ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

DEPOLANMIŞ ÜRÜN ZARARLISI *Carpophilus hemipterus* (L.) (COLEOPTERA: NITIDULIDAE) İLE SAVAŞIMDA FOSFİN GAZINDAN YARARLANMA OLANAKLARI ÜZERİNDE ARAŞTIRMALAR

Şule TÜTÜNCÜ

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

ANKARA
2006

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

DEPOLANMIŞ ÜRÜN ZARARLISI *Carpophilus hemipterus* (L.) (COLEOPTERA: NITIDULIDAE) İLE SAVAŞIMDA FOSFİN GAZINDAN YARARLANMA OLANAKLARI ÜZERİNDE ARAŞTIRMALAR

Şule Tütüncü

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bitki Koruma Anabilim Dalı

Danışman : Doç.Dr. Mevlüt EMEKÇİ

Araştırmada, C*arpophilus 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 ^{o}C sıcaklıklarda %75 orantılı nem koşullarında uygulanmıştır.

Değişik uygulama sürelerinde elde edilen verilere probit analizi yapılmış ve LT_{50}, LT_{90}, LT_{95} ve LT_{99} değerleri hesaplanmıştır. 15 ^{o}C sıcaklıkta 200 ppm fosfinin uygulanması sonucu 0-24 ve 24-48 saatlik yumurtalarda elde edilen LT_{99} sırasıyla 38.85 ve 17.983, 20 ^{o}C sıcaklıkta 33.070 ve 15.257, 25 ^{o}C sıcaklıkta 15.826 ve 11.007 saat olarak tespit edilmiştir. Larvalarla yapılan çalışmada sıcaklıklara göre LT_{99} değerleri 15 ^{o}C sıcaklıkta 10.528, 20 ^{o}C sıcaklıkta 10.703 ve 25 ^{o}C sıcaklıkta 8.962 saat olarak tespit edilmiştir. 0-24, 24-48 ve 48-72 saatlik pupalarda 15 ^{o}C sıcaklıkta sırasıyla 21.035, 15.096 ve12.394 saat olarak, 20 ^{o}C sıcaklıkta 16.197, 8.971 ve 9.043 saat olarak ve 25 ^{o}C sıcaklıkta 12.913, 7.539 ve 6.050 saat olarak tespit edilmiştir. Erginlerde LT_{99} değerleri 15, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklarda sırasıyla 13.663, 9.515 ve 6.730 saat olarak tespit edilmiştir.

2006, 72 sayfa

Anahtar Kelimeler: *Carpophilus hemipterus,* fosfin, biyolojik evreler, ölüm, LT değerleri

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

THE APPLICABILITY OF PHOSPHINE TO CONTROL THE DRIED FRUIT BEETLE, *Carpophilus hemipterus* (L.)(COLEOPTERA: NITIDULIDAE)

Şule Tütüncü

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

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mevlüt EMEKÇİ

In this research, phosphine at 200 ppm were evaluated as a toxicant against 0-24 and 24-48 h old eggs, 12 day old larvae, 0-24, 24-48 and 48-72 h old pupae and 7-8 day old adults of the dried fruit beetle, C*arpophilus hemipterus.* All experiments were carried out at 15, 20, 25 ^{o}C and 75 % r.h.

The mortality rates for different exposure periods were subjected to probit analysis, and LT_{50}, LT_{90}, LT_{95} and LT_{99} values were calculated. According the results, 200 ppm phosphine applied at 15 ^{o}C gave results as fallows, LT_{99} values of 0-24 and 24-48 h old eggs were found to be 38.850 and 17.983 h, at 20 ^{o}C 33.070 and 15.257 h, at 25 ^{o}C 15.826 and 11.007, respectively. LT_{99} values of larvae at 15 ^{o}C, 20 ^{o}C and 25 ^{o}C are 10.528, 10.703 and 8.962 h., respectively. It was shown that at 15 ^{o}C LT_{99} values of 0-24, 24-48 and 48-72 h old pupal stages were found to be 21.035, 15.096 and 12.394 h, at 20 ^{o}C 16.197, 8.971 and 9.043 h, at 25 ^{o}C 12.913, 7.539 and 6.050 respectively. LT_{99} values of adult stage at 15, 20 and 25 ^{o}C were found to be 13.663, 9.515 and 6.730 respectively.

2006, 72 pages

Key Words: *Carpophilus hemipterus,* phosphine, life stages, mortality, LT values,

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Gelişmiş ülkelerde Metil bromitin kullanımdan kaldırılışının ardından ilk hedef kullanımına izin verildiği sürece fosfinin etkinliğinin devamını sağlayacak şekilde kullanımının devam ettirilmesi olmuştur. Fosfin, 1930'ların başında pestisit olarak tanıtılarak etkinliği konusunda hata yapılmış olan ancak yıllardır kolayca elde edilebilen, ucuz ve oldukça güvenli uygulanabilen bir fumiganttır.

Fosfin; tablet, pellet veya toz formunda kolayca uygulanmakta ve oldukça az kalıntı bırakmaktadır. Böcekler için özellikle fosfin gibi penetrasyonu yüksek olan bir fumigantın toksik dozundan kaçmak pek mümkün olmamaktadır. Fumigasyonu yapan kişi toksik dozun etkili bir şekilde uygulanmasını sağlarsa tamamen ölüm sağlanacaktır. Eğer canlılık gözlenirse dayanıklılık gelişme riski ortaya çıkar. Fumigasyonda bu problemden kaçınmak için yeterli bir süre uygulama yapılmasına dikkat edilmelidir.

Ülkemizde alternatif bir yöntem olan; aynı zamanda, gelişmiş ülkelerde oldukça yoğun olarak çalışılan bu konuda bana çalışma imkanı sunan, danışmanım Doç.Dr. Mevlüt EMEKÇI (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü)'ye, yardımlarını esirgemeyen Doç.Dr. A.Güray FERIZLI (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü)'ye, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Depolanmış Ürün Zararlıları Laboratuvarında çalışan arkadaşlarıma ve çalışmam boyunca destek ve yardımlarını esirgemeyen arkadaşım Mehmet BESLEME' ye teşekkür ederim.

Şule TÜTÜNCÜ
Ankara, Ekim 2006

İÇİNDEKİLER

ÖZET..... i
ABSTRACT..... ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR……. …… iii
ŞEKİLLER DİZİNİ..... v
ÇİZELGELER DİZİNİ..... vii
1. GİRİŞ 1
2. KAYNAK ÖZETLERİ ……. 7
3. MATERYAL ve YÖNTEM 16
3.1 Materyal……. 16
3.2 Yöntem……... 17
3.2.1 *Carpophilus hemipterus*'un yetiştirilmesi……. 17
3.2.2 Biyolojik evreler……. 18
3.2.2.1 Yumurta……... 18
3.2.2.2 Larva…… 19
3.2.2.3 Pupa……. 20
3.2.2.4 Ergin……. 20
3.2.3 Gaz üreteci…….. 21
3.2.4 Deneme düzeneği…… 22
3.2.5 Biyolojik evre denemeleri…….. 23
3.2.5.1 Yumurta……... 23
3.2.5.2 Larva…… 24
3.2.5.3 Pupa……. 25
3.2.5.4 Ergin……. 26
3.2.6 İstatistiksel analiz…… 27
4. ARAŞTIRMA BULGULARI 28
4.1 Yumurta……. 28
4.2 Larva…….. 29
4.3 Pupa……... 37
4.4 Ergin……... 44
5. TARTIŞMA ve SONUÇ…… 50
KAYNAKLAR…….. 66
ÖZGEÇMİŞ…… 71

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 C*arpophilus hemipterus'* un kültür kavanozu (Orijinal)..... 18
Şekil 3.2 *Carpophilus hemipterus'* un yumurtaları…….. 19
Şekil 3.3 *Carpophilus hemipterus*'un olgun larvası……. 19
Şekil 3.4 C*arpophilus hemipters*'un pupaları…….. 20
Şekil 3.5 *Carpophilus hemipterus*'un ergini…… 21
Şekil 3.6 Gaz üreteci…… 21
Şekil 3.7 Deneme düzeneği (Orijinal)…….. 22
Şekil 3.8 İnkübatör ve gaz yıkama şişesi (Orijinal)……. 23
Şekil 4.1 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 15 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 0-24 saatlik yumurtaları üzerindeki letal etkileri…….. 31
Şekil 4.2 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 15 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 24-48 saatlik yumurtaları üzerindeki letal etkileri…….. 31
Şekil 4.3 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 20 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 0-24 saatlik yumurtaları üzerindeki letal etkileri……... 32
Şekil 4.4 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 20 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 24-48 saatlikı yumurtaları üzerindeki letal etkileri…….. 32
Şekil 4.5 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 25 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 0-24 saatlik yumurtaları üzerindeki letal etkileri……... 33
Şekil 4.6 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 25 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 24-48 saatlik yumurtaları üzerindeki letal etkileri…….. 33
Şekil 4.7 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 15 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 12 günlük larvaları üzerindeki letal etkileri……..... 36
Şekil 4.8 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 20 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 12 günlük larvaları üzerindeki letal etkileri……..... 36
Şekil 4.9 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 25 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 12 günlük larvaları üzerindeki letal etkileri……..... 37
Şekil 4.10 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 15 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 0-24 saatlik pupaları üzerindeki letal etkileri…….. 38
Şekil 4.11 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 15 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 24-48 saatlik pupaları üzerindeki letal etkileri…….. 38

Şekil 4.12 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 15 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 48-72 saatlik pupaları üzerindeki letal etkileri…….. 39

Şekil 4.13 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 20 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 0-24 saatlik pupaları üzerindeki letal etkileri…….. 39

Şekil 4.14 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 20 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 24-48 saatlik pupaları üzerindeki letal etkileri…….. 40

Şekil 4.15 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 20 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 48-72 saatlik pupaları üzerindeki letal etkileri…….. 40

Şekil 4.16 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 25 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 0-24 saatlik pupaları üzerindeki letal etkileri…….. 41

Şekil 4.17 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 25 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 24-48 saatlik pupaları üzerindeki letal etkileri…….. 41

Şekil 4.18 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 25 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 48-72 saatlik pupaları üzerindeki letal etkileri…….. 42

Şekil 4.19 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 15 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 7-8 günlük erginleri üzerindeki letal etkileri……. 44

Şeki 4.20 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 20 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 7-8 günlük erginleri üzerindeki letal etkileri……..... 45

Şekil 4.21 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 25 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 7-8 günlük erginleri üzerindeki letal etkileri…….. 45

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 15, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklardaki 200 ppm fosfin uygulaması sonucu *Carpophilus hemipterus*'un yumurta evresinde tespit edilen LT değerleri (saat)…….. 30
Çizelge 4.2 15, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklarda 0-24 ve 24-48 saatlik yumurtalarda değişik uygulama sürelerinde açılan yumurta sayıları..... 34
Çizelge 4.3 15, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklardaki 200 ppm fosfin uygulaması sonucu *Carpophilus hemipterus*'un larva evresinde tespit edilen LT değerleri (saat)…… 35
Çizelge 4.4 15, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklardaki 200 ppm fosfin uygulaması sonucu *Carpophilus hemipterus*'un pupa evrelesinde tespit edilen LT değerleri (saat)…….. 43
Çizelge 4.5 15, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklardaki 200 ppm fosfin uygulaması sonucu *Carpophilus hemipterus*'un ergin evresinde tespit edilen LT değerleri (saat)…….. 46
Çizelge 4.6 15 ^{o}C sıcaklıkta 200 ppm fosfin uygulaması sonucu *Carpophilus hemipterus*'un değişik evrelerindeki LT değerleri (saat)……..... 47
Çizelge 4.7 20 ^{o}C sıcaklıkta 200 ppm fosfin uygulaması sonucu *Carpophilus hemipterus*'un değişik evrelerindeki LT değerleri (saat)……... 48
Çizelge 4.8 25 ^{o}C sıcaklıkta 200 ppm fosfin uygulaması sonucu *Carpophilus hemipterus*'un değişik evrelerindeki LT değerleri (saat)……... 49

1.GİRİŞ

Dünya nüfusundaki hızlı artışa bağlı olarak artan besin ihtiyacının yanı sıra yaşam standartları yükselmekte ve sağlıklı yaşam isteği de artmaktadır. Bu bağlamda, bir yandan insan ve çevre sağlığı açısından gıdalarda pestisit kalıntısı istenmezken; diğer yandan hasat edilen ürünü böceklerden korumak ve bulaşıklılığı önleyebilmek için yoğun pestisit kullanımı ikilem yaratmaktadır. Avrupa'da son yıllardaki tüketici baskısı sayesinde besinlerin zehirli maddelerle bulaşmasına imkan veren tüm yasal boşlukların doldurulması sağlanmıştır. Ülkemizde ise tüketici baskısı henüz tam olarak oluşmadığından bireysel tercihler ön planda yeralmaktadır. Pestisitlerle bulaşıklılık arzu edilmemekle birlikte bunu kontrol edebilecek etkin bir mekanizma henüz oluşturulamamıştır.

Depolanmış ürün zararlıları ürünün depolanması sürecinde kantite ve/veya kalite üzerindeki olumsuz etkileri ile özellikle gelişmekte olan ülkelerde milyonlarca insanda yetersiz beslenme ve açlığa neden olmaktadır (Donahaye 2000). Hasattan veya üretimden tüketime kadar ürünlerin en az düzeyde kayıpla korunması büyük önem taşıyan bir zorunluluktur. Genellikle depolanmış ürünlerde hayvansal kökenli organizmaların neden olduğu kayıplar yıllık ortalama %10 olarak kabul edilmektedir (Donahaye and Messer 1992). Bu zarar oranı bulaşma düzeyine göre daha da artabilmektedir. Ülkemiz iklim özellikleri ve üretim çeşitliliği nedeniyle çok sayıda depolanmış ürün zararlısının gelişmesine olanak vermektedir.

Modern ürün yönetiminde, pestisit kalıntısı ve direnç gelişimi nedeniyle fümigantların kullanımı daha ağır basmaktadır. Fümigantların farklı depolama ve iklim koşullarında depolanmış ürünlerde etkin bir mücadeleyi sağlayacak kalitede olmaları arzulanmaktadır. Fumigant olarak bilinen en azından 16 kimyasal madde vardır; ancak, insan sağlığı açısından bakıldığında metil bromit (methyl bromide) ve fosfin (PH_3) depolanmış ürünlerde kullanılan başlıca ticari fumigantlardır (Taylor 1994). Pek çok fümigant arasından rutin olarak en fazla kullanılan fümigant metil bromit olmakla birlikte; Metil Bromit'den açığa çıkan brom radikallerinin seri olarak stratosferdeki ozon molekülleri ile reaksiyona girerek ozonu oksijene indirgemesi -diğer bir ifadeyle

ozonu inceltmesi- nedeniyle bu fümigant ozon inceltici maddeler grubunda değerlendirilmektedir. Bunun yanı sıra metil bromit insan bünyesine alındıktan sonra uçucu olmayan bromürler haline dönüşmekte; belirli miktarı kan ve dokularda birikmektedir (Arıkan 1991). Montreal Protokolü kapsamında ozon tabakasında delinmeye yol açan maddeler arasında yer alması nedeniyle 2015 yılında kullanımına tüm dünyada son verilecektir. Türkiye'de ise yine Montreal Protokolü uyarınca depolanmış ürünlerdeki kullanımı –karantina uygulamaları hariç- 2007 yılından itibaren yasaklanmış durumdadır. Bu nedenle tüm dünyada yoğun bir şekilde alternatif fümigant ve/veya yöntemler araştırılmaktadır. Bu bağlamda, değiştirilmiş atmosfer uygulamaları, havalandırma, biyoteknik yöntemler gibi konular üzerinde yoğun olarak çalışılmaktadır. Ülkemizde uygulanan veya üzerinde çalışılan alternatifler içinde yüksek CO_2, yüksek basınç + CO_2, soğuk koşullarda depolama, düşük sıcaklık uygulaması ve fosfin kullanımı sayılabilir (Emekci and Ferizli 2000).

Şu ana kadar geliştirilen alternatif yöntemlerin her birinin bazı kısıtlayıcı özellikleri bulunmaktadır:

- Alternatif kimyasallarda kalıntı, dayanıklılık, fitotoksisite ve çevre kirliliği gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır.
- Düşük/yüksek sıcaklık uygulamaları bazı firmalar için ekonomik olmamaktadır.
- Fosfin tek başına bir alternatiftir; ancak, etkili bir savaşım için uygulama süresinin uzun olması gerekmekte; ayrıca yüksek doz ve orantılı nemde korozif etkide bulunmaktadır (Agriculture and Agri-Food Canada 1996).

Depolanmış ürünler için karbonil sülfit (carbonyl sulphide), hidrojen siyanit (hydrogen cyanide), ozon (ozone), etil format (ethyl formate) gibi birçok alternatif fümigant geliştirilmesine rağmen bunlardan hiçbiri fosfinin özelliklerinin tümünü birden taşıyamamıştır (Collins *et al.* 2005).

Karbonil sulfit yeni bir fümiganttır ve hasat sonrası (depo) ve karantina amaçlı olarak böceklerin savaşımında kullanılmaktadır. Ancak ürünlerde kalıcı bir koku bıraktığı için daha çok eşyaların fumigasyonunda kullanılmaktadır (Zettler and Arthur 2000).

Grech *et al.* (1996) tarafından belirtildiğine göre; metil iodit (methyl iodide) son zamanlarda toprak fumigasyonunda nematod, fungus ve yabancıotlara karşı kullanılmaktadır. Depolarda (hasat sonrası) kullanımı 1938'den beri bilinmekle birlikte ekonomik açıdan metil bromit daha uygun olduğu için kullanımı yaygınlaşmamıştır. Ürün tarafından emilimi yüksek olmakla birlikte kanserojen özelliktedir (Zettler and Arthur 2000).

Sülfüril florit (Sulfuryl fluoride) 1956'dan beri kullanılan bir fümiganttır. Besin olarak tüketilmeyen mobilya, yapısal malzemeler, yük vagonları, bina ve bunlara benzer pekçok malzemenin fümigasonunda birçok ülkede kullanılmaktadır. Ayrıca, emiliminin (%30), carbonil sülfit (%50), metil iodid (%90) ve metil bromit (%80)'ten düşük olması ve fümigasyon sonrası rezidünün az olması gibi avantaja da sahiptir. Karantina amaçlı olarak kurutulmuş meyvelerin ve kabuklu yemişlerin fümigasyonunda kullanılmaktadır. Gelecekte pek çok ülkede hasat sonrası savaşımda kullanımının yaygınlaşacağı düşünülmektedir (Zettler and Arthur 2000).

1930'lardan günümüze kadar tüm dünyada yaygın olarak kullanılan bir diğer fumigant ise fosfin'dir. Pek çok gelişmiş ülkede metil bromitin yasaklanması nedeniyle depolanmış ürünler için kullanılabilen tek fumigant durumundadır. Kullanımı kolay, ucuz, kalıntısı az olan ve yaygın olarak benimsenmiş bir fumiganttır. Kakao, kahve, baklagil, sebze ve çiçek tohumları, kurutulmuş meyve, hububat, hayvan yemi, tekstil, deri, saç, ahşap ve odun, keten, yün, tütün, kağıt, kuru bitki ve çiçekler gibi pek çok ürün fosfinle fümige edilebilmektedir. Özellikle yığın halindeki hububatta, çuvallı pirinçte, kurutulmuş meyvelerde, fındık, kakao ve kahve çekirdeği fümigasyonunda özellikle aranan bir fümiganttır.

Diğer fumigantlarla karşılaştırıldığında fosfinle fumigasyonda uygulama süresi; ortam sıcaklığına, hedef alınan zararlı türe-evresine, depolama şekline ve depolama biriminin gaz geçirgenliğine bağlı olarak değişmektedir. Uzun uygulama süresi fosfin kullanımındaki en büyük engeldir. Fumigasyon sırasında letal dozun aynı seviyede kalması için depolama biriminin gaz geçirmezliğinin çok iyi olması ve böceğin yeterli

süre bu ortama maruz kalması gerekmektedir. Ancak uygulamada birçok durumda bu koşulları oluşturmak çok zor veya imkansız olmaktadır (Collins *et al.* 2005).

Direnç oluşumu, fosfin kullanımını etkileyen bir diğer faktör olarak birçok araştırıcının dikkatini çekmiştir (Banks 1994). Gaz geçirmezliğin iyi olmadığı depolama birimlerinde tekrar eden uygulamalar çok sayıda zararlı türün dayanıklılık geliştirmesine neden olmuştur (Collins *et al.* 2005). Dayanıklılığın yayılmasındaki bir diğer etken, ürünlerin uluslararası taşınması sırasında dayanıklı türlerin ürün veya taşıma aracı ile birlikte taşınmasıdır (Benhalima *et al.* 2004).

Fosfin uygulaması bazı türlerde yumurta gelişiminde gecikmeye neden olmaktadır (Rajendran *et al.* 2004). Fumigasyona bağlı olarak, gelişmedeki gecikme sonucu canlı kalış dayanıklı ırkların gelişmesine neden olabilmektedir. Önceleri yapılan yanlış uygulamalar (gaz geçirmezliğin iyi sağlanmadığı kısa uygulama) pek çok ülkede dayanıklı ırkların gelişimine neden olmuştur (Bell 2000). Depolanmış ürün zararlısı 11 türün fosfine dayanıklılık geliştirdiği ve bunlardan 9 tanesinin coleopter iki tanesinin lepidopter olduğu bildirilmektedir (Chaudhry 1997).

Fosfinin olumsuz özelliklerinden birisi de, belirli koşullar altında değerli metaller ve bakırda aşınmaya neden olmasıdır. Ayrıca belirli koşullarda (%1.79'un üzerindeki konsantrasyonlarda) yanıcı olabilmektedir. Ancak solunum yapan tüm depo zararlılarının her evresine etkili olması, uygulandığı üründe zehirli kalıntı bırakmaması, tohum çimlenmesini engellememesi, difüzyon yeteneği sayesinde normal fümigasyonda sirkülasyona ihtiyaç duyulmaması gibi özelliklerinden dolayı ideal bir fümiganttır.

Genel olarak uygulamada metalik fosfin formülasyonu olan alüminyum veya magnezyum fosfit şeklindeki ticari formülasyonlar kullanılmaktadır. Metalik fosfin havanın nemi ile reaksiyona girerek fosfin gazı açığa çıkar. Yapılan yoğun çalışmalara rağmen fosfinin etki mekanizması tam olarak açıklanamamıştır. Genel olarak cystinin kükürt bağını zayıflattığı, dolayısıyla proteinlerdeki disülfit bağlarının kırılmasına neden olduğu, reaktif oksiradikallerin oluşmasına neden olduğu ve mitokondri solunumunu etkilediği bildirilmektedir (Chaudhry 1997). Fosfin, böceklere toksik

etkide bulunabilmesi için oksijene gereksinim duyulan yeğane fümiganttır. Ortamda O_2'in olmaması durumunda fosfin alımı gerçekleşememekte ve buna bağlı olarak beklenen toksik etki gözlenememektedir (Rajendran 1993).

Depolanmış ürünlerin fumigasyonu gaz-geçirmezlik sağlanarak değişik tipteki depo ve silolarda; konteynır, tren, gemi, uçak vb nakil araçlarında yapılabilmektedir. Ayrıca karantina veya temizlik amacıyla boş bina veya besin işlenen yerlerde (un değirmeni gibi) de fümigasyon yapılabilmektedir (Bell 2000).

5 ^{o}C'nin altındaki sıcaklıklarda fümigasyon önerilmemekte ve uygulanacak yere göre tablet veya pellet formu tercih edilebilmektedir. Pelletlerden her biri 0.6 gram, tablet ise 3 gramdır. Uygulanacak dozu belirlemede depo tipi, zararlı türü/evresi ve ürün sıcaklığı etkili olmaktadır (www.pestcon.com/techlibrary/Pestcon_Booklet.pdf, 2006).

Bu çalışmada kurutulmuş meyve zararlısı *Carpophilus hemipterus*'un değişik biyolojik evrelerine karşı fosfin gazının etkinliği araştırılmış; bu amaçla farklı uygulama sürelerinin zararlının değişik biyolojik evrelerinde neden olduğu ölüm oranları belirlenmiştir. Ekşilik böceği olarak bilinen *Carpophilus hemipters'*un konukçu dizini oldukça geniştir; pek çok depolanmış üründe beslenebilmektedir. Ancak ülkemizde özellikle kuru incir başta olmak üzere kurutulmuş meyvelerde beslenerek ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Aynı zamanda ekşilik yapan organizmaları naklettikleri için meyvede ekşime meydana gelir. Kuru meyvelerde aflatoksine neden olan mikroorganizmaları da teşvik ederler. Ayrıca bazı zararlılar için meyveyi daha çekici hale getirirler.

Hem larva hem de ergin dönemde bahçedeki olgun meyvede beslenen böcek, buradan depoya geçmekte ve beslenmeye devam etmektedir. Meyvede bulunuşu meyvenin değerinin düşmesine veya reddedilmesine neden olmaktadır. Çok değerli bir ihraç ürünümüz olan kuru incirde – zarar oluşturmayacak düzeye dahi olsa- bu zararlının bulunuşu, ürünün alıcı ülkeler tarafından reddedilmesine neden olmaktadır. Bu durum hem güven hem de ekonomik kayıplara yol açmaktadır.

İncir ülkemiz açısından ekonomik öneme sahip bir üründür. Dünya ülkeleri içinde kalite yönünden aranılan özellikteki kurutmalık incir çeşidi olan Sarılop, Türkiye'de sadece Ege Bölgesindeki Küçük ve Büyük Menderes Havzası 'nda yetiştirilmektedir. Dünya kuru incir üretiminde %50- 55 'lık bir payla birinci sırada yer alan ülkemiz, Dünya kuru incir ihracatında %60- 65' lik bir payla yine birincidir.

Sayılan bu nedenler ve üretimin hemen hemen tamamının (%85- 90) ihraç edilmesi nedenleriyle Türkiye ekonomisi için önemli bir ürün olan kuru incirden, yaklaşık 80.000.000 $/yıl 'lık bir döviz girdisi sağlanmaktadır. Ayrıca en büyük üretici ve ihracatçı ülke olmamız nedeni ile Türkiye'deki kuru incir fiyatları, Dünya fiyatlarını önemli derecede etkilemektedir (http://www.taris.com.tr/yt_incir_hak.asp, 2005).

Ticari olarak üretilen incir çeşitlerinin hepsi ekşilik böceklerinin bulaşmalarına karşı hassastır. Erken hasat ve hasat sonrası fosfin gazı ile yapılacak fümigasyon beklenen böcek çıkışını ve daha sonraki (olgunlaşma dönemindeki) bulaşmaları engellemektedir. Bu nedenle Ülkemizde incir, hasatından ihracatına kadarki süreçte en az 3 kez fümige edilmektedir. Fosfin, Ülkemizde fosfinle yapılan fümigasyonda konsantrasyon genellikle 1000 ppm'in üzerindedir. Bununla birlikte gaz kaçaklarından dolayı konsantrasyon giderek düşmektedir. Bu nedenle burada sunulan çalışmada kaçaklar sonucu ölçülen gaz konsantrasyonu değerleri dikkate alınarak 200 ppm gibi düşük bir konsantrasyon seçilmiştir. Çalışmalar özelikle incir ihracatı açısından önemli bir bölgemiz olan Ege Bölgesi kuru incir işleme sezonu sıcaklık değerleri ve ayrıca zararlının gelişme sıcaklık eşiği göz önüne alınarak 15, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklarda yürütülmüştür.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Fosfin'in *Carpophilus hemipterus'* a etkinliği ile ilgili olarak yapılan kaynak araştırması Coleoptera takımındaki diğer depo zararlılarını da içerecek şekilde genişletilmiş ve taranan kaynaklar tarihsel akış içinde aşağıda verilmiştir.

Vincent and Lindgren'in yapmış olduğu çalışmada Dermestidae famiyasından 4 tür 21.1 ^{o}C sıcaklıkta 24 saatlik bir uygulama ile değişik konsantrasyonlarda fosfin gazına maruz bırakılmıştır. 222 ppm doz *Trogoderma glabrum* larvalarında % 67.9 ölüm meydana getirirken; *Trogoderma sternale*'de bu oran %96.8 olarak tespit edilmiştir. 148 ppm doz *T. glabrum* pupasında %44 ölüm meydana getirirken *Trogoderma variable*'de %100 ölüm görülmüştür. Erginlerde 185 ppm'lik doz sadece bir türde (*Attagenus megatoma*) %100 ölüm meydana getirmiştir. *A. megatoma* yumurtaları 185 ppm doza 24 saat süre ile maruz bırakıldığında ölüm oran %16.1 olarak tespit edilmiştir. Fosfine tolerans tür ve biyolojik evrelere göre değişmektedir. *T. glabrum* için yumurta > pupa > larva >ergin şeklinde görülen tolerans sıralaması, *T. sternale* için yumurta >larva >ergin > pupa şekinde olmaktadır. Ayrıca bazı türler fosfine karşı oldukça hassas olurken bazıları oldukça toleranslı olabilmektedir. Lindgren and Vincent'e (1966) göre; 4 dermestid türünün erginleri *Sitophilus oryzae* (L.), *Sitophilus granarius* (L.) veya *Tribolium confusum* erginlerinden daha dayanıklıdır (Vincent and Lindgren 1972a).

Vincent and Lindgren tarafından yapılan bir diğer araştırmada, *Carpophilus hemipterus*'ta 26.7 ^{o}C sıcaklıkta 24 saatlik hidrojen fosfid uygulaması sonucu elde edilen LC_{95} değerleri evrelere göre şöyledir: yumurta için 0.0031 mg/l (2.22 ppm), larva için 0.008 mg/l (5.74 ppm), pupa için 0.032 mg/l (22.31 ppm) ve ergin için 0.003 mg/l (2.154 ppm) dir (Vincent and Lindgren 1972b).

25 ^{o}C sıcaklık ve %70 orantılı nem koşullarında *Sitophilus granarius*'un tüm biyolojik evreleri ile yapılan çalışmada 1 mg/l (718 ppm) fosfin'in 32 saat süre ile uygulanması sonucu pupa ve ergin hariç diğer dönemlerde %100 ölüme ulaşıldığı bildirilmiştir. En dayanıklı yumurtalar 1-4 günlük olanlardır. 0.5 mg/l (353 ppm) fosfin 9 saat süre ile uygulandığında 1- 4 günlük yumurtalarda canlılık gözlenirken 5-6 günlük yumurtalarda

%100 ölüm gerçekleşmiştir. 1-günlük yumurtadaki canlılık oranı %80 iken; 4-günlük yumurtadaki canlılık oranı % 28 olarak tespit edilmiştir. Bu dozda en dayanıklı evreler 1 ve 2-günlük yumurtalar olmuştur. 0.5 mg/l doza 45.3 saat maruz kalan pupalarda canlılık gözlenirken uygulama süresi 76 saate çıktığında %100 ölüm gözlenmiştir. Aynı çalışmada 0.1 mg/l (71.8 ppm) doz 1-4 günlük yumurtalarda değişik zamanlarda %100 ölüm meydana getirmiştir. 1-günlük yumurta 5 günde, 2-günlük yumurta 4 günde, 3-günlük yumurta 3 günde ve 4-günlük yumurta 2 günde ölmüştür. Pupalar için de aynı şekilde yaş ilerledikçe hassasiyetin arttığı görülmektedir. 1 ve 2-günlük (gelişme döneminin 29. ve 30. günü) pupalar 5 günde tamamen ölürlerken 5 ve 6-günlük (gelişme döneminin 33. ve 34. günü) pupalar sırasıyla 3 ve 4 günde tamamen ölmüştür (Howe 1973).

Sitophilus granarius ve *Tribolium confusum* erginlerine fosfin ve CO_2'in etkilerinin araştırıldığı çalışmada 24 ^{o}C sıcaklık ve %70 nem koşullarında 0.009 mg/l (6.462 ppm) fosfin dozuna 24 saat süre ile (CO_2 olmadığı ortamda) maruz kalan *S. granarius* erginlerinde ölüm oranı % 24.7 ± 1.0; *T. confusum* erginlerinde ise % 44 ± 2.7 olarak tespit edilmiştir. *S. granarius* için LT_{90} değeri yaklaşık 4 gün; *T. confusum* için ise yaklaşık 5.5 gün olarak tespit edilmiştir. Doz 0.012 mg/l (8.616 ppm)'ye yükselince *T. confusum* için LT_{90} yaklaşık 2 güne inmiştir. *S. granarius* erginleri 0.074 mg/l (53.13 ppm) doza maruz kaldığında ölüm oranı % 45.9 ± 2.9 olarak tespit edilmiştir (Kashi and Bond 1975).

25 ^{o}C sıcaklık ve %70 orantılı nem koşullarında fosfin gazına 6 saat süre maruz bırakılan 1-3 haftalık *Tribolium castaneum*'un hassas ırkının erginlerinde LD_{99} değeri 0.455 mg hr/l (53.85 ppm) olarak tespit edilmiştir (Winks 1982).

Tribolium castaneum'un dayanıklı ırkının erginleri 25 ^{o}C sıcaklık ve %60 orantılı nem koşullarında 0.25 mg/l (179.5 ppm) fosfine yaklaşık 10 saat maruz bırakılmış; LD_{99} değeri 2.47 mg h/l olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada dişilerin erkeklerden daha hassas olduğu da belirlenmiştir (Winks and Waterford 1986).

Hashem and Reichmuth tarafından yürütülen bir çalışmada, 20 ^{o}C sıcaklık ve %70 ± 5 orantılı nemde değişik uygulama sürelerinde farklı konsantrasyonlardaki fosfinin *Rhizoperta dominica* ve *Prostephanus truncatus*'un 0-2 günlük yumurtaları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. *R. dominica*'nın yumurta evresi 93 ppm (0.13 mg/l) dozundaki fosfine 24 saat süre ile maruz bırakıldığında, ölüm oranı % 25 olarak tespit edilmiş; uygulama süresinin uzamasına paralel olarak ölüm oranı da yükselmiş ve %100 ölüme 120 saatlik uygulama sonucu ulaşılmıştır. Doz yaklaşık 229.76 ppm (0.32 mg/l) olduğunda %100 ölüm 96 saat sonra gözlenmiştir. *P. truncatus* yumurtaları için de benzer sonuçlar elde edilmiştir: 86.16 ppm (0.12 mg/l) dozda 24 saatlik uygulama sonucunda elde edilen ölüm oranı %20 olurken; %100 ölüme 168 saatlik uygulama sonrasında ulaşılmıştır. 208.22 ppm konsantrasyonda fosfin uygulaması sonucu %100 ölüm 144 saatlik uygulama sonrası elde edilmiştir. Bu çalışma sonucuna göre, dozdaki artışın uygulama süresini kısalttığı söylenebilir. Ayrıca *R. dominica'nın*, *P. truncatus*'dan daya az toleranslı olduğu da görülmektedir (Hashem and Reichmuth 1989).

2 haftalık *Tribolium castaneum* erginleri 0.027 mg l^{-1}(20 ppm) fosfine 5 saat süre ile maruz bırakıldığında meydana gelen ölüm oranı %16 olarak tespit edilmiştir (Hobbs and Bond 1989).

Tribolium castaneum'un 1-2-günlük pupalarının, 26 ± 1 ^{o}C sıcaklık ve %60-70 nem koşullarında 24 saat süre ile fosfine maruz bırakılması sonucunda LD_{90} değeri 0.085 mg l^{-1} (61.03 ppm) olarak tespit edilmiştir. Aynı çalışmada LD_{50} ve LD_{90} sonuçlarına göre toksisite sıralaması fosfin > metil bromit > metil kloroform şeklindedir (Rajendran 1990).

Bond *et al.*(1969)'a göre stigmaların açılıp kapanmasının fosfin alımı ve ölüm üzerindeki etkisi çok azdır. Yine Bond (1984)'a göre diğer fümigantlarla yapılan uygulamalarda olduğu gibi fosfin kullanıldığında da sıcaklık artışı ile birlikte ölüm oranı yükselmektedir. Bunun nedeni metabolizma hızının artışına bağlı olarak oksijen tüketiminin artması ve bu şekilde fosfin alımının teşvik edilmesidir. Genelde ergin öncesi dönemler fümigantlara daha dayanıklıdır; zira, erginlere göre bu dönemlerde

solunum hızı daha yavaştır. Bell *et al.*(1984)'e göre *Trogoderma granarium*'un 25^{o}C sıcaklık ve %70 nem koşullarında fosfine en dayanıklı evresi yumurta iken; Lindgren and Vincent (1996)'a göre 20 ^{o}C sıcaklık ve %60 nem koşullarında diyapozdaki larva yumurtadan daha dayanıklı olmaktadır. Yumurtadaki tolerans yaş artışıyla azalmaktadır; zira, gelişimine devam eden yumurtada metabolizma hızı ve solunum artmaktadır (Chaudhry 1997).

Rhizoperta dominica ve *Sitophilus oryzae*'nin dayanıklı ve hassas ırklarına fosfin+ %10 ve %20 CO_2 uygulamasının dayanıklılık üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, CO_2 yokluğunda, 25 ± 2 ^{o}C sıcaklık ve %75 ± 5 nem koşullarında 20 saat süre ile fosfin uygulanan hassas *R. dominica* (Rd 319) ve *S. oryzae* (So 221) ırklarında tüm biyolojik dönemler için 14 günlük gözlem sonunda elde edilen $LC_{99.9}$ değerleri, sırasıyla 0.04965 mg/l (35.64 ppm) ve 0.02550 (18.309 ppm) olarak tespit edilmiştir (Athie *et al.* 1998).

Plodia interpunctella, *Rhizopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*, *Tribolium castaneum* ile 18 ve 32 ^{o}C sıcaklıklarda yapılan bir çalışmada, 200 ppm fosfinin (EcoFume = %2 fosfin+ %98 CO_2) yumurta, pupa ve ergin evreleri üzerindeki letal etkileri araştırılmış; 32 ve 18 ^{o}C sıcaklıkta her 3 coleopterin erginlerinde 8 saatlik uygulama sonrasında %100 ölüm tespit edilmiştir. *R. dominica* yumurtalarında %100 ölüme her iki sıcaklıkta da 96 saatlik uygulama sonunda; pupalarda 32 ve 18 ^{o}C sıcaklıklarda sırasıyla 18 ve 48 saatlik uygulama sonunda ulaşılmıştır. *Sitophilus oryzae* yumurtalarında 32 ve 18 ^{o}C sıcaklıklarda %100 ölüme sırasıyla 48 ve 72 saatlik uygulamalar sonrasında; pupalarda 32 ^{o}C sıcaklıkta 48 saatlik uygulama sonrasında ulaşılırken 18 ^{o}C sıcaklıkta %100 ölüm sağlanamamıştır. *T. castaneum* yumurtalarında 32 ve 18 ^{o}C sıcaklıklarda %100 ölüme sırasıyla 18 ve 96 saatlik uygulamalar sonrasında; pupalarda her iki sıcaklıkta 8 saatlik uygulamalar sonrasında ulaşılmıştır (Phillips *et al.* 1998).

Hole *et al.* (1976) tarafından belirtildiğine göre; depolanmış ürün zararlılarının birçoğunun etkin savaşımı için fosfinin 15 ^{o}C veya üzerindeki sıcaklıklarda uygulanması gerekmektedir. *Sitophilus oryzae* erginleri 21 ^{o}C sıcaklıkta 1g m^{-3} (725 ppm) fosfine 5 saat süreyle maruz bırakıldığında ölüm oranı % 97; 15 saatlik uygulama sonrasında ise %100 olarak tespit edilmiştir (Weller and Graver 1998).

Flinn ve arkadaşları tarafından yapılan bir araştırmada, *Rhizoperta dominica'*nın tüm biyolojik evrelerine 10, 15, 20, 25, 30 ve 35 ^{o}C sıcaklıklarda 180 ppm (0.25 g/l) dozunda fosfin uygulanmış ve LT_{95} değerleri elde edilmiştir. 15 ^{o}C sıcaklıkta yumurta, larva, pupa ve erginlerde sırasıyla 1.5, 0.8, 1.7 ve 1.2 günlük uygulama sonrası %95 ölüm tespit edilmiştir. 20 ^{o}C sıcaklıkta 1.5, 0.8, 0.9 ve 0.7 günlük uygulama süreleri ve 25 ^{o}C sıcaklıkta ise 1.0, 0.4, 0.5 ve 0.3 günlük uygulama süreleri % 95'lik ölüm meydana getirmiştir (Flinn *et al.* 2000).

Tribolium castaneum'un hassas ve dayanıklı ırklarına ait 0-1-günlük yumurtaları ile 26-28 ^{o}C sıcaklık ve %70-75 orantılı nem koşullarında yapılan denemede, hassas ve dayanıklı ırkların yumurta açılımındaki gecikme kontrole kıyasla istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Dayanıklı ırka 200 ppm dozun 72 saat uygulanması sonucu, 1. gün açılma olmazken 2. gün 35 yumurta açılmış; ölüm oranı % 71.1 olarak tespit edilmiştir. Kontrolde ise 1. gün 52 yumurta, 2. gün 398 yumurta açılmış; ölüm oranı % 23.5 olarak tespit edilmiştir. Sylvester and Goodship (1962) ve Rajendran and Muthu (1991)'ya göre fümigasyon uygulamaları bazı türlerde (*T. confusum, T. castaneum*) yumurta açılımında gecikmeye neden olmaktadır. Price and Bell (1981) ve Pike (1994)'e göre bazı türlerde (*Ephestia cautella, Liposcelis entomophila*) böyle bir etki gözlenmemektedir (Rajendran 2000).

Rhizoperta dominica'nın hassas ve dayanıklı ırklarının 1-günlük yumurtaları ile yapılan çalışmaya göre, yumurta gelişimindeki gecikme, uygulamanın 2.-3. gününde fosfin dozunun artışıyla birlikte artmaktadır. 27 ± 2 ^{o}C sıcaklık ve %55 ± 10 nem koşullarında 179.5 ppm (0.25 mg litre^{-1}) fosfinin 24 saat uygulanması sonucu hassas ırkta %71.3 oranında ölüm tespit edilmiştir. Uygulama süresi 48 saate çıktığında bu oran %95.8'e yükselmiştir. Benzer şekilde yumurta açılımındaki gecikme de konsantrasyon ve süre artışıyla artmıştır. Örneğin 24 saatlik uygulama sonrası 1.gün açılan yumurta sayısı 0.3, ikinci gün 2 ve 3.gün 1.25 olarak kaydedilirken; uygulama süresi 48 saate çıktığında 1. ve 2. gün açılma olmamış, 3. gün açılma başlamış ve açılan yumurta sayısı 0.62 olarak kaydedilmiştir. Uygulama süresi sabit kalıp doz 1 mg/l'ye çıkarıldığında yumurtalarda ki açılmada 0.25 mg/l'lik doz uygulamasından farklı olarak 1. gün değil

2.gün açılmaya başlamış ve açılan yumurta sayısınında daha az olduğu görülmektedir. Dayanıklı ırkta da benzer şekilde dozun ve süre artışıyla ölüm oranı artmış, yumurta açılma süresi uzamıştır. Hassas ırkın erginleri 27 ± 2 ^{o}C sıcaklıkta 48 saat fosfine maruz kaldığında LD_{99} değeri 0.303 mg litre^{-1} (217.5 ppm) olarak tespit edilmiştir, yumurta evresi için bu değer 0.56 mg litre^{-1} (402 ppm) olarak belirlenmiştir (Rajendran *et al.* 2001).

Sitophilus oryzae'nin ergin ve karışık kültürleriyle 25 ^{o}C sıcaklıkta yapılan bir çalışmada dayanıklı ve hassas kültürler kullanılmıştır. Dayanıklı ergin (1-3 haftalık) ırklarından biri 20 saat fosfine maruz kaldığında $LC_{99.9}$ değeri 215.4 ppm olurken bir diğerinde aynı letal konsantrasyon için 144 saat süren bir uygulamaya ihtiyaç duyulmuştur. Hassas erginlerde $LC_{99.9}$ değeri olan 0.021 mg/l (15.078 ppm) 20 saatlik uygulama sonrasında elde edilmiştir ve uygulama süresi uzadıkça $LC_{99.9}$ değeri düşmüştür. Aynı çalışmada hassas ırka ait karışık kültür 21.54 ppm fosfin dozuna maruz kaldığında $LT_{99.9}$ 9.2 gün; dayanıklı ırkta ise 27 gün olarak tespit edilmiştir (Daglish *et al.* 2002).

30 ^{o}C sıcaklık ve %65 nem koşullarında *Oryzaephilus surinamensis*'in değişik biyolojik dönemleri ile yapılan çalışmada 200 ppm fosfin uygulanarak LT_{99} değerleri tespit edilmiştir. 0-24 saatlik, 24-48 saatlik ve 48-72 saatlik yumurtalarda elde edilen LT_{99} değerleri sırasıyla 13.282 saat, 9.216 saat ve 8.536 saat olmuş; %100 ölüm süreleri de sırasıyla 18 saat, 12 saat ve 12 saat olarak tespit edilmiştir. 7-14 günlük erginler için LT_{99} değeri 2.176 saat olarak tespit edilmiş; %100 ölüm ise 4 saatte gerçekleşmiştir. 15-günlük larvalarda %100 ölüme 0.75 saatte ulaşılmıştır. 0-24 saatlik ve 24-48 saatlik pupalara 200 ppm dozun 2 saat süre ile uygulanması sonucu ölüm oranları sırasıyla % 44 ve % 46 olarak tespit edilmiş; her iki yaş grubunda da %100 ölüm 12 saatte gerçekleşmiştir (Akan 2003).

Carpophilus hemipterus'un da yer aldığı 8 türle (*Plodia interpunctella*, *Amyelois transitella*, *Tribolium castaneum*, *Tribolium confusum*, *Trogoderma variable*, *Oryzaephilus surinamemsis*, *Lasioderma serricorne*, *Carpophilus hemipterus*) yapılan bir EcoFume (%2 fosfin+ %98 CO_2) uygulamasında, yumurta evresi en dayanıklı evre

olarak bulunmuştur. 1-3- günlük yumurtalar 26.7 ^{o}C sıcaklık ve ≥ 4500 ppm X saat (4500/24=187.5 ppm) fosfin dozuna 24 saatlik uygulama süresince maruz bırakılmış ve ölüm oranı % 85 olarak tespit edimiştir. Aynı sıcaklık ve uygulama süresi koşullarında doz artışı (≥10000 ve ≥21000 ppm X saat) ölüm oranının sırasıyla %90.5 ve %98 düzeylerine yükselmesine neden olmuştur. Pupa, larva ve ergin ölüm oranları ise sırasıyla %95-100, %99.5-100 ve %100 olarak tespit edilmiştir. Uygulama süresi ve sıcaklıktaki artış ölüm oranını artırmıştır: 26.7 ^{o}C sıcaklık ve 36 saatlik-uygulama ≥7000 ppm X saat (7000/36=194.4 ppm) dozda yumurtalarda %92 ölüm meydana getirmiştir. 5700 ppm X saat (5700/24=237.5 ppm) doz 24 saatlik süreyle 30, 32 ve 35 ^{o}C sıcaklıklarda uygulanmış ve ölüm oranları sırasıyla %93.8, %96.9 ve %99.7 olarak tespit edilmiştir (Muhareb *et al.* 2003).

*Liposcelis bostrychophila'*nın (Psocoptera: Liposcelididae) 1 günlük yumurtaları ile 30 ^{o}C sıcaklık ve %70 orantılı nem koşullarında yapılan bir çalışmada uygulanan düşük ve yüksek konsantrasyonlarda dayanıklı ve hassas ırkların yumurta açılımında fosfinin etkisiyle gecikme meydana gelmiştir. Yumurta açılımındaki gecikme konsantrasyon artışı ile doğru orantılı olmuştur. Hassas ırkın kontrolünde açılmalar 6. günde başlayıp 11. günde son bulmuş, 9. günde pik yapmış ve yumurtaların % 54'nün açıldığı tespit edilmiştir. Uygulamaya maruz kalan yumurtalarda ise 0.001 ve 0.007 mg/l fosfin uygulaması sonucu açılma 9. günde başlamış, pik değerlere sırası ile 10. ve 11. günde ulaşılmış, yumurtaların %28 ve %32'sinin açıldığı tespit edilmiştir. Doz 0.01 mg/l'ye yükseldiğinde açılma 10. günde başlamış, pik değerine bir sonraki gün ulaşılmış ve yumurtaların % 22'sinin açıldığı tespit edilmiş, 13. günden sonra açılma olmamıştır. Bu türün dayanıklı ırkını kontrol edebilmek için düşük doza uzun süre maruz bırakmak [örneğin, 0.05 mg/l (35.9 ppm) fosfinde 16 süreli uygulama] önerilmektedir (Nayak *et al.* 2003).

Sitophilus oryzae erginlerinin (8-10 haftalık) hassas ve dayanıklı arazi ırkları 25 ^{o}C sıcaklık ve %70 nem koşullarında 20 saat süre ile fosfin gazına maruz bırakılmıştır. Hassas ırkta 0.04 g m^{3} (29 ppm) dozda %100 ölüm gözlenirken; arazi ırklarında ölüm oranı yaklaşık %10 civarında olmuştur. Arazi ırklarında %100 ölümü sağlamak için 900-1400 ppm'lik dozlara ihtiyaç duyulmaktadır. Aynı çalışmada 25 ^{o}C sıcaklık ve

130.5 ppm'lik doz hassas ırkın erginlerinin tamamını 1 günde öldürmüş; diğer 5 ırktan 3'ü 5 günde diğerleri de 2, 3 veya 4 günde ölmüşlerdir (Benhalima *et al.* 2004).

Lasioderma serricorne'nin dayanıklı ırkında sıcaklığın 25 ^{o}C den 5 ^{o}C' ye düşmesiyle fosfin alımının azaldığı gözlenmiştir. Benzer şekilde hassas ırkta sıcaklığın 25 ^{o}C den 20, 15, 10 ve 5 ^{o}C'ye düşmesiyle fosfin alımı azalmıştır. Aynı araştırma sonuçlarına göre; 200 ppm fosfin 5 farklı sıcaklık derecesinde hassas ırkın ergin ve larva dönemine 5 saat uygulanmıştır. Erginlerde sıcaklıklara göre ölüm oranları 5 ^{o}C ve 209 ppm dozda % 84.44, 10 ^{o}C ve 217 ppm dozda % 62.21, 15 ^{o}C ve 211 ppm dozda % 84.44, 20 ^{o}C ve 180 pmm dozda % 94.44, 25 ^{o}C ve 212 ppm dozda %91.51 olarak bulunmuştur. Larva için bu değerler 5 ^{o}C ve 209 ppm' de % 61.11, 10 ^{o}C ve 217 ppm'de %31.05, 15 ^{o}C ve 211 ppm'de % 98.41, 20 ^{o}C ve 180 ppm'de %93.33 ve 25 ^{o}C ve 212 ppm'de %98.48 olarak tespit edilmiştir (Chaudhry *et al.* 2004).

Acanthoscelides obtectus erginleri 25 ^{o}C sıcaklık ve %75 nem koşullarında 6 saatlik-uygulama süresince fosfine maruz bırakıldığında LC_{99} değeri 0.3 mg/l (0.3*215.4/0.3=215.4 ppm) olarak tespit edilmiştir. Aynı çalışmada %100 ölüm 0.08 mg/l (57.44 ppm) (ct = 1 mg h/l) fosfin 12.5 saat uygulandığında ve 6 mg/l fosfin (ct=6 mg h/l) 1 saat uygulandığında gözlenmiştir (Hasan and Reichmuth 2004).

Keever *et al.* (1998)'in çalışmasında *Lasioderma serricorne*'nin tüm biyolojik evrelerine 32.2 ^{o}C sıcaklıkta 50, 100 ve 150 ppm doz uygulanmıştır. 100 ve 150 ppm doz ergin ve larvalarda 24 saatlik uygulama, pupada ise 48 saatlik uygulama tamamının ölümüne neden olurken; yumurtalar 150 ppm dozda 72 saalik uygulama ile tamamen ölmüştür. Araştırmacıya göre; fosfine hassas *Lasioderma serricorne* ırkında PH_3'nin etkinliği önemli ölçüde sıcaklığa bağlıdır; ancak, sıcaklık artışının dayanıklı ırka fosfinin etkinliği üzerindeki etkisi azdır. Price (1984)'a göre; hem CO_2 hem de sıcaklık artışı *Rhizoperta dominica*'nın dayanıklı ırkında hassas ırkına göre fosfin alımını azaltmıştır. Phillips *et al.* (1998) ve Keever *et al.* (1998)'a göre diyapozdaki larva hariç, larva ve erginler pupa ve yumurtalardan daha kolay öldürülebilmektedir. Keever'in belirttiğine göre; Phillips *et al.* (1998), Keever *et al.* (1998a,b) ve Almeida *et al.* (2002) farklı sıcaklıklarda çalışmışlar ve yüksek sıcaklıklarda pupa ve yumurtaların ölümü

oldukça hızlı gerçekleşmiştir. Bu çalışmalar yüksek sıcaklığın fosfinin etkinliğini artırdığını göstermektedir (Keever 2004).

Cryptolestes ferrugineus, *Lasioderma serricorne* ve *Oryzaephilus surinamensis*'in yumurta açılımına fosfinin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada 27 ^{o}C sıcaklıkta 24, 48 ve 120 saatlik uygulamalarda 1 mg litre^{-1}(718 ppm) ve üzerindeki dozlar *C. ferrugineus'un* yumurta açılımında gecikmeye neden olmuştur. Kontrolle kıyaslandığında açılmaların daha sonraki günlerde arttığı görülmüştür. Ancak her 3 türün hassas ırklarında gelişmedeki gecikme çok belirgin olmamıştır. 24 saatlik uygulama sonrası 0.25 mg l^{-1} (179.5 ppm) doz %32.43 oranında ölüme neden olmuştur. *O. surinamensis* de ise 0.125 mg l^{-1} dozun üzerindeki uygulamalar istatistiki olarak önemli bulunmuş ve 0.25 mg l^{-1} dozda 24 saatlik uygulama sonrası ölüm oranı %78.58 olarak tespit edilmiştir. *L. serricorne*'de benzer şekilde 0.125 mg l^{-1} dozun üzerindeki uygulamalar istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Rajendran *et al.* 2004).

Rhizoperta dominica'nın hassas ve dayanıklı ırkları ile yapılan çalışmada karışık kültür kullanılarak 25 ^{o}C sıcaklıkta $LT_{99.9}$ değerleri bulunmuştur. Dayanıklı ırkta 215.4 ppm fosfin uygulamasında $LT_{99.9}$ değeri 7.144 gün olarak saptanmış; hassas ırkta $LT_{99.9}$ değeri 21.5 ppm fosfinde 7.767 gün olarak belirlenmiştir (Collins *et al.* 2005).

Lasioderma serricorne'nin erginleri ile yaplan bir denemede hassas ırk olarak tanımlanan KGS, 25 ^{o}C sıcaklıkta 200 ppm dozundaki fosfine 24 saat maruz bırakıldığında meydana gelen ölüm oranı %90 olarak tespit edilmiştir. Ani etkili ölümlerin (Knock-down) de incelendiği aynı çalışmada orta dayanıklılıktaki ırk olarak tanımlanan SBS ırkında LT_{50} değeri yaklaşık olarak 100 ppm dozda 15 saat, 200 ppm'de 5.5 saat ve 300 ppm'de 4.5 saat olarak tespit edilmiştir. Hassas ırk olan TSC erginlerinin hepsi 50 ppm dozda ölmüştür. 100 ppm doz dayanıklılığı düşük olan USK ırkında %90, TMB ırkında %100 ölüm meydana getirmiştir ve KGS ırkında %90 ölüm 200 ppm fosfin uygulandığında tespit edilmiştir (Hori and Kasaishi 2005).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışmanın ana materyalinin Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Depolanmış Ürün Zararlıları Laboratuarında İsrail'den getirtilerek yetiştirilen *Carpophilus hemipterus* (L.) oluşturmuştur.

Carpophilus hemipterus'un Sistematikteki yeri:

Şube : Arthropoda
Sınıf : Insecta
Takım : Coleoptera
Familya : Nitidulidae
Cins : C*arpophilus*
Tür : *Carpophilus hemipterus* (L.)

İngilizce adı :Dried fruit beetle

Türkçe adı :Ekşilik böceği

Carpophilus hemipterus, Ekşilik böcekleri olarak bilinen türler içerisinde en yaygın olan ve meyve bahçelerinde bolca bulunan bir türdür.

Carpophilus hemipterus erginleri kahverengi veya parlak siyah renkli yaklaşık 3-5 mm boyundadır. Antenlerinin son 3 segmenti hariç silindir şeklinde; son üç segmenti ise özel olarak genişlemiştir, yani ucu topuzlu bir antene sahiptir. Prothorax'ın ön köşesinde kolaylıkla görülen diş benzeri amber kahverenginde loblar yeralır. Bacaklar açık kırmızı-kahverenginden amber rengine kadar değişik renktedir ve erginler uçma yeteneğine sahiptir. Olgun larvalar beyaz renkli ve yaklaşık 4-6 mm boyundadır. Baş ve abdomen sonu amber-kahverengidir. Vücut üzeri iğne benzeri kıllarla kaplıdır ve

abdomen sonunda biri diğerinin hemen önünde olacak şekilde 2 adet büyük uzantı yeralmıştır. Pupalar beyaz renkli ve yaklaşık 2 mm boyunda ve serbest tiptedir. Yumurtalar beyaz renkli, sosis şekilli ve 0.8 mm boyundadır (Parsons 1943).

3.2 Yöntem

3.2.1 *Carpophilus hemipterus*'un yetiştirilmesi

Carpophilus hemipterus'un yetiştirilmesinde su, mısır unu, glükoz, şeker, maya, agar agar, propiyonik asit, metil 4-hidroksibenzoat'tan oluşan besin karışımı kullanılmıştır (Donahaye and Navarro 1989). Mısır öğütülerek un haline getirilmiş ve 60 ^{o}C sıcaklıktaki inkübatörde 24 saat tutularak olası zararlı bulaşıklılığı yok edilmiştir. Belli oranlarda tartılan zararlılardan ari mısır unu, şeker, glukoz, maya, propiyonik asit ve metil 4-hidroksi benzoat suyla karıştırıldıktan sonra orta ateşteki sıcak tabla (hot-plate) üzerinde ısıtılmış; kaynamaya başlayınca agar agar ilave edilerek muhallebi kıvamına gelinceye kadar pişirilmiştir. Ocaktan alınan bu besin steril bir küvete dökülerek soğutulmuş ve dilim dilim kesilerek böceğin beslenmesinde kullanılmıştır.

Carpophilus hemipterus kültürü, 25 ± 1^{o}C sıcaklık ve % 75 ± 5 orantılı nem koşullarına ayarlanmış klimatize odada yetiştirilmiştir. Ortamın sıcaklık ve nemi Hobo® ProTemp/RH marka veri kaydedici aracılığıyla kaydedilmiş ve belirli aralıklarla kontrol edilmiştir.

Hazırlanan besin karışımı 1 litrelik cam kavanozlara 1 dilim olacak şekilde konulmuş (Şekil 3.1) ve hava girişine olanak verecek şekilde kavanozların ağız kısmına birkaç kat amerikan bezi geçirilmiştir. Bulaşmalara engel olmak için, kavanozlar içine sıvı vazelin doldurulmuş küvetlerde plastik altlıklar üzerine yerleştirilmiştir.



Şekil 3.1 C*arpophilus hemipterus'* un kültür kavanozu (Orijinal)

3.2.2 Biyolojik evreler

3.2.2.1 Yumurta

James and Vogele (2000)'in bildirdiğine göre, *Carpophilus hemipterus* yumurtadan ergine kadar olan gelişme dönemini 25 ± 1 ^{o}C sıcaklık ve %75 ± 5 orantılı nem koşullarında ortalama 21-24 günde tamamlayarak ergin olmaya başlamaktadırlar. **Y**umurta elde etmek amacıyla yaklaşık 100 adet ergin içinde bir dilim besin bulunan kavanoza aktarılmıştır. Kavanozlar 25 ± 1 ^{o}C ve %75 ± 5 orantılı nemdeki klimatize kültür odasında 24 saat tutulduktan sonra kavanoz ağzına geçirilen amerikan bezi dikkatlice alınmış ve bezin gözenekleri arasına bırakılmış yumurtalar siyah ve geniş bir karton üzerinde toplanıp petri kabına -daha sonra sayılıp deneme kaplarına aktarılmak üzere- alınmıştır. Bu şekilde elde edilen 0-24 saatlik yumurtaların 25 ± 1 ^{o}C ve %75 ± 5 orantılı nemdeki klimatize kültür odasında 24 saat bekletilmesiyle 24-48 saatlik yumurtalar elde edilmiştir (Şekil 3.2). Denemelerde 0-24 saatlik ve 24-48 saatlik yumurtalar kullanılmıştır.



Şekil 3.2 *Carpophilus hemipterus'* un yumurtaları

3.2.2.2 Larva

İçinde besin bulunan kavanozlara vakum pompası ile toplanan yaklaşık 100 adet ergin aktarılmış ve 24 saat sonra yine vakum pompası kullanılarak erginler yeniden toplanmıştır. Böylece içinde çok sayıda 0-24 saatlik yumurta bulunan bir kültür kavanozu oluşturulmuştur. 25 ± 1 ^{o}C ve %75 ± 5 orantılı nemde tutulan kavanozun üzerine tarih ve yaş belirtildikten sonra yumurta açılımı ve larva gelişimi takip edilmiş ve sağlıklı bir gelişim sağlamak için yapılan kontrollerle kavanozlara besin ilave edilmiştir. Yumurta açılımından sonra gelişerek 12 günlük olan olgun ve hareketli larvalar denemeye alınmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 *Carpophilus hemipterus*'un olgun larvası

3.2.2.3 Pupa

Pupa elde etmek amacıyla 1-günlük-yumurtaları içeren kültür kavanozları –12 günlük olgun larvaları elde etmek için kullanılan yöntemle- oluşturulmuştur. Tarih ve yaşı kaydedilmiş bu kültür günlük kontrollerle gözlenmiş ve sağlıklı gelişim sağlanmıştır. Gelişme süresinin 12. gününden sonra kavanozdaki larvalar her gün aynı saatte olacak şekilde temiz bir kağıt üzerine alınarak içlerinden pupa olanlar ince bir samur fırça yardımıyla (No: 000) dikkatlice ayrılıp bir petri kabına alındıktan sonra tarih ve yaş kaydı yapılarak denemeye alınıncaya kadar klimatize odada bekletilmişlerdir. 0-24 saatlik pupaların klimatize odada 24 ve 48 saat bekletilmesiyle sırasıyla 24-48 saatlik ve 48-72 saatlik pupalar elde edilmiş ve denemelerde 0-24, 24-48 ve 48-72 saatlik pupalar kullanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 C*arpophilus hemipterus*'un pupaları

3.2.2.4 Ergin

1-2 günlük pupaların yer aldığı kültür kavanozu, pupa evresi gelişiminin 6. gününden başlanarak besin eklenip gün-gün takip edilmiş ve çıkış yapan erginler toplanarak ayrı bir besin içeren kavanoza alınmış, tarih ve yaşları kaydedilmiştir. Klimatize odada bir hafta bekletildikten sonra 7-8 günlük olan erginler denemeye alınmıştır (Şekil 3.5)



Şekil 3.5 *Carpophilus hemipterus*'un ergini

3.2.3 Gaz üreteci

Çalışmalarda kullanılan gaz halindeki fosfin (PH_3) gaz üretecinde (Şekil 3.6) Phosphone® tabletlerinden (%57 $AlPH_3$) üretilmiştir. Alüminyum fosfit tabletinden küçük bir parça (yaklaşık 0,5 g) içinde %5 oranda H_2SO_4 içeren 200 ml' lik gaz büretine atılmıştır (Anonymous 1975). Gaz büretinin üst kısmında toplanan PH_3 gazı bürete bağlı septumdan (Mininert Valf kilidi açılarak) 10 ml' lik özel gaz şırıngası ile girilerek alınmıştır.



Şekil 3.6 Gaz üreteci

3.2.4 Deneme düzeneği

Deneme için seri olarak birbirine bağlı gaz yıkama şişelerinden oluşan bir düzenek kurulmuştur. Bu düzeneğe elektrokimyasal detektör (PH_3 spesifik) (Bedfont) ve gazın dağıtımını sağlamak için bir sirkülasyon pompası bağlanmıştır. Deneme öncesi gaz yıkama şişelerine %75 orantılı nemi sağlayacak şekilde 10 ml' lik PVC kaplarda 5 ml KOH çözeltisi (Solomon 1951) ilave edilmiştir (Şekil 3.7). Hazırlanan gaz yıkama şişelerine deneme kapları yerleştirildikten sonra düzenekteki tüm gaz yolları açılarak gaz sirkülasyon pompası çalıştırılmıştır. Fosfin gazı özel bir şırınga (gaz geçirmez - kilit valfli) yardımıyla düzeneğin bağlantı borusuna daha önceden yerleştirilmiş olan sabit valfli şırınga iğnesinden girilerek verilmiştir. Düzenekte gereken gaz konsantrasyonuna (200 ppm) ulaşılması ve bu konsantrasyonun sabit hale gelmesi yaklaşık 15 dakika almıştır. Denemelerde uygulama süresi bu işlemin ardından değerlendirmeye alınmıştır. Bu işlemin ardından sirkülasyon pompası kapatılmış, tüm gaz akış vanaları kapatılarak gaz yıkama şişeleri düzenekten ayrılmış ve 15, 20 veya 25^{o}C sıcaklıklara ayarlı Unitest Marka İklim Dolabına yerleştirilmiştir (Şekil 3.8). Bu sıcaklıklar incirin işlenme sezonuna ait sıcaklık değerleri ve zararlının gelişme eşiği dikkate alınarak belirlenmiştir.



Şekil 3.7 Deneme düzeneği (Orijinal)



Şekil 3.8 İnkübatör ve gaz yıkama şişesi (Orijinal)

3.2.5 Biyolojik evre denemeleri

3.2.5.1 Yumurta

0-24 saatlik veya 24-48 saatlik yumurtalar stereoskobik binoküler mikroskop altında dikkatle incelenerek yapısal olarak düzgün görünenler samur fırça (No: 000) yardımı ile dikkatli bir şekilde kapağı 120 mesh elek teli kaplı 5 ml' lik PVC deneme kaplarına aktarılmıştır. Yumurta evresinde yapılan çalışmalar her bir PVC kapta 30 adet yumurta olacak şekilde en az 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Hazırlanan yumurta deneme kaplarının üzerine yumurta yaşı, uygulama süresi, deneme sıcaklığı ve tarih kaydedilerek gaz yıkama şişelerindeki KOH çözelti kabının yanına dikkatlice yerleştirilmiştir. Gaz kaçışına engel olmak amacı ile gaz yıkama şişelerinin kapakları ve gaz vanalarına silikon gres sürülmüştür. İçerisinde test materyali bulunan gaz yıkama şişeleri, denemelerin kurulmasının ardından sıcaklığı 15, 20 veya 25^{o}C' ye ayarlı Unitest Marka İklim Dolabına yerleştirilmiştir. Yumurta evresi ile yapılan PH_3 çalışmalarında uygulama süreleri 15 ^{o}C sıcaklık derecesinde 0-24 saatlik yumurtalar için 8 saatlik uygulama süresinden başlayarak 4'er saatik aralıklarla 36 saatlik uygulama süresi ile son bulmuş; 24-48 saatlik yumurtalarda ise 4 saatlik uygulama süresi 4'er saatlik aralıklarla artarak 20 saatlik uygulama ile bitirilmiştir. 20 ^{o}C sıcaklıkta, 15 ^{o}C sıcaklıktan farklı olarak sadece 0-24 saatlik yumurtalarda uygulama süresi 36 saat

yerine 32 saatte son bulmuştur. 25 ^{o}C sıcaklıkta 0-24 saatlik yumurtalarla uygulama 4 saatle başlamış; 4'er saat ara ie 20 saatlik uygulama süresi sonunda bitirilmiş; 24-48 saatlik yumurtalarda ise ölüm oranlarının kısa sürelerde bile yüksek olması nedeniyle 2 saatlik uygulama ile başlanmış ve 2'şer saat ara ile yapılan uygulama 10 saatlik uygulama sonrasında bitirilmiştir. Uygulama süresi sonunda gaz yıkama şişeleri açılarak havalandırılmış ve 25 ^{o}C sıcaklık %75 ± 5 orantılı nemdeki klimatize odada %75 orantılı nem veren KOH çözeltisi bulunan desikatörde ölümler belirleninceye kadar tutulmuştur. Kontrol amacıyla hazırlanan yumurta kapları fosfin uygulamalarındakine benzer bir düzenekte aynı sıcaklık değerleri ve uygulama sürelerinde sadece normal hava sirkülasyonuna tabi tutulmuştur. Bu süre sonunda kontrol grubunu içeren PVC kaplar klimatize odada %75 nem ihtiva eden desikatöre yerleştirilmiştir. Deneme boyunca inkübatör sıcaklığı ve deneme sonrası desikatör nem ve sıcaklığı Hobo® ProTemp/RH marka veri kaydedici aracılığıyla ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Deneme sonrası yumurta açılma zamanına dikkat edilerek gözleme başlanmış. Günlük olarak desikatörden alınan deneme kapları binoküler altında incelenmiş ve çıkış yapan larvalar samur fırça (No:000) yardımıyla sayıları kaydedilerek deneme kabından uzaklaştırılmıştır. Gözlemler üst üste 3-4 gün açılma olmayıncaya kadar bir başka deyişle açılmayan yumurtalar kuruyup, buruşup, kararıncaya kadar devam etmiş ve bu süre sonunda çıkış yapan larva sayısına göre canlı ve ölü yumurta sayıları belirlenmiştir.

3.2.5.2 Larva

Larva evresinde yapılan denemelerde 12 günlük olgun larvalar (yumurta evresi süresi hariç) kullanılmıştır. Deneme amacıyla 0-24 saatlik yumurtalardan hazırlanmış olan larva kültüründen beyaz bir kağıt üzerine dökülerek hareketli olan (prepupa döneminde olmayanlar) larvalar samur fırça (No: 000) yardımı ile alınarak her bir deneme tüpünde 50 adet larva olacak şekilde ayarlanmıştır. Larvaların aç kalmalarını önlemek amacıyla, deneme kaplarına larvalar aktarılmadan önce besin konulmuş ve deneme kaplarının üzerine tarih, sıcaklık ve uygulama süresi kaydedilmiştir. Hazırlanan tüpler gaz yıkama şişelerindeki KOH çözelti kabının yanına dikkatlice yerleştirilmiştir; gaz yıkama şişelerinin kapak ve vanalarına gaz kaçışına engel olmak amacı ile silikon gres

sürülmüştür. İçinde test materyali bulunan gaz yıkama şişeleri, denemelerin kurulmasının ardından uygulama yapılan sıcaklığa göre 15, 20 veya 25 ^{o}C' ye ayarlı iklim dolabına yerleştirilmiştir. Uygulama süresi sonunda gaz yıkama şişesi açılarak havalandırılmış; deneme kapları, içerisindeki besinler yenileri ile değiştirilerek 25 ^{o}C sıcaklık ve %75 ± 5 orantılı neme ayarlı klimatize odada içinde % 75 nem veren KOH bulunan desikatörde ölümler belirleninceye kadar tutulmuştur. Kontrol amacıyla hazırlanan larva kapları fosfin uygulamalarındakine benzer bir düzenekte aynı sıcaklık değerleri ve uygulama sürelerinde sadece normal hava sirkülasyonuna tabi tutulmuştur. Bu süre sonunda kontrol grubunu içeren PVC kaplar klimatize odada %75 nem ihtiva eden desikatöre yerleştirilmiştir. Larva evresine ait ölümler binoküler altında yapılan gözlemler sonucu sağlıklı pupa olma sayılarına göre belirlenmiştir. Sağlıklı pupalar ve pupa olamadan ölen -kuruyup kararan- larvalar sayılarak canlı ve ölü larva sayıları belirlenmiştir. Larva evresi ile yapılan çalışmalarda uygulama süreleri, her 3 sıcaklık derecesinde de 2 saatlik uygulama ile başlayıp 2'şer saat ara ile devam etmiş ve 25 ^{o}C sıcaklıkta 8 saatlik uygulama ile son bulmuş; 15 ve 20 ^{o}C sıcaklıklarda ise 12 saatlik uygulama süresi ile bitirilmiştir. Denemeler 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

3.2.5.3 Pupa

Deneme amacıyla binoküler altında bakılarak 0-24 ve 24-48 ve 48-72 saatlik sağlıklı pupalar samur fırça (No: 000) yardımı ile 5 ml hacimli PVC kaplara (kapakları 120 mesh elek teli kaplı) her kapta 30 adet pupa olacak şekilde dikkatlice aktarılmıştır. Deneme yumurta evresinde anlatıldığı gibi kurlmuştur ve yapılacak çalışmaya göre 15, 20 veya 25 ^{o}C sıcaklıktaki inkübatöre yerleştirilerek uygulama süresi boyunca sıcaklık değeri kaydedilmiştir. Uygulama süresi sonunda gaz yıkama şişelerinden çıkarılıp havalandırılan deneme kaplarına besin aktarılmış ve klimatize odada %75 nem ihtiva eden desikatöre yerleştirilmiştir. Kontrol amacıyla hazırlanan pupalarda uygulama süresi sonunda inkübatördeki gaz yıkama şişesinden alınıp deneme kaplarının yanına desikatöre yerleştirilmiştir. Desikatör içindeki sıcaklık ve nem değerleri uygulama sonrası ölü ve canlı sayılarını belirleyebilmek amacıyla gözlemler devem ettiği sürece ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Gözlemler pupa yaşı ve uygulama süresine göre değişmekle birlikte fümigasyonu takip eden 9. günden itibaren başlamış ve yapılan günlük

kontrollerle ergin olanlar yumuşak pens yardımıyla sayıları kaydedilerek deneme kabından uzaklaştırılmıştır. Gözlemler, pupalar ölüp kararıncaya veya ergin oluncaya kadar devam etmiş ve sonuçta ergin olanların sayısına göre canlı ve ölü sayıları belirlenmiştir. Pupa evresi ile yapılan çalışmalarda uygulama süreleri 15 ^{o}C sıcaklıkta 0-24 saatlik pupalarda 8, 12, 14, 16, 20, 24 saat; 24-48 ve 48-72 saatlik pupalarda ise 8, 10, 12, 14, 16 ve 8, 10, 12, 14 saat şeklinde olmuştur. 20 ^{o}C sıcaklıkta 0-24 saatlik pupalarda 4, 6, 8, 12, 14, 16 saat olurken; 24-48 saatlik ve 48-72 saatlik pupalarda 4, 6, 8, 10 saat şeklinde olmuştur. 25 ^{o}C sıcaklıkta ise 0-24 saatlik pupalarda 4, 6, 8, 10, 12 saat; 24-48 ve 48-72 saatlik pupalarda 2, 4, 6, 8 saat şeklindedir. Denemeler 3 tekerrürlü olarak düzenlenmiştir.

3.2.5.4 Ergin

Deneme amacıyla hazırlanan 7-8 günlük erginler vakum pompası yardımıyla toplanmış ve içerisinde besin bulunan 5 ml hacimli PVC kaplara (kapakları 120 mesh elek teli kaplı) her kapta 30 adet ergin olacak şekilde aktarılmıştır. Deneme diğer evrelerde anlatıldığı gibi kurulmuş. Kontrol amacıyla hazırlanan erginlerin yeraldığı gaz yıkama şişeleri de benzer bir düzenekte sadece normal hava akımına tutulmuş; deneme süresi sonunda pvc kaplar klimatize odadaki desikatör içerisine alınmıştır. Deneme süresi boyuncaki inkübatör sıcaklığı ve deneme sonrasında desikatör içi sıcaklık ve nemi Hobo® ProTemp/RH marka veri kaydediciyle ölçülerek kaydedilmiştir. Uygulama süresi bitiminden 1 gün sonra desikatörden alınan deneme kapları binoküler altında incelenerek ölü erginler yumuşak pens yardımıyla ortamdan uzaklaştırılmış, sayıları kaydedilmiştir. Günlük yapılan kontrollerle 7 gün boyunca meydana gelen ölümler kaydedilmiş ve bu süre sonundaki toplam ölü sayısına göre canlı ve ölü ergin sayısı hesaplanmıştır. Ergin evresi ile yapılan çalışmalarda uygulamalar süreleri 15 ^{o}C sıcaklıkta 2 saatlik uygulama ile başlamış ve 2'şer saat ara ile 16 saatlik uygulama sonrasında bitmiştir. 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklarda ise 2, 4, 6 saatlik uygulamalar yapılmıştır. Denemeler 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

3.2.6 İstatistiksel analiz

Toplam ve canlı birey sayıları kullanılarak POLO PC programına (LeOra Software 1994) göre probit analizi yapılarak LT_{50}, LT_{90}, LT_{95} ve LT_{99} değerleri belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Yumurta

Yumurta dönemi ile yapılan çalışmada 0-24 saatlik ve 24-48 saatlik yumurtalara 200 ppm dozundaki fosfin 15, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklarda değişik sürelerde uygulanmıştır. Yumurta dönemi ile ilgili araştırma sonuçlarını ifade eden LT değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Ayrıca probit eğrileri de Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da görülmektedir. Araştırma sonucuna göre 15 ^{o}C sıcaklıkta 0-24 saatlik yumurtalarda %100 ölüm 36 saatte (Şekil 4.1), 24-48 saatlik yumurtalar da 20 saatte (Şekil 4.2) gerçekleşmiştir. 20 ^{o}C sıcaklıkta 0-24 saatlik yumurtalarda 32 saatte (Şekil 4.3), 24-48 saatlik yumurtalarda 20 saatte (Şekil 4.4) meydana gelmiştir. 25 ^{o}C sıcaklıkta ise 0-24 saatlik yumurtalarda 20 saatte (Şekil 4.5), 24-48 saatlik yumurtalarda da 10 saatte (Şekil 4.6) %100 ölüm tespit edilmiştir. Çizelge 4.1'e dikkat edilecek olursa 15 ^{o}C sıcaklıkta 0-24 saatlik yumurtada LT_{50} yaklaşık 16 saat iken LT_{95} 30 saat olarak tespit edilmiştir. 24-48 saatlik yumurtada ise LT_{50} yaklaşık 9 saat ve LT_{95} 15 saattir. 20 ^{o}C sıcaklıkta 24-48 saatlik yumurtada LT_{50} 6 saat, LT_{95} 11.65 saat olarak tespit edilmiştir. Aynı sıcaklıkta 0-24 saatlik yumurtada ise LT_{50} yaklaşık 13 saat olarak LT_{95} 25 saat olarak tespit edilmiştir. 25 ^{o}C sıcaklıkta 0-24 saatlik yumurtada LT_{50} yaklaşık 7 saat iken LT_{95} 12.57 saattir ve 24-48 saatlik yumurtada bu süreler yaklaşık olarak sırasıyla 4 saat ve 8 saat olarak tespit edilmiştir.

0-24 ve 24-48 saatlik yumurtalarla yapılan çalışmada, fosfin uygulamasının yumurta açılımında gecikmeye neden olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.2.). 15 ^{o}C sıcaklıkta 0-24 saatlik yumurtada açılmalar kontrolle aynı gün (uygulamayı takip eden 3. günden itibaren) başlamıştır. 24-48 saatlik yumurtalarda ise kontroldeki açılma uygulamayı takip eden 1. günde başlarken 8, 12 ve 16 saatlik uygulama süreleri sonrası 3. günde; 4 saatlik uygulama sonrası da kontrolle aynı gün (1.günde) başlamıştır. 20 ^{o}C sıcaklıkta 0-24 saatlik yumurtaların kontrolünde açılmalar 2. günde başlarken 8 saat ve üzerindeki uygulama süreleri sonrasında açılmalar 3. günden itibaren başlamıştır. 24-48 saatlik yumurtalarda ise kontroldeki açılma 1. günde başlarken 8, 12 ve 16 saatlik ugulamalar sonrasında 3. günde ; 4 saatlik uygulama sonrasında kontrolle aynı günde başlamıştır.

25 ^{o}C sıcaklıkta 4 ve 8 saatlik uygulamalar sonrasında açılmalar kontrolle aynı günde (2.gün) başlarken 12 ve 16 saatlik uygulama süresi sonrası 3. günde başlamıştır. 24-48 saatlik yumurtalarda ise sadece %100'den önceki uygulama süresinde (8 saat) 2. günde açılma başlamış, diğer uygulama süreleri olan 2, 4 ve 6 saatlik uygulamalar sonrasında kontrolle aynı günde (1.gün) açılma gözlenmiştir

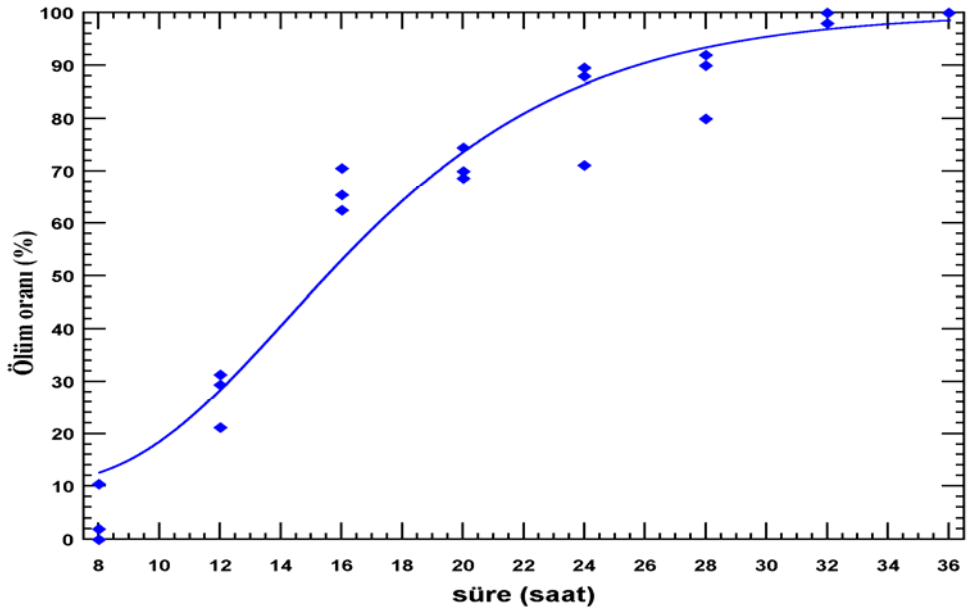
4.2 Larva

Larva dönemi ile yapılan çalışmada 12-günlük olgun larvalar 15, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklarda 200 ppm dozda fosfine değişik uygulama sürelerinde maruz bırakılmıştır. İstatistiki sonuçları içeren değerler Çizelge 4.3' de ve probit eğrileri Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da aşağıda görülebilmektedir. Çalışmadaki en düşük sıcaklık değeri olan 15 ^{o}C sıcaklıkta larvalar fosfin uygulaması sonucu 12 saatlik (Şekil 4.7), 20 ^{o}C sıcaklık derecesinde yine 12 saatlik (Şekil 4.8) ve 25 ^{o}C sıcaklıkta 8 saatlik (Şekil 4.9) uygulama sonrası tamamen ölmüştür. Çizelge 4.3'e bakılacak olursa 15 ve 20 ^{o}C sıcaklıklarda LT değerleri birbirine çok yakın bulunmuş ve LT_{50} yaklaşık 4 saat iken LT_{95} 8 saat olarak tespit edilmiştir. 25 ^{o}C sıcaklıkta ise yaklaşık olarak LT_{50} 3 saat LT_{95} ise 7 saat olarak tespit edilmiştir.

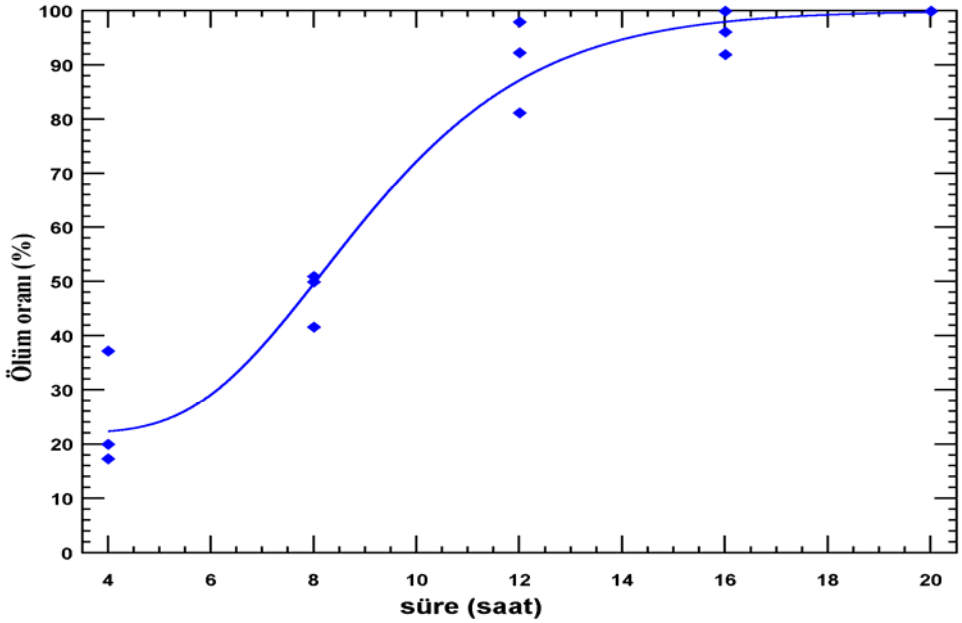
Çizelge 4.1 15, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklardaki 200 ppm fosfin uygulaması sonucu *Carpophilus hemipterus*'un yumurta evresinde tespit edilen LT değerleri (saat)

Sıcaklık	Biyolojik evre	Slope	Slope SE	LT_{50}(güven aralığı)[a]	LT_{90}(güven aralığı)[a]	LT_{95} (güven aralığı) [a]	LT_{99} (güven aralığı)[a]
15 ^{o}C	1-günlük yumurta	6.172	0.345	16.312 (15.033-17.483)	26.310 (24.289-29.166)	30.129 (27.414-34.229)	38.850 (34.202-46.485)
	2-günlük yumurta	7.659	0.770	8.936 (7.805-9.800)	13.136 (11.972-15.063)	14.652 (13.162-17.472)	17.983 (15.556-23.326)
20 ^{o}C	1-günlük yumurta	5.599	0.351	12.704 (11.412-13.850)	21.520 (19.579-24.391)	24.987 (22.348-29.235)	33.070(28.413-41.398)
	2-günlük yumurta	5.825	0.458	6.083 (5.600-6.534)	10.095 (9.373-11.020)	11.654 (10.706-12.949)	15.257 (13.645-17.642)
25 ^{o}C	1-günlük yumurta	6.820	0.455	7.216 (6.817-7.604)	11.122 (10.467-11.945)	12.574 (11.727-13.684)	15.826 (14.458-17.726)
	2-günlük yumurta	5.743	0.592	4.331 (3.822-4.735)	7.240 (6.639-8.160)	8.375 (7.539-9.805)	11.007 (9.472-13.981)

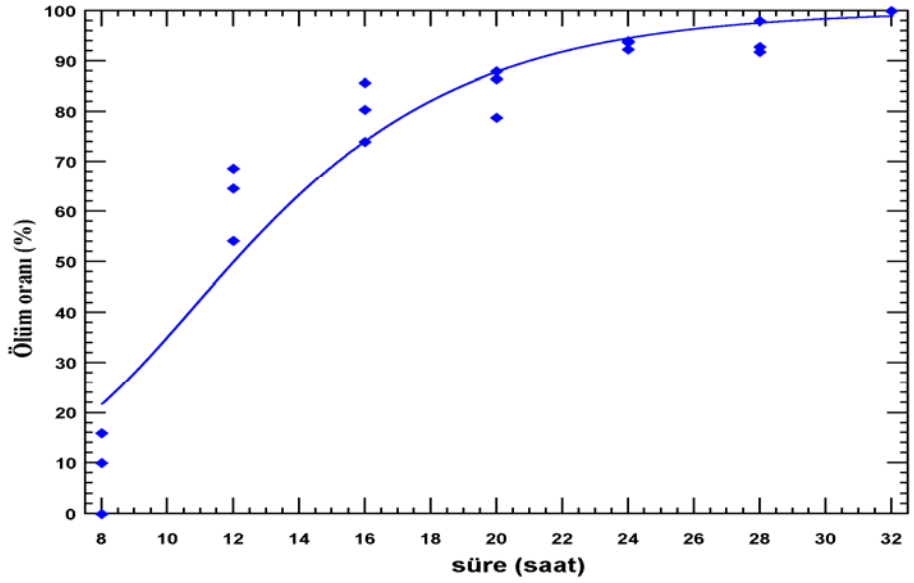
(a) güven aralığı $P \leq 0.05$



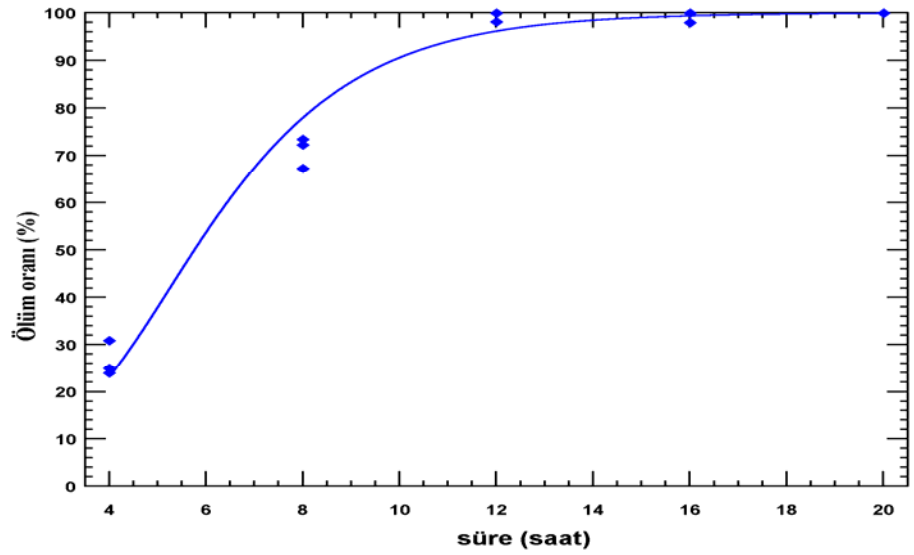
Şekil 4.1 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 15 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 0-24 saatlik yumurtaları üzerindeki letal etkileri



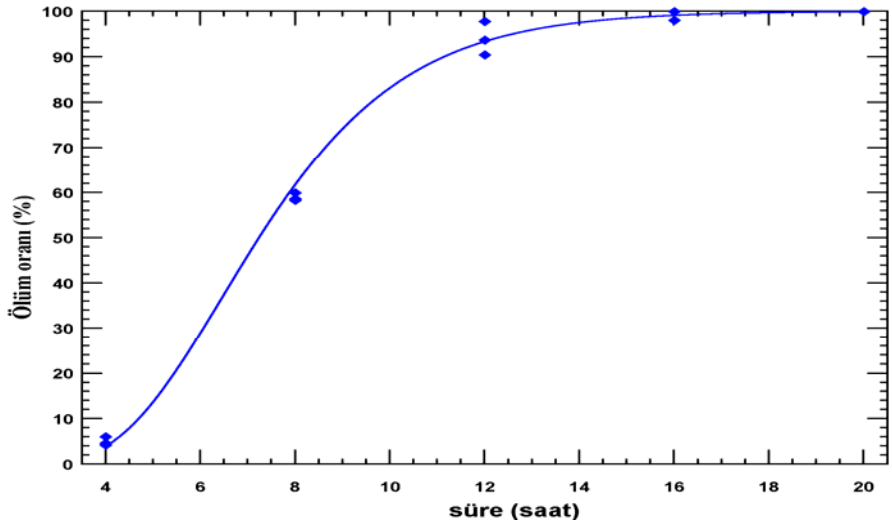
Şekil 4.2 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 15 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 24-48 saatlik yumurtaları üzerindeki letal etkileri



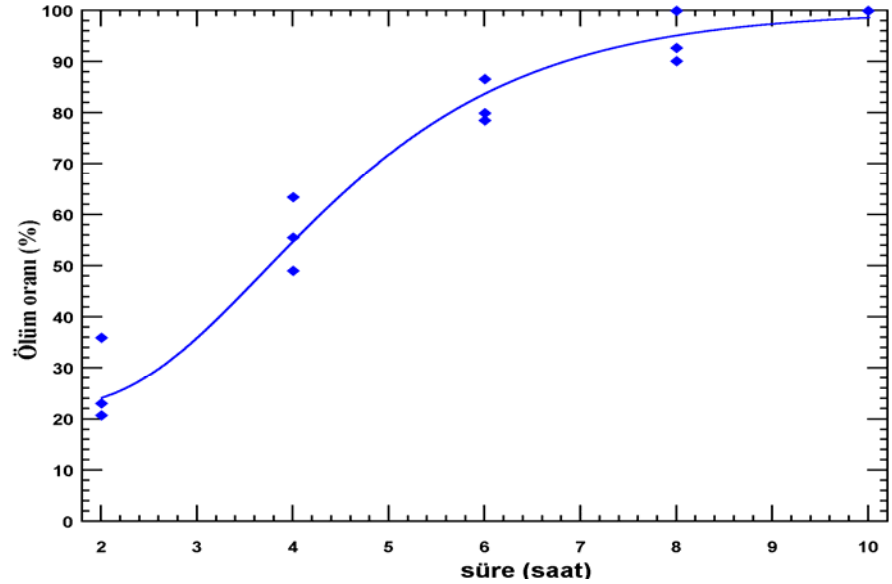
Şekil 4.3 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 20 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 0-24 saatlik yumurtaları üzerindeki letal etkileri



Şekil 4.4 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 20 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 24-48 saatlik yumurtaları üzerindeki letal etkileri



Şekil 4.5 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 25 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 0-24 saatlik yumurtaları üzerindeki letal etkileri



Şekil 4.6 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 25 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 24-48 saatlik yumurtaları üzerindeki letal etkileri

Çizelge 4.2 15, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklarda 0-24 ve 24-48 saatlik yumurtalarda değişik uygulama sürelerinde açılan yumurta sayıları

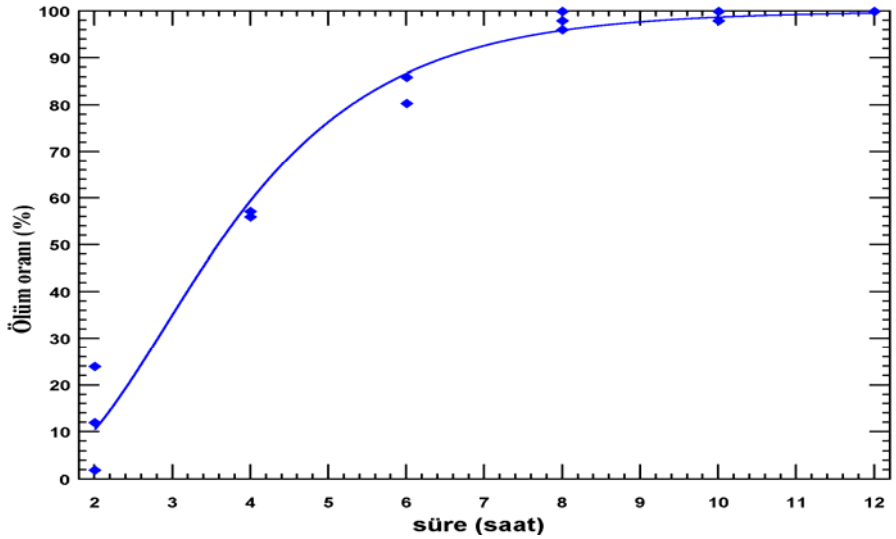
Uygulama süreleri	Açılan yumurta sayıları[a]																	
	15 ^{o}C						20 ^{o}C						25 ^{o}C					
1 günlük yumurta	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	toplam(b)	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	toplam(b)	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	toplam(b)
Kontrol	0	0	92	52	0	150	0	92	95	0	0	198	0	44	52	0	0	100
4	_	_	__	_	_	_	_	_	_	_	_	_	0	130	2	0	0	139
8	0	0	141	0	0	147	0	0	128	0	0	140	0	48	9	0	0	144
12	0	0	6	100	6	154	0	0	54	1	0	147	0	0	1	7	0	136
16	0	0	50	4	0	159	0	0	29	1	0	150	0	0	1	0	0	154
20	0	0	38	6	0	152	0	0	18	4	0	154	__	__	_	_	_	_
24	0	0	19	7	0	150	0	0	5	5	0	150	__	__	_	_	_	__
28	0	0	14	26	0	149	0	0	5	2	0	127	_	_	_	_	_	_
32	0	0	0	1	0	150	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
2 günlük yumurta																		
Kontrol	73	53	3	0	0	146	78	45	3	0	0	146	80	10	0	0	0	104
2	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	62	50	2	0	0	155
4	49	69	2	0	0	153	24	89	2	0	0	157	18	52	0	0	0	159
6	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	3	20	5	0	0	151
8	0	0	76	0	0	145	0	0	37	1	0	130	0	6	3	0	0	156
12	0	0	8	5	0	150	0	0	1	1	0	160	_	_	_	_	_	_
16	0	0	4	2	0	152	0	0	1	0	0	152	_	_	_	_	_	_

[a] en az 3 tekerrür toplamına ait değerler (b) 3 tekerrüre ait toplam yumurta sayısı

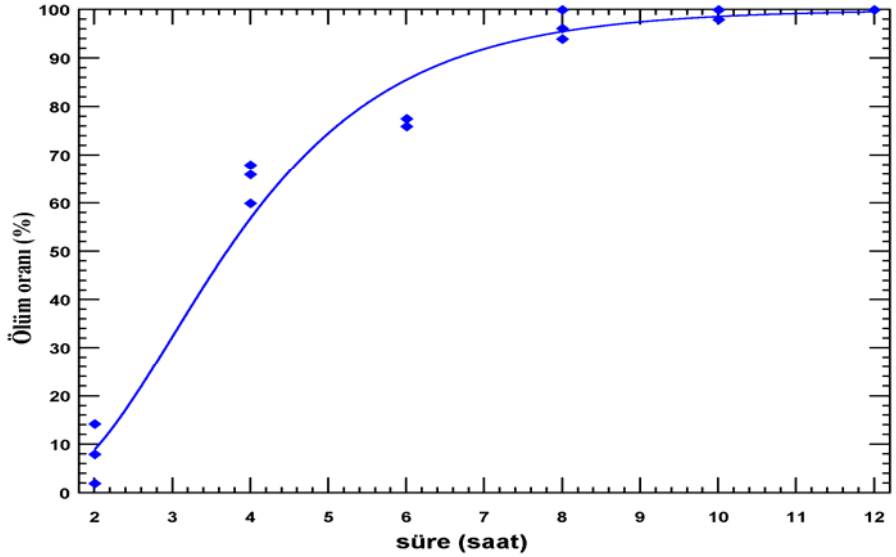
Çizelge 4.3 15, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklardaki 200 ppm fosfin uygulaması sonucu *Carpophilus hemipterus*'un larva evresinde tespit edilen LT değerleri (saat)

Sıcaklık	Biyolojik evre	Slope	Slope SE	LT_{50}(güven aralığı)[a]	LT_{90}(güven aralığı)[a]	LT_{95} (güven aralığı) [a]	LT_{99} (güven aralığı)[a]
15 ^{o}C	12-günlük larva	4.956	0.286	3.573 (3.297-3.840)	6.480 (5.973-7.136)	7.671 (6.980-8.614)	10.528 (9.295-12.336)
20 ^{o}C	12-günlük larva	5.027	0.293	3.688 (3.381-3.982)	6.632 (6.088-7.351)	7.833 (7.093-8.870)	10.703 (9.386-12.698)
25 ^{o}C	12-günlük larva	5.200	0.346	3.199 (2.804-3.579)	5.642 (4.946-6.788)	6.627 (5.689-8.310)	8.962 (7.335-12.247)

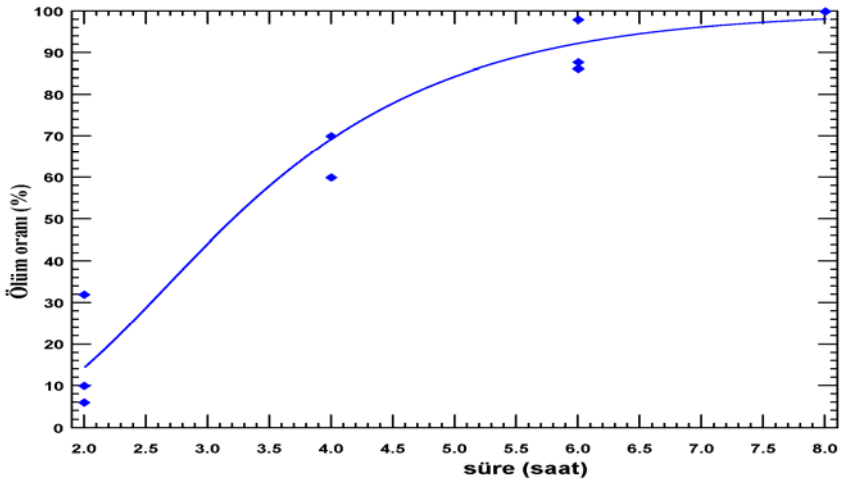
(a) güven aralığı $P \leq 0.0$



Şekil 4.7 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 15 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 12 günlük larvaları üzerindeki letal etkileri



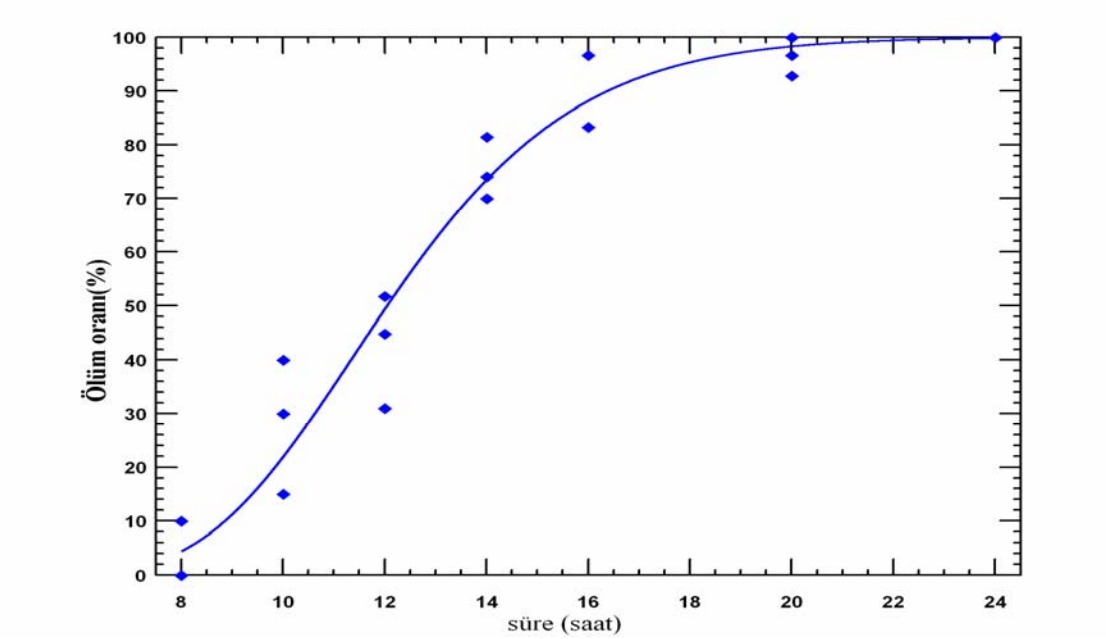
Şekil 4.8 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 20 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 12 günlük larvaları üzerindeki letal etkileri



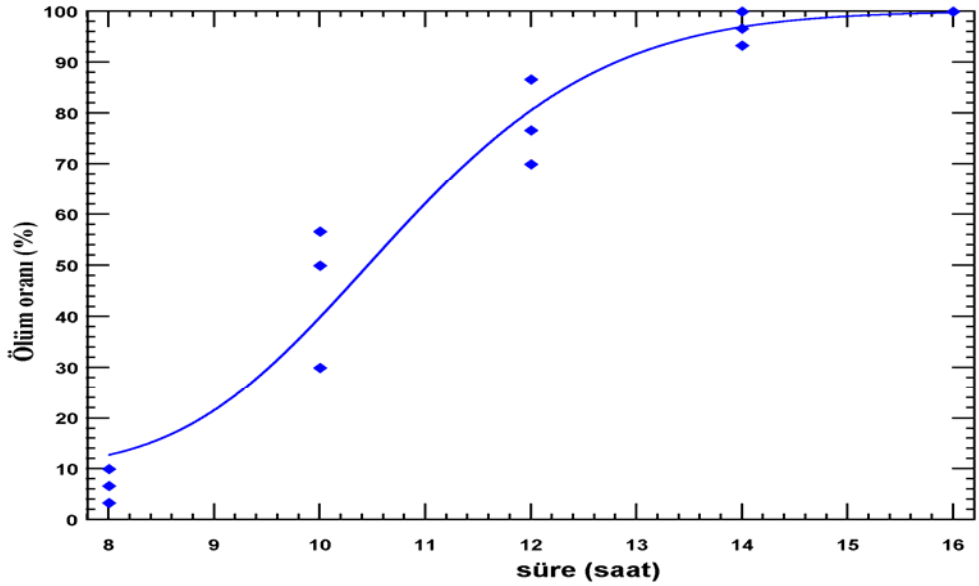
Şekil 4.9 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 25 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 12 günlük larvaları üzerindeki letal etkileri

4.3 Pupa

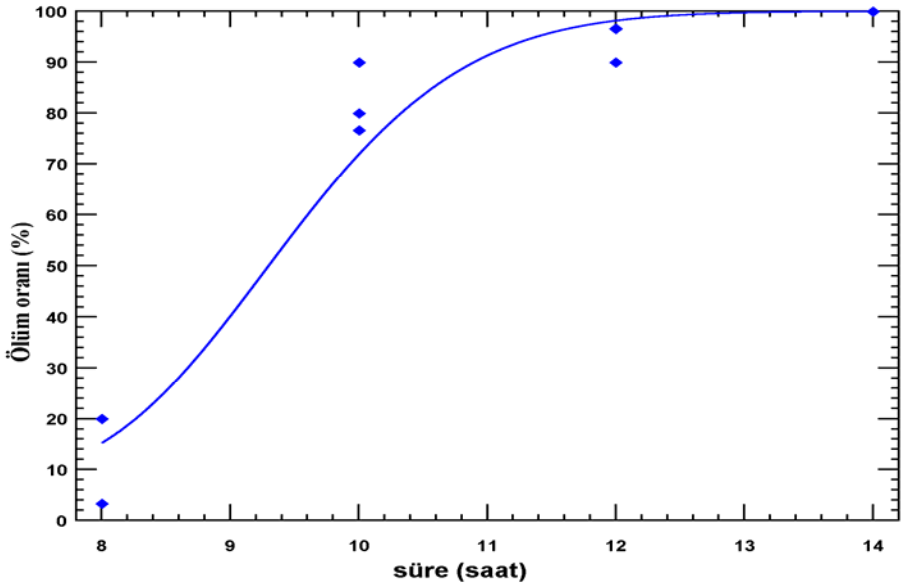
Pupa döneminde 3 ayrı yaş grubu ile çalışılmıştır. 200 ppm dozundaki fosfin diğer biyolojik dönemlere olduğu gibi 15, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklarda değişik sürelerde uygulanmıştır. Sonuçlara ait probit eğrileri Şekil 4.10 – 18'de görülmektedir. 0-24 saatlik pupalarda 15, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklarda % 100 ölüm sırasıyla 24 saat, 16 saat ve 12 saatte meydana gelmiştir. Ölüm 15 ^{o}C sıcaklıkta 24-48 saatlik pupalarda 16 saatte; 48-72 saatlik pupalarda ise 14 saatte gerçekleşmiştir. 20 ^{o}C sıcaklıkta 24-48 saatlik ve 48-72 saatlik pupalarda ölüm süresi 10 saat olarak tespit edilmiştir. 25 ^{o}C sıcaklıkta %100 ölüme her iki yaş grubunda (24-48 ve 48-72) 8 saatte ulaşılmıştır. Çizelge 4.4 incelendiğinde 15 ^{o}C sıcaklık değerinde 0-24 saatlik pupada yaklaşık olarak LT_{50} 12 saat, LT_{95} 18 saat; 24-48 saatlik pupada LT_{50} 11 saat, LT_{95} 14 saat; 48-72 saatlik pupada ise LT_{50} 9 saat LT_{95} yaklaşık 11 saat olarak görülmektedir. 20 ^{o}C sıcaklıkta 0-24 saatlik pupada yaklaşık olarak LT_{50} 8 saat, LT_{95} 13 saat; 24-48 saatlik pupada LT_{50} 7 saat, LT_{95} 8 saat; 48-72 saatlik pupada LT_{50} 6 saat, LT_{95} 8 saat olarak görülmektedir. 25 ^{o}C sıcaklıkta ise 0-24, 24-48, 48-72 saatlik pupalarda LT_{50} değerleri yaklaşık olarak sırasıyla 5 saat, 4 saat ve 4 saat olarak tespit edilmiştir. Aynı sıcaklıkta LT_{95} değerleri ise yaklaşık olarak sırasıyla 10 saat, 6 saat ve 5 saat olarak tespit edilmiştir.



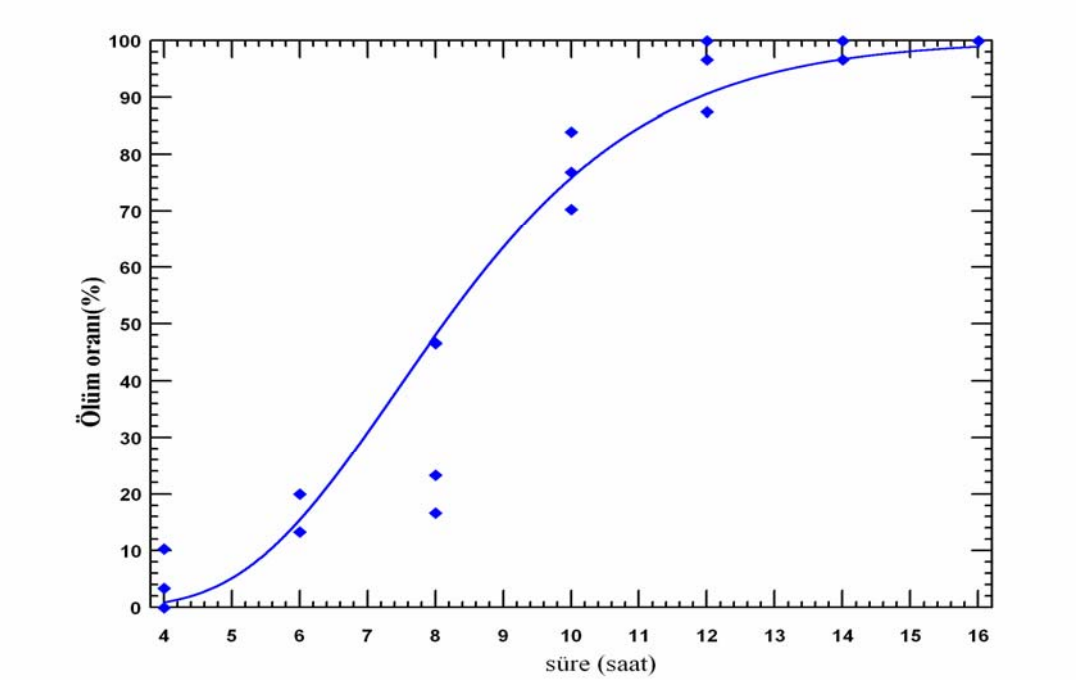
Şekil 4.10 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 15 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 0-24 saatlik pupaları üzerindeki letal etkileri



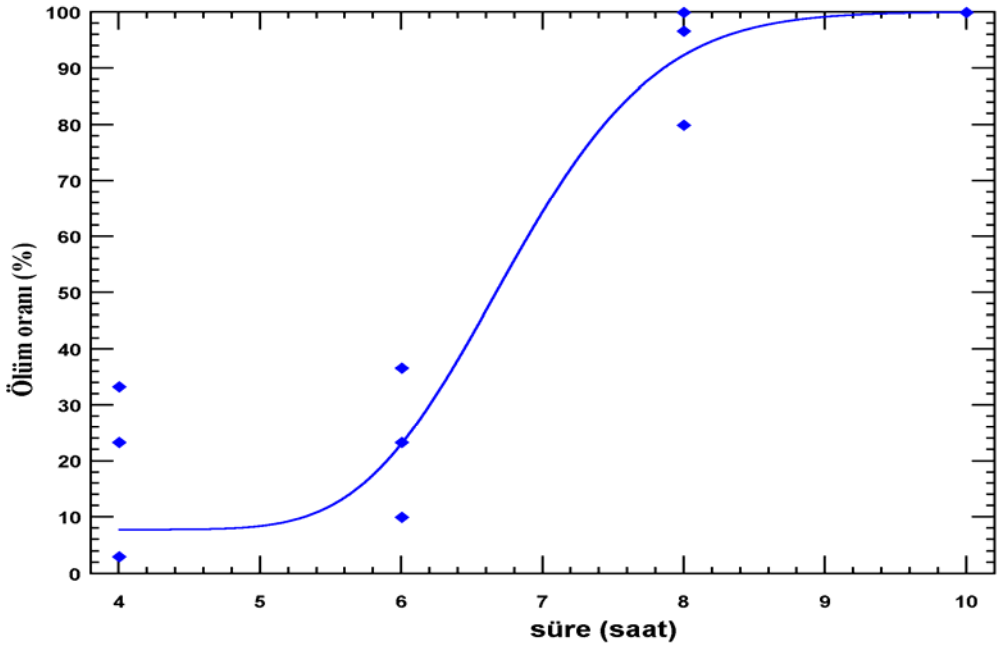
Şekil 4.11 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 15 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 24-48 saatlik pupaları üzerindeki letal etkileri



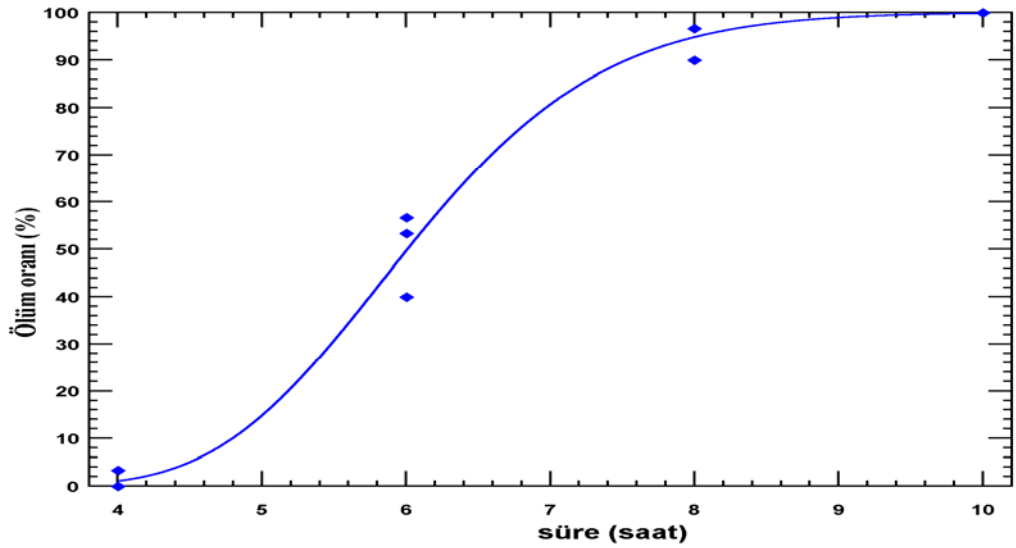
Şekil 4.12 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 15 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 48-72 saatlik pupaları üzerindeki letal etkileri



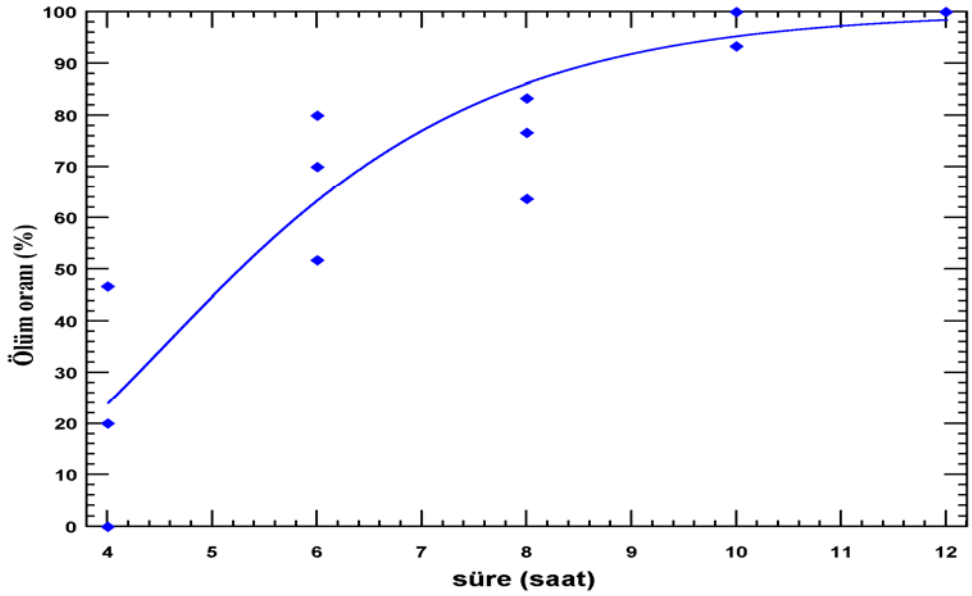
Şekil 4.13 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 20 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 0-24 saatlik pupaları üzerindeki letal etkileri



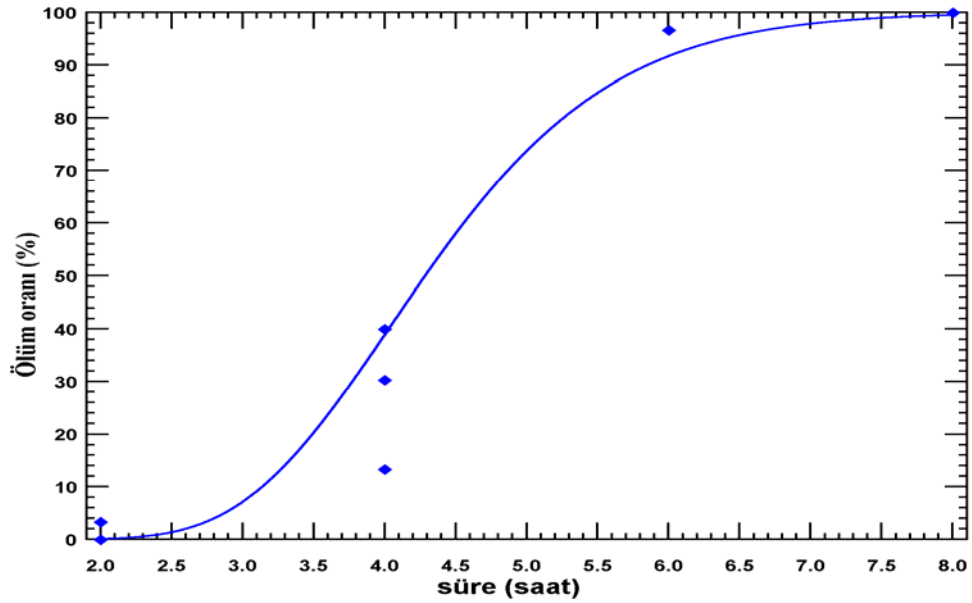
Şekil 4.14 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 20 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 24-48 saatlik pupaları üzerindeki letal etkileri



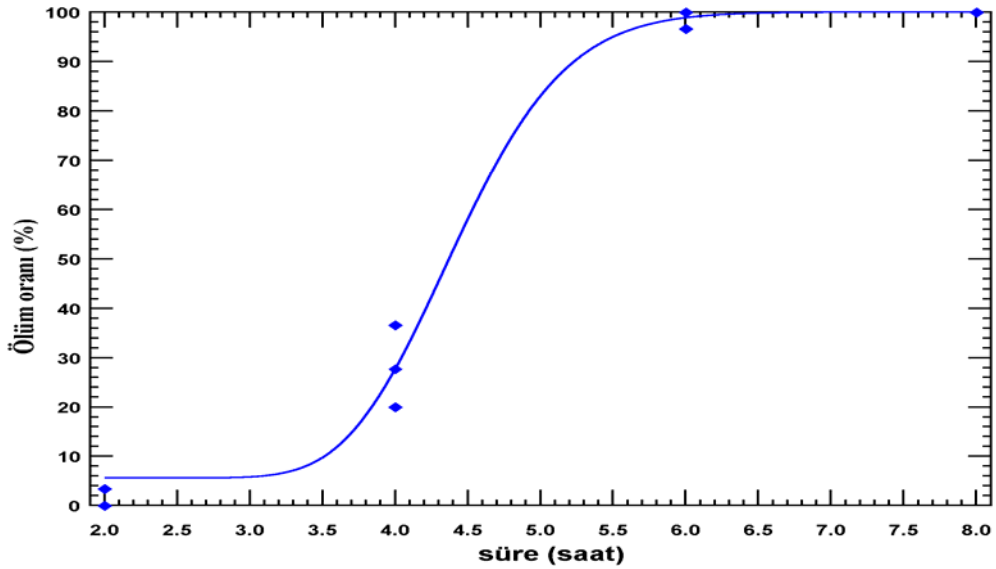
Şekil 4.15 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 20 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 48-72 saatlik pupaları üzerindeki letal etkileri



Şekil 4.16 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 25 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 0-24 saatlik pupaları üzerindeki letal etkileri



Şekil 4.17 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 25 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 24-48 saatlik pupaları üzerindeki letal etkileri



Şekil 4.18 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 25 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 48-72 saatlik pupaları üzerindeki letal etkileri

Çizelge 4.4 15, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklardaki 200 ppm fosfin uygulaması sonucu *Carpophilus hemipterus*'un pupa evrelesinde tespit edilen LT değerleri (saat)

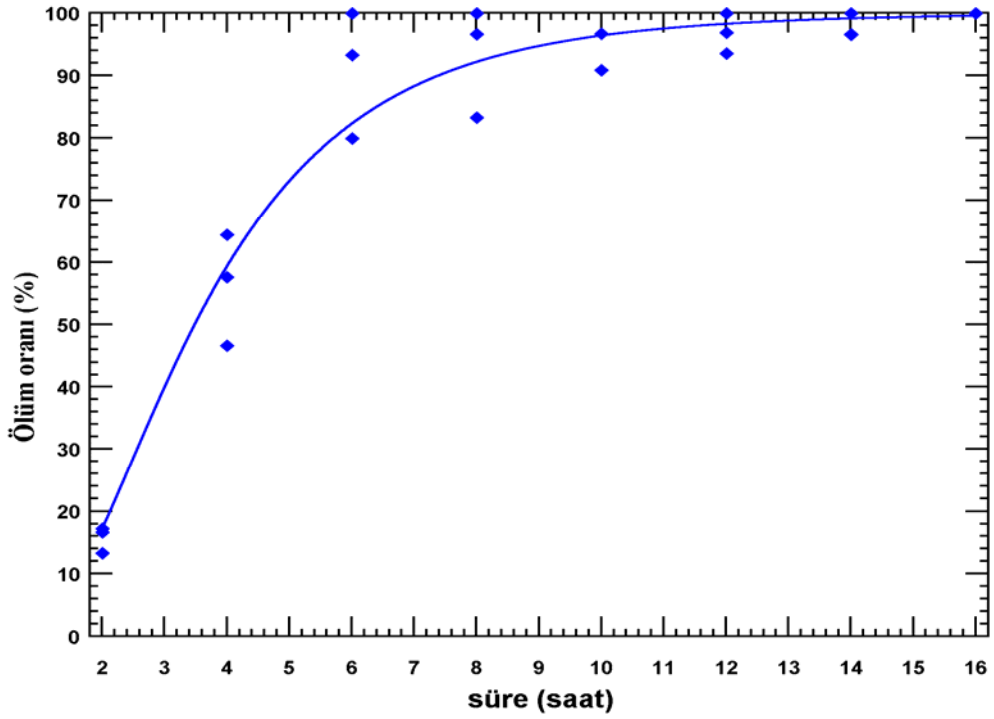
Sıcaklık	Biyolojik evre	Slope	Slope SE	LT_{50}(güven aralığı)[a]	LT_{90}(güven aralığı)[a]	LT_{95} (güven aralığı) [a]	LT_{99} (güven aralığı)[a]
15 ^{o}C	1-günlük pupa	9.590	0.717	12.032 (11.482-12.567)	16.368 (15.444-17.685)	17.860 (16.676-19.626)	21.035 (19.210-23.920)
	2-günlük pupa	15.453	1.481	10.674 (10.257-11.050)	12.920 (12.399-13.666)	13.639 (13.002-14.605)	15.096 (14.177-16.588)
	3-günlük pupa	19.364	1.974	9.399 (8.856-9.863)	10.946 (10.383-11.936)	11.430 (10.769-12.707)	12.394 (11.492-14.343)
20 ^{o}C	1-günlük pupa	7.741	0.528	8.108 (7.393-8.821)	11.871 (10.711-13.821)	13.225 (11.747-15.901)	16.197 (13.895-20.788)
	2-günlük pupa	18.818	2.139	6.749 (5.953-7.440)	7.895 (7.209-9.970)	8.254 (7.477-11.026)	8.971 (7.955-13.406)
	3-günlük pupa	13.070	1.317	6.002 (5.762-6.230)	7.523 (7.187-7.989)	8.020 (7.607-8.624)	9.043 (8.440-9.979)
25 ^{o}C	1-günlük pupa	5.960	0.538	5.257 (4.481-5.893)	8.625 (7.594-10.574)	9.924 (8.543-12.883)	12.913 (10.542-18.861)
	2-günlük pupa	9.455	0.959	4.278 (3.267-5.170)	5.845 (4.903-10.215)	6.386 (5.257-12.966)	7.539 (5.914-20.545)
	3-günlük pupa	16.894	2.336	4.406 (4.239-4.608)	5.247 (4.955-5.747)	5.513 (5.162-6.138)	6.050 (5.567-6.956)

(a) güven aralığı $P \leq 0.05$

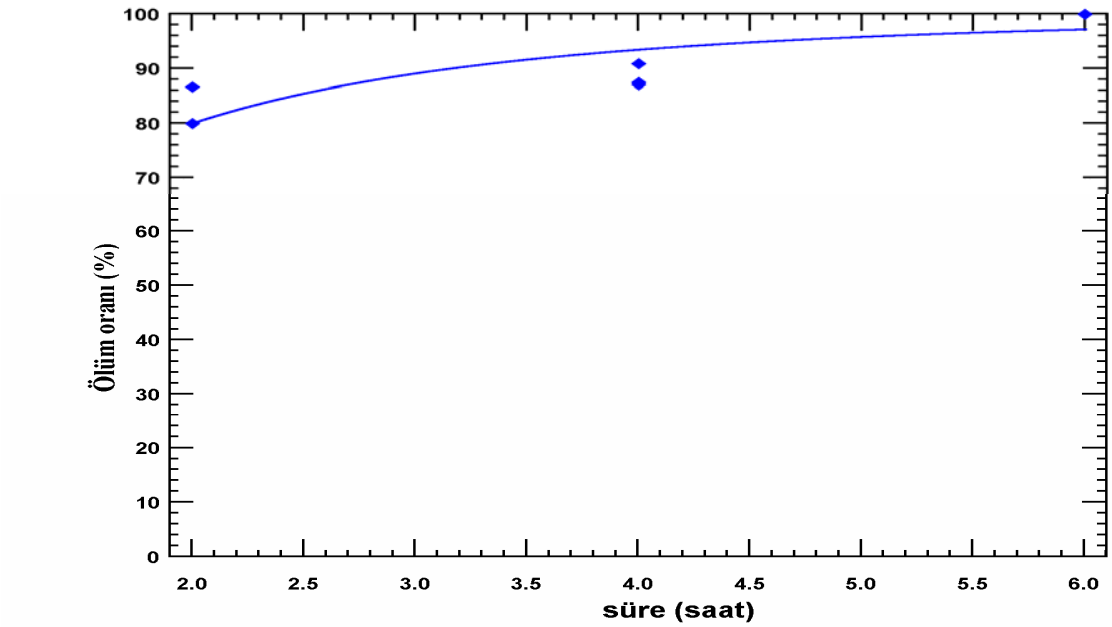
4.4 Ergin

7-8 günlük erginlerle yapılan çalışmada 200 ppm dozundaki fosfin 15, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklarda değişik sürelerde uygulanmıştır. İstatistiki verileri içeren probit değerleri Şekil 4.19-21'de görülmektedir. Bu değerlere bakıldığında 15 ^{o}C sıcaklıkta erginlerde %100 ölümün 16 saatte (Şekil 4.19), 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklarda ise 6 saatte gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 4.20 ve 4.21). 15 ^{o}C sıcaklıkta değişik sürelerde fosfine maruz kalan erginlerde LT_{50} 3 saat, LT_{95} 9 saat; 20 ^{o}C sıcaklık derecesinde LT_{50} 1 saatin altında, LT_{95} yaklaşık 5 saat ve 25 ^{o}C sıcaklık derecesinde LT_{50} 1 saatin altında, LT_{95} 3 saat olarak tespit dilmiştir (Çizelge 4.5).

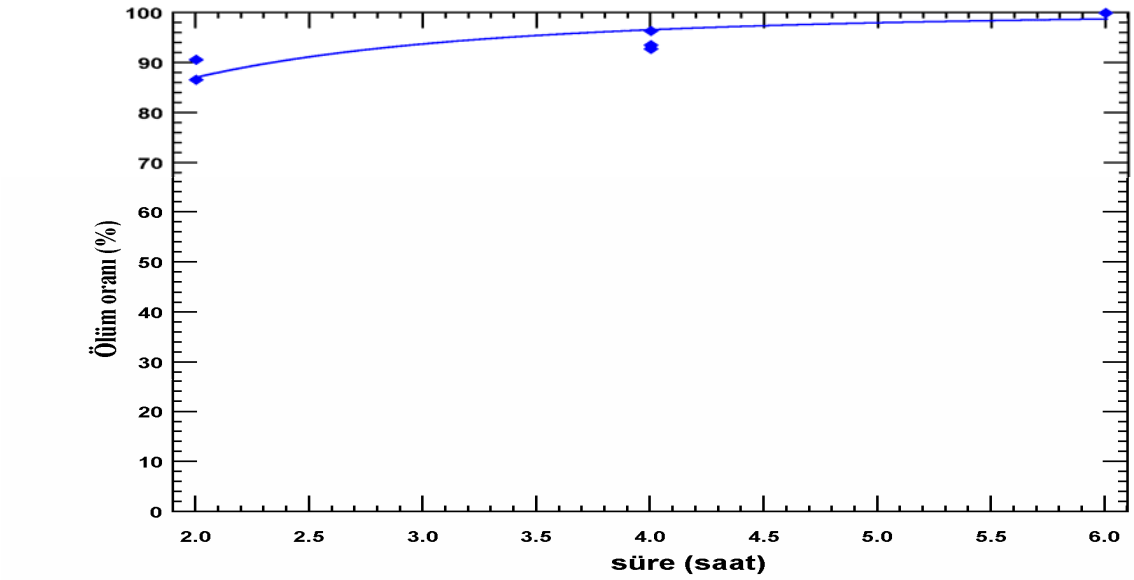
Çizelge 4.6, Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8'de her bir sıcaklık derecesinde (15, 20 ve 25 ^{o}C) biyolojik evrelere (yumurta, larva, pupa ve ergin) ait ölüm süreleri yer almaktadır.



Şekil 4.19 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 15 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 7-8 günlük erginleri üzerindeki letal etkileri



Şekil 4.20 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 20 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 7-8 günlük erginleri üzerindeki letal etkileri



Şekil 4.21 Değişik sürelerde uygulanan 200 ppm fosfinin 25 ^{o}C sıcaklıkta, *Carpophilus hemipterus*'un 7-8 günlük erginleri üzerindeki letal etkileri

Çizelge 4.5 15, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklardaki 200 ppm fosfin uygulaması sonucu *Carpophilus hemipterus*'un ergin evresinde tespit edilen LT değerleri (saat)

Sıcaklık	Biyolojik evre	Slope	Slope SE	LT_{50}(güven aralığı)[a]	LT_{90}(güven aralığı)[a]	LT_{95} (güven aralığı) [a]	LT_{99} (güven aralığı)[a]
15 ^{o}C	7-8-günlükergin	3.905	0.270	3.466 (3.024-3.881)	7.379 (6.596-8.440)	9.142 (8.034-10.773)	13.663 (11.493-17.232)
20 ^{o}C	7-8-günlükergin	2.231	0.596	0.862 (0.076-1.477)	3.236 (2.350-5.083)	4.709 (3.489-12.865)	9.515 (5.699-94.345)
25 ^{o}C	7-8-günlük ergin	2.312	0.735	0.663 (0.061-1.188)	2.377 (1.512-3.105)	3.414 (2.639-5.807)	6.730 (4.509-31.267)

(a) güven aralığı $P \leq 0.05$

Çizelge 4.6 15 ^{o}C sıcaklıkta 200 ppm fosfin uygulaması sonucu *Carpophilus hemipterus*'un değişik evrelerindeki LT değerleri (saat)

Biyolojik evreler		Slope	Slope SE	LT_{50}(güven aralığı)[a]	LT_{90}(güven aralığı)[a]	LT_{95} (güven aralığı) [a]	LT_{99} (güven aralığı)[a]
Yumurta	1-günlük	6.172	0.345	16.312 (15.033-17.483)	26.310 (24.289-29.166)	30.129 (27.414-34.229)	38.850 (34.202-46.485)
	2-günlük	7.659	0.770	8.936 (7.805-9.800)	13.136 (11.972-15.063)	14.652 (13.162-17.472)	17.983 (15.556-23.326)
Larva	12-günlük	4.956	0.286	3.573 (3.297-3.840)	6.480 (5.973-7.136)	7.671 (6.980-8.614)	10.528 (9.295-12.336)
Pupa	1-günlük	10.151	0.844	12.205 (11.557-12.788)	16.332 (15.435-17.598)	17.724 (16.595-19.450)	20.687 (18.943-23.552)
	2-günlük	15.453	1.481	10.674 (10.257-11.050)	12.920 (12.399-13.666)	13.639 (13.002-14.605)	15.096 (14.177-16.588)
	3-günlük	19.364	1.974	9.399 (8.856-9.863)	10.946 (10.383-11.936)	11.430 (10.769-12.707)	12.394 (11.492-14.343)
Ergin	7-8 günlük	3.905	0.270	3.466 (3.024-3.881)	7.379 (6.596-8.440)	9.142 (8.034-10.773)	13.663 (11.493-17.232)

(a) güven aralığı $P \leq 0.05$

Çizelge 4.7 20 ^{o}C sıcaklıkta 200 ppm fosfin uygulaması sonucu *Carpophilus hemipterus*'un değişik evrelerindeki LT değerleri (saat)

Biyolojik evreler		Slope	Slope SE	LT_{50}(güven aralığı)[a]	LT_{90}(güven aralığı)[a]	LT_{95} (güven aralığı) [a]	LT_{99} (güven aralığı)[a]
Yumurta	1-günlük	5.599	0.351	12.704 (11.412-13.850)	21.520 (19.579-24.391)	24.987 (22.348-29.235)	33.070(28.413-41.398)
	2-günlük	5.825	0.458	6.083 (5.600-6.534)	10.095 (9.373-11.020)	11.654 (10.706-12.949)	15.257 (13.645-17.642)
Larva	12-günlük	5.027	0.293	3.688 (3.381-3.982)	6.632 (6.088-7.351)	7.833 (7.093-8.870)	10.703 (9.386-12.698)
Pupa	1-günlük	7.709	0.543	8.129 (7.280-9.056)	11.920 (10.495-14.570)	13.286 (11.496-16.885)	16.286 (13.565-22.383)
	2-günlük	18.818	2.139	6.749 (5.953-7.440)	7.895 (7.209-9.970)	8.254 (7.477-11.026)	8.971 (7.955-13.406)
	3-günlük	13.070	1.317	6.002 (5.762-6.230)	7.523 (7.187-7.989)	8.020 (7.607-8.624)	9.043 (8.440-9.979)
Ergin	7-8 günlük	2.231	0.596	0.862 (0.076-1.477)	3.236 (2.350-5.083)	4.709 (3.489-12.865)	9.515 (5.699-94.345)

(a) güven aralığı $P \leq 0.05$

Çizelge 4.8 25 ^{o}C sıcaklıkta 200 ppm fosfin uygulaması sonucu *Carpophilus hemipterus*'un değişik evrelerindeki LT değerleri (saat)

Biyolojik evreler		Slope	Slope SE	LT_{50}(güven aralığı)[a]	LT_{90}(güven aralığı)[a]	LT_{95} (güven aralığı) [a]	LT_{99} (güven aralığı)[a]
Yumurta	1-günlük	6.820	0.455	7.216 (6.817-7.604)	11.122 (10.467-11.945)	12.574 (11.727-13.684)	15.826 (14.458-17.726)
	2-günlük	5.743	0.592	4.331 (3.822-4.735)	7.240 (6.639-8.160)	8.375 (7.539-9.805)	11.007 (9.472-13.981)
Larva	12-günlük	5.200	0.346	3.199 (2.804-3.579)	5.642 (4.946-6.788)	6.627 (5.689-8.310)	8.962 (7.335-12.247)
Pupa	1-günlük	5.960	0.538	5.257 (4.481-5.893)	8.625 (7.594-10.574)	9.924 (8.543-12.883)	12.913 (10.542-18.861)
	2-günlük	9.455	0.959	4.278 (3.267-5.170)	5.845 (4.903-10.215)	6.386 (5.257-12.966)	7.539 (5.914-20.545)
	3-günlük	16.894	2.336	4.406 (4.239-4.608)	5.247 (4.955-5.747)	5.513 (5.162-6.138)	6.050 (5.567-6.956)
Ergin	7-8 günlük	2.312	0.735	0.663 (0.061-1.188)	2.377 (1.512-3.105)	3.414 (2.639-5.807)	6.730 (4.509-31.267)

(a) güven aralığı $P \leq 0.05$

5.TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu araştırma ile ülkemizde depolanmış ürünlerin önemli bir zararlısı durumundaki C*arpophilus hemipterus*' un savaşımında en önemli alternatif fümigant durumunda olan fosfinin değişik sıcaklıklarda başarılı bir şekilde uygulanabilmesi ile ilgili olarak bazı temel veriler elde edilmiştir.

Fosfin uygulamaları sonucu böcek popülasyonlarının canlı kalışını etkileyen pek çok faktör vardır. Bunlardan çok önemli olanları gaz konsantrasyonu, fumigasyon süresi, ürün sıcaklığı ve mevcut zararlının evresidir. Araştırıcılar uzun yıllardan beri bazı evrelerin diğerlerinden daha dayanıklı olduğunu bildiğinden, bu tür çalışmalarda tüm böcek evreleri ile çalışılmaya gereksinim duyulmaktadır.

Böceklerin fosfine hassasiyeti ile ilgili çalışmalar böceğin bu gaza gösterdiği tepkinin diğer fümigantlara gösterilen tepkiden farklı olduğu yönündedir. Pek çok çalışmada yumurta ve pupa dönemleri larva ve ergin dönemlerinden daha dayanıklıdır (Donahaye 2000). Burada sunulan çalışmada da her 3 sıcaklık derecesinde elde edilen ölüm süreleri dikkate alındığında yumurta ve pupa evrelerinin larva ve ergin evrelerinden daha dayanıklı olduğu görülmektedir. 15 ^{o}C sıcaklıkta yumurtalar 36 saatte, pupalar 24 saatte, larvalar 12 saatte ve erginler 16 saatte ölmüşlerdir. 20 ^{o}C sıcaklıkta yumurta evresi 32 saatte, pupa evresi 16 saatte, larva evresi 12 saattte ve ergin evresi 6 saatte ölmüştür. 25 ^{o}C sıcaklık derecesinde ise yumurtada 20 saatte, pupada 12 saatte, larvada 8 saatte ve erginde 6 saatte %100 ölüm tespit edilmiştir. Vincent and Lindgren (1972a), yaptıkları çalışmada 21 ^{o}C sıcaklıkta 222 ppm fosfinin 24 saat süre ile uygulanması sonucunda, *Trogoderma glabrum* evrelerinin tolerans sıralamasını yumurta > larva > ergin > pupa olarak; *T.starnale*'nin ise yumurta > larva > ergin > pupa olarak tespit etmiştir. Görüldüğü üzere tolerans biyolojik evrelere göre değişmekle birlikte bu evreler türlere göre de değişebilmektedir. Phillips'in arkadaşlarıyla yaptığı bir çalışmada 18 ve 32 ^{o}C sıcaklılarda 200 ppm dozda yapılan bir EcoFume (%2 fosfin+ %98 CO_2) uygulamasında tolerans sıralaması *Rhizoperta dominica* için yumurta > pupa > ergin şeklinde; *Tribolium castaneum* için yumurta > pupa=ergin ve *Sitophilus oryzae* için - sadece 32 ^{o}C sıcaklık derecesinde- yumurta = pupa > ergin şeklinde verilmektedir

(Phillips *et al.* 1998). Burada sunulan çalışmada kullanılan tür olan *Carpophilus hemipterus*'un tüm biyolojik dönemlerine ait istatistik sonuçlarını içeren değerler uygulama sıcaklıklarına göre Çizelge 4.6-4.8'de görülmektedir. 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklar için yumurta > pupa > larva > ergin şeklinde olan tolerans sıralaması 15 ^{o}C sıcaklıkta yumurta > pupa > ergin > larva şeklinde tespit edilmiştir. Filnn *et al.* (2000) tarafından yapılan çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Araştırmacının, *Rhizopertha dominica* ile 15, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklarda 180 ppm konsantrasyonundaki fosfin uygulaması tolerans sıralamasını şu şekilde bildirmektedir: 15 ^{o}C sıcaklıkta pupa > yumurta > ergin > larva; 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklarda yumurta > pupa > larva > ergin. Akan (2003) tarafından yapılan çalışma sonuçları incelendiğinde de yumurta ve pupa evrelerinin larva ve ergin evrelerinden daha dayanıklı olduğunu söylemek mümkündür. Çalışmada *Oryzaephilus surinamensis*'in değişik dönemlerine 200 ppm doz fosfin 30 ^{o}C sıcaklıkta uygulanmıştır. Ölüm sürelerine göre pupa > yumurta > ergin > larva şeklinde bir tolerans sıralaması yapılabilmektedir.

Phillips *et al.* (1998) ve Keever *et al.* (1998)'e göre diyapozdaki larva hariç larva ve erginler pupa ve yumurtalardan daha kolay öldürülebilmektedirler. Keever'in arkadaşlarıyla 1998 yılında yaptığı çalışmada *Lasioderma serricorne* yumurtaları 72 saatte, pupaları 48 saatte, ergin ve larvaları 24 saatte tamamen ölmüştür. Aynı çalışmaya göre tolerans sıralamasını yumurta > pupa > ergin = larva olarak sıralamak mümkündür (Keever 2004). Bell *et al.*(1984)'e göre *Trogoderma granarium*'un 25 ^{o}C sıcaklık ve %70 nem koşullarında fosfine en dayanıklı evresi yumurta iken; Lindgren and Vincent (1996)'a göre 20 ^{o}C sıcaklık ve %60 nem koşullarında diyapozdaki larva yumurtadan daha dayanıklı olmaktadır (Chaudhry 1997). Yapılmış olan araştırma sonuçlarına göre bazı türlerin fosfine oldukça hassas olurken bazılarının daha toleranslı olduğu da görülmektedir. Lindgren and Vincent tarafından 1966 yılında yapılan çalışma sonucuna göre 4 dermestid türünün erginleri (*Trogoderma glabrum*, *T. sternale*, *T. variable* ve *Attegenus megatoma*) *Sitophilus oryzae*, *S.granarius* ve *Tribolium confusum* erginlerinden daha dayanıklı bulunmuştur (Vincent and Lindgren (1972a). Benzer bir sonuç Hashem and Reichmuth (1989) tarafından yapılan çalışmada da gözlenmiştir. Araştırmacılar *Rhyzopertha dominica*'nın *Prostephanus truncatus*'dan fosfine karşı daha az toleranslı olduğunu söylemektedirler. Sonuçta fosfine tolerans türe, aynı türün

biyolojik evresine ve hatta aynı biyolojik evrede yaş gruplarına göre değişiklik göstermektedir. Burada sunulan çalışmanın sonuçları incelendikçe, toleransın, biyolojik evrelere ve aynı biyolojik evrede de yaş gruplarına göre değiştiği görülecektir.

Fosfin uygulamalarında yüksek sıcaklığın etkisi üzerinde çok sayıda literatür bulunmaktadır. Phillips *et al.* (1998), Keever *et al.* (1998a,b) ve Almeida *et al.* (2002) tarafından farklı fümigasyon sıcaklıklarında yapılan çalışmalarda, yüksek sıcaklıklarda pupa ve yumurtada ölümünün oldukça hızlı gerçekleştiğini bildirilmektedir (Keever 2004). Burada sunulan çalışmada ölüm süreleri irdelendiğinde, sıcaklık artışının ölüm süresini kısalttığı görülmektedir. 15 ^{o}C sıcaklıkta tüm dönemlerin ölümü için 36 saatlik bir uygulama yeterli olurken 20 ^{o}C sıcaklıkta 32 saat ve 25 ^{o}C sıcaklıkta 20 saatlik uygulamaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu değerler en toleranslı evre olan 0-24 saatlik yumurtalara aittir. Pupalara ait ölüm süreleri 15, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklık derecelerinde sırasıyla 24 saat, 16 saat ve 12 saat olarak tespit edilmiştir. Larvalarda 15 ve 20 ^{o}C sıcaklıklarda 12 saatte, 25 ^{o}C sıcaklıkta 8 saatte; erginlerde 15 ^{o}C sıcaklıkta 16 saatte, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklarda 6 saatte ölüm tespit edilmiştir. Görüldüğü üzere özellikle sıcaklık derecesinin 15 ^{o}C dereceden 25 ^{o}C'ye yükselmesi ölüm süresini dikkate değer ölçüde kısaltmıştır. Bond *et al.*(1969) tarafından belirtildiğine göre stigmaların açılıp kapanmasının fosfin alımına ve ölüme etkisi oldukça az olmakta; Bond (1984)'a göre diğer fümigantlarla yapılan uygulamalarda olduğu gibi fosfin uygulamalarında da sıcaklık artışı ile ölüm artmaktadır. Bunun nedeni metabolizma hızının artışına bağlı olarak oksijen tüketiminin artması ve bu şekilde fosfin alımının teşvik edilmesidir. Genelde ergin öncesi dönemler fümigantlara daha dayanıklı olmaktadır; zira bu dönemlerde solunum hızı erginlere göre daha yavaş olmaktadır. *T. castaneum*, *R. dominica* ve *S. oryzae*'ye 200 ppm fosfin uygulaması sonucuna göre %100 ölüm 18 ^{o}C sıcaklığa göre 32 ^{o}C sıcaklıkta daha kısa sürede gerçekleşmiştir (Phillips *et al.*1998). Bir başka araştırmacı tarafından *R. dominica* ile yapılan çalışmada ise, 180 ppm fosfin 10, 15, 20, 25, 30 ve 35 ^{o}C sıcaklıklarda uygulanmış ve sıcaklık derecesindeki artışla birlikte %95 ölümün meydana geldiği süreler kısalmıştır. Burada sunulan çalışmayla karşılaştırmak bakımından, 15, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklar dikkate alındığında, 15 ve 20 ^{o}C sıcaklılarda elde edilen ölüm sürelerinin birbirine daha yakın olduğu; 15 ve 25 ^{o}C sıcaklıklardaki ölüm süreleri arasındaki farklılığın daha dikkat çekici olduğu

görülmektedir. Ayrıca Lindgren and Vincent (1970)'in *T. confusum* ve *S. oryzae* erginleriyle yaptıkları çalışmada %99 ölüm 26.7 ^{o}C sıcaklıkta 4 saatte gerçekleşirken; sıcaklık 15 ^{o}C düştüğünde, LT_{99} değeri 16 saate yükselmiştir (Flinn *et al.* 2000). Bir başka araştırmacı tarafından yapılan çalışmada *Carpophilus hemipterus*'un da yeraldığı 7 tür 24 saat süre ile 30, 32 ve 35 ^{o}C sıcaklıklarda 5700 ppmh (5700/24=237.5 ppm) fosfine maruz bırakıldığında sıcaklık artışıyla ölüm oranının arttığı gözlenmiştir. Elde edilen ölüm oranları sırasıyla %93.8, %96.9 ve %99.7 olarak tespit edilmiştir (Muhareb *et al.* 2003). Benzer şekilde, *Lasioderme serricorne*'nin dayanıklı ve hassas ırkının ergin ve larvalarına 200 ppm dozunda fosfinin 5 farklı sıcaklık derecesinde uygulandığı çalışmada, sıcaklık 25 ^{o}C den 5 ^{o}C düşünce fosfin alımı azalmış ve dolayısıyla düşük sıcaklıklarda ölüm oranları da düşük olmuştur (Chaudhry *et al.* 2004).

Yumurta dönemi ile yapılan çalışmada, kontrolle kıyaslandığında yumurta açılımında gecikme olduğu gözlemlere dayanılarak söylenebilmektedir. Yapılan diğer çalışmalarda uygulama süresindeki artışla yumurta açılma süresinin daha da uzadığı belirtilmekte ise de çalışmamızda %100 ölümün oldukça kısa sürede –en uzun 15 ^{o}C sıcaklıkta 1.5 gün- gerçekleşmesi ve uygulamaların kısa zaman aralıkları ile sürdürülmesi nedeniyle periyodik bir şekilde böyle bir artışın varlığından söz etmek mümkün değildir. Çalışmamızda 15 ^{o}C sıcaklıkta 24-48 saatlik yumurtaların kontrolünde açılma uygulamayı takip eden 1. günde gerçekleşirken 8, 12 ve 16 saatlik uygulamalar sonrasında 3. günde gerçekleşmiştir; 4 saatlik uygulama sonrasında ise kontrolle aynı günde açılma gözlenmiştir. 20 ^{o}C sıcaklıkta 24-48 saatlik yumurtalarda da benzer şekilde 8 saat ve üzerindeki uygulama sürelerinde açılmalar kontrolden 2 gün sonra başlamıştır. 25 ^{o}C sıcaklıkta aynı yaş grubunda ise 2, 4, 6 ve 8 saatlik uygulamalar yapılmış ve sadece 8 saatlik uygulama sonrasında açılma kontrolden 1 gün sonra başlamıştır. 0-24 saatlik yumurtalarda da yine açılmalar kontrolden daha geç olmuştur. Burada sunulan çalışmada elde edilen bu sonuç, diğer araştırmacıların yapmış oldukları araştırma sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. *Cryptolestes ferrugineus*, *Lasioderma serricorne* ve *Oryzaephilus surinamemsis*'in yumurta açılımına fosfinin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; kontrolle kıyaslandığında yumurta açılımının daha sonraki günlerde artış gösterdiği; ancak, gelişmedeki bu gecikmenin zararlıların hassas ırklarında belirgin olmadığı belirtilmektedir (Rajendran *et al.* 2004). *Liposcelis*

bostrychophila'nın 1-günlük yumurtalarına 30 ^{o}C sıcaklıkta %70 nem koşullarında düşük ve yüksek konsantrasyonlarda fosfin uygulanmış; fosfinin etkisiyle hem hassas ırkın hem de dayanıklı ırkın yumurta açılımında uygulanan konsantrasyona paralel olarak gecikme meydana gelmiştir. Hassas ırkın kontrolünde açılma 6.günde başlayıp 9. günde pik yapmış ve 11. günden sonra açılma olmamıştır. Uygulamaya maruz kalan yumurtalarda ise -en düşük doz değerinde- açılma 9. günde başlamış uygulama dozuna bağlı olarak pik değerine 10. veya 11. günde ulaşılmıştır. Daha yüksek dozda (0.01 mg/l) ise açılma 10. günde başlayıp 13. günde bitmiştir (Nayak *et al.* 2003). *Rhizoperta dominica*'nın hassas ve dayanıklı ırklarının 1-günlük yumurtaları ile yapılan bir diğer çalışmada yumurta açılımındaki gecikme konsantrasyon ve süre artışına paralel olarak artmıştır. Hassas ırkın 24 saat fosfine maruz kalması sonucu 1.gün açılan yumurta sayısı 0.3 olarak tespit edilmiş ancak uygulama süresi 48 saate çıktığında açılma 3.gün başlamış ve açılan yumurta sayısıda 0.62 olarak tespit edilmiştir (Rajendran *et al.* 2001). Aynı araştırmacı tarafından 2000 yılında yapılan çalışmada *T. castaneum*'un hassas ve daynıklı ırklarının 1-günlük yumurtaları fosfine maruz bırakıldığında, yumurta açılımında gecikme gözlenmiştir. Araştırmada dayanıklı ırkın kontrolünde 1.gün 52 yumurta 2.gün 398 yumurta açılmış, uygulamaya maruz kalan yumurtalarda 1. gün açılma olmazken 2. gün açılan yumurta sayısı 35 olarak tespit edilmiştir. Ancak Sylvester and Goodship (1962) ve Rajendran and Muthu (1991)'e göre bazı türlerde (*T. confusum, T. castaneum*) yumurta açılımında gecikme gözlenirken; Price and Bell (1981) ve Pike (1994)'e göre de bazı türlerde (*Ephestia cautella, Liposcelis entomophila*) böyle bir etki söz konusu olmamaktadır (Rajendran 2000).

Yapılan çalışmalarda yumurtadaki toleransın yaş artışıyla azaldığı görülmektedir. Yumurtada, gelişme devam ederken metabolizma hızı ve solunumun ve buna bağlı olarak ta fosfin alımının arttığı bildirilmektedir (Chaudhry 1997). Çizelge 4.1'de yumurta dönemine ait 3 sıcaklık derecesindeki probit analizi sonuçları yer almaktadır. Bu çizelgeler incelendiğinde, biyolojik evreler arasındaki hassasiyet farklılıkları görülebilmektedir. Her 3 sıcaklık derecesinde de genç yumurtaları öldürmek için gerekli olan süre daha uzundur. Burada sunulan çalışmada 0-24 saatlik (1-günlük) ve 24-48 saatlik (2 günlük) yumurtalar kullanılmıştır. 15 ^{o}C sıcaklıkta 1 günlük yumurtalarda %100 ölüm 36 saatte gerçekleşirken; bu süre 2 günlük yumurtada 20 saat olarak tespit

edilmiştir (Şekil 4.1 ve 4.2). Yumurta yaşındaki artış fosfine direnci azaltmıştır. Benzer şekilde 20 ^{o}C sıcaklıkta 1 günlük yumurtaların 2 günlük yumurtalardan daha dayanıklı olduğu; 1 günlük yumurtaların tamamı 32 saatte ölürken 2 günlük yumurtaların 20 saatte öldüğü tespit edilmiştir (Şekil 4.3 ve 4.4). 25 ^{o}C sıcaklıkta %100 ölüm 1 günlük yumurtalarda 20 saatte; 2 günlük yumurtalarda ise 10 saatte gözlenmiş; iki yaş-grubu arasındaki süre farkı oldukça dikkat çekici olarak bulunmuştur (Şekil 4.5 ve 4.6). Howe tarafından yapılan çalışmada da benzer şekilde yaşlı yumurtaların genç yumurtalardan daha kısa sürede öldüğü ve ölüm oranlarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. *Sitophilus granarius*'un 1-6 günlük yumurtaları ile yapılan bir çalışmada 0.5 mg/l (359 ppm) fosfinin 19 saat uygulanması sonucu elde edilen ölüm oranları sırasıyla %20, %17, %44, %72, %100 ve %100 olarak verilmiştir (Howe 1973). Burada sunulan çalışmada da 15 ^{o}C sıcaklıkta 1 günlük yumurtada LT_{95} 30.129 saatken, 2 günlük yumurtada LT_{95} 14.652 saat olarak tespit edilmiştir. Diğer sıcaklık değerlerinde de yine LT_{95} değerlerinin 1 günlük yumurtalarda 2 günlük yumurtalardan daha yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1). Benzer şekilde *Oryzaephilus surinamensis* ile yapılan bir çalışmada 0-24 saatlik, 24-48 saatlik ve 48-72 saatlik yumurtalarda elde edilen LT_{99} değerleri sırasıyla 13.282 saat, 9.216 saat, 8.536 saat; %100 ölüm süreleri de sırasıyla 18 saat, 12 saat ve 9 saat olarak tespit edilmiştir (Akan 2003).

Yapılan çalışmalar ölüm süreleri açısından irdelendiğinde; 21.1 ^{o}C sıcaklıkta 185 ppm fosfine 24 saat süre ile maruz bırakılan *Attagenus megatoma* yumurtalarında %100 ölüm tespit edilmiştir (Vincent and Lindgren 1972a). Karşılaştırma yapılacak olursa, burada sunulan çalışmada 20 ^{o}C sıcaklıkta 1 günlük yumurtaların %100 ölümü için daha fazla süreye (32 saat) ihtiyaç duyulurken, 2 günlük yumurtalarda elde edilen süre (20 saat) benzerlik göstermektedir. Flinn ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada *Rhizoperta dominica* yumurtalarına 180 ppm dozunda fosfin uygulandığında, LT_{95} değeri 15 ve 20 ^{o}C sıcaklıklarda 1.5 gün; 25 ^{o}C sıcaklıkta ise 1 gün olarak tespit edilmiştir (Flinn *et al.* 2000). Burada sunulan çalışmayla kıyaslandığında yine benzerlik görülmektedir: Yaş farklılığını göz ardı edecek olursak 15 ^{o}C'de 1.5 günde 20 ^{o}C'de 1.5 güne yakın sürede ve 25 ^{o}C sıcaklıkta 1 güne yakın sürede %100 ölüm tespit edilmiştir. Hashem ve Reichmuth'un çalışmasında *R. dominica* 20 ^{o}C sıcaklıkta 93 ppm dozunda fosfine maruz bırakıldığında 120 saatlik (5 günlük) uygulama sonrası %100 ölüm tespit

edilmiştir. Doz 229.76 ppm olduğunda %100 ölüm 96 saatte (4 günde) gerçekleşmiştir. Aynı çalışmada *Prostephanus truncatus*'a 208.22 ppm fosfin uygulandığında, %100 ölüm yaklaşık 5 gün olarak tespit edilmiştir (Hashem and Reichmuth 1989). Phillips ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada *R. domica*, *Sitophilus granarius* ve *Tribolium castaneum*'a 200 ppm fosfin uygulanmıştır. *R. dominica* yumurtaları 18 ^{o}C sıcaklıkta 4 günde; *S. oryzae* yumurtaları 3 günde ve *T. castaneum* yumurtaları 4 günde ölmüştür (Phillips *et al.* 1998). *Oryzaephilus surinamemsis*'e 30 ^{o}C sıcaklıkta 200 ppm fosfin uygulandığında, %100 ölüm 0-24 saatlik yumurtalarda 18 saatte; 24-48 saatlik yumurtada 12 saatte meydana gelmiştir (Akan 2003). Bir başka çalışmada 27 ^{o}C sıcaklıkta 179.5 ppm fosfine 24 saat süre ile maruz bırakılan *Cryptolestes ferrugineus* ve *O. surinamensis* yumurtalarında elde edilen ölüm oranları sırasıyla % 32.43 ve % 78.58 olarak tespit edilmiştir (Rajendran *et al.* 2004). Burada sunulan çalışmada 25 ^{o}C sıcaklıkta %100 ölüm 20 saatte gerçekleşmiştir. Literatür değerleriyle oluşan farklılığın tür, doz ve uygulama süresindeki farklılıklardan kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Fümigant olarak fosfin yerine hidrojen fosfin kullanılarak yapılan fümigasyonda *C. hemipterus* yumurtaları 26.7 ^{o}C sıcaklıkta 24 saat süre ile uygulamaya maruz bırakılmış; LC_{95} değeri 2.22 ppm gibi oldukça düşük bir konsantrasyon olarak belirlenmiştir (Vincent and Lindgren 1972b). Burada sunulan çalışmada 25 ^{o}C sıcaklıkta 200 ppm fosfin uygulandığında elde edilen LC_{95} değeri 12. 574 saat olarak tespit edilmiştir. Bu süre Vincent'in arkadaşıyla yapmış olduğu çalışmadaki sürenin yarısı kadar bir süre olmakla birlikte uygulanan dozun çok yüksek olduğu görülmektedir. 26-28 ^{o}C sıcaklıkta 0-1 günlük dayanıklı *T. castaneum* ırkının yumurtaları 200 ppm fosfine 72 saat maruz bırakıldığında elde edilen ölüm oranı %71.1 olarak tespit edilmiştir (Rajendran 2000). Uygulama süresinin uzun olmasına rağmen ölüm oranının düşük olmasında dayanıklı ırk etkisinin rolü olduğu düşünülmektedir. Rajendran ve arkadaşlarının 27 ± 2 ^{o}C sıcaklıkta yaptığı bir çalışmada, 179.5 ppm dozunda fosfin uygulanan *R. dominica*'nın hassas ırkının 1 günlük yumurtalarında 24 ve 48 saatlik uygulama sonucu elde edilen ölüm oranları sırasıyla %71.3 ve %95.8 olarak bildirilmektedir (Rajendran *et al.* 2001). İçlerinde *Carpophilus hemipterus*'un da yer aldığı 7 depolanmış ürün zararlısı türün yumurtalarıyla 26.7 ^{o}C sıcaklıkta yapılan fosfin çalışmalarında ölüm oranı, 187.5 ppm dozun 24 saat süre ile uygulanması sonucunda %85 olarak; 194.4 ppm dozun 36 saat uygulanması sonucunda ise %92 olarak tespit

edilmiştir (Muhareb *et al.* 2003). Burada sunulan çalışmada %100 ölüm daha kısa sürede gerçekleşmiştir. Muhareb'in arkadaşlarıyla yapmış olduğu çalışmada fosfin doğrudan tek başına kullanılmamış EcoFume (%2 fosfin + %98 CO_2) şeklinde uygulanmıştır. Bu da değişik çalışmalarda elde edilen sonuçlar arasındaki farklılığın bir nedeni olarak gösterilebilir.

Burada sunulan çalışmada, yumurtalarda olduğu gibi genç pupaların yaşlı pupalardan daha uzun sürede öldüğü; dolayısıyla daha toleranslı olduğu gözlemlenmiştir. 15 ^{o}C sıcaklıkta 0-24 saatlik (1 günlük) pupaların tamamı 24 saatte ölürken; 24-48 saatlik (2 günlük) pupalar 16 saatte; 48-72 saatlik (3 günlük) pupalar ise 14 saatte ölmüştür (Şekil 4.10, 4.11 ve 4.12). 20 ve 25 ^{o}C sıcaklılarda ise 1 günlük pupalar, 2 günlük ve 3 günlük pupalardan daha uzun sürede ölmüştür. Ancak ölüm süresi açısından her 3 sıcaklık derecesinde 2 günlük ve 3 günlük pupalar arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir (Şekil 4.13- 4.18). Pupalara ait LT_{95} değerleri de 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklarda çok farklı olmamak üzere, 1 günlük pupalarda 2 gün ve 3 günlük pupalardan daha büyük değerdedir (Çizelge 4.4). Howe tarafından yapılan çalışmada da pupalarda yaş farklılıklarına değinilmiş ve 25 ^{o}C sıcaklıkta 0.1 mg/l (71.8 ppm) fosfin uygulanan 1 ve 2 günlük *Sitophilus granarius* pupalarında %100 ölüm 5 günde gözlenirken; 5 günlük ve 6 günlük pupalarda %100 ölüm sırasıyla 3 ve 4 günde gerçekleşmiştir. Görüldüğü üzere pupa yaşı ilerledikçe dayanıklılık azalmıştır. 0.5 mg/l doza 45.3 saat maruz kalan pupalarda canlılık gözlenirken; uygulama süresi 76 saate çıktığında tamamen ölmüşlerdir (Howe 1973). Burada sunulan çalışmayla karşılaştırılacak olursa %100 ölüm için daha uzun sürelere ihtiyaç duyulmakla birlikte, tür farklılığının göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Akan tarafından yapılan tez çalışmasında 200 ppm dozundaki fosfinin 30 ^{o}C sıcaklıkta 2 saat süre ile uygulanması sonucu, 1 günlük pupalarda ölüm oranı % 44; 2 günlük pupalarda ise %46 olarak tespit edilmiş ve her iki yaş grubunda %100 ölüme 12 saatlik uygulama sonrasında ulaşılmıştır. Bu çalışmada da görüldüğü üzere ölüm oranları arasında önemli bir farklılık görülmese de 2 günlük pupanın daha toleranslı olduğu söylenebilir (Akan 2003). Burada sunulan çalışmada 25 ^{o}C sıcaklıklata 1 günlük pupada %100 ölüm 12 saatte gerçekleştiğinden; elde edilen verilerin Akan tarafından yapılan çalışmanın sonuçları tarafından desteklendiği görülmektedir. Bir başka çalışmada 21.1 ^{o}C sıcaklıkta 148 ppm dozundaki fosfin 24 saat

süre ile uygulandığında *Tribolium glabrum*'da elde edilen ölüm oranı %44 olurken; *Tribolium variablede* %100 olarak tespit edilmiştir (Vincent and Lindgren 1972a). Görüldüğü üzere birbirine yakın iki tür arasında dahi önemli farklılılar olabilmektedir. Burada sunulan çalışmada 20 ^{o}C sıcaklıkta elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında; *T.variable* pupalarının ölüm süresinin -uygulama dozu daha düşük olmakla birlikte- benzerlik gösterdiği söylenebilir. *Carpophilus hemipterus*'a 26.7 ^{o}C sıcaklık derecesinde 24 saatlik hidrojen fosfid uygulaması sonrası pupalarda LC_{95} değeri 22.31 ppm gibi oldukça düşük bir değer olarak tespit edilmiştir (Vincent and Lindgren 1972b). Burada uygulanan fümigantın farklı olmasından kaynaklanan bir toksisite farklılığından söz edilebilir. Rajendran tarafından yapılan bir çalışmada *Tribolium castaneum*'un 1-2-günlük pupalarının 26 ± 1 ^{o}C sıcaklıkta 24 saat süre ile fosfine maruz kalması sonucu elde edilen LD_{90} değeri 0.085 mg litre^{-1} (61.03 ppm) olarak tespit edilmiştir (Rajendran 1990). Burada sunulan çalışmada 25 ^{o}C sıcaklık derecesinde elde edilen LT_{90} değeri en fazla 8.625 saat olarak tespit edilmiştir. Bu değer Rajendran'ın çalışmasındaki uygulama süresinin oldukça altında bir süre olmakla birlikte; uygulama dozu Rajendran'ın çalışmasında kullanılan dozdan daha yüksektir. *Plodia interpunctella*, *Rhizoperta dominica*, *Sitophilus granarius* ve *Tribolium castaneum* ile 200 ppm fosfin'in EcoFume şeklinde uygulanmasıyla 18 ve 32 ^{o}C sıcaklıklarda yapılan bir çalışmada: *R. dominica* pupaları 18 ^{o}C sıcaklıkta 48 saatte; 32 ^{o}C sıcaklıkta ise 18 saatte tamamen ölmüştür. *S. oryzae* pupaları 32 ^{o}C sıcaklıkta 48 saatte; *T. castaneum* pupaları da her iki sıcaklıkta 8 saatte ölmüştür (Phillips *et al.* 1998). *Tribolium castaneum*'un oldukça hassas olduğu ve oldukça kısa sürede öldüğü görülmektedir. Benzer şekilde, 32 ^{o}C sıcaklık derecesinde *R. dominica*'nın da burada sunulan çalışmada elde edilen kısa ölüm sürelerine benzer sürelerde öldüğü anlaşılmaktadır. *R. dominica'* ya 6 farklı sıcaklık derecesinde 180 ppm dozunda fosfin uygulanan bir başka çalışmada LT_{95} değerleri, 15 ^{o}C sıcaklıkta 1.7 gün, 20 ^{o}C sıcaklıkta 0.9 gün ve 25 ^{o}C sıcaklıkta 0.5 gün olarak tespit edilmiştir (Flinn *et al.* 2000). Benzer sıcaklık ve fosfin konsantrasyonu koşullarında elde edilen değerler, burada sunulan çalışmada elde edilen değerlerle benzerlik göstermektedir. Muhareb ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada da 26.7 ^{o}C sıcaklıkta 7 depolanmış ürün zararlısı türe 24 saat süre ile yaklaşık 416 ppm ve 875 ppm dozunda fosfin uygulandığında elde edilen ölüm oranları sırasıyla %95 ve %100 olarak tespit edilmiştir (Muhareb *et al.* 2003). Burada sunulan çalışmada 25 ^{o}C

sıcaklıkta elde edilen %100 ölüm süresi Muhareb ve arkadaşları tarafından elde edilen sürenin yaklaşık 2 katı kadar olmakla birlikte; bu durum uygulamadaki farklılığa (EcoFume) verilebilir. Keever'in arkadaşlarıyla 1998 yılında yaptığı çalışmada *Lasioderma serricorne* pupalarına 32.2 ^{o}C sıcaklıkta 48 saat süreyle 150 ppm dozunda fosfin uygulanması, pupalarda %100 ölüme yol açmıştır (Keever 2004). Bahsedilen bu çalışmalarla burada sunulan sonuçlar arasındaki farklılıkların uygulama dozu ve tür faklılığından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Larva dönemi ile yapılan çalışmada 12 günlük olgun larvalar kullanılmış ve sıcaklık derecesine göre ölüm sürelerinin değiştiği belirlenmiştir. Larvalarda, 15 ve 20 ^{o}C sıcaklılarda 12 saatlik uygulama %100 ölüm için yeterli olmuştur (Şekil 4.7 ve 4.8). 25 ^{o}C sıcaklıkta ise 8 saatlik uygulama sonrasında %100 ölüm tespit edilmiştir (Şekil 4.9). Literatürde diğer depolanmış ürün zararlısı coleopterlerin larva dönemlerine ait verilerin burada sunulan çalışmanın sonuçlarını destekler nitelikte olduğu görülmektedir. *R. dominica* larvaları 180 ppm dozundaki fosfine 15, 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıklarda maruz bırakıldığında %95 ölümün meydana geldiği uygulama süreleri 15 ve 20 ^{o}C sıcaklıklarda 0.8 gün; 25 ^{o}C sıcaklıkta ise 0.4 gün olarak tespit edilmiştir (Flinn *et al.* 2000). Benzer ölüm sürelerinin elde edildiği bir başka çalışmada, 30 ^{o}C sıcaklıkta 15 günlük *O. surinamensis* larvalarına 200 ppm dozunda fosfin uygulanmış ve 0.75 saatte %100 ölüm elde edilmiştir (Akan 2003). 26.7 ^{o}C sıcaklıkta yaklaşık 418 ppm ve 879 ppm dozunda fosfin uygulanan 7 depolanmış ürün zararlısı türün ölüm oranları sırasıyla, %99.5 ve %100 olarak tespit edilmiştir (Muhareb *et al.* 2003). *Lasioderma serricorne*'nin dayanıklı ırkının değişik sıcaklık derecelerinde 5 saat fosfine maruz bırakıldığı bir çalışmada, larvalarda tespit edilen ölüm oranları şöyledir: 15 ^{o}C sıcaklıkta 211 ppm dozda %98.41; 20 ^{o}C sıcaklıkta 180 ppm dozda %93.33 ve 25 ^{o}C sıcaklıkta 212 ppm dozda %98.48 (Chaudhry *et al.* 2004). Bu değerler çalışma sonuçlarımızı destekler niteliktedir. Keever'in arkadaşlarıyla 1998 yılında yaptıkları çalışmada *Lasioderma serricorne*'nin bütün biyolojik evrelerine 32.2 ^{o}C sıcaklıkta değişik dozlarda fosfin uygulamışlar; Larvalarda %100 ölüme 100 ppm ve 150 ppm dozunda fosfinin 24 saat süre ile uygulanması sonucu ulaşmışlardır (Keever 2004). Bir başka çalışmada *Carpophilus hemipterus*'a hidrojen fosfidin 26.7 ^{o}C sıcaklıkta 24 saat uygulanması sonucu larvalarda tespit edilen LC_{95} değeri 5.74 ppm gibi düşük bir

konsantrasyon olarak tespit edilmiştir. Burada kullanılan fümigant farklı olmakla birlikte çalışmamıza göre süre olarak daha uzun ve doz olarak ta daha düşük konsantrasyonda uygulandığı görülmektedir (Vincent and Lindgren 1972b). 222 ppm dozundaki fosfinin 21.1 ^{o}C sıcaklık derecesinde *Trogoderma glabrum* ve *T. variable*'ye 24 saat süre ile uygulanması sonucu ölüm oranları *T. glabrum*'da % 67.9; *T.variable*'de ise %96.8 olarak tespit edilmiştir (Vincent and Lindgren 1972a). Bu çalışmada *T. glabrum*'dan çok *T. variable* larvalarında elde edilen sonuçların çalışmamızın sonuçlarıyla benzerlik gösterdiği söylenebilir.

Burada sunulan çalışmada, 7-8 günlük erginlerle yapılan fosfin uygulamasında, erginlerin -sıcaklık derecelerine göre değişiklik göstererek- diğer biyolojik evrelerden daha kısa sürede öldüğü tespit edilmiştir. Çalışmamızda, 15 ^{o}C sıcaklıkta %100 ölüm 16 saatte (Şekil 4.19); 20 ve 25 ^{o}C sıcaklıkta ise 6 saatte (Şekil 4.20 ve 4.21) gerçekleşmiştir. Diğer depolanmış ürün zararlısı coleopterlerin ergin dönemi ile yapılan çalışmalarda elde edilen %100 ölüm sürelerinin, çalışmamızda elde edilen sonuçları -doz ve sıcaklık farklılıkları göz önüne alındığında- destekler nitelikte olduğu söylenebilir. 25 ^{o}C sıcaklık ve %70 nem koşullarında 1-3 haftalık *Tribolium castaneum*'un hassas ırkının erginlerine 6 saat süre ile fosfin gazı uygulandığında, LD_{99} değeri 0.455 mg s/l (53.85 ppm) olarak tespit edilmiştir (Winks 1982). *Rhizopertha dominica*, *Sitophilus* oryzae, *T. castaneum* erginleri 32 ve 18 ^{o}C sıcaklıklarda 200 ppm dozundaki fosfine (EcoFume) 8 saat süre ile maruz bırakıldığında ölüm oranı %100 olarak tespit edilmiştir (Phillips *et al.* 1998). *Sitophilus oryzae* erginleri 21 ^{o}C sıcaklıkta 1 g/m^3 (725 ppm) fosfine 5 saat süre ile maruz bırakıldığında %97 oranında ölüm gözlenirken; süre 15 saate çıktığında ölüm oranı %100 olarak tespit edilmiştir (Weller and Graver 1998). Yukarıda bahsedilen çalışma sonuçlarına bakılacak olursa aynı türe (*S. oryzae*) ait ölüm süresinde farklılıklar olabilmektedir. Bir çalışmadaki doz 200 ppm ve ölüm süresi 8 saat olurken; diğer çalışmada dozun 725 ppm düzeyine çıkmış olması ölüm süresini kısaltmamıştır. Ancak çalışmalar arasındaki yöntem farklılığının etkisi unutulmamalıdır. Çalışmamızı destekleyen bir başka araştırma sonucu ise söyledir: *Rhizoperta dominica* 15, 20 25 ^{o}C sıcaklıklarda 180 ppm dozunda fosfine maruz bırakıldığında erginlerin tamamının öldüğü ölüm süreleri sırasıyla 1.2 gün, 0.7 gün ve 0.3 gündür (Flinn *et al.* 2000). Rajendran ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada

R. dominica'ya 27 ± 2 ^{o}C sıcaklıkta 48 saat süre ile fosfin uygulanmış ve LD_{99} değeri 0.303 mg litre^{-1} (217.5 ppm) olarak tespit edilmiştir (Rajendran *et al.* 2001). Çalışma sonucuna göre *C. hemipterus*'un *R. dominica*'dan daha kısa sürede öldürülebileceği söylenebilir. 21.1 ^{o}C sıcaklıkta 185 ppm fosfin 24 saat uygulandığında *Attagenus megatoma* erginlerinde %100 ölüm meydana gelmiştir. Aynı doz ve sürede *Trogoderma glabrum*, *T. sternale* ve *T. variable* erginlerinde ortalama %98 oranında ölüm meydana gelmiştir (Vincent and Lindgren 1972a). Aynı araştırıcılar tarafından *Carpophilus hemipterus* erginlerine yapılan hidrojen fosfid uygulamasında LC_{95} değeri 2.154 ppm olarak tespit edilmiştir (Vincent and Lindgren 1972b). Burada uygulanan fümigantın farklı olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. *Sitophilus granarius* ve *Tribolium confusum* erginlerine 24 ^{o}C sıcaklık ve %70 orantılı nem koşullarında 24 saat süre ile 6.462 ppm dozunda fosfin uygulanan bir başka çalışmada, ölüm oranları sırasıyla % 24.7±1.0 % 44 ±2.7 olarak tespit edilmiştir. *S. granarius* erginleri 53.13 ppm doza maruz bırakıldığında ölüm oranı % 45.9 ± 2.9 olarak tespit edilmiştir (Kashi and Bond 1975). Süre olarak çalışmamızdaki (25 ^{o}C'de 6 saat) süreden daha uzun süreye ihtiyaç duyulmakla birlikte uygulanan doz çalışma dozumuzdan daha düşüktür. Araştırma sonuçlarımızı destekler nitelikteki bir çalışmada *Tribolium castaneum*'un dayanıklı ırkının erginleri 25 ^{o}C sıcaklık ve %60 nem koşullarında 0.25 mg/l (179.5 ppm) fosfine yaklaşık 10 saat süre ile maruz bırakılmış ve LD_{99} değeri 2.47 mg s/l (177,34 ppm) olarak tespit edilmiştir (Winks and Waterford 1986). 2 haftalık *Tribolium castaneum* erginlerine 5 saat süre ile 0.027 mg l^{-1} (20 ppm) fosfin uygulanması sonucunda ölüm oranı %16 olarak tespit edilmiştir (Hobbs and Bond 1989). *Oryzaephilus surinamensis* erginleri 30 ^{o}C sıcaklıkta 200 ppm dozunda fosfine maruz bırakıldığında, ölüm 4 saatte gerçekleşmiştir (Akan 2003). Çalışmamızda, 25 ^{o}C sıcaklıkta elde edilen %100 ölüm süresi ile karşılaştırıldığında, *O. surinamensis*'in *C. hemipterus*'dan daha kısa sürede öldüğü; ancak iki çalışmanın yürütüldüğü sıcaklık değerlerinin farklı olduğu söylenebilir. 7 depolanmış ürün zararlısı türün erginleri 26.7 ^{o}C sıcaklıkta ≥10000 ve ≥21000 ppmh (416 ppm ve 875 ppm) doza 24 saat süre ile maruz bırakıldığında %100 ölüm meydana gelmiştir (Muhareb *et al.* 2003). Araştırmanın uygulama süresi ve uygulama dozunun çalışmamızdaki değerlerlerden daha yüksek olduğu; uygulama yönteminin de (EcoFume) farklı olduğu dikkate alınmalıdır. 25 ^{o}C sıcaklıkta *Sitophilus oryzae*'nin dayanıklı ve hassas ırklarının (1-3 haftalık) erginleri fosfine maruz

bırakılmış ve hassas erginlerde 20 saatlik uygulama sonrasında $LC_{99.9}$ değeri 0.021 mg/l (15.078 ppm) olarak tespit edilmiştir. Dayanıklı ırkın 20 saat fosfine maruz kalmasıyla elde edilen $LC_{99.9}$ değeri ise 215.4 ppm olmuştur (Daglish *et al.* 2002). Benzer bir başka çalışmada 25 ^{o}C sıcaklık derecesinde *Sitophilus oryzae*'nin hassas ve dayanıklı arazi ırklarının 8-10 haftalık erginleri 20 saat süre ile fosfine maruz bırakılmıştır. Hassas ırkın erginleri 29 ppm dozda tamamen ölürken; dayanıklı ırkta ölüm oranı %10 olarak tespit edilmiştir. 130.5 ppm doza maruz bırakılan hassas ırkın erginlerinde 1 günlük uygulama sonucu ölüm oranı %100 olarak tespit edilmiştir (Benhalima *et al.*2004). Çalışma sonuçlarına göre *S. oryzae*'nin dayanıklı ırkında %100 ölüm *C. hemipterus*'un ölüm süresinin 3 katı kadar bir sürede gerçekleşmiştir. Çalışmamızı destekler nitelikteki bir başka araştırmada, *Lasioderma serricorne*'nin hassas ırkının erginlerine 5 saat süre ile fosfin uygulanmış ve elde edilen ölüm oranları 15 ^{o}C sıcaklıkta 211 ppm dozda % 84.44; 20 ^{o}C sıcaklıkta 180 ppm dozda % 94.44 ve 25 ^{o}C sıcaklıkta 212 ppm dozda % 91.51 düzeyinde olmuştur (Chaudhry *et al.* 2004). *Acantoscelides obtectus* erginleri 25 ^{o}C sıcaklıkta fosfine maruz bırakıldığında elde edilen ölüm süreleri de yine burada sunulan çalışmada elde edilen süreyle benzerlik göstermektedir. Çalışmada 6 saatlik uygulama sonunda tespit edilen LC_{99} değeri 0.3 mg/l (215.4 ppm) olmuştur. Ayrıca 0.08 mg/l (57.44ppm) fosfinin 12.5 saat uygulanması ve 6 mg/l (4308 ppm) fosfinin 1 saat uygulanması sonucu %100 ölüm tespit edilmiştir (Hasan and Reichmuth 2004). *Lasioderma serricorne* 32.2 ^{o}C sıcaklıkta 50 ppm, 100 ppm ve 150 ppm dozunda fosfine 24 saat süre ile maruz bırakılmış ve her 3 dozda da %100 ölüm tespit edilmiştir (Rajendran *et al.* 2004). *Lasioderme serricorne* ile yapılan bir başka çalışmada ise düşük dayanıklı ırk olan KGS ırkı erginlerine 25 ^{o}C sıcaklıkta 24 saat süre ile 200 ppm dozunda fosfin uygulanmış ve ölüm oranı %90 olarak tespit edilmiştir. Ani etkili (Knock-down) ölüm sürelerinin de belirlendiği bu çalışmada KT_{50} süreleri 200 ppm dozda yaklaşık 5.5 saat; 300 ppm dozda 4.5 saat ve 100 ppm dozda 15 saat olarak belirlenmiştir. Hassas ırk olan TSC erginlerinde 50 ppm dozda %100 ölüm tespit edilmiştir. Düşük dayanıklı ırk olarak tanımlanan USK ve TMB ırklarında 100 ppm dozun 24 saat uygulanması ile elde edilen ölüm oranları sırasıyla %90 ve %100 olarak bulunmuştur (Hori and Kasaishi 2005). Çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre depolanmış ürün zararlısı türlerin erginleri içerisinde *Carpophilus hemipterus*

erginlerinin savaşımının diğerlerine göre daha kolay başarılabileceği değerlendirilmektedir.

Rhizoperta dominica'nın hassas ve daynıklı ırkları ile yapılan bir çalışmada 25 ^{o}C sıcaklıkta karışık kültür kullanılarak $LT_{99.9}$ değerleri bulunmuştur. Dayanıklı ırkta $LT_{99.9}$ değeri (=7.144 gün) 215.4 ppm fosfin uygulanarak elde edilirken; hassas ırkta $LT_{99.9}$ (= 7.767 gün) değeri 21.5 ppm fosfin uygulaması sonucu elde edilmiştir (Collins *et al.* 2005). *Sitophilus oryzae*'nin hassas ırkına ait karışık kültürü 25 ^{o}C sıcaklık derecesinde 21.54 ppm fosfin dozuna maruz bırakıldığında $LT_{99.9}$ değeri 9.2 gün; dayanıklı ırkta ise 27 gün olarak tespit edilmiştir (Daglish *et al.* 2002). Çalışmamızın sonuçlarına göre, 25 ^{o}C sıcaklıkta bütün biyolojik evrelerde % 100 ölüme ulaşabilmek için 20 saatlik bir uygulamanın yeterli olacağı görülmektedir. Bu iki türün biyoloji ve toleranslarının *C. hemipterus*'tan farklı olduğu gözönünde bulundurularak *C. hemipterus*'un -%100 ölüm süresi daha kısa olduğu için- daha kolay baskı altına alınabileceği söylenebilir. Yapılan çalışma sonuçlarının bir kısmı bizim çalışma sonuçlarımızla örtüşürken bir kısmında da farklılıklar görülebilmektedir. Ancak çalışmalar arasındaki sıcaklık, doz ve tür farklılıkları göz önünde bulundurulmalıdır.

Genel bir değerlendirme yapılacak olursa şunları söylemek mümkündür: Araştırmacılar tarafından, fumigasyon uygulamaları sonrasında solunumun yavaş olması nedeniyle yumurta ve pupa dönemlerinin larva ve erginlerden daha toleranslı olduğu; aynı evre içinde yaşa göre toleransın değiştiği; sıcaklık artışının ölüm oranını arttırdığı ve uygulama süresini kısalttığı; fumigant çeşidinin sonuçlar üzerinde etkili olduğu; toleransın türlere göre değişebileceği yönünde bir takım saptamalar yapılmıştır. Burada sunulan çalışmada, tüm bu saptamaları doğrular nitelikte sonuçlar elde edildiği söylenebilir.

Kontakt insektisitlerin kullanımından kaynaklanan kalıntı sorunu, metil bromid kullanımının yasaklanmış olması ve doyurucu alternatif uygulamaların olmayışı nedeniyle fosfinin depolanmış ürün zararlılarıyla savaşımda gelecekte en çok kullanılan fümigant olacağı düşünülmektedir. Araştırmacı Nayak'ında söylediği gibi, tek ciddi problem, birkaç zararlı türde dayanıklılık gözlenmesidir (Nayak *et al.* 2003). Bununla

birlikte gaz sızdırmazlığının sağlanması yoluyla veya gazın uygulama süresince belirli konsantrayonda tutulmasını sağlayan Siroflo, Sirocirc, Sirofume, Phyto-Explo ve Closed-loop (gazın sirkülasyonu; belirli aralıklarla gaz ilavesi veya gazın ortama sürekli akışının sağlanması; fan ve boru sistemlerinden yararlanılması) gibi çok etkili uygulama teknikleri sayesinde dayanıklılık sorunu aşılarak fosfin kullanımına devam edilebilir. Ayrıca, araştırıcılar tarafından, dayanıklılığın görüldüğü bölgelerde düşük doz - uzun uygulama süresi ilkesiyle yapılacak uygulamalar sayesinde dayanıklılık gelişiminin önlenebileceği belirtilmektedir. Yeni bir fümigant olan methylphosphine bir başka alternatif olarak düşünülmektedir. Yapılan araştırmalarda, bu fümigantın, fosfine direnç gösteren 4 depolanmış ürün zararlısı türün dayanıklı ırklarına hassas ırklarından daha etkili olduğu belirlenmiştir. Bu fümigantın kullanımı ile fosfine dayanıklılık probleminin azalacağı düşünülmektedir (Chaudhry *et al.* 1997).

Pek çok depolanmış üründe zararlılarla savaşımda fümigasyon amacıyla en çok kullanılan fümigant fosfindir. Fosfinin etkinliğinde zaman faktörünün çok etkili olduğu düşünülmektedir. 25 ^{o}C ve üzerindeki sıcaklıklarda minimum 5 gün ve tercihen 7 günlük bir uygulama süresi önerilmektedir. Günümüzde depolanmış ürünlerin böcekten arındırılması amacıyla fosfin kullanımında düşük sıcaklıklarda uzun uygulama süresi tavsiye edilmektedir. Uygulama süresinin uzun tutulmasının nedeni, böceğin dayanıklı evrelerinin yani yumurta ve pupa evrelerinin tamamlanarak hassas olan larva ve ergin evrelerine geçmeleri ve bu dönemde ölmelerini sağlamaktır (Winks and Ryan 1990). Metil bromit ile kıyaslandığında, fosfin fümigasyonu için önerilen süre oldukça uzundur. Başarılı bir savaşımın daha kısa sürede yapılabilmesi için fümigasyonda etkili olan faktörlerle ilgili ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Burada sunulan çalışmanın 3 ayrı sıcaklık derecesinde yapılmış olması ile uygulayıcılara ayrıntılı bilgi sağlamak amaçlanmıştır. Ölüm sürelerinde sıcaklıktan kaynaklanan farklılığın etkisinin (sıcaklık artıkça ölüm süresi kısalır) düşük sıcaklıkta doz arttırmak yerine uygulama süresinin uzun tutulmasıyla dengelenebileceği görülmektedir. Böylece dayanıklılık gelişme sorunu aşılabilir.

Laboratuvar çalışması sonrasında, bir böceğe ait dayanıklı ve hassas evreler ile aynı evre içindeki dayanıklı ve hassas yaş grupları belirlenebildiği için, dayanıklı evrenin

gelişme periyodu dikkate alınarak uygulama süresinin belirlenmesi ile daha kolay ölüm gerçekleşmekte ve bu şekilde başarılı bir fümigasyon uygulaması yapılmış olunmaktadır.

Bu çalışma, *Carpophilus hemipterus* ile savaşımda fosfin kullanımı bakımından Ülkemizde yürütülen ilk araştırma niteliğindedir. Elde edilen veriler uygulayıcı konumundaki kişi ve kurumlar için istedikleri hedefe en kısa, en ekonomik ve en etkili şekilde ulaşmalarını sağlayacak niteliktedir.

Daha önce de belirtildiği gibi fosfinin dezavantajlarından birisi, uygulama süresinin uzun olmasıdır. Bu durum daha çok düşük sıcaklıklar için geçerlidir. Fosfin genelde metalik formülasyonlardan elde edildiği için pik konsantrasyona ulaşması genelde 24 saat veya daha uzun sürmektedir. Bu nedenle fümigasyonlarda genelde 48 saatlik bir uygulama süresi önerilmektedir. Bu araştırmada elde edilen sonuçlara göre, kurutulmuş incirde, fosfinin metil bromitin yerini alabileceği söylenebilir. Kurutulmuş meyvelerde metil bromit yerine fosfinin kullanımı ülkemizde oldukça yenidir. Bu nedenle, özellikle de dayanıklılığa engel olmak bakımından, uygulamada gaz kaçaklarının önlenmesine ve uygulama süresine dikkat edilmelidir. Bu çalışmayı izleyecek çalışmalarla ülkemizde depolanmış ürün zararlıları için etkili olacak doz, süre ve diğer uygulama koşulları belirlenebilecektir. Silo, depo, değirmen gibi depolama mekanlarında fümigasyon için gerekli yapısal değişikliklerin de belirlenmesi uygulamanın başarısını arttırmak için son derece önemlidir.

KAYNAKLAR

Agriculture and Agri-Food Canada. 1996. Heat, Phosphine and CO_2 Collaborative Experimental Structural Fumigation report to the Canadian Leadership in the Development of Methyl Bromide Alternatives; Ottowa, Canada, 1996.

Akan, K. 2003. Fosfin ve Fosfin + Co_2 Uygulamalarının *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae)'e Bazı Etkileri Üzerinde Araştırmalar. Yüksek lisans tezi. Ankara Üniversitesi, Ankara.

Anonymous. 1975. Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. 16: Tentative method for adults of some major pests of stored cereals with methyl bromide and phosphine. FAO Method No. 16. Plant Protection Bulletin, 23; 12–26.

Anonymus. 2005. WebSitesi: http://www.taris.com.tr/yt_incir_hak.asp, Erişim Tarihi:12/12/2005

Anonymus.2006. Web Sitesi: http://www.pestcon.com/techlibrary/Pestcon_Booklet.pdf, Erişim Tarihi:12/06/2006

Arıkan, N. 1991. Metil bromit ile fümige edilmiş kuru incirdeki bromür kalıntı miktarının tesbiti. Doğa. Tr.J.of Chemistry, 15; 52-56.

Athie, I., Gomes, R. A. R., Bolonhezi, S., Valentini, S. R. T. and de Castro, M. F. P. M. 1998. Effects of Carbon Dioxide and Phosphine Mixtures on Resistant Populations of Stored-Grain Insects. J. Stored Prod. Res., Vol. 34 (1); 27-32.

Banks, H.J. 1994. Fumigation- an endangered technology? In: Highley, E., Wright, E.J., Banks, H.J., Champ, B.R.(Eds.), Stored Product Protection. Proceedings of the 6th İnternational Working Conference on Stored-product Protection. Canberra, Australia, 1994, CAB International, pp.2-6.

Bell, C.H. 2000. Fumigation in the 21st century. Crop Protection, 19; 563-569.

Benhalima, H., Chaudhry, M.Q., Mills, K.A. and Price, N.R. 2004. Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. Journal of Stored Products Research, 40; 241-249.

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

Chaudhry, M.Q., MacNicoll, A.D., Mills, K.A. and Price, N.R. 1997. The potential of methyl phosphine as a fumigant for the control of phosphine resistant strains of four species of stored-product insects. Proceedings of the International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products,21-26 April. Printco Ltd., Nicosia, Cyprus, pp.45-57.

Chaudhry, M.Q., Bell, H.A., Savvidou, N. and MacNicoll, A.D. 2004. Effect of low temperatures on the rate of respiration and uptake of phosphine in different life stages of the cigarette beetle Lasioderma serricorne (F.) Journal of Stored Products Research, 40; 125 –134.

Collins, P.J., Daglish, G.J., Pavic, H. and Kopittke, R.A. 2005. Response of mid-age cultures of phosphine-resistant and susceptible strains of lesser grain borer, Rhizoperta dominica, to phosphine at a range of concentrations and exposure periods. Journal of Stored Products Resarch, 41; 375-385.

Daglish, G. J., Collins, P. J., Pavic, H. and Kopittke, R.A. 2002. Effects of time and concentration on mortality of phosphine-resistant Sitophilus oryzae (L) fumigated with phosphine. Pest Manag Sci, 58; 1015-1021.

Daum, R.J.,1970. Revision of two computer programs for probit analysis.Bulletin of the Entomological Society of America 16; 10-15.

Donahaye, E.J. and Navarro, S. 1989. Sensitivity of two dried fruit pests to methyl bromide alone, and in combination with carbon dioxide or under reduced pressure. Trop. Sci., 29; 9-14.

Donahaye, E.J. and Messer, E. 1992. Reduction in grain storage losses of small-scale farmers in tropical countries. Research Report RR-91-7, The Allan Shawn Feinstein World Hunger Program, Brown University, USA, 1992, 19s.

Donahaye, E.J. 2000. Current status of non- residual control methods against stored product pests. Crop Protection, 19; 571-576.

Emekci, M. and Ferizli, A.G. 2000. Current status of stored products protection in Turkey. Integrated Protection of Stored Products IOBC Bulletin, 23 (10); 39-46.

Flinn, P., Phillips, T., Hagstrum, D., Arthur, F. and Throne, J. 2000. Modeling the effects of insect stage and grain temperature on phosphine-induced mortality for *Rhizoperta dominica*. In Donahage, E.J., Navarro, S. and Leesch, J. (eds)

Proc.Int.Conf. on Controlled Atmospheres and Fumigation in Stored Products, Fresno, CA. 29 Oct-3 Nov, 531-539.

Hasan, M.M. and Reichmuth, C. 2004. Relative toxicity of phosphine against the bean bruchid *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Col., Bruchidae). 2004 Blackwell Verlag, Berlin, JEN, 128 (5); 332-336.

Hashem, M.Y. and Reichmunth, C. 1989. The efficiency of phosphine against eggs of lesser grain borer *Rhizoperta dominica* (Fab.) and larger grain borer *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 41 (10); 159-163.

Hobbs, S.K. and Bond, E.J. 1989. Response of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) to sublethal teratments with phosphine. J.Stored Prod. Res., 25 (3); 137-146.

Hori, M. and Kasaishi, Y. 2005. Development of a new assay method for quickly evauating phosphine resistance of the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (Fabricius) (Coleoptera: Anobiidae), based on knockdown of the adult beetles. Appl. Entomol. Zool., 40 (1); 99-104.

Howe, R.W. 1973. The susceptibility of the Immature and Adult Stages of *Sitophilus granarius* to Phosphine. J.Stored Prod. Res., 8; 241-262.

James, D.G. and Vogele, B. 2000. Development and survivorship of *Carpophilus hemipterus* (L.), *Carpophilus mutilatus* Erichson and *Carpophilus humeralis* (F.) (Coleoptera: Nitidulidae) over a range of constant temperatures. Australian Journal of Entomology, 39; 180-184.

Kashi, K.P. and Bond, E.J. 1975. The Toxic Action of Phosphine: Role of Carbon Dioxcide on the Toxicity of Phosphine to *Sitophilus granarius* (L.) and *Tribolium confusum* DuVal. J. Stored Prod. Res., Vol. 11; 9-15.

Keever, D.W. 2004. Addition of Carban Dioxide at Low Concentrations to Phosphine: Does It Enhance Phosphine As a Fumigant of Stored- Product Insects? A Review. Degesch America, Inc. Newsletter, Issue VIII ,January 2004.

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

Muhareb, J.S., Hartsell, P.L., Arnest, M.L., Hurley, J.M. and Deksin, R. 2003. Efficacy of a mixture of phosphine/carbon dioxide on stored Product insects. Annual

International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions, San Diego, California.

Nayak, M.K., Collins, P.J., Pavic, H. and Kopittke, R.A. 2003. Inhibition of egg development by phosphine in the cosmopolitan pest of stored products *Liposcelis bostrychophila* (Psocoptera:Liposcelididae)**.** Pest Management Science, 59; 1191–1196.

Parsons, C.T. 1943. A revision of nearctic Nitidulidae (Coleoptera). Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, 92;121-278.

Phillips, T. W., Bonjour, E. L., Payne, K., Noyes, R. T., Cuperus, G. W., Schmidt, C. and Mueller, D. K.1998. Effects of Exposure Time, Temperature and Life Stage on Mortality of Stored Grain Insects Treated with Cylinderized Phosphine. Proceedings of the 7th İnternational Working Conference on Stored-product Protection, Canberra, Australia, Volume 1; 320-325.

Rajendran, S. 1990. The Toxicity of Phosphine, Methyl Bromide, 1, 1, 1-Trichloroethane and Carbon Dioxide Alone and as Mixtuers to the Pupae of Red Flour Beetle, *Tribolium castaneum* Herbst. Pestic. Sci., 29; 75-83.

Rajendran, S. 1993. Responses of stored-products insects to phosphine. In: Navarro, S., Donahaye, E. (Eds.), Proceedings of the International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages, June 1992, Winnipeg, Canada, Capsid Pres Ltd., Jerusalem, pp. 85-105.

Rajendran, S. 2000. Inhibition of hatching of *Tribolium castaneum* by phosphine. Journal of Stored Products Research, 36; 101-106.

Rajendran, S., Nayak, K.R. and Anjum, S.S. 2001. The action of phosphine against the eggs of phosphine-resisitant and-susceptible strains of *Rhyzopertha dominica* F. Pest Management Science, 57; 442-426.

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.

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

Taylor, R.W.D. 1994. Methyl bromide —Is there any future for this noteworthy fumigant? Journal of Stored Products Research, 30; 253 –260.

Vincent, L.E. and Lindgren, D.L. 1972a. Toxicity of Phosphine to the Stages of Four Species of Dermestids. Journal of Economic Entomology, 65; 1429-1431.

Vincent, L.E. and Lindgren, D.L. 1972b. Hydrogen Phosphide and Ethyl Formate: Fumigation of Insects Infestation Dates and Other Dried Fruits. Journal of Economic Entomology, 65; 1667-1669.

Weller, G.L. and van S.Graver, J.E. 1998. Cut flover disinfestation: Assessment of replacement fumigants for methyl bromide. Postharvest Biology and Technology, 14; 325-333.

Winks, R.G. and Waterford, G.J. 1986. The Relationship Between Concentration and Time in the Toxicity of Posphine to Adults of A Resistant Strain of *Tribolium castaneum* (Herbst). Journal of Stored Products Research 22; 85-92.

Winks, R.G. 1982. The Toxicity of phosphine to Adults of *Tribolium castaneum* (Herbst): Time as a Response Factor. J. of Stored Products Res., 18; 159-169.

Winks, R.G. and Ryan, R. 1990. Recent development in the fumigation of grain with phosphine. In: Fleurat-Lessard, F., Ducom, P.(Eds.), Proceedings of the 5th İnternational Working Conference on Stored-product Protection. Bordeaux, France, pp. 935-943.

Zettler, J.L and Arthur, F.H. 2000. chemical control of stored product insects with fumigants and residual treatments. Crop Protection, 19; 577-582.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Ad – Soyad	: Şule TÜTÜNCÜ
Doğum Tarihi	: 10.03.1976
Doğum Yeri	: Darende / Malatya
Medeni Hali	: Bekar
Yabancı Dili	: İngilizce

Eğitim

- Lise : Mersin Gazi Lisesi 1990 – 1993
- Lisans : Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü 1995 – 1999
- Yüksek Lisans: Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, Entomoloji Bilim Dalı 1999 – 2002

ÇALIŞTIĞI KURUM

Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Mersin Zirai Karantina Müdürlüğü / 2005 -

Yayın Listesi

1) Mevlüt Emekçi, A. Güray Ferizli., **Şule Tütüncü** and Shlomo Navarro, 2003. Disinfestation of Dried Figs in Turkey Using G-HF CocoonsTM. GrainPro News,Vol.4(1): 2.
2) Emekçi, M., Ferizli, A.G., **Tütüncü, Ş**., Navarro, S., 2003. Methyl bromide alternatives for dried fruits in Turkey. International Advanced Research Workshop "Agricultural Activities and Food Safety Issues" May 25-30, 2003 Suleyman Demirel University Isparta/TURKEY.
3) Emekci, M., Ferizli, A.G., **Tütüncü, S.** and Navarro, S., 2003. Modified atmosphere as an alternative to MBr in the dried fig sector in Turkey. 2003 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions, San Diego, California.
4) Ferizli, A.G., Emekci, M., **Tütüncü, S**. and Navarro, S., 2003. Phosphine as an alternative to MBr in the dried fig sector in Turkey. 2003 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions, San Diego, California.
5) Ferizli, A.G., Emekci M., **Tütüncü, S.** and Navarro, S., 2004. Utilization of freezing temperatures to control Callasobruchus maculatus Fabr. (Coleoptera, Bruchidae). IOBC/WPRS Bulletin, Vol. 27 (9) 2004: 213-217
6) Emekci, M., Ferizli, A.G. **Tütüncü, S**. and Navarro, S., 2003. The efficacy of modified atmosphere applications against dried fruit pests in Turkey. IOBC/WPRS Bulletin, Vol. 27 (9) 2004: 227-231
7) **Tütüncü, S.,** Emekci, M., Ferizli, A.G. and Navarro, S., 2003. The lethal effects of high carbon dioxide concentrations on various life stages of Ephestia cautella (Zell) (Pyralidae:Lepidoptera). IOBC/WPRS Bulletin, Vol. 27 (9) 2004: 241-244

8) Ferizli, A.G., Emekci M., **Tütüncü, S**. and Navarro, S., 2004. The efficacy of phosphine fumigation against dried fruit pests in Turkey. IOBC/WPRS Bulletin, Vol. 27 (9) 2004: 265-269
9) **Tütüncü, S.,** Emekci M. and Navarro, S., 2004. The use of modified atmospheres for controlling almond moth, Ephestia cautella (Walker) (Lepidoptera : Pyralidae). CAF 2004 the International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, 8-13 August 2004 Gold Coast, Queensland/Avustralya
10) Emekci, M., Ferizli, A.G., **Tütüncü, S**. and Navarro, S., 2004. The applicability of controlled atmospheres as an alternative to MBr in the dried fruits in Turkey. CAF 2004 the International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, 8-13 August 2004 Gold Coast, Queensland/Avustralya
11) Ferizli, A.G., Emekci M., **Tütüncü, S.** and Navarro, S., 2004. The applicability of phosphin as an alternative to MBr in the dried fruits in Turkey. CAF 2004 the International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, 8-13 August 2004 Gold Coast, Queensland/Avustralya