

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BÖRÜLCE TOHUM BÖCEĞİ, *Callosobruchus maculatus* (F.)'A (Bruchidae:
Coleoptera) KARŞI FOSFİN GAZININ VAKUM ALTINDAKİ ETKİSİ

Tuğba AKDENİZ

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

ANKARA
2012

Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BÖRÜLCE TOHUM BÖCEĞİ, *Callosobruchus maculatus* (F.)'A (Bruchidae: Coleoptera) KARŞI FOSFİN GAZININ VAKUM ALTINDAKİ ETKİSİ

Tuğba AKDENİZ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bitki Koruma Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mevlüt EMEKÇİ

Callosobruchus maculatus' un değişik yaşlı tüm yaşam dönemleri 24 saat süresince değişik sıcaklıklarda fosfin ve fosfin + vakuma maruz bırakılmış ve ölüm oranları elde edilmiştir. 15°C sıcaklıkta yumurtalarda mutlak ölüm fosfin ve vakumun birlikte uygulandığı tüm kombinasyonlarda 48-72 ve 72-96 saatlik yumurtalarda ve 1500 ppm fosfin + 50 mmHg vakum kombinasyonunda 0-24 saatlik yumurtalarda görülmüştür. 20°C'de yumurtalarda mutlak ölüm 1000 ve 1500 ppm fosfin uygulamalarında 72-96 saatlik yumurtalarda ve 1000 ppm fosfin + 50 mmHg vakum uygulamasında 72-96 saatlik yumurtalarda görülmüştür. 25°C sıcaklıkta yumurtalarda mutlak ölüm fosfin ve vakumun birlikte uygulandığı tüm kombinasyonlarda 72-96 saatlik yumurtalarda; 1500 ppm fosfin + 50 mmHg vakum kombinasyonunda 0-24 saatlik yumurtalarda ve 1500 ppm fosfin konsantrasyonunda ise 72-96 saatlik yumurtalarda görülmüştür. Larva, pupa ve ergin evrelerde 25°C sıcaklıkta mutlak ölüme tüm uygulamalarda ulaşılmıştır.

Haziran 2012, 58 sayfa

Anahtar Kelimeler: Nohut, *Callosobruchus maculatus*, Fosfin, Vakum, Ölüm oranı

ABSTRACT

Master of Thesis

EFFECTIVENESS OF PHOSPHINE UNDER VACUUM AGAINST THE COWPEA
WEEVIL, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Bruchidae: Coleoptera)

Tuğba AKDENİZ

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

Supervisor: Prof. Dr. Mevlüt EMEKÇİ

All life stages of different ages of *Callosobruchus maculatus* were exposed to different phosphine and phosphine + vacuum levels for 24 h at different temperatures to get mortality rates. At 15°C, complete mortality of eggs was observed in all combinations of phosphine + vacuum levels in 48-72 and 72-96 h old eggs and 1500 ppm phosphine + 50 mmHg vacuum in 0-24 h old eggs. At 20°C, complete egg mortality was observed in 1000 and 1500 ppm phosphine applications in 72-96 h old eggs and 1000 ppm phosphine + 50 mmHg vacuum applications in 72-96 h old eggs. At 25°C, complete egg mortality was observed in all combinations of phosphine + vacuum levels in 72-96 h old eggs; 1500 ppm phosphine + 50 mmHg vacuum applications in 0-24 h old eggs and 1500 ppm phosphine concentration in 72-96 h old eggs. At 25°C, larvae, pupae and adults were completely killed by all exposure of phosphine alone or in combination with vacuum.

June 2012, 58 pages

Key Words: Chickpea, *Callosobruchus maculatus*, Phosphine, Vacuum, Mortality

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Uzun süre depolamaya konu olan tarım ürünleri depolama sürecinde böcek, akar, kemirgen ve mikroorganizmalar gibi canlılar tarafından saldırıya uğramakta ve önlem alınmadığı takdirde önemli ekonomik kayıplarla karşılaşmaktadır. Depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede tüm dünyada en yaygın olarak fümigasyon yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem bazı durumlarda diğer yöntemlerle birlikte kullanılarak daha başarılı fümigasyon uygulamalarına ulaşılmaya çalışılmaktadır. Nitekim, bu tezde tane baklagillerin en önemli zararlılarından biri olarak bilinen *Callosobruchus maculatus*'un tüm biyolojik dönemleri üzerinde fosfin gazının vakum altındaki etkinliği ilk kez araştırılmıştır. Şüphesiz bu tür bilgi ve tecrübeye dayalı, sofistike uygulamalar Bitki Koruma Bölümü mezunu entomologların depolanmış ürün zararlıları ile mücadele alanındaki önemini ve itibarını –sorunlara uygulanabilir çözümler sunan araştırmacılar olarak- çok olumlu yönde etkileyecektir.

A.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenen 11B4347005 nolu “Depolanmış Baklagil Zararlılarıyla Savaşmada Alternatif Bir Yöntem Olarak Silindirik Fosfin Gazının (ECO₂FUME) Vakum Altında Kullanım Olanakları Üzerinde Araştırmalar” başlıklı araştırma projesinin bir bölümünü teşkil eden bu konuyu bana tez çalışması olarak veren danışman hocam Prof.Dr. Mevlüt EMEKÇİ'ye (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü); yardımlarını esirgemeyen Prof.Dr. A. Güray FERİZLİ'ye (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü) teşekkürlerimi sunarım. Depolanmış ürün zararlıları laboratuvarındaki çalışma arkadaşım Ziraat Mühendisi Emine KARAKUŞ'a; İstatistik analizler konusunda yardımcı olan Ziraat Yük.Müh. Sinan AYDOĞAN'a (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı TAGEM, Tohum Gen Bankası) ve tüm eğitim hayatımda olduğu gibi yüksek lisans eğitimimde de her türlü yardımlarını benden esirgemeyen ve özellikle büyük sabır gösteren değerli aileme sonsuz teşekkür ederim.

Tuğba AKDENİZ

Ankara, Haziran 2012

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM	23
3.1 Materyal.....	23
3.1.1 Araştırmada kullanılan tür	23
3.2 Yöntem.....	24
3.2.1 <i>Callosobruchus maculatus</i> 'un yetiştirilmesi.....	24
3.2.2 Biyolojik evreler.....	25
3.2.2.1 Yumurta.....	25
3.2.2.2 Larva.....	27
3.2.2.3 Pupa.....	28
3.2.3 Larva ve pupa yaşlarının doğru tespiti	29
3.2.2.4 Ergin.....	29
3.2.4 Deneme düzeneği.....	30
3.2.4.1 Vakum düzeneği.....	30
3.2.4.2 Fosfin düzeneği	31
3.2.5 Biyolojik evre denemeleri.....	31

3.2.5.1 Yumurta.....	31
3.2.5.2 Larva.....	32
3.2.5.3 Pupa.....	33
3.2.5.4 Ergin.....	33
3.2.6 İstatistiksel analiz.....	34
4.ARAŞTIRMA BULGULARI.....	35
4.1 Yumurta.....	39
4.2 Larva.....	43
4.3 Pupa.....	44
4.4 Ergin.....	45
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	47
KAYNAKLAR.....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	58

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

°C	Celcius
min.	Minimum
max.	Maximum
mmHg	Milimetreciva
ppm	Milyonda bir kısım
PH ₃	Fosfin

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 <i>Callosobruchus maculatus</i> (F) ergin bireyi.....	23
Şekil 3.2 <i>Callosobruchus maculatus</i> 'un yetiştirilmesinde kullanılan kavanozlar.....	25
Şekil 3.3 <i>Callosobruchus maculatus</i> 'un yumurtalarının elde edildiği lamlar.....	26
Şekil 3.4 <i>Callosobruchus maculatus</i> 'un nohut üzerindeki yumurtaları.....	27
Şekil 3.5 <i>Callosobruchus maculatus</i> 'un larvası.....	28
Şekil 3.6 <i>Callosobruchus maculatus</i> 'un tane içindeki larvası.....	28
Şekil 4.1 <i>Callosobruchus maculatus</i> 'un 15°C'de 1000ppm fosfin ve 50, 100 mmHg vakum altında ölüm oranları(%).....	40
Şekil 4.2 <i>Callosobruchus maculatus</i> 'un 15°C'de 1500ppm fosfin ve 50,100 mmHg vakum altında ölüm oranları(%).....	40
Şekil 4.3 <i>Callosobruchus maculatus</i> 'un 20°C'de 1000 ppm PH ₃ ve 50,100 mmHg vakum altında ölüm oranları(%).....	41
Şekil 4.4 <i>Callosobruchus maculatus</i> 'un 20°C'de 1500ppm PH ₃ ve 50,100 mmHg vakum altında ölüm oranları(%).....	42
Şekil 4.5 <i>Callosobruchus maculatus</i> 'un 25° C'de 1000 ppm PH ₃ ve 50,100 mmHg vakum altında ölüm oranları(%).....	42
Şekil 4.6 <i>Callosobruchus maculatus</i> 'un 25°C'de 1500 ppm PH ₃ ve 50,100 mmHg vakum altında ölüm oranları (%).....	43
Şekil 4.7 <i>Callosobruchus maculatus</i> 'un larvalarında 15,20,25°C'de farklı doz ve vakum altında ölüm oranları (%)	44
Şekil 4.8 <i>Callosobruchus maculatus</i> 'un pupalarında 15,20,25°C'de farklı doz ve vakum altında ölüm oranları (%).....	45
Şekil 4.9 <i>Callosobruchus maculatus</i> 'un erginlerinde 15,20,25°C'de farklı doz ve vakum altında ölüm oranları (%).....	46

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Varyans analiz tablosu.....	35
Çizelge 4.2 Sıcaklık-doğ interaksiyonuna ilişkin asgari önemli farklılık testi.....	36
Çizelge 4.3 Sıcaklık-evre interaksiyonuna ilişkin asgari önemli farklılık testi	37
Çizelge 4.4 Evre-doğ interaksiyonuna ilişkin asgari önemli farklılık testi	38

1. GİRİŞ

İnsanların beslenmesinde bitkisel proteinlerin ana kaynağı durumunda olan baklagiller yurdumuzda hem ekim alanı hem de üretim bakımından tarımsal kaynaklarımızın büyük bir kısmını oluşturmaktadır (Adak vd. 2010). Ticari değeri oldukça yüksek olan baklagillerin ülkemize ait ihracat ve ithalat değerleri 2008 yılı itibariyle sırasıyla 187 ve 332 milyon ABD Doları tutarındadır. (Adak vd. 2010). İnsan beslenmesinde bu kadar önemli yeri olan baklagiller depolama sürecinde diğer zararlıların yanısıra özellikle Bruchidae Familyasına (Coleoptera) bağlı tohum böcekleri tarafından önemli ölçüde zararlandırılmaktadır. Depolanmış ürünlerde zararlıların beslenmesi sonucu ağırlık kayıpları, tohumluk özelliğinin düşmesi, kalite ve besin değerlerinde istenmeyen değişiklikler meydana gelmekte ve böylece ürünün ticari değeri düşmektedir (Boxall vd. 2001). Örneğin gelişmekte olan ülkelerde, tahıl ve tane baklagiller oluşan hasat sonu ürün kayıpları 1985 yılında 107 milyon tona ulaşarak 11.5 milyar ABD doları tutarında maddi kayba yol açmıştır (Anonymous 2006a).

Depolanmış ürünlerde kayba yol açan bu etmenleri bertaraf etmek amacıyla çeşitli yöntemler uygulanmaktadır; ancak en çok uygulanan mücadele yöntemi kimyasal mücadeledir. Depolanmış ürün zararlılarıyla kimyasal savaşım kapsamında dünyada ve ülkemizde en sık kullanılan yöntemlerin başında fümigasyon gelmektedir. Fümigasyon bir teknoloji olarak depolanmış ürünlerde zararlılarla savaşımında hızlı, düşük maliyetli ve etkili çözümler sağlamaktadır. Günümüzde üç fümigant dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar fosfin (PH_3), sülfürlü florit (SO_2F_2) ve metil bromittir (MBr) (Taylor 1994).

Metil bromit ozon tabakasını inceltici etkisi nedeniyle Ülkemizin de taraf olduğu Montreal Protokolü çerçevesinde kullanımı aşamalı olarak -karantina ve nakliye öncesi sözdışı- sonlandırılmaktadır (UNEP, 1995). Bu fümigantın Ülkemizde depolanmış ürünlerde kullanımı 2004 yılında tamamen sonlandırılmıştır. (Ferizli vd. 2004).

Sülfürlü florit gazı uygulama süresi ve şekli yönüyle MBr'e oldukça benzemektedir (Zettler ve Arthur 2000). İlk önceleri ABD'nde Vikane® ismiyle termitlere karşı

kullanılan bu gaz, MBr'nin yasaklanmasından sonra diğer depolanmış ürünlerde Dünya'nın çeşitli ülkelerinde ProFume® ticari adı ile kullanılmaya başlanmıştır. Ülkemizde de 2009 Yılında ruhsat alan SO₂F₂ gazı yeraltı sularında flor birikimi ve yüksek sera gazı potansiyeli gibi çevresel riskleri yönünden ciddi olarak sorgulanmaktadır.

Çevresel sorunlar nedeniyle MBr'nin yasaklanmış olması ve SO₂F₂'nin de aynı kaygılarla sorgulanması nedeniyle günümüzde PH₃ gazı hala en güvenli gaz olma özelliğini korumaktadır. Kullanımı kolay, ucuz, kalıntısı az olan bir fumiganttır. Kuru bakliyatın dışında hububat, kurutulmuş meyve, hayvan yemi, tekstil, deri, ahşap, keten, yün, tütün, kakao, kahve, sebze ve çiçek tohumları, kağıt, kuru bitki ve çiçekler gibi pek çok ürün fosfinle fümige edilebilmektedir. 1930'lardan itibaren tüm dünyada yaygın olarak kullanılan fosfin gazı uygulamada en çok katı, metal fosfit preparatları olarak kullanılmaktadır. Metal fosfit preparatlarından fosfin gazının çıkışı ortamın sıcaklık ve özellikle de nemine bağlı olarak genellikle 24 saat civarında tamamlanmakta ve bu da fümigasyon uygulamasının en az bir gün daha uzun sürmesine neden olmaktadır. Fümigasyon uygulamasının uzun sürmesi ise gıda işletmelerinde üretim kaybına ve dolayısıyla maddi zarara neden olmaktadır. Fosfinin bu dezavantajını ortadan kaldırmak için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri fosfinin doğrudan gaz halinde ortama verilmesidir. Bu amaçla ECO₂FUME® ticari adı ile ruhsatlandırılmış ve %2 PH₃ ve %98 CO₂ gazının karışımından oluşan ve çelik silindirlerde piyasaya arz edilen bir preparat mevcuttur. ECO₂FUME®'ün bir diğer avantajı ise vakum ile birlikte kullanılabilirliği sayesinde uygulama süresinin daha da kısalmasına olanak vermesidir.

Dolayısıyla bu çalışmada kuru baklagillerde önemli bir sorun olarak görülen *Callosobruchus maculatus*' a karşı ECO₂FUME® silindirlerinden elde edilen fosfin gazının vakum ile birlikte kullanımı ile kısa süreli fosfin uygulamalarına temel oluşturacak bazı verilerin sağlanması hedef alınmıştır.

Bu amaçla *Callosobruchus maculatus*' un yumurta, larva, pupa ve ergin evrelerine karşı fosfin gazının vakum altındaki etkinliği belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmalar 15, 20 ve 25°C ortam sıcaklığı ve %60 orantılı nemde 1000,1500 ppm fosfin konsantrasyonu ile

50 ve 100 mmHg vakum düzeylerinin kombinasyonlarında 24 saatlik uygulamalar şeklinde yürütülmüştür.

Ülkemizde henüz kullanımda bulunmayan ECO₂FUME® isimli preparat bu çalışma ile ülkemizde ilk kez *Callosobruchus maculatus*'a karşı vakum ile birlikte kullanılmış ve tane baklagil sektörü için kısa süreli fümigasyon uygulamalarına imkan verecek bir fümigasyon protokolü geliştirilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Fosfinin vakum altında *Callosobruchus maculatus*'a etkinliği ile ilgili olarak yapılan kaynak araştırması literatürde yeterli veri bulunmaması nedeniyle diğer depo zararlılarını da içerecek şekilde genişletilmiş ve taranan kaynaklar aşağıda verilmiştir.

Back ve Cotton (1925) zararlı savaşımında vakumun etkinliğini araştıran ilk araştırmacılar dır. Araştırmalarını 19 farklı türde ve değişik vakum düzeylerinde (15-21°C sıcaklıkta) gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda böcek türlerinin hepsinde 23,4 – 99,6 mmHg basıncın (normal atmosferik basınç 744,3-754,4 mmHg) 4 gün uygulanması sonucunda %100 ölüm görülmüştür. Araştırmacılar genel olarak çalıştıkları türlerde larva evresinin ergin ve pupa evrelerine göre bu uygulamaya karşı daha dayanıklı olduğunu bildirmişlerdir.

Calderon vd. (1966) düşük basıncın etkisini depolarda zararlı olan 6 türde, 10-20 mmHg vakum altında 18±1°C ve 25±1°C sıcaklıklarda, 1-5 gün ve 1-7 saatlik sürelerde araştırmıştır. Çalışmada en hassas olarak belirlenen tür ve evre *Ephestia cautella* (Walker) erginleri olurken bunu hassasiyet sırasına göre *Orzaepphilus surinamensis* (L.) erginleri, *Tribolium castaneum* (Hbst.) erginleri, *Callosobruchus maculatus* (F.) erginleri, *Tribolium castaneum* (Hbst.) larvaları, *Trogoderma granarium* Everts larvaları, *Sitophilus oryzae* (L.) erginleri, *Callosobruchus maculatus* (F.) larvaları ve *Sitophilus oryzae* (L.) larvalarının takip etmiştir. Çalışılan türlerde *Callosobruchus maculatus* (F.) larvaları ve *Sitophilus oryzae* (L.) larvaları hariç larva ve erginlerde mutlak ölüm için 120 saatlik sürenin gerektiği belirlenmiştir. *C. maculatus* ve *S. oryzae* larvaları dane içinde geliştikleri için düşük basınca karşı oldukça dirençli çıkmışlardır. Ergin evreler içerisinde ise *S. oryzae* erginlerinin en dirençli erginler olduğu belirlenmiştir.

Thornton ve Sullivan (1967) yaptıkları çalışma da *Tribolium confusum*' un erginlerine 25-27°C sıcaklıkta 0,05-0,03 mmHg vakum uygulamıştır. 2, 4, 8, 16, 32 ve 64 dakikalık uygulamalar ile yapılan çalışmada ölüm oranları sırasıyla %0, %1, %0, %11, %47 ve %88 olarak belirlenmiştir.

Navarro ve Calderon (1972) *Ephestia cautella* (Lepidoptera: Pyralidae) (Wlk.), erginlerinde 100, 200, 300 ve 400 mmHg vakumun etkilerini $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta ve $\%70\pm 5$ orantılı nemde araştırmışlardır. Ergin ömrünün vakum düştükçe kısaldığını ve dolayısıyla bırakılan yumurta miktarının da azaldığı bildirilmektedir. Ergin evrede 100 mmHg vakumda $\% 100$ ölümün 14 saatte, 200 mmHg vakumda mutlak ölümün 96 saatte, 300 mmHg vakumda mutlak ölümün 96 saatte, 400 mmHg vakumda mutlak ölümün 120 saatte gerçekleştiğini belirlemişlerdir.

Bell (1976) *Ephestia elutella* (Lepidoptera: Pyralidae) (Hübner), *E. kuehniella* (Zeller), *E. cautella* (Walker) ve *Plodia interpunctella* (Hübner) nin farklı evrelerinin, değişik sıcaklıklarda PH_3 'e olan hassasiyetlerini araştırmıştır. Yazar, dört türde de genç yumurtaların yaşlı olanlarına kıyasla daha dayanıklı olduğunu belirlemiştir. Araştırmada 25°C 'de 0,2 mg/l PH_3 konsantrasyonunda (144 ppm), 24 saatlik uygulama sonucunda 0-1 günlük 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 günlük yumurtalarda tüm türler için ölüm oranlarının $\%90$ ' ın üzerinde olduğu; 2-4 günlük yumurtalarda ise ölüm oranlarının çalışılan dört türler için $\%100$ olduğu belirlenmiştir. Çalışmada uygulama süresi 72 saate çıkarıldığında ise tüm türler ve yaş grupları için ölüm oranlarının $\%100$ olduğu bildirilmektedir. Yazar, 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 değer *E. elutella*, *E. kuehniella*, *E. cautella* ve *P. interpunctella*' nin larvaları için sırasıyla 0,7, 1,3, 1,3 ve 0,9 olduğu; pupa evresi için ise bu değer sırasıyla 3,4, 3,4, 2,6 ve 1,3 olduğu belirlenmiştir.

Deasmarchelier (1984) 19°C sıcaklık ve $\%70$ orantılı nem koşullarında *Sitophilus oryzae* (L.), *S. granarius* (L.), *Rhizopertha dominica* (Fab.), *Trogoderma granarium* Everst, *Tribolium confusum* (Duv.) ve *T. castaneum* (Herbst)' un değişik evrelerinde PH_3 ' in değişik düzeylerdeki konsantrasyonlarında ölümleri çalışmıştır. 50 ppm PH_3 konsantrasyonunda *T. confusum* erginleri için LT_{99} değerini 29 saat; *R. dominica* erginleri ile yapılan çalışmalarda 200 ppm PH_3 konsantrasyonunda LT_{99} değerini 12.2 saat; *T. confusum*' un larva evresi ile yapılan çalışmalarda ise 50 ppm PH_3

konsantrasyonunda LT₉₉ değerini 18.7 saat; *T. castaneum* larvaları ile yapılan çalışmalarda ise 50 ppm PH₃ konsantrasyonunda LT₉₉ değeri 9.6 saat; *S. oryzae* 'nin 0-3 günlük yumurtaları ile yapılan çalışmalarda ise 200 ppm PH₃ konsantrasyonunda LT₉₉ değeri 123 saat; *R. dominica* 'nın 1-3 günlük yumurtaları ile yapılan çalışmalarda 50 ppm PH₃ konsantrasyonunda LT₉₉ değeri 40.7 saat olarak araştırıcı tarafından belirlenmiştir.

Cline ve Highland (1987), *Ephestia cautella* (Walker) (0-1 günlük ergin ve 12 günlük larva), *Lasioderma serricorne* (F.) (0-1 haftalık ergin ve 1-2 haftalık larva), *Tribolium castaneum* (Herbst) (0-1 haftalık ergin ve 1-2 haftalık larva) ve *Trogoderma variabile* Ballion (karışık yaşlı ergin ve larva)'ı değişik vakum düzeylerinde ambalajlanmış çeşitli tüketime hazır gıdalara ilave ederek yaptıkları çalışmada 1, 3, 6, 9 ve 12 hafta sonra meydana gelen ölümleri belirlemişlerdir. Araştırma 533, 379 ve 48,8 mmHg vakumda ambalajlanmış paketler ile yrtlmştir. Yazarlar *Ephestia cautella* 'nın her iki evresinin de uygulama süreleri sonunda canlı olmadığını; *Tribolium castaneum* 'da 533 mmHg dışında canlı olmadığını fakat sadece 533 mmHg vakumda erginlerin bir haftalık uygulamada, larvanın ise 1 ve 3 haftalık uygulamada canlı kaldığını; *Trogoderma variabile* 'de 48,8 mmHg vakumda her iki evrenin de canlı olmadığını, fakat 379 mmHg vakumda ergin ve larvanın bir haftalık uygulamada canlı kaldığını, 533 mmHg vakumda ise her iki evreninde tüm uygulama sürelerinde canlı kaldığını; *Lasioderma serricorne* 'de ise her iki evrenin 48,4 mmHg vakumda mutlak ölüm belirlendiğini, diğer vakum düzeylerinde ise ergin evrenin ilk bir hafta canlı kalabildiğini, larvanın ise 379 mmHg vakumda 1, 3 ve 6 hafta canlı kaldığını; fakat 533 mmHg vakumda ise larvanın tüm uygulama sürelerde canlı kaldığını bildirmektedirler. Yazarlar en yüksek düzeyde vakumlanmış ambalajlarda genel olarak zararlıların kısa sürede öldüğünü bildirmektedirler.

Weller ve van Graver (1988) kesme çiçeklerde zararlılarla mücadelede metil bromide alternatif olarak  değişik fmigantla yaptıkları çalışmada başlangıçta 0.25 g/m³ dozda 5 saat sürelik fmigasyonun zararlılarla etkili bir savasım sağlamadığını bildirmektedirler. Araştırıcılar, çalışmalarını bu nedenle 1 g/m³ dozda 5 ve 15 saatlik uygulama sürelerinde devam ettirmişlerdir. Çalışmalarda kesme çiçeklerde görülen

zararlıların yanı sıra depo zararlısı olan *Sitophilus oryzae* erginleri de kullanılmıştır. Fosfinin 1 g dozunda 5 ve 15 saatlik sürelerdeki uygulamalarda süre artışı ile birlikte ölümlerde artış belirlemişlerdir. Örneğin 5 saatlik uygulamada % 97 ölüm belirlenirken 15 saatlik uygulamada % 100 oranda ölüm belirlenmiştir. Araştırmacıların değişik zamanlarda yaptıkları benzer çalışmalarda ölümlerin 15 saatte % 91.1 ile 98.4 arasında olduğu bildirilmektedir. Uygulamalarda az sayıda canlı kalmasına rağmen fosfine karşı direnç gelişiminin söz konusu olabileceğine araştırmacılar tarafından dikkat çekilmiştir.

Hashem ve Reichmuth (1989) 20°C sıcaklık ve %70 orantılı nemde *Rhizopertha dominica* ve *Prostephanus truncatus* (Horn)'un farklı yaşlardaki yumurtalarına PH₃'in etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar 20, 24, 48, ve 72 saatlik uygulama sürelerinde LC₉₅ değerini *R. dominica* için sırasıyla 9.73, 2.26, 1.26 ve 0.53 mg/l; *P. truncatus* için bu değeri ise sırasıyla 2.68, 1.40, 0.59 ve 0.27 mg/l olduğunu bildirmektedirler. 24 saatlik uygulamada *R. dominica*'nın 0-2 günlük yumurtalarında, 0.13, 0.32, 0.54 mg/l PH₃ konsantrasyonlarındaki ölüm oranları %25.0, 55.3, 64.0 olarak belirlenirken; *P. truncatus* yumurtalarında (0-2 günlük) 0.12, 0.29, 0.60 mg/l PH₃ konsantrasyonlarında ölüm oranları % 20.0, 18.7, 41.7 olduğu araştırmacılar tarafından belirlenmiştir. Araştırmacılar yaptıkları bu çalışmada, *P. truncatus* yumurtalarının *R. dominica* yumurtalarından daha dayanıklı olduğunu tespit etmişlerdir.

El- Lakwah vd. (1991) Araştırmacılar *Sitotroga cerealella*'nın larva pupa evreleri üzerine fosfinin etkisini araştırmışlardır. 28°C'de pupa evresi ile yaptıkları çalışmada 2, 4, 8, 24 saatlik uygulama sürelerinde LC₉₀ değeri sırasıyla 6187, 3066, 2797, ve 370 mg/l olarak belirlenmiştir. Aynı koşullar altında larva evresinde yapılan çalışmada LC₉₀ değeri 2, 4, 8 ve 24 saatlik uygulamalarda sırasıyla 3740, 2255, 59.2 ve 14.5 mg/l olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmada 24 saatlik uygulamada larva evresinde %50 oranda ölüm 10.2 mg/l fosfin konsantrasyonunda elde edilirken, pupa evresinde 24 saatlik uygulamada 20.5 mg/l fosfin konsantrasyonunda %50 oranda ölüm belirlenmiştir.

Phillips vd. (1997) çapı 1.8 m ve yüksekliği 2.7 m olan çelik silolarda 4.6 ton miktarındaki buğdayda gaz fosfin içeren ECO₂FUME® ile 200 ppm konsantrasyonunda yürüttükleri çalışmalarda depolanmış ürün zararlılarındaki ölümcül etkinliğini

araştırmışlardır. Silolarda başlangıçta 200 ppm fosfin konsantrasyonu oluşturulmuş ardından günlük olarak kontrol edilerek gerektiğinde gaz ilavesi yapılmış ve dozun uygulama süresince (7 gün) 160-240 ppm konsantrasyonda kalması sağlanmıştır. Araştırmada test organizmaları olarak *Rhizoperta dominica* (yumurta, pupa ve ergin evre) *Sitophilus oryzae* (yumurta, pupa ve ergin evre), *Tribolium castaneum* (yumurta, pupa ve ergin evre) ve *Plodia interpunctella* (yumurta, 5. dönem larva ve pupa) kullanılmıştır. Zararlılar 7 günlük fümigasyon süresince silolardan günlük olarak alınarak ölümler saptanmıştır. Çalışmada 1 günlük uygulama sonunda coleopterlerin tüm ergin ve pupalarının; *Plodia*'nın larva ve pupasının öldüğü tespit edilmiştir. *Rhizoperta*'nın yumurtalarında mutlak ölüm 2. günde belirlenmiş; *Tribolium*' un yumurtalarında ölüm ise 1 günlük uygulamada belirlenirken diğer zararlılarda ölümler belirlenemeyen nedenlerden dolayı istikrarlı olmamıştır.

Shazali ve Reichmuth (1998) 25°C sıcaklık ve % 10 orantılı nemde *Sitotroga cerealella* ve *Ephestia cautella*' nin 0-24, 24-48, 48-72 ve 72-96 saatlik yumurtalarında 0.1, 0.5 ve 1.0 mg /litre dozunda PH₃' in toksitesini 16, 24 ve 48 saatlik uygulama periyotlarında araştırmışlardır. Yazarlar, *S. cerealella* ile *E. cautella* yumurtalarının PH₃'e toleransının birbirinden farklı olduğunu ve *S. cerealella* yumurtalarının diğer türe oranla daha dayanıklı olduğunu saptamışlardır. Sabit fosfin konsantrasyonlarında, uygulama süresinin artışına paralel olarak ölüm oranları artmıştır. *S. cerealella*'nın 0-24 saatlik yumurtalarında 16 saatlik uygulama süresinde 0.1, 0.5 ve 1.0 mg/l PH₃ konsantrasyonlarında ölüm oranları sırasıyla %3.3, 6.1 ve 12.8 olarak belirlenirken; aynı koşullarda *E. cautella*' nin 0-24 saatlik yumurtalarında ölüm oranları %9.6, 43.3 ve 67.9 olarak saptanmıştır. Ölümlerin 24-48, 48-72 ve 72-96 saatlik yumurtalarda *E. cautella* için 16 saatlik uygulama süresinde 0.5 mg/l PH₃ konsantrasyonunda sırasıyla %87.1, 95.3 ve 97.9; *S. cerealella*' nin 24-48, 48-72 ve 72-96 saatlik yumurtalarında ise sırasıyla %47.7, 64.1 ve 81.4 oranda olduğu saptanmıştır. Yazarlar 0.5 mg/l PH₃ konsantrasyonunda LT95 değerinin *S. cerealella*' nin 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 değer *E. cautella* yumurtaları için ise sırasıyla 39.6, 22.8, 15.7 ve 11.2 saat olduğunu saptamışlardır. Çalışmada, her iki türün PH₃'e hassasiyetinin farklı olduğu, evreler

olarak da farklılıklar olduğunu; örneğin yaşlı yumurtaların genç yumurtalardan daha hassas olduğu saptanmıştır.

Phillips vd. (1999) *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae)' nın yumurta ve pupa; *Rhizoperta dominica* (Bostrichidae), *Sitophilus oryzae* (Curculionidae) ve *Tribolium castaneum* (Tenebrionidae)' un yumurta, pupa ve ergin evrelerinde fosfinin 200 ppm konsantrasyonda etkinliğini araştırmışlardır. Çalışılan her üç coleopter türünün ergin evresi en hassas evre olarak saptanmıştır. Erginlerde 18 ve 32°C sıcaklıkta 8 saatlik uygulamada % 100 düzeyinde ölüm saptanmıştır. Çalışılan dört türün yumurta ve pupa evresinin 32°C sıcaklıkta 48 saat içerisinde % 100 oranda öldüğü, fakat *R. dominica*' nın yumurta evresinde ise % 100 orandaki ölümün ancak 96 saatte gerçekleştiği saptanmıştır. Ortam sıcaklığı 18°C'de yapılan çalışmalarda en dayanıklı böcek türü *P. interpunctella*' nın yumurta evresi olmuş ve 96 saatlik uygulamada % 100 düzeyinde ölüm gerçekleşmemiştir. Benzer şekilde, *S. oryzae*' nin pupa evresi 96 saatlik uygulamada % 100 düzeyinde ölmediği bildirilmektedir (18°C). Diğer türlerin yumurta ve pupa evreleri ise 18°C sıcaklıkta yaklaşık 72 saatlik uygulamada %100 düzeyinde ölmüştür. 200 ppm fosfin konsantrasyonunda 18°C sıcaklıkta 96 saatlik uygulamada *P. interpunctella*' nın yumurtalarında %87.9; pupalarında ise %100 ölüm belirlenirken, *R. dominica*' nın yumurta ve erginlerinde % 100 ve pupalarında ise % 99.5 ölüm saptanmıştır. Benzer durum *S. oryzae*' de de belirlenirken, *T. castaneum*'da da pupa ve ergin evreleri yumurta evresinden daha hassas olarak belirlenmiştir.

Rajendran (2000) fosfin fümigasyonu sonucu *Tribolium castaneum*' un yumurtalarında neden olduğu açılmada gecikmeleri 26-28°C sıcaklık ve % 70-75 orantılı nem koşullarında araştırmıştır. *Tribolium castaneum*' un hassas ırkının 0-24 saatlik yumurtalarında 72-120 saatlik uygulamalarda 30-50 ppm fosfin konsantrasyonunda ve dirençli ırkında 100-300 ppm fosfin konsantrasyonunda 72 saatlik uygulamada yumurta açılımının geciktiği saptanmıştır. Yapılan çalışmada hassas ırkta 72, 96 ve 120 saatlik uygulamalarda, 30, 40 ve 50 ppm konsantrasyonda doz arttıkça yumurta evresinde ölüm oranının yükseldiği bildirilmektedir. Yumurta açılımındaki gecikmenin özellikle 30 ppm fosfin konsantrasyonunda 120 saatlik uygulamada bariz olduğu saptanmıştır.

Adler vd. (2000), vakumun böcekler üzerindeki etkisinin fiziksel etkinin yanında daha çok oksijen düzeyinin düşmesiyle oluşturulan düşük oksijenli kontrollü atmosfer ortamından kaynaklandığını bildirmiştir. Solunum ve metabolik aktivitenin sıcaklık ile hızlanması sonucu su kaybı ve hassasiyet arttığı için kontrollü atmosfer uygulamalarında olduğu gibi yüksek sıcaklıkta vakumun etkinliğinin arttığını bildirmektedir.

Philips vd. (2000), *T. castaneum* (Herbst), *P. interpunctella* (Hübner) ve *R. dominica* (F.) olmak üzere üç böcek türünün tüm evrelerinde 25, 33, 37 ve 40°C olmak üzere dört sıcaklık miktarını 32,5 mmHg vakumda değişik sürelerde uygulamıştır. Yapılan çalışma sonucunda üç türün de ergin evresi vakuma en hassas evre olarak saptanmış ve 25°C’de mutlak ölüm 3 saatte gerçekleşmiştir. Çalışmada 0-24 saatlik yumurta, larva ve pupada LD₅₀, LD₉₀ ve LD₉₉ değerleri saptanmış; sıcaklık artışı ile değerlerin düştüğü belirlenmiştir. Çalışılan tüm türler ve bu türlerin evreleri içinde *R. dominica*’nın yumurta evresinin en dayanıklı evre olduğu belirtilirken deneme sonucunda LD₉₉ değerinin 25°C’de 176,5 saat ve 40°C’de 11,2 saat olduğu bildirilmiştir. *T. castaneum*’da ise bu değer 25°C’de 10.1 saat, 40°C’de 1.9 saat olarak belirlenmiştir.

Mbata ve Phillips (2001)’in yaptıkları çalışma da *Tribolium castaneum* (Herbst), *Plodia interpunctella* (Hübner) ve *Rhizopertha dominica* (F.)’nin yumurta, larva ve pupalarını cam kaplarda 25, 33, 37 ve 40°C ‘lik sıcaklık derecelerinde 30 dakika ile 144 saat arasında değişen sürelerde 32.5 mmHg basınca maruz bırakmıştır. Sonuçlara bakıldığında yumurta evresi üç tür içinde en dayanıklı evre olarak görülmüştür. *R. dominica* ve *T. castaneum* pupalarının düşük basınca larvalardan daha dayanıklı olduğu belirtilmiştir. Yine araştırmanın sonucuna göre tüm yaşam evrelerinde ölüm oranı, düşük basınca maruz kalma süresi ve sıcaklık arttıkça artmaktadır. *R. dominica*’nın ergin öncesi evrelerinin diğer iki türün ergin öncesi evrelerinden daha dayanıklı olduğu bildirilmiştir. *R. dominica*’nın yumurta evresinde LT₉₉ değeri 25°C’de 176.32 saat iken, *P. interpunctella*’nın yumurta evresinde bu değer 25°C’de 28.35 saat, 33°C’de ise *R. dominica*’da 85.98 saat iken, *P. interpunctella*’da 6.21 saat olmuştur.

Navarro vd. (2001) laboratuvarında değişik sıcaklıklarda 25, 50 ve 100 mmHg vakumun *Trogoderma granarium* (Everst)' un diyapozdaki larvası ve *Lasioderma serricorne* (F.)'nin değişik evreleri üzerine ölümcül etkilerini araştırmışlardır. Yazarlar 25 mmHg vakumda ve 30°C sıcaklıkta, *Lasioderma serricorne*' nin yumurta (0-2 günlük) evresinde LT₉₉ değerinin 75 saat; ergin evresine ait LT₉₉ değerinin ise 15 saat olduğunu; 100 mmHg vakumda ve 25°C sıcaklıkta ise, LT₉₉ değerinin yumurta ve ergin evresi için 75 saat, olduğunu bildirmişlerdir. *Trogoderma granarium*' un diyapozdaki larvalarında ise, LT₉₉ değerinin 25°C sıcaklık ve 25,50 ve 100 mmHg vakumda >360 saat; 30°C sıcaklıkta 25, 50 ve 100 mmHg vakumda sırasıyla 172, 260 ve >360 saat olarak belirlendiğini; 35°C sıcaklıkta 25, 50 ve 100 mmHg vakumda sırasıyla 146, 153 ve >360 saat olarak belirlendiğini bildirmişlerdir.

Finkelman vd. (2003a) depolanmış kakao tohumlarında zararlı böceklerle karşı metil bromid uygulamasına alternatif olarak vakum-hermetik teknolojisini *Ephestia cautella* (Walker), *Tribolium castaneum* (Herbst) ve *Oryzaephilus surinamensis* (L.) üzerinde araştırmıştır. *Ephestia cautella* (Walker) ve *Tribolium castaneum* (Herbst) yumurtaları için 55±10mm Hg vakum altında 18°C' de LT₉₉ değeri sırasıyla 96 ve 149 saat olarak belirlenirken, *Oryzaephilus surinamensis* (L.)' in ergin evresi için bu değerin 164 saat olduğu bildirilmiştir.

Daglish vd. (2002) *Sitophilus oryzae*'nin ölüm oranları üzerinde fosfin konsantrasyonu ve uygulama sürelerinin etkilerini araştırmışlardır. Uygulama 25°C'de ve bütün yaşam evrelerinde yapılmıştır. 3 Irkın erginleri ve Avusturalya' nın hassas ve dirençli ırklarının karışık yaşı kültürleri için konsantrasyon ve zaman arasındaki ilişki $cnt=k$ eşitliği ile tanımlanmıştır. $n<1$ 'in bütün hallerinde; zaman konsantrasyondan daha önemli bir değişken olmuştur. Bütün fumigasyon uygulamalarında erginlerin dirençli ırklarını öldürmek hassas ırkları öldürmekten daha zor olmuştur. Buna karşı dirençli pupa dönemi içeren karışık yaşı kültürlerin fumigasyonunda hassas ve dayanıklı ırklar arasındaki fark düşük konsantrasyonlarda, yüksek konsantrasyonlardan daha çok göze çarpmıştır. Örneğin; Avusturalya'nın dirençli ırkının değişik yaşı kültürlerinde; 0.02 mg litre-1 fosfin uygulamasında % 99.9 ölüm için 27 gün gerekli görülürken, hassas ırklarda bu süre 8 gün olarak belirlenmiştir. 1 mg litre-1, 4 günlük fosfin uygulamasında

2 ırk arasında hiçbir fark görülmemiştir. Dirençli Çin ırkında bu konuda kısıtlı veri bulunmuştur. Uygulamada bu ırkın karışık yaşlı kültürlerinde bir etki oluşmazken 1 mg litre-1 dozundaki uygulamada 5 gün sonra hiç canlı kalmamıştır.

Navarro vd. (2002) *Lasioderma serricorne* (F.)' nin ergin evresinde 18, 25, 30°C sıcaklıklarda ve 25, 50, 100 mmHg basınçta vakumun etkisini incelemişlerdir. Yapılan araştırma sonucu LT₉₉ değeri 18°C sıcaklıkta 25 mmHg vakumda 47 saat, 50 mmHg vakumda 157 saat; 25°C sıcaklıkta 25 mmHg vakumda 26 saat, 50 mmHg vakumda 43 saat ve 100 mmHg vakumda 75 saat; 35°C sıcaklıkta 25 ve 50 mmHg vakumda her iki vakum düzeyi için de 15 saat olarak belirlenmiştir.

ECO₂FUME®' ün uygulama süresini kısaltmada kullanılabileceğine ilişkin olarak, Muhareb vd. (2003) normal atmosfer koşullarında ECO₂FUME®'ün fümigasyon süresinin kısaltılmasında etkili olduğunu bildirmektedir. Araştırmacılar, *C. hemipterus*, *Plodia interpunctella* (Hubner) (Pyralidae: Lepidoptera), *Amyeloides transitella* Walker (Lepidoptera: Pyralidae), *Tribolium castaneum* (Herbst) (Tenebrionidae: Coleoptera), *Tribolium confusum* DuVal (Tenebrionidae: Coleoptera), *Trogoderma variabile* Ballion (Dermestidae: Coleoptera), *Orzaephilus surinamensis* (L.) (Cucujidae: Coleoptera;) ve *Lasioderma serricorne* (F.) (Anobiidae: Coleoptera), ile yaptıkları araştırmada 26.7°C sıcaklıkta 24 saatlik fümigasyonda anılan zararlıların 416 ppm ve 875 ppm konsantrasyondaki ölüm oranlarını yumurta evresi için sırasıyla % 90.5 ve % 98; larva evresi için sırasıyla % 95 ve % 100; pupa evresi için sırasıyla % 99.5 ve % 100 ve ergin evresi için de her iki konsantrasyonda %100 olarak vermektedir. Ahmed vd. (2002) Pakistan'ın değişik bölgelerinden alınan *C. maculatus* erginlerinde 20, 25 ve 30°C sıcaklıklarda 200 ppm fosfinin 24 saatlik uygulamasının % 100 ölüme neden olduğunu bildirmektedir. Ferizli vd. (2003), katı magnezyum fosfit (FUMI-CELL™) ve silindirik fosfin (N₂ içinde %1.7 (v/v) PH₃; FRISIN™) kullanarak PVC fümigasyon birimleri (GrainPro Cocoon™) içinde kasalı olarak istiflenmiş 15 ton'luk kuru incir yığınlarında 26-28°C ortam sıcaklığında yaptıkları arazi denemelerinde *E. cautella* (yumurta, larva, pupa), *Carpophilus* spp. (larva), *Carpoglyphus lactis* (L.) (Carpoglyphidae: Acari) (karışık dönemler) ve *O. surinamensis* (tüm evreler)'te her iki formülasyonda da 5 günlük uygulama sonunda mutlak ölüme ulaşıldığını; katı formülasyondaki gaz çıkış

süresinin 14-18 saat sürdüğünü bildirmektedir. Tütüncü vd. (2006), katı fosfin formülasyonundan elde ettikleri gaz halindeki fosfin ile normal atmosfer basıncında yaptıkları laboratuvar çalışmasında 15°C sıcaklıkta 200 ppm dozda 36 saatlik bir uygulama ile *C. hemipterus*'un tüm yaşam evrelerinde % 100 ölüm elde edildiğini bildirmektedir. Benzeri bir araştırmada Uslu vd. (2006) katı fosfin formülasyonundan elde ettikleri gaz halindeki fosfin ile normal atmosfer basıncında yaptıkları laboratuvar çalışmasında 20°C sıcaklıkta 100 ppm dozda 48 saatlik bir uygulama ile *E. cautella*'nın tüm yaşam evrelerinde %100 ölüm elde edildiğini bildirmektedir. Kostyukovsky vd. (2010), 4gm⁻³ fosfin gazının 48 saatlik uygulaması ile laboratuvar koşullarında *C. maculatus*'un yumurta, olgun larva, pupa ve erginlerinde mutlak ölüm elde edildiğini; arazi koşullarında ise yumurta evresinde mutlak ölüme ulaşamadığını bildirmektedir.

Nayak vd. (2003) depolanmış ürünlerde kozmopolit bir zararlı olan *Liposcelis bostrychophila* (Psocoptera: Liposcelididae)' in yumurtalarında fosfin uygulaması sonucu gelişmedeki gecikmeleri araştırmışlardır. Çalışmada *L. bostrychophila*' nın hassas ve dirençli olarak bilinen iki ırkının 0-24 saatlik yumurtalarında (25°C sıcaklık ve % 70 orantılı nem) değişik fosfin konsantrasyonları ile 6 günlük uygulama sonrasındaki ölümler araştırılmıştır. Hassas ırkta, kontrolde yumurta açılım oranı % 100 ve yumurta açılma süresi 8,69 gün; 0,001 mg/l fosfin konsantrasyonunda yumurta açılma oranı % 88 ve açılım süresi 11,04 gün; 0,007 mg/l fosfin konsantrasyonunda açılım oranı % 80 ve açılım süresi 11,12 gün; 0,01 mg/l fosfin konsantrasyonunda açılım oranı % 43 ve ortalama açılım süresi 11,34 gün; 0,05 mg/l fosfin konsantrasyonunda açılım oranı % 0 olarak belirlenmiştir. Dirençli ırkta, araştırmacılar, kontrolde yumurta açılım oranının % 100 ve açılım süresinin 8,60 gün; 0,001 mg/l fosfin konsantrasyonunda açılım oranı % 100 ve açılım süresinin 11,12 gün; 0,01 mg/l fosfin konsantrasyonunda açılım oranı % 98 ve açılım süresinin 12,35 gün; 0,05 mg/l fosfin konsantrasyonunda açılım oranı % 78 ve açılım süresinin 14,08 gün; ve 0,1 mg/l fosfin konsantrasyonunda açılım oranı % 38 ve açılım süresinin 16,84 gün; 0,5 mg/l fosfin konsantrasyonunda açılım oranı % 12 ve açılım süresinin 19,83 gün; 1 mg/l fosfin konsantrasyonunda açılım oranı % 10 ve açılım süresinin 22 gün olarak belirlendiğini bildirmektedirler. Çalışmada her iki ırkta yumurta açılım oranının fosfin konsantrasyonunun artışı ile birlikte düştüğü; kontrol ile fosfin uygulamalarındaki

yumurta açılımı arasındaki sürenin artan dozla birlikte arttığını ve en yüksek gecikmenin 0,01 mg/l fosfin konsantrasyonunda 2,65 gün olduğu belirlenmiştir. Dirençli ırkta ise ortalama yumurta açılım süresinin kontrole kıyasla fosfin uygulamalarında uzadığını ve bununla dozun artışı ile arttığı belirlenmiştir. Dirençli ırkta en yüksek gecikmenin 1 mg/l fosfin konsantrasyonunda 13,39 gün olduğu bildirilmektedir.

Yazarlar fosfinin yumurta gelişimini geciktirdiğini; bu durumun hassas ve dirençli ırk için de geçerli olduğunu; fakat dirençli ırktaki ortalama yumurta açılım süresinin hassastakinden daha fazla bariz olduğunu bildirmektedirler. Özellikle fosfine dayanıklı psocid popülasyonlarında yumurta açılımındaki gecikmenin pratikte önemli olduğunu ve bu nedenle uygulama süresinin uzatılmasının gerekeceğini bildirmektedirler.

Finkelman vd. (2003a) *Trogoderma granarium* (Everst), *Lasioderma serricornis* (F.), *Oryzaephilus surinamensis* (L.), *Tribolium castaneum* (Herbst), *Ephesia cautella* (Walker) ve *Plodia interpunctella* (Hübner)'nin değişik evrelerinde 30°C sıcaklık, %55 oranlı nem ve 50 mmHg vakum koşullarında yaptıkları çalışmada bu türlerde en dayanıklı evrenin yumurta evresi olduğunu saptamışlardır. Çalışmada LT₉₉ değerini sırasıyla 46, 91, 32, 22, 45 ve 49 saat olarak bildirmişlerdir. Çalışmanın arazide yürütülen kısmında PVC' den imal özel bir depolama birimi (Volkani kübü) kullanılmıştır. Uygulama süresince sıcaklığın ürün içerisinde 26-33°C, oranlı nemin ise % 35-50 arasında tutulduğu bildirilmiştir. arazide 5 gün olarak planlanmış bu çalışmada sonunda zararlılarda mutlak ölüm belirlenmiştir.

Finkelman vd. (2003a) laboratuvarında 50 mmHg vakumda, 30°C sıcaklık ve % 55 oranlı nem koşullarında yaptıkları çalışmada test organizması olarak *Trogoderma granarium* (Everst), *Lasioderma serricornis* (F.), *Oryzaephilus surinamensis* (L.), *Tribolium castaneum* (Herbst), *Ephesia cautella* (Walker) ve *Plodia interpunctella* (Hübner)'nin değişik evreleri ile çalışmışlardır. Yürütülen çalışmada en dirençli evrenin çalışılan türlerde yumurta evresi olduğu; LT₉₉ değerinin sırasıyla 46, 91, 32, 22, 45 ve 49 saat olarak hesaplandığını bildirmişlerdir. Çalışmanın arazide yürütülen kısmında PVC' den imal özel bir depolama birimini (Volkani kübü) kullanmışlardır ve

uygulama süresince sıcaklığın ürün içerisinde 26- 33°C ve orantılı nemin ise kullanılan değişik ürünlere göre % 35-50 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Yürütülen vakum çalışmasını arazide 5 gün olarak planlamışlardır ve bu sürenin sonunda test böceklerinde mutlak ölümü belirlemişlerdir.

Finkelman vd. (2003b) *Oryzaephilus surinamensis* (L.), *Ephestia cautella* (Walker) ve *Tribolium castaneum* (Herbst)' un değişik evrelerinde 18°C sıcaklıkta 55±10 mmHg vakum uygulamasının ölümcül etkilerini araştırmışlardır. Uygulama sonucunda *E. cautella* ve *T. castaneum*' un yumurta evresi vakuma en dayanıklı evre olarak belirlenmiştir. LT₉₉ değeri *T. castaneum*' da 96 saat olurken, *E. cautella*'da 149 saat olarak hesaplanmıştır. En hassas pupa evresi *E. cautella*' nın pupa evresi olup LT₉₉ değeri 26,2 saat olarak; en hassas ergin evresi ise *T. castaneum* 'un ergin evresi olup, LT₉₉ değeri 29,9 saat olarak hesaplanmıştır. *O. surinamensis* 'in ergin evresinde LT₉₉ değerinin 164 saat; pupa evresinde LT₉₉ değerinin 128,2 saat ve en hassas evre olan larva evresi için bu sürenin 36,8 saat olduğu bildirilmiştir.

Nayak vd. (2003) farklı fosfin dozlarının *S. oryzae*, *Liposcelis entomophila*, *L. decolor*'un Çin ve Avusturalya ırkları üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışma 25°C sıcaklıkta ve % 55 nem koşullarında yapılmıştır. Araştırmada bu türlerin bütün yaşam dönemleri kullanılmıştır (Yum, larva, pupa, ergin). Araştırmanın sonucuna göre; *L. entomophila*'nın Avusturalya türünün % 100 ölümü için 100 ppm fosfin dozunda 8 güne , 200 ppm fosfin dozunda 7 güne ihtiyaç duyulurken, Çin ırkında bu süre 100 ppm'de 12 güne, 200 ppm'de ise 10 güne çıkmıştır. *L. decolor*'ın Avusturalya ırkında ise 100 ve 200 ppm fosfin dozunda 6 günden daha kısa sürede % 100 ölüm elde edilirken, Çin ırkında 13 günde % 100 ölüm elde edebilmek için 100 ppm'e, 19 günde % 100 ölüme ulaşmak için 200 ppm'e ihtiyaç duyulmuştur. *S. oryzae*'nin üzerinde yapılan çalışmada ise Avusturalya ırkı için 100 ppm 'de 7 gün, Çin ırkında ise 2 gün % 100 ölüm için gerekli görülmüştür.

Rajendran vd. (2004) fosfin gazının *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera:Cucujidae), *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae) ve *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae)' in yumurta evresinde yumurtanın açılımı üzerine etkinliğini

27°C sıcaklıkta araştırmışlardır. Yazarlar, fosfine hassas ve dirençli *Cryptolestes ferrugineus*'da 48 ve 120 saatlik uygulama sürelerinde ve hassas *Oryzaephilus surinamensis*, *Lasioderma serricorne*' nin 0-48 saatlik yumurtaları ile 24 saatlik uygulama süresinde fosfinin değişik dozlarını çalışmışlardır. Çalışmada, türlere göre değişen şekilde yumurta açılımının fosfinden etkilendiği belirlenmiştir. Fosfine dirençli *C. ferrugineus*'da, 48 saatlik ve 120 saatlik uygulamalarda gelişmede bariz gecikme belirlenmiştir. 2,0-7,0 mg/l dozlarında 48 saatlik uygulamada % 5-80 oranında ölümler belirlenmiştir ve ilk üç gün süresince açılmada gecikmeler belirlenmiştir. Altıncı gün ve sonrasında yumurta açılım oranı, yumurta açılımının olmadığı kontrolle kıyaslandığında oransal olarak artmıştır. Benzer şekilde 120 saatlik uygulamada 1,0-2,0 mg/l dozda açılım gecikmiştir. Fosfine hassas *C. ferrugineus*'da, yumurta açılımında genel bir gecikme görülmüştür. *L. serricorne* ve *O. surinamensis* ile yapılan çalışmalarda 24 saatlik uygulamalarda bariz olarak yumurta açılımında gecikme belirlenmemiştir.

Hassas *C. ferrugineus*'da 24 saatlik uygulamalarda 0,125 ve 0,25 mg/l fosfin dozunda ölüm oranları % 4,39 ve % 32,43 olarak belirlenmiştir. Hassas ırk olan *L. serricorne* ve *O. surinamensis*'da 24 saatlik uygulamalarda 0,125 mg/l fosfin dozunda ölüm oranları % 63,21 ve % 69,21; *O. surinamensis*'da 0,25 mg/l fosfin dozunda ölüm oranları % 78,58 olarak belirlenmiştir. Yazarlar, *Ephestia cautella* yumurtaları ile fosfin muamelesi sonucu gelişmede gecikme belirlenmediğini, fakat yumurtalarda ultrastrüktürel lezyonlar belirlendiğini ve bunlarında asıl olarak mitokondrilerde görüldüğünü bildirmektedirler (Price ve Bell 1981).

Finkelman vd. (2004), *Ephestia cautella* (Walker), *Plodia interpunctella* (Hübner) ve *Tribolium castaneum* (Herbst) 'un 30°C'de değişik evrelerinde vakum uygulamasının ölümcül etkilerini araştırmışlardır. Vakum düzeyinin 50±5 mmHg olduğu çalışmalarında yumurta evresinde % 99 oranda ölüm için gereken süreyi *Ephestia cautella* için 44.8 saat, *Plodia interpunctella* için 49 saat ve *Tribolium castaneum* için 22.2 saat olarak belirlemişlerdir. LT₉₉ değerini 6,5 saat olarak hesaplamışlar *Tribolium castaneum*' un larva evresinin çalışılan türlerin larvası içerisinde en hassas larva evresi olarak saptamışlardır. LT₉₉ değerini 6 saat olarak hesapladıkları *Ephestia cautella*

erginini ve LT₉₉ değerinin 5,3 saat olduğu *Plodia interpunctella* erginini, en hassas ergin evreler olarak belirlemişlerdir.

Collins (2004) 0.02 mg/l, 0.03 mg/l, 0.04 mg/l, 0.05 mg/l dozundaki fosfinin *Rhizopertha dominica* ve *Cryptolestes ferrugineus* erginleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Yapılan araştırmalar; *R. dominica*'ya 0,02 mg/l fosfin uygulandığında 28 günde popülasyonun tamamının öldüğünü, 0.03 mg/l'de 21 gün, 0.05 mg/l'de 14 günde mutlak ölümün gerçekteştiğini göstermiştir. *C. ferrugineus*'da da benzer sonuçlar görülmüştür. *R. dominica*'da olduğu gibi 21 günde 0,03 mg/l'de % 100 ölüm elde edilirken, bu süre 0,04 mg/l'de 19 güne inmiştir.

Collins vd. (2005) *Rhizoperta dominica*'nın fosfine hassas ve dirençli iki ırkında fosfinin etkinliğini bir dizi uygulama süresi ve fosfin konsantrasyonlarında araştırmışlardır. Fosfine dirençli popülasyonda tüm evrelerini içeren karışık yaşlı örnekler ile yapılan çalışmada 0.15 mg/l (107.7 ppm) dozda fosfinle muamelede LT₉₉ 12.74 gün ve 0.3 mg/l (214.4 ppm) dozda fosfin muamelesinde LT₉₉ değeri 7.144 gün olarak saptanmıştır.

Pratt (2005) genelde hassasiyetin sırasıyla yumurta, pupa, larva ve ergin olacak şekilde arttığını bildirmektedir. Bu durumu yazar larva ve ergin evrenin metabolik olarak yumurta ve pupa evresinden daha aktif olması ile ilişkilendirmektedir ve fosfine toksisitede metabolik hızın öneminden bahsetmektedir.

Uslu (2005) *Ephestia cautella*'nın 20°C sıcaklık ve % 65 orantılı nemde, 0-24, 24-48 ve 48-72 saatlik yumurta, larva (25 günlük), 24-48 saatlik pupa ve ergin (0-24 günlük) evrelerinde 100 ve 200 ppm fosfin gazı (PH₃) 'nın değişik uygulama sürelerinde yaptığı çalışmasında zararlının ölüm oranlarını belirlemiştir. Çalışmada; yumurta evresi için 100 ppm PH₃ konsantrasyonda LT₉₉ 0-24, 24-48, 48-72 saatlik yumurtalarda sırasıyla 46.504, 9.451 ve 20.707 saat; 200 ppm PH₃ konsantrasyonunda LT₉₉ sırasıyla 49.242, 7.369 ve 6.522 saat olduğu bildirilmektedir. Larva evresinde mutlak ölüm için gereken süre 100 ppm PH₃ konsantrasyonunda 7.674 saat ve 200 ppm PH₃ konsantrasyonunda ise 3.600 saat olarak belirlenmiştir. Pupa evresinde yapılan çalışmalardan, 100 ppm PH₃

gaz konsantrasyonunda LT₉₉ 22.454 saat, 200 ppm PH₃ konsantrasyonunda LT₉₉ 15.992 saat olarak belirlenmiştir. Ergin evresi için 100 ppm PH₃ konsantrasyonunda LT₉₉ 15.124 saat, 200 ppm PH₃ konsantrasyonda LT₉₉ 9.155 saat olduğu bildirilmektedir.

Tütüncü (2006) *Carpophilus hemipterus*' un 0-24 ve 24-48 saatlik yumurtalarına, 12 günlük larvalarına, 0-24, 24-48 ve 48-72 saatlik pupalarına, 7-8 günlük erginlerine 200 ppm fosfin 15, 20 ve 25°C sıcaklıklarda % 75 orantılı nem koşullarında LT₅₀, LT₉₀, LT₉₅ ve LT₉₉ değerlerini hesaplamıştır. 15°C sıcaklıkta 200 ppm fosfinin uygulanması sonucu 0-24 ve 24-48 saatlik yumurtalarda elde edilen LT₉₉ sırasıyla 38.85 ve 17.983, 20°C sıcaklıkta 15.826 ve 11.007 saat olarak tespit edilmiştir. Larvalarla yapılan çalışmada sıcaklıklara göre LT₉₉ değerleri 15°C sıcaklıkta 10.528, 20°C sıcaklıkta 16.197, 8.971 ve 9.043 saat olarak tespit edilmiştir. 0-24, 24-48 ve 48-72 saatlik pupalarda 15°C sıcaklıkta sırasıyla 21.035, 15.096 ve 12.394 saat olarak, 20°C sıcaklıkta 16.197, 8.971 ve 9.043 saat olarak ve 25°C sıcaklıkta 12.913, 7.539 ve 6.050 saat olarak tespit edilmiştir. Erginlerde LT₉₉ değerleri 15, 20 ve 25°C sıcaklıklarda sırasıyla 13.663, 9.515 ve 6.730 saat olarak tespit edilmiştir.

Anonymous (2006b) Avusturalya ve Çin'de fosfinin gelecekteki durumunun araştırıldığı çalışmada *Sitophilus oryzae*, *Liposcelis entomophila* ve *L. decolor*'un Avusturalya ve Çin ırklarının fosfine direnç oranları karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmalar, *S. oryzae*'nin Avusturalya ırkı ile karşılaştırıldığında Çin ırkını yok etmek için 200 ppm ve 700 ppm fosfin konsantrasyonunda 4 gün ve 2 gün daha uzun zamana ihtiyaç duyulduğunu göstermiştir. Buna karşın Çin ırkı Avustralya'daki *Rhizopertha dominica*'nın en dayanıklı ırkından daha yüksek bir direnç göstermiştir. Ayrıca 25°C 'de ve % 55 nemde *S. oryzae*'nin Avusturalya ve Çin ırkında yapılan bir diğer çalışmada; 200 ppm fosfinin Avusturalya ırkında 7 günde, 700 ppm fosfinin ise 5 günde popülasyonu kontrol edebildiği görülürken, bu oran Çin ırkında 200 ppm'de 11 gün, 700 ppm'de 7 gün olmuştur.

Alpay (2006) 20, 25°C % 75 orantılı nemde, *Carpophilus hemipterus*' un 0-24 ve 24-48 saatlik yumurtaları, 12 günlük larvaları, 0-24, 24-48 ve 48-72 saatlik pupaları, bir haftalık ergin evrelerinde 50 ppm fosfin gazı (PH₃)'nin değişik uygulama sürelerinde

neden olduğu ölümlere ilişkin LT₅₀, LT₉₀, LT₉₅ ve LT₉₉ değerleri belirlemiştir. Yumurta evresi ile yapılan çalışmalarda 20°C’ de LT₉₉ değeri 0-24, 24-48 saatlik yumurtalarda sırasıyla 89.325, 59.482 saat olarak belirlenirken, bu süre 25°C’ de 58.689, 45.970 saat olarak saptanmıştır. Aynı koşullar altında 20°C’ de yapılan çalışmada larva evresinde LT₉₉ değeri için gereken süre 14.187 saat iken 25°C’ de ise 10.462 saat olarak belirlenmiştir. Pupa evresinde 0-24, 24-48, 48-72 saatlik pupalar ile yapılan çalışmada ise bu değer sırasıyla 20°C’ de 21.404, 33.369, 17.335 saat, 25°C’ de ise 32.123, 22.063, 61.937 saat olarak hesaplanmıştır. Ergin evre için 50 ppm PH₃ konsantrasyonda 25°C’ de LT₉₉ değeri 18.588 saat olarak saptanırken bu süre 20°C’ de yapılan çalışmada 17.407 saat olduğu bildirilmektedir.

Literatürde ECO₂FUME®’ün vakum altında uygulanması konusunda yapılmış çalışma neredeyse yok denecek kadar azdır. Pearson (2002)’a atfen Cavaşin vd. (2006), saf fosfinin aksine ECO₂FUME®’ün CO₂ ile karışım halinde (% 2 PH₃ + % 98 CO₂; w/w) olmasından ötürü vakum ile uygulanmasında alev alma riskinin bulunmadığı ifade edilmektedir. Günümüzde ECO₂FUME®’ün vakum altında kullanımı Yeni Zelanda’da kesme çiçeklerde 70mmHg vakumda 700 ppm dozunda pratik olarak uygulanmakta ve normal atmosfer basıncında 15 saat süren fümigasyon bu yöntem ile 3-4 saate kadar düşürülebilmektedir (Zhang, 2004’e atfen Cavaşin vd. 2006).

Mbata vd. (2009) vakum ile oluşturulan düşük oksijenli kontrollü atmosfer ortamının *Callosobruchus maculatus* zararlısının tüm evreleri üzerinde etkili olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışma da farklı gelişme evrelerinin düşük basınca olan hassasiyetleri belirlenmiştir. Laboratuvar çalışmalarında *Callosobruchus maculatus*’un bütün evreleri 32.5 mmHg basınca farklı uygulama sürelerinde maruz bırakılarak ölüm oranları belirlenmiştir. Araştırmalar sonucunda larva evresi en duyarlı evre olarak bildirilmiş ve bu evre de uygulama süresi daha kısa tutulmuştur. Varyans analizleri, *Callosobruchus maculatus*’ un farklı yaşam evrelerinde ölümler üzerinde uygulama süresinin etkinliğini göstermiştir. Araştırmacılar, *C. maculatus*’a karşı depolarda uygulanan fümigasyon yöntemine alternatif olarak uygulanan vakum uygulamasının oldukça etkili bir mücadele yöntemi olduğunu bildirmişlerdir.

Günümüzde depolanmış ürün zararlılarıyla savaşmada en yaygın olarak Fosfin (PH₃), Sülfürlü Florit (SF) ve Metil Bromit (MB) gazları kullanılmaktadır. Bunlardan MB, Montreal Protokolü çerçevesinde Ülkemizde –karantina ve yükleme öncesi sözdışı-kullanımdan kaldırılmış bulunmakta; SF ise sera gazı potansiyelinin yüksek oluşu (Andersen, 2009; <http://www.agu.org/journals/ABS/2009/2008JD011162.shtml>) ve doğada içme sularında flor birikimi riski (<http://www.epa.gov/pesticides/sulfuryl-fluoride/evaluations.html>) açılarından sorgulanmaktadır. Dolayısı ile PH₃ günümüzde kuru bakliyat zararlılarına karşı en güvenli fümigant olma özelliğini sürdürmektedir.

Literatürde fosfin gazının karbondioksit ile birlikte depolanmış ürün zararlılarına karşı kullanımı üzerinde çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda amaç sinerjistik etkiden yararlanmak olduğundan CO₂ düzeyi yüksek tutulmuştur; ECO₂FUME®’de ise CO₂ sadece fosfinin alev alma olasılığını ortadan kaldırmak için kullanıldığından uygulamalardaki CO₂ düzeyi ihmal edilebilir konsantrasyonlarda kalmaktadır. Mueller (1998), silindirik fosfin formülasyonlarındaki CO₂ oranının fosfine sinerjistik katkıda bulunabilecek düzeyde olmadığını; örneğin 500 ppm konsantrasyondaki uygulamada CO₂ düzeyinin yaklaşık % 1 civarında olduğunu; oysa CO₂’in biyolojik olarak etkili olabilmesi için en az % 3 düzeyine yani yaklaşık 30000 ppm düzeyine ulaşması gerektiğini bildirmektedir. Dolayısıyla bu tezde önerilen çalışma ile literatürde fosfinin CO₂ ile birlikte kullanımına ilişkin çalışmalar birbirinden oldukça farklıdır. Bununla birlikte örnek olarak birkaç araştırmadan bahsetmek gerekirse; El-Lakwah vd. (1989), sabit fosfin konsantrasyonunda CO₂’in değişik konsantrasyonlarının diyapozdaki *Trogoderma granarium* Everst (Dermestidae: Coleoptera) larvaları üzerindeki ölümcül etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, 30°C sıcaklıkta 18 ve 24 saatlik kısa süreli uygulamalarda sabit fosfin konsantrasyonuna % 20, 50, 75 veya 100 oranında CO₂ ilavesinin fosfinin etkinliğini olumsuz yönde etkilediğini; 48 ve 72 saatlik uzun süreli uygulamalarda ise fosfine % 75 veya % 100 oranında CO₂ ilavesinin fosfinin etkinliğini önemli düzeyde arttırdığını; 20°C sıcaklıkta 24-96 saatlik uygulamalarda fosfine % 20 ve % 50 oranında CO₂ ilavesinin ölüm oranını değiştirmedeğini; CO₂’nin tekbaşına % 20 ve % 50 konsantrasyonlarında 10 günlük uygulanması sonucunda elde edilen ölüm oranlarının 20-30°C sıcaklıklarda %0-40 arasında gerçekleştiğini bildirmektedir. Coelho vd. (2000), % 100 CO₂ ortamında

0.25, 0.50 ve 0.75 gm⁻³ (sırasıyla \cong 188 ppm; 375 ppm ve 563 ppm) fosfinin *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Curculionidae: Coleoptera) üzerindeki ölümcül etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, uygulama süresindeki artışın tüm evrelerde ölüm oranını arttırdığını; pupa evresinin uygulamalardaki en tolerant evre olduğunu; % 100 CO₂ ve 0.75 gm⁻³ fosfin kombinasyonunun 5 gün süresince uygulanması ile tüm evrelerde mutlak ölüme ulaşıldığını bildirmektedir. Lambkin (2000), fosfine % 5 veya % 10 CO₂ ilavesinin fosfine dirençli *Rhizopertha dominica* (F.) (Bostrychidae: Coleoptera)'nın tüm yaşam dönemleri üzerindeki etkinliğini araştırdığı çalışmasında, tekbaşına kullanımına kıyasla fosfine % 10 oranında CO₂ ilavesinin fosfinin etkinliğini değiştirmedini; % 5 CO₂ ilavesinin ise fosfinin etkinliğini azalttığını belirtmektedir.

Bu araştırmalarda vakumun fümigasyon süresinin veya kullanılan fumigant konsantrasyonunun düşürülmesinde etkili olduğu görülmektedir (Emekci, 2010). Işıkber vd. (2001), Propilen Oksit'in (PPO) % 92 CO₂ ve 100 mmHg vakum ile birlikte kullanımı neticesinde *T. castaneum*' un en tolerant evresi olan pupalarında LD₉₉ değerinin PPO'nun tekbaşına kullanımındaki 146.5 mg/L düzeyinden 20 mg/L düzeyine düştüğünü bildirmektedir. Muhareb vd. (2004), Sulfuryl Fluoride'in normal atmosfer ve vakum koşullarındaki etkinliğini kıyasladıkları çalışmada vakumlu ortamlarda *P. interpunctella* ve *T. confusum*'un yumurta ve pupa evrelerine karşı etkili bir fümigasyon için gereken gaz konsantrasyonunun veya uygulama süresinin normal atmosfer koşullarındaki uygulamalarda gereken gaz konsantrasyonu veya uygulama süresine kıyasla % 53 oranında daha az olduğunu bildirmektedir. Drinkall vd. (2005), 17-20°C sıcaklıklarda 50 mmHg vakumda 4.7 saat süreli ya da normal atmosfer koşullarında 13.3-18.8°C sıcaklıklarda 21.8 saat veya 22.3- 27.4°C sıcaklıklarda 22.5 saat süreli sülfürlü florit fümigasyonlarında denemeye alınan depo zararlılarının başarıyla elemine edildiğini bildirmekte ve böylece vakum uygulamalarıyla fümigasyon süresinin kısaltılabildiğini ifade etmektedir. Buna karşılık Walse vd. (2009), *C. hemipterus*, *P. interpunctella* ve *T. castaneum*' un yumurta evresine sülfürlü floritin etkinliğini araştırdığı çalışmasında 15.5°C sıcaklıkta normal atmosferik basınçta 24 saatlik fümigasyon ve 100 mmHg vakumda 4 saatlik fümigasyon sonunda LT₅₀ değerlerini sırasıyla 214.7 mg/l ve 846.8 mg/l olarak tespit etmiştir. Bu araştırmanın beklenenin

aksine sonuçlar vermesinin vakum süresinden, vakum düzeyinden veya tür ve evre farklılıkları gibi değişik nedenlerden kaynaklandığı düşünülebilir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Araştırmada kullanılan tür

Araştırmada, A.Ü. Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Depolanmış Ürün Zararlıları Laboratuvarında yetiştirilmekte olan Almanya orjinli *Callosobruchus maculatus* (L.) (Coleoptera: Bruchidae) kültürü kullanılmıştır. Denemeler zararlının yumurta, larva, pupa ve ergin evreleri üzerinde yürütülmüştür.

Türkçe börülce tohum böceği olarak bilinmektedir. Ancak Lodos (1974), polifag bir tür olduğunu belirterek bu isimlendirmenin doğru olmadığını savunmuş ve lekeli tohum böceği olarak isimlendirmiştir.

Uçan ve uçmayan olmak üzere iki formu bulunmaktadır. Uçucu formunun vücudu oval şekillidir ve üzeri kızıl kahve, parlak sarı desenlidir. Uçucu olmayan formunda ise zemin rengi hemen hemen siyahtır ve üzerindeki kıllar gri gibi görünür. Bu formunda ortalama vücut uzunluğu erkekte 2,41 mm dişide ise 3,18 mm olup uçucu formlarında daha uzundur. Anten halkalarının ilk dördü kızıl, diğerleri siyah renkte, erkeklerde 7. segmenti genişlemiş durumdadır. Yumurta boyu 0,26-0,32 mm., bir ucu daha sivri olmak üzere yuvarlağa yakın kremi beyaz renktedir (Lodos, 1974).



Şekil 3.1 *Callosobruchus maculatus* (F.) ergin bireyi

Callosobruchus maculatus' un Sistematikteki Yeri:

Şube : Arthropoda

Sınıf : Insecta

Takım : Coleoptera

Üstfamilya : Chrysomeloidea

Familya : Bruchidea

Cins : *Callosobruchus*

Tür : *Callosobruchus maculatus*

Sinonim: *C. quadrimaculatus* F., *C. ornatus* Boh

Türkçe Adı :Börülce Tohum Böceği

İngilizce Adı: Sowthern cowpea weevil, azuki bean weevil

3.2 Yöntem

3.2.1 *Callosobruchus maculatus*' un yetiştirilmesi

Callosobruchus maculatus' un üretiminde besin olarak nohut kullanılmış, yetiştirme kabı olarak ise 1 litrelik steril cam kavanozlar kullanılmıştır. Besin olarak kullanılan nohut, en az 24 saat süre boyunca -20°C' deki dondurucuda tutulmuştur. Bunun sebebi olası bulaşıklığı ortadan kaldırmaktır.

Sterilize edilmiş nohut 1 litrelik steril cam kavanozlara, kavanozun 1/3'ünü dolduracak kadar aktarılmış ve üzerine kültürden aspiratör yardımıyla toplanmış 400- 500 adet ergin aktarılmıştır. Hava girişini sağlamak için kavanozların kapaklarına çok sayıda 1 mm çaplı delikler açılmış, ortamdan kültüre zararlıların bulaşmasına engel olmak için, kavanoz kapaklarının iç kısımlarına kurutma kağıdı yerleştirilmiştir.



Şekil 3.2 *Callosobruchus maculatus*' un yetiştirilmesinde kullanılan kavanozlar

Callosobruchus maculatus kültürü, % 60 ± 5 orantılı nem ve $25 \pm 1^\circ\text{C}$ sıcaklık koşullarına ayarlanmış iklim odasında sürdürülmüştür. Ortamın sıcaklık ve nemi Hobo® ProTemp/RHmarka veri kaydedici ile sürekli olarak kaydedilmiştir.

Kavanozlarda erginler nohut üzerine bırakıldıktan 24 saat sonra vakum kaynağı ile dikkatlice uzaklaştırılmıştır. Böylece 0-24 saatlik yumurtalar ile bulaşık nohutlar elde edilmiştir. Bu yumurtalardan açılan larvalar ve daha sonra oluşan pupalar tane içinde gelişimini tamamlayarak yaklaşık 30 gün sonra kültürden ergin çıkışları başlamıştır.

3.2.2 Biyolojik evreler

3.2.2.1 Yumurta

İçinde 0-24 saatlik yumurtalar ile bulaşık nohut taneleri bulunan 1 litrelik kavanozlarda yumurtalardan çıkan larvalar tane içindeki gelişimlerini 28-30 günde tamamlar ve ergin çıkışları başlar. Yumurtalar hafif oval şekilli olup, ilk gün şeffaf yağ damlası gibi görünürken yaklaşık 10 gün içerisinde süt beyazı rengini almaktadır. Bu renk değişikliğinin sebebi yumurtadan larva çıkışının olmasıdır. Denemeler için belirli yaştaki yumurtaların elde edilmesi amacıyla 15-16 adet ortadan ikiye ayrılmış nohut danesi cam lamlara kokusuz yapıştırıcı ile tutturulmuştur.

Bu şekilde hazırlanan cam lamalar her bir deneme için en az 5 tekerrür olacak şekilde metal tepsilere yerleştirilmiştir. Her bir metal tepsinin içine yaklaşık 600-650 adet 0-24 saatlik ergin ilave edilmiş ve üzeri polietilen ile kapatılmıştır.

Metal tepsilere aktarılan erginler 24 saat sonra aspiratör yardımıyla ortamdan dikkatlice uzaklaştırılmış ve böylece 0-24 saatlik yumurtalarla enfekteli yarım nohut taneleri elde edilmiştir. Bir günlük yumurtalarla enfekteli yarım nohut tanelerinin bulunduğu lamalar bir küvet içinde 25°C sıcaklık ve % 60 orantılı nem ihtiva eden plastik kabinlere alınmıştır. Bu şekilde elde edilen 0-24 saat yaşlı yumurtalar böcek yetiştirme odasında 1, 2 ve 3 gün bekletilmek suretiyle sırasıyla 24-48, 48-72 ve 72-96 saat yaşına ulaşmaları sağlanmıştır.



Şekil 3.3 *Callosobruchus maculatus* 'un yumurtalarının elde edildiği lamalar



Şekil 3.4 *Callosobruchus maculatus* 'un nohut üzerindeki yumurtaları

3.2.2.2 Larva

Callosobruchus maculatus erginlerinin daneler üzerine bıraktığı yumurtalardan yaklaşık 13 gün sonra larvalar çıkmaktadır. Nohut üzerine konulan yumurtalar ilk bırakıldıklarında şeffaf sarımsı renkte olup, gelişen embriyo larva evresine geçerek yumurtadan çıktığında doğrudan yumurtanın nohuta temas ettiği yerden danede delik açarak dane içerisine girmektedir. Bu evrede nohut üzerinde delik açarken oluşturduğu tortular ve larva atığı nedeni ile yumurta krem beyaz renge dönmektedir. Yumurtadan çıkan larva dane içerisinde beslenir ve yumurtanın bırakılmasından itibaren yaklaşık 20 günde olgun larva haline gelir.

Larva evresinde yapılacak çalışmalar 0-24 saatlik yumurtalardan elde edilen larvalarla devam ettirilmiştir. Bunun için hesaplanan deneme tarihinden 20 gün önce kullanılacak olan erginler aspiratör yardımıyla çekilerek içerisinde yaklaşık olarak 450 g nohut bulunan kavanozun içine yoğun bir şekilde atılmıştır. Kavanozda kalan 1 günlük yumurtalardan 20 gün sonra tane içinde oluşan larvalarla larva denemesi kurulmuştur.



Şekil 3.5 *Callosobruchus maculatus* 'un larvası



Şekil 3.6 *Callosobruchus maculatus* 'un tane içindeki larvası

3.2.2.3 Pupa

Yumurtada çıkan larvalar dane içerisinde gelişimini tamamlayarak dane içinde pupa evresine geçmektedir. Yumurtanın bırakılmasından itibaren 26-28 gün içinde zararlının olgun pupa haline geldiği gözlenmiştir.

Böylece, deneme tarihinden 28 gün önce, içerisinde yaklaşık 450 g nohut bulunan kavanozlara yoğun miktarda ergin aktarımı yapılmıştır. 24 saat sonra bu erginler uzaklaştırılarak içinde 0-24 saatlik yumurtalarla bulaşık nohutların bulunduğu kavanozlar elde edilmiş ve bu kavanozlar 28 gün süresince $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\% 60\pm 5$ orantılı nemde bulunan böcek yetiştirme odasına alınmıştır. Denemeden birkaç gün önce her deneme için 5'er tekerrür olacak şekilde deneme kaplarına 30'ar olgun pupa içeren nohut tanesi konulmuştur.

3.2.3 Larva ve Pupa Yaşlarının Doğruluğunun Tespiti

Larva ve pupa yaşlarının doğruluğunu tespit amacıyla larva dönemi için 20 gün bekletilmiş 0-24 saatlik yumurtalarla bulaşık nohut taneleri, pupa dönemi için ise 28 gün bekletilmiş 0-24 saatlik yumurtalarla bulaşık nohut taneleri 1 gün boyunca derin dondurucuda tutulmuştur. Bir gün sonra derin dondurucudan çıkarılan tanelerin kolay parçalanması için nohutlar su içine konulmuş ve ıslanan nohutlar tek tek parçalanmak suretiyle içindeki evreler tespit edilmiştir. Çalışma 3 tekerrürlü olarak yapılmış ve her bir tekerrürde 100 adet enfekteli nohut kullanılmıştır.

3.2.2.4 Ergin

Bu evrede çalışmalar kültürlerden çıkan 0-24 saatlik genç erginler ile yürütülmüştür. Yaklaşık olarak bir ay önce 0-24 saatlik enfekteli nohutlarla başlatılan ve erginlerin henüz çıkmaya başladığı kavanozlardan erginler aspiratör yardımıyla uzaklaştırılmış ve içinde hiç ergin olmayan bu kavanozlar 1 gün boyunca iklim odasında bekletilmiştir. Bir gün sonra bu kavanozlar tekrar kontrol edilerek içlerindeki 0-24 saat yaşlı erginler aspiratör yardımı ile toplanarak denemelerde kullanılmıştır. Denemeler 5 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Her bir deneme için 25'er adet ergin birey kullanılmıştır.

3.2.4 Deneme Düzenegi

3.2.4.1 Vakum düzenegi

Denemelerde Labconco® vakum kabinleri kullanılmıştır. Bu kabinler 27 litrelik olup iki yanında vana bulunmaktadır. Vakum kabininin üst kısmında vakum manometresi bulunmaktadır. Zararlının daha önceden hazırlanan tüm evreleri vakum kabini içerisindeki deneme kaplarına konulmuştur. Kaplar vakum kabine yerleştirildikten sonra kabinin kapağına vazelin sürülerek sıkıca kapatılmıştır. Ayrıca kabinlerin zeminine sirkülasyon amacıyla küçük bir fan bağlanmış ve bu fanların elektrik kablosu özel gaz geçirmez bir bağlantı ile dışarıya uzatılmıştır. Vakum kabinlerinin tabanına konulan 100 ml hacimli cam kaplara KOH solüsyonu ilave edilerek deneme süresince ortamda % 60 orantılı nem elde edilmiştir. Denemeler 50 mmHg ve 100 mmHg vakumda yürütölmüştür. Vakum pompası ile ortamda vakum meydana getirilmiş ve oluşturulan vakum düzeyleri manometreden kontrol edilerek pompa kapatılmıştır. Ortamdaki vakum seviyesi Digi-Vac™ marka transdüser tarafından ölçölmüştür. Ortamdaki vakum düzeyi belirlenen ölçülerde olmadığında vakum pompası tekrar çalıştırılmıştır. Ortamda hedeflenen vakum düzeyi ayarlandıktan sonra vakum kabininin vanaları kapatılıp vakum kaynağı çıkarılmıştır. Bu işlemden sonra vakum kabini üzerindeki manometredeki vakum düzeyi işaretlenmiş ve uygulama süresince vakum kaçağı olup olmadığı işaretlenen ibre seviyesinde değişim olup olmamasına göre belirlenmiştir. Çalışma süresince manometrede değişim belirlenmişse o deneme tekrar edilmiştir. Çalışma 15,20 ve 25°C sıcaklığa ayarlı iklim kabinlerinde yürütölmüştür. Çalışmalarda, zararlının evreleri kontrol amaçlı olarak aynı kaplarda hazırlanmış ve benzer şekilde aynı kabinlere konmuştur. Farklı olarak bunlara vakum uygulanmamıştır. Vakum kabininin gaz vanaları uygulama süresi sonunda açılmış ve vakum giderilmiştir. Daha sonra kapak açılmış ve deneme kapları ortamdaki alınmıştır. Deneme kapları içerisinde önceden hazırlanan % 60 orantılı nem kavanozları bulunan PVC kabinlere alınarak ölümler belirleninceye kadar bekletilmıştir.

3.2.4.2 Fosfin düzeneği

Denemeler 27 litrelik Labconco® vakum kabinlerde yürütölmüştür. Her bir kabinin yanlarında gaz geçirmez vanalar monte edilmiştir. Ayrıca kabinlerin zeminine hava sirkülasyonunu sağlamak için küçük bir fan bağlanmıştır. Deneme boyunca ortam nemini % 60 da tutmak için 100 ml hacimli kaplara KOH çözeltisi konmuş ve bu kaplar deneme kabininin tabanına yerleştirilmiştir. Denemede kullanılacak zararlının bütün evreleri deneme kaplarına konduktan sonra kabin içerisindeki raflara yerleştirilmiş ve kabinin kapak kısmına vazelin sürölerek kapatılmıştır. Kabine bağlı olan gaz geçirmez vanalardan biri boru ile fosfin ölçüm cihazına bağlanmıştır. Ölçüm cihazındaki gaz çıkış borusu ise kabinin diğer tarafındaki vanaya yine bir başka boru ile bağlanmıştır. Daha sonra ECO₂FUME® silindirinden gaz alımına başlanmıştır. Ölçüm cihazı ekranında istenen konsantrasyona ulaşınca kadar gaz verilmiş ve sistem kapatılmıştır. Uygulamanın ilk 2 saati içinde gaz ölçümü en az iki kez ölçölerek istenen konsantrasyon düzeyi sabitlenmiştir. 24 saatlik uygulama sonuna doğru gaz ölçümü tekrar yapılarak istenen düzeyde gazın varlığı teyit edilmiştir. Daha sonra 24 saatlik süre sonunda fümigasyon kabininin kapağı açılmış, havalandırma yapılmış ve test materyali ortamdan alınmıştır. Çalışmada 15,20 ve 25°C sıcaklıktaki iklim kabinlerinde yürütölmüştür. Çalışmalarda, kontrol amacı ile aynı kaplarda hazırlanan zararlının evreleri benzer şekilde kabine yerleştirilmiş fakat fümigant verilmemiştir. Deneme materyali denemenin yürütöldüğü sıcaklıklarda daha önceden hazırlanan % 60 orantılı nem sağlayan KOH çözeltisi bulunan PVC kabinlere alınarak ölümler belirleninceye kadar bekletilmiştir.

3.2.5 Biyolojik evre denemeleri

3.2.5.1 Yumurta

Yumurta evresi ile yapılan uygulamalar her bir yaş için bir lam üzerinde 15-16 adet yarım nohut tanesinde ortalama 30 yumurta olacak şekilde 5' er tekerrürlü (en az 150 adet yumurta) olacak şekilde yürütölmüştür. Belirli yaştaki bu yumurtalar (0-24, 24-48,48-72 ve 72-96 saat) dikkatlice Labconco® deneme kabinlerine alınmıştır.

Kabinlerin her birinin içine ortamdaki nemi sağlaması % 60'lık KOH çözeltisi konmuştur. Çalışmada zararlının evreleri aynı anda değişik konsantrasyonlarda 24 saatlik uygulama süresinde fosfine tabi tutulmuştur. Zararlının tüm evreleri yerleştirildikten sonra vakum kaçağı olmaması için kabin kapağı vazelin sürülerek sıkıca kapatılmıştır. Uygulama süresi sonunda vakumu sonlandırmak için yan taraftaki vana açılarak kabin normal atmosferik koşula getirilmiştir.

Uygulama sonunda deneme kabini kapağı açılarak havalandırılmıştır. Kontrol amaçlı olarak hazırlanan lamların bulunduğu küvetlere kabinden çıkarılan yumurtaların bulunduğu lamlar konulmuştur. Bu küvetlerde orantılı nemi sağlamak için % 60'lık KOH çözeltisi bulunmaktadır. Lamlar burada ölümler belirleninceye kadar yaklaşık olarak 2-2,5 hafta bekletilmiştir. Denemeden çıktıktan 2 hafta sonra sonuçlar belirlenmiştir. Sonuçların belirlenmesi amacıyla binoküler mikroskop altında lamlar üzerindeki yapışık yarım nohut tanelerindeki açılmış ve açılmamış yumurtalar sayılmıştır. Açılan yumurtalar süt beyazı rengini alırken, açılmayan yumurtalar saydam renkli- yağ damlası gibi görünmektedir. Açılan ve açılmayan yumurtalar bize ölüm oranını vermektedir.

3.2.5.2 Larva

Denemelerde kullanılacak olan larvaları elde etmek için erginler deneme tarihinden 20 gün önce kültür kavanozlarına aspiratör yardımıyla alınmıştır. (Amaç bu şekilde 0-24 saatlik yumurta elde etmektir.) 24 saat sonra erginler kavanozlardan aspiratör yardımıyla dikkatlice uzaklaştırılmıştır. 20 gün sonra (deneme tarihinde) erginlerin bırakmış oldukları yumurtalar olgun larva halini almıştır. Her bir deneme için 5'er tekerrür olacak şekilde deneme kaplarına binoküler mikroskop altında 30'ar tane larva evresine geçmiş yumurta (süt beyazı) bulunan nohut konmuştur. Denemeler toplamda 150 larva ile kurulmuştur. Deneme kapları, içerisinde % 60'lık nem veren KOH çözeltisi bulunan deneme kabinlerine yerleştirildikten sonra kabin kapağı sıkıca kapatılmış, fosfin ve vakum uygulanmıştır. Fosfin uygulamasından 24 saat sonra kabin yanındaki vana açılarak önce vakum sonlandırılarak kabin normal atmosferik koşula getirilmiştir. Daha sonra kabin kapağı açılarak havalandırılmış ve içerisindeki deneme

kapları çıkarılmıştır. Bu işlemin ardından içerisinde larvaların bulunduğu nohutlar olan deneme kapları kontrollerin konulduğu % 60 orantılı nem sağlayan KOH çözeltisi bulunan küvetlere yerleştirilmiştir. Sonuçlar bu evrede denemeden çıktıktan sonra 15-30 gün içinde belirlenmektedir. Bu süre boyunca haftalık inceleme yapılmış ve çıkan erginler not edilerek çıkışlar durduktan sonra ölüm oranı belirlenmiştir.

3.2.5.3 Pupa

Denemede kullanılacak pupaları elde etmek amacıyla, larva evresinde olduğu gibi 0-24 saatlik yumurtalar kullanılmıştır. Elde edilen yumurtalardan 28 gün sonra oluşan olgun pupalar ile deneme kurulmuştur. Deneme 5 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Her bir deneme kabına binoküler mikroskop altında 30' ar tane pupa (toplamda 150 pupa) evresine geçmiş yumurta (süt beyazı) bulunan nohut alınmıştır.

Sayımı yapılan pupalar, içinde % 60'lık KOH çözeltisi bulunan deneme kabine konularak denemeler kurulmuştur. 24 saatlik uygulama süresi sonunda fümigasyon tamamlanmış ve vakuma son verilmiştir. Daha sonra deneme kapları % 60'lık nem veren küvetlere alınmıştır. Pupa evresinde de ölümleri belirlemek amacıyla yapılan gözlemlerde birkaç hafta boyunca çıkış yapan ergin sayıları saptanmıştır. En son ergin çıkışlarının durması ile ölüm oranı belirlenmiştir.

3.2.5.4 Ergin

Ergin evresi ile ilgili çalışmalar kültürlerden çıkan genç (0-24 saatlik) bireyler ile yürütülmüştür. Bu amaçla bir ay önce açılmış ergin çıkışı olan kültürlerin içindeki erginlerin tamamı deneme tarihinden bir gün önce aspiratör yardımıyla çekilerek kültürden uzaklaştırılmıştır. Ertesi gün aynı kültürlerden çıkan 0-24 saatlik erginlerden 25' er adet alınarak deneme kaplarına konulmuştur. Ergin denemeleri de 5 tekerrürlü olarak düzenlenmiştir. Hazırlanan deneme kapları, içinde % 60'lık KOH çözeltisi bulunan kabinlerin içerisine yerleştirildikten sonra kabin kapağı sıkıca kapatılmıştır. Daha sonra kabine PH₃ ve vakum uygulanmıştır. Uygulama süresi sonunda vakumu sonlandırmak için yan taraftaki vana açılarak kabin normal atmosferik koşula

getirilmiştir. Kabin kapağı açılarak havalandırma yapılmıştır. Daha sonra çıkarılan deneme kapları % 60 lık nem bulunan küvetlere alınmıştır. Denemeden 1 gün sonra kapların içindeki erginlerdeki ölü-canlı sayısı belirlenerek ölüm oranı saptanmıştır.

3.2.6 İstatistiksel Analiz

Denemelerde belirlenen ölümlere ait veriler JMP-7 istatistik paket programı kullanılarak varyans analizi yapılmış; transforme edilmiş rakamlara arc sinüs (açı transformasyonu) transformasyonu uygulanmıştır. Çoklu karşılaştırma testleri A.Ö.F (Asgari önemli farklılık) yöntemiyle yapılmıştır. Tesadüf parselleri deneme deseni ise faktöriyel düzeyde (3 faktörlü) yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Börülce Tohum Böceği, *Callosobruchus maculatus*'a karşı fosfin gazının vakum altındaki etkinliğinin üç farklı sıcaklıkta araştırıldığı çalışmada elde edilen ölüm oranlarına ilişkin istatistik analiz sonuçları Çizelge 4.1-44.'te verilmiştir.

Çizelge 4.1 Varyans Analiz Tablosu

V.K	S.D	K.O	F	P
Genel	440			<0.01
Doz	6	100,7978	5241,884	<0.01
Sıcaklık	2	0,4006	20,8324	<0.01
Evre	6	3,1449	163,5489	<0.01
Sıcaklık*Doz	12	0,0611	3,1750	<0.03
Evre*Doz	36	1,1124	57,8509	<0.01
Sıcaklık*Evre	12	0,7431	38,6427	<0.01
Sıcaklık*Evre *Doz	72	0,0529	2,7520	<0.01
Hata	294	0,01923	241,4852	PRob>F

Çizelge 4.2 Sıcaklık - Doz İnteraksiyonuna İlişkin Asgari Önemli Farklılık testi

DOZLAR									
		Kontrol	1000 ppm	1500 ppm	1000 ppm+50 mm	1000 ppm+100 mm	1500 ppm+50 mm	1500 ppm+100 mm	ORT
SICAKLIKLAR	15 □ C	40±0.9258 (F)	84.665± 6.5106(E)	86.381± 6.26812(E)	90.57± 4.81898(CD)	90±1.23445(D)	92.28±0(BCD)	91.71±0(BCD)	77.0865
	20 □ C	3.81± 0,53551(F)	75.9± 4.7998(E)	90.57± 2.85909(BCD)	89.71± 1.23444(BCD)	88.57± 0.92584(CD)	93.71± 0.61722(ABC)	93.61± 0.61722(ABCD)	76.5542
	25 □ C	3.714± 0.30561(F)	90.284± 3.29878(BCD)	95.332± 12.3444(AB)	93.42± 0.30861(ABC)	93.42± 0.30861(ABCD)	98.95±0(A)	98.19±0(A)	81.9014
	ORT	3.84133	83.61633	90.761	91.23333	90.663333	94.98	94.50333	79.49395

* Aynı harf ile belirtilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemli değildir (P<0,05).

Çizelge 4.3 Sıcaklık – Evr İnteraksiyonuna İlişkin Asgari Önemli Farklılık testi

SICAKLIKLAR						
			15° C	20° C	25° C	ORT
EVRE	Yumurta	0-24 saatlik	83.522± 14.5047 (CDE)	81.524±14.5047 (BCDE)	84.095±15.1219 (DE)	83.047
		24-48 saatlik	28.19±6.1722 (I)	55.5214±10.8014 (H)	67.617±12.6719 (F)	50.4428
		48-72 saatlik	85.332± 14.8133 (CDE)	65.0471±12.0358 (G)	77.808±14.19 (E)	76.06237
		72-96 saatlik	85.905±14.8133 (ABC)	85.2371±14.8133 (ABCDE)	85.904±14.50 (ABCD)	85.68203
	Larva	20 günlük	85.332±14.50 (A)	79.524±14.5047 (BCDE)	86.571±14.81 (AB)	83.809
	Pupa	28 günlük	85.62±14.50 (AB)	83.332±14.5047 (ABC)	86.475±14.50 (ABC)	85.14233
	Ergin	0-24 saatlik	85.714±15.43 (FG)	85.714±15.4305 (FG)	100±15.43 (FG)	90.476
		ORT	77.08786	76.55709	84.06714	86.7615

Aynı harf ile belirtilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli değildir.(P<0,05).

Çizelge 4.4 Evre – Doz İnteraksiyonuna İlişkin Asgari Önemli Farklılık testi

DOZLAR										
			Kontrol	1000 ppm	1500 ppm	1000 ppm+50 mm	1000 ppm+100 mm	1500 ppm+50 mm	1500 ppm+100 mm	ORT
EVRE	Yumurta	0-24 saatlik	3.78±0.94 (MN)	92.88±8.013876 (ABCD)	95.77±0 (ABC)	96.223±0 (ABC)	94.666±0.942809 (ABCD)	99.333±0.94809 (A)	98.666±0(A B)	83.045429
		24-48 saatlik	3.55±0 (N)	41.11±0 (J)	55.55±15.556(I)	57.11±6.12(H)	54.886±8.956686 (H)	72±9.899(FG)	68.886±10.8423 (G)	50.441714
		48-72 saatlik	3.33±0 (N)	79.33±0 (EF)	87.556±2.35702 (BCDE)	87.333±3.77123 (CDE)	85.11±3.77123 (DE)	95.7766±0.94280 (ABC)	94±0.471(A BCD)	76.062229
		72-96 saatlik	4.22±0.471(M)	98.22±0.9428 (ABC)	99.556±0.4714 (A)	100±0(A)	100±0(A)	97.776±0(ABC)	100±0(A)	85.681714
	Larva	20 günlük	6.446±0 (K)	81.33±2.82842 (EF)	98.886±0.4714 (AB)	100±0(A)	100±0(A)	100±0(A)	100±0(A)	83.808857
	Pupa	28 günlük	5.553±0 (L)	92.44±0.4714 (ABCD)	98±1.414 (ABC)	100±0(A)	100±0(A)	100±0(A)	100±0(A)	85.141857
	Ergin	0-24 saatlik	O	100±0(A)	100±(A)	100±0(A)	100±0(A)	100±0(A)	100±0(A)	85.714286
		ORT	3.8398	83.6157	90.759	91.5237	90.666	94.9836	94.5074	84.3798575

* Aynı harf ile belirtilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemli değildir (P<0,05).

Çizelge 4.2'yi incelediğimiz zaman 15°C, 20°C ve 25°C sıcaklıklarda fosfinin tek başına uygulanması sonucu % 100 ölümün olmadığını; fakat doz artışı ile birlikte ölüm oranının arttığı görülmektedir. Vakumun devreye girmesiyle ölüm oranı fosfine göre daha fazla artmaktadır. Vakum ve fosfinin birlikte uygulanmasında ise fosfin dozunun artışı ve vakum seviyesinin düşüşü ölüm oranını arttıran bir unsur olarak görülmektedir.

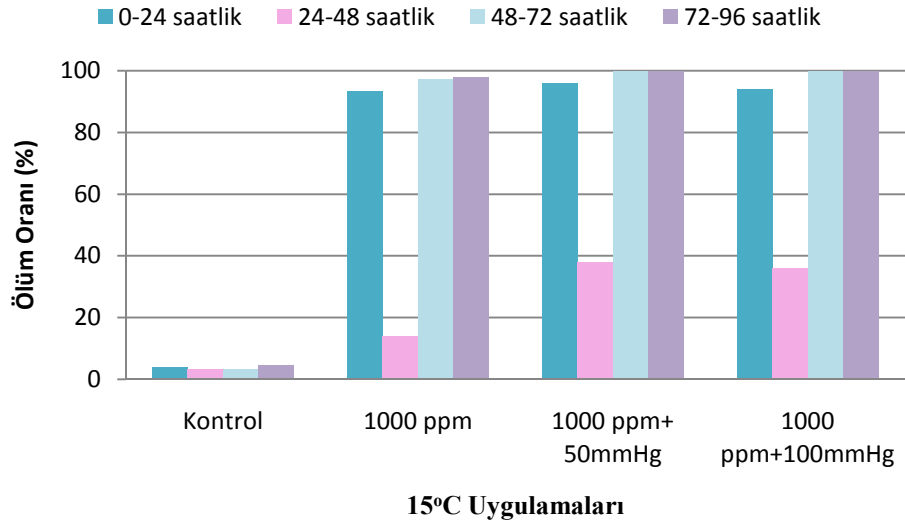
Çizelge 4.3'de 15°C, 20°C ve 25°C sıcaklıkların evrelere göre ölüm oranları görülmektedir. 25°C'de ergin evresinde % 100 ölüm görüldüğü ve farklı yumurta yaşları içinde 24-48 saatlik yumurtaların diğer yaştaki yumurtalara göre daha dayanıklı olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.4'ü incelediğimiz zaman fosfinin tek başına uygulanması sonucu ergin evresi dışında % 100 ölümün olmadığını; fakat doz artışı ile birlikte ölüm oranının arttığı görülmektedir. Vakumun devreye girmesiyle ölüm oranı fosfine göre daha fazla artmaktadır. Bütün uygulamalara karşı 24-48 saatlik yumurtaların diğer yaştaki yumurtalara göre daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir.

4.1 Yumurta

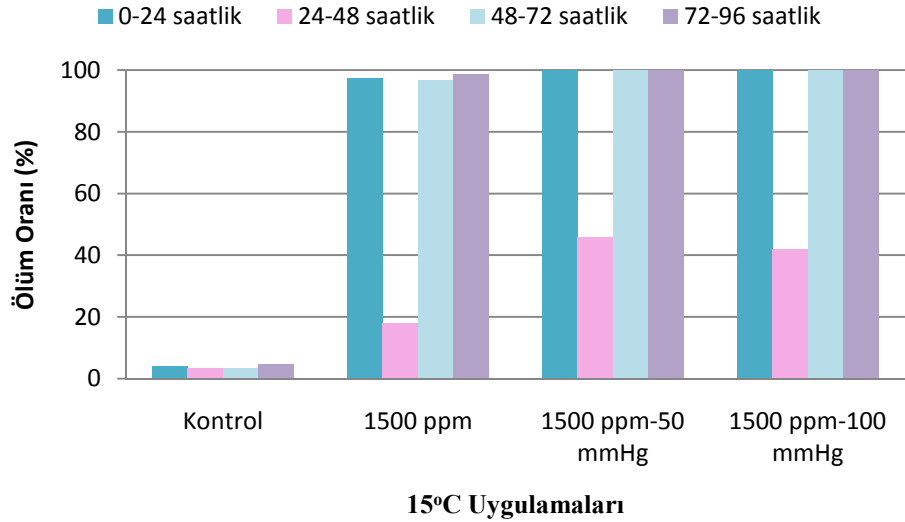
Yumurta döneminde yapılan çalışmalarda 0-24, 24-48, 48-72 ve 72-96 saatlik yumurtalar kullanılmıştır. Çalışmalar 50 ve 100 mmHg düzeyindeki vakumda, 1000 ve 1500 ppm fosfin gazında, 15, 20 ve 25°C'de, değişik uygulama sürelerinde yürütülmüştür. Uygulama süresi sonunda yumurta evresinde belirlenen ölüm oranlarına ilişkin veriler grafikler halinde Şekil 4.1- 4.4'de verilmiştir.

15°C sıcaklık ve % 60 orantılı nem koşullarında 1000 ppm fosfin gazı ve fosfin + vakumla yapılan uygulamaların kontrollerinde ölüm oranı % 3.74 olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonuçlarına göre 1000 ppm fosfin + 50 mmHg ve 1000 ppm fosfin + 100 mmHg şeklinde yapılan fosfin ve vakum ortak uygulamasında 48-72, 72-96 saatlik yumurtalarda mutlak ölüm belirlenmiştir. 24-48 saatlik yumurtaların diğer yaşlardaki yumurtalara göre daha dayanıklı olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.1).



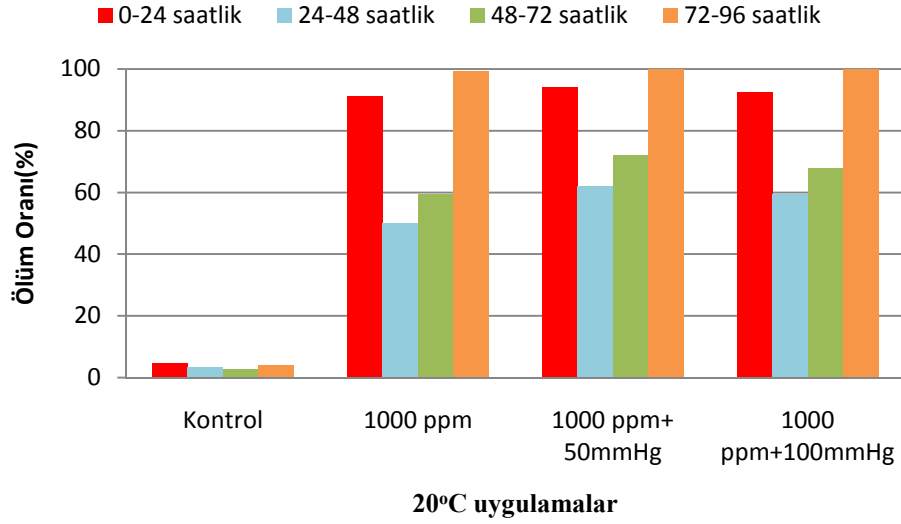
Şekil 4.1 *Callosobruchus maculatus*' un 15°C'de 1000ppm fosfin ve 50, 100 mmHg vakum altında ölüm oranları

15°C'de 1500 ppm PH₃ ile 50,100mmHg vakumla yapılan uygulamaların kontrollerinde ölüm oranı % 3,83 olarak tespit edilmiştir. Deneme sonuçlarına göre 0-24, 48-72, 72-96 saatlik yumurtalarda 1500 ppm PH₃ + 50 mmHg ve 1500 ppm PH₃ + 100 mmHg şeklinde yapılan vakum ve fosfin ortak uygulamasında mutlak ölüm görülmüştür.



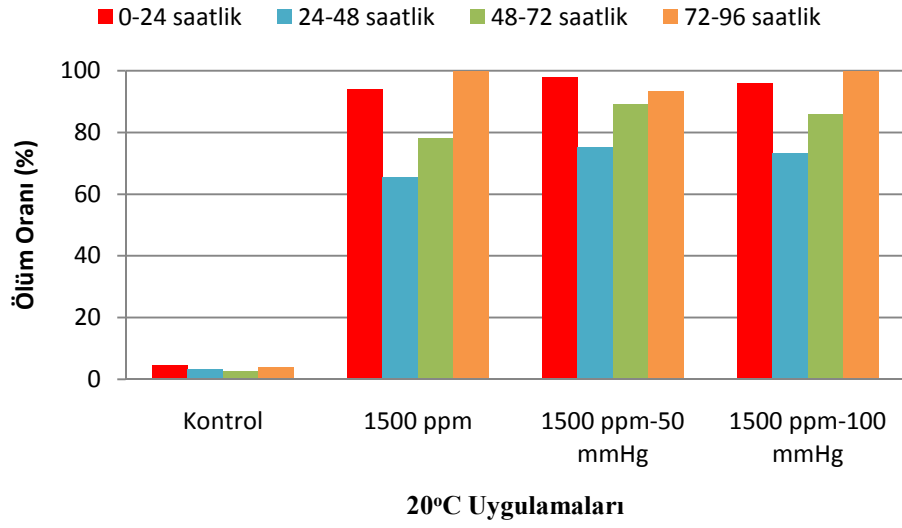
Şekil 4.2 *Callosobruchus maculatus*' un 15° C'de 1500ppm fosfin ve 50, 100 mmHg vakum altında ölüm oranları

20°C’de 1000 ppm ve vakumla yapılan uygulamaların kontrollerinde ölüm oranı % 3,66 olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonuçlarına göre 24-48 saatlik yumurta evresinin diğer yaşlardakilere göre daha dayanıklı olduğu, 20°C’de 1000ppmPH₃ + 50mmHg ve 1000ppmPH₃+100mmHg şeklinde yapılan fosfin + vakum ortak uygulamasında 72-96 saatlik yumurtalarda mutlak ölüm görülmüştür.



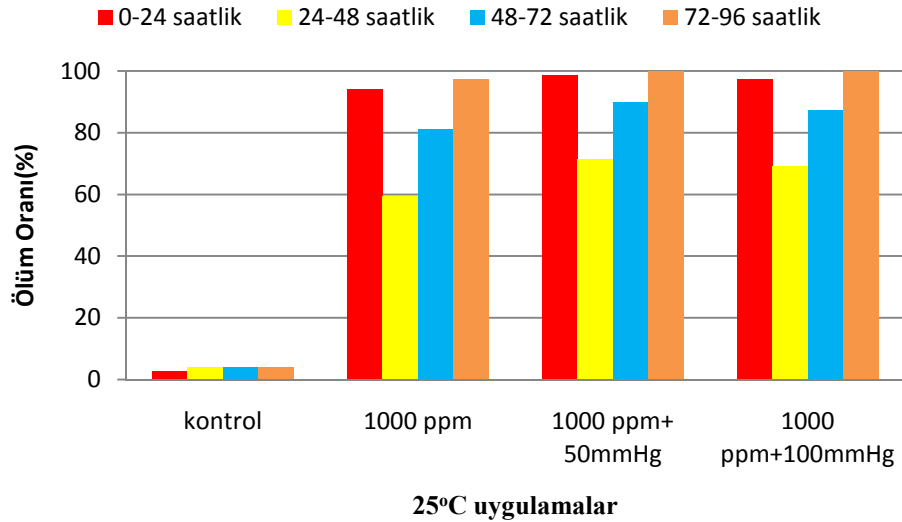
Şekil 4.3 *Callosobruchus maculatus*'un 20°C’de 1000 ppm PH₃ ve 50, 100 mmHg vakum altında ölüm oranları

20°C’de 1500 ppm fosfin ile 50,100mmHg vakumla yapılan uygulamaların kontrollerinde ölüm oranı % 3,66 olarak tespit edilmiştir. Deneme sonuçlarına göre 24-48 saatlik yumurtaların diğer yaştaki yumurtalara göre daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir. 20°C’de 1500 ppm fosfin uygulamasında ve 1500 ppm fosfin+100 mmHg fosfin ile vakum ortak uygulamasında 72-96 saatlik yumurtalarda mutlak ölüm görülmüştür.



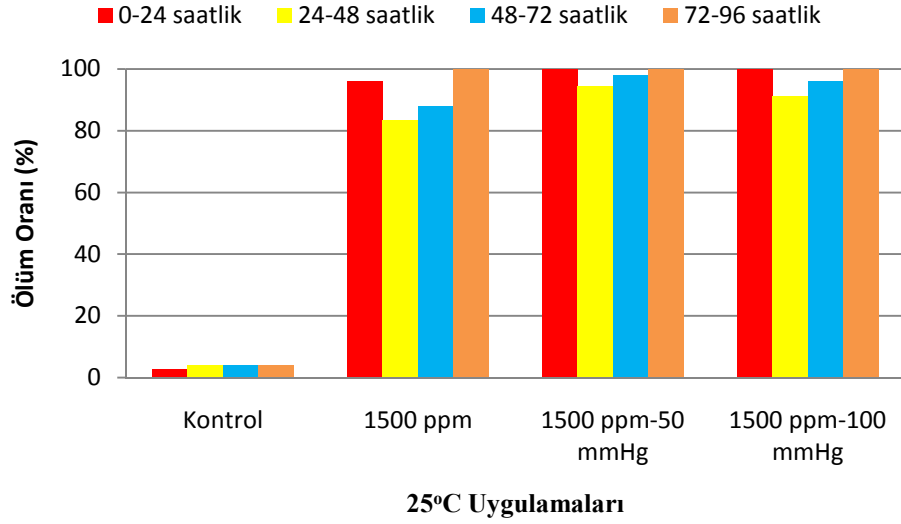
Şekil 4.4 *Callosobruchus maculatus*' un 20° C'de 1500 ppm PH₃ve 50,100 mmHg vakum altında ölüm oranları

25°C'de 1000ppm ve vakumla yapılan uygulamaların kontrollerinde ölüm oranı % 3,66 olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonuçlarına göre 25°C'de 1000ppmPH₃ + 50mmHg ve 1000ppmPH₃+100mmHg şeklinde yapılan fosfin ve vakum ortak uygulamasında 72-96 saatlik yumurtalarda mutlak ölüm görülmüştür.



Şekil 4.5 *Callosobruchus maculatus*' un 25° C'de 1000 ppm PH₃ ve 50,100 mmHg vakum altında ölüm oranları

25°C’de 1500 ppm fosfin ile 50, 100mmHg vakumla yapılan uygulamaların kontrollerinde ölüm oranı % 3,66 olarak tespit edilmiştir. Deneme sonuçlarına göre 25°C’de 1500 ppm fosfin uygulamasında 72-96 saatlik yumurtalarda, 1500ppm fosfin+ 50mmHg ve 1500ppm fosfin+ 100mmHg fosfin ve vakum ortak uygulamasında 0-24 ile 72-96 saatlik yumurtalarda mutlak ölüm görülmüştür.

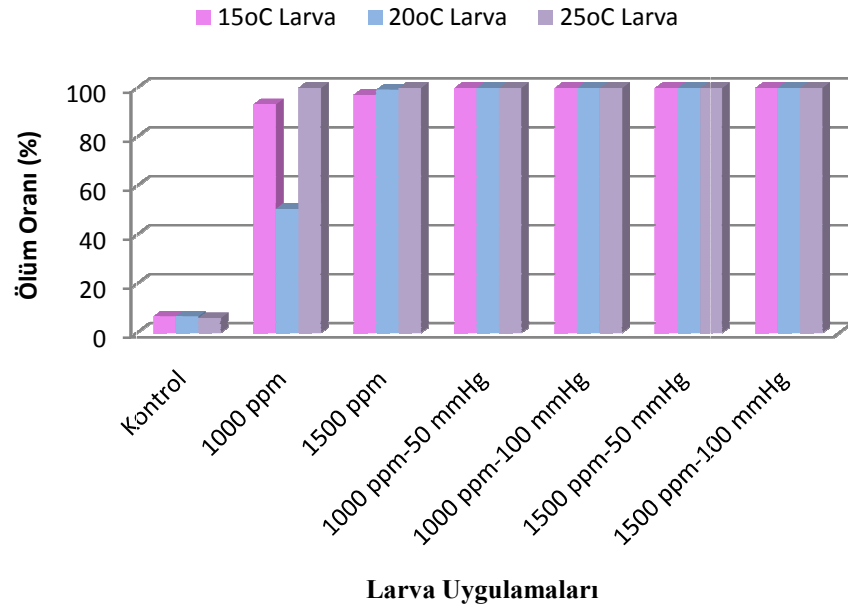


Şekil 4.6 *Callosobruchus maculatus*'un 25° C’de 1500 ppm PH₃ ve 50,100 mmHg vakum altında ölüm oranları

4.2 Larva

Denemeler 50 ve 100mmHg düzeyindeki vakumda,1000 ve 1500 ppm fosfin gazında, 15,20,25°C’ de 20 günlük larvalar ile 24 saat süresince yürütülmüştür. Uygulama süresi sonunda larva evresinde belirlenen ölüm oranlarına ilişkin veriler grafik halinde şekil 4.7’de verilmiştir.

Kontrollerde 15°C, 20°C ve 25°C sıcaklıklarda ölüm oranı sırasıyla % 6.66, % 6.66 ve % 6 olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonuçlarına göre 20 günlük larvalarda 25°C’de yapılan bütün uygulamalarda mutlak ölüm gözlenmiştir. 20°C sıcaklıkta 1000 ve 1500 ppm fosfin gazı uygulamalarında sırasıyla % 50.66, % 99.33 ölüm görülmüştür.

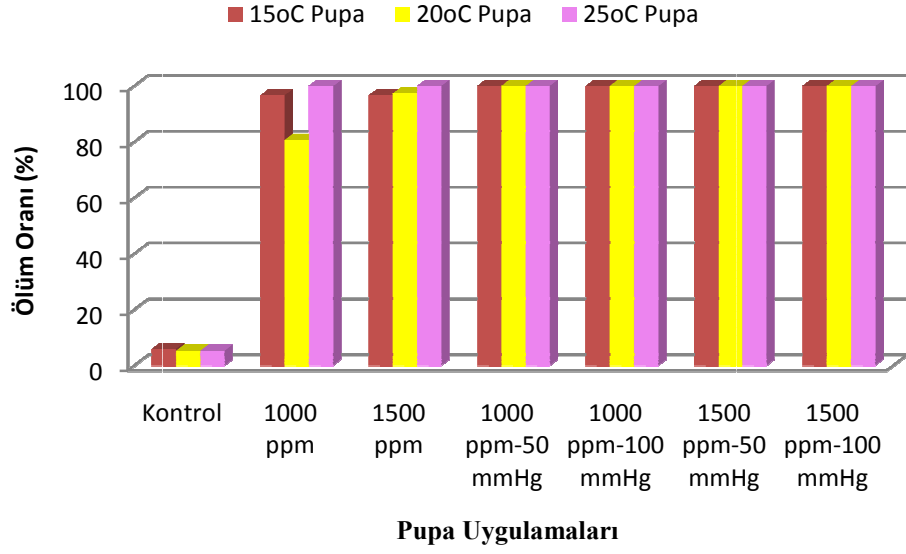


Şekil 4.7 *Callosobruchus maculatus*'un larvalarında 15,20,25° C'de farklı doz ve vakum altında ölüm oranları (%)

4.3 Pupa

Pupa evresinde yürütülen çalışmalarda 28 günlük pupalar kullanılmıştır. Çalışmalar 1000,1500 ppm fosfin gazı ile 50,100 mmHg vakum altında 15,20,25°C'de 24 saat süresince yürütülmüştür. Uygulama süresi sonunda pupa evresinde belirlenen ölüm oranlarına ilişkin veriler grafik halinde şekil 4.8' de verilmiştir.

Kontrollerde 15°C, 20°C ve 25°C sıcaklıklarda ölüm oranı sırasıyla % 6, % 5.33 ve % 5.33 olarak belirlenmiştir. 1000 ppm fosfin gazı uygulamasında 15 ve 20°C sıcaklıklarda sırasıyla % 96.66, % 80.66 ölüm görülmüş iken, 1500 ppm fosfin gazı uygulamasında 15 ve 20°C sıcaklıklarda sırasıyla % 96.66, % 97.33 ölüm görülmüştür. Deneme sonuçlarına göre 25°C sıcaklıkta yapılan tüm uygulamalarda % 100 ölüm görülmüştür.

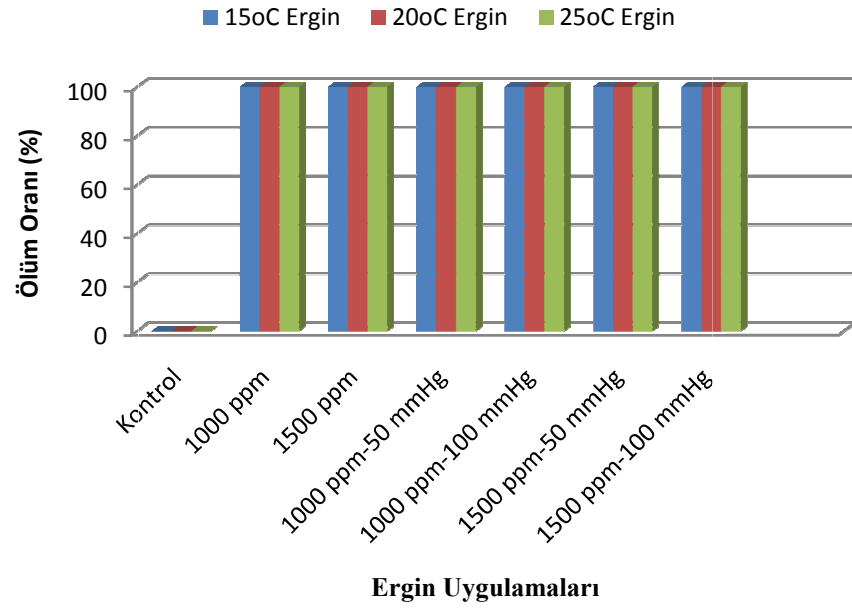


Şekil 4.8 *Callosobruchus maculatus*' un pupalarında 15,20,25° C'de farklı doz ve vakum altında ölüm oranları (%)

4.4 Ergin

Ergin evresinde yürütülen çalışmalarda 1 günlük bireyler kullanılmıştır. Denemeler 50 ve 100mmHg düzeyindeki vakumda,1000 ve 1500 ppm fosfin gazında, 15,20,25°C de 24 saat boyunca yürütülmüştür. Uygulama süresi sonunda erginde belirlenen ölüm oranlarına ilişkin veriler aşağıda grafik halinde şekil 4.9'de verilmiştir.

Yapılan çalışma sonuçlarına göre erginlerde tüm sıcaklıklarda kontrol ölüm oranı %0 olarak belirlenirken, sıcaklık ve doz uygulamalarında mutlak ölüme ulaşılmıştır.



Şekil 4.9 *Callosobruchus maculatus*' un erginlerinde 15,20,25° C'de farklı doz ve vakum altında ölüm oranları (%)

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada özellikle depolanan baklagillerde çok büyük zararlara yol açan önemli zararlılarından *Callosobruchus maculatus* ile savaşmada fümigasyon süresinin 1 güne çekilmesine dayanak teşkil etmek üzere fosfin gazından vakum altında yararlanma olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla 15, 20, 25°C sıcaklıkta 1000, 1500 ppm fosfin gazı ve 50, 100 mmHg vakum düzeyleri kullanılarak 24 saatlik uygulamalar yapılmış ve ölüm oranları belirlenmiştir. Çalışma zararlının değişik yaşlardaki yumurta (0-24, 24-48, 48-72 ve 72-96 saatlik), larva (20 günlük), pupa (28 günlük) ve ergin (1 günlük) evreleri ile yürütülmüştür.

Yumurta evresinde tüm yaş grupları için yapılan uygulamalarda farklı değerler elde edilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar (Şekil 4.1-4.6) incelendiğinde 15 ve 20°C sıcaklıkta yapılan bütün doz uygulamalarında 24-48 saatlik yumurtaların en dayanıklı yaş grubu olduğu belirlenmiştir. 25°C sıcaklıkta yapılan tüm uygulamalarda, en dayanıklı evrenin 24-48 saatlik yumurtalar olduğu, ayrıca 72-96 saatlik yumurtalarda % 100 ölüm gerçekleştiği görülmüştür. Çizelge 4.5-4.6'ye vakum ve fosfinin birlikte uygulanmasında fosfin dozunun artması ve vakum seviyesinin düşmesi ölüm oranını arttıran bir etken olarak gözlemlenmektedir. Sonuç olarak yaptığımız çalışmada tüm uygulamalarda yumurta evresinde 24-48 saatlik yumurtaların diğer yaştaki yumurtalara göre daha dayanıklı olduğu belirlenmiş ve mutlak ölüme ulaşamadığı belirlenmiştir. Bu durum diğer araştırmacıların çalışmalarında da tespit edilmiştir. Mbata vd. (2004) *Plodia interpunctella* ve *Rhizopertha dominica* yumurtalarına 30°C'de 50 mmHg vakumun 3, 6, 12, 24, 48, 72 ve 96 saat süresince uygulanması sonucu iki türde de toleransın yumurta yaşına bağlı olarak değiştiğini ifade etmektedir. Araştırmacılar, genç yumurtalarda koryonun yumuşak olması nedeniyle su ve oksijen kaybının fazla olması sonucunda ölüm oranının yüksek olduğunu; yaşlı yumurtalarda ise embriyo gelişim hızından dolayı oksijen gereksiniminin fazla olması nedeniyle ölüm oranının yüksek olduğunu ifade etmiştir. Çalışmamızda da bu sonuçlara paralel olarak 72-96 ve 0-24 saatlik yumurtaların diğer yaş gruplarına oranla vakuma daha hassas oldukları belirlenmiştir.

Yumurta evresinin vakuma hassasiyette çalışılan evreler içerisinde en dayanıklı evre olduğu Mbata ve Phillips' in 2001 yılında yaptıkları çalışmada saptanmıştır. Bu durum bizim çalışmamızla paralellik göstermiştir.

Ephestia elutella (Lepidoptera: Pyralidae) (Hübner) , *E. kuehniella* (Zeller), *E. cautella* (Walker) ve *Plodia interpunctella* (Hübner)' nin yumurtalarına PH₃' in etkinliği ile ilgili yapılan çalışmalarda genç yumurtaların yaşlı yumurtalara kıyasla daha dayanıklı olduğu bildirilmektedir (Bell 1976). Bizim çalışmamızda benzer şekilde en dayanıklı evre 24-48 saatlik yumurta evresi olarak belirlenmiştir. Yazar 25°C' de 0.2 mg/l PH₃ (144ppm) konsantrasyonunda 24 saatlik uygulama sonucunda 0-24 günlük 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 günlük yumurtalarda tüm türler için ölüm oranlarının % 90' ın üzerinde olduğunu bildirmektedir. *Tribolium castaneum* (Herbst)'un 0-24, 24-48 ve 48-72 saatlik yumurtalarına olan ölümcül etkiler Rajendran ve Muthu (1989) tarafından araştırılmıştır. Fosfin gazının 0.12 mg/l (86 ppm) konsantrasyonunda 24 saatlik uygulamada 0-24, 24-48 ve 48-72 saatlik yumurtalarla yaptıkları çalışmalarda LD₉₅ değerini sırasıyla 0.244, 0.146 ve 0.177 mg/l olarak hesaplamışlardır. Araştırmacılar yumurta yaşı ile PH₃' e hassasiyet arasında belirgin bir farklılık bildirmektedirler.

Shazali ve Reichmuth (1998) *S. cerealella* ve *E. cautella*' nın 0-24, 24-48, 48-72 ve 72-96 saatlik yumurtalarında 0.1, 0.5, 1.0 mg /litre (72, 360 ve 720 ppm) konsantrasyonda 16, 24 ve 48 saatlik zaman periyotlarında fosfin gazının toksisitesini araştırdığı çalışmasında *S. cerealella* ile *E. cautella* yumurtalarının PH₃' e toleranslarının farklı olduğunu; *S. cerealella* yumurtalarının daha dayanıklı olduğunu belirlemişlerdir. Her iki türde de genç yumurtaların yaşlı yumurtalardan daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir. Ölümün 24-48, 48-72 ve 72-96 saatlik yumurtalarda *E. Cautella* için 16 saatlik uygulama süresinde 0.5 mg/l PH₃ konsantrasyonunda (360 ppm) sırasıyla %87.1, 95.3 ve 97.9 oranda olduğunu; 0.5 mg/l PH₃ konsantrasyonunda LT₉₅ değerinin *E. cautella* yumurtaları için ise sırasıyla 39.6, 22.8, 15.7 ve 11.2 saat olduğunu belirlemişlerdir.

Çalışmamızda yumurtaların kontroldeki yumurtalardan daha geç açıldığı gözlenmiştir. Yumurta açılımında benzeri gecikmeler *Tribolium castaneum* (Herbst) (Tenebrionidae: Coleoptera) ‘ da Rajendran (2000), *Rhyzopertha dominica* (Bostrichidae) ‘ da Rajendran vd (2001), *Liposcelis bostrychophila* (Psocoptera: Liposcelididae) ‘ da Nayak vd. (2003), *Cryptolestes ferrugineus*, *Lasioderma serricorne* ve *Oryzaephilus surinamensis* ‘ de Rajendran vd. (2004) tarafından da kaydedilmiştir.

Yaptığımız çalışmada larva evresinde yürütülen denemelerde 20 günlük larvalar kullanılmıştır. Denemede 15, 20 ve 25°C’deki sıcaklıklardan sadece 25°C’de tüm uygulamalarda mutlak ölüm gözlenmiştir. 15°C sıcaklıkta yapılan 1000 ve 1500 ppm fosfin uygulamasında sırasıyla % 93.33 ve % 97.33 ölüm belirlenmiş ve fosfinle vakumun birlikte uygulandığı denemelerde mutlak ölüm görülmüştür. 20°C sıcaklıkta yapılan 1000 ve 1500 ppm fosfin uygulamasında sırasıyla % 50.66 ve % 99.33 ölüm belirlenirken, fosfin ve vakumun birlikte uygulanmasında mutlak ölüm görülmüştür.

Cline ve Highland (1987) bazı depolanmış ürün zararlılarının farklı yaşam evrelerinede değişik vakum düzeylerinin etkisindedir çalışmışlardır. Çalışmalarını *Ephestia cautella* (Walker) ‘ nın 0-1 günlük ergin ve 12 günlük larva, *Lasioderma serricorne* (F.) ‘ nin 0-1 haftalık ergin ve 1-2 haftalık larva, *Tribolium castaneum* (Herbst)’un 0-1 haftalık ergin ve 1-2 haftalık larva, *Trogoderma variabile* Ballion ‘ nin karışık yaşlı ergin ve larvaları üzerinde yürütmüşlerdir. Araştırma da ambalajlanmış çeşitli hazır gıdalar kullanılmış ve kullanılan bu gıdalardan şeftali kurusunun 533 mmHg, kraker’in 379 mmHg, bisküvi ve patatesli çerez’in ise 48,8 mmHg vakumda paketlenildiğini bildirilmiştir. Yapılan uygulamalar da 1,3,6,9,12 hafta sonra kontroller yapıp ölüm oranları belirlenmiştir. Kontrollerin sonucuna bakacak olursak; *E. cautella* ‘ nın iki evresi de uygulamalar sonucunda tüm ürünlerde ölmüştür. Yapılan bu çalışmada 48.8 mmHg vakum uygulamasında larva ve erginler ölüm görülmüştür. Benzer şekilde bizim yaptığımız çalışmada 50mmHg vakum uygulanan larva ve erginlerde % 100 ölüm gözlenmiştir.

Çalışmamızda pupa evresinde yürütülen denemelerde 28 günlük pupalar kullanılmıştır. Denemede uygulanan sıcaklıklardan sadece 25°C’de pupa evresinde yapılan tüm uygulamalarda mutlak ölüm gözlenmiştir. 15°C sıcaklıkta yapılan 1000 ve 1500 ppm

fosfin uygulamasında sırasıyla % 96.66 ve % 96.66 ölüm belirlenmiş ve fosfinle vakumun birlikte uygulandığı denemelerde mutlak ölüm görülmüştür. 20°C sıcaklıkta yapılan 1000 ve 1500 ppm fosfin uygulamasında sırasıyla % 80.66 ve % 97.33 ölüm belirlenirken, fosfin ve vakumun birlikte uygulanmasında mutlak ölüm görülmüştür.

Thornton ve Sullivan (1967) yaptıkları çalışmada *Tribolium confusum* (Tenebrionidae)'un erginlerine 25-27 °C sıcaklıkta 0,05-0,03 mmHg' lik yüksek vakum uygulamışlardır. 2, 4, 8, 16, 32 ve 64 dakikalık uygulamalar ile yapılan çalışmada ölüm oranları sırasıyla % 0, % 1, % 0, % 11, % 47 ve % 88 olarak belirlenmiştir. Yaptığımız çalışmada 25°C'de diğer sıcaklıklara göre ölüm artışı gözlenmiştir.

Back ve Cotton (1925) düşük basıncın zararlılarla savaşında kullanımı fikrini ilk araştıran yazarlardır. Araştırmada 19 farklı türde; 23,4 – 99,6 mmHg vakumun (normal atmosferik basınç 744,3-754,4 mmHg) 4 günlük uygulama süresi sonunda % 100 oranda ölüme neden olduğunu bildirilmektedir. Yazarlar, ayrıca sabit olarak 23,4 mmHg vakumda (normal basınç 744,2 mmHg) *O. surinamensis* erginlerinin 7 saatlik uygulama süresi sonunda % 100 oranda öldüğünü; bildirmektedirler. Beton bir hücrede çalışılan araştırmanın diğer kısmında 48,8 – 150,4 mmHg vakumda (normal basınç 744,3-754,4 mmHg) *O. surinamensis* erginlerinde 3, 4, 5, 6 ve 7 günlük uygulama sonucunda ölüm oranlarının sırasıyla % 50, % 65, % 75, % 90 ve % 100 oranda gerçekleştiği bildirilmektedir. Çalışmamızda vakum seviyesinin artmasıyla ölüm oranı artmıştır.

Çalışmamızda 15, 20 ve 25°C sıcaklık 1000 ve 1500 ppm fosfin gazı ve 50, 100 mmHg vakumda ölüm oranları dikkate alınarak en hassas evrenin ergin evresi olduğu belirlenmiştir. Hassasiyetin azalan sıra ile 72-96 saatlik yumurta, pupa, larva, 0-24, 48-72 ve 24-48 saatlik yumurta evresi olduğu belirlenmiştir.

Çalışmamızda tüm biyolojik dönemlerde, yüksek sıcaklıkların düşük sıcaklıklara göre daha etkili olduğu saptanmıştır. Bu bulgu *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae), *Rhizopertha dominica*, (Bostrichidae), *Sitophilus oryzae* (Curculionidae) ve *Tribolium castaneum* (Tenebrionidae)'un bütün biyolojik dönemleri (yumurta, larva,

pupa, ergin) üzerinde yapılan çalışmalarda da doğrulanmıştır (Philips vd. 1999). 32°C, 18 °C, 0.5°C ve 5°C 'de yapılan araştırmada dört türün erginlerine 200 ppm dozundaki fosfin uygulamasında mutlak ölüm, 32 ve 18°C' de 8 saatte elde edilirken; sıcaklık 0.5 ve 5°C'ye indirildiğinde mutlak ölüm için gereken süre 3 güne kadar çıkmıştır. Her üç türün en dayanıklı dönemi olan yumurta ve pupa ile yapılan çalışmalarda; % 100 ölüm elde etmek için 32°C 'C sıcaklıkta 48 saate; *R. dominica*'da ise 96 saate ihtiyaç duyulduğu saptanmıştır. Sıcaklık 0.5 ve 5 °C olduğunda mutlak ölüm 6 gün veya daha uzun sürede elde edilmiştir. Benzer sonuçlar Muhareb vd. (2003) tarafından da bulunmuştur. Çalışmalarında *Plodia interpunctella*, *Amyelois transtella*, *Tribolium castaneum*, *Tribolium confusum*, *Trigoderma variabile*, *O. surinamensis*, *Lasioderma serricorne*, *Carpophilus hemipterus*'un yumurta, larva, pupa ve erginleri üzerinde fosfinin ve % 98'lik karbondioksitin etkinliğini araştırmışlardır. Uygulamayı 24 saatlik uygulama sürelerinde ve 250, 500, 1000 ppm PH₃ konsantrasyonlarıyla başlamışlardır. Yaptıkları çalışmalarda fumigasyonun uygulama süreleri veya sıcaklık arttırıldığında yüzde ölüm artmıştır. Örneğin 26.7 °C'de >7.000, >14,700 ve > 30.800'ün ct product (ppm saat)'larında ortalama % 92, % 95,5 ve % 98 yumurta ölümü görülmüştür. Sıcaklık; 30 °C 32,5°C ve 35°C çıkartıldığında 24 saatlik uygulama süresinde ve >5700 ct product (ppm saat)'ında ortalama % 93,8, % 96,9 ve % 99,7 yumurta ölümü sağlanmıştır.

Bu çalışma, *Callosobruchus maculatus* ile savaşmada fosfinin vakumla birlikte kullanımı bakımından ülkemizde yürütülen ilk araştırma niteliğindedir. Pek çok depolanmış üründe zararlılarla savaşmada fümigasyon amacıyla en çok kullanılan fümigant fosfindir. Ticari işletmelerde fümigasyonda zaman faktörü çok önemlidir ve fümigasyonun olabildiğince kısa sürede yapılması istenir. Yaptığımız bu çalışmada 25°C ve altındaki sıcaklık değerlerinde fosfinin tek başına veya vakumla birlikte kullanımı 24 saatlik sürede mutlak ölüm için yeterli olmamıştır. Dolayısıyla bundan sonraki çalışmalarda 25°C altındaki sıcaklıklarda yapılan uygulamalarda fümigasyon süresinin uzatılması veya fosfin dozunun arttırılması üzerinde yoğunlaşılması gerektiği değerlendirilebilir. 25°C üzerindeki sıcaklıkların da 24 saatlik uygulamalara uygunluğu yönüyle çalışılmaya değer olduğu anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- Adak, M.S., Güler, M. ve Kayan, N. 2010. Yemelik Dane Baklagiller Üretiminin Artırılması Olanakları. VII. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, Ankara. s: 329-41
- Adler, C., Corinth, H.-G. and Reichmuth, C. 2000. Modified atmospheres. In: Subramanyam, Bh., Hagstrum, D.W. (Eds.), Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM. Kluwer Academic Publishers, Boston, pp. 105–146.
- Ahmed, S., Khan, M.A. and Ahmad, N. 2002. Determination of susceptibility level of phosphine in various strains of dhora (*Callasobruchus maculatus* F.). International Journal of Agriculture & Biology, Vol. 4: pp.329–331.
- Anonymous.UNEP. 1995. Water quality of world river basins. UNEP Environment Library No. 14.
- Anonymous. 2006a. Research and development issues in grain postharvest problems in Asia, <http://www.fao.org/wairdocs/X5002E/X5002e00.HTM>. Erişim Tarihi: 27.05.2012
- Anonymous. 2006b. Phosphine resistance in Chine-Australia’s future? archives.eppo.org/EPPOStandards/PM3_PROCEDURES/pm3-18-e.doc. Erişim Tarihi: 29.05.2012
- Alpay, S. 2006. Fosfin gazının *Carpophilus hemipterus* (L.) (Coleoptera: Nitidulidae)’a farklı sıcaklıklarda etkileri üzerinde araştırmalar. Yüksek lisans tezi. Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Andersen, M.P.S. 2009 Sulfuryl Fluoride: Atmospheric Chemistry And Global Warming Potential. Methyl Bromide Alternatives and Emissions Research Conference, San Diego, CA s: 1-1.
- Back, E.A. and Cotton, R.T. 1925. The use of vacuum for insect control. J. Agric. Res. Vol. 31: pp. 1035-1041.
- Bell, C.H. 1976. The tolerance of developmental stages of four stored product moths to phosphine. J. of Stored Prod. Res. Vol. 12, pp. 76-86.
- Boxall, R.A. 2001. Post-harvest losses to insect-a world overview. International Biodeterioration&Biodegradation Vol. 48, pp. 137-152.

- Bell, C.H. 1976. The tolerance of developmental stages of four stored product moths to phosphine. *J. of Stored Prod. Res.* Vol. 12, pp.76-86.
- Calderon, M., Navarro, S., Donahaye, E. 1966 The effect of low pressures on the mortality of six stored product insect species. *Journal of Stored Products Research*, Vol. 2, pp.135–140.
- Cavasin, R., DePalo, M., Tumaming, J. 2006 Updates on the global application of Eco2Fume and VaporPH3OS® phosphine fumigants. 9th International Working Conference on Stored Product Protection, Campinas, Sao Paulo, Brazil, s: 642-50.
- Cline, L.D. and Highland, H.A. 1987. Survival of four species of stored-product insects confined with food in vacuumized and unvacuumized film pouches. *Journal of Economic Entomology*. Vol. 80:1, pp.73-76.
- Coelho, E. M., Faroni, L. R. D., Berbert, P. A. and Martins, J. H. 2000. Eficácia da mistura dióxido de carbono-fosfina no controle de *Sitophilus zeamais* em função do período de exposição. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Vol. 4, 2, pp. 227-34.
- Collins, P.J. 2004. Resistance to grain protectants and fumigations in insect pests of stored products in Australia. *Journal of Applied Entomology*. 128: 332.
- Collins, P.J., Daghish, G.J., Pavic, H. and Kopittke, R.A. 2005. Response of mixed-age cultures of phosphine-resistant and susceptible strains of lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica*, to phosphine at a range of concentrations and exposure periods. *Journal of Stored Products Research* 41 373–385.
- Daghish, G.J., Collins, P.J., Pavic, H. and Kopittke, R. 2002. Effects on time and concentration on mortality of phosphine-resistant *Sitophilus oryzae* (L) fumigated with phosphine. *Pest Management Science* 10:1015-1021.
- Desmarchelier, J.M. 1984. Effect of carbon dioxide on the efficacy of phosphine against different stored product insects. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*, Juli 1984 57.
- Drinkall, M. J., Buckley, S., Ruebsamen, B., Zaffagnini, V., Süß, L., Stampini, M., Savoldelli, S., Noberasco, G. B., Rossi E. And Bottoni L. 2005 Efficacia del difluoruro di solforile per la fumigazione di frutta secca in autoclave, a pressione atmosferica e sottovuoto. *Industria alimentare*, 44, 610-5.

- El-Lakwah, F., Meuser, F., Abdel Gawad, A., Wohlgemuth, R. and Darwish, A. 1991. Efficiency of phosphine alone and in mixture with carbon dioxide against Angoumois Grain Moth *Sitotroga cerealella* (Olivier);(Gelechiidae;Lepidoptera) J. Of Plant Diseases and Protection. 98 (1) 92-102.
- Emekci, M. 2010 Quo Vadis The Fumigants. 10th International Working Congress on Stored Product Protection, Lisbon, Portugal pp: 304-315.
- Ferizli, A.G., Emekci, M., Tütüncü, Ş. and Navarro, S. 2003 Phosphine As An Alternative To MBr In The Dried Fig Sector In Turkey. Methyl Bromide Alternatives and Emissions Research Conference, San Diego, CA pp. 88-2.
- Finkelman, S., Navarro, S., Rindner, M., Dias, R. and Hezy, T. 2003a. Practical aspects to the use of vacuum as a method to control storage insects. MBAO 2003, NO 74, 2003 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions.
- Finkelman, S., Navarro, S., Rindner, M., Dias, R. and Azrieli, A. 2003b. Effect of low pressures on the survival of cocoa pests at 18°C. Journal of Stored Products Research. Vol. 39, pp.423-431.
- Finkelman, S., Navarro, S., Rindner, M., Dias, R., and Azrieli, A., 2004. Effect of low pressures on the survival of three cocoa pests at 30°C . Journal of Stored Products Research. Vol. 40(5), 499-506.
- Hashem, M.Y. and Reichmuth, C.H. 1989. The efficiency of phosphine against eggs of Lesser Grain Borer *Rhyzopertha dominica* (Fab.) and Larger Grain Borer *Prostephanus truncatus* (Hom.) (Coleoptera:Bostrichidae). Nachrinctenbl. Deut. Pflanzenschutz. Vol.41 (101) pp. 159-163.
- Işıkber, A. A., Navarro, S., Finkelman, S. and Azrieli, A. 2001 Toxicity Of Propylene Oxide In Combination With Vacuum Or CO₂ To T. Castaneum. Methyl Bromide Alternatives and Emissions Research Conference, San Diego, CA pp. 702.
- Kostyukovsky, M., Trostanetsky, A., Yasinov, G., Menasherov, M. and Hazan, T. 2010 Improvement of phosphine fumigation by the use of Speedbox. 10th International Working Congress on Stored Product Protection, Lisbon, Portugal pp.377-380.
- Lambkin, T.A. 2000 The Toxicity Of Phosphine In Combination With 5% And 10% Carbon Dioxide Against All Stages Of A Strongly Phosphine-Resistant Strain Of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrychidae). Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, Fresno, CA., USA, pp. 617-23.
- Lodos, N. 1974, Türkiye Entomolojisi, E.Ü. Ziraat Fakültesi, Bornova, İzmir 1998.

- Mbata, G.N. and Phillips, T.W. 2001. Effects of temperature and exposure time on the mortality of stored-product insects exposed to low pressure. *Journal of Economic Entomology*. Vol. 94(5), pp. 1302-1307.
- Mbata, G.N., Phillips, T.W. and Payton, M. 2004. Mortality of eggs of stored-product insects held under vacuum: effects of pressure, temperature, and exposure time. *Journal of Economic Entomology*. Vol.97(2), pp. 695-702.
- Mbata, G.N., Phillips, T.W. and Payton, M. 2009. Effects of cowpea varietal susceptibility and low pressure on the mortality of life stages of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*.1-4.
- Mueller, D.K. 1998. A new method of using low levels of phosphine in combination with heat and carbon dioxide. Australian Postharvest Technical Conference, Canberra, p.: 123-5.
- Muhareb, J., Hartsell, P., Arnest, M.L., Hurley, J.M. and Deskin, R. 2003 Efficacy Of A Mixture Of Phosphine/Carbon Dioxide On Stored Product Insects. Methyl Bromide Alternatives and Emissions Research Conference, San Diego, C (2003) p.: 871.
- Navarro, S. and Calderon, M. 1972. Exposure of *Ephestia cautella* (Wlk.) (Lepidoptera, Phycitidae) to low pressures: effects on adults. *Journal of Stored Product Research*. Vol. 8, 209-212.
- Navarro, S., Finkelman, S., Sabio, G., Isikber, A., Dias, R., Rindner, M., and Azrieli, A. 2002. Quarantine treatment of storage insect pests under vacuum or CO₂ in transportable systems. *Proceeding of International Conference on Alternatives to Methyl Bromide* (eds. T.A. Batchelor and J.M. Bolivar), s: 130-134 Sevilla, Spain. European Commission, Brussels, Belgium.
- Nayak, M.K., Collins, P.J., Pavic,H. and Cao, Y. 2003. Developments in phosphine resistance in China and possible implications for Australia (pp.156-159). In: Wright, E. J., Webb, M. C. & Highley, E. (eds). *Stored grain in Australia 2003*. Proceedings of the Australian Postharvest Technical Conference, Canberra, 26 27 June 2003. CSIRO Stored Grain Research Laboratory, Canberra.
- Phillips, T. W., Noyes, R. T., Cuperus, G. W., Mueller, D. K., and Schmidt, C. 1997. Mortality of stored-product insects exposed to ECO2FUME fumigant gas. *Proceeding of the Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions*. Published Abstract, s: 76-1 t o76-2.

- Phillips, T.W., Bonjour, E.L., Payne, K., Noyes, R.T., Cuperus, G.W., Schmidt, C, and Mueller, D.K. 1999. Effects of Exposure Time, Temperature and Life Stage on Mortality of Stored Grain Insects Treated with Cylinderized Phosphine. S: 320-325. In Zuxun, J., Quan, L., Yongsheng, L. Xianchang, T and Langhua, G. (eds.) Proceedings of the Seventh International Working Conference on Stored-Product Protection. Beijing, China. 14-19 October 1998. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Chengdu, Sichuan, People's Republic of China.
- Phillips, T.W., Mbata, G.N., Noyes, R.T., Villers, P., Trubey, R., Raudales, R., Navarro, S., Donahaye, J., and deBruin, T., 2000. Application of vacuum to control postharvest insect pests. pp. 83-1-82-2. In G.L. Obenauf and R. Obenauf (eds.), Proceedings, 2000 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions, 6-9 November 2000, Orlando, FL.
- Pratt, J. S. 2005. Insect toxicology of phosphine. Doctoral Thesis. 273 p.
- Price, N.R., and Bell, C.H., 1981. Structure and development of embryos of *Ephestia cautella* (Walker) during anoxia and phosphine treatment. *Int J Invert Rep* 3:17–25.
- Rajendran, S. 2000. Inhibition of hatching of *Tribolium castaneum* by phosphine. *Journal of Stored Products Research* 36 : 101-106.
- Rajendran, S., Parveen, H., Begum, K. and Chethana, R. 2004. Influence of phosphine on hatching of *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera:Cucujidae), *Lasioderma serricorne* (Coleoptera:Anobiidae) and *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera:Silvanidae). *Pest Management Science* 60:1114-1118.
- Shazali, M.E. , Reichmuth, C. 1998. The relative toxicity of phosphine to eggs of the Angoumois grain moth *Sitotroga cerealella* (Oliv.) (Lepidoptera: Gelechiid and almond moth *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae). In: Ji Zuxun, Liang Quan, Liang Yongsheng, Tan Xianchang and Guan Lianghua (Eds.), Proceedings of the 7th International Working Conference on Storedproduct Protection, Singapore, 1998, s: 326-330.
- Taylor, R.W.D. 1994. Methyl bromide —Is there any future for this noteworthy fumigant? *Journal of Stored Products Research*, 30; 253 –260.
- Thorton, B.C. and Sullivan, W.N. 1967. Effects of a high vacuum on insect mortality. *Journal of Economic Entomology*. Vol. 57:6, 852-854.
- Tütüncü, Ş., Emekci, M. and Navarro, S. 2006 Efficacy Of Phosphine As An Alternative To MeBr Against Dried Fruit Beetle. Methyl Bromide Alternatives and Emissions Research Conference, Orlando, FL s: 102-3.

- Uslu, S. 2005. İncir kurdu *Ephestia cautella* (L.) (Lepidoptera; Pyralidae)'ya fosfinin bazı etkileri üzerinde araştırmalar. Yüksek lisans tezi. Ankara Üniversitesi, Ankara
- Zettler, J.L and Arthur, F.H. 2000. chemical control of stored product insects with fumigants and residual treatments. *Crop Protection*, 19; 577-582.
- Walse, S.S., Tebbets, J.S., Leesch, J.G. 2009. Ovicidal Efficacy of Sulfuryl Fluoride to Stored-Product Pests of Dried Fruit. Methyl Bromide Alternatives and Emissions Research Conference, San Diego, CA s: 60-1-2.
- Weller, G.L. and Graver, J.E. 1988. Cut flower disinfestation: assesment of replacement fumigants for methyl bromide. *Postharvest Biology and Technology* 14: 325-333.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Tuğba AKDENİZ
Doğum Tarihi : 14.04.1985
Doğum Yeri : Çankaya / Ankara
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim

Lise : Ankara Yıldırım Beyazıt Lisesi (YDA)1999-2003.
Lisans : Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü
2004-2009.
Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma
Anabilim Dalı (Eylül 2010 - Haziran2012)