

Trans-anethole ve karbondioksit karışımının *Rhyzopertha dominica*, *Tribolium castaneum* ve *Sitophilus oryzae*'ye karşı fümigant etkisi

Sait ERTÜRK¹

Abdullah YILMAZ¹

Tuğba AKDENİZ FIRAT¹

Mustafa ALKAN¹

ABSTRACT

Fumigant effect of trans-anethole and carbon dioxide mixture against to *Rhyzopertha dominica*, *Tribolium castaneum* and *Sitophilus oryzae*

In this study, fumigant activity of trans-anethole and carbon dioxide (CO₂) mixtures were tested against stored grain insect, *Rhyzopertha dominica* (Col.: Bostrichidae), *Tribolium castaneum* (Col.: Tenebrionidae), and *Sitophilus oryzae* (Col.: Curculionidae). *Rhyzopertha dominica* and *S. oryzae* were most sensitive insects to fumigant trans-anethole and CO₂. Dose-response bioassay was carried out on the *R. dominica* and *S. oryzae*. As a result, *R. dominica* and *S. oryzae* were most sensitive insects to the mixture of trans-anethole and CO₂. Moreover, mixture of trans-anethole and CO₂ (1.5 ml/l + 60% CO₂) caused rapid mortality (100%) at the end of the 24 h gave 100% mortality for all insects. LC₅₀ values of trans-anethole were calculated 1.414 ml/l and 1.272 ml/l for the *S. oryzae* and *R. dominica*, respectively. These results indicate that the mixtures of trans-anethole and CO₂ have a great potential as a fumigant in the management of *R. dominica*, *S. oryzae*, and *T. castaneum*.

Keywords: Fumigant effect, essential oil, synergism, stored product pests

ÖZ

Bu çalışmada depolanmış hububat zararlısı olan *Rhyzopertha dominica* (Col.: Bostrichidae), *Tribolium castaneum* (Col.: Tenebrionidae) ve *Sitophilus oryzae* (Col.: Curculionidae)'ye karşı farklı oranlarda karışım halinde hazırlanan trans-anethole ve karbondioksit (CO₂) karışımlarının etkisi araştırılmıştır. Doz-etki denemeleri, ümit var sonuçların alındığı *R. dominica* ve *S. oryzae*'ye karşı yürütülmüştür. Denemeler sonucunda

¹ Ziraî Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yenimahalle-ANKARA
Corresponding author (Sorumlu yazar) e-mail: saierturk@gmail.com
Received (Alınış): 09.06.2017 Accepted (Kabul Ediliş): 25.08.2017

trans-anethole ve CO₂ karışımının %60 orantılı nem, 25 °C sıcaklık ve 24 saat süre sonunda *R. dominica*, *T. castaneum* ve *S. oryzae* için mutlak ölümü sağlayan dozun 1.5 ml/l trans-anethole ile %60 CO₂ karışımı olduğu belirlenmiştir. Doz etki denemelerinde trans-anethol'ün LC₅₀ değeri *S. oryzae* için 1.414 ml/l olurken, *R. dominica* için 1.272 ml/l olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonuçları trans-anethole ve CO₂ karışımının *R. dominica*, *S. oryzae* ve *T. castaneum*'un mücadelesinde potansiyel bir fümigant etkisi olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Fümigant etki, uçucu yağ, sinerjizm, depolanmış ürün zararlıları

GİRİŞ

Tahıllar üretim aşamasından sonra tüketilene kadar depolanmak zorundadırlar. Ancak bu süreçte bazı depo zararlıları üründe kalite ve kantite yönünden kayıplara yol açmaktadır. Depolanmış tahıllardaki zararlıların %10'a kadar varan ürün kaybına yol açtığı bilinmektedir (Donahaye and Messer 1992). Depolanan ürünlerin depolama süresi içinde nitelik ve nicelik bakımından değer kaybına uğramadan korunabilmeleri için ürünün depolama koşullarının iyi bilinmesi ve kontrol edilmesi gerekmektedir.

Dünyada ve ülkemizde depolanmış ürün zararlılarının mücadelesinde en etkili ve en çok kullanılan yöntem fümigasyondur. Fümigantlar içerisinde en yaygın olarak kullanılanlar ise metil bromid ve fosfin gazıdır (Bond 1984, Evans 1987, Taylor 1994). Metil bromidin ozon tabakasını inceltici özelliği nedeniyle Montreal Protokolü kapsamında kullanımı bazı ülkelerde yasaklanmış veya kısıtlanmıştır. Fosfin fümigasyonunda ise, dünyada 45'den fazla ülkede depo zararlılarının fosfine karşı dayanıklılık geliştirdikleri tespit edilmiştir (Zettler and Keever 1994, Benhalima et al. 2004, Pimentel et al. 2010). Depolanmış ürün zararlıları ile mücadelede insektisitlerin ve fümigantların kullanımlarının, tarafı olduğumuz bazı uluslararası anlaşmalar ile yasaklanması, direnç, çevreye ve sıcakkanlılara olan toksisitesi gibi sorunlardan dolayı son yıllarda, bitkisel kökenli insektisitlere ve değiştirilmiş atmosfer uygulamalarına yönelik araştırmalar önem kazanmıştır. Değiştirilmiş atmosfer uygulamaları güvenilir, ucuz, ekonomik ve pratik bir yöntem olarak ülkemizde kuru meyvelerde uygulanmaktadır (Emekci et al. 2004). Bu uygulamaların dezavantajı uygulama süresinin uzun oluşudur. Yüksek basınç altında CO₂ gazı uygulamaları ise Türkiye'de kuru meyve sektörü için uygulama süresi kısa olmasına rağmen pahalı bir yöntemdir (Emekci et al. 2004). Depolanmış ürün zararlılarına karşı, uçucu yağların ve onların ana bileşenlerinin geçmişten günümüze biyolojik aktivitesi bilinmekte, sentetik kimyasallara alternatiflerin geliştirilmesi için uçucu yağların ve bileşenlerinin etkinliği araştırılmaktadır. Bunların, kimyasallar gibi çevre kirliliğine yol açmamaları, kalıntı bırakmamaları uçucu yağ ve bileşenlerinin alternatif metot olarak kullanımına ilgiyi artırmaktadır. Uçucu yağ ve bileşenlerinin depolanmış ürün zararlılarının mücadelesinde fümigantlara potansiyel alternatifler olabilecekleri görülmektedir (Shaaya et al. 1991, Shaaya et al. 1993, Erler 2000, Ho 2000, Huang et al. 2000, Wang et al. 2001, Karakoç ve ark. 2006, Gözek 2007, Mondal and Khalequzzaman 2010).

Birçok çalışmada trans-anethole uçucu yağ bileşeninin depolanmış ürün zararlısı türler üzerinde yüksek fümigant etkiye sahip olduğunu ve zararlıların mücadelesinde potansiyel alternatif fümigant maddelerden biri olabileceği bildirilmiştir (Shaaya et al. 1991, Erler 2000, Ho 2000, Mondal and Khalequzzaman 2010). Anethole, anasonun başlıca bileşenlerinden olup uçucu yağ içerisindeki oranı %80-95 arasında değişmektedir. Ancak bazı araştırmalarda, uçucu yağların ve uçucu yağ bileşenlerinin yaymış oldukları keskin kokunun bu bileşenlerin kullanımında önemli bir dezavantaj oluşturabileceğini bildirmişlerdir (Huang et al. 2000). Ortam atmosferine değişik oranlarda CO₂ ilavesi ile böceklerde solunumun artacağı böylece etkinliğin daha yüksek olacağını Kashi and Bond (1975) çalışmalarında ortaya koymuşlardır. CO₂ ile birlikte fümigantların karıştırılarak ortama verilmesinin avantajları fümigant toksisitesini arttırması, ortama verilmesi ile ürüne hızlı ve eşit yayılmayı sağlaması, uygulama yapılan ürünlerde kalıntı miktarını sınırlandırması ve aynı zamanda bazı fümigantların alev alma riskini ortadan kaldırmasıdır. Düşük dozlarda fosfin ve metil bromidin CO₂ ile karıştırılarak kullanılmasının, kendi başlarına kullanılmasıyla aynı etkiye sahip olduğu bazı araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur (Kashi and Bond 1975, Desmarchelier 1984, Rajendran and Muthu 1989, Athie et al. 1998, Mueller 1998, Sabio et al. 2001). Uçucu yağ ve uçucu yağ bileşenlerinin CO₂ ile muamele edilerek uygulanması, uçucu yağların ve CO₂'nin tek başına uygulamalarında ortaya çıkan dezavantajların minimize edilmesi için yürütülmüştür.

Bu çalışmada depo zararlılarına karşı etkinliği bilinen trans-anethole uçucu yağ bileşeni CO₂ ile birlikte bilinen etkili dozlardan daha düşük dozlarda uygulanarak, karışımın fümigant etkisi araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu çalışma Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü, Depolanmış Ürün Zararlıları laboratuvarında yürütülmüştür. Çalışmanın ana materyalini stok kültürler ile farklı mesh ölçülerinde elek takımı, yumuşak pens, fırça, plastik küvetler, 1 l hacimli cam kavanozlar, mikropipet, trans-anethole, karbondioksit gazı, fümigasyon kapları, karbondioksit ölçer (CO₂Meter[®], Inc. FL, USA) ve çeşitli laboratuvar malzemesi oluşturmuştur.

Metot

Böcek kültürlerinin yetiştirilmesi

Denemede kullanılan böcek kültürleri Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü stok kültürlerinden elde edilmiştir. *Tribolium castaneum* ve *Rhyzopertha dominica*'nın yetiştirilmesinde yumuşak ekmeçlik buğday kırması ve kuru mayadan (*Saccaromyces cerevisiae*) oluşan besin karışımı kullanılmıştır. Buğday yem kırma makinesinde (Haseki, YK-99) kaba irilikte olacak şekilde öğütülmüş ve

-18 °C sıcaklıktaki derin dondurucuda 72 saat tutularak olası zararlı bulaşıklılık riski yok edilmiştir. Kuru maya, laboratuvar değirmeninde (IKA-WERKE GmBH.) öğütülmüş ve 100 mesh elekten elenerek, buğday kırmasına %5 oranında ilave edilerek, besi ortamı hazırlanmıştır. *Sitophilus oryzae*'nin yetiştirilmesinde ise sadece sağlam buğday kullanılmıştır. Çalışmalarda 7-28 gün yaşlı erginler kullanılmıştır. İstenilen yaşta erginin elde edilebilmesi için besin kavanozuna alınan yumurtalardan yaklaşık 3 hafta sonra günlük olarak ergin çıkış takibi yapılmıştır. İlk çıkıştan itibaren 7. ve 21. günü arasında çıkış yapan erginler çalışmada kullandığımız bireyleri oluşturmuştur.

Farklı konsantrasyonlarda trans-anethole+CO₂ uygulamaları

Trans-anethole denemelerinde özel olarak yapılmış, böceklerin kaçamayacağı fakat hava giriş ve çıkışına izin veren 20 ml hacimli PVC kaplar ile 3 litre hacimli çelik fümigasyon kabinleri kullanılmıştır. Bu kabinlerde trans-anethole 50 ml'lik beher içerisine belirli miktarlarda doğrudan koyulmuştur. Trans-anethole+CO₂ karışımı çalışmalarında ortamdaki CO₂ miktarını ölçmek için CO₂Meter® marka gaz detektörü kullanılmıştır. Trans-anethole+CO₂ fümigant etki testi denemeleri 25±2 °C sıcaklık, %65±5 nispi nem ve 72 saat uygulama süresinde tesadüf parselleri deneme desenine göre altı tekerrürlü olarak kurulmuş ve her bir tekerrürde karışık cinsiyette 25 adet ergin birey kullanılmıştır. Kontrol grubunda herhangi bir uygulama yapılmamıştır. Denemelerde pozitif kontrol (metil bromid, alüminyum fosfit vb.) uygun uygulama ortamı olmadığı için kurulamamıştır. Uygulama dozları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Denemelerde kullanılan trans-anethole+CO₂ konsantrasyonları

% 10 CO ₂ +trans-anethole (1.5 ml/l)	%50 CO ₂ + trans-anethole (1.5 ml/l)
% 15 CO ₂ + trans-anethole (1.5 ml/l)	%60 CO ₂
%20 CO ₂ + trans-anethole (1.5 ml/l)	%60 CO ₂ + trans-anethole (1.5 ml/l)
%40 CO ₂ + trans-anethole (1.5 ml/l)	%80 CO ₂
%50 CO ₂	%80 CO ₂ + trans-anethole (1.5 ml/l)

Doz etki denemeleri

Yapılan çalışmalarda *R. dominica* ve *S. oryzae*'de 2.5, 3.0, 3.5, 4.0 ve 5.0 ml/l dozlarının tamamında %100 ölüm meydana geldiği için etkili en düşük dozu bulmak amacıyla 1.00, 1.10, 1.30, 1.50, 1.70, 1.90, 2.00 ml/l dozları denemeye alınmıştır. 25±2 °C sıcaklık, %65±5 nispi nem ve 72 saat uygulama süresinde tesadüf parselleri deneme desenine göre altı tekerrürlü olarak kurulmuş ve her bir tekerrürde karışık cinsiyette 25 adet ergin birey kullanılmıştır. Kontrol grubunda herhangi bir uygulama yapılmamıştır.

İstatistiksel analizler

Alınan sonuçlar ilk önce yüzde ölüm değerlerine çevrilmiş daha sonra arcsin transformasyonuna tabi tutulmuştur. Elde edilen veriler ile varyans analizi yapılmış ve buna ek olarak muameleler arasındaki farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma

testiyle analiz edilmiştir. Tüm istatistiksel analizler MINITAB Release 16 (McKenzie and Goldman 2005) paket programı yardımıyla yürütülmüştür. Doz-ölüm deneme sonuçları Polo-PC probit paket programı yardımıyla analiz edilerek, LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri ile güven aralıkları belirlenmiştir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Trans-anethole'ün farklı dozlarının üç önemli depo zararlısına karşı aktivitesinin belirlendiği çalışmada %6 ile %100 arasında ölümler saptanmıştır (Çizelge 2). Denemeye alınan üç zararlı arasında *R. dominica* ve *S. oryzae* en hassas zararlılar olurken *T. castaneum* ise diğer zararlılara nazaran daha az hassasiyete sahip olmuş ve en düşük ölüm oranları bu zararlı için belirlenmiştir. *T. castaneum* için trans-anethole'ün aktivitesine bakıldığında en yüksek aktivitenin 2 ml/l dozunda %47.62 ile saptanmış bunu 3 ml/l dozu takip etmiştir. Bu zararlı için muameleler arasında önemli düzeyde istatistiki farklılıkların olduğu saptanmıştır (F=43.41; sd=5.30; P<0.05). Trans-anethole'ün tüm dozları *R. dominica* ve *S. oryzae*'ye karşı yüksek düzeyde toksisiteye sahip olmuş ve %100 ölüm oranına sahip olmuştur. Bu iki zararlı için muameleler arasında istatistiki bir fark saptanmamıştır (P>0.05).

Yapılan çalışmalarda *S. oryzae* ve *R. dominica*'da bütün dozlarda %100 ölüm görülürken, *T. castaneum*'da bu oran en yüksek uygulama dozu olan 5 ml/l dozunda bile %6.25 olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada her ne kadar doz artışı ile *T. castaneum* ölüm oranında beklenen yüksek etki elde edilmemiştir. Bu durum daha önce yapılan bir çalışmanın sonucu ile paralellik göstermektedir. Mondal ve Khalequzzaman (2010) thymol, trans-anethole, eugenol ve cinnamaldehit'in *T. castaneum*'a olan kontakt ve fumigant etkilerini araştırdıkları çalışmalarında bazı durumlarda doz ile ölümün paralel artmadığını bildirmişlerdir. Bu durum bizim sonuçlarımız ile benzerlik göstermektedir. Ebadollahi (2011) yaptığı çalışmada *Foeniculum vulgare* ve *Satureja hortensis* bitkilerinden elde ettiği uçucu yağı *S. oryzae* ve *S. granarius*'a karşı denemiş ve LC₅₀ değerleri incelendiğinde uçucu yağların 24 ve 48 saatlik uygulanması sonucunda *S. granarius*'un *S. oryzae*'ye göre daha hassas olduğunu bildirmiştir. Ölümelerde meydana gelen bu farklılığın böceklerin popülasyon, fizyolojik ve biyokimyasal farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Trans-Anethole ve karbondioksit karışımının *Rhyzopertha dominica*, *Tribolium castaneum* ve *Sitophilus oryzae*'ye karşı fümigant etkisi

Çizelge 2. Trans-anethole'ün farklı dozlarının 25 °C sıcaklık ve %65 orantılı nemde 72 saat sonunda meydana getirdiği yüzde ölüm oranları *

Uygulama	Yüzde Ölüm (%)±SH**		
	<i>T. castaneum</i>	<i>R. dominica</i>	<i>S. oryzae</i>
2.0 ml/l	47.62±0.16a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
2.5 ml/l	23.53±0.66b	100.00±0.00a	100.00±0.00a
3.0 ml/l	47.37±0.57a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
3.5 ml/l	26.67±0.09b	100.00±0.00a	100.00±0.00a
4.0 ml/l	2.11±0.19c	100.00±0.00a	100.00±0.00a
5.0 ml/l	6.25±0.00c	100.00±0.00a	100.00±0.00a

* Aynı sütunu takip eden farklı harfler arasında istatistiki anlamda fark vardır (Tukey test, P<0,05).

** SH: Standart hata.

Yapılan çalışmalarda *R. dominica* ve *S. oryzae*'de 2.5, 3.0, 3.5, 4.0 ve 5.0 ml/l dozlarının tamamında %100 ölüm meydana geldiği için etkili dozu bulmak amacıyla 1.00, 1.10, 1.30, 1.50, 1.70, 1.90 ve 2.00 ml/l dozları bir seri halinde ayrıca uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara dayanarak hesaplanan *R. dominica* ve *S. oryzae*'ye ait LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Trans-anethole'ün 25 °C sıcaklık ve %65 orantılı nemde 72 saat sonunda *Sitophilus oryzae* ve *Rhyzopertha dominica*'ya toksik etki değerleri

Tür	Eğim±SH*	LC ₅₀ ml/l (Güven Aralığı)	LC ₉₉ ml/l (Güven Aralığı)
<i>S. oryzae</i>	2.081±0.282	1.414 (1.319-1.530)	2.533 (2.257-2.999)
<i>R. dominica</i>	2.283±0.331	1.272 (1.179-1.360)	2.291 (2.059-2.697)

*Standart hata

Her iki böcek türü için elde edilen bu doz değerlerinin düşürülmesi amacıyla karbondioksitin sinerjistik etkisi araştırılmıştır. Yapılan denemelerde %10, %15 ve %20'lik CO₂+trans-anethole (1.5 ml/l) dozunda hiç ölüm meydana gelmemiştir. Mutlak ölümün sağlanması amacıyla %40-50-60-80'lik CO₂ konsantrasyonlarında, 1.5 ml/l trans-anethole dozunda denemeler yürütülmüştür. Çizelge 4 incelendiğinde kayda değer ölümlerin %50 CO₂+trans-anethole (1.5 ml/l) konsantrasyonunda başladığı ve bu dozda *T. castaneum*'da %45 (F=202.28; sd=10.51; P<0.05), *R. dominica*'da %90.38 (F=624.49; sd=10.51; P<0.05) ve *S. oryzae*'de ise %95.18 (F=243.60; sd=10.51; P<0.05) ölüm oranı belirlenmiştir. Mann et al. (1999) yaptığı çalışmada, CO₂ konsantrasyonunun %60 olması durumunda 96 saatte *Cryptolestes ferrugineus*'da mutlak ölüm elde edildiğini bildirmişlerdir. Karbondioksitin yüksek konsantrasyonlarının birçok böceğe karşı toksik olduğu bilinmektedir. Annis (1987) yaptığı çalışmada 25 °C sıcaklıkta ve 10 günden fazla uygulama süresinde %40'tan fazla CO₂ konsantrasyonunda *S. oryzae*'de yüksek ölüm sağladığını ancak diyapozdaki *Trogoderma* türlerini öldürmediğini bildirmiştir. Bu çalışma ile %60 CO₂+trans-anethole (1.5 ml/l) sinerjistik etki kazandı ve *S. oryzae*, *R. dominica* ve

T. castaneum için 72 h, 25 °C ve %60 orantılı nem koşullarında %100 ölüm sağladığı belirlenmiştir.

Çizelge 4. Trans-anethole+CO₂ karışımının farklı konsantrasyonlarının 25 °C ve %60 nem koşullarında *Tribolium castaneum*, *Rhyzopertha dominica* ve *Sitophilus oryzae* üzerine yüzde etkileri*

Uygulama	Yüzde Ölüm (%)±SH**		
	<i>T. castaneum</i>	<i>R. dominica</i>	<i>S. oryzae</i>
Kontrol (Uygulama yok)	0.00±0.00 d*	0.00±0.00 e	0.00±0.00 f
%10 CO ₂ +trans-anethole (1.5 ml/l)	0.00±0.00 d	0.00±0.00 e	0.00±0.00 f
%15 CO ₂ + trans-anethole (1.5 ml/l)	0.00±0.00 d	0.00±0.00 e	14.19±0.83 e
%20 CO ₂ + trans-anethole (1.5 ml/l)	0.00±0.00 d	0.00±0.00 e	14.76±1.17 e
%40 CO ₂ + trans-anethole (1.5 ml/l)	3.68±1.37 d	21.89±0.12 d	41.50±0.42 d
%50 CO ₂	23.21±0.83 c	63.03±1.59 c	80.69±1.54 c
%50 CO ₂ + trans-anethole (1.5 ml/l)	45.80±1.07 c	90.38±1.16 b	95.18±1.95 b
%60 CO ₂	79.14±4.33 b	100.00±0.00 a	100.00±0.00 a
%60 CO ₂ + trans-anethole (1.5 ml/l)	100.00±0.00 a	100.00±0.00 a	100.00±0.00 a
%80 CO ₂	100.00±0.00 a	100.00±0.00 a	100.00±0.00 a
%80 CO ₂ + trans-anethole (1.5 ml/l)	100.00±0.00 a	100.00±0.00 a	100.00±0.00 a

* Aynı sütunu takip eden farklı harfler arasında istatistiki anlamda fark vardır (Tukey test, P<0.05).

** SH: Standart hata.

Bitkisel kökenli pestisitlerin biyolojik olarak ayrışabilmeleri, geniş etki spektrumuna (kontakt, fümigant ya da mide zehri olarak) sahip olmaları, tüketiciler tarafından tercih edilmeleri, gibi bazı avantajları bulunmaktadır. Eterik yağ bileşenlerin uçucu özellikte olması nedeniyle depolanmış ürün zararlıları ile mücadelede kullanılma potansiyeli bulunmaktadır. Ancak uçucu yağların formülasyon içerisinde hızlı bozunumları, aktif bileşikte zamanla meydana gelebilecek kimyasal değişimler ve üründe istenmeyen kokuların oluşması gibi dezavantajlarının olduğu bildirilmektedir (Adler et al. 2000). Ayrıca bitkisel kökenli pestisitlerin de çevre ve insan sağlığı açısından toksisitelerinin araştırılması ve güvenilirliğinin ortaya konulduktan sonra kullanılması zorunludur. Uçucu yağlarda yüksek dozlarda trans-anethole uygulanmasını ortaya çıkarabileceği olumsuz özelliklerini engellemek için, CO₂ gazı ile karışım halinde kullanılması ile bu etkilerin azaltılabileceği ve ayrıca entegre mücadele sistemleri şeklinde uygulanabileceği değerlendirilmiştir.

Aromatik bitkilerden elde edilen uçucu yağ verimi %1-3 arasında değişmektedir (Çakır 1992). Ticari ölçekte uçucu yağ üretmek için oldukça fazla miktarda bitki materyalinin işlenmesi gerekmektedir. Ayrıca bu bileşenlerde böcek ölümüne neden olan molekül veya moleküller belirlenerek, sentetik olarak üretilebilme olanakları araştırılmalıdır. Bu çalışmaya ek olarak tek başına uçucu yağ veya CO₂ uygulamalarından kaynaklanabilecek kalite kayıplarına yönelik araştırmaların yapılması gerekmektedir.

Bu çalışma ile bazı depolanmış ürün zararlılarına karşı trans-anethole'ün fümigant etkisi ortaya konmuştur. Trans-anethole'ün kapalı alanda CO₂ ile birlikte

uygulanması durumunda CO₂'in sinerjistik etkisinden faydalanılarak dozun düşürülebileceği, sinerjistik etkinin ise ortamda %60 CO₂ olduğu zaman sağlanabileceği tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından (TAGEM-BS-11/07-01/01- 07) desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Adler C., Ojmelukwe P. and Leon A. T. 2000. Utilisation of phytochemicals against stored product insects integrated protection of stored products. IOBC Bulletin, 23 (10), 169-175.
- Annis P. C. 1987. Towards rational controlled atmosphere dosage schedules: a review of current knowledge. In Proceedings of the 4th International Working Conference on Stored-Products Protection, eds. E. Donahaye and S. Navarro, pp. 128-148. Tel Aviv, Israel.
- Athie I., Gomes R.A.R., Bolonhezi S., Valentini S.R.T. and De Castro M.F.P.M. 1998. Effects of carbon dioxide and phosphine mixtures on resistant populations of stored grain insects. Journal of Stored Product Research, 1, 27-32.
- Benhalima H., Chaudhry M.Q., Mills K.A. and Price N.R. 2004. Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. Journal of Stored Product Research, 40 (3), 241-249.
- Bond E.J. 1984. Manual of fumigation for insect control. FAO Plant Production and Protection Paper 54.
- Çakır C. 1992. Investigations on the fungitoxic potentials of some plants occurring in Antalya. M.S. Thesis, Akdeniz University, Antalya.
- Desmarchelier J.M. 1984. Effect of carbon dioxide on the efficacy of phosphine against different stored product insects. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land-und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem. 57 p.
- Donahaye E.J. and Messer E. 1992. Reduction in grain storage losses of small-scale farmers in tropical countries. Research Report RR-91-7, The Allan Shawn Feinstein World Hunger Program, Brown University, USA, 19 p.
- Ebadollahi A. 2011. Susceptibility of two *Sitophilus* species (Coleoptera: Curculionidae) to essential oils from *Foeniculum vulgare* and *Satureja hortensis*. Ecologia Balkanica, 3(2), 1-8.
- Emekci M., Ferizli A.G., Tütüncü S. and Navarro S. 2004. The efficacy of modified atmosphere applications against dried fruit pests in Turkey. IOBC WPRS (OILB SROP) Integrated Protection of Stored Products, 27(9), 227-231.

- Erler F. 2000. Bitki kökenli bileşiklerin böcek ve akarlarla mücadelede kullanıma potansiyeli üzerinde araştırmalar. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Ens., 120s.
- Evans D.E. 1987. Stored products in integrated pest management: Burn A.J., Coaker T.H., Jepson P.C. (Editors), The Michigan University, Academic press, s. 421-426.
- Gözek N. 2007. Bitkisel kökenli sarımsak ve soğan uçucu yağlarının ve bazı aktif bileşenlerinin kırma un biti (*Tribolium confusum* du Val.)'nin gelişme dönemlerine karşı fumigant etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Ens., 46 s.
- Ho S.H. 2000. Response of *Tribolium castaneum* and *Sitophilus zeamais* to potential fumigants derived from essential oils of spices. Proceedings of the International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, Fresno, CA. 29 Oct. - 3 Nov. 2000, Executive Printing Services, Clovis, CA, U.S.A. pp. 119-124.
- Huang Y., Xing C.S. and Hung H.S. 2000. Bioactivities of methyl allyl disulfide and diallyl trisulfide from essential oil of garlic to two species of stored-product pests, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Economic Entomology, 93, 537-543.
- Karakoç Ö.C., Gökçe A. and Telci İ. 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.
- Kashi K.P. and Bond E.J. 1975. The toxic action of phosphine: Role of carbon dioxide on the toxicity of phosphine to *Sitophilus granarius* (L.) and *Tribolium confusum* DuVal. Journal of Stored Products Research, 11 (1), 9-15.
- Mann D.D., Jayas D.S., White N.D.G. and Muir W.E. 1999. Mortality of adult *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) exposed to changing CO₂ concentrations. Journal of Stored Products Research, 35 (4), 385-395.
- McKenzie J.D. and Goldman R., 2005. The student guide to MINITAB release 14. Pearson Education.
- Mondal M. and Khalequzzaman M. 2010. Toxicity of naturally occurring compounds of plant essential oil against *Tribolium castaneum* (Herbst). J. Biol. Sciences, 10, 10-17.
- Mueller D.K. 1998. A new method of using low levels of phosphine in combination with heat and carbon dioxide. In: Stored Grain in Australia. Proceedings of the Australian Postharvest Technical Conference, Canberra 26-29 May 1998. 123-125.
- Pimentel M.A.G., Faroni L.R.D.'A., Silva F.H.D., Batista M.D. and Guedes R.N.C. 2010. Spread of phosphine resistance among Brazilian populations of three species of stored product insects. Neotropical Entomology, 39 (1), 101-107.
- Rajendran S. and Muthu M. 1989. The toxic action of phosphine in combination with some alkyl halide fumigants and carbon dioxide against the eggs of *Tribolium castaneum*

- Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Stored Product Research, 25, 225-230.
- Sabio G., Navarro S., Donahaye J.E., Rindner M., Azrieli A. and Dias R. 2001. Control of *Ephesia cautella* with low levels of methyl bromide and carbon dioxide gas mixtures. Proceedings International Conference Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, Fresno, CA. 29 Oct. - 3 Nov. 2000, Executive Printing Services, Clovis, CA, U.S.A. pp. 113-117.
- Shaaya E., Ravid U., Paster N., Juven B., Zisman U. and Pissarev V. 1991. Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects. Journal of Chemical Ecology, 17 (3), 499-504.
- Shaaya, E., Ravid, U., Paster, N., Kostjukovsky, M., Menasherov, M. and Plotkin, S., 1993. Essential oils and their components as active fumigants against several species of stored product insects and fungi. ISHS Acta Horticulturae 344, International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants, 131-137
- Taylor R.W.D. 1994. Methyl bromide- Is there any future for this noteworthy fumigant? Journal of Stored Products Research, 30, 253-260.
- Wang J., Tsai J.H., Ding W., Zhao Z. and Li J. 2001. Toxic effects of six plant oils alone and in combination with controlled atmosphere on *Liposcelis bostrychophila* (Psocoptera: Liposcelididae). Journal of Economic Entomology, 94 (5), 1296-1301.
- Zettler L.J. and Keever D.W. 1994. Phosphine resistance in cigarette beetle (Coleoptera: Anobiidae) associated with tobacco storage in the Southeastern United States. Journal of Economic Entomology, 87 (3), 546-550.