ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

İNCİR KURDU, *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae)'YA SÜLFÜRİL FLORİT (SO_2F_2)'İN BAZI ETKİLERİ ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR

Kadir AKAN

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

ANKARA
2011

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

İNCİR KURDU, *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae)'YA SÜLFÜRİL FLORİT (SO_2F_2)'İN BAZI ETKİLERİ ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR

Kadir AKAN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bitki Koruma Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ahmet Güray FERİZLİ

İncir kurdu, *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) kurutulmuş meyvelerin önemli zararlılarından birisidir. Sülfüril florit (SO_2F_2) depolanmış ürün zararlı ile savaşımda, kullanımdan kaldırılmış olan metil bromit'e alternatif bir fümigant olarak *E. cautella*'nın yumurta, larva, pupa ve ergin evresine etkinliği bu çalışmanın konusunu oluşturmuştur. Çalışma 15, 20 ve 25°C ortam sıcaklığında, %75 orantılı nem koşullarında ve 24 saatlik uygulama süresinde değişik dozlarda yürütülmüştür. Sülfüril florit gazının etkinliği zararlının 0-24, 24-48 ve 48-72 saatlik yumurta, 24-26 günlük olgun larva, 0-24, 24-48, 48-72, 72-96, 96-120, 120-144 ve 144-172 saatlik pupa ve 0-24 saatlik ergin evresinde belirlenmiştir. Fümigasyondan sonra, zararlının yumurta, larva, pupa ve ergin evrelerindeki ölümcül etkinliği belirlenmiştir. Çalışma 3 tekerrürlü olarak yürütülmüş olup, herbir dozda belirlenen ölüm oranları ile faktöriyel deneme deseninde istatistiki analiz yapılmıştır. Ayrıca, belirlenen ölümler ile probit analizi yapılmış ve LD_{50} (popülasyonun %50'sini öldüren doz) ve LD_{99} değerleri hesaplanmıştır.

Çalışmada, yumurta evresi en dayanıklı evre olarak belirlenmiş olup 0-24, 24-48 ve 48–72 saatlik yumurtalar için %100 ölüm oranı 15°C sıcaklıkta sırasıyla 90, 190 ve 190 g/m^3 dozda, 20°C sıcaklıkta, sırasıyla 60, 140 ve 140 g/m^3 dozda ve 25°C sıcaklıkta ise sırayla 60 g/m^3, 90 g/m^3 ve 90 g/m^3 dozda belirlenmiştir. Yumurta evresinde belirlenen ölüm oranları ile yapılan probit analizi sonucu, 0-24, 24-48 ve 48–72 saatlik yumurtada LD_{50} değeri 15°C sıcaklıkta, sırasıyla 20.24, 45.53 ve 53.58 g/m^3, 20°C sıcaklıkta sırasıyla, 18.01, 35.97 ve 31.62 g/m^3 ve 25°C sıcaklıkta ise sırasıyla 15.79, 29.98 ve 25.73 g/m^3 olarak hesaplanmıştır. Zararlının larva, pupa ve ergin evreleri sülfüril florit gazına her üç sıcaklık uygulamasında da hassas olup 10 g/m^3 dozunda ölüm %100 olarak belirlenmiştir.

Ağustos 2011, 62 sayfa

Anahtar Kelimeler: İncir Kurdu, *Ephestia cautella*, Sülfüril florit, LD_{50}, LD_{99}

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

EFFECTİVENESS OF SULFURYL FLUORIDE (SO_2F_2) ON THE ALMOND MOTH, *Ephestia cautella* (Walker) (LEPİDOPTERA: PYRALİDAE)

Kadir AKAN

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Plant Protection

Supervisor: Asc. Prof. Dr. Ahmet Güray FERİZLİ

Almond moth, *Ephestia cautella* (Lepidoptera: Pyralidae) is one of the important harmful insects of dried fruits. The aim of this study is to determine of effectiveness of sulfuryl fluoride (SO_2F_2), which has developed as alternative fumigant to the methyl bromide that was phased out in the stored product pest control on the eggs, larvae, pupae and the adult stages of *Ephestia cautella.* This study was carried out at 75% humidity and temperatures of 15, 20 and 25°C for 24 hours with the different doses of sulfuryl fluoride. The effectiveness of sulfuryl flouride was determined on the stages of 0-24-, 24-48- and 48-72-hour-eggs, 24-26-day-adult larvae, 0-24, 24-48, 48-72, 72-96, 96-120, 120-144 and 144-172-hour-pupae, and 0-24-hour-adults. After fumigation, mortality effect of sulfuryl fluoride on the eggs, larvae, pupae and adult stages of *E. cautella* were determined. This work was carried out with 3 replications and statistical analysis was done according to factorial design with death rates determined at each doses. Probit analysis were done using death and alive individuals at each doses and then, LD_{50} (the dose kills 50% of the population) and LD_{99} values were calculated

In this work, the most tolerant stage was found to be the egg stage, and complete mortality of 0-24, 24-48 and 48-72-hour-eggs at 15^{o}C was obtained in 90, 190 and 190 g/m^3 doses, at 20^{o}C was obtained in 60, 140 and 140 g/m^3; and at 25^{o}C was obtained at 60, 90 and 90 g/ m^3, respectively. According to the probit analysis using death and alive individuals in egg stage, LD_{50} values of 0-24, 24-48 and 48-72-hour-egg were calculated as 20.24, 45.53 and 53.58 g/m^3 at 15°C, 18.01, 35.97 and 31.62 g/m^3 at 20^{o}C, and 15.79, 29.98 and 25.73 g/m^3 at 25^{o}C, respectively. The stages of larval, pupa and adult were most susceptible stages to the sulfuryl fluoride at each temperature, and 100% mortality were determined at 10 g/m^3 of sulfuryl fluoride.

August 2011, 62 pages

Key Words: Almond moth, *Ephestia cautella*, Sulfuryl fluoride, LD_{50}, LD_{99}

TEŞEKKÜR

İncir Kurdu, *Ephestia cautella* (Walker)'nın tüm biyolojik evreleri üzerine SO_2F_2 gazının 24 saat süreyle etkinliği, bu araştırmanın konusunu oluşturmuştur. Bu konuyu bana Doktora tez çalışması olarak vererek ilk günden çalışmanın yürütülmesinde yakın ilgi gösterip, önerileri ile beni yönlendiren ve destekleyen, bu alanda yetişmem ve gelişmemde katkısı bulunan başta danışman hocam Doç. Dr. Ahmet Güray FERİZLİ'ye (Ankara Üniversitesi Bitki Koruma Anabilim Dalı) teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarımda desteğini gördüğüm Tez İzleme Komitesi üyeleri Prof. Dr. Mevlüt EMEKÇİ (Ankara Üniversitesi Bitki Koruma Anabilim Dalı) ve Prof.Dr. Sait ADAK'a (Ankara Üniversitesi Tarla Bitkileri Anabilim Dalı) Depolanmış Ürün Zararlıları Laboratuvarındaki çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim. Çalışmanın ana materyali olan sülfüril florit gazının temininde yardımcı olan Dow AgroSciences LLC firmasından Stanislas Buckley, Gürler TAN ve Ahmet GÜNDÜZ'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Çalışmalarıma her türlü desteği sağlayan Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü başta idareci ve Hastalıklara Dayanıklılık Islahı Bölümü çalışanları Lütfi ÇETİN, Dr. Fazıl DÜŞÜNCELİ, Dr. Zafer MERT, Gürbüz YILMAZ, Uğur BİLGEBEY, Aysun ÖZTUNCA İPEK ile Sinan AYDOĞAN, Ahmet GÜMÜŞÇÜ'ye, sabır ve yardımlarından dolayı Eşim Hatice AKAN, oğlum Yusuf Murat AKAN ve İsa GELİÇ'e teşekkürü bir borç bilirim.

Kadir AKAN
Ankara, Ağustos 2011

İÇİNDEKİLER

ÖZET……..... i

ABSTRACT……..... ii

TEŞEKKÜR ……..…… iii

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ ……...……... vi

ŞEKİLLER DİZİNİ……..... vii

ÇİZELGELER DİZİNİ…….. ix

1. GİRİŞ……..…….……..... 1

2. KAYNAK ÖZETLERİ……..…….…… 4

3. MATERYAL VE YÖNTEM…….. 15

3.1 Materyal ……..…….……...…..…… 15

3.1.1 Çalışmada kullanılan tür ……..……...…… 15

3.1.2 Sülfüril florit gazı ……..……..…….. 16

3.2 Yöntem ……..…….…….…… 17

3.2.1 *Ephestia cautella*'nın yetiştirilmesi ……..…. 17

3.2.2 Biyolojik evreler ……..…….…..… 17

3.2.2.1 Yumurta ……..……...……..… 17

3.2.2.2 Larva ……..…….…...…… 18

3.2.2.3 Pupa ……..…….…...…….. 19

3.2.2.4 Ergin ……..…….....…… 20

3.2.3.1 Gaz transferi ……..……...……..... 21

3.2.3.2 Deneme düzeneği ……...…..……...……... 22

3.2.4 Biyolojik evre denemeleri ……..……...…… 24

3.2.4.1 Yumurta ……..…….…....…… 24

3.2.4.2 Larva ……..…….……...…… 26

3.2.4.3 Pupa ……..……...……...…..... 27

3.2.4.4 Ergin ……..…….…… 28

3.2.5 İstatistiksel analiz ……..……...……..… 29

4. BULGULAR ….....…… 30

4.1 Yumurta Evresi'ne Etki ……...……...…… 30

4.2 Larva Evresi'ne Etki ……...…….…… 39

4.3 Pupa Evresi'ne Etki ……...……...……... 40
4.4 Ergin Evresi'ne Etki ……...……...……...…… 42
5. TARTIŞMA ve SONUÇ…….…… 44
KAYNAKLAR…… 57
ÖZGEÇMİŞ……..... 62

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

MeBr (CH_3Br)	Metil Bromit
PH_3	Fosfin
SO_2F_2	Sülfüril florit
Mg	Magnezyum
F^-	Florit
SO_4^{-2}	Sülfat
CO_2	Karbondioksit
LD_{50}	Popülasyonun %50'sinin ölümü için gereken konsantrasyon
LD_{95}	Popülasyonun %95'inin ölümü için gereken konsantrasyon
LD_{99}	Popülasyonun %99'unun ölümü için gereken konsantrasyon
LT_{95}	Popülasyonun %95'inin ölümü için gereken süre
LAD	Popülasyonun ölümü için gereken Letal Akut Doz
LAD_{50}	Popülasyonun %50'sinin ölümü için gereken Letal Akut Doz
LAD_{99}	Popülasyonun %99'ünün ölümü için gereken Letal Akut Doz
ºC	Santigrad derece
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
m.	Metre
cm.	Santimetre
mm.	Milimetre
l.	Litre
FTIR	Fourier Transform İnfrared Specktrometre

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1	*Ephestia cautella*'nın yetiştirilmesinde ve aspirasyonda kullanılan cam kavanozlar ……	18
Şekil 3.2	*E. cautella* yumurtlatma kafesi ve petri kabına aktarılmış yumurtaları ……...…	18
Şekil 3.3	*E. cautella*'nın olgun larvası (24-26 günlük) ……...	20
Şekil 3.4	Plastik boru içerisindeki *E. cautella* pupası ……...…	20
Şekil 3.5	*E. cautella* ergini …….……...……	21
Şekil 3.6	Fümigasyon kabini …….…….……	24
Şekil 3.7	Yumurta denemelerinde kullanılan pleksiglas yumurta hücresi ….	26
Şekil 3.8	Denemelerde kullanılan inkübatör ve fümigasyon kabinleri …...…	27
Şekil 4.1	*E. cautella*'nın 0-24 saatlik yumurta evresinde 15°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının değişik dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%) …….……..…..	32
Şekil 4.2	*E. cautella*'nın 24-48 saatlik yumurta evresinde 15°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının değişik dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%) …….……...	32
Şekil 4.3	*E. cautella*'nın 48-72 saatlik yumurta evresinde 15°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının değişik dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%) …….…….…...	33
Şekil 4.4	*E. cautella*'nın 0-24 saatlik yumurta evresinde 20°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının değişik dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%) …….…….……	34
Şekil 4.5	*E. cautella*'nın 24-48 saatlik yumurta evresinde 20°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının değişik dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%) …..……	34
Şekil 4.6	*E. cautella*'nın 48-72 saatlik yumurta evresinde 20°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının değişik dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%) …….……...	35

Şekil 4.7 *E. cautella*'nın 0-24 saatlik yumurta evresinde 25°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının değişik dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%) ..…… …… 36

Şekil 4.8 *E. cautella*'nın 24-48 saatlik yumurta evresinde 25°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının değişik dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%) ..…… ……..... 36

Şekil 4.9 *E. cautella*'nın 48-72 saatlik yumurta evresinde 25°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının değişik dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%).…….…….……..... 37

Şekil 4.10 *E. cautella*'nın larva evresinde 15, 20 ve 25°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının farklı dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%) ….....…….....…….……..... 40

Şekil 4.11 *E. cautella*'nın pupa evresinde 15, 20 ve 25°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının farklı dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%)….....…….....…….……..... 41

Şekil 4.12 *E. cautella*'nın ergin evresinde 15, 20 ve 25°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının farklı dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%) ….....…….....……..... 43

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1	*E. cautella*'nın farklı evrelerine ilişkin mutlak ölümün gerçekleştiği dozlar……	30
Çizelge 4.2	*E. cautella* yumurta evresi ile ilgili varyans analiz tablosu ……..	31
Çizelge 4.3	*E. cautella*'nın 0-24, 24-48 ve 48-72 saatlik yumurtalarında 15, 20 ve 25ºC sıcaklık da belirlenen ölümlerden hesaplanan LD_{50} ve LD_{99} değerleri (g/m^3) ……..……..……	38
Çizelge 4.4	*E. cautella* larva evresi ile ilgili varyans analiz tablosu ……...	39
Çizelge 4.5	*E. cautella* pupa evresi ile ilgili varyans analiz tablosu ……	41
Çizelge 4.6	*E. cautella* ergin evresi ile ilgili varyans analiz tablosu ……	42

1. GİRİŞ

Tarımsal ürünlerin üretimin başladığı andan tüketildiği ana kadar sağlıklı olarak üretilmesi, hastalık ve zararlıların etkilerinden korunması zorunluluktur. Üretim aşamasında olduğu gibi hasat sonrasında da son tüketiciye ulaşıncaya kadar tarımsal ürünlerin kalite özelliklerini yitirmeden ve miktarı azalmadan uygun koşullarda depolanması bir zorunluluktur. Tarımsal üretimde dünyada önemli bir yere sahip olan ülkemiz için bu konu daha da büyük önem arz etmektedir. Depolanmış ürünlerde hayvansal kökenli organizmaların oluşturduğu kayıplar yıllık ortalama % 10 olarak kabul edilmektedir (Donahaye ve Messer 1992). Bu kayıpların önlenmesi için depolanmış ürün zararlıları ile mücadelede farklı yöntemler uygulanmakta olup en yaygın olarak başvurulan yöntem genellikle fümigasyon olmaktadır. Fümigasyon uygulamaları diğer birçok kimyasal uygulamaya göre etkisinin hızlı olması, düşük maliyetle uygulanabilmesi ve etkili çözümler sunması nedeniyle tercih edilmektedir. Fümigasyonda yaygın olarak metil bromit (MeBr (CH_3Br)) ve fosfin (PH_3) gazı kullanılmaktadır. Montreal protokolü hükümleri çerçevesinde, ülkemizde metil bromit'in kullanımı 2004 yılında sonlandırılmış olup sadece karantina ve yükleme öncesi uygulamaları için kullanımına izin verilmiştir (Anonymous, 1995). Yaygın olarak kullanılan diğer bir fümigant olan fosfin ise, uygulama süresinin uzun olması, zararlılarda hızlı direnç gelişimine neden olması gibi bazı kullanımını sınırlayan özellikler taşımaktadır. Bu iki fümigant için belirtilen nedenler, yaygın kullanımı olan fosfinin daha etkili ve risksiz kullanımı konusundaki araştırmaların ve hemde yeni fümigantlar konusunda çalışmaların yoğunlaştırılmasına neden olmuştur. Alternatif olarak düşünülen fümigantlarda öncelikle ürün üzerinde önemli düzeyde kalıntı bırakmaması, zararlılarda direnç gelişimine neden olmaması ve çevreye izin verilen değerlerde ya da kabul edilebilir düzeyde zarara sebep olması beklenilmektedir. Bu şartları sağlayan fümigantın kolay uygulanabilmesi, kolay olarak temin edilebilmesi ve toplam maliyetinin metil bromit ve fosfinle karşılaştırıldığında eş değer ya da daha ucuz olması arzulanmaktadır. Uzun yıllardır yürütülen çalışmalar sonucunda sülfüril florit, etil format, propilen oksit, metil iyodit gibi bazı fümigantlar için değişik sektörlerde ve ürünlerde kullanmak üzere ruhsat alınmıştır. Termit ve ahşap zararlılarına karşı Amerika Birleşik Devletleri'nde 1960'larda (Meikle vd. , 1963) ruhsat verilmiş olan

sülfüril florit (SO_2F_2), en yüksek kalıntı limiti değerlerinin belirlenmesinden sonra birçok ülkede olduğu gibi 2009 yılında ülkemizde de depolanmış ürünlerde kullanımı amacıyla ruhsat almıştır. Metil bromit'in depolanmış ürünlerde kullanımının sonlandırılması, fosfin uygulamasının uzun süre alması ve zararlılarda bu gaza karşı çabuk direnç gelişimi (Arthur 1996), alternatif fümigantlardan sülfüril florit'in özellikle kısa sürede etkili olan metil bromit gazının yerine uygulamada yer alabileceğini düşündürmektedir.

Sülfüril florit; kokusuz, renksiz, yanma ve patlama özelliği olmayan bir gaz olup, ortama hızla penetre olabilmesi, ürünler tarafından düşük düzeyde emilimi ve uygulama sonrası ürünler üzerinde ihmal edilebilir düzeyde kalıntı bırakması gibi olumlu özellikleri nedeniyle tercih edilmektedir. Solunumla alınan gazın organizmaya girmesiyle aktif florür anyonlarına parçalandığı bildirilmektedir. Florür anyonları, hücre için gerekli olan enerjinin üretilmesine ve önemli metabolik olayların oluşmasına engel olmakta ve ölümler genelde enerji yetersizliğinden gerçekleşmektedir. Ruhsatlandırma çalışmaları birçok ülkede devam etmekte olan bu gazın önemli depolanmış ürün zararlılarının larva, pupa ve ergin evreleri yumurta evresi ile kıyaslandığında daha etkili olduğu belirlenmiştir. Fümigasyon için 20^oC - 30^oC arası sıcaklıklar tavsiye edilmekle birlikte; 13^oC'nin altındaki sıcaklıklarda kullanımı önerilmemektedir. Genel olarak artan ortam sıcaklığı ile mutlak ölüm için gerekli dozun azaldığı bildirilmektedir (Schneider vd. 2010).

Ülkemiz başta kurutulmuş meyveler özellikle de incir, kayısı ve üzüm olmak üzere fındıkta dünya ihracatında önemli bir yere sahiptir. Bu ürünlerden özellikle kurutmalık Sarılop incir çeşidi dünya çapında aranan ürünlerden olup sadece ülkemizde yetişen ve hemen hemen tamamı ihraç edilen bir üründür. Bu nedenle ülkemiz kuru incir piyasası fiyatları dünya kurutulmuş incir piyasası fiyatları üzerine etkilidir. Benzer durum kurutulmuş kayısı, üzüm ve fındık içinde geçerlidir. *Ephestia cautella* sayılan ürünlerin başlıca zararlıları arasında yer almaktadır.

Literatürde incir kurdu, *Ephestia cautella* (Walker) üzerinde sülfüril florit gazının etkinliği konusunda yürütülmüş herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. *E. cautella*

başta kurutulmuş meyveler olmak üzere depolanmış ürünlerde çok sık karşılaşılabilen ve önemli ekonomik zararlara neden olabilen zararlıların başında gelmektedir.

Bu doktora çalışmasının amacı, sülfüril florit gazının farklı konsantrasyonlarının ülkemiz için kurutulmuş meyvelerde önemli bir zararlı olan *Ephestia cautella*'nın yumurta, larva, pupa ve ergin evreleri üzerine 15, 20 ve 25^{o}C sıcaklık ve % 75 orantılı nem koşullarında 24 saatlik uygulama süresi sonunda neden olduğu ölümcül etkisinin belirlenmesidir. Sülfüril florit gazının uygulama süresinin 24 saat olması sektörde metil bromit gibi kısa sürede etkili olan bir gaza olan ihtiyacı karşılama açısından önemli potansiyel konuma getirmektedir.

Bu çalışma ile ülkemiz için önemli depo zararlılarından olan *E. cautella*'ya etkinlik belirlenmiş olmakla birlikte literatürdeki boşlukta doldurulmuş olacaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Sülfüril florit'in (SO_2F_2) *E. cautella* üzerine etkinliği konusunda literatürde herhangi bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle yapılan kaynak araştırması diğer depo zararlılarını da içerecek şekilde genişletilerek, ilgili kaynaklar aşağıda verilmiştir.

Sülfüril florit; 1960'lı yılların başından itibaren gıda sanayi dışında özellikle termit ve ahşap zararlıları ile mücadelede yaygın olarak kullanılmaktadır. Sülfüril florit kaynama noktası düşük, buhar basıncı yüksek, yanıcı ve patlayıcı olmayan bir fümiganttır. Kullanıldığı ortamda hızlı yayılmakta ve ortamda bulunan materyaller tarafında emilimi düşük seviyelerde olmaktadır (Sriranjini ve Rajendran 2008). Ayrıca ortamdaki materyallerle sınırlı seviyede reaksiyon görülmektedir. Uygulama sonunda hızlı havalanmayla ortamdan kolayca uzaklaştırılabilmektedir (Kenaga 1957, Stewart 1957, Scheffrahn ve Thomas 1993). Metil Bromitle ($MeBr=CH_3Br$) karşılaştırıldığında sıcaklık değişimine daha hassas olup, 13°C altında fümigasyon tavsiye edilmemektedir (Stewart 1957). Düşük konsantrasyonda renksiz, kokusuz olup mukus dokularında ve deride tahrişe sebep olmamaktadır. Fare ve sıçanlar üzerine yapılan denemelerde kansere yol açmadığı gibi üreme ya da gelişmeye yönelik potansiyel bir etkisi ispatlanamamıştır. Uygulama sonrasında ürün üzerinde düşük düzeylerde florür kalıntısına rastlanabilmektedir. Yapılan çalışmalarda kurutulmuş meyve ve fındıklarda fümigasyon sonrası, tat ve kalitede olumsuz herhangi bir etki belirlenmemiştir.

Sülfüril florit genel amaçlı bir fümigant olup, zararlılar tarafından larva, pupa, ergin dönemlerinde solunumla, yumurta döneminde ise yumurta kabuğundan difüze olarak alınmakta ve öncelikle öldürücü olan aktif florür anyonlarına parçalandığı bildirilmektedir. Florür anyonları, hücre için gerekli enerjinin elde edilmesini engelleyip, glikoliz çemberi gibi önemli metabolik faaliyetleri durdurmaktadır (Meikle vd. 1963). Hücrenin enerji dengesini sürdürmek için gerekli olan temel maddelerin eldesinde glikoliz ve yağ asidi gibi döngülerin engellenmesi durumunda zararlı, yaşayabilmek için gerekli olan enerjiyi protein ve amino asitlerden sağlamaya çalışmaktadır. Fakat bu alternatif enerji üretim yolu hayatta kalmak için gerekli metabolik oranın sağlanması konusunda yetersiz kalmaktadır. Sülfüril florit zararlıların

tüm hayat evrelerinde etkili olmakla birlikte genellikle larva, pupa ve ergin evreleri yumurta evresinden daha hassas olduğu bildirilmektedir (Thoms ve Scheffrahn 1994). Bu nedenle, yumurta evresinde etki için, diğer evrelere göre daha yüksek doza ihtiyaç duyulmaktadır. Sıcaklık ve doz arasında da ters bir ilişki bulunmakta, sıcaklık artışı metabolizmayı hızlandırdığı için daha düşük dozlardada zararlılara etkili olabilmektedir (Bell ve Savvidou, 1999, Bell vd. 1999, Reichmuth vd. 1999).

Sülfüril floritin, bir diğer avantajı da ozon tabakasına diğer fümigantlar gibi zarar vermemesidir. Uygulama sonrası hidrolize olarak, florit ve sulfata ayrışıp tamamen oksitlendiği için, ozon tabakası üzerine olumsuz etkide bulunmadığı bildirilmektedir (Bailey 1992). Standart atmosferik modellemelere göre küresel ısınmaya önemsiz bir etkisi olup Sülfüril florit/karbon (<0,0001) oranı düşüktür. Bu özellikleri sayesinde sülfüril florit içeren ticari bir fümigant, 2002 yılında Çevreyi Koruma Ajansı (EPA) tarafından Stratosferik Ozonu Koruma Ödülü ile ödüllendirilmiştir. (Schneider vd. 2010).

Qutram (1967) tarafından yapılan bir araştırmada sülfüril florit gazının *Tenebrio molitor* (L.) yumurtalarına penetrasyonun genellikle yumurta koryonundan, *Schislocerca gregaria* (Forsk.) yumurtalarına penetrasyonu ise asıl olarak mikrofilar kompleksden olduğunu bildirmektedir. Hassas yumurta dayanıklı yumurtalarla karşılaştırıldığında birim zamanda daha fazla fümigant aldığını ve bunu geri vermediğini ileri sürülmüştür. Alınan fümigant miktarının embriyonik gelişmenin evresine göre değiştiği bildirilmektedir.

Sülfüril florit, depo, bina vb. yapılarda bulunabilecek zararlılarla savaşımda kullanılabilir bir fümiganttır. Bu tür fümigasyonun uygulanacağı yapılarda, önceden belirlenen konsantrasyon ve zamanda, hedef canlı/canlılarla savaşımda başarılı olunabilmesi için yapının fiziksel durumuna bağlı olarak binanın gaz geçirmez hale getirilmesi gerekmektedir. Stewart (1957) tarafından *Kalotermes minor* Hagen ile mücadelede boş bina fümigasyonunda sülfüril florit ile metil bromidin kıyaslandığı araştırmada sülfüril florit'in yanmaması, kolay uygulanması, penetrasyonunun iyi olması, korozif olmaması ve istenmeyen kokuya sahip olmaması gibi avantajlarının

olduğu ve izolasyonun iyi olduğu durumlarda tatmin edici sonuçlar alınabileceği bildirilmiştir.

Diğer taraftan yapı veya yapı içinde bulunan donanım tarafından sülfüril florit salımının (desorpsiyonun), bina yeniden kullanılmaya başlandığında da devam ettiği belirlenmiştir. Bu konuda Scheffrahn vd. (1987) tarafından yapılan bir çalışmada içerisinde konutlarında olduğu 13 farklı yapıda fümigasyon sonunda gaz kromatografi cihazı ile sülfüril florit gazının geri salım seviyeleri belirlenmiştir. Fümige edilmiş yapılar, odun, polystyrene veya polyester gibi bir veya daha fazla, yüksek oranda emici malzeme içeriyorsa, yapı yeniden kullanılmaya başlanıldığında sülfüril florit salımının belirlenen seviyeleri aşmaması için ek havalandırma tavsiye edilmiştir.

Osbrink vd. (1987) tarafından yürütülen diğer bir araştırmada üç familyaya ait on termit türü, (*Zootermopsis angufticollis* (Hagen), Hodotermitidae; *Cryptotermes cavifrons* Banks, *Incisitermes minor* (Hagen), *Incisitermes snyderi* (Light), *Neotermes jouteli* (Banks), *Kalotermes opproximafus* Snyder, Kalotermitidae; *Coptotermes formosanus* Shiraki, *Reticulitermes tibialis* Banks, *Reticulitermes fiauipes* (Kollar), ve *Prorhinotermes simplex* (Hagen), Rhinotermitidae) 22 saat süreyle laboratuvarda sülfüril florit ile fümige edilmiştir. Bu türlerden *R. flavipes* ve *R. tibialis* fümiganta karşı çok hassas iken, *I. minor* diğerlerine göre dayanıklı (LAD_{50} =30,36 mg-saat/litre) olarak belirlenmiştir. Fümigasyon sonrası en düşük mutlak ölüm zamanı (+/-SEM) *R. tibialis* ve *I. snyderi* için sırasıyla 3,11±0,04 ve 1,58±0,05 olarak bildirilmektedir.

Scheffrahn vd. (1989) tarafından 20 saat süreyle 36 ve 360 mg/l'lik sülfüril florit dozu ile buğday unu, köpek maması, yağsız kuru süt, bitkisel kızartma yağı, kuru biftek, asetaminofen, kırmızı tatlı elma ve krakerden oluşan 8 gıda ürünü fümige edilmiştir. Fümigasyon sonrasında florid (F^-) ve sülfat (SO_4^{-2}) kalıntıları yüksek performanslı iyon kromatografisi ile belirlenmiştir. Florid kalıntıları F elektrod analiziyle belirlenmiştir. Her iki sülfüril florit dozu uygulamasında da, kalıntı düzeyleri bakımından materyaller birbirinden büyük farklılıklar göstermesine rağmen F^- ve SO_4^{-2} düzeyleri çoğu madde tipinde doz ile doğrusal olarak artmıştır. Analiz öncesinde havalandırma periyodunun

tüm test edilen gıdalarda hiçbir etkisi olmadığı belirlenmiştir. En yüksek SO_4^{-2} kalıntısı yağsız kuru sütte, en yüksek F^- kalıntısı kurutulmuş biftekte gözlenmiştir.

Dört coloepter türünde, *Anthrenus flacipes* (LeConte), *Attagenus megatoma* (F.), *Lasioderma serricorne* (F.), ve *Dermestes maculatus* (De Geer), sülfüril floritin yumurta, larva, pupa ve ergin evrelerine karşı etkinliği Su ve Scheffrahn (1990) tarafından yapılan çalışma ile incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda erginlerin larvalardan daha hassas olduğu ve en dayanıklı evre olan yumurta evresini öldürmek için, larva ve ergin evresini öldürmede gerekli doz oranının 7-30 katının gerekli olduğu belirlenmiştir. *Anthrenus flacipes* larvasının % 99'unu öldürmek için gereken toplam doz 156 mg saat/litre olarak tespit edilmiştir. Bu oran *Anthrenus flacipes* ve *Attagenus megatoma*, için uygulamada doz 72 mg saat/litre'yi aşmıştır. Diğer taraftan sülfüril floritin yüksek konsantrasyonları *Lasioderma serricorne*'nin yumurtalarındaki gelişmeyi yavaşlattığı bildirilmektedir.

Ewrillatta peltata (Harris) ve *Lyctus burnneus* (Stephens)'in 1-7 günlük yumurtaları üzerine sülfüril florit'in etkisi incelenmiştir (Williams ve Sprenkel 1990). 22.2°C sıcaklıkta ve 90 mg-saat/litre dozda yürütülen denemede 1-2 günlük yumurtların en dayanıklı yumurtalar olduğu daha yaşlı yumurtaların ise daha hassas olduğu belirlenmiştir.

Scheffrahn vd. (1992) değişik ürünlerde metil bromit ve süfüril florit ile yüksek uygulama dozu ve en düşük ürün havalandırmasını uyguladıkları çalışmalarında kalıntı miktarlarını beklenilenden daha düşük olarak tespit edilmiştir. 13 üründe 2 fümiganta ait hiçbir kalıntı belirlenmemiştir.

Sülfüril florit ve metil bromit'in karbondioksit (CO_2) ile birlikte uygulanmasının *Incisitermes snyderi* ve *Coptotermes formosanus*'a karşı zehirliliği Scheffrahn vd. tarafından (1995) belirlenmiştir. *Incisitermes snyderi* için % 99 ölüm oranının elde edilmesi için gereken dozlar, % 0, 5, 10 ve 20 karbondioksit gazı düzeylerinde metil bromit için (LAD 20 saatlik uygulama) sırasıyla 50, 37, 28, ve 28 mg-saat/litre olarak belirlenmiştir. Sülfüril florit için ise sırasıyla 45, 30, 30, ve 33 mg-saat/litre olarak

belirlenmiştir. *Coptotermes formosanus* karşı LAD_{99} değerleri ise % 0, 5, 10 ve 20 farklı CO_2 (hacim/hacim) uygulamalarında sırasıyla metil bromit için 38, 32, 24 ve 24 mg-saat/litre ve sülfüril florit için ise 45, 29, 20 ve 28 mg-saat/litre olarak tespit edilmiştir.

Bell ve Savvidou (1999) tarafından yapılan araştırmada *Ephestia kuehniella'*nın farklı yaşdaki yumurtalarına 15 ve 25°C'lerde ve farklı uygulama sürelerinde, sülfüril florit'in değişik konsantrasyonlarının etkisi incelenmiştir. Uygulama sonucunda en dayanıklı olan yaş grubunun 1-2 günlük yumurtalar olduğu; bunu sırasıyla 2-3 günlük, 0-1 günlük ve 3-4 günlük yumurtaların izlediği belirlenmiştir. 15°C'de yürütülen araştırmada 4000 mg.saat/litre uygulamasının 1-2 günlük yumurtaların açılmasının, 3000 mg.saat/litre (CT, Konsantrasyon x zaman) uygulamasının ise yumurtadan çıkışın önlenebilmesi için gerekli olduğu belirlenmiştir. Diğer yaş gruplarında ise sırayla 3000 ve 2000 mg.saat/litre dozda mutlak ölüm belirlenmiştir. 15°C'nin üzerindeki sıcaklıkta yürütülen uygulamada fümigantın etkinliği artmıştır. 25°C'de 1-2 günlük yumurtaların açılmasını önlemek için 1000 mg.saat/litre ve ergin çıkışını önlemek için ise 800 mg.saat/litre dozun gerekli olduğu belirlenmiştir. Diğer yaş gruplarında ise sırayla 800 ve 650 mg.saat/litre dozda uygulama gerektiği belirlenmiştir. Yaş grupları arasında göze çarpan bu değişim, toksisite testlerinde yapılan regresyon eğrilerinde açıkça görülmekte olup denemelerde ya zaman yada konsantrasyon sabit tutulmuştur.

Small (2007) tarafından İngiltere'de, un değirmenlerindeki *Tribolium confusum* ve *E. kuehniella* popülasyonları üzerine sülfüril florit ve metil bromit'in etkileri değerlendirilmiştir. Sülfüril florit ve metil bromit fümigasyonları için 2 değirmen seçilmiştir. Tuzaklar hazırlanarak *T. castaneum*, *T. confusum* ve *E. kuehniella* bulaşıklık seviyeleri fümigasyondan önce 1-2 hafta süreyle, fümigasyon sonrasında da toplam 12 hafta süreyle gözlenmiştir. Sülfüril florit fümigasyonunun *T. confusum* ve *E. kuehniella* bulaşmalarına karşı etkinliğinin, metil bromit'e oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Arhopalus tristis türünde erginlerin mutlak ölümü için sülfüril florit uygulamasında gerekli doz 15 g/m^3 olup yumurtalarda ise % 100 oranda ölüm için gerekli doz 120 g/m^3

olarak belirlenmiştir (Zhang, 2006). Aynı zamanda sülfüril floritin 15 g/m^3 konsantrasyonu diğer bir zararlı olan *Hylastes ater*'in ergin ve larvalarının % 100 oranda ölümü için yeterli olmuştur. Çalışmada kullanılan en az 8 fungus'un (*Cladosporium herbarum*, *Phlebiopsis gigantean*, *Schizophyllum commun*, *Armillaria novae-zelandiae*, *Botryodiplodia theobromae*, *Ophiostoma novo-ulmi*, *Phytophthora cinnamom* ve *Sphaeropsis sapinea*) 30 g/m^3 sülfüril florit ile gelişmesinin engellendiği belirlenmiştir.

Barak vd. (2006) tarafından sülfüril florit'in *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) (Coleoptera: Cerambycidae)'e etkileri üzerine yürütülen araştırmada ABD'de 6.1 m. uzunluğunda, sıcaklığı kontrol edilebilir bir konteyner içindeki 432 l. hacimli kabinlerde (Lexan) çalışılmıştır. Her bir uygulamada *Populus* spp'den kesilen yüksek nemli ve *Anoplophora glabripennis* ile doğal enfekteli 10x10x115 cm. boyutlarındaki 12 adet kereste içeren konteynerlar kullanılmıştır. Bu denemede, 24 saatlik süreyle sülfüril floritin 20-112 g/m^3 arasında değişen dozlarının farklı sıcaklıklardaki etkisi araştırılmıştır. Uygulama sonucunda 104 ve 120 g/m^3 dozlarında ve 10.0, 15.6 ve 21.1^{o}C sıcaklık uygulamalarında gerçekleştirilen fümigasyonda tüm larvaların öldüğü belirlenmiştir. Pupa evresinde ise 104 g/m^3 dozda ve 15.6 ve 21.1^{o}C sıcaklık uygulamalarında mutlak ölüm elde edilmiştir.

Uygulamalarda sülfüril floritin ortamda bulunan gıda maddeleri tarafından emilimi üzerine sınırlı sayıda araştıma olup bu durum kalıntı ve uygulama etkinliği noktasında önem arz etmektedir. Bu konuda Sriranjini ve Rajendran (2008) tarafından 68 üründe yapılan çalışmada uygulama sonucunda yapılan kontrollerde, ürünlerin % 54'ünün düşük düzeyde (≤% 25), % 34'ünün orta düzeyde (% 26–50) ve % 12'sinin ise yüksek düzeyde (>% 50) sülfüril florit emilimi gerçekleştirdiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar sülfüril florit'in gıda ürünlerinin çoğu tarafından (% 88) düşük ya da orta düzeyde bir emilime sahip olduğunu ve bu konuda avantajlı olduğunu göstermiştir.

Reichmuth ve Klementz (2008) tarafından sülfüril florit'in etkinliğinin arttırılması üzerine yapılan bir araştırmada sülfüril floritin Hidrojen siyanit, CO_2, fosfin ve sıcaklık artışı ile kombinasyonları üzerinde durulmuştur. Her dört kombinasyonunda sülfüril

florit'in etkinliğinin arttığı bildirilmektedir. Sülfüril florit gazının zararlılarla mücadelede yetersiz etki göstereceği (örneğin yumurta evresi) durumlarda bahsedilen diğer uygulamalar ile birlikte uygulanmasının alternatif bir yol oluşturacağı bildirilmektedir.

Baltacı vd. (2008) tarafından sülfüril floritin *Cryptolestes ferrugineus* ve *Oryzaephilus mercator*'a etkisi üzerine yapılan çalışmada ölümlerle sıcaklık arasında, konsantrasyon ile uygulama süresi arasında yüksek bir korelasyon belirlenmiştir. Zararlıların ergin evreleri 15^{o}C sıcaklık ve 24 saatlik uygulamada en düşük konsantrasyon olan 10 g/m^3 dozda ölürken, 72 saatlik uygulamada aynı koşullarda hassas *C. ferrugineus* yumurta evresi hariç her evresinin öldüğü; hassas *C. ferrugineus*'un ise 20 g/m^3 dozda öldüğünü bildirmektedirler. Yapılan çalışma sonucunda 10 g/m^3 dozda 24 ve 48 saat uygulamanın mutlak ölüm için yeterli olmadığı bildirilmiştir.

Yine Baltacı vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada sülfüril florit'in *O. mercator* ve fosfin'e dayanıklı ve hassas olarak belirlenmiş olan *C. ferrugineus*'ün farklı birer ırkı üzerine etkisinin belirlendiği çalışmada ölümlerle sıcaklık uygulamaları, konsantrasyon ve uygulama süresi arasında yüksek bir korelasyon belirlenmiştir. Zararlıların ergin evreleri 15^{o}C sıcaklık ve 24 saatlik uygulamada en düşük konsantrasyon olan 10 g/m^3 dozda ölmüştür. 10 g/m^3 doz ve 15^{o}C sıcaklıkta 72 saatlik uygulama sonunda fosfin'e hassas olan *C. ferrugineus* ırkı yumurta evresi hariç olmak üzere her iki zararlıda da tüm evrelerin öldüğü belirlenmiştir. Bu uygulamada fosfin'e hassas olan *C. ferrugineus* ırkının yumurta evresi 20 g/m^3 dozda ölmüştür. *C. ferrugineus*'un fosfin'e hassas ırkı için 10 g/m³ ve 20 g/m³ dozun, 15°C sıcaklıkta 24 saat süre uygulanması sonunda fosfin'e hassas bu ırkın dayanıklı ırka göre fümiganta daha tolerant olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar diğer çalışmaları da destekler nitelikte fosfin'e dayanıklı olarak belirlenmiş ırklarda sülfüril florit'e karşı bir çapraz dayanıklılığın oluşmadığının göstergesi olmuştur. Yapılan çalışma sonucunda 10 g/m^3 doz ile yürütülen 24 ve 48 saat uygulamalarının mutlak ölüm için yeterli olmadığı belirlenmiştir.

Bakarat ve arkadaşları (2010) tarafından *Corcyra cephalonica*'nın yumurta evresine sülfüril florit gazının etkinliğinin araştırıldığı çalışmada, farklı yaştaki yumurtaların

sülfüril florit gazına farklı tepkiler verdiğini; 27^{o}C sıcaklıkta 24 saatlik uygulamada 1 günlük yumurtaların diğer yaştakilere kıyasla daha hassas olduğunu, 4 günlük yumurtaların ise oldukça dayanıklı olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca uygulama süresindeki artışla yumurta yaşı arasındaki farkların ortadan kalktığı bildirilmiştir. Mutlak ölüm, 5 günlük uygulamada 4.19 mg/l'de (CT=502 mg.saat/l); 4 günlük uygulamada ise 5.24 mg/l dozda gerçekleşmiştir. Uygulama süresi üç gün olduğunda farklı yaşlardaki yumurtaların 6.24 mg/l dozunda % 100 oranda öldüğü bildirilmiştir.

Tütün güvesi *Ephestia elutella'*nın (Hübner) (Lepitoptera) 1-4 günlük yumurtaları, larvaları ve pupalarının, farklı koşullarda sülfüril florit'e hassasiyetleri Baltacı vd. (2009) tarafından araştırılmıştır. Her bir biyolojik evre için, 18, 24 ve 48 saatlik sürelerde, 11.6 ve 21.3 g/m^3 dozlarda, 15, 20 ve 25°C sıcaklık ve % 65 nisbi nemde uygulamalar yapılmıştır. Sülfüril florit'in konsantrasyonunu hassas olarak belirlemek için infrared spektrometre (Fourier Transform İnfrared Specktrometre (FTIR)) kullanılmıştır. 18 Saatlik uygulama sonucunda tüm larvalar ve pupalar 11.6 g/m^3 dozunda üç farklı sıcaklıkta da ölmüşlerdir. 1 ve 2 günlük yumurtaların 3-4 günlük yumurtalara göre sülfüril florit uygulamasına daha hassas oldukları belirlenmiştir. Tüm evredeki yumurtaların, 20 ve 25°C'de 48 saat süreli uygulama sonunda, 21.3±1.3 g/m^3 konsantrasyonda kontrol edildiği belirlenmiştir.

Tütün güvesi *E. elutella* 'nın 1-4 günlük yumurtaları, larvaları ve pupalarının, 18, 24 ve 48 saatlik sürelerde 25°C sıcaklık ve % 65 nisbi nemde sülfüril florit'e hassasiyetleri Baltacı vd. (2010) tarafından araştırılmıştır. 18, 24 ve 48 saatlik uygulamalar sonucunda tüm larvalar ve pupalar 11.6 g/m^3 dozda ve 25°C sıcaklıkta ölmüşlerdir. 1 ve 2 günlük yumurtaların 3-4 günlük yumurtalara göre 18 ve 24 saatlik sülfüril florit uygulamalarına daha duyarlı oldukları belirlenmiştir. 48 saatlik uygulama sonunda tüm evredeki yumurtaların % 98'inin öldüğü belirlenmiştir.

Walse vd. (2009) tarafından yürütülen diğer bir çalışmada *Plodia interpunctella, Tribolium castaneum* ve *Carpophilus hemipterus*'un 0-36, 0-48 ve 0-72 saatlik yumurtalarına sülfüril florit gazının etkinliği araştırılmıştır. Çalışmayla her üç zararlıda da diğer evrelere göre yumurta evresinin en dayanıklı evre olduğu belirlenmiştir.

Değişik sülfüril florit gazı konsantrasyonlarında 15.5°C sıcaklıkta yapılan çalışmalarda LD_{50} dozu *P. interpunctella*'da 18.5 g/m^3, *T. castaneum*'da 35.8 g/m^3 ve *C. hemipterus*'da 214.7 g/m^3 olarak belirlenmiştir. 21.1°C sıcaklıkta LD_{50} dozu *P. interpunctella*'da 11.1 g/m^3 ve *T. castaneum*'da 29.6 g/m^3; 26.7°C sıcaklıkta ise LD_{50} dozu *P. interpunctella*'da 5.4 g/m^3, *T. castaneum*'da 27.6 g/m^3 ve *C. hemipterus*'da ise 55.0 g/m^3 olarak belirlenmiştir.

Akan ve Ferizli (2010) tarafından farklı sıcaklık uygulamalarında (15, 20, 25, 30 ve 35°C) *Ephestia cautella*'nın 0-1, 1-2, ve 2-3 günlük yumurtalarına sülfüril florit gazının 24 saatlik uygulama süresi sonundaki etkinliği araştırılmıştır. Zararlının yumurtalarında mutlak ölüm, 15°C sıcaklıkta 190 g/m^3, 20°C sıcaklıkta 140 g/m^3, 25°C sıcaklıkta 90 g/m^3, 30°C sıcaklıkta 60 g/m^3 ve 35°C sıcaklıkta ise 30 g/m^3 dozda gerçekleştiği belirlenmiştir.

Karakoyun ve Emekçi (2010) tarafından 15, 20 ve 25°C sıcaklıkta *C. hemipterus*'un 0-1 ve 1-2 günlük yumurtalarına sülfüril florit gazının 24 saatlik uygulama süresi sonunda etkinliği belirlenmiştir. Çalışma sonunda 0-1 gün yaşlı yumurtalar, 1-2 gün yaşlı yumurtalara oranla sülfüril florit gazına daha dayanıklı olarak bulunmuştur. 25°C sıcaklıkta zararlının 0-1 ve 1-2 günlük yumurtalarında mutlak ölüm, sırasıyla 180 ve 80 g/m^3 dozunda belirlenmiştir. Diğer uygulamalar aynı kalmak koşuluyla sıcaklık uygulamaları karşılaştırıldığında sıcaklık artışı ile birlikte ölüm oranında da artış belirlenmiştir. 0-1 gün yaşlı yumurtalarda 15, 20 ve 25°C sıcaklıkta ölümlerin sırasıyla % 56.5, % 91.1 ve % 100 olduğu belirlenmiştir.

Uslu vd. (2006) *E. cautella*'nın 0-24, 24-48 ve 48-72 saatlik yumurta, larva (25 günlük), 24-48 saatlik pupa ve ergin (0-24 günlük) evrelerinde 100 ppm fosfin gazı (PH_3)'nın değişik uygulama sürelerinde neden olduğu ölüm oranlarını belirlemişlerdir. Denemeler 20°C sıcaklık ve % 65 orantılı nemde yürütülmüştür. Deneme sonuçlarına göre; ergin ve larva evresi en hassas ve pupa evresi en dayanıklı evre olarak belirlenmiştir. Çalışmada 0-24 saatlik yumurtaların 24-48 ve 48-72 saatlik yumurtalara kıyasla daha dayanıklı olduğu tespit edilmiştir.

Bell (1976), *E. elutella* (Hübner), *E. kuehniella* (Zeller), *E. cautella* (Walker) ve *P. interpunctella* (Hübner)'nın farklı evrelerinin, değişik sıcaklıklarda fosfin'e toleranslarını araştırmıştır. Çalışmada dört türde de yumurta evresinin genç dönemlerinin yaşlı dönemlerine kıyasla daha dayanıklı olduğunu belirlenmiştir. Araştırmada 25°C'de 0.2 mg/l fosfin konsantrasyonunda 24 saatlik uygulama sonucunda 0-1 gün yaşlı yumurtalarda ölüm oranlarının *E. elutella*, *E. kuehniella*, *E. cautella* ve *P. interpunctella*'da sırasıyla % 10, % 11, % 27 ve % 4.5 olduğu belirlenmiştir. Aynı koşullarda 1-2 gün yaşlı yumurtalarda tüm türler için ölüm oranlarının % 90'ın üzerinde olduğunu; 2-4 gün yaşlı yumurtalarda ise tüm türler için ölüm oranlarının % 100 olduğu belirlenmiştir. Çalışmada uygulama süresi 72 saate çıkarıldığında ise tüm türler ve yaş grupları için ölüm oranlarının % 100 olduğu bildirilmektedir. Her dört türün larva ve pupa evresi ile yaptığı çalışmada 25°C'de ve 48 saatlik uygulama süresinde % 100 oranda ölüm için gereken CT (konsantrasyon–süre çarpımı) değerini belirlemiştir. Bu değerin *E. elutella*, *E. kuehniella*, *E. cautella* ve *P. interpunctella*'nın larvaları için sırasıyla 0.7, 1.3, 1.3 ve 0.9 olduğu; pupa evresi için ise bu değerin sırasıyla 3.4, 3.4, 2.6 ve 1.3 olduğu belirlenmiştir.

Shazali ve Reichmuth (1998) 25°C sıcaklık ve % 10 orantılı nemde *Sitotraga cerealella* ve *E. cautella*'nın 0-24, 24-48, 48-72 ve 72-96 saatlik yumurtalarında 0.1, 0.5 ve 1.0 mg./litre konsantrasyonda fosfin toksisitesini 16, 24 ve 48 saatlik uygulama periyotları sonunda araştırmışlardır. *S. cerealella* ile *E. cautella* yumurtalarının fosfin'e toleransının farklı olduğunu ve *S. cerealella* yumurtalarının daha dayanıklı olduğunu belirlemişlerdir. Ölüm oranları sabit konsantrasyonlarda uygulama süresinin artışı ile paralel olarak artmıştır. *S. cerealella*'nın 0-24 saatlik yumurtalarında 16 saatlik uygulama süresinde 0.1, 0.5 ve 1.0 mg/l fosfin konsantrasyonlarında ölüm oranları sırasıyla % 3.3, 6.1 ve 12.8 olarak belirlenirken; aynı koşullarda *E. cautella*'nın 0-24 saatlik yumurtalarında ölüm oranları % 9.6, 43.3 ve 67.9 olarak belirlenmiştir. Ölümlerin 24-48, 48-72 ve 72-96 saatlik yumurtalarda *E. cautella* için 16 saatlik uygulama süresinde 0.5 mg/l fosfin konsantrasyonunda sırasıyla % 87.1, 95.3 ve 97.9; *S. cerealella*'nın 24-48, 48-72 ve 72-96 saatlik yumurtalarında ise sırasıyla % 47.7, 64.1 ve 81.4 oranda olduğu belirlenmiştir. Araştırıcılar 0.5 mg/l fosfin konsantrasyonunda LT_{95} değerinin *S. cerealella*'nın 0-24, 24-48, 48-72 ve 72-96 saatlik yumurtaları için

sırasıyla 53.3, 43.8, 33.6 ve 23.8 saat olduğunu; bu değerin *E. cautella* yumurtaları için ise sırasıyla 39.6, 22.8, 15.7 ve 11.2 saat olduğunu belirlemişlerdir. Çalışmada, her iki türün fosfin'e hassasiyetinin farklı olduğu, örneğin genç yumurtaların yaşlı yumurtalardan daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Çalışmada kullanılan tür

Çalışmada, A.Ü. Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Depolanmış Ürün Zararlıları laboratuvarında yetiştirilmekte olan *Ephestia cautella* (Walker) kültürü kullanılmıştır. Deneme uygulamaları; yumurta, larva, pupa ve ergin evreleri üzerinde yürütülmüştür.

E. cautella Dünyanın birçok bölgesinde depolanmış farklı ürünlerde zarar oluşturan başlıca depolanmış ürün zararlılarından birisidir. *E. cautella*'nın sistematikteki yeri aşağıda verilmiştir.

Şube	:	Arthropoda
Sınıf	:	Insecta
Takım	:	Lepidoptera
Familya	:	Pyralidae
Cins	:	*Ephestia*
Tür	:	*Ephestia cautella* (Walker, 1883)
Literatürdeki yaygın adı	:	Almond moth
Literatürdeki diğer adları	:	Cocoa moth, Tropical warehouse moth
		Dried current moth, Fig moth
Ülkemizdeki yaygın adı	:	İncir kurdu

Ergin boyu 9-10 mm, kanat açıklığı ise 14-22 mm'dir. Kelebeğin ön kanatları gri renkli olup, uç (apikal) kısıma ve kaideye yakın bölgede koyu renkli ve zikzak şekilli iki bant bulunmaktadır. Apikaldeki bant donuk renkte olduğu için kolaylıkla fark edilememektedir. Arka kanatlar; beyazımsı gri renkli ve saçaklıdır. Yumurtaları 0.4 mm boyutlarında oval şekilli ve beyaz renkte olup açılma zamanına doğru renk sarımsı turuncu olmaktadır. Larva evresi boyunca 5 kez gömlek değiştirmektedir. Olgun larva yaklaşık 12-15 mm boyutlarında, sırt kısmı pembemsi, vücudun diğer kısımları ise kirli

beyaz renkli olup vucüdun tümü koyu renkli halkalardan çıkan kıllarla kaplıdır. Pupa yaklaşık 6-8 mm boyunda, kahve renkli ve kokon içinde oluşmaktadır. Ergin dişi ortalama 114 adet, en fazla 300 adet yumurtayı besin üzerine bırakmaktadır. Yumurtalar genellikle tek tek bırakılmakla beraber böcek tehlike hissettiğinde zincir şeklinde gruplar halinde de bırakılabilmektedir. 30ºC sıcaklıkta yumurta 3 gün içinde açılmaktadır. Larva 32ºC sıcaklıkta 5 gömlek değişimini 22 günde, pupa ise 7 günde tamamlamaktadır. 32ºC sıcaklıkta ve % 70 nem koşullarında 1 dölü (yumurtadan ergin çıkışı) 30-32 gün sürmektedir. İncir kurdunun erginleri üründe zararlı olmayıp sadece larva evresi beslenme sonucunda üründe zarar oluşturmaktadır. Larvalar beslendikleri üründe miktar olarak bir azalmaya neden olmakla birlikte çıkardıkları pislikler, değiştirdikleri gömlek ve baş kapsülü kalıntıları ile de kalite kayıplarına neden olmaktadırlar. Özellikle larvalaın incir içine bıraktığı baş kapsülleri ihracatta önemli problemlere sebep olabilmektedir (Allotey ve Goswami, 1990). Zararlı başta incir, üzüm, erik, kayısı, hurma vb. kuru meyveler olmak üzere kestane, ceviz, iç fındık, antepfistığı, yer fıstığı, badem, susam, ayçiçeği vb. yağlı tohumlarda, hububat ve mamulleri, kakao, süt tozu, baharat, keçiboynuzu vb. ürünler olmak üzere çok sayıda konukçuda beslenebilmektedir.

3.1.2 Sülfüril florit gazı

Sülfüril florit gazı çelikten imal özel tüplerde temin edilmiştir. Her bir tüpte 57 kg gaz bulunmaktadır. Tüp üzerinde gaza özel valf bulunmaktadır. Valf açıldığında gaz hızla sıvı halden gaz faza geçmektedir. Tüp içeriği % 99.8 sülfüril florit ve % 0.2 inert maddelerden oluşmaktadır. Gaz tüpü çalışma süresince Depolanmış Ürün Zararlıları Laboratuvarında, açık havada ve çelik kafesten imal muhafazada sürekli kilitli olarak tutulmuştur

3.2 Yöntem

3.2.1 *E. cautella*'nın yetiştirilmesi

E. cautella buğday kırması, kuru maya (*Saccaromyces cerevisiae*) ve gliserin karışımından oluşan besin ortamında yetiştirilmiştir. Çalışmada buğday, orta irilikte kırılıp polietilen bir torbada -17^{o}C sıcaklıktaki derin dondurucuda en az 3 gün süre ile tutularak olası zararlı bulaşıklılığı riski ortadan kaldırılmıştır. Besin karışımına, laboratuvar değirmeninde (IKA-WERKE GmBH) öğütülerek un haline getirilmiş kuru maya; besinin nem içeriğini yükseltmek için de gliserin ilave edilmiştir (Bell 1975). Besin karışımı buğday kırmasına ağırlığının 1/14'ü kadar kuru maya ve 1/7'si kadar da gliserin ilave edilerek hazırlanmıştır (Uslu, 2005). Hazırlanan besin 1 litrelik cam kavanozlara (Şekil 3.1) tabanda 1-2 cm kadar yükseklik oluşturacak şekilde ilave edilmiş ve besin üzerine yaklaşık 200-250'şer adet yumurta aktarılmıştır. Kavanozların kapaklarına hava girişini sağlamak için 1 mm çaplı delikler açılmış, kültüre başka zararlıların bulaşmasını önlemek amacıyla, kavanoz kapaklarının iç kısmına kurutma kağıdı yerleştirilmiş ve yine zararlı bulaşmasını önlemek amacıyla kavanozlar alüminyum küvetlerin içerisine yerleştirilmiştir. *E. cautella* üretimi yapılan böcek yetiştirme odasında, sıcaklık 25±1^{o}C, orantılı nem % 60±5 düzeyinde olmuştur. Ortamın sıcaklık ve nemi Hobo® ProTemp/RH marka veri kaydedici aracılığıyla kaydedilmiş ve belirli aralıklarla kontrol edilmiştir.

3.2.2 Biyolojik evreler

3.2.2.1 Yumurta

Kavanozlardaki besin üzerine bırakılan yumurtalar, yaklaşık 35-40 günde gelişimini tamamlamakta ve ergin çıkışları görülmektedir. Bu süreçte kavanozun üst kısmına larvalar çıktıkça (2-3 gün aralıklarla) besin ilave edilmiştir. Kavanozlarda ergin çıkışları başladığında günlük olarak aspirasyon aleti yardımıyla toplanan erginler, 35 mesh'lik plastik elekten yapılmış yumurtlatma kafesi içerisine yumurta elde etmek amacıyla aktarılmıştır (Şekil 3.2). Bu kafesler plastik küvet içerisinde, böcek yetiştirme odasında

24 saat boyunca tutulmuştur. Bu sürenin sonunda kafeslerdeki erginlerin bıraktığı yumurtalar küvet tabanından petri kabına aktarılmıştır. Elde edilen yumurtaların yaşı 0-24 saatlik olmuştur. Yeni böcek kültürü elde etmek ve denemeler için bu yumurtalar kullanılmıştır.



Şekil 3.1 *E. cautella*'nın yetiştirilmesinde ve aspirasyonda kullanılan cam kavanozlar



Şekil 3.2 *E. cautella* yumurtlatma kafesi ve petri kabına aktarılmış yumurtaları

3.2.2.2 Larva

Belirli yaş aralığında larva elde etmek için, 0-24 saatlik yumurtalardan yaklaşık 200-250 adet yumurta, içerisinde besin bulunan 1 litrelik kavanozlara ilave edilmiştir. Çalışma öncesi yapılan ön denemelerde 25^{o}C sıcaklıkta böcek yetiştirme odasında 0-24 saatlik

yumurtalardan larva çıkışının 5. günde tamamlandığı belirlenmiştir. Kültürlere bir hafta sonra 2-3 gün aralıklarla yeni hazırlanmış besinden az bir miktar (1 cm derinlikte) ilave edilmiştir. Böcek kültürü açılışından yaklaşık 28-30 gün sonra larvaların pupa olmaya başladığı gözlenmiştir. Bu nedenle çalışmada olgun larva evresi olarak 24-26 günlük (yumurta evresi dahil) bireylerin denemelerde kullanılmasına karar verilmiştir. Bu amaçla 24-26 günlük böcek kültürleri cam kavanozlardan plastik bir küvete boşaltılmış ve buradan seçilen iri larvalar denemelerde kullanılmıştır (Şekil 3.3).

3.2.2.3 Pupa

Belirli yaş aralığında pupa elde etmek için, 0-24 saatlik yumurtalardan yaklaşık 200-250 adet yumurta, içerisinde besin bulunan 1 litrelik kavanozlara ilave edilmiştir. Kültürlere bir hafta sonra 2-3 gün aralıklarla yeni hazırlanmış besinden az bir miktar (1 cm derinlikte) ilave edilmiştir. Böcek kültürü açılışından yaklaşık 28-30 gün sonra larvaların pupa olmaya başladığı gözlenmiştir. Bu nedenle çalışmada istenen yaşta pupa elde etmek için 28-30 günlük (yumurta evresi dahil) böcek kültürleri cam kavanozlardan plastik bir küvete boşaltılmış ve buradan seçilen iri larvalar yumuşak pens ile alınarak plastik bir küvete aktarılmıştır. Larva aktarılmadan önce küvet dibine beslenmelerine olanak sağlamak için bir miktar besin serpilmiş ve üzerine 3 mm iç çaplı, 12 mm boyunda şeffaf plastik borular yerleştirilmiştir. Küvete bırakılan olgun larvalar kolaylıkla bu borular içerisine girerek pupa evresine geçmişlerdir (Şekil 3.4).



Şekil 3.3 *E. cautella*'nın olgun larvası (24-26 günlük)



Şekil 3.4 Plastik boru içerisindeki *E. cautella* pupası

3.2.2.4 Ergin

Belirli yaş aralığında ergin evre elde etmek için, 0-24 saatlik yumurtalardan yaklaşık 200-250 adet yumurta, içerisinde besin bulunan 1 litrelik kavanozlara ilave edilmiştir. Kültürlere bir hafta sonra 2-3 gün aralıklarla yeni hazırlanmış besinden az bir miktar (1 cm derinlikte) ilave edilmiştir. Böcek kültürü açılışından yaklaşık 35-40 gün sonra

kavanozlarda ergin evre gözlenmeye başlamıştır. Günlük olarak kavanozlardaki kültürlerde görülen erginler (Şekil 3.5) aspirasyon cihazı yardımıyla toplanarak 0-24 yaşlı erginler elde edilmiştir. Elde edilen erginler kültürün devam ettirilmesi ve ergin denemelerinde kullanılmıştır.



Şekil 3.5 *E. cautella* ergini

3.2.3.1 Gaz transferi

Araştırmada kullanılan sülfüril florit (SO_2F_2) gazı, gaza özel üretilmiş çelik tüplerde temin edilmiştir. Gaz tüpte sıvı halde olup tüp vanası açıldığında kısa sürede gaz haline geçmektedir. Çalışmada gereken miktarlarda gazın alınabilmesi amacıyla bir adet 28,3 litre hacimli (iki adet gaz vanası bulunan) kabin (Labconco®) kullanılmıştır. Çelik tüpe özel bir bağlantı parçası (Legris 0169 1727 ve 36140813) (quick coupling) vasıtasıyla basınca dayanıklı 6 mm iç çaplı polyamit boru (Legris 1100P0800) bağlanmıştır. Borunun diğer ucu kabine gaz vanası vasıtasıyla bağlanmıştır. Kabindeki diğer gaz vanasına ise vakum pompası bağlanarak kabin ve bağlantı borusundaki basınç 200-300 mmHg düzeyine düşürülmüş ve vakum pompasının bağlı olduğu vana kapatılmıştır. Tüpün vanası yavaşça açılarak sülfüril florit gazının kabine aktarımı gerçekleştirilmiştir. Bu esnada kabine bağlı olan manometre gözlenerek kabinin dolup dolmadığı

belirlenmiştir. Kabinde yüksek basınç oluşmamasına özellikle dikkat edilmiştir. Bu amaçla vakum manometresinde basıncın 650-700 mmHg'ye kadar yükselecek şekilde gaz transferi yapılmıştır. Sülfüril florit tüp vanasından kabine ulaşıncaya kadar gaz haline geçmiştir. Gaz, bu kabinden özel bir şırıngayla (Hamilton Super Syringe, Part number:86312) alınarak denemelerin yürütüleceği ortama aktarılmıştır. Tüpten kabine gaz aktarımı süresince eşik değer olan 3 ppm konsantrasyonu sesli alarmla bildiren SF-ExplorIR (Spectros Instruments Inc., MA 01747, ABD) cihazı çalışır vaziyette tutulmuştur. Gaz transferi yapılan kabin çalışma süresince 15, 20 ve 25^{o}C sıcaklığa ayarlanmış gaz uygulama odasında tutulmuştur.

3.2.3.2 Deneme düzeneği

Denemeler 28.3 litrelik 10 adet Labconco® marka kabinlerde yürütülmüştür (Şekil 3.6). Her bir kabinde, yan yüzlerde bir tanesi üstte bir tanesi altta olacak şekilde monte edilmiş özel vanalar (Swagelok®) bulunmaktadır. Kabin içerisinde tabana monte edilmiş bir adet 8 cm çaplı fan bulunmaktadır. Fan kablosu tabana açılan bir delikten sokulmuş ve açıklık özel bir yapıştırıcı ile kapatılmıştır. Deneme öncesi herbir kabin tabanına içerisinde 250 ml doymuş tuz çözeltisi bulunan iki adet cam kavanoz (400 ml hacimli) yerleştirilerek kabinde uygulama süresince % 75 orantılı nem sağlanmıştır (Solomon, 1951). Bu durum zaman zaman HoboProTemp/RH marka sıcaklık ve orantılı nem kaydı yapan veri kaydedici cihaz ile kontrol edilmiştir. Kaplardaki doymuş tuz çözeltisi veri kayıt cihazından elde edilen verilere göre tekrar yenilenmiştir. Çalışmada deneme yapılacak zararlı evresini içeren deneme kapları kabinin orta kısmındaki raflara yerleştirildikten sonra kabinin kapak kısmına bir miktar vakum gresi sürülerek kapak sıkıca kapatılmış ve böylece gaz kaçağı olmaması sağlanmıştır. Çalışmada sülfüril florit gazı konsantrasyonu Fumiscope (Version 5.0) cihazı ile belirlenmiştir. Bu amaçla cihaz uygulamadan 10 dakika önce açılarak cihazın kalibrasyonu yapılmıştır. Labconco marka kabine bağlı gaz geçirmez vanalardan yan yüzeyde üst kısımdakine 5 mm. çaplı poliüretan şeffaf bir boru ile sülfüril florit gazı ölçüm cihazının gaz çıkış kısmına kabin vanası açık konumda bağlanmıştır. Kabinin diğer yan yüzeyindeki vana (alt köşe) 5 mm. çaplı poliüretan şeffaf bir boru ile cihazın emgi yapan borusuna kabin vanası açık konumda bağlanmıştır. Cihaz kabine bağlı durumda 3-5 dakika tutulmuş ve kalibrasyon

tekrar yapılmıştır. Bu işlemden sonra gaz aktarılmış kabinindeki (stok kabin) vanaya bağlı olan bir borudan özel gaz şırıngası ile girilerek gaz alınmış ve şırınganın vanası kapatılarak gazın şırınga içerisinden kaçması engellenmiştir. Gaz şırıngası, şırınga iğnesi vasıtasıyla kabinin yan yüzeyindeki (üst köşe) vanaya bağlı olan gaz borusundan girilerek gaz yavaşca ortama fasılalarla verilmiştir. Bu sırada kabin fanı çalışır vaziyette tutularak kabine gazın kısa sürede yeknesak olarak dağılması sağlanmıştır. Kabinde hedeflenen konsantrasyona ulaşıldığı cihaz monitöründe görüldüğünde gaz transferi durdurulmuş, gaz şırıngasının vanası kapatılarak şırınga borudan çıkarılmıştır. Gaz transferi ve istenen konsantrasyona ulaşılması ve konsantrasyonun sabit hale gelmesi işlemi yaklaşık 15 dakikada gerçekleşmiş olup bu aşamadan sonra sirkülasyon fanı kapatılmış, kabin vanaları kapatılarak cihaz kabinden ayrılmıştır. Bu işlemin ardından kabin çalışma sıcaklığı olan 15, 20 ve 25^{o}C sıcaklıktaki iklim dolabına (Binder KB720) yerleştirilmiştir. Çalışmada fümigasyon süresi 24 saat olup bu sürenin sonunda tekrar gaz ölçümü yapılarak başlangıçtaki konsantrasyonda gazın varlığı teyit edilmiştir. Bu işlemin ardından fümigasyon kabininin kapağı açılarak havalandırma yapılmış ve daha sonra test materyalleri içeren kaplar 25^{o}C sıcaklıktaki böcek üretim odasında bulunan plastik nem hücrelerine alınmış ve kapakları sıkıca kapatılmıştır. Nem hücrelerinde %75 orantılı nem tabana dökülen 1 lt. doymuş tuz çözeltisi ile sağlanmıştır. Test materyalinde ölümler belirleninceye kadar kaplar bu ortamda tutulmuştur. Çalışmada kabinlere gaz transferi 15, 20 ve 25^{o}C sıcaklıktaki fümigasyon odasında yapılmış ve sonrasında kabinler aynı sıcaklıklardaki iklim dolaplarına aktarılmıştır. Çalışmalarda, kontrol amacı ile aynı kaplarda hazırlanan zararlının evreleri benzer şekilde Labconco® marka kabine konulmuş fakat bunlara fümigant verilmemiştir.



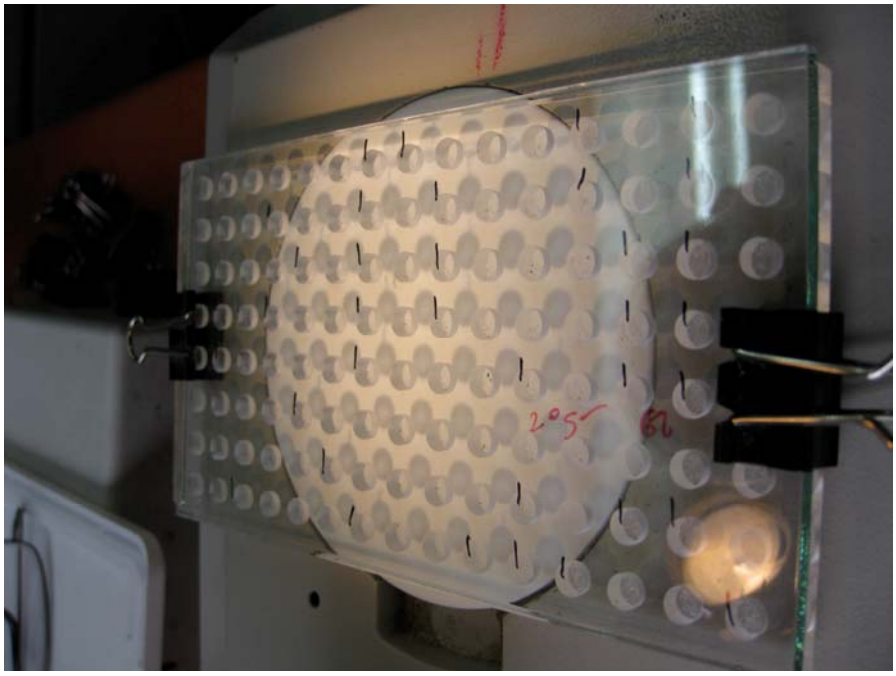
Şekil 3.6 Fümigasyon kabini

3.2.4 Biyolojik evre denemeleri

3.2.4.1 Yumurta

Yumurta evresi ile yapılan denemeler için böcek kültürlerinden gelişen erginler günlük olarak aspirasyon aleti ile toplanarak 35 mesh plastik elekten oluşturulan kafeslere aktarılmış ve kafesler plastik bir küvet içerisinde 25^{o}C sıcaklıkta çalışıtırlan böcek yetiştirme odasında bulunan plastik nem hücrelerine alınmışlardır. Nem hücrelerinde orantılı nem çalışma süresince doymuş tuz çözeltisi yardımıyla % 75 olarak sabit tutulmuştur. Ergin bireylerin 24 saat içerisinde koydukları yumurtalar plastik küvetten petri kabına alınmıştır. Bu şekilde elde edilen yumurtalar aynı ortamda bekletirelek 1 gün sonra 24-48 ve 2 gün sonra ise 48-72 saatlik olmuşlardır. Bu işlem yumurta denemeleri süresince devam ettirilerek, deneme kurulacağı anda 0-24, 24-48 ve 48-72 saatlik yumurtaların mevcudiyeti sağlanmıştır.

Denemelerde, samur fırça (no:000) yardımıyla stereoskobik binoküler mikroskop altında deforme olmuş yumurtalar ortamdan uzaklaştırılarak, sadece sağlıklı yumrutalar ile çalışmalar yürütülmüştür. Her bir yaştaki yumurtadan dikkatlice 95-100'er adet yumurta, üzerinde 120 adet kuyu (5 mm çap, 3 mm derinlik) bulunan özel olarak imal edilmiş pleksiglas yumurta hücrelerine (0.5x14.2x7.7cm) tek tek aktarılmıştır (Şekil 3.7). Herbir kuyuda bir adet yumurta bulunmasına özen gösterilmiştir. Deneme öncesi stereoskobik binoküler mikroskop altında yapılan kontrollerde şayet bir kuyuda birden fazla yumurta bulunmuş ise fırça yardımı ile diğerleri uzaklaştırılmıştır. Yumurta evresinde yapılan çalışmalarda her bir yaş grubunda her bir doz (kontrol dahil) için 3 adet yumurta hücresi hazırlanmış, böylece her bir dozda 285-300 adet yumurta denemeye alınmıştır. Yumurta hücreleri denemenin yürütüleceği Labconco® kabinlerine aktarıldıktan sonra kapağın conta kısmından gaz kaçağını önlemek amacıyla kapaktaki camın contaya temas eden kısımlarına vakum gresi sürülmüş ve kapak sıkıca kapatılmıştır (Şekil 3.6). Hedeflenen sülfüril florit gazı dozuna ulaşıldıktan sonra kabine gaz giriş ve çıkışı sağlayan vanalar kapatılmış ve kabin iklim dolabına kaldırılmıştır. Tüm çalışmalarda uygulama süresi 24 saat olup, bu süre sonunda iklim dolaplarından çıkarılan kabinlerde tekrar gaz ölçümü yapılmıştır. Bu şekilde uygulanan gaz ile uygulama sonunda tespit edilen doz arasında fark tespit edilmiş ise deneme iptal edilmiştir. Uygulama süresi sonunda gaz ölçümünün ardından kabinin kapağı açılmış ve pleksiglas yumurta hücreleri kabinden çıkarılmıştır. Yumurta hücrelerinin üst kısımlarına aynı boyutlarda cam konularak klips ile sıkıca tutturulmuş ve plastik kontrol kabinine (25^{o}C sıcaklık ve % 75 orantılı nem) aktarılmıştır. Değerlendirme 15, 20 ve 25^{o}C'de yürütülen denemelerde sırasıyla 7, 6 ve 5 gün sonra stereoskobik binoküler mikroskop altında yapılan gözlemlerle; açılan (larva çıkış olan) ve açılmayan (larva çıkışı olmayan) yumurtalar olarak kaydedilmiştir. Bu işlemin ardından yumurta hücreleri kontrol kabinine tekrar alınmış ve bir gün sonra tekrar incelenerek yumurta açılımının olup olmadığından emin olunmuştur. Yumurta evresi ile yürütülen tüm çalışmalar 3 kez tekrarlanmıştır.



Şekil 3.7 Yumurta denemelerinde kullanılan pleksiglas yumurta hücresi

3.2.4.2 Larva

Böcek yetiştirme odasında besin üzerine 0-24 saatlik yumurta ilave edilmiş cam kavanozlarda 24-26 gün sonra gelişen olgun larvalar besin içeriği plastik bir küvete dökülerek, yumuşak pens yardımı ile dikkatlice toplanmıştır. Toplama sırasında özellikle iri larvalar seçilmiştir. Olgun larvalar içlerinde 10 g. besin bulunan 100 ml. hacimli plastik kaplar içerisine yerleştirilmiştir. Daha önceden kapların kapaklarına havalanmayı sağlamak için 1 cm çapında delik açılmış ve üzerine 325 mesh elek teli yapıştırılmıştır. Her bir kaba 20 birey olacak şekilde her bir doz için (kontrol dahil) 15 kap hazırlanmıştır. Böylece her bir dozda ölümler 300 birey üzerinden belirlenmiştir. Larva kapları denemenin yürütüleceği Labconco® kabinlerine aktarıldıktan sonra kapağın conta kısmından gaz kaçağını önlemek amacıyla kapaktaki camın contaya temas eden kısımlarına vakum gresi sürülmüş ve kapak sıkıca kapatılmıştır (Şekil 3.6). Hedeflenen sülfüril florit gazı dozuna ulaşıldıktan sonra kabine gaz giriş ve çıkışı sağlayan vanalar kapatılmış ve kabin iklim dolabına (15, 20 ve 25^{o}C) kaldırılmıştır (Şekil 3.8). Tüm çalışmalarda uygulama süresi 24 saat olup, bu süre sonunda iklim dolaplarından çıkarılan kabinlerde tekrar gaz ölçümü yapılmıştır. Bu şekilde uygulanan gaz ile uygulama sonunda tespit edilen doz arasında fark tespit edilmiş ise deneme iptal

edilmiştir. Uygulama süresi sonunda gaz ölçümünün ardından kabinin kapağı açılmış, larva kapları kabinden çıkarılmış ve plastik kontrol kabinine (25^{o}C sıcaklık ve % 75 orantılı nem) aktarılmıştır. Değerlendirme denemeden 2 gün sonra yapılan gözlemlerle; ölü ve canlı larva olarak kaydedilmiştir. Larva evresi ile yürütülen tüm çalışmalar 3 kez tekrarlanmıştır.



Şekil 3.8 Denemelerde kullanılan inkübatör ve fümigasyon kabinleri

3.2.4.3 Pupa

Böcek yetiştirme odasında 0-24 saatlik yumurtalardan açılan kültürler 28-30 gün sonra bir küvete dökülerek seçilen iri larvalar yumuşak pens yardımıyla plastik bir küvete aktarılmıştır. Küvet dibinde larvaların beslenmelerine olanak sağlamak için bir miktar besin serpilmiş ve üzerine 3 mm iç çaplı, 12 mm boyunda şeffaf plastik borular konulmuştur. Boru içerisine giren larvalar 1-2 gün sonra pupa evresine geçmeye başlamışlardır. Günlük olarak yapılan gözlemlerde küvetlerde pupa evresine geçen

bireyler, içinde pupa oldukları boru ile birlikte toplanmış ve böylece 0-24, 24-48, 48-72, 72-96, 96-120, 120-144 ve 144-168 saatlik pupalar elde edilmiştir. Pupalar yaş gruplarına göre her bir kaba (100 ml hacimli) 20 birey olacak şekilde yerleştirilmiştir. Her bir doz için (kontrol dahil) her bir yaş grubunda 4 kap hazırlanmış ve böylece her bir dozda ölümler 80 birey üzerinden belirlenmiştir. Pupa kapları denemenin yürütüleceği Labconco® kabinlerine aktarıldıktan sonra kapağın conta kısmından gaz kaçağını önlemek amacıyla kapaktaki camın contaya temas eden kısımlarına vakum gresi sürülmüş ve kapak sıkıca kapatılmıştır (Şekil 3.6). Hedeflenen sülfüril florit gazı dozuna ulaşıldıktan sonra kabine gaz giriş ve çıkışı sağlayan vanalar kapatılmış ve kabin iklim dolabına (15, 20 ve 25^{o}C) kaldırılmıştır. Tüm çalışmalarda uygulama süresi 24 saat olup, bu süre sonunda iklim dolaplarından çıkarılan kabinlerde tekrar gaz ölçümü yapılmıştır. Bu şekilde uygulanan gaz ile uygulama sonunda tespit edilen doz arasında fark tespit edilmiş ise deneme iptal edilmiştir. Uygulama süresi sonunda gaz ölçümünün ardından kabinin kapağı açılmış ve pupa kapları kabinden çıkarılmış, üzerine delikli kapaklar yerleştirilerek plastik kontrol kabinine (25^{o}C sıcaklık ve % 75 orantılı nem) aktarılmıştır. Günlük gözlemlerle değerlendirmeler; ergin evreye geçen birey adedi kaydedilmiş ve ergin ortamdan alınmıştır. Kaplar tekrar kontrol hücrelerine aktarılmıştır. Günlük gözlemler kontrolde ergin birey çıkışının bitişinden beş gün sonra sonlandırılmıştır. Pupa evresi ile yürütülen tüm çalışmalar 3 kez tekrarlanmıştır.

3.2.4.4 Ergin

E. cautella kültürlerinden günlük olarak aspirasyon cihazı yardımıyla toplanan ergin bireyler 1 litrelik cam kavanozlara 50 birey olacak şekilde aktarılmıştır. Her bir doz için (kontrol dahil) 3 adet kavanoz hazırlanmış ve böylece her bir dozda ölümler 150 birey üzerinden belirlenmiştir. Cam kavanozlar denemenin yürütüleceği Labconco® kabinlerine aktarıldıktan sonra kapağın conta kısmından gaz kaçağını önlemek amacıyla kapaktaki camın contaya temas eden kısımlarına vakum gresi sürülmüş ve kapak sıkıca kapatılmıştır. Hedeflenen sülfüril florit gazı dozuna ulaşıldıktan sonra kabine gaz giriş ve çıkışı sağlayan vanalar kapatılmış ve kabin iklim dolabına (15, 20 ve 25^{o}C) kaldırılmıştır. Tüm çalışmalarda uygulama süresi 24 saat olup, bu süre sonunda iklim dolaplarından çıkarılan kabinlerde tekrar gaz ölçümü yapılmıştır. Bu şekilde uygulanan

gaz ile uygulama sonunda tespit edilen doz arasında fark tespit edilmiş ise deneme iptal edilmiştir. Uygulama süresi sonunda gaz ölçümünün ardından kabinin kapağı açılmış ve kavanozlar kabinden çıkarılmış ve plastik kontrol kabinine (25^{o}C % 75 orantılı nem) aktarılmıştır. Değerlendirme denemeden 24 saat sonra yapılan gözlemlerle fırça ile dokunulduğunda herhangi bir hareket olup olmamasına göre ölü ve canlı olarak kaydedilmiştir. Ergin evresi ile yürütülen tüm çalışmalar 3 kez tekrarlanmıştır.

3.2.5 İstatistiksel analiz

Sonuçlar varyans analizi tekniği ile incelenmiştir. Yumurta evresiyle yapılan denemelerde faktörler sıcaklık (15, 20 ve 25ºC), yumurta yaşı (0-24, 24-48 ve 48-72 saatlik) ve sülfüril florit gazı dozları (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200 g/m^3) olup, faktöriyel deneme desenine göre analiz yapılmıştır. Verilere arcsinüs (Kocabaş vd. 1998) transformasyonu uygulanmış ve analizlerde MSTAT-C istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır. Larva evresiyle yapılan denemelerde sıcaklık (15, 20 ve 25ºC) ve sülfüril florit gazı dozları (0, 10 ve 20 g/m^3) faktör olarak alınarak faktöriyel deneme desenine göre analiz yapılmıştır. Pupa evresiyle yapılan denemelerde sıcaklık (15, 20 ve 25ºC), pupa yaşı (0-24, 24-48, 48-72, 72-96, 96-120, 120-144 ve 144-168 saatlik) ve sülfüril florit gazı dozları (0, 10 ve 20 g/m^3) faktör olarak alınarak faktöriyel deneme desenine göre analiz yapılmıştır. Ergin evresiyle yapılan denemelerde sıcaklık (15, 20 ve 25ºC) ve sülfüril florit gazı dozları (0, 10 ve 20 g/m^3) faktör olarak alınarak faktöriyel deneme desenine göre analiz yapılmıştır. Verilere arcsinüs (Kocabaş vd. 1998) transformasyonu yapılmış ve larva, pupa ve ergin evresi için ayrı ayrı olarak analizler MSTAT-C istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır.

Yumurta evresiyle yapılan çalışmada değişik dozlarda belirlenen veriler ile POLO PC programı (LeOra Software 1994) kullanılarak probit analizi yapılmış ve LD_{50} ve LD_{99} dozları hesaplanmıştır. Farklılıklar güven aralığı dikkate alınarak belirlenmiştir. Deneme sonuçlarına göre larva, pupa ve ergin evrede ölümler en düşük dozda bile % 100 olarak belirlendiği için verilerle probit analizi yapılamamıştır.

4. BULGULAR

Çalışma ile 15, 20 ve 25°C ortam sıcaklığı ve % 75 orantılı nem koşullarında, 24 saatlik uygulama süresinde sülfüril florit gazının farklı dozlarının *E. cautella*'nın 0-24, 24-48 ve 48-72 saatlik yumurta, 24-26 günlük olgun larva, 0-24, 24-48, 48-72, 72-96, 96-120, 120-144 ve 144-168 saatlik pupa ve 0-24 saatlik ergin evresi üzerinde ölümcül etkisi belirlenmiştir.

Sonuçlar bir bütün olarak incelendiğinde yumurta evresinin larva, pupa ve ergin evreleri karşılaştırıldığında yumurta evresinin en dayanıklı evre olduğu belirlenmiştir. Zararlının larva, pupa ve ergin evreleri sülfüril florit gazına her üç sıcaklık uygulamasında da en düşük uygulama dozu olan 10 g/m^3 dozunda ölüm oranı % 100 olarak belirlenmiştir. Tüm biyolojik evrelerle ilgili detaylar aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 *E. cautella*'nın farklı evrelerine ilişkin mutlak ölümün gerçekleştiği dozlar

Evre	Yaş	Mutlak ölüm için gereken doz (g/m^3)		
		15°C	20°C	25°C
Yumurta	0-24 saatlik	90	60	60
	24-48 saatlik	190	140	90
	48-72 saatlik	190	140	90
Larva	26-28 günlük	10	10	10
Pupa	0-24, 24-48, 48-72, 72-96, 96-120, 120-144, 144-168 saatlik	10	10	10
Ergin	0-24 saatlik	10	10	10

4.1 Yumurta Evresi'ne Etki

15, 20 ve 25°C sıcaklıklar da ve farklı dozlarda fümigant uygulaması sonrasında 0-24, 24-48 ve 48–72 saatlik yumurta evresinde belirlenen ölüm oranlarına ilişkin verilerden çizilen grafikler şekil 4.1 - 4.9'da verilmiştir.

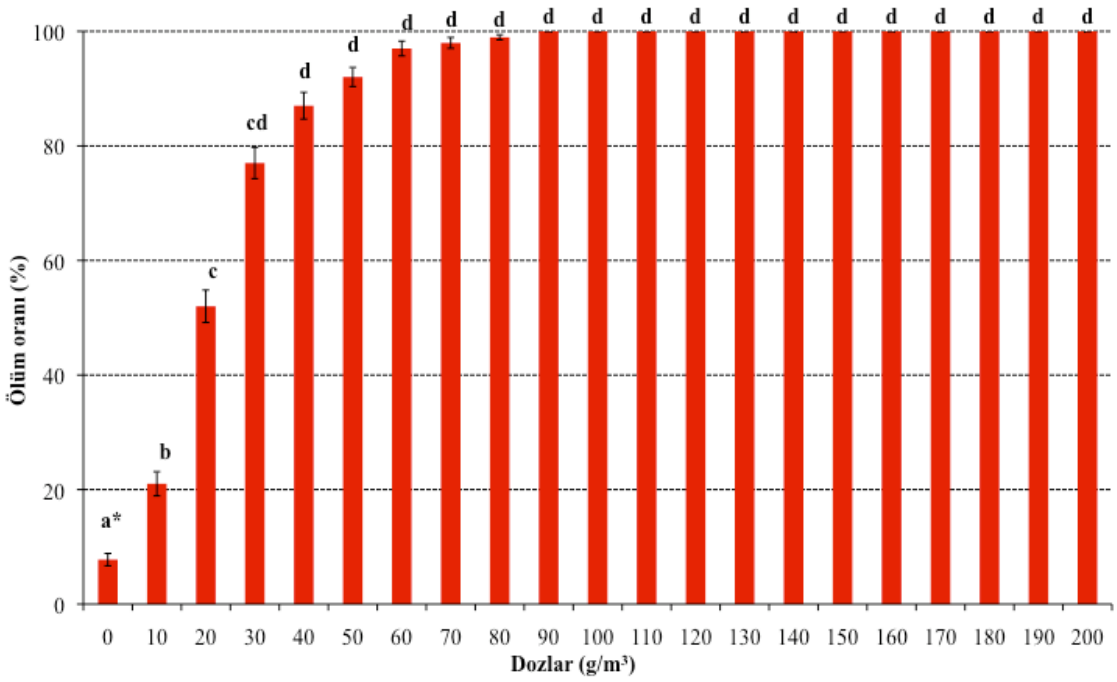
Elde edilen veriler ile yapılan varyans analiz tablosu çizelge 4.2'de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucu, sıcaklık, yaş ve dozun etkisi (P=0.0000) önemli olarak bulunmuştur. Ayrıca faktörler (sıcaklık*yaş*doz) arasında da istatistiki anlamda önemli interaksiyon belirlenmiştir (P=0,0000). Bu durumda, her sıcaklık grubunda, her yaş için

dozlar arası farklılık ayrı ayrı belirlenmiş olup farklı gruplar şekil 4.1 - 4.9'da verilen grafikler üzerinde belirtilmiştir.

Çizelge 4.2 *E. cautella*'nın yumurta evresi ile ilgili varyans analiz tablosu

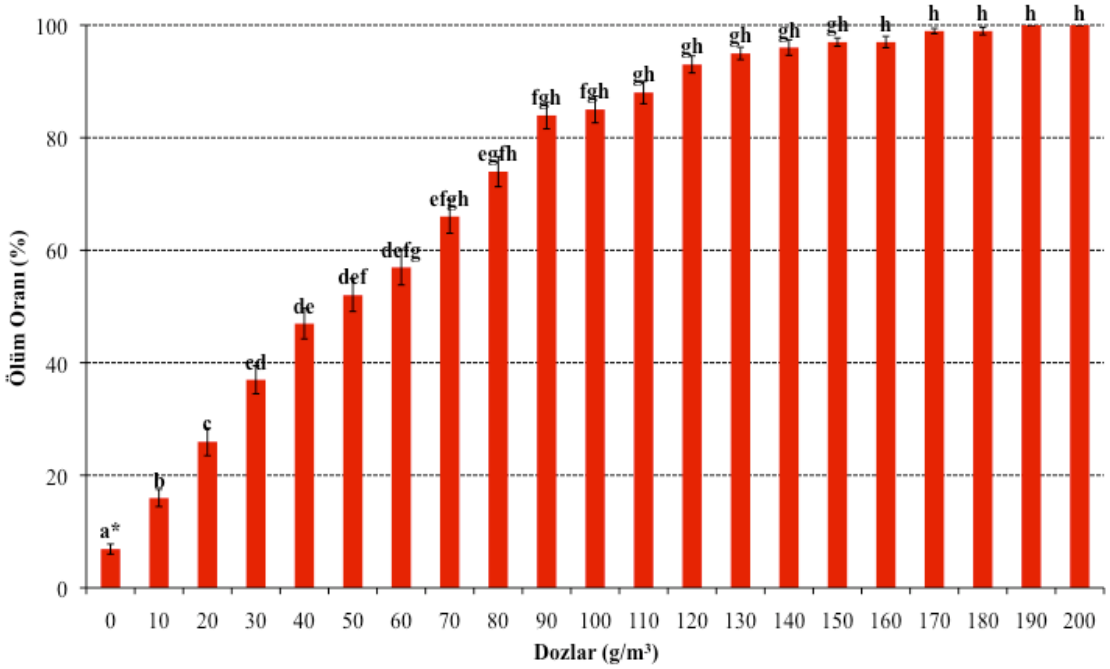
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Sıcaklık	2	2,156	1,08	228,6323	0,0000
Yaş	2	4,334	2,17	459,6226	0,0000
Sıcaklık*Yaş	4	1,160	0,29	61,4978	0,0000
Doz	20	264,948	13,25	2810,0705	0,0000
Sıcaklık*Doz	40	4,186	0,11	22,1974	0,0000
Yaş*Doz	40	6,983	0,18	37,0291	0,0000
Sıcaklık*Yaş*Doz	80	2,303	0,03	6,1073	0,0000
Hata	378	1,782	0,01		
Genel	566	287,851			

Araştırmada 15°C sıcaklıkta 0-24, 24-48 ve 48-72 saatlik yumurta evresinde sülfüril florit gazının değişik konsantrasyonlarında 24 saatlik fümigasyon sonucu belirlenen ölümler şekil 4.1 - 4.3'de verilmiştir. Çalışmada % 100 oranında ölüm 0-24 saatlik yumurta evresinde 90 g/m^3 dozda belirlenirken 24-48 ve 48-72 saatlik yumurtaların her ikisinde de 190 g/m^3 dozda belirlenmiştir. Her üç yaştaki yumurta evresinde de ölümlerin sülfüril florit gazı dozundaki artışla birlikte arttığı belirlenmiştir.



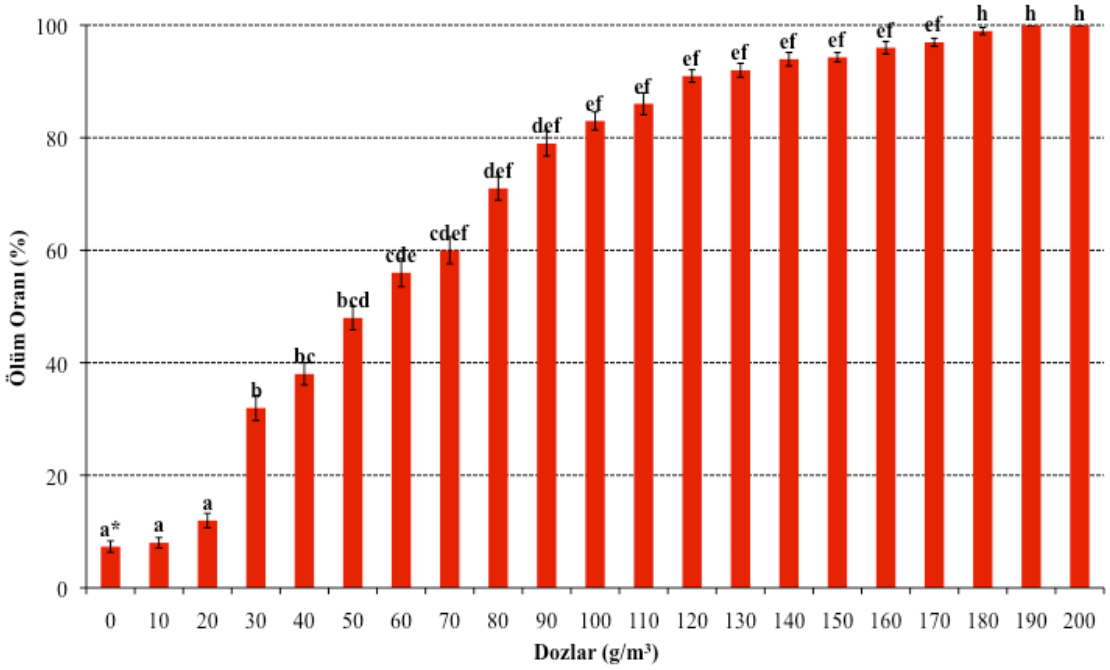
Şekil 4.1 *E. cautella*'nın 0-24 saatlik yumurta evresinde 15°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının değişik dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%)

(*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki anlamda önemli değildir)



Şekil 4.2 *E. cautella*'nın 24-48 saatlik yumurta evresinde 15°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının değişik dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%)

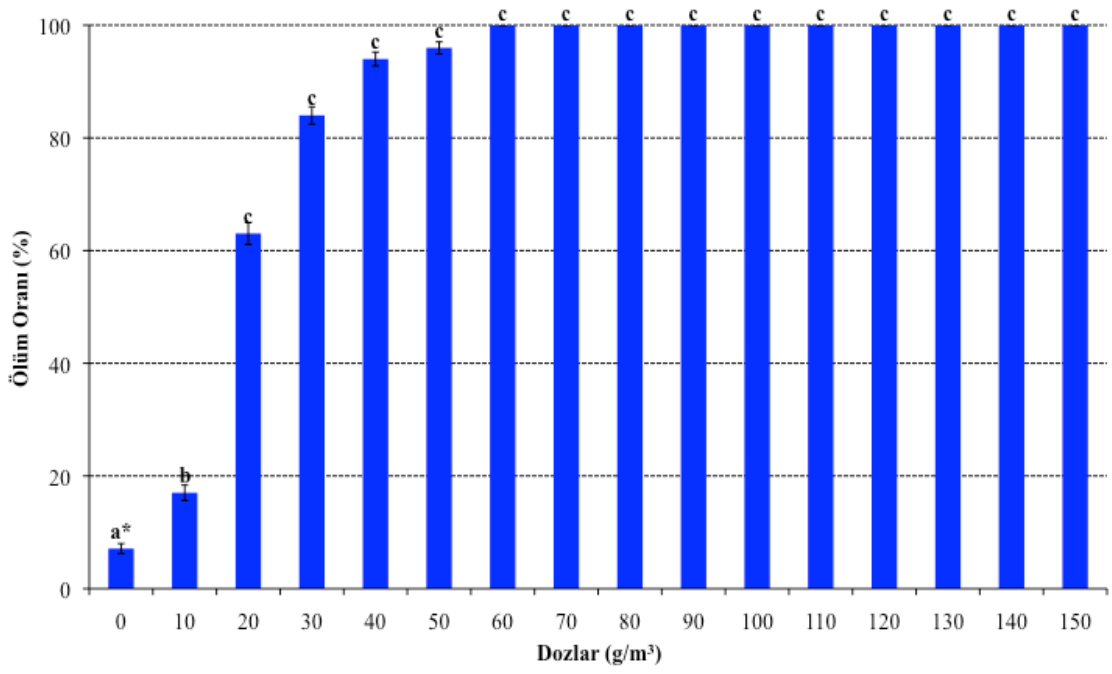
(*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki anlamda önemli değildir)



Şekil 4.3 *E. cautella*'nın 48-72 saatlik yumurta evresinde 15°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının değişik dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%)

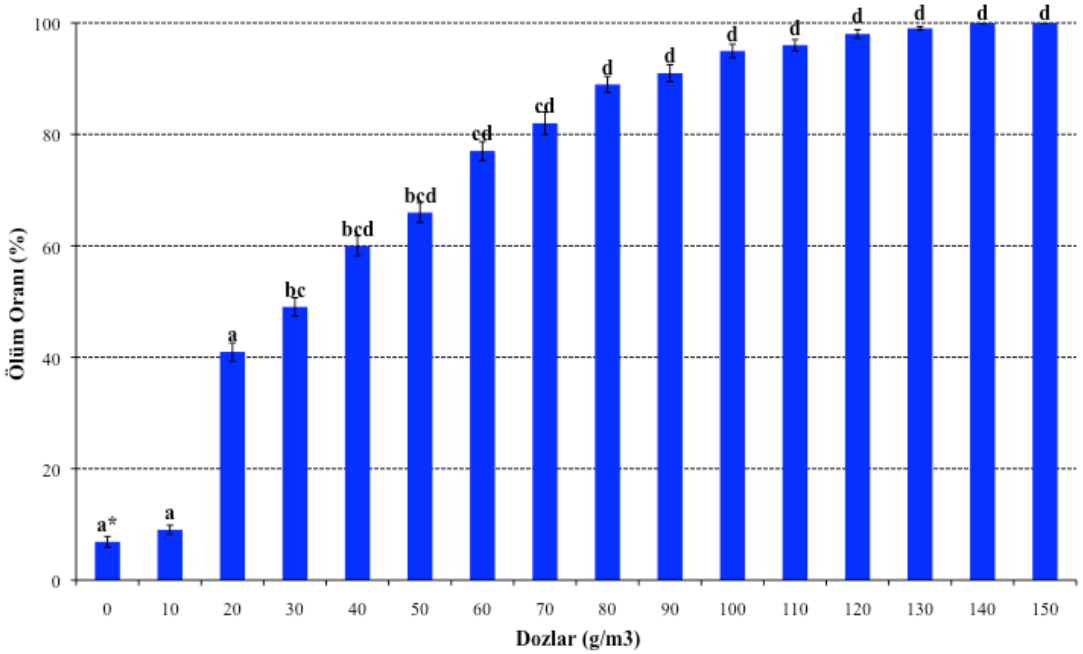
(*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki anlamda önemli değildir).

Araştırmada 20°C sıcaklıkta 0-24, 24-48 ve 48-72 saatlik yumurta evresinde sülfüril florit gazının değişik konsantrasyonlarında 24 saatlik fümigasyon sonucu belirlenen ölümler şekil 4.4 - 4.6'da verilmiştir. Çalışmada % 100 oranda ölüm 0-24 saatlik yumurta evresinde 60 g/m^3 dozda belirlenirken, 24-48 ve 48-72 saatlik yumurtaların her ikisinde de 140 g/m^3 dozda belirlenmiştir. Her üç yaştaki yumurta evresinde de ölümlerin sülfüril florit gazı dozundaki artışla birlikte arttığı belirlenmiştir.



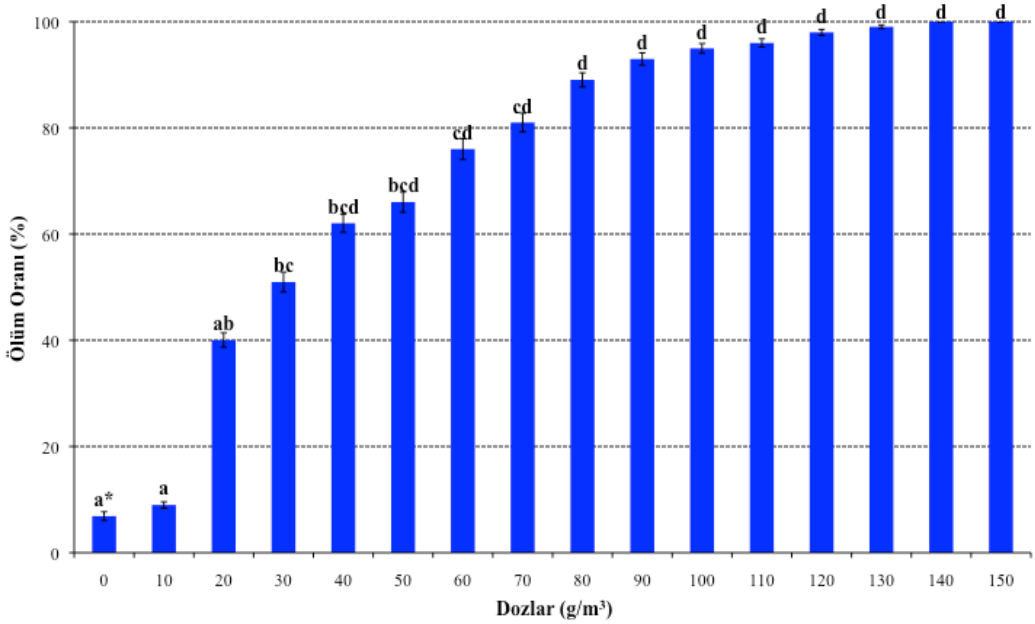
Şekil 4.4 *E. cautella*'nın 0-24 saatlik yumurta evresinde 20°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının değişik dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%)

(*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki anlamda önemli değildir)



Şekil 4.5 *E. cautella*'nın 24-48 saatlik yumurta evresinde 20°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının değişik dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%)

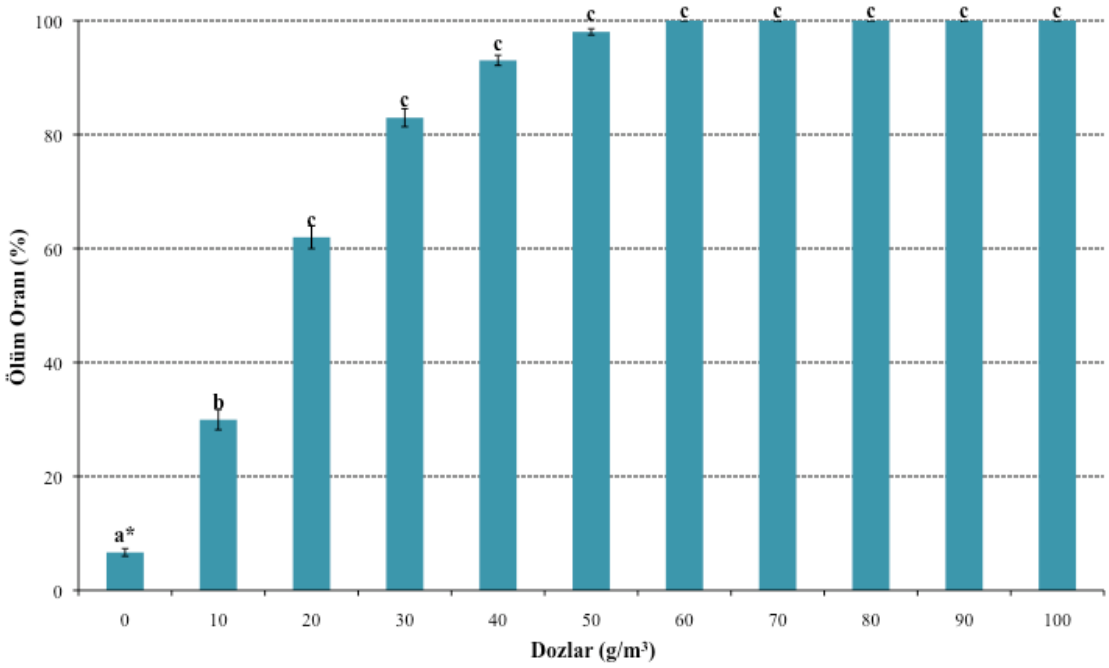
(*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki anlamda önemli değildir)



Şekil 4.6 *E. cautella*'nın 48-72 saatlik yumurta evresinde 20°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının değişik dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%)

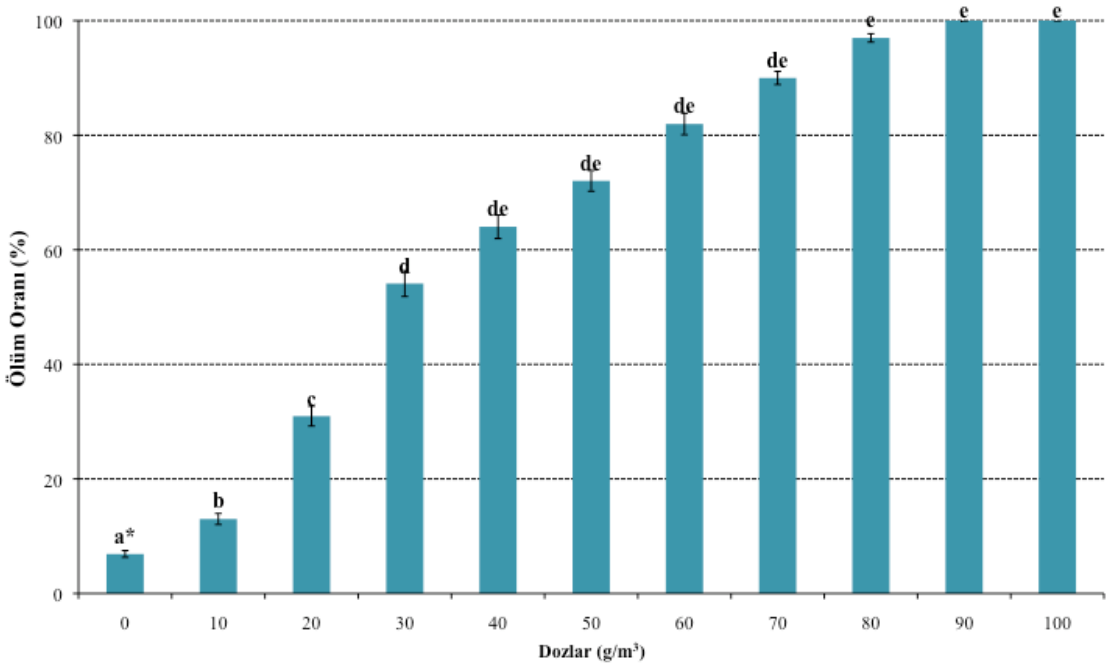
(*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki anlamda önemli değildir)

Araştırmada 25°C sıcaklıkta 0-24, 24-48 ve 48-72 saatlik yumurta evresinde sülfüril florit gazının değişik konsantrasyonlarında 24 saatlik fümigasyon sonucu belirlenen ölümler şekil 4.7 - 4.9'da verilmiştir. Çalışmada % 100 oranda ölüm 0-24 saatlik yumurta evresinde 60 g/m^3 dozda belirlenirken, 24-48 ve 48-72 saatlik yumurtaların her ikisinde de 90 g/m^3 dozda belirlenmiştir. Her üç yaştaki yumurta evresinde de ölümlerin sülfüril florit gazı dozundaki artışla birlikte arttığı belirlenmiştir.



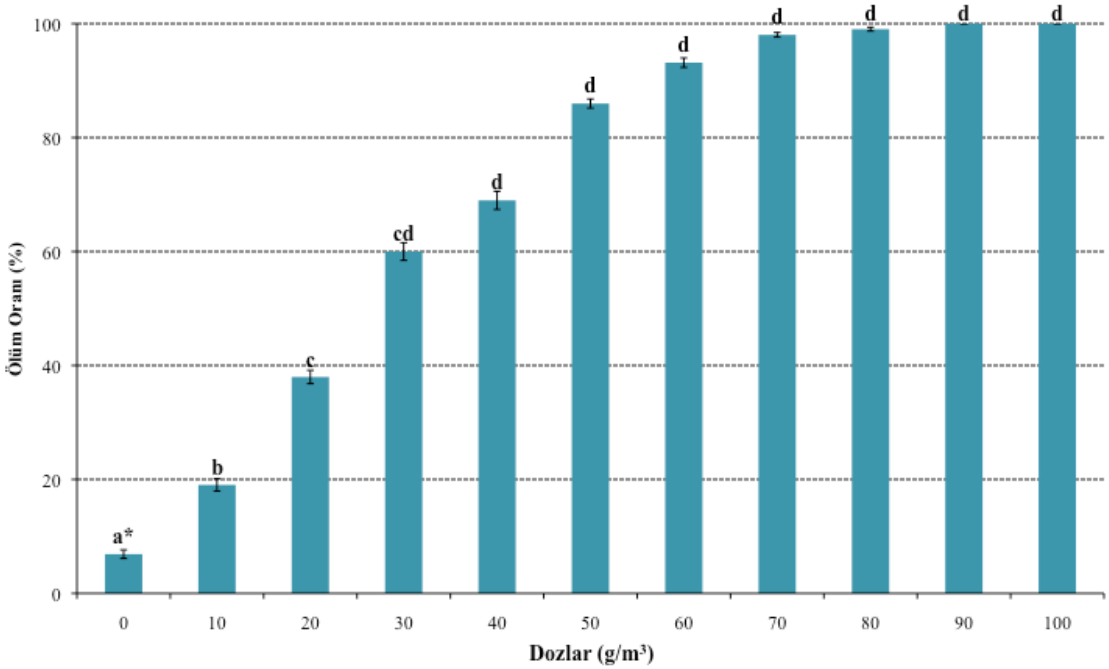
Şekil 4.7 *E. cautella*'nın 0-24 saatlik yumurta evresinde 25°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının değişik dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%)

(*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki anlamda önemli değildir)



Şekil 4.8 *E. cautella*'nın 24-48 saatlik yumurta evresinde 25°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının değişik dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%)

(*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki anlamda önemli değildir)



Şekil 4.9 *E. cautella*'nın 48-72 saatlik yumurta evresinde 25°C sıcaklık, % 75 orantılı (%)

(*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki anlamda önemli değildir)

Çizelge 4.3 incelendiğinde, sıcaklık artışı ile metabolizma hızı artığı için her bir yaş grubunda LD_{50} değerlerinin hesaplanmasında aynı yaş olan yumurtalardan mutlak ölüm elde edilmesi için gerekli doz artan sıcaklığa ters bir şekilde azalmış olup sıcaklık dozun etkinliğini arttırmıştır.

Diğer taraftan her bir sıcaklık için farklı yaştaki yumurta için belirlenen LD_{50} değerleri dikkate alındığında; genel olarak 0-24 saatlik yumurtalar 24-48 ve 48-72 saatlik yumurtalarla karşılaştırıldığında daha hassas olduğu halde, 24-48 ve 48-72 saatlik yumurtalarda LD_{50} değerleri karşılaştırldığında bazı farklılıklar olmasına rağmen 0-24 saatlik yumurtalarda olduğu gibi bir genelleme yapılamamaktadır.

Çizelge 4.3 *E. cautella*'nın 0-24, 24-48 ve 48-72 saatlik yumurtalarında 15, 20 ve 25ºC sıcaklıkta belirlenen ölümlerden hesaplanan LD_{50} ve LD_{99} değerleri (g/m^3)

Yaş (saat)	Sıcaklık (^oC)	Denek Sayısı	Ki-kare (χ^2)	Serbestlik derecesi	Eğim	Eğimin Standart Hatası	LD_{50} (güven aralığı)[a]		LD_{99} (güven aralığı)[a]	H
0-24	15	17.580	259,06	178	3.92	0.086	20.24 (19.41-21.04)	a*C**	79.38 (55,47-75,20)	1,45
	20	13.500	110,421	133	4.53	0.111	18.01 (17,45-18,56)	bC	58.79 (56.160-61,76)	0,83
	25	9.150	115,21	88	3.86	0.093	15.79 (15,15-16,42)	cC	63.36 (59,70-67,64)	1,30
24-48	15	17.580	678,08	178	3.25	0.059	45.53 (43,09-47,85)	aB	237.03 (218,17-260,42)	3,80
	20	13.500	326,77	133	3.43	0.069	35.97 (34,29-37,59)	bA	171.16 (159,73-185,93)	2,46
	25	9.150	245,46	88	3.60	0.083	29.98 (28,51-31,39)	cA	132.76 (121,65-146,77)	2,79
48-72	15	17.580	367,45	178	3.597	0.059	53.58 (51,88-55,23)	aA	238.507 (225,96-252,92)	2,06
	20	13.500	311,07	133	3.08	0.056	31.62 (30,18-33,03)	bB	179.94 (167,32-194,97)	2,36
	25	9.150	184,38	88	3.91	0.096	25.73 (24,52-26,88)	cB	101.23 (94,26-109,76)	2,09

Değişim aralığı $P \leq 0,05$ düzeyinde belirlenmiştir.

*: Herbir yaş grubunda farklı sıcaklıklarda aynı harfi alan LD_{50} değerleri arasındaki fark istatistiki anlamda önemli değildir (güven aralığı çakışması kıyası)

**: Herbir sıcaklıkta farklı yaşlardaki yumurta evresinde aynı harfi alan LD_{50} değerleri arasındaki fark istatistiki anlamda önemli değildir (güven aralığı çakışması kıyası)

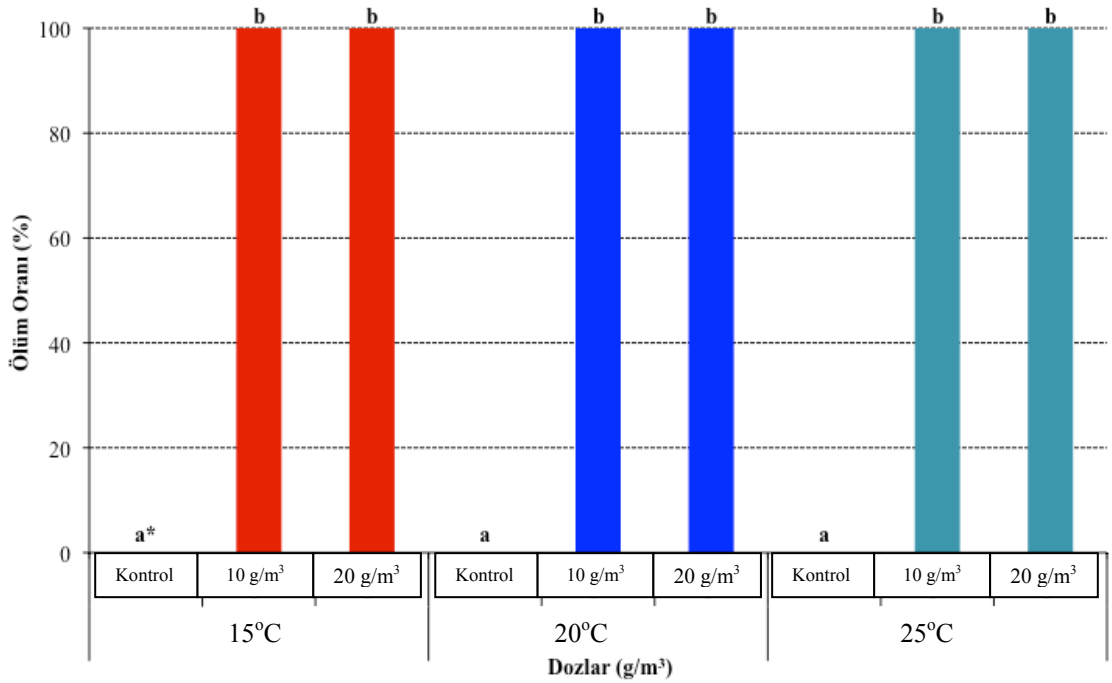
4.2 Larva Evresi'ne Etki

Araştırmanın larva evresi çalışmaları 24-26 günlük olgun larvalarla, 15, 20 ve 25^{o}C sıcaklıklar da 10 g/m^{3} dozunda 24 saatlik süreyle yürütülmüş ve belirlenen ölümler şekil 4.10'da verilmiştir. Çalışma sonucuna göre larva evresi için 15, 20 ve 25^{o}C sıcaklıkların da 10 g/m^{3} dozunda % 100 oranında ölüm belirlenmiştir.

Elde edilen veriler ile yapılan varyans analiz tablosu çizelge 4.4'de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucu, sadece dozun etkisi (P=0.0000) önemli olarak bulunmuş olmakla birlikte sıcaklık ve faktörler arasında (sıcaklık*doz) istatistiki anlamda interaksiyon belirlenmemiştir. Bu durumda, her sıcaklık grubunda, dozlar arası farklılık ayrı ayrı belirlenmiş olup farklı gruplar şekil 4.10'da verilen grafikler üzerinde belirtilmiştir.

Çizelge 4.4 *E. cautella*'nın larva evresi ile ilgili varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Sıcaklık	2	0,057	0,029	0,3333	
Doz	2	138,733	69,367	804,3429	0,0000
Sıcaklık*Doz	4	0,115	0,029	0,3333	
Hata	18	1,552	0,086		
Genel	26	140,458			



Şekil 4.10 *E. cautella*'nın larva evresinde 15, 20 ve 25°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının farklı dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%)

(*:Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki anlamda önemli değildir)

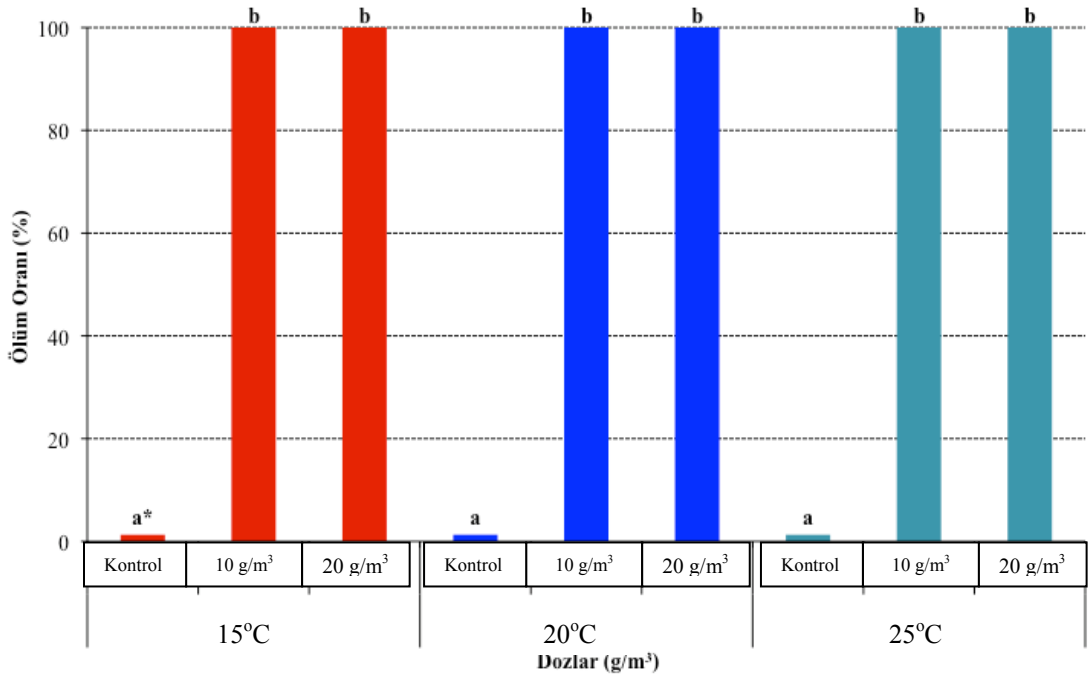
4.3 Pupa Evresi'ne Etki

Araştırmanın pupa evresi çalışmaları 0-24, 24-48, 48-72, 72-96, 96-120, 120-144, 144-168, saatlik pupalarla, 15, 20 ve 25°C sıcaklıklar da 10 g/m^3 dozunda 24 saatlik süreyle yürütülmüş ve belirlenen ölümler şekil 4.11'de verilmiştir. Çalışma sonucuna göre pupa evresi için 15, 20, ve 25°C sıcaklıklarında 10 g/m^3 dozunda % 100 oranında ölüm belirlenmiştir.

Elde edilen veriler ile yapılan varyans analiz tablosu çizelge 4.5'de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucu, sadece dozun etkisi (P=0.0000) önemli olarak bulunmuş olmakla birlikte sıcaklık, yaş ve faktörler arasında (yaş*sıcaklık, yaş*doz, sıcaklık*doz, yaş*sıcaklık*doz) istatistiki anlamda interaksiyon belirlenmemiştir. Bu durumda, her sıcaklık grubunda, dozlar arası farklılık ayrı ayrı belirlenmiş olup farklı gruplar şekil 4.11'de verilen grafikler üzerinde belirtilmiştir.

Çizelge 4.5 *E. cautella*'nın pupa evresi ile ilgili varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Yaş	6	0,048	0,08	0,0565	
Sıcaklık	2	0,334	0,167	1,1754	0,3120
Yaş*Sıcaklık	12	0,141	0,012	0,0828	
Doz	2	850,314	425157	2994,6723	0,0000
Yaş*Doz	12	0,096	0,008	0,0565	
Sıcaklık*Doz	4	0,668	0,167	1,1754	0,3248
Yaş*Sıcaklık*Doz	24	0,282	0,12	0,0828	
Hata	126	17,888	0,142		
Genel	188	869,771			



Şekil 4.11 *E. cautella*'nın pupa evresinde 15°C, 20°C ve 25°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının farklı dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%)

(*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki anlamda önemli değildir)

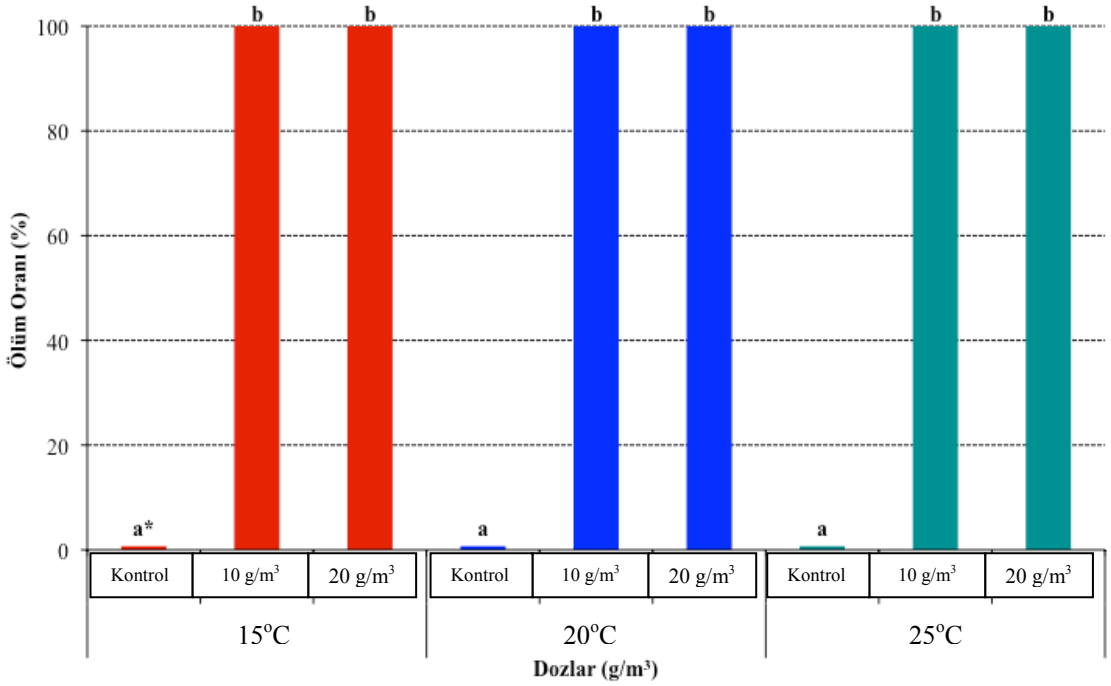
4.4 Ergin Evresi'ne Etki

Araştırmanın ergin evresi çalışmaları 0-24 saatlik erginlerle, 15, 20 ve 25^{o}C sıcaklıklar da 10 g/m^{3} dozunda 24 saatlik süreyle yürütülmüş ve belirlenen ölümler şekil 4.12'de verilmiştir. Çalışma sonucuna göre ergin evresi için 15, 20 ve 25^{o}C sıcaklıklarda ve 10 g/m^{3} dozda % 100 oranında ölüm belirlenmiştir.

Elde edilen veriler ile yapılan varyans analiz tablosu çizelge 4.6'da verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucu, sadece dozun etkisi (P=0.0000) önemli olarak bulunmuş olmakla birlikte sıcaklık ve faktörler arasında (sıcaklık* doz) istatistiki anlamda interaksiyon belirlenmemiştir. Bu durumda, her sıcaklık grubunda, dozlar arası farklılık ayrı ayrı belirlenmiş olup farklı gruplar şekil 4.12'de verilen grafikler üzerinde belirtilmiştir.

Çizelge 4.6 *E. cautella*'nın ergin evresi ile ilgili varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Sıcaklık	2	0,057	0,029	0,3333	
Doz	2	138,733	69,367	804,3429	0,0000
Sıcaklık*Doz	4	0,115	0,029	0,3333	
Hata	18	1,552	0,086		
Genel	26	140,458			



Şekil 4.12 *E. cautella*'nın ergin evresinde 15, 20 ve 25°C sıcaklık, % 75 orantılı nemde sülfüril florit gazının farklı dozlarında 24 saatlik uygulamada belirlenen ölümler (%)

(*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki anlamda önemli değildir)

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmayla tarımsal ürünlerin depolandığı alanlarda yaygın olarak karşılaşılan ve önemli zararlara yol açan zararlılardan *E. cautella*'nın kontrol edilmesinde ülkemizde 2009 yılında ruhsatlandırılmış bir fümigant olan sülfüril florit gazından yararlanma imkanları araştırılmıştır. Bu amaçla 15, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıkta, değişik sülfüril florit gazı dozlarında, 24 saatlik uygulama süresinde zararlının tüm evrelerinde gerçekleşen ölümler belirlenmiştir. Çalışma, zararlının değişik yaşlardaki yumurta (0-24, 24-48 ve 48-72 saatlik), larva (24-26 günlük), pupa (0-24, 24-48, 48-72, 72-96, 96-120, 120-144, 144-168 saatlik) ve ergin (0-24 saatlik) evrelerinde yürütülmüştür.

Sonuçlar bir bütün olarak incelendiğinde, yumurta evresi diğer evrelerle karşılaştırıldığın da en dayanıklı evre olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Benzer şekilde Walse vd. (2009) *P. interpunctella, T. castaneum* ve *C. hemipterus*'un üzerinde yaptığı çalışmada her üç zararlının da diğer evrelere göre yumurta evresinin en dayanıklı evre olduğunu bildirmişlerdir. Yine Zhang (2006) tarafından *A. tristis*'in ergin evresinin yumurta evresinden daha hassas olduğu bildirilmektedir. Bu çalışmalarla çalışmamız tamamen örtüşmektedir.

Çizelge 4.1 incelendiğinde özellikle yumurta evresi için öncelikle göze çarpan 2 nokta öne çıkmaktadır. Uygulama süresi sabit olması durumunda artan sıcaklık ve dozlarda ölüm oranı artmaktadır. Diğer taraftan larva, pupa ve ergin evresi için en düşük dozda bile ölüm gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.3 incelendiğinde sıcaklık artışı ile metabolizma hızı arttığı için her bir yaş grubunda LD_{50} değerleri artan sıcaklığa ters bir şekilde azalmış olup aynı yaş olan yumurtalardan mutlak ölüm elde edilmesi için gerekli dozun düştüğü belirlenmiş sıcaklık dozun etkinliğini arttırmıştır. Diğer taraftan her bir sıcaklık için farklı yaştaki yumurta için belirlenen LD_{50} değerleri dikkate alındığında; genel olarak 0-24 saatlik yumurtalar 24-48 ve 48-72 saatlik yumurtalarla karşılaştırıldığında aynı doz miktarına daha hassas oldukları belirlenmiştir.

Çalışmanın 15^{o}C sıcaklıktaki sonuçları değerlendirildiğinde; 0-24, 24-48 ve 48–72 saatlik yumurta evresinde değişik sülfüril florit gazı dozlarında 24 saatlik uygulamada mutlak ölüm sırayla 90 g/m^3, 190 g/m^3 ve 190 g/m^3 dozlarda belirlenmiştir. Ölüm oranının dozdaki artışla birlikte arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.1). 24-48 ve 48–72 saatlik yumurtalar aynı dozda mutlak ölüm belirlenirken, 0-24 saatlik yumurtalarda neredeyse diğer yaşlarda mutlak ölümün belirlendiği yarı dozda mutlak ölüm belirlenmiştir. Diğer taraftan 24-48 ve 48–72 saatlik yumurtalarda kendi içlerinde karşılaştırıldığında, 48–72 saatlik yumurtaların daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir. 48-72 saat saatlik yumurtalar için % 60 ölüm oranının belirlendiği doz ile % 100 ölüm oranın belirlendiği doz aynı grupta yer almıştır. 24-48 saatlik yumurtalar için % 88 ölüm oranının belirlendiği doz ile % 100 ölüm oranının belirlendiği doz aynı grupta yer almıştır. Aynı şekilde 0-24 saatlik yumurtalar için % 77 ölüm oranının belirlendiği doz ile % 100 ölüm oranının belirlendiği doz aynı grupta yer almıştır.

Çalışmanın 20^{o}C sıcaklıkta, elde edilen sonuçları değerlendirildiğinde; ölüm oranının 15^{o}C olduğu gibi, dozdaki artışla birlikte arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.1). 15^{o}C'de sıcaklıkta olduğu gibi, uygulamada 24-48 ve 48–72 saatlik yumurtalar için aynı dozda mutlak ölüm belirlenirken, dozun yarısında 0-24 saatlik yumurtalar için neredeyse diğer yaşlarda mutlak ölümün belirlendiği yarı dozda mutlak ölüm belirlenmiştir. Diğer taraftan 24-48 ve 48–72 saatlik yumurtalar kendi içlerinde karşılaştırıldığında sonuçların çok benzer olduğu görülmüştür. 48-72 saatlik yumurtalar için % 62 ölüm oranının belirlendiği doz ile % 100 ölüm oranın belirlendiği doz aynı grupta yer almıştır. 24-48 saatlik yumurtalar için % 60 ölüm oranın belirlendiği doz ile % 100 ölüm oranın belirlendiği doz aynı grupta yer almıştır. Aynı şekilde 0-24 saatlik yumurtalar için % 63 ölüm oranının belirlendiği doz ile % 100 ölüm oranının belirlendiği doz aynı grupta yer almıştır.

Çalışmanın 25^{o}C sıcaklıkta yapılan kısmında elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde ise; 0-24, 24-48 ve 48–72 saatlik yumurta evresinde değişik sülfüril florit gazı dozlarında, 24 saatlik uygulamada mutlak ölüm sırayla 60, 90 ve 90 g/m^3 dozda belirlenmiştir. Ölüm oranının dozdaki artışla birlikte arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.7 - 4.9). 15^{o}C sıcaklıkta olduğu gibi, uygulamada 24-48 ve 48–72 saatlik yumurtalar için

aynı dozda mutlak ölüm belirlenirken 0-24 saatlik yumurtalar için neredeyse diğer yaşlarda mutlak ölümün belirlendiği yarı doz da mutlak ölüm belirlenmiştir. Diğer taraftan 24-48 ve 48–72 saatlik yumurtalar kendi içlerinde karşılaştırıldığında 24-48 yaşlı yumurtaların daha dayanıklı olduğu görülmüştür. 48-72 saatlik yumurtalar için % 60 ölüm oranının belirlendiği doz ile % 100 ölüm oranının belirlendiği doz aynı grupta yer almıştır. 24-48 saatlik yumurtalar için % 54 ölüm oranının belirlendiği doz ile % 100 ölüm oranının belirlendiği doz aynı grupta yer almıştır. Benzer şekilde 0-24 saatlik yumurtalar için % 62 ölüm oranının belirlendiği doz ile % 100 ölüm oranının belirlendiği doz aynı grupta yer almıştır.

Sıcaklıktaki ve uygulama dozundaki artış ile gerçekleşen ölümlerde artış olduğu farklı araştırıcılar tarafından da bildirilmiştir. Su ve Scheffrahn (1990) tarafından sülfüril florit'in dört coleopter türünün yumurta, larva, pupa ve ergin evrelerine karşı etkinliği incelenmiştir. Bu çalışmada erginlerin larvalardan daha hassas olduğu, en dayanıklı evrenin de yumurta evresi olduğu bildirilmektedir. Yumurta evresinde %100 oranda bir ölüm için gereken dozun, larva ve ergin evresindekinden 7-30 katı olduğu bildirilmiştir. Yine Bell ve Savvidou (1999) tarafından *E. kuehniella*'nın farklı yaş yumurtaları üzerine 15 ve 25°C'lerde sülfüril florit'in farklı konsantrasyonlarının farklı uygulama sürelerinde uygulandığı çalışma sonucunda; 15°C'den itibaren artan sıcaklıklarla fümigantın etkinliğinin de arttığı bildirilmiştir. Baltacı vd. (2008) ve Baltacı vd. (2010) *C. ferrugineus* ve *O. mercator*'da ölümlerle sıcaklık arasında, konsantrasyon ile uygulama süresi arasında yüksek korelasyon belirlendiğini bildirmişlerdir. Yine Baltacı vd. (2009) ve Baltacı vd. (2010) tarafından bu kez tütün güvesi *E. elutella*'nın 1-4 günlük yumurtaları, larvaları ve pupalarının, farklı koşullarda sülfüril florit hassasiyetleri araştırılmıştır. Bu çalışmada larva ve pupa evresinin 15°C, 20°C ve 25°C de en düşük doz olan 11.6 g/m^3'de kontrol edildiği, 1 ve 2 günlük yumurtalar genelde daha hassasken, 3-4 günlük yumurtaların sülfüril florit uygulamasına daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir. Walse vd. (2009) *P. interpunctella, T. castaneum* ve *C. hemipterus*'un 0-36, 0-48 ve 0-72 saatlik yumurtaları üzerinde LD_{50} dozu, 15.5°C, 21.1°C ve 26.7°C sıcaklık için hesaplanmış olup artan sıcaklıkla mutlak ölüm için gerekli uygulama dozunun düştüğü belirlenmiştir. Akan ve Ferizli (2010) 15, 20, 25, 30 ve 35°C sıcaklıkta *E. cautella*'nın 0-1, 1-2, 2-3 gün yaşlı yumurtalarında ve Karakoyun

ve Emekçi (2010) ise 15, 20 ve 25^{o}C sıcaklıkta *C. hemipterus*'un 0-1 ve 1-2 gün yaşlı yumurtalarına 24 saatlik uygulama süresinde sülfüril florit gazının etkinliğini araştırmışlardır. Her iki araştırmada da artan sıcaklıklarla ölüm oranın arttığı bildirilmiştir. Çalışmamız yukarıda belirtilen çalışmalarla örtüşmekte olup artan sıcaklıkla özelikle yumurta evresi için ölümcül doz önemli ölçüde düşmektedir. Bu sonuçlardan hareketle; artan sıcaklıkla solunumun artacağı ve daha fazla ölümcül gazın zararlının vücuduna alınacağı ve bunun sonucunda ölümün daha kısa sürede ve daha düşük dozda olacağı yorumu yapılabilir.

Araştırmanın amaçlarından biri de yumurta evresi için farklı yaş gruplarına sülfüril florit gazının etkinlik düzeyi belirlenerek yaşlar arasında hassasiyet farklılığının olup olmadığının ortaya çıkartılmasıdır. Araştırma; yumurta evresi için 0-24, 24-48 ve 48-72 saat yaş gruplarında yürütülmüştür. 15^{o}C sıcaklıkta 48-72 saatlik yumurtalar 24-48 saatlik yumurtalara göre daha dayanıklı olduğu, 20^{o}C sıcaklıkta 48-72 saatlik yumurtalarla 24-48 saatlik yumurtaların benzer hassasiyet gösterdiği fakat 25^{o}C sıcaklıkta 24-48 saatlik yumurtaların 48-72 saatlik yumurtalara göre daha dayanıklı olduğu, yani 15^{o}C ile 25^{o}C sıcaklık arasında tersi bir durum olduğu belirlenmiştir. Tüm sıcaklıklarda 0-24 saatlik yumurtaların en hassas grup olduğu belirlenmiştir. Williams ve Sprenkel (1990) tarafından *Ewrillatta peltata* (Harris) ve *Lyctus burnneus* (Stephens)'in yumurtalarına sülfüril florit'in 1- 7 ovicidal günlük aktivitesinin incelendiği çalışmada 22.2°C sıcaklık ve 90 mg-h/litre yumurta evresi için en dayanıklı yumurtaların 1-2 günlük yumurtalar olduğu ve daha yaşlı yumurtalar daha hassas olarak belirlenmiştir. Bell ve Savvidou (1999) *E. kuehniella*'nın farklı yaştaki yumurtalarında farklı dozlardaki sülfüril florit gazının, farklı uygulama sürelerindeki etkinliğini, 15 ve 25°C sıcaklıkta araştırmışlardır. Yazarlar 1-2 günlük yumurtaların diğer yaş grubu yumurtalara kıyasla sülfüril florit gazına daha dayanıklı olduğunu, bunu azalan sırayla 2-3 günlük, 0-1 günlük ve 3-4 günlük yumurtaların takip ettiğini bildirmişlerdir. Bakarat vd. (2010) *Corcyra cephalonica*'nın farklı yaştaki yumurtalarına 27^{o}C sıcaklıkta 24 saatlik uygulama çalışmasında 1 gün yaşlı yumurtaların diğer yaştakilere kıyasla daha hassas olduğunu, 4 gün yaşlı yumurtaların ise oldukça dayanıklı olduğunu bildirmektedirler. Artan sıcaklıkla fümigantın etkinliğinin de arttığı yorumunu yapmışlardır. Bakarat vd. (2009) *Corcyra cephalonica*'nın farklı yaştaki yumurtalara

27°C sıcaklıkta 24 saatlik uygulama çalışmasında 1 gün yaşlı yumurtaların diğer yaştakilere kıyasla daha hassas olduğunu, 4 gün yaşlı yumurtaların ise oldukça dayanıklı olduğunu bildirmektedirler. İncelenen çalışmalarla araştırma sonuçlarımız tamamen örtüşmektedir. Diğer taraftan Karakoyun ve Emekçi (2010) çalışmalarında 15, 20 ve 25°C sıcaklıkta *C. hemipterus*'un 0-1 gün yaşlı yumurtalarının 1-2 gün yaşlı olana oranla sülfüril florit gazına daha dayanıklı olduğunu bildirmektedirler. Bu araştırma ise araştırma sonuçlarımızla örtüşmemektedir.

Fosfinle yapılan çalışmalar incelendiğinde çalışmaların neredeyse tamamın da Chaudhry'un da (1997) belirtildiği gibi yumurta evresindeki fosfine tolerans yaş artışıyla azalmaktadır. Zira, gelişimine devam eden yumurtada metabolizma hızı ve solunum artmaktadır. Bu konuda Akan ve Ferizli (2004) tarafından 200 ppm PH_3 ve 200 ppm PH_3 + % 20 CO_2 karışımının *Oryzaephilus surinamensis*'e etkinliği üzerine yaptığı çalışmasında yumurta evresinin larva pupa ve ergin evresiyle karşılaştırıldığında aynı sülfüril florit gazın da olduğu gibi yumurta evresinin daha dayanıklı olduğu diğer taraftan aynı çalışmada aynı gaz karışımlarına 0-24 saatlik yumurtaların 24-48 ve 48-72 saatlik yumurtalarla karşılaştırıldığında daha dayanıklı olduğu bildirilirken, çalışmamızda bu durumun tersi bir durum söz konusudur. Yani, 0-24 saatlik yumurtaların sülfüril florit gazına daha yaşlı yumurtalarla karşılaştırıldığında daha hassas olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, Uslu vd. (2006) 20°C sıcaklık ve % 65 orantılı nemde *E. cautella*'nın 0-24, 24-48 ve 48-72 saatlik yumurta, larva (25 günlük), 24-48 saatlik pupa ve ergin (0-24 günlük) evrelerinde 100 ppm fosfin gazı (PH_3) ile yaptıkları çalışmada ergin ve larva evresi en hassas ve pupa evresi en dayanıklı evre olarak belirlemişlerdir. Çalışmada 0-24 saatlik yumurtaların 24-48 ve 48-72 saatlik yumurtalara kıyasla daha dayanıklı olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 4.3'de yumurta dönemine ait 3 sıcaklık derecesindeki probit analizi sonuçları yer almaktadır. Çizelge 4.1 ve 4.3 incelendiğinde, yumurta evresinde yaş farkı nedeniyle oluşan hassasiyet farklılıkları görülebilmektedir. Her 3 sıcaklık derecesinde de genç yumurtaları öldürmek için gerekli olan süre daha kısadır. Chaudhry'un da (1997) belirtildiği gibi gelişimine devam eden yumurtada metabolizma hızı ve solunum artmakla birlikte araştırma sonuçlarına göre elde verilerin ışığı altında sülfüril florit için bu genelleme doğru değildir. Bu durum Outram (1967) tarafından *Schistocerca gregaria* (Forsk.) ve

Tenebrio molitor (L.) yumurtalarının sülfüril florit alımı üzerine yaptığı araştırmasıyla kısmen açıklanabilir. Bu araştırmada, gazın yumurtaya penetrasyonunu *S. gregaria* yumurtalarındaki mikropilar kompleks yoluyla ve *T. molitor* yumurtalarındaki koryonun genel yüzeyi ile olduğunu bildirmektedir. Çalışmada yumurtalar tarafından alınan fümigant yeniden alınabilir ve yeniden alınamaz şeklinde iki fraksiyona ayrılabileceğini *S. gregaria* yumurtalarının alım eğrisinde; alımda başlangıçta bir gecikme gösterdiği, ancak diğer taraftan alımın hızlı olduğu *T. molitor* yumurtalarına benzer olduğu bildirilmektedir. Sülfüril florit'e hassas yumurtalar, dayanıklı yumurtalardan her birim zamanda daha fazla fümigant almakta ve miktarı geri salınımla ortama tekrar geri bırakmamaktadır. Alınan fümigant miktarı, embriyo gelişim evresiyle değişmekle birlikte hassas evreler dayanıklı evrelerden daha çok yeniden alınamaz fümigant içermekte şeklinde açıklanabilir. Çalışmamızda yumurta evresine gazın yumurtaya penetrasyonu ile ilgili bir çalışma yapılmamakla birlikte Qutram (1967) tarafından yapılan çalışmadaki benzer mekanizmalarla gazın yumurtaya alındığı ve etki mekanizmasının benzer olabileceği düşünülmektedir.

Reichmuth ve Klementz (2008) tarafından da bildirildiği gibi fosfin ve sülfüril floritin belirli oranlarda karıştırılmasıyla her iki gazın etkinliğinin daha az olduğu farklı yumurta yaşı üzerinde etkinlik arttırılarak öncelikle kullanılan ölümcül dozların azaltılırken fümigasyon süresinin kısaltılması da mümkün olabilir. Bu şekilde fosfin gazının uygulamalarında istenmeyen durumlardan olan öncelikle direnç ve uygulama süresinin uzunluğu ile sülfüril florit gazının yumurta evresi üzerine olan etkisi ve yumurta evresini kontrol etmek için yüksek doz uygulamaları sonucu oluşabilecek kalıntı probleminin önüne geçilmesi mümkün olabilir.

Yumurta evresinde yapılan çalışmanın amaçları arasında olmamakla birlikte, aynı sıcaklıkta yumurta açılma süresinin kontrolle kıyaslandığında belirli bir gecikme olduğu gözlemlere dayanılarak söylenebilir. Burada uygulama dozunun konsantrasyonundan daha çok uygulama sıcaklığının yumurta açılma süresinin uzamasında etkili olabileceği yorumunun yapılması daha uygun olacaktır. Diğer taraftan yumurta açılımındaki gecikmenin konsantrasyon artışı ile ilgili bir ilişkiye ilişkilendirilip, bu konuda herhangi bir yorum yapılması eldeki verilerle mümkün olamamaktadır. Bununla birlikte Su ve

Scheffrahn (1990) tarafından yapılan çalışmada sülfüril florit'in yüksek doz konsantrasyonları *Lasioderma serricorne*'nin yumurtalarındaki gelişimi yavaşlattığı bildirmiştir. Bu durum kısmen çalışmamızla örtüşmektedir.

Yapılan çalışmalarda özellikle yumurta evresinde sülfüril florit etkinliğinin arttırılması yoluyla, daha düşük dozlarda mutlak ölüme ulaşılması için farklı yollar denenmiştir. Öncelikle süresinin uzatılması denenmiş olup, sülfüril florit etkinliğinin uygulama sürenin arttırılmasıyla değişimi üzerine yapılan ön çalışmamızda artan süreyle mutlak ölüm için gereken dozun neredeyse yarıya indirilebileceği ortaya konulmuştur. Tüm evreler ve her evredeki yaş grupları dikkate alındığında en dayanıklı grup ele alındığında, 24 saatlik uygulama süresince mutlak ölüme ilişkin 15^{o}C sıcaklıkta 190 g/m^{3}, 20^{o}C sıcaklıkta 140 g/m^{3}, 25^{o}C sıcaklıkta 90 g/m^{3}, 30^{o}C sıcaklıkta 60 g/m^{3} ve 35^{o}C sıcaklıkta ise 30 g/m^{3} dozunda belirlenirken; 48 saatlik uygulama süresince mutlak ölüm 15^{o}C sıcaklıkta 110 g/m^{3}, 20^{o}C sıcaklıkta 80 g/m^{3}, 25^{o}C sıcaklıkta 50 g/m^{3}, 30^{o}C sıcaklıkta 20 g/m^{3} ve 35^{o}C sıcaklıkta ise 20 g/m^{3} dozları yeterli olmaktadır. Benzer şekilde Bakarat vd. (2009), *Corcyra cephalonica*'nın farklı yaştaki yumurtalarına 27^{o}C sıcaklıkta uygulama süresindeki artışla yumurta yaşı arasındaki farkların ortadan kalktığını bildirilmektedirler. Bell ve Savvidou (1999) tarafından yapılan çalışma çalışmamızı desteklemekte olup, yine Baltacı vd. (2008 ve 2010) tarafından yapılan 2 farklı çalışmada ölümlerle sıcaklık arasında, konsantrasyon ile uygulama süresi arasında yüksek bir korelasyon belirlenmiştir.

Araştırmada larva evresi çalışmaları, 15, 20 ve 25^{o}C sıcaklıklar 24-26 günlük olgun larvalar üzerinde ve farklı dozlarda yürütülmüştür. Kontrollerde ölüm oranının % 0 olarak belirlendiği çalışmalarda 10 g/m^{3} dozunda % 100 oranına ulaşıldığı için, mutlak ölüm için doz 10 g/m^{3} olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmada ölüm oranı en düşük konsantrasyonda bile oldukça yüksek olarak belirlenmiştir. Larva evresi üzerine çalışmalar yürüten araştırıcılardan, Su ve Scheffrahn (1990) dört coleptera türü; *Anthrenus flacipes* LeConte, *Attagenus megatoma* (F-), *Lasioderma serricorne* (F.), ve *Dermestes maculatus* (De Geer)'un tüm sıcaklıklarda larva evresinin yumurtadan daha hassas olduğu, hatta yumurtaları öldürmek için larva ve erginleri öldürmek için gerekli dozun 7-30 katı gerekli olduğunu bildirmişlerdir. Baltacı vd. (2009) tarafından tütün

güvesi *E. elutella*'nın, yumurta, larva ve pupa evreleri 18, 24 ve 48 saatlik sürelerde, 11.6 ve 21.3 g/m^3 dozlarda, 15, 20 ve 25°C ve % 65 nisbi nemde uygulamaya tabi tutulmuştur. 18 saatlik uygulamada tüm larvalar ve pupalar tüm üç sıcaklıktan 11.6 g/m^3 (en düşük doz) dozda ölürken, yumurta evresi için daha yüksek konsantrasyonlar gerekmiştir. Araştırma sonucunda tüm sıcaklık ve dozlarda larva evresinin yumurta evresine göre hassas, pupa ve ergin evresi ile benzer hassasiyette olduğu belirlenmiş olup benzer çalışmalarla çalışmamız tamamen örtüşmektedir.

Araştırmada pupa evresi çalışmaları; 15, 20 ve 25^{o}C sıcaklıklar 0-24, 24-48, 48-72, 72-96, 96-120, 120-144, 144-168 saatlik pupalar üzerinde ve farklı dozlarda yürütülmüştür. Kontrollerde ölüm oranının % 4-5 olarak belirlendiği çalışmalarda 10 g/m^3 dozunda % 100 oranına ulaşıldığı için, mutlak ölüm için doz 10 g/m^3 olarak belirlenmiştir. Çalışılan en düşük dozda ölüm gerçekleştiği için sülfüril florit gazının pupa yaşı üzerine etkisi üzerine herhangi bir yorum yapılması mümkün olamamıştır. Pupa evresi üzerine çalışmalar yürüten araştırıcılardan, Barak vd. (2006) *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) (Coleoptera: Cerambycidae)'nin 24 saatlik uygulaması 20-112 g/m^3 arasında ki değişen dozlarda değişen sıcaklıklarda yapılmıştır. Pupa evresi çalışması sonucu 104 g/m^3 dozda 15.6^{o}C ve 21.1^{o}C sıcaklıkta fümige edilmiş ve mutlak ölüm elde edilmiştir. Baltacı vd. (2009) tarafından *E. elutella*'nın pupalarına farklı koşullarda sülfüril florit hassasiyetlerinin araştırıldığı çalışmada zararlı 18, 24 ve 48 saatlik, 11.6 ve 21.3 g/m^3 dozlarda, 15, 20 ve 25°C ve % 65 nisbi nemde uygulamaya tabi tutulmuştur. 18 saatlik uygulamada tüm pupalar uygulamaları üç sıcaklıkta da, en düşük doz olan 11.6 g/m^3 konsantrasyonda öldüğünü bildirmektedirler. Araştırma sonucunda tüm sıcaklık ve dozlarda pupa evresinin yumurta evresine göre hassas, larva ve ergin evresi ile benzer hassasiyette olduğu belirlenmiş olup, benzer çalışmalarla çalışmamız tamamen örtüşmektedir.

Araştırmada ergin evresi çalışmaları 15, 20 ve 25^{o}C sıcaklıklar 0-24 saatlik erginler üzerinde ve farklı dozlarda yürütülmüştür. Kontrollerde ölüm oranının % 0 olarak belirlendiği çalışmalarda 10 g/m^3 dozunda % 100 oranına ulaşıldığı için, mutlak ölüm için doz 10 g/m^3 olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmada ölüm oranı en düşük konsantrasyonda bile oldukça yüksek olarak belirlenmiştir. Ergin evresi üzerine

çalışmalar yürüten araştırıcılardan, Su ve Scheffrahn (1990) tarafından dört coleptera türün üzerinde yapılan çalışma; erginlerin larvalardan daha hassas olduğu ve en dayanıklı evre olan yumurtaları öldürmek için larva ve erginlerin öldürmek için gerekli dozun 7-30 katı gerekli olduğu bildirilmiştir. Bell ve Savvidou (1999) tarafından *E. kuehniella* üzerinde sülfüril florit ile yapılan bir araştırmada 25°C'de ergin çıkışını önlemek için 800 mg.saat/litre civarında düşük bir CT ihtiyacı olduğu bildirilirken yine Zhang (2006) tarafından yapılan bir çalışmada sülfüril floritle test edilen *A. tristis* ve *H. ater* erginlerinin kontrolü için düşük bir konsantrasyon olan 15 g/m^3 belirlenmiştir. Baltacı ve arkadaşlarınca (2008) yapılan çalışmada *C. ferrugineus* ve *O. mercator*'da ergin evresinin 15^{o}C sıcaklık ve 24 saatlik sülfüril florit ile uygulamasında en düşük konsantrasyon olan 10 g/m^3 dozda öldüklerini bildirmektedirler. Araştırma sonucunda tüm sıcaklık ve dozlarda ergin evresinin yumurta evresine göre hassas, larva ve pupa evresi ile benzer hassasiyette olduğu belirlenmiş olup benzer çalışmalarla çalışmamız tamamen örtüşmektedir.

Çalışma sonucunda larva, pupa ve ergin evresi en düşük dozda ölüm belirlendiği için bu evreler arasında bir karşılaştırma yapılması mümkün olamamıştır. Bununla birlikte yumurta evresi tüm evrelerden daha dayanıklı olarak belirlenmiştir. Larva ve ergin evresi hareketli olduğu için solunumun fazla olması dolayısıyla vucüda daha fazla fümigant alınması/solunması beklenmektedir. Ergin ve larva evresindeki hassasiyet bu şekilde açıklanabilirken pupa evresinde ise solunum muhtemelen ergin ve larva evresindeki kadar hızlı olduğu için pupa evresindeki hassasiyetinde larva ve ergine benzediği düşünülebilir. Yumurta evresinde ise solunum son derece yavaş ve az miktarda olduğu için ve chorion, özellikle epiembriyonik doku tarafından fumigantlar geçirmez, sonuçta fumigant yumurtaya geçemez (Outram 1967). Bu nedenle fumigatın etkisi bu evre de daha az olarak yorumlanabilir. Bununla birlikte bazen de doza bağlı olarak bazende dozdan bağımsız olarak kontrolle karşılaştırldığında sülfüril florit uygulaması yumurta açılımını geciktirmektedir.

Stewart (1957) boş binaların fümigasyonunda sülfüril florit ile metil bromit uygulamalarını karşılaştırmıştır. Sülfüril florit'in öne çıkan avantajları, yanmaması, kolay uygulama ve penetrasyonu, korozif olmaması ve istenmeyen koku

reaksiyonlarının olmaması, ticari pratik uygulamalarda sülfüril florit fümigasyonunu tatmin edici hale getirmiştir. Benzer şekilde Small (2007) tarafından un değirmenlerindeki *Tribolium* spp. ve *E. kuehniella* populasyonları üzerine sülfüril florit ve metil bromitin etkilerinin değerlendirildiği çalışmasında, sülfüril florit fümigasyonunun *T. confusum* ve *E. kuehniella* bulaşmalarına karşı etkinliğinin metil bromit'e oranla daha belirgin olduğu bildirilmektedir. Farklı araştırıcılar tarafından yapılan bu üç çalışma pratik olarak sülfüril florit'in bazı durumlarda metil bromit ve ısıl işlem uygulamalarına bir alternatif olabileceğini bildirmektedirler. Çalışmamızda sülfüril florit gazının *E. cautella'*da larva, pupa ve ergin evresi için oldukça etkili olduğu; yumurta evresinde ise sorunun çözümü için alternatif olarak uygulama süresinin uzatılması, sıcaklığın arttırılması, pulse fümigasyon, bazı gazlar ile birlikte kullanımının araştırılması gerektiği düşünülebilir.

Gerek araştırmamız da gerekse konu üzerinde yapılan diğer çalışmalarda özellikle yumurta evresine sülfüril florit etkinliğinin arttırılması ve daha düşük dozlarda mutlak ölüme ulaşılması için farklı tekniklerin uygulanması gerekmektedir. Bu konuda karbondioksit uygulamaları ile kombine edilmesi üzerinde durulmuştur. Scheffrahn vd. (1995) tarafından sülfüril florit ve metil bromit'in karbondioksit ile kombinasyonun *Incisitermes snyderi* (Light) pseudergates ve *Coptotermes formosanus* Shiraki işçilerine karşı toksitesinin belirlendiği çalışma sonucunda fümigantların uygulama oranlarına, fümigasyon ortamlarına % 10 CO_2 eş zamanlı ilavesiyle dozun azaltılabileceğini bildirmişlerdir.

Çalışmamızda yer almamakla birlikte, çalışılması gereken konulardan birisi fümigasyon uygulamasından sonra sülfüril floritin geri salımıdır. Bu konuda Scheffrahn vd. (1987) tarafından yapılan bir çalışmada, yüksek absorpsiyon olan ürünlerde kalıntı problemi olmaması için daha uzun havalandırma tavsiye etmektedirler. Sülfüril floritin bıraktığı kalıntı konusunda, Scheffrahn vd. (1989) tarafından yapılan bir araştırmada; beyazlatılmamış zenginleştirilmiş buğday unu, köpek maması, yağsız kuru süt, bitkisel yağ, kuru biftek, kırmızı tatlı elma ve krakerden oluşan materyalde F^- kalıntısı en fazla kurutulmuş biftekte, SO_4^{-2} kalıntısı ise en kuru sütte belirlenmiştir. Yine Scheffrahn vd. (1992) tarafından yapılan farklı bir araştırma da maksimum uygulama oranı ve

minimum ürün havalandırması simule edilmiş olmasına rağmen kalıntı miktarları beklenilenden daha az olduğu tespit edilmiştir. Rajendran (2008) tarafından 68 üründe yapılan çalışmada, gıda ürünlerinin çoğunda düşük ya da orta düzeyde bir emişe sahip olması nedeniyle avantajlı olduğunu bildirmektedir. Yine çalışılması gereken bir diğer konu ise; depolanmış ürünlerde görülen hastalık etmenlerinin sülfüril florit etkilerinin araştırılmasıdır. Zhang (2006) tarafından yapılan çalışmada test edilen en az 8 fungus'un tam kontrolü için gereken 30 g/m^3dozun da kontrol potansiyeli olduğunu bildirmektedir.

Sonuç olarak, hasat sonrası ürünlerin depolanması üreticiden tüketiciye kadar herkesi ekonomik, kalite, sağlık vb. konularda az ya da çok ilgilendirmektedir. Ülkemiz tahıl ve baklagil üretimi ve tüketiminde önde gelen ülkeler arasındadır. Ayrıca, kurutulmuş meyveler başta olmak üzere dünya üretiminin yaklaşık % 70'nin yapıldığı kuru incir, dünya üretiminin yaklaşık % 40'nin yapıldığı kuru üzüm, dünya üretiminin yaklaşık % 75'nin yapıldığı fındıkta en büyük ihracatçı ülke konumundadır. Bu ürünlerin gerek ihracata konu olmaları gerekse ekonomik getirilerinin yüksek olması nedeniyle sağlıklı olarak üretilip depolanması ve işlenmesi zorunluluktur. Ayrıca günümüzde gıda işletmelerinin birçoğunda (bisküvi, makarna, un v.b.) zararlı bulaşmaları her zaman sorun olarak karşılaşılan bir olgu durumundadır. Depolanmış ürünlerde hayvansal kaynaklı kayıpların yıllık % 10 olduğu kabul edilmektir (Donahaye ve Messer 1992). Oluşabilecek kayıpların en aza indirilmesi ve ihracatta sorunla karşılaşılmaması için depolanmış ürün zararlıları ile savaşım bir zorunluluktur. Bu kapsamda savaşımda en yaygın kullanılan yöntem ise pratik, ucuz maliyetli ve sonuçların kısa zamanda elde edilebilmesi gibi nedenlerden dolayı fümigasyon dünya genelinde öncelikle tercih edilen yöntem konumundadır. Ülkemizde fümigasyonda yaygın olarak metil bromit ve fosfin gazı kullanılmıştır. Metil bromit kullanımının karantina ve sevkiyat öncesi kullanımı hariç kullanımının sonlandırılmış olması; diğer taraftan da fosfinin uygulama süresinin uzunluğu ve zararlılarda direnç gelişimi alternatif fümigant arayışını son yıllarda had safhaya çıkarmıştır. Diğer taraftan, 1960'lı yılların başında termit ve ahşap zararlıları için ruhsatlandırılmış olan sülfüril florit (SO_2F_2) 2000'li yılların başından itibaren depolanmış ürünlerde zararlılarla savaşımda kullanılmak üzere değişik ülkelerde ruhsatlandırılmıştır (ABD, Kanada, Almanya, İngiltere, Fransa, Türkiye, v.b.).

Ülkemiz özellikle kurutulmuş meyveler ile fındık üretim ve ihracatında dünyada önde gelen ülkeler arasındadır. Bu ürün gruplarında *E. cautella* önemli ve ön sıralarda yer alan zararlılar arasındadır. Sülfüril florit'in önemli bir zararlı olarak *E. cautella'ya* etkinliği üzerine literatürde herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle çalışılan bu konu önemli bir boşluğu doldurmuş olup, pratikteki uygulamalar için önemli veriler sağlamıştır. Araştırma bulguları hem ülkemiz hem de dünyada konu üzerinde çalışan gıda sanayi ve araştırıcılar için oldukça önemli bulgular sağlamaktadır. Çalışmada zararlının larva, pupa ve ergin evrelerinde 24 saatlik uygulama süresinde 10 g/m^3 de, yumurta evresinde farklı yaşta yumurtalara değişmekle birlikte 15°C'de 190 g/m^3, 20°C'de 140 g/m^3, 25°C'de 90 g/m^3 dozlarında % 100 ölüme ulaşılmıştır. Yumurta evresine karşı başarılı bir uygulama için sinerjistik etki yaratacak farklı tekniklerin uygulamada kombine edilmesi düşünülmektedir. Karşılaşılan bu sıkıntının aşılması için sülfüril florit ile fümigasyonda 3 yöntem ümitvar görülmektedir. Bunlardan ilki ortam sıcaklığının artırılmasıyla, artan metabolizma hızıyla mutlak ölüme daha düşük dozlarda ulaşılabilmesidir. Burada ilave enerji maliyeti söz konusu olmaktadır. İkinci öneri olarak ise sürenin uzatılmasıdır. 48 saatlik bir uygulama ile uygulama dozunun yaklaşık olarak yarı yarıya düşürülmesi mümkün olabilmektedir. Fakat, özellikle kurutulmuş incir gibi kısa sürede işlenen ve ihraç edilen ürünlerde genel olarak fümigasyon süresi 24 saat şeklindedir. Bu nedenle sürenin uzatılması ürünlerin işlendiği sanayice pratik olarak bulunmayabilir. Diğer bir öneri ise "pulse fumigation" olarak isimlendirilen belirli aralıklarla (yumurta evresinin gelişerek larva evresine ulaşması için gereken süre) uygun dozla tekrar fümige edilmesidir. Bu öneride önemli koşul iki fümigasyon arasında dışarıdan herhangi bir zararlı bulaşmasının (sekonder bulaşma) olmamasıdır. Böylece zararlıların hassas olan larva, pupa ve ergin evresi düşük dozlarda yapılacak bir fümigasyonla mücadele edilebilecek; ardından üründe bulunan ve dayanıklı olan yumurta evresinin bir sonraki gelişme dönemine geçmesine olanak verecek şekilde tekrar bulaşmalardan ari olarak tutulması ve daha sonra gene düşük dozda sülfüril florit gazı ile fümigasyon yapılması sonucu üründeki zararlı sorununun bertaraf edilmesi mümkün görülmektedir. Önerilen bu çözümle birlikte bu durum fümigant'ın 15 ve 20°C için metil bromit'e gerçek bir alternatif olup olamayacağı tartışmasını da beraberinde getirmektedir. Artan sıcaklıkla sülfüril florit

gazının etkinliğinin arttığı gözlenmiş olup *E. cautella* dikkate alındığında 24 saatlik fümigasyon süresi ve %75 orantılı nem koşullarında 25^{o}C veya daha yüksek bir sıcaklıklarda fümigasyon uygulaması yapılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Akan, K. and Ferizli, A.G. 2004. The effect of phosphine applications on the mortality of the sawtooth grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis* (L) (Coleoptera: Silvanidae). Donahaye, E.J., Navarro, S., Bell, C., Jayas, D., Noyes, R., Phillips, T.W. [Eds.] (2007) Proc. Int. Conf. Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, Gold-Coast Australia. 8-13th August 2004. FTIC Ltd. Publishing, Israel. pp. 19-27.

Akan, K. and Ferizli, A.G. 2010. Does sulfuryl fluoride and heat combination overcome the egg-weakness of almond moth? MBAO 2010, No:56, 1-4, 2010 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions.

Allotey, J. and Goswami, L. 1990. Comparative biology of two Phyticid moths, *Plodia interpunctella* (Hubn.) and *Ephestia cautella* (Wlk.) on some selected food media. Insect Sci. Applic. Vol. 11, No. 2, pp. 209-215

Anonymous, 1995. Montreal Protocol on substances that deplete the ozone layer. 1994 Report of the Methyl Bromide Technical Options Committee. 1995 Assessment. UNEP, Nairobi, Kenya, 304pp. ISBN 92- 807-1448-1448-1.

Arthur, F.H. 1996. Grain protectants: current status and prospects for the future. J. of Stored Prod. Res., 32 (4); 293-302.

Bakarat, D.A., Klementz, D. and Reichmuth, C. 2010. Response of eggs of *Corcyra cephalonica* towards sulfuryl fluoride. MBAO 2009, No:61, 1-4, 2010 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions.

Bailey, R. 1992. Sulfuryl fluoride fate in the atmosphere. Dow Chemical Co. DECOES Report 2511.

Baltaci, D., Klementz, D., Gerowitz, B., Drinkall, M.J. and Reichmuth, C. 2008. Sulfuryl fluoride against all life stages of rust-red grain beetle (*Cryptolestes ferrugineus*) and merchant grain beetle (*Oryzaephilus mercator*). MBAO 2008, NO 87, 1-3, 2008 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions.

Baltaci, D., Klementz, D., Gerowitt, K., Drinkall, M.J. and Reichmuth, Ch. 2009. Lethal effects of sulfuryl fluoride on eggs of different ages and other life stages of the warehouse moth *Ephestia elutella* (Hübner). Journal of Stored Products Research Volume 45, Issue 1, 2009, p. 19-23

Baltaci, D., Klementz, D.,Gerowitz, B., Drinkall, M.J. and Reichmuth, C. 2010. Sulfuryl fluorıde against all life stages of rust-red grain beetle (C*ryptolestes ferrugıneus*) and merchant graın beetle (O*ryzaephılus mercator*). MBAO 2010, NO 56, 1-4, 2010 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions.

Baltaci, D., Klementz, D.,Gerowitz, B., Drinkall, M.J. and Reichmuth, C. 2010. Sulfuryl difluoride to control premature life stages of *Ephestia elutella* (Hübner). MBAO 2010, NO 56, 1-4, 2010 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions.

Barak, A.V., Wang, Y., Zhan, G., Wu, Y., Xu, L. and Huang, Q. 2006. Sulfuryl Fluoride as a Quarantine Treatment for *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) in Regulated Wood Packing Material. J. Econ. Entomol. Vol.99 (5): pp.1628-1635.

Bell, C.H. 1975. Effects of temperature and humidity on development of four pyralid moths of stored products. J. Stored Prod. Res. 11: 167-75.

Bell, C.H. 1976. The tolerance of developmental stages of four stored product moths to phosphine. J. of Stored Prod. Res. 12, 76-86.

Bell, C.H. and Savvidou, N. 1999. The toxicity of Vikane[1] (sulfuryl fluoride) to age groups of eggs of the Mediterranean flour moth (*Ephestia kuehniella*). Journal of Stored Products Research 35 (1999) 233-247.

Bell, C.H., Savvidou, N. and. Wontner-Smith T. J. 1999. The toxicity of sulfuryl fluoride (Vikane*) to eggs of insect pests of flour mills. Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored Product Protection, October 14-19, 1998. pp. 345-350.

Chaudhry, M.Q. 1997. A Review of the mechanisms involved in the action of phosphine as an insecticide and phosphine resistance in stored-product insect. Pestic. Sci., 49; 213-228.

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.

Karakoyun, N.S. and Emekci, M. 2010. The efficacy of sulfuryl fluoride against egg stage of the dried fruit beetle. MBAO 2010, No:55, 1-4, 2010 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions.

Kenaga, E. E. 1957. Some biological, chemical and physical properties of sulfuryl fluoride as an insecticidal fumigant. Journal of Economic Entomology 50(1):1-6.

Kocabaş, Z., Odabaşı, S. ve Atamer, M. 1998. Mikrobiyolojik verilerin istatistiksel analizinde uygun transformasyon yönteminin seçimi. Gıda 23 (1): 19-23, 1998

LeOra Software. 1994. POLO-PC: a user's guide to probit or logit analysis. LeOra Software, 28 p., Berkeley, CA.

Meikle, R.W., Stewart, D. and Globus, O. A. 1963. Drywood termite metabolism of Vikane fumigant as shown by labeled pool technique. Agriculture and Food Chemistry 11(3): 226-230.

Osbrink, W. L. A., Scheffrahn, R.H., Su N-Y. and Rusti, M.K. 1987. Laboratory Comparisons of Sulfuryl Fluoride Toxicity and Mean Time of Mortality Among Ten Termite Species (Isoptera: Hodotermitidae, Kalotermitidae, Rhinotermitidae) J. Econ. Entomol. 80 (5).- J.044-I047.

Qutram, I. 1967. Factors Affecting the Resistance of Insect Eggs to Sulphuryl Fluoride.I: The Uptake of Sulphuryl-^{35}S Fluoride by Insect Eggs J. stared Prod. Res., 1967, Vol. 3, pp. 255-260.

Reichmuth, C., Schneider, B. and M. J. Drinkall. 1999. Sulfuryl fluoride (Vikane*) against eggs of different age of the Indian meal moth *Plodia interpunctella* (Hubner) and the Mediterranean flour moth *Ephestia kuehniella* Zeller. Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored Product Protection, October 14-19, 1998. pp. 416 – 422.

Reichmuth, C. and Klementz, D. 2008. How to overcome the egg-weakness of sulfuryl floride – combinations of control methods. MBAO 2008, No:88-1 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions.

Scheffrahn, R.H., Osbrink, W. L. A., Hsu, R-S. and Su N-Y. 1987. Desorption of Residual Sulfuryl Fluoride from Structural and Household Commodities by Headspace Analysis Using Gas Chromatography. Bull. Environ. Contam. Toxicol. (1987) 39:769-775.

Scheffrahn, R.H., Hsu, R-C, Osbrink, W.L.A and Su, N-Y., 1989 Fluoride and Sulfate Residues in Foods Fumigated with Sulfuryl Fluoride. J. Agric. Food Chem . Vol. 37, No. 1, 1989 203-206.

Scheffrahn, R.H., Bodalbhai, L. and Su N-Y., 1992. Residues of Methyl Bromide and Sulfuryl Fluoride in Manufacturer-Packaged Household Foods Following Fumigation. Bull. Environ. Contam. Toxicology. 48:821-827.

Scheffrahn, R. H. and E. M. Thoms. 1993. Penetration of sulfuryl fluoride and methyl bromide through selected substrates during fumigation. Down To Earth 48(1):15-19.

Scheffrahn, R.H., Gregory, S. W., and Su N-Y. 1995. Synergism of Methyl Bromide and Sulfuryl Fluoride Toxicity Against Termites (Isoptera: Kalotermitidae, Rhinotermitidae) by Admixture with Carbon Dioxide. J. Econ. Entomol. 88(3): 649-653 (1995).

Schneider, B., Voglewede, B. and Houtman, B. 2010. The Technical Foundation for Precision Stored Product Pest Fumigation with ProFume Gas Fumigant http://www.x-cd.com/opmillers/PaperSchneider.pdf Erişim tarihi: 02.05.2010.

Shazali, M.E. and Reichmuth, C. 1998. The relative toxicity of phosphine to eggs of the Angoumois grain moth *Sitotroga cerealella* (Oliv.) (Lepidoptera: Gelechiidae) and almond moth *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae). In: Jin Zuxun, Liang Quan, Liang Yongsheng, Tan Xianchang and Guan Lianghua (Eds.), Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-product Protection, Singapore, 1998, pp. 326-330.

Small, J. G. 2007. A comparison between the impact of sulfuryl fluoride and methyl bromide fumigations on stored-product insect populations in UK flour mills. Journal of Stored Products Research 43 410–416.

Solomon, M. D. 1951. Control of humidity with potassium hydroxide, sulphuric acid or other solutions. Bull. Ent. Res., 42, 543-554.

Sriranjini V.R. and Rajendran, S. 2008. Sorption of sulfuryl fluoride by food commodities. Pest Manag Sci. 2008 Aug;64(8):873-9.

Stewart, D. 1957. Sulfuryl Fluoride.A New Fumigant for Control of the Drywood Termite *Kalotermes minor* Hagen. Journal of Economıc Entomology Vol. 50, No. 1.

Su, N-Y. and Scheffrahn, R.H., 1990. Efficacy of Sulfuryl Fluoride against Four Beetle Pests of Museums (Coleoptera: Dermestidae, Anobiidae). J. Econ. Eotomol. 83(3): 879-882 (1990).

Thoms, E. M. and Scheffrahn, R. H. 1994. Control of pests by fumigation with Vikane gas fumigant (sulfuryl fluoride). Down To Earth 49(2):23-30.

Uslu, S. 2005. İncir kurdu Ephestia cautella (L.) (Lepidoptera; Pyralidae)'ya fosfinin bazı etkileri üzerinde arastırmalar. Yüksek lisans tezi. Ankara Üniversitesi, Ankara

Uslu, S., Ferizli, A. G. and Navarro, S. 2006. Time / Dose Mortality of Low Level Phosphine to Almond Moth. 2006 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions. Orlando, Florida, 101(1-4).

Walse, S.S., Leesch, J.G. and Tebbets, S. 2009. Ovicidal efficacy of sulfuryl fluoride to stored-product pests of dried fruit. MBAO 2009, No: 60, 1-2, 2009 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions.

Williams, L., H. and Sprenkel, R., J. 1990. Ovicidal Activity of Sulfuryl Fluoride to Anobiid and Lyctid Beetle Eggs of Various Ages. J. Entomol. Sci. 25(3); 366-376

Zhang, Z. 2006. Use of Sulfuryl Fluoride as an Alternative Fumigant to Methyl Bromide in Export Log Fumigation New Zealand Plant Protection 59:223-227.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Kadir AKAN

Doğum Yeri : Kütahya / Tavşanlı

Doğum Tarihi: 1972

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Keçiören Çevre Sağlığı Meslek Lisesi (1991)

Lisans : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü (1999)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı (2004)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Sağlık Bakanlığı: 1991-2002

Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü: 2002 -

Yayınları

Akan, K. and Ferizli, A.G. 2004. The effect of phosphine applications on the mortality of the sawtooth grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis* (L) (Coleoptera: Silvanidae). Donahaye, E.J., Navarro, S., Bell, C., Jayas, D., Noyes, R., Phillips, T.W. [Eds.] (2007) Proc. Int. Conf. Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, Gold-Coast Australia. 8-13th August 2004. FTIC Ltd. Publishing, Israel. pp. 19-27.

Akan, K. and Ferizli, A.G. 2010. Does sulfuryl fluoride and heat combination overcome the egg-weakness of almond moth? MBAO 2010, No:56, 1-4, 2010 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions.