeki ilk ve son dönem larvalarına ve pupalarına karşı biberiye [*Rosmarinus officinalis* L. (Lamiales: Lamiaceae)] uçucu yağının fumigant toksisitesi araştırılmıştır. Çalışma, 2013 yılında Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Entomoloji Laboratuvarında 28±2°C sıcaklık, %55±5 oranlı nem ve tamamen karanlık ortamda yürütülmüştür. Doz ve maruz bırakma süresinin artışına paralel olarak *C. maculatus*'un ergin öncesi dönemlerinin ölüm oranlarının arttığı belirlenmiştir. Ergin öncesi dönemler içerisinde en hassas dönemlerin yumurta ve birinci larva dönemi olurken, en dayanıklı dönemlerin ise pupa ve son dönem larvaların olduğu tespit edilmiştir. 24 saat süreyle biberiye uçucu yağının gaz haline maruz bırakılan yumurtaların, birinci dönem larvaların, son dönem larvaların ve pupaların LC₅₀ değerleri sırasıyla 34.57, 27.64, 60.39 ve 60.34 µl/l hava olarak belirlenmiştir. Biberiye uçucu yağın 50 µl/l hava konsantrasyonuna 24 saat süreyle maruz bırakılan yumurta, birinci dönem larva, son dönem larva ve pupalarda sırasıyla, %100, 91, 56 ve 46'ya varan ölüm oranları tespit edilmiştir. Sonuç olarak biberiye uçucu yağının *C. maculatus*'un ergin öncesi dönemlerine karşı yüksek fumigant toksisiteye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler. *Rosmarinus officinalis*, uçucu yağ, fumigant toksisite, *Callosobruchus maculatus*, ergin öncesi dönemler

¹ Çalışma YL Tezi olup Selçuk Üniversitesi BAP birimi tarafından desteklenmiş ve bir bölümü İç Anadolu Bölgesi 2. Tarım ve Gıda Kongresi (28-30 Nisan 2015, Nevşehir)'nde sunulmuş ve özet olarak basılmıştır.

² Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 25240 Erzurum

³ Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 42250 Konya

* Corresponding author (Sorumlu yazar) e-mail: melek_2007@hotmail.com

Received (Alınış): 11.03.2016

Accepted (Kabul ediliş): 01.12.2016

Published Online (Çevrimiçi Yayın Tarihi): 21.12.2016

Giriş

Mercimek, nohut, fasulye, bezelye, bakla ve börülceyi içine alan yemeklik dane baklagiller yüksek miktarlarda protein içermelerinden dolayı insan ve hayvan beslenmesinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Kullanılabilir tarım alanları nüfus artışına paralel olarak artmamakta aksine her geçen gün tarım yapılan alanlar daralmaktadır. Bu nedenle birim alandan elde edilen ürün miktarının artırılması birinci derecede önemli olmakla beraber üretimden tüketime kadar ürünün uygun bir şekilde korunması da büyük önem taşımaktadır (Anonymous, 2014).

Baklagil tohum böceklerinden Börülce tohum böceği, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Chrysomelidae) tropik ve subtropik bölgelerde börülce, nohut, mercimek, soya fasulyesi ve fasulyenin en önemli zararlılarından. *Callosobruchus maculatus*, hasattan önce börücelere bulaşmakta ve depoda ayda bir nesil vererek çok hızlı bir şekilde çoğalmakta ve depolanmış baklagillerdeki bulaşmalar 3-4 ay içinde %50'nin üzerine çıkmaktadır (Baidoo et al., 2010). Bulaşmış oldukları üründe beslenmeleri sonucu, üründe ağırlık kayıplarına, tohumluk özelliklerinin düşmesine, kalite ve besin değerlerinde olumsuz değişmelere yol açarak ticari değerini düşmesine neden olmaktadır (Boxall, 2001; Ofuya et al., 2010). Bunlarla mücadelede sentetik insektisitler yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

Depolarda kullanılmakta olan malathion, chlorpyrifos -methyl, fenitrothion, primiphos-methyl, etrimfos vb. birçok etkili maddeye karşı bazı ülkelerde önemli depolanmış ürün zararlılarının direnç geliştirdiği bildirilmektedir (Ferizli & Emekçi, 2010). Nitekim, Nijerya'da 3 coğrafik bölgeden toplanılan *C. maculatus*'un dayanıklılığı üzerinde iklimin etkisinin araştırıldığı farklı bir çalışmada; *C. maculatus* ile bulaşık börülce tohumları 20 lokasyondan toplanmış ve laboratuvarda primiphos methyl'in 5 farklı dozu uygulanmıştır. Bir günlük erginlerin yedi günlük erginlerden daha hassas olduğunu, dayanıklılığın Mangrov ormanlarından alınan örneklerde kademeli olarak bir artışa sebep olurken, Savana ormanlarına doğru kademeli olarak azalmadan önce yağmur ormanlarının kenarlarında zirveye ulaştığını, bunun sebebinin de sıcak ve nemli bölgelerde çoğalmanın daha hızlı olmasına dolayısıyla canlıların daha toleranslı olmasına bağlanırken, sıcak ve daha kurak yerlerde ani hava değişiminin canlıları daha çok etkilemesine bağlanmıştır (Odeyemi et al., 2006).

Fosfinle fumigasyonda belli düzeydeki gaz konsantrasyonun belli süreyle ortamda tutulması oldukça önemlidir. Ülkemizde özellikle fumigasyonda gaz sızdırmaz ortamın yetersizliği ve gaz konsantrasyonlarının uygulama süresince ölçülmesi konusunda çok büyük eksiklikler bulunmaktadır. Bu durumlar özellikle fosfinde direnci tetikleyen koşul olarak karşımıza çıkmaktadır (Ferizli & Emekçi, 2010). Fosfinle fumigasyonda dünyada 45'den fazla ülkede depo zararlılarının fosfine karşı dayanıklılık geliştirdikleri tespit edilmiştir. Pakistan'da buğday ve pirinç depolarından toplanılan *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797), *Rhyzoperta dominica* (Fabricius, 1792) ve *Trogoderma granarium* Everts, 1898 türlerinde fosfinin neden olduğu dayanıklılık seviyesi değişkenlik göstermiş ve *T. castaneum*'da 80 kat daha fazla dayanıklılığa sebep olduğu bildirilmiştir. (Alam et al., 1999). Fas'da *R. dominica*, *T. castaneum* ve *Stophilus oryzae* (Linnaeus, 1763) üzerinde yapılan bir çalışmada *S. oryzae*'nin bir popülasyonu hariç test edilen tüm örneklerde fosfine dayanıklılık saptanmıştır (Benhalima et al., 2004).

Uzun yıllardan beri devam eden ve özellikle son yıllarda yoğunlaşan sentetik pestisitlerin kullanımı ekolojik dengeyi bozarak insan sağlığını tehdit eder duruma gelmiştir. Sürekli ve yoğun bir şekilde sentetik kimyasalların kullanımı hedef zararlıların direnç geliştirmesine (Zettler, 1982; Tripathi et al., 2001), hedef olmayan canlıların (parazitler, predatörler, parazitoitler, tozlayıcı böcekler) etkilenmesine çevrede ve üründe kalıntıya ve bitkilerde fitotoksositeye neden olmuştur (Ferizli & Emekçi, 2000; Isman, 2000; Mahfuz & Khaleqzaman, 2007; Khani & Asghari, 2012). Bu durum tarımsal alanda alternatif mücadele arayışını hızlandırmış ve sentetik pestisitlere alternatif olarak bitkilerdeki sekonder bileşikler ve uçucu yağların pestisit olarak kullanımını daha önemli hale getirmiştir. Son yıllarda uçucu yağların ve bileşenlerinin, önemli depo zararlılarından baklagil tohum böceklerinin erginlerine fumigant etkisi üzerindeki çalışmalar oldukça hız kazanmıştır (Raja et al., 2001; Karakoç et al., 2006; Al-Sarar et al., 2014; Çetin et al., 2014; Selimoğlu et al., 2015).

Özellikle daha önce uçucu yağlarla yapılan çalışmaların çoğunluğu, baklagil tohum böceklerinin erginleri üzerinde yürütülmüştür. Ergin öncesi dönemlere karşı çok az çalışma bulunmaktadır. Halbuki depoya ergin öncesi dönemlerle bulaşık olarak getirilen ürünlerdeki bu bulaşmalar ergin çıkış delikleri gözlemleninceye kadar fark edilmemekte ve zararlı uygun koşullarda hızlı bir şekilde gelişmesini sürdürmektedir. Dolayısıyla fumigant olarak kullanılacak ürünün ergin öncesi dönemlere karşı toksik etki göstermesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada da biberiye uçucu yağının börülce tohum böceğinin ergin öncesi dönemlerine (yumurta, larva ve pupa) karşı fumigant toksisitesi araştırılmıştır. Böylece biberiye uçucu yağının *C. maculatus* ile mücadelesinde biyo-fumigant olarak kullanılabilme potansiyeli ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Callosobruchus maculatus (Fabricius, 1775)'un yetiştirilmesi

Deneme, laboratuvar koşullarında 2013 yılında, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Entomoloji Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Denemede kullanılan *C. maculatus*, 28±2°C sıcaklık, %55±5 nispi nemde ve tamamen karanlık koşullarda çalışan iklim kabininde (Nüve Klimatik Test Kabini TK 120) bulunan stok kültürden elde edilmiştir. Stok kültürden elenerek alınan erginler içerisinde nemi %12 olarak ölçülen yaklaşık 250 g temiz nohut (*Cicer arietinum* L.) (o yıl hasat edilmiş Cevdet Bey çeşidi) bulunan 1 l'lik cam kavanozlara aktarılmıştır. Bu kavanozlarda 4-5 gün süreyle yumurta bırakmalarına izin verilen erginler tekrar elenerek ortamdaki stok kültür kavanozlarına aktarılmıştır.

Günlük olarak kavanozlar içerisindeki çıkışlar takip edilmiş ilk ergin çıkışlarını takip eden 3-4 gün sonra ortamdaki erginler alınarak stok kültür kavanozuna aktarılmış ve ertesinin daha çok sayıda çıkan erginlerden (1 günlük) 50 dişi, 50 erkek içerisinde (dişiler daha büyük ve pygidiumunun kenarları koyu renkte ortası açık renkte iken erkekler daha küçük ve bunların pygidiumu tamamen homojen beyazımsı renktedir) 200 tane nohut bulunan kavanoza aktarılmış ve homojen bir şekilde aynı yaşta yumurta elde etmek için ertesinin erginler hafif bir şekilde elenerek alınmıştır. Böylece aynı yaştaki yumurtalarla bulaşık nohutlar, ergin öncesi dönemlere fumigant toksisite çalışmalarında kullanılmıştır.

Zararlı ergin öncesi dönemlerin saptanması

Ön denemelerde ergin bir dişi ve bir erkek, içerisinde 10 tane nohut bulunan cam petri kaplarına konulmuş ve bir gün boyunca çiftleşip yumurta bırakması sağlanmıştır. Ertesinin petriden erginler uzaklaştırılmış ve yumurtalar günlük olarak stereo mikroskop altında iğne yardımıyla kazınarak yumurtanın altında kalan larva giriş delikleri kontrol edilmiştir. Böylece 5. günde ilk giriş deliklerinin görülmesiyle yumurtadan ilk larva çıkışları tespit edilmiştir. Nohut tanelerinde çıkış kapaklarının arkasında kahverengileşmenin görülmesiyle 20. günde pupa dönemine girdiği ve 3-4 gün sonra erginlerin çıktığı belirlenmiştir.

Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) bitkisinden uçucu yağın elde edilmesi

Biberiye uçucu yağının elde edilmesinde Topuz & Madanlar (2011)'in bildirdiği yöntem kullanılmıştır. Biberiye, Antalya'nın Geyikbayır köyünden (755 m rakımından 36.876° enlem 30.457° boylama sahip koordinatlarından) getirilmiştir. Biberiye bitkisinin teşhisi, Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Botanik Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Prof. Dr. Yavuz BAĞCI tarafından yapılmıştır. Bitki gölge, havadar laboratuvar ortamında kurutulup yapraklarını dallarından ayırdıktan sonra öğütülmüştür. Daha sonra öğütülmüş biberiyeden 100 g tartılıp Clevenger düzeneğinde 1:10 oranında su ile karıştırılmış ve 2-3 saat su destilasyonuna tabi tutularak uçucu yağ elde edilmiştir. Elde edilen uçucu yağ denemede kullanılmak üzere +4'deki buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Konsantrasyonların hazırlanması

Denemede kullanılan konsantrasyonlar, biberiye uçucu yağı ile asetonun (Merck, KN: 100014.2500) 1/1 oranında seyreltilmesiyle elde edilmiştir. Ön denemeler sonucunda %5-99 arasında ölüme neden olan 10, 20, 30, 40 ve 50 µl/l hava konsantrasyonları belirlenmiştir. Uygulamalar esnasında asetonun uçması için 40 sn bekletildikten (Çetin et al., 2009) sonra kavanoz kapakları kapatılmıştır.

Pozitif kontrollerde saf aseton (50 µl/l hava) kullanılmıştır. Negatif kontrollerde hiçbir şey uygulanmamış, denemeler her bir maruz bırakma süresi için ayrı ayrı kurulmuş ve uçucu yağa maruz bırakma süreleri kadar kavanoz kapakları kapalı tutulmuştur. Daha sonra kapaklar açılmış ve ağızları tülbentle kapatılmıştır. Ergin çıkışları sona erene kadar 28±2°C sıcaklık, %55±5 nispi nemde ve tamamen karanlık koşullarda çalışan iklim kabininde bekletilmiş ve sayımları yapılmıştır.

Fumigant toksisite çalışmaları

Yumurtaya fumigant toksisite

Dane nem oranı %12 olarak ölçülen eşit büyüklükteki 200 adet nohut, 1 litrelik cam kavanozlara konulmuş ve üzerlerine stok kültürden elenen farklı yaşlardaki 50 dişi ve 50 erkek ergin bırakılarak tülbentle kapatılmıştır. Bir gün sonra nohutlar elenerek erginler uzaklaştırılmıştır. Stereo mikroskop altında, nohutlar üzerindeki 1 günlük yumurtalar iğne yardımıyla kazınarak her danedeki yumurta sayısı 5'e düşürülmüştür. Bu nohutlardan 10 tanesi, 7 cm yüksekliğinde, 3 cm çapındaki plastik tüpler içerisine yerleştirilmiş ve tüplerin ağızı bir tülbent ile kapatılmıştır. Bu şekildeki plastik tüplerden 3'ü 1 l'lik cam kavanozlara yerleştirilmiştir. Kavanoz kapaklarının iç kısmına 2X2 cm ölçülerinde kesilmiş kurutma kağıtları yapıştırılmış ve üzerine 1:1 oranında seyreltilmiş uçucu yağ konsantrasyonları mikropipet yardımıyla kurutma kağıtlarına emdirilmiştir. Asetonun buharlaşması için 40 sn bekletildikten sonra kapaklar kapatılmış ve 24, 48, 72 ve 96 saat boyunca zararlının yumurtaları biberiye uçucu yağına maruz bırakılmıştır. Maruz bırakma sürelerinin sonunda kavanoz kapakları açılmış, sonrasında tülbentle kapatılarak uçucu yağ kokusu geçinceye kadar havalandırılmış ve ergin çıkışları tamamlanana kadar 28±2°C sıcaklık, %55±5 nispi nemde ve tamamen karanlık koşullarda çalışan iklim kabininde bekletilmiştir. Ergin çıkışları tamamlandıktan sonra çıkış yapan ve yapamayan ergin sayıları kaydedilmiştir. Biberiye uçucu yağının yumurtaya karşı toksisitesi ergin çıkışlarına göre belirlenmiştir. Pozitif kontrollerde aseton uygulanmış, negatif kontrollerde hiçbir şey uygulanmamıştır. Çalışma tesadüf parselleri deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Birinci ve son dönem larva ile pupalara fumigant toksisite

Yumurtaya fumigant toksisite denemesinde olduğu gibi üzerinde 5 yumurta bulunan 10 tane nohut, tüplere yerleştirilmiş, ağızları tülbentle kapatılmıştır. Tüplerin 3'ü 1 l'lik cam kavanoza yerleştirilerek onların ağızı da tülbentle kapatılmıştır. Bu şekilde hazırlanan kavanozlara genç larvalar için 6. gün yaşlı larvalar için 16. ve pupalar için 20. güne kadar hiçbir şey uygulanmamış olup 28±2°C sıcaklık, %55±5 nispi nemde ve tamamen karanlık koşullarda çalışan iklim kabininde bekletilmiştir. Bu günler sonunda uçucu yağın larvalara 10, 20, 30, 40 ve 50 µl/l hava konsantrasyonları; pupalara 20, 30, 40, 50 ve 60 µl/l hava konsantrasyonları uygulanıp kapakları kapatılmış ve 24, 48, 72 ve 96 saat maruz bırakma süreleri yumurtalara uygulandığı şekilde uygulanmıştır. Maruz bırakma sürelerinin sonunda kavanoz kapakları açılmış, tülbentle kapatılarak ergin çıkışları gerçekleşene kadar bekletilmiş ve ergin çıkışlarının tamamlanmasından sonra çıkış yapan ve yapamayan ergin sayıları kaydedilmiştir.

Yumurta, genç ve yaşlı larvaya ve pupaya karşı toksisite, başlangıçtaki yumurta sayıları ve çıkış yapan ergin sayıları karşılaştırılarak ölüm oranları tespit edilmiştir. Denemeler 3 tekerrürlü olarak ve her tekrerde 50 birey olacak şekilde yürütülmüştür.

İstatistiksel analizler

Biberiye uçucu yağının *C. maculatus*'a fumigant etki çalışmalarından elde edilen % ölüm değerlerine ilk olarak ARCSIN transformasyonu uygulanmış, daha sonra SPSS 17 versiyon (Statistical Package for Social Sciences) yazılım paketi kullanılarak çift yönlü varyans analizi (ANAVO) yapılmış (SPSS, 2008), farkın önemli olduğu tespit edilen değerlere %5 önem seviyesinde DUNCAN testi yapılarak ortalamalar arasındaki farklar tespit edilmiştir. LC₅₀ ve LC₉₀ değerlerinin tespiti POLO PLUS (LeOra Software, 1987) programında probit analizine tabi tutularak yapılmıştır. Probit analizinde ölüm değerleri girilmeden önce aseton ve uçucu yağdaki ölümlerden doğal ölümler çıkarılmış ve elde edilen değerler girilerek LC₅₀ ve LC₉₀ değerleri tespit edilmiştir.

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Biberiye uçucu yağının *C. maculatus*'un ergin öncesi dönemleriyle (yumurta, birinci ve son dönem larva, pupa) bulaşık nohut tanelerine fumigant toksisitesini tespit etmek amacıyla yürütülen bu çalışmada; biberiye uçucu yağının oldukça yüksek fumigant toksisite gösterdiği, ölüm oranlarında istatistiksel olarak önemli farklılıkların ($P<0.05$) olduğu, uygulanan dozların ve maruz bırakma sürelerinin artışıyla bağlı olarak ölümlerin önemli derecede arttığı tespit edilmiştir.

Yumurtalardaki ölüm oranları incelendiğinde, uygulanan uçucu yağ dozları içerisinde %100 ölüm oranı 50 µl/l hava konsantrasyonunda 24 saat maruz bırakma süresinde tespit edilmiştir. 24 saat maruz bırakma süresinde 10, 20, 30, 40 ve 50 µl/l konsantrasyondaki ölüm oranları sırasıyla %32.67, 42.00, 54.67, 78.67, 100.00 olarak saptanmıştır. Yumurtalara karşı uygulanan konsantrasyonlar ile maruz bırakılan süreler arasındaki interaksyonun önemli olduğu ($P<0.001$, $F=12.498$, s.d.=18) belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Farklı sürelerde biberiye uçucu yağının farklı uygulama dozlarına maruz bırakılan *Callosobruchus maculatus* yumurtalarının ölüm oranları (%)

Doz (µl/l hava)	Ölüm Oranı (%) ± Standart Hata			
	24 saat	48 saat	72 saat	96 saat
10	32.67±0.67 e*C**	36.00±1.15dB	37.33±0.67dAB	40.00±1.15 dA
20	42.00±1.16 dB	46.00±1.15 dB	72.00± 2.31 cA	77.33±2.91 cA
30	54.67±1.76 cD	67.33±3.71 cC	79.33±2.91 bB	92.67±1.76 bA
40	78.67±4.05 bB	92.00± 5.29 bA	100.00±0.00 aA	100.00±0,00 aA
50	100.00±0.00 aA	100.00±0.00 aA	100.00±0.00 aA	100.00±0.00 aA
Pozitif kontrol (aseton)	36.67±0.67deA	36.67±0.67 dA	37.33±0.67 dA	37.33±0.67deA
Negatif kontrol (doğal ölümler)	32.00±1.15 eA	32.00±1.15 dA	32.00±1.15 dA	32.00±1.15eA

* Küçük harfler aynı sütundaki dozlar arasındaki istatistiksel farkı;

** Büyük harfler aynı satırdaki maruz bırakma süreleri arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir.

Aynı satırda ve sütunda bulunan harfler aynı ise istatistiksel olarak ($P>0.05$) bir farklılık yoktur.

LC₅₀ ve LC₉₀ değerlerinin maruz bırakma sürelerinin artışıyla düştüğü 24 saat maruz bırakma süresinde sırasıyla 34 ve 45 µl/l, 96 saat maruz bırakma süresinde sırasıyla 18 ve 28 µl/l olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Biberiye uçucu yağının *Callosobruchus maculatus*'un yumurtalarına karşı farklı maruz bırakma sürelerindeki LC₅₀ ve LC₉₀ değerleri

Maruz bırakma süresi (saat)	n ^a	Eğim±SH	LC ₅₀ (µl/l hava) (Alt-üst güven aralığı) ^b	LC ₉₀ (µl/l hava) (Alt-üst güven aralığı)	λ ^{2c}	SD	Heterojenite
24	612	10.71±1.66	34.57 (30.16-37.08)	45.54 (42.05-54.72)	27.23	13	2.10
48	612	8.36±0.94	28.93 (25.70-31.36)	41.18 (37.85-46.83)	22.68	13	1.74
72	612	5.95±0.60	20.88 (17.43-23.57)	34.28 (30.38-41.01)	28.88	13	2.22
96	612	6.47±0.72	18.08 (16.16-19.68)	28.54 (26.44-31.37)	27.98	13	0.61

^a Toplam test edilen birey sayısı

^b Alt üst güven aralığı (%95 önem seviyesinde)

^c Ki-kare değeri

SD: Serbestlik derecesi

Genç larvalardaki ölüm oranları incelendiğinde biberiye uçucu yağının larvalara karşı toksik etki gösterdiği görülmüştür. Yumurtalardaki fumigant toksisiteye benzer olarak genç larvalarda da dozların ve maruz bırakma sürelerinin artışıyla ölümlerin arttığı tespit edilmiş ve %100 ölüm ilk olarak 50 µl/l hava konsantrasyonda 48 saat maruz bırakma süresinde saptanmıştır. 24 saat maruz bırakma süresinde 10,

20, 30, 40 ve 50 µl/l hava konsantrasyonundaki oranları sırasıyla %37.33, 41.33, 78.00, 84.67, 91.33 olarak tespit edilmiştir. Hiçbir şey uygulamayan kontrollerimizde yaklaşık olarak % 30-32 civarında doğal ölümler olmuştur. Aseton uygulanan pozitif kontrollerde ise yaklaşık %36-32 arasında ölümler meydana gelmiş dolayısıyla doğal ölümleri bunlardan çıkarttığımızda pozitif kontrollerde %0-6 arasında ölümlerin olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3). Nitekim Çağırğan, (2010), 17 farklı nohut çeşidinin *C. maculatus*'a karşı dayanıklılığının belirlenmesi amacıyla yürüttüğü çalışmada, *C. maculatus*'un ergin çıkış oranlarının çeşitlere göre farklılık gösterdiğini en fazla ergin çıkışının Canitez çeşidinde görüldüğünü ve %16 ölüm olduğunu, en az ergin çıkışının Cevdet Bey çeşidinde %22 ölüm olduğunu tespit etmiştir. *Callosobruchus maculatus*'un yumurtadan ergin döneme gelinceye kadarki dönemde doğal ölümlerin olduğu bu çalışmada da görülmüştür.

Genç larvalara uygulanan biberiye uçucu yağının konsantrasyonları ile maruz bırakma süreleri arasındaki interaksiyonun önemli olduğu ($P<0.001$, $F=14.966$, s.d.=18) saptanmıştır.

Çizelge 3. Farklı sürelerde biberiye uçucu yağının farklı uygulama dozlarına maruz bırakılan *Callosobruchus maculatus*'un birinci dönem larvalarının ölüm oranları (%)

Doz (µl/l hava)	Ölüm Oranı (%) ± Standart Hata			
	24 saat	48 saat	72 saat	96 saat
10	37.33±1.76e*C**	41.33±1.33 eC	54.67±1.76 dB	62.67±2.91 cA
20	47.33±2.40 dC	54.67±4.05 dC	64.67±2.40 cB	75.33±1.76 bA
30	78.00±1.15 cD	84.67±1.33 cC	92.67±0.67 bB	100.00±0.00 aA
40	84.67±1.76 bC	95.33±2.40 bB	100.00±0.00 aA	100.00±0.00 aA
50	91.33±1.76 aB	100.00±0.00 aA	100.00±0.00 aA	100.00±0.00 aA
Pozitif kontrol (aseton)	34.67±0.67 eB	35.33±0.67eAB	36.67±0.67eAB	37.33±0.67 dA
Negatif kontrol (doğal ölümler)	32.00±1.15 eA	32.00±1.15 eA	32.00±1.15 fA	32.00±1.15 eA

* Küçük harfler aynı sütundaki dozlar arasındaki istatistiksel farkı;

** Büyük harfler aynı satırdaki maruz bırakma süreleri arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir. Aynı satırda ve sütunda bulunan harfler aynı ise istatistiksel olarak ($P>0.05$) bir farklılık yoktur.

Biberiye uçucu yağının birinci dönem larvalarda gösterdiği fumigant toksisitesi, maruz bırakma sürelerinin artışına paralel olarak artmıştır. Maruz bırakma sürelerinin artışına karşılık LC_{50} ve LC_{90} değerlerinde ciddi düzeyde düşüş görülmüştür. LC_{50} ve LC_{90} değerleri 24 saat maruz bırakma süresinde sırasıyla 27.64 ve 51.65 µl/l hava iken 96 saat maruz bırakma süresinde sırasıyla 13.17 ve 25.75 µl/l hava olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Biberiye uçucu yağının *Callosobruchus maculatus*'un birinci dönem larvalarına karşı farklı maruz bırakma sürelerindeki LC_{50} ve LC_{90} değerleri

Maruz bırakma süresi (saat)	n ^a	Eğim±SH	LC_{50} (µl/l hava) (Alt-üst güven aralığı) ^b	LC_{90} (µl/l hava) (Alt-üst güven aralığı) ^b	λ ^{2c}	SD ^d	Heterojenite
24	612	4.72±0.54	27.64 (25.00-29.90)	51.65 (46.59-59.93)	12.40	13	0.95
48	612	7.31± 0.8	24.32 (21.89-26.29)	36.41 (33.58-40.76)	15.95	13	1.23
72	612	9.28±1.25	22.20 (18.97-24.48)	30.51 (27.62-36.05)	25.44	13	1.96
96	612	4.40±0.45	13.17 (10.20-15.40)	25.75 (21.64-33.15)	32.67	13	2.51

^a Toplam test edilen birey sayısı

^b Alt üst güven aralığı (%95 önem seviyesinde)

^c Ki-kare değeri

SD: Serbestlik derecesi

Biberiye uçucu yağının son dönem larvalara karşı fumigant toksisitesi birinci dönem larvalardan daha düşük olmuştur. Son dönem larvaların, birinci dönem larvalardan biberiye uçucu yağına daha dayanıklı olduğu tespit edilmiştir. %100'e varan ölümlere ancak en yüksek dozda (50 µl/l hava) ve 96 saat maruz bırakma süresinde ulaşılmıştır. 24 saat maruz bırakma süresinde, 10, 20, 30, 40 ve 50 µl/l hava konsantrasyonlardaki ölüm oranları sırasıyla %31.33, 36.00, 39.33, 54.00 ve 56.00 olarak belirlenmiştir (Çizelge 5). Konsantrasyonlar ile maruz bırakma süreleri arasındaki interaksyonun da istatistiksel olarak önemli olduğu ($P<0.001$, $F=36.678$, s.d.=18) saptanmıştır.

Çizelge 5. Farklı sürelerde biberiye uçucu yağının farklı uygulama dozlarına maruz bırakılan *Callosobruchus maculatus*'un son dönem larvalarının ölüm oranları (%)

Ölüm Oranı (%) ± Standart Hata				
Doz (µl/l hava)	24 saat	48 saat	72 saat	96 saat
10	31.33±0.67 c*B**	34.00±1.15 eB	36.00±1.15 eA	38.00±1.15eA
20	36.00±1.15 bcD	41.33±0.67 dC	47.33±1.76 dB	54.00±2.31 dA
30	39.33±1.76 bC	54.67±1.33 cB	59.33±2.40cB	66.67±1.33 cA
40	54.00±2.00 aC	88.00±2.31 bB	93.33±0.67 bAB	95.33±1.76 bA
50	56.00±3.05 aD	91.33±0.67 aC	98.00±1.15 aB	100.00±0.00 aA
Pozitif kontrol (aseton)	33.33±0.67 cB	34.67±0.67 eAB	34.67±0.67 eAB	36.67±0.67 eA
Negatif kontrol (doğal ölümler)	32.00±0.71 cA	32.00±1.15eA	32.00±1.15eA	32.00±1.15 eA

* Küçük harfler aynı sütundaki dozlar arasındaki istatistiksel farkı;

** Büyük harfler aynı satırdaki maruz bırakma süreleri arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir. Aynı satırda ve sütunda bulunan harfler aynı ise istatistiksel olarak ($P>0.05$) bir farklılık yoktur.

Son dönem larvaların lethal konsantrasyon değerleri incelendiğinde LC_{50} ve LC_{90} değerleri birinci dönem larvalara oranla daha yüksek bulunmuştur. LC_{50} ve LC_{90} değerleri, 24 saat maruz bırakma süresinde sırasıyla 60.39 ve 134.46 µl/l hava iken 96 saat maruz bırakma süresinde sırasıyla 27.23 ve 40.58 µl/l hava olarak tespit edilmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Biberiye uçucu yağının *Callosobruchus maculatus*'un son dönem larvalarına karşı farklı maruz bırakma sürelerindeki LC_{50} ve LC_{90} değerleri

Maruz bırakma süresi(saat)	n ^a	Eğim±SH	LC_{50}	LC_{90}	λ^{2c}	SD	Heterojenite
			(µl/l hava) (Alt-üst güven aralığı) ^b	(µl/l hava) (Alt-üst güven aralığı) ^b			
24	612	3.69±0.59	60.39	134.46	10.78	13	0.83
			(52.59-76.41)	(98.66-240.03)			
48	612	6.79±0.69	32.68	50.47	12.93	13	0.99
			(30.65-34.54)	(46.83-55.93)			
72	612	7.61±0.85	29.64	43.69	21.05	13	1.62
			(26.41-32.14)	(40.02-49.97)			
96	612	7.39±0.82	27.23	40.58	21.95	13	1.69
			(23.97-29.75)	(36.98-46.67)			

^a Toplam test edilen birey sayısı

^b Alt üst güven aralığı (%95 önem seviyesinde)

^c Ki-kare değeri

SD: Serbestlik derecesi

Pupa dönemi zararlıının biyolojik dönemleri içerisinde biberiye uçucu yağına en dayanıklı dönem olarak saptanmıştır. Dolayısıyla en düşük doz 20 µl/l hava, en yüksek doz 60 µl/l hava uygulanmıştır. En yüksek ölüme (%100) 60 µl/l hava dozunda 72 saat maruz bırakma süresinde ulaşılmıştır. 24 saat maruz bırakma sonunda 20, 30, 40, 50 ve 60 µl/l hava konsantrasyonlarında ölüm oranları sırasıyla %32.67, 32.67, 33.33, 46.00 ve 63.33 olarak belirlenmiştir (Çizelge 7).

Pupalara uygulanan biberiye uçucu yağının konsantrasyonları ile maruz bırakma süreleri arasındaki interaksyonun önemli olduğu ($P<0.001$, $F=59.10$, s.d.=12) saptanmıştır.

Çizelge 8'deki pupalara ait LC₅₀ ve LC₉₀ değerleri incelendiğinde 24 saat maruz bırakma süresindeki LC₅₀ ve LC₉₀ değerlerinin son dönem larvalarınkiyle hemen hemen aynı olurken 48 ve 72 saat maruz bırakma sürelerinde daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 24 ve 48 saat maruz bırakma sürelerindeki LC₅₀ ve LC₉₀ değerleri birbirine oldukça yakın (sırasıyla 60.34 ve 76.70; 52.61 ve 73.23) olurken, 72 saat maruz bırakma süresinde LC₅₀ ve LC₉₀ değerlerinde ani bir düşüş (sırasıyla 37.44 ve 46.50) olduğu saptanmıştır.

Çizelge 7. Farklı sürelerde biberiye uçucu yağının farklı uygulama dozlarına maruz bırakılan *Callosobruchus maculatus*'un pupalarının ölüm oranları (%)

Doz (µl/l hava)	Ölüm Oranı (%) ± Standart Hata		
	24 saat	48 saat	72 saat
20	32.67±0.67 c*A **	32.67±0,67 dA	33.33±0.67 dA
30	32.67±0.67 cB	33.33±0,67 dB	36.67±1.76 dA
40	33.33±0.67 cC	46.00±2.00 cB	83.33±2.40 cA
50	46.00±2.31 bC	58.67±2.91 bB	94.00±1.15 bA
60	63.33±1.76 aC	79.33±5.69 aB	100.00±0.00 aA
Pozitif kontrol (aseton)	32.00±0.00 cA	32.00±0.00 dA	32.67±0.67 dA
Negatif kontrol (doğal ölümler)	32.00±1.15 cA	32.00±1.15 dA	32.00±1.15 dA

* Küçük harfler aynı sütundaki dozlar arasındaki istatistiksel farkı;

** Büyük harfler aynı satırdaki maruz bırakma süreleri arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir. Aynı satırda ve sütunda bulunan harfler aynı ise istatistiksel olarak (P>0.05) bir farklılık yoktur.

Çizelge 8. Biberiye uçucu yağının *Callosobruchus maculatus*'un pupalarına karşı farklı maruz bırakma sürelerindeki LC₅₀ ve LC₉₀ değerleri

Maruz bırakma süresi (saat)	n ^a	Eğim±SH	LC ₅₀	LC ₉₀	λ ^{2c}	SD	Heterojenite
			(µl/l hava) (Alt-üst güven aralığı) ^b	(µl/l hava) (Alt-üst güven aralığı) ^b			
24	612	12.30±1.73	60.34 (58.07-63.79)	76.70 (70.78-87.94)	8.54	13	0.66
48	612	8.93±0.91	52.61 (50.17-55.67)	73.23 (55.67-66.94)	6.07	13	1.24
72	612	13.62±1.17	37.44 (35.81-38.96)	46.50 (44.35-49.53)	7.20	13	1.32

^a Toplam test edilen birey sayısı

^b Alt üst güven aralığı (%95 önem seviyesinde)

^c Ki-kare değeri

SD: Serbestlik derecesi

Biberiye uçucu yağının *C. maculatus*'un ergin öncesi dönemlerine fumigant toksisitesini araştırdığımız çalışmada biberiye uçucu yağının zararlıının ergin öncesi dönemlerine karşı toksisite gösterdiği saptanmıştır. Ergin öncesi dönemler içerisinde en hassas dönemin birinci dönem larva ve yumurta, en dayanıklı dönemin ise pupa ve son dönem larva olduğu tespit edilmiştir.

24 saat maruz bırakma süresinde ve 50 µl/l hava dozunda, yumurtalarda, birinci dönem, son dönem larvalarda ve pupalarda ölüm oranlarının sırasıyla %100, 91, 56, 46 olduğu tespit edilmiştir. Negatif (hiçbir kimyasal uygulanmayan sadece uçucu yağ maruz bırakma süresi kadar kavanoz kapaklarının kapalı tutulduğu uygulamalarda) %30 doğal ölümlerin olduğu tespit edilmiştir. Pozitif kontrollerde (aseton uygulanmış) ise negatif kontrol (doğal ölümler) ile karşılaştırıldığında %10'un altında ölümlerin gerçekleştiği saptanmıştır.

LC₅₀ ve LC₉₀ değerleri, maruz bırakma sürelerinin artışına bağlı olarak azalmıştır. 24 saat maruz bırakma sürelerinde yumurta, birinci dönem, son dönem larva ve pupalardaki LC₅₀ ve LC₉₀ değerleri sırasıyla 34.57 ve 45.54, 27.64 ve 51.65, 60.39 ve 134.46, 60.34 ve 76.70 µl/l hava olarak belirlenmiştir.

Ketoh et al. (2005), *Cymbopogon schoenanthus* uçucu yağının, *C. maculatus*'un bürülce tohumları üzerine yeni bırakılmış yumurtalarının (yumurta bırakılmasından 1 gün sonra) ve yumurtadan yeni çıkmış henüz tohum içerisine giriş yapmamış larvalarının (yumurta bırakıldıktan 3 gün sonra) gelişimini 33.3 µl/l hava konsantrasyonunda 24 saat maruz bırakma süresinde %100 engellediğini, aynı dozda 48 saat maruz bırakma süresinde yumurta bırakıldıktan sonra 5. gündeki tohum içerisindeki ilk dönem ve ikinci dönem larvaların %100'nü öldürdüğünü, 10. gündeki üçüncü dönem larvaların %68'ni, 15. gündeki dördüncü dönem larvaların ve pupaların %45'ni öldürdüğünü tespit etmişlerdir. Papachristos & Stamopoulos (2002), *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) larva ve pupalarına karşı en fazla toksisite gösteren uçucu yağın *Lavandula hybrida* L. olduğunu, ilk dönem larvaların ilerleyen larva dönemlerine göre daha duyarlı olduğunu bununla birlikte tüm larva dönemlerinin pupalardan da daha duyarlı olduğunu, biberiye uçucu yağının 48 saat maruz bırakma süresindeki LC₅₀ değerlerinin ilk dönem larvalarda 1.1 µl/l hava iken ikinci dönem larvalarda 2.2 µl/l hava ve 3-4. dönem larvalarda 10.6 µl/l hava, pupalarda ise 62.7 µl/l hava olarak tespit etmişlerdir. Papachristos & Stamopoulos (2004) başka bir çalışmalarında da *A. obtectus*'un yumurtalarına karşı *L. hybrida*, *Rosmarinus officinalis* L. ve *Eucalyptus globulus* Labill uçucu yağlarının 24 saat maruz bırakma süresindeki fumigant toksisitelerinin yumurta yaşına ve uçucu yağa bağlı olarak değiştiğini, 3 gün ve daha az yaşındaki yumurtaların çıkışlarında en yüksek dozda (250 µl/l hava) bile kayda değer bir azalış olmadığını, 4 ile 6 gün yaş arasındaki yumurtaların çıkışlarında ise önemli derecede azalma olduğunu tespit etmişlerdir. *L. hybrida* ve *R. officinalis* uçucu yağlarının benzer toksik etkiyi ve *E. globulus* uçucu yağından daha fazla toksik etki gösterdiğini saptamışlardır. 24 saat boyunca *R. officinalis* uçucu yağına maruz bırakılan 0-3 gün yaşındaki yumurtalarda LC₅₀ değerinin >250 µl/l hava'dan büyük olmasına karşın 4, 5 ve 6 gün yaşındaki yumurtaların LC₅₀ değerlerinin sırasıyla 14.9, 3.7, 1.3 µl/l hava olduğunu belirlemişlerdir. Embriyonik gelişmenin ilerledikçe duyarlılığın daha fazla arttığını, 8. günde yumurtalarının açılmaya başladığı *A. obtectus* yumurtalarında, uçucu yağ buharının etkilediği zamanın yumurtanın bırakıldığı andan itibaren 4. günün (yumurta içerisinde embriyonun gözlenebildiği) kritik nokta olduğunu çünkü uçucu yağ ve monoterpenoid gibi bileşiklerin nörotoksin gibi işlev görebilmesi için hedef sinir sisteminin gelişmeye başladığında ancak ovicidal etkinin meydana gelebileceğini, ayrıca chorion ve vitellin zarının geçirgenliğinin embriyonun gelişmesi boyunca değiştiğinden dolayı ileri yaşlardaki yumurtalara uçucu yağ buharı difüzyonun kolaylaşacağını, fiziksel ve biyokimyasal süreçlerin daha fazla etkilenebileceğinin mümkün olabileceğini ifade etmişlerdir. Risha et al. (1990) *Acorus calamus* bitkisinin rizomlarından elde ettikleri uçucu yağın depolanmış ürün zararlılarından *Sitophilus granarius* (Linnaeus, 1758), *S. oryzae*, *Tribolium confusum* Jacquelin du Val, 1863 ve *Callosobruchus chinensis* Linnaeus, 1758 türlerinin ergin öncesi dönemlerine karşı toksik etkilerini inceledikleri çalışmada en fazla duyarlılığa sahip olan türün *C. chinensis* yumurtalarında olduğunu bunu *S. granarius* ve *S. oryzae*'nin takip ettiğini fakat *T. confusum* yumurtalarını hiç etkilemediğini tüm durumlarda genç embriyonik dönemlerin ileriki dönemlerden daha duyarlı olduğunu larva ve pupa dönemlerinde fark edilebilir hiç bir duyarlılık olmadığını tespit etmişlerdir. Saraç & Tunç (1995) konsantrasyonlar ve maruz bırakma süreleri açısından değerlendirdiklerinde *Ephestia kuehniella* Zeller, 1879 yumurtalarının son dönem larvalardan daha az tolerans gösterdiğini, *T. confusum* yumurtalarının erginlerden daha fazla tolerans gösterdiğini tespit etmişlerdir.

El-Nahal et al. (1989), *C. chinensis*'in genç embriyonik dönemlerinin uçucu yağ buharına ileriki dönemlerden daha duyarlı olduğunu belirtmişlerdir. Çetin et al. (2014), 18 tane tıbbi ve aromatik bitkinin uçucu yağını *A. obtectus* erginlerine karşı uygulamışlar. *R. officinalis* ve *Salvia fruticosa* Mill. uçucu yağların en etkili yağlar olduğunu ve bu uçucu yağların 10 µl/l hava sabit dozda 24 saat maruz bırakma süresinde *A. obtectus* erginlerinde %100 ölüm meydana getirdiğini saptamışlardır.

Isikber et al. (2006), biberiye (*R. officinalis*) ve defne (*Laurus nobilis* L.) uçucu yağların gaz halinin *T. confusum*'un tüm gelişme dönemlerine karşı toksik etki gösterdiğini ve LT₉₀ değerleri göz önüne alındığında biberiye ve defne uçucu yağlarına karşı *T. confusum*'un tüm gelişme dönemlerinin toleransı büyükten küçüğe doğru sırasıyla, pupa>larva>ergin ve larva>ergin>yumurta>pupa olduğunu bildirmişlerdir. Konsantrasyon x süre (C x T) (g h l⁻¹) değerlerine bakıldığında, biberiye uçucu yağ defne uçucu yağına göre *T. confusum*'un erginlerine ve larvalarına karşı daha toksik olurken, defne uçucu

yağının ise biberiye uçucu yağına göre *T. confusum*'un yumurtalarına ve pupalarına karşı daha toksik olduğunu saptamışlardır.

Araştırmamızda biberiye uçucu yağının ergin öncesi tüm gelişme dönemlerine fumigant toksisite gösterdiği bu toksisitenin böceğin gelişme dönemlerine göre farklılık gösterdiği saptanmıştır. Gelişme dönemlerinin biberiye uçucu yağı buharına karşı hassasiyet sıralamasının birinci dönem larva> yumurta>son dönem larva > pupa şeklinde olduğundan Ketoh et al. (2005), El- Nahal et al. (1989) ve Papachristos & Stamopoulos (2002)'un çalışma, sonuçlarıyla benzerlik göstermiştir. Biberiye uçucu yağının depolara bulaşık olarak getirilmiş ürünün mücadelesinde kullanma potansiyelinin olduğu tespit edilmiştir. Sonuçların, Papachristos & Stamopoulos (2004), Isikber et al., (2006), çalışmalarından farklı olması zararlının farklı bir tür ve kullanılan uçucu yağın farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Genel olarak uçucu yağlar ham yağlardan daha zor ve oldukça az miktarlarda elde edilmektedir. Biberiye uçucu yağı verimi %1 olarak ifade edilse de bu miktar bitkinin hangi dönemde toplandığına, çevre şartlarına, toprak tipine ve kullanılan kısmına (yaprak, sap) göre %0.10 ile %0.78 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Başkaya et al., 2016). Bu çalışmada da biberiye bitkisinin yapraklarından elde edilen uçucu yağ verimi ortalama %0.3'tür. İnsektisitler kadar ucuz olmasa da uçucu yağların çevre ve insan sağlığına olumsuz etkisinin olmaması, zararlılar üzerinde birçok yönde etki gösterdiği için direnç geliştirmesinin daha güç olmasından dolayı organik üretimde kullanılması mümkün olabilir. Az miktarda elde edilen uçucu yağın kullanım şekli de oldukça önemlidir. Çünkü uçucu yağlar hızlı şekilde gaz haline dönüşebilmektedir. Bal arılarında varroa parazitine karşı timol etken maddeli sünger tabletlerin kullanıldığı gibi biberiye uçucu yağının da tablet haline getirilmesi mümkün olabilir. Dolayısıyla bu yöndeki çalışmalara ağırlık verildiği takdirde hem daha ucuz hem de daha sağlıklı ürünler elde edilmesi mümkün olacaktır.

Yararlanılan Kaynaklar

- Alam, M. S., S. S. Shaukat, M. Ahmed, S. Iqbal & A. Ahmad, 1999. A survey of resistance to phosphine in some Coleopterous pests of stored wheat and rice grain in Pakistan. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 2 (3): 623-626.
- Al-Sarar, A. S., H. I. Hussein, Y. Abobakr, A. E. Bayoumi & M. T. Al-Otaibi, 2014. Fumigant toxicity and antiacetylcholinesterase activity of saudi *Mentha longifolia* and *Lavandula dentata* species against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 38 (1): 11-18.
- Anonymous, 2014. Yemelik tane baklagiller. (Web page:www.ziraattube.com/m/1402/yemelik tane baklagiller.html), (Erişim tarihi: 10.04.2014)
- Baidoo, P. K., M. B. Mochiah & M. O. Akyaw, 2010. The effect of time of harvest on the damage caused by the cowpea weevil *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products and Postharvest Research*, 1 (3): 24-28.
- Başkaya, Ş., F. Ayanoğlu & N. P. Bahadırılı, 2016. Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) bitkisinin uçucu yağ oranı, uçucu yağ bileşenler ve antioksidan içeriğinde morfogenetik ve ontogenetik varyabilite. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21 (1): 12-20.
- Benhalima, H., M. Q. Chaudhry, K. A. Mills & N. R. Price, 2004. Phosphine resistance in stored product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. *Journal of Stored Products Research*, 40: 241-249.
- Boxall, R. A., 2001. Post-harvest losses to insect-a world overview. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 48: 137-152.
- Çağırğan, O., 2010. Farklı Nohut Çeşitlerinin Börülce Tohum Böceği (*Callosobruchus maculatus*F.) (Coleoptera: Bruchidae)'ne Karşı Dayanıklılığının Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Selçuklu, Konya, 38s.
- Çetin, H., M. Uysal, Ö. Alaoğlu & A. Şahbaz, 2009. Asetonun fasulye tohum böceği [*Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae)]'ne fumigant etkisi. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 33 (1): 23-30.
- Çetin, H., M. Uysal, A. Şahbaz, Ö. Alaoğlu, A. Akgül & M. Özcan, 2014. Tıbbi ve aromatik bitki uçucu yağlarının fasulye tohum böceği (*Acanthoscelides obtectus* Say) (Coleoptera: Bruchidae) erginlerine fumigant etkileri. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 1 (1): 6-11.

- El-Nahal, A. K. M., G. H. Schmidt & E. M. Riska, 1989. Vapours of *Acorus calamus* oil- a space treatment for stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 25: 211-216.
- Ferizli, A. G. & M. Emekçi, 2000. "Carbon dioxide fumigation as a Methyl bromide alternative for the dried fig industry,81-91". Annual International Research Conference on Methyl bromide Alternatives and Emissions Reductions, (6-9, November, 2000, Orlando, Florida) Proceedings.
- Ferizli, A. G. & M. Emekçi, 2010. "Depolanmış ürün zararlılarıyla savaşım, sorunlar ve çözüm yolları, 579-587". TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi (11-15 Ocak 2010 Ankara) Bildiriler Kitabı, 2, 1300 s.
- Isikber, A. A., M. H. Alma, M. Kanat & A. Karci, 2006. Fumigation toxicity of essential oils from *Laurus nobilis* and *Rosmarinus officinalis* against all life stages of *Tribolium confusum*. *Phytoparasitica*, 34: 167-177.
- Isman, M. B., 2000. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, 19: 603-608.
- 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.
- Ketoh, G. K., H. K. Koumaglo & I. A. Gliho, 2005. Inhibition *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) development with essential oil extracted from *Cymbopogon schoenanthus* L. Spreng. (Poaceae), and the wasp *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae). *Journal of Stored Products Research*, 41: 363-371.
- Khani, A. & J. Asghari, 2012. Insecticide activity of essential oils of *Mentha longifolia*, *Pulicaria gnaphalodes* and *Achillea wilhelmsii* against two stored product pests, the flour beetle, *Tribolium castaneum* and the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus*. *Journal of Insect Science*, 12 (73): 1-10.
- LeOra Software, 1994. Polo-PC a User's Guide to Probit or Logit Analysis, 1119 Shattuck Avenue, Berkeley, CA, 94707.
- Mahfuz, I. & M. Khalequzzaman, 2007. Contact and fumigant toxicity of essential oils against *Callosobruchus maculatus*. *University Journal of Zoology, Rajshahi University*, 26: 63-66.
- Odeyemi, O. O., O. A. Gbaye & O. Akeju, 2006. "Resistance of *Callosobruchus maculatus* (Fab.) to primiphos methyl in three zones in Nigeria, 324-329". Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection (15-18 October 2006, Sao Paulo, Brazil), 1351 pp.
- Ofuya, T. I., O. F. Olotah & O. J. Ogunsolo, 2010. Fumigant toxicity of crushed bulbs of two *Allium* species to *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Bruchidae). *Chilean Journal of Agricultural. Research*, 70: 510-514.
- Papachristos, D. P. & D. C. Stamopoulos, 2002. Toxicity of vapours of three essential oils to the immature tages of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, 38 (4): 365-373.
- Papachristos, D. P. & D. C. Stamopoulos, 2004. Fumigant toxicity of three essential oils on the eggs of *Acanthoscelides obtectus* (say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, 40 (5): 517-525.
- Raja, N., S. Albert, S. Ignacimuthu & S. Dorn, 2001. Effect of plant volatile oils in protecting stored cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walpers against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) infestation. *Journal of Stored Products Research*, 37: 127-132.
- Risha, E. M., A. K. M. El-Nahal & G. H. Schmidt, 1990. Toxicity of vapours of *Acorus calamus* L. oil to the immature stages of some stored- product Coleoptera. *Journal of Stored Products Research*, 26 (3): 133-137.
- Saraç, A. & I. Tunç, 1995. Toxicity of essential oil vapours to stored product insects. *Zeitschrift Fuer Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 102: 69-74.
- SPSS, 2008. SPSS Statistics for Windows, Version 17.0. Chicago: SPSS Inc.
- Selimoğlu, T., A. Gökçe & D. Yanar, 2015. Bazı bitki uçucu yağlarının *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae) üzerindeki fumigant toksisiteleri. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 39 (1): 109-118.
- Topuz, E. & N. Madanlar, 2011. Bazı bitkisel kökenli uçucu yağların *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval, 1867) (Acari: Tetranychidae) üzerine kontakt ve repellent etkileri. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 1 (2): 99-107.

Tripathi, A. K., V. Prajapati, K. K. Aggarwal & S. Kumar, 2001. Insecticidal and ovicidal activity of essential oil of *Anethum sowa* Kurz against *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae), International Journal of Tropical Insect Science, 21 (1): 61-66.

Zettler, J. L., 1982. Insecticide resistance in selected stored product insects infesting peanuts in the South- Eastern United States. Journal Economic Entomology, 75: 359-362.