



T.C.

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK SEVİYEDE FOSFİNE DİRENÇLİ *TRIBOLIUM
CASTANEUM* (Herbst) (UN BİTİ)'UN KONTROLÜ İÇİN
ETKİLİ FUMİGASYON PROTOKOLLERİNİN
GELİŞTİRİLMESİ**

NUSRET ALTAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2019

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK SEVİYEDE FOSFİNE DİRENÇLİ *TRIBOLIUM
CASTANEUM* (Herbst) (UN BİTİ)'UN KONTROLÜ İÇİN
ETKİLİ FUMİGASYON PROTOKOLLERİNİN
GELİŞTİRİLMESİ**

NUSRET ALTAŞ

**Bu tez,
Bitki Koruma Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.**

KAHRAMANMARAŞ 2019

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi **Nusret ALTAŞ** tarafından hazırlanan ‘**Yüksek Seviyede Fosfine Dirençli *Tribolium castaneum* (Herbst) (Un Biti)’un Kontrolü için Etkili Fümigasyon Protokollerinin Geliştirilmesi**” adlı bu tez, jürimiz tarafından 28/08/2019 tarihinde oy birliği ile Bitki Koruma Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ali Arda IŞIKBER

Bitki Koruma Anabilim Dalı, KSÜ

Prof. Dr. Hasan TUNAZ

Bitki Koruma Anabilim Dalı, KSÜ

Doç.Dr. Özgür SAĞLAM

Bitki Koruma Anabilim Dalı, NKÜ

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa YAZICI

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Nusret ALTAŞ

Bu çalışma **KSU Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi** tarafından desteklenmiştir.

Proje No: **2017/6-7 YLS**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri kanunundaki hükümlere tabidir.

YÜKSEK SEVİYEDE FOSFİNE DİRENÇLİ *TRIBOLIUM CASTANEUM* (Herbst) (UN BİTİ)'UN KONTROLÜ İÇİN ETKİLİ FUMİGASYON PROTOKOLLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NUSRET ALTAŞ

ÖZET

Bu çalışmada farklı sıcaklık ortamlarında yüksek seviyede fosfine dirençli *Tribolium castaneum* (Herbst) popülasyonunu kontrol etmek için etkili fümigasyon protokollerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla laboratuvar ortamında dört farklı sıcaklıkta (15, 20, 25 ve 30 °C) ve dört farklı fosfin konsantrasyonunda (0.5, 1, 1.5 ve 2 mg/L) fosfine dirençli ve hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonu üzerinde biyolojik testler yürütülmüştür. Tüm sıcaklıklarda ve fosfin konsantrasyonlarında fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun %99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonuna göre 12-29 kat daha uzun olduğu görülmüştür. Özellikle yüksek sıcaklıkta (30°C) dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun LT_{99.9} değerleri ile hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun LT_{99.9} değerleri oranın daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonu ile yürütülen biyolojik testlerde, tüm sıcaklıklarda ve uygulama konsantrasyonlarında fosfine maruz bırakma süreleri artıka fosfin uygulamasından hem 1 hafta hem de 5 hafta sonra *T. castaneum* ergin popülasyonundaki azalma oranında önemli seviyede artışın olduğu tespit edilmiştir. Her sıcaklıktaki maruz bırakma süreleri tek tek incelendiğinde genel olarak kısa maruz bırakma sürelerinde (1 ve 2 gün) fosfin konsantrasyonunun artışı fosfin uygulamasından hem 1 hafta hem de 5 hafta sonra *T. castaneum* ergin popülasyonundaki azalma oranında önemli seviyede artışın olmadığı tespit edilirken daha uzun maruz bırakma sürelerinde (3 ve 4 gün) fosfin konsantrasyonunun artışı fosfin uygulamasından hem 1 hafta hem de 5 hafta sonra *T. castaneum* ergin popülasyonundaki azalma oranında önemli seviyede artışa neden olduğu görülmüştür. Lethal süre denemeleri sonucunda düşük sıcaklıklarda (15 ve 20 °C)

dirençli *T. castaneum* popülasyonunun tamamen (%100) kontrolünü sağlamak için fosfine maruz bırakılma süresinin ve fosfin konsantrasyonunun artırılması gerektiği belirlenmiştir. Fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunu kontrol edebilmek için düşük sıcaklıklarda (15 ve 20 °C) ve düşük fosfin konsantrasyonunda (0.5 ile 1 mg/L) 92 ile 144 saat, yüksek fosfin konsantrasyonunda (1.5 ile 2 mg/L) ise 71 ile 130 saat fosfine maruz bırakılması gerekmektedir. Yüksek sıcaklıklarda (25 ve 30 °C) ve düşük fosfin konsantrasyonunda (0.5 ile 1 mg/L) 47 ila 74 saat, yüksek fosfin konsantrasyonunda (1.5 ile 2 mg/L) ise 40 ile 54 saat fosfine maruz bırakılması gerekmektedir. Bu çalışma sonunda dirençli *T. castaneum* popülasyonu için geliştirilen etkili fumigasyon protokolü pratikte sıklıkla karşılaşılan başarısız fosfin fumigasyonun çözümüne ve fumigasyon operatörlerine büyük fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Fosfin direnci, un biti, *Tribolium castaneum*, fumigasyon protokolü, lethal süre, sıcaklık

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bitki Koruma Anabilim Dalı,

Danışman : Prof. Dr Ali Arda IŞIKBER

Sayfa sayısı : 81

**DEVELOPMENT OF EFFECTIVE FUMIGATION PROTOCOLS FOR
CONTROLLING HIGH LEVEL PHOSPHINE RESISTANT TRIBOLIUM
CASTANEUM (Herbst)**

MSc THESIS

NUSRET ALTAŞ

ABSTRACT

The aim of this study was to develop effective fumigation protocols for the control of strongly phosphine-resistant *Tribolium castaneum* (Herbst) in different temperature environments. For this purpose, biological tests were carried out on phosphine-resistant and susceptible mixed ages of *T. castaneum* populations at four different temperatures (15, 20, 25 and 30 ° C) and four different phosphine concentrations (0.5, 1, 1.5 and 2 mg / L). The exposure times required to kill 99.9% of strongly phosphine-resistance and mixed-age populations of *T. castaneum* at all temperatures and phosphine concentrations were found to be 12-29 times longer than those of the susceptible mixed-age populations of *T. castaneum*. Especially, it was found that ratio of LT_{99.9} values of strongly phosphine-resistant and susceptible mixed-age populations of *T. castaneum* were higher at high temperature (30 °C). In the biological tests carried out with the phosphine-resistant mixed age population of *T. castaneum*, a significant decrease in the adult population of *T. castaneum* both 1 week and 5 weeks after the phosphine treatments was observed, as exposure time to phosphine increased at all temperatures and phosphine concentrations. When the exposure times at each temperature were assessed individually, it was generally found that the increase in phosphine concentration in short exposure times (1 and 2 days) did not result in significant increase in the decrease of *T. castaneum* adult population both 1 week and 5 weeks after phosphine treatment, but at longer exposure times (3 and 4 days) increase in phosphine concentration caused a significant increase in decrease rate of adult population of *T. castaneum* both 1 week and 5 weeks after phosphine treatments. As a result of lethal time tests, it was determined that at low temperatures (15 and 20 °C)

phosphine exposure time and phosphine concentration needs to be increased to provide complete (100%) mortality of strongly phosphine-resistant mixed-age of *T. castaneum* populations. At low temperatures (15 and 20 °C), 92 to 144 hours and 71 to 130 hours were required at low (0.5 to 1 mg / L) and high phosphine concentration (1.5 to 2 mg / L) respectively to control strongly phosphine-resistant mixed-age population of *T. castaneum*. However, at high temperatures (25 and 30 °C) 47 to 74 hours and 40 to 54 hours were required at low (0.5 to 1 mg / L) and high phosphine concentration (1.5 to 2 mg / L) respectively. As a result of this study, effective fumigation protocol developed for strongly phosphine-resistant population of *T. castaneum* is thought to provide great benefit to the solution of the frequently encountered unsuccessful phosphine fumigation and to the fumigation operators.

Keywords: Phosphine resistance, confused flour beetle, *Tribolium castaneum*, fumigation protocol, lethal time, temperature

University of Kahramanmaraş Sutcu Imam
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Plant Protection,

Supervisor: Prof. Dr. Ali Arda IŞIKBER

Page Numbers: 81

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans programı süresince yardımlarını esirgemeyen, manevi yönden bana her zaman destek olan, bölümümüzün laboratuvar ve diğer imkânlarını sunan, değerli danışman hocam Prof. Dr. Ali Arda IŞIKBER' e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarında ki yardımlarından dolayı, Araştırma Görevlisi İnanç DOĞANAY, Doktora Öğrencisi Hüseyin BOZKURT ve yüksek lisans öğrencisi Songül HENTEŐ'e ve tüm depolanmış ürün zararlıları çalışma grubuna teşekkür ederim.

Ayrıca bana her zaman destek olan Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bitki Koruma Bölümündeki hocalarıma, arkadaşlarıma ve asistanlara, hayatta ve eğitim süresince beni her konuda destekleyen aileme ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa no
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1 GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
3. MATERYAL ve METOT.....	8
3.1. Materyal.....	8
3.1.1. Denemelerde kullanılan böcek türü.....	8
3.1.2. Denemelerde kullanılan fosfin gazı.....	9
3.1.3. Denemelerde kullanılan buğday çeşidi.....	9
3.1.4. Gaz kromatografi (GC) cihazı.....	9
3.2. Metot.....	10
3.2.1. <i>Tribolium castaneum</i> ırklarının kültürü.....	10
3.2.2. Karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> kültürünün hazırlanması.....	10
3.2.3. Popülasyonun %99,9'unu öldürmek için gerekli maruz bırakma süresinin (LT _{99,9}) belirlenmesine yönelik biyolojik testler.....	11
3.2.3.1. Tüm dönemlerini içeren karışık yaştaki popülasyonun fumigasyon işlemi ve fumigasyonun izlenmesi.....	11
3.2.3.2. Fumigasyon sonrası yapılan işlemler.....	12
3.2.4. Verilerin değerlendirilmesi ve istatistiksel analizler.....	13

	Sayfa no
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	14
4.1. Farklı sıcaklıkta fosfinin farklı konsantrasyonlarına ve uygulama sürelerine maruz bırakılan fosfine dirençli <i>Tribolium castaneum</i> ırkının uygulamadan bir ve beş hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranları.....	14
4.1.1. On beş santigrat derece sıcaklıkta fosfin uygulamasından bir ve beş hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı.....	14
4.1.2. Yirmi santigrat derece sıcaklıkta fosfin uygulamasından bir ve beş hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı.....	18
4.1.3. Yirmi beş santigrat derece sıcaklıkta fosfin uygulamasından bir ve beş hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı.....	22
4.1.4. Otuz santigrat derece sıcaklıkta fosfin uygulamasından bir ve beş hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı.....	25
4.2. Lethal Süre Denemeleri.....	30
4.2.1. Farklı fosfin konsantrasyonlarında sıcaklığın fosfine dirençli karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun lethal süre değerlerine etkisi.....	30
4.2.2. Farklı fosfin konsantrasyonlarında sıcaklığın fosfine hassas karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun lethal süre değerlerine etkisi.....	39
4.2.3. Farklı sıcaklıklarda fosfin konsantrasyonlarının fosfine dirençli karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun lethal süre değerlerine etkisi.....	47
4.2.4. Farklı sıcaklıklarda fosfin konsantrasyonlarının fosfine hassas karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun lethal süre değerlerine etkisi.....	55
4.2.5. Farklı sıcaklıklarda ve fosfin konsantrasyonlarında fosfine dirençli ve hassas karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun Lethal süre _{99,9} (LT _{99,9}) değerlerinin kıyaslanması.....	63
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	68
6. KAYNAKLAR.....	75

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°C	Santigrad derece
F1	1. Nesil
GC	Gaz kromatografi
gr	Gram
H2	Hidrojen
L	Litre
LC ₅₀	Deney hayvanların %50' sini öldürebilmek için gerekli konsantrasyon miktarı
LC ₉₉	Deney hayvanların %99'unu öldürebilmek için gerekli konsantrasyon miktarı
LT ₅₀	Sabit konsantrasyonda deney hayvanlarına uygulandığında popülasyonun %50' sini öldürmek için gerekli olan maruz kalma süresi
LT ₉₉	Sabit konsantrasyonda deney hayvanlarına uygulandığında popülasyonun %99' sini öldürmek için gerekli olan maruz kalma süresi
ml	Mililitre
mg	miligram
N2	Nitrojen
PH ₃	Fosfin
ppm	Milyonda bir birim
%	Yüzde

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa no
Şekil 3.1. Biyolojik testlerde kullanılan yüksek fosfin direncine sahip <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst) (un biti) 'un a)pupası, b) larvası, c) ergini ve d) yumurtası.....	8
Şekil 3.2. Biyolojik testlerde kullanılan fosfin gaz tüpü ve gaz örnekleme balonu.....	9
Şekil 3.3. Fosfin gazı ölçümü için kullanılan gaz kromatografi sistemi (GC)..	10
Şekil 3.4. Biyolojik testler kullanılan cam serum şişeler ve krimpır yardımıyla dış yüzeyi alüminyum iç yüzeyi plastik flakon kapakların kapatılması.....	11
Şekil 4.1. Farklı sıcaklıklarda 0.5 mg/L (359 ppm) fosfin konsantrasyonunamaruz bırakılan fosfine dirençli ve hassas karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonun lethal süre _{99,9} (LT _{99,9})değerleri.....	64
Şekil 4.2. Farklı sıcaklıklarda 1 mg/L (718 ppm) fosfin konsantrasyonunamaruz bırakılan fosfine dirençli ve hassas karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonun lethal süre _{99,9} (LT _{99,9})değerleri.....	65
Şekil 4.3. Farklı sıcaklıklarda 1.5 mg/L (1077 ppm) fosfin konsantrasyonunamaruz bırakılan fosfine dirençli ve hassas karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonun lethal süre _{99,9} (LT _{99,9})değerleri.....	66
Şekil 4.4. Farklı sıcaklıklarda 2 mg/L (1436 ppm) fosfin konsantrasyonunamaruz bırakılan fosfine dirençli ve hassas karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonun lethal süre _{99,9} (LT _{99,9})değerler.....	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa no

Çizelge 4.1.	Fosfinin dört farklı konsantrasyonuna ve altı farklı uygulama süresine 15 °C sıcakta maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun uygulamadan 1 hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı.....	15
Çizelge 4.2.	Fosfinin dört farklı konsantrasyonuna ve altı farklı uygulama süresine 15 °C sıcakta maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun uygulamadan 5 hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı.....	17
Çizelge 4.3.	Fosfinin dört farklı konsantrasyonuna ve altı farklı uygulama süresine 20 °C sıcakta maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun uygulamadan 1 hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı.....	19
Çizelge 4.4.	Fosfinin dört farklı konsantrasyonuna ve altı farklı uygulama süresine 20 °C sıcakta maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun uygulamadan 5 hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı.....	21
Çizelge 4.5.	Fosfinin dört farklı konsantrasyonuna ve altı farklı uygulama süresine 25 °C sıcakta maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun uygulamadan 1 hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı.....	23
Çizelge 4.6.	Fosfinin dört farklı konsantrasyonuna ve altı farklı uygulama süresine 25 °C sıcakta maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun uygulamadan 5 hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı.....	24
Çizelge 4.7.	Fosfinin beş farklı konsantrasyonuna ve altı farklı uygulama süresine 30 °C sıcakta maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun uygulamadan 1 hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı.....	27

Çizelge 4.8.	Fosfinin dört farklı konsantrasyonuna ve altı farklı uygulama süresine 30 °C sıcakta maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun uygulamadan 5 hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı.....	29
Çizelge 4.9.	Farklı sıcaklıklarda 0.5 mg/L (359 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri.....	32
Çizelge 4.10.	Farklı sıcaklıklarda 1 mg/L (718 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri.....	34
Çizelge 4.11.	Farklı sıcaklıklarda 1.5 mg/L (1077 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri.....	36
Çizelge 4.12.	Farklı sıcaklıklarda 2 mg/L (1436 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri.....	38
Çizelge 4.13.	Farklı sıcaklıklarda 0.5 mg/L (359 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri.....	40
Çizelge 4.14.	Farklı sıcaklıklarda 1 mg/L (718 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için için gerekli olan maruz bırakma süreleri.....	42
Çizelge 4.15.	Farklı sıcaklıklarda 1.5 mg/L (1077 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri.....	44
Çizelge 4.16.	Farklı sıcaklıklarda 2 mg/L (1436 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri.....	46

Çizelge 4.17.	On beş santigrat derece sıcaklıkta4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri.....	48
Çizelge 4.18.	Yirmi santigrat derece sıcaklıkta4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri.....	50
Çizelge 4.19.	Yirmi beş santigrat derece sıcaklıkta4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri.....	52
Çizelge 4.20.	Otuz santigrat derece sıcaklıkta4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri.....	54
Çizelge 4.21.	On beş santigrat derece sıcaklıkta4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri.....	56
Çizelge 4.22.	Yirmi santigrat derece sıcaklıkta4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri.....	58
Çizelge 4.23.	Yirmi beş santigrat derece sıcaklıkta 4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri.....	60
Çizelge 4.24.	Otuz santigrat derece sıcaklıkta 4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri.....	62

1. GİRİŞ

Ülkemizde ve dünyada depolarda bulaşık ürünün zararlılardan temizlenmesi için en etkili ve en çok kullanılan yöntem fumigasyondur. Fumigasyon depolanmış ürünlerde zararlılarla mücadelede hızlı, düşük maliyetli ve etkili çözümler sağlamaktadır (Ferizli ve Emekçi, 2010). Fümigantlar içerisinde en yaygın olarak kullanılanlar ise metil bromit ve fosfin' dir (Bond, 1984; Taylor, 1994). Ülkemizde de özellikle depolanmış ürün zararlıları ile mücadelede dünyada olduğu gibi yaygın olarak metil bromit ve fosfin gazı kullanılmıştır. Fosfin ile fümigasyon dünyada olduğu Türkiye'de de depolanmış ürünlerin böceklerden arındırılmasında kullanılan en önemli mücadele yöntemidir. Fosfin, diğer fümigantlara kıyasla düşük uygulama maliyetine sahip olması, uygulamasının kolay olması, birçok üründe kullanılabilmesi ve en önemlisi herkesçe kabul edilen uygulama sonrası üründe kalıntı bırakmaması gibi özellikleri içeren bazı önemli avantajlara sahiptir (Chaudhry, 2000). Son yıllarda her ne kadar çeşitli alternatifler araştırılsa da bu alternatiflerin fosfin tarafından sunulan kombine avantajları tam anlamıyla sağlayamadığı görülmüştür (Baltacı ve ark., 2008; Sadeghi ve ark., 2011). Ayrıca, son yıllarda metil bromidin ozon tabakasını delici özelliğinden dolayı yasaklanması gıda ürünlerinin böceklerden arındırılmasının ekonomik ve çevresel açıdan uygun olan fosfini tek başına bırakmıştır. Uygun alternatif fumigantların olmaması nedeniyle fosfinin kullanım ömrünü uzatmak için sürekli bir çaba sarf edilmektedir. Ancak, tek bir fumigantta aşırı bağımlılık dünya genelinde depolanmış bazı önemli depolanmış ürün zararlılarında yüksek düzeyde fosfin direnç gelişimine yol açmıştır (Bell, 1976; Collins ve ark., 2002).

Fosfinin en önemli dezavantajı nispeten yavaş etkili toksik bir gaz olmasıdır. Fumigasyon esnasında öldürücü gaz konsantrasyonunu korumak için ürünler kapalı ve yeterince gaz sızdırmaz ve dolayısıyla böceğin belli bir süre öldürücü konsantrasyona maruz kalabileceği bir ortamda fümige edilmelidir. Bu standartlarda bir fümigasyon ortamının sağlanması birçok durumda zor ya da imkânsızdır. Düşük gaz konsantrasyonlarına neden olan sızdırmazlığı zayıf olan fumigasyon yapılarında veya ortamlarında sıkça tekrarlanan fosfin uygulamalarının birçok depolanmış ürün zararlılarında kuvvetli fosfin direnci gelişimine neden olduğu bildirilmektedir (Friendship ve ark., 1986; Mills, 1986; Zeng, 1999). İlk olarak Hint Yarımadası'nda bildirilen fosfin direnci, FAO tarafından desteklenen ve dünya genelinde 1972-73 yıllarında yürütülen surveyde tespit edilen direnç düzeylerinden önemli seviyede daha yüksek olduğu görülmektedir (Champ ve Dyte, 1976; Price ve Mills, 1988). Dünyanın birçok yerinde; Fas

(Benhalima ve ark., 2004), Brezilya (Ansell ve ark., 1990), Çin (Zeng, 1999; Liang ve ark., 1999), Hindistan (Rajendran, 1999), Vietnam (Bui, 1999) ve Avustralya (Collins, 1998)'da depolanmış ürün zararlılarında yüksek seviyede fosfin direnci bildirilmiştir. Türkiye'de fosfine karşı kuvvetli direnç ilk defa *Tribolium castaneum* (Herbst) (Un Biti)'da tespit edilmiştir (Koçak ve ark., 2015). Koçak ve ark. (2015) Türkiye'nin Ankara, Konya ve Şanlıurfa illerinden toplana (Un biti), *T. castaneum*'un 5 farklı popülasyonun fosfin direnç durumlarını belirlemişlerdir. Yürütülen biyolojik testler sonucunda her üç ilden toplanan 5 popülasyondan dördünde kuvvetli fosfin direnci olduğunu bildirmişlerdir. Çalışma sonuçlarında Türkiye'nin farklı illerindeki tahıl depolarından toplanan *T. castaneum* popülasyonlarında yüksek seviyede fosfin direncinin yaygın olduğunu tespit etmişlerdir. Daha sonra Bozkurt (2016) ve Tingiş (2017) Türkiye'de *Sitophilus oryzae* L. (Pirinç Biti) (Coleoptera: Curculionidae) popülasyonlarında yüksek seviyede fosfin direnci tespit etmişlerdir.

Tribolium cinsi tahıl depolama tesislerinde yaygın olarak bulunan zararlı olup kırık tahıl daneleri, kepek, hayvan yiyecekleri, un ve diğerleri gibi tarımsal ürünlerde önemli kayıplara neden olurlar (Trematerra ve Sciarretta, 2004; Daghish, 2006). Türkiye'de bu cinse bağlı *Tribolium castaneum* (Herbst) (Un Biti) ve *Tribolium confusum* du Val. (Kırma Un Biti) (Coleoptera: Tenebrionidae) olmak üzere iki türün olduğu tespit edilmiştir (Erakay, 1967; Özar ve Yücel, 1981; Coşkuncu, 2004; Bağcı ve ark., 2014). Yapılan survey çalışmalarında Türkiye'de *T. castaneum*'un yaygın olduğu bildirilmektedir (Bağcı ve ark., 2014). *T. castaneum*, yaygın olarak unun önemli bir zararlısı olup ağırlıklı olarak tropik bölgelerde yaygın olan kozmopolit böcektir (Rees, 1996; Faroni ve Sousa, 2006). Bu böcek, ikincil zararlı olarak sınıflandırılır, çünkü ergin ve larvalar, birincil zararlılarla hasar görmüş, önceden kırılmış veya kırılmış tahıllara beslenirler; Bununla birlikte, bu böceğin zarar görmemiş (sağlam tüm tahıl danesi) tahıllarda belli süre hayatta kalma yeteneğinin olduğu bilinmektedir (White, 1982). *Tribolium castaneum* depolanmış hububatta dünyanın ve Türkiye'nin en ciddi zararlılarından biri olmasına rağmen, fosfin direncinin bu türe ait pratik önemi hakkında sınırlı sayıda veri bulunmaktadır. Avustralya, Türkiye, Çin ve Hindistan'da fosfine hassas popülasyonlar ve yaygın yüksek direnç seviyesine sahip homozigot dirençli popülasyonlar üzerinde yapılmış çalışmalar bulunmaktadır (Daghish ve ark., 2002; Koçak ve ark., 2015; Wang ve ark., 2002). Ancak yüksek fosfin direncine sahip *T. castaneum* popülasyonlarının başarılı şekilde kontrolünü sağlamak için gerekli olan fumigasyon protokollerinin oluşturulması yönelik çalışmaların

kısıtlı olduğu gör÷lmektedir. Bu durum ticari fosfin fumigasyonunda yüksek dirençli *T. castaneum* pop÷lasyonlarının farklı depolama koşullarda (sıcaklık) başarılı şekilde kontrolü için fosfin konsantrasyon ve maruz bırakma sürelerinin bilinmemesi fumigasyondan sonra canlı bireylerin kalmasına ve dolayısıyla başarısız fumigasyonların oluşmasına neden olmaktadır. Bu durumda fumigasyonun yenilenmesi gerekmekte ve mücadele maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. Bu durumun çözümü için farklı çevresel koşullarda (sıcaklık) yüksek dirençli *T. castaneum* pop÷lasyonlar için farklı depolama (sıcak ve nispi nem) koşullarında fosfin konsantrasyonu ve maruz bırakma sürelerinin belirlenmesi ve bu dirençli pop÷lasyonlar için fumigasyon protokollerinin oluşturulması büyük önem arz etmektedir. Bu projenin amacı Türkiye'den elde edilen ve yüksek seviyede fosfin direncine sahip *T. castaneum* ırkının farklı biyolojik dönemlerinin farklı fosfin konsantrasyonlarında ve depolama koşullarında (farklı sıcaklıklar) %100 ölümünü sağlanması için gerekli olan maruz bırakma sürelerini belirlemek ve farklı depolama koşullarında fosfine dirençli *T. castaneum* pop÷lasyonu için fumigasyon protokolları oluşturmaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Fosfin ile fümigasyon dünyada olduğu Türkiye’de de depolanmış ürünlerin böceklerden arındırılmasında kullanılan en önemli mücadele yöntemidir. Fosfin, diğer fümigantlara kıyasla düşük uygulama maliyetine sahip olması, uygulamasının kolay olması, birçok üründe kullanılabilmesi ve en önemlisi herkesçe kabul edilen uygulama sonrası üründe kalıntı bırakmaması gibi özellikleri içeren bazı önemli avantajlara sahiptir (Chaudhry, 2000). Fosfinin en önemli dezavantajı nispeten yavaş etkili toksik bir gaz olmasıdır. Fümigasyon esnasında öldürücü gaz konsantrasyonunu korumak için ürünler kapalı ve yeterince gaz sızdırmaz ve dolayısıyla böceğin belli bir süre öldürücü konsantrasyona maruz kalabileceği bir ortamda fümige edilmelidir. Bu standartlarda bir fümigasyon ortamının sağlanması birçok durumda zor ya da imkânsızdır. Düşük gaz konsantrasyonlarına neden olan sızdırmazlığı zayıf olan fümigasyon yapılarında veya ortamlarında sıkça tekrarlanan fosfin uygulamalarının birçok depolanmış ürün zararlılarında kuvvetli fosfin direnci gelişimine neden olduğu bildirilmektedir (Friendship ve ark., 1986; Mills, 1986; Zeng, 1999). İlk olarak Hint Yarımadası’nda bildirilen fosfin direnci, FAO tarafından desteklenen ve dünya genelinde 1972-73 yıllarında yürütülen surveyde tespit edilen direnç düzeylerinden önemli seviyede daha yüksek olduğu görülmektedir (Champ ve Dyte, 1976; Price ve Mills, 1988).

Dünyanın birçok yerinde; Fas (Benhalima ve ark., 2004), Brezilya (Ansell ve ark., 1990), Çin (Zeng, 1999; Liang ve ark., 1999), Hindistan (Rajendran, 1999), Vietnam (Bui, 1999) ve Avustralya (Collins, 1998)’da depolanmış ürün zararlılarında yüksek seviyede fosfin direnci bildirilmiştir. Benhalima ve ark. (2004) Fas’ta depolanmış buğdayın en önemli üç zararlısı olan *S. oryzae*, *R. dominica* ve *T. castaneum*’un fosfine karşı direnci durumunu belirlemiştir. Alınan örneklerden %32’sinin bir ya da daha fazla depolanmış ürün zararlısıyla bulaşık olarak bulunmuştur. Arazi popülasyonlarından elde edilen ilk nesil erginler FAO metodu kullanılarak fosfin direncine karşı ayırıcı doz testleri yapılmıştır. Sonuç olarak *S. oryzae*’nın bir popülasyonu hariç *R. dominica* ve *T. castaneum*’un bütün popülasyonları fosfine karşı dirençli olduklarını tespit etmişlerdir. Uygulamalar 20 saatte 1.8 g/m³ fosfin ve 0.18 g/m³’de ise 5 gün boyunca yapılmıştır. Bu uygulamalarda seçilen bazı popülasyonlarda yüksek dereceli direnç olduğunu belirlenmişlerdir. Cao (2006) Çin’in değişik bölgelerinden toplanan *Sitophilus zeamais* (Motsch.), *S. oryzae* ve *R. dominica* erginlerinde fosfin konsantrasyonu ve uygulama zamanının etkileri üzerine yaptıkları çalışmada; *S. oryzae* ve *R. dominica* popülasyonların

fosfine karşı direnci yaygın olmasına rağmen *S. zeamais* popülasyonlarında herhangi bir direnç tespit edilememiştir. Hassas ve dirençli bireylerle, Çin'den toplanan bireyler 20-144 saat 25°C ve 70% nemdeki uygulamalarda LT_{99.9} değerleri karşılaştırıldığında; Çin'den toplanan bireylerin direnç katsayılarının daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Lorini ve ark. (2007) Brezilya'da yürütmüş oldukları çalışmada 1991-2003 yılları arasında fosfin ile kontrolünde sorun yaşanan 19 *R. dominica* popülasyonunun fosfin dirençlilik durumunu testlemişlerdir. 2005 yılına kadar herhangi bir seleksiyon yapılmadan popülasyonların kültürüne devam edilmiştir. Her bir popülasyondaki erginler FAO metoduna göre 0.03 mg/l konsantrasyonda 20 saat, 0.25 mg/l konsantrasyonda 48 saat süreyle fosfin uygulanarak test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar referans olarak alınan hassas, düşük dirençli ve yüksek dirençli Avustralya popülasyonları ile kıyaslanmıştır. Test sonuçlarına göre 5 popülasyonun düşük dirençli, 14 popülasyonun ise yüksek oranda dirençli olduğu tespit edilmiştir. Pimentel ve ark. (2009) 25 °C sıcaklıkta *S. zeamais*'in 22 farklı Brezilya popülasyonuna 0.05 mg/l fosfin konsantrasyonuna 20 saat süreyle maruz bırakılarak direnç seviyelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan 22 popülasyonun 20'sinde fosfin gazına karşı direnç tespit edilmiştir. Araştırmacılar aynı çalışmada böceklerin solunumlarının fosfin direnci ile ilişkili olduğunu, fosfine yüksek direnç gösteren popülasyonlarda CO₂ üretiminin en düşük düzeyde olduğunu saptamışlardır.

Türkiye'de fosfine karşı kuvvetli direnç ilk defa *T. castaneum* (Un Biti)'da tespit edilmiştir (Koçak ve ark., 2015). Koçak ve ark. (2015) Türkiye'nin Ankara, Konya ve Şanlıurfa illerinden toplanan (Un biti), *T. castaneum*'un 5 farklı popülasyonun fosfin direnç durumlarını belirlemişlerdir. Yürütülen biyolojik testler sonucunda her üç ilden toplanan 5 popülasyondan dördünde kuvvetli fosfin direnci olduğunu bildirmişlerdir. Çalışma sonuçlarında Türkiye'nin farklı illerindeki tahıl depolarından toplanan *T. castaneum* popülasyonlarında yüksek seviyede fosfin direncinin yaygın olduğunu tespit etmişlerdir. Daha sonra Bozkurt (2016) ve Tingiş (2017) Türkiye'de *S. oryzae* popülasyonlarında yüksek seviyede fosfin direnci tespit etmişlerdir. Bozkurt (2016), Kahramanmaraş, Adana ve Şanlıurfa illerindeki tahıl depolarından elde edilen *S. oryzae* popülasyonlarında fosfin direnç durumunu ve direnç düzeylerini ayırıcı konsantrasyon ve lethal konsantrasyon denemeleri yürüterek belirlemiştir. Üç ilden toplanan *S. oryzae* popülasyonlarının tümünün fosfine karşı direnç durumuna bakıldığında toplam 29 *S. oryzae* popülasyonların % 86.2'sinin fosfine karşı direnç olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre üç ilde benzer olarak *S. oryzae* popülasyonların fosfine karşı direncin yaygın olduğu görülmüştür. LC₅₀

değerlerine göre hesaplanan direnç katsayılarına bakıldığında Adana, Şanlıurfa ve Kahramanmaraş ilindeki *S. oryzae* popülasyonlarının fosfine karşı sırasıyla 25 ile 28, 55 ile 57 ve 16 ile 21 kat direnç gösterdiği saptanmıştır. Tingiş (2017) tarafından yürütülen çalışmada Mersin ve Konya illerindeki tahıl depolarından toplanan *S. oryzae* popülasyonlarının fosfine karşı direnç durumu ve direnç düzeyleri belirlenmiştir. Bu çalışmada Mersin ilinden toplanan *S. oryzae* popülasyonlarında yüksek fosfin direncinin sıklığının Konya ilinden toplanan *S. oryzae* popülasyonlarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Aynı çalışmada LC₅₀ değerlerine göre hesaplanan direnç katsayılarına bakıldığında Mersin ilindeki *S. oryzae* popülasyonlarının hassas popülasyona göre fosfine karşı 102 ila 104 kat ve Konya ilinden toplanan *S. oryzae* popülasyonlarının hassas popülasyona göre fosfine karşı 38 ve 81 kat dirençli olduğu saptanmıştır. En yüksek fosfin direncinin Mersin ilinden toplanan *S. oryzae* popülasyonlarında görülürken bunu Konya ilinden toplanan *S. oryzae* popülasyonları takip etmiştir. İller bazında Mersin ilinden toplanan *S. oryzae* popülasyonların Konya ilinden toplanan *S. oryzae* popülasyonlarına oranla daha dirençli olduğu belirlenmiştir. Koçak ve ark. (2017) Türkiye'nin 14 farklı ilinden tahıl depolarından topladıkları 28 adet *S. oryzae*, 26 adet *Sitophilus granarius* L. (Buğday Biti), 16 adet *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Testereli Böcek) popülasyonlarında fosfin direnç seviyelerini belirlemişlerdir. Yürütülen lethal konsantrasyon denemeleri sonucunda her üç böceğin hassas ırklarının LC₅₀ değerlerine kıyasla 11 *S. oryzae* popülasyonunda 3.11 ila 200.54 kat arasında, 5 *S. granarius* popülasyonunda 3.48 ila 5.26 arasında ve 3 *O. surimanensis* popülasyonunda 388.8 ila 459.57 kat değişen fosfin direnci tespit etmişlerdir. Sonuç olarak Türkiye'den toplanan *S. granarius* türü dışında tüm Coleoptera takımına bağlı depolanmış tahıl zararlısı türlerde fosfin direncinin yaygın ve ciddi boyutta olduğunu belirtmişlerdir.

Tahıl depolama endüstrisinde fosfinin uzun süreli kullanımını korumak ve dünya hububat ticaretinde düşük kalıntılı ürün pazarlamaya devam etmek için depolanmış tahıl zararlılarında gelişen fosfin direncinin yönetilmesi önemlidir (Newman, 1998). Fumigasyon esnasında bir böcek popülasyonunun tamamını öldürmek için gerekli maruz bırakma süresini bilmek direnç yönetimi için önemli bir anahtardır. Fumigantta maruz kalma süresi çoğu durumda uygulama konsantrasyonundan daha önemlidir (Annis, 1993). Konsantrasyon (C) x maruz bırakma süresi (T) ürünü (C x T product), değişebilen konsantrasyon, böcek türleri, aynı türlerin ırkları veya popülasyonları (Price, 1985) ve bir türün farklı biyolojik dönemleri nedeniyle genellikle farklılık gösterir (Hole ve ark., 1976).

Fosfin kullanarak böcekleri kontrol etmek için gereken maruz bırakma süresi, direnç nedeniyle daha uzun hale gelmektedir. Örneğin, fosfin direncine sahip *R. dominica* için 0,2, 0,3, 0,5 ve 0,7 g m⁻³'lük konsantrasyonda maruz bırakma süresinin 7 gün (Taylor ve Harris, 1994; Bengston ve ark., 1997; Rajendran ve ark., 2001; Rajendran ve Muralidharan, 2001), daha sonra 8 gün (Rajendran ve Gunasekaran, 2002; Collins ve ark., 2005), 6-9 gün (Price ve Mills, 1988; Liang ve ark., 1999; Collins ve ark., 2002) ve 7 günden daha fazla (Sayaboc ve ark., 1998) olduğu bildirilmektedir. Diğer böcek türlerindeki fosfin direnci hakkında da bazı yayınlar bulunmaktadır (Daglish ve ark., 2002; Wang ve ark., 2006). Fosfin fümigasyonunda Çin ulusal tavsiye standardına göre 100-350 mL/m³ fosfin konsantrasyonunda maruz bırakma süresinin, nispeten iki, üç ve dört hafta daha fazla olması önerilmiştir (Wang ve ark., 2002). Fakat bazı durumlarda, bu önerilen standartlar uygulansa bile hale hayatta kalan böcek bireylerinin olduğu görülmüştür.

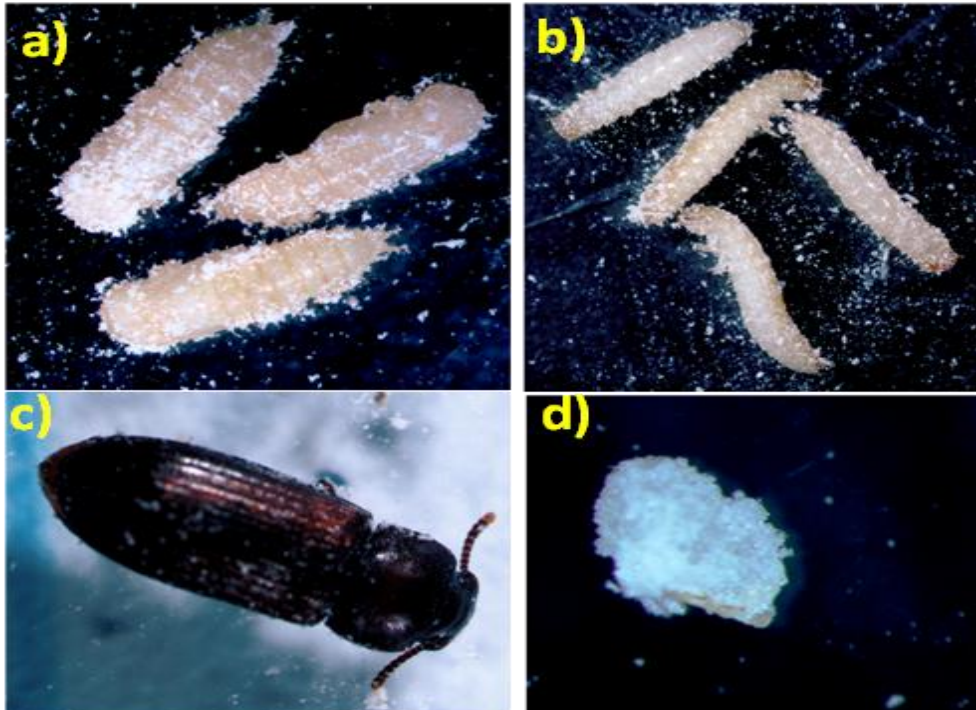
3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Denemelerde kullanılan böcek türü

Fosfin fumigasyon protokollerinin geliştirilmesi için yapılacak biyolojik testlerde yüksek fosfin direncine sahip ve fosfine hassas *Tribolium castaneum* (Herbst) (Un biti) (Coleoptera: Tenebrionidae) iki ırkı üzerinde yürütülmüştür (Şekil 3.1). Yüksek fosfin direncine sahip *T. castaneum* ırkı Mersin illerindeki, depolardan, un fabrikalarından toplanan buğday örneklerinden elde edilmiştir. Fosfine hassas *T. castaneum* ırkı Kansas State Üniversitesi (Amerika) Depolanmış Ürün Zararlısı Laboratuvarı'ndan elde edilmiştir. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Depolanmış Ürün Laboratuvarında hassas ırk üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testler neticesinde 20 saat maruz bırakma sürelerinde LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri sırasıyla 1.65 (1185 ppm) ve 5.95 mg/L (4272 ppm) olarak belirlenmiştir. Laboratuvarında yürütülen lethal konsantrasyon testlerinde LC₅₀ değerlerine göre hesaplanan direnç katsayılarına bakıldığında Mersin ilinden toplanan yüksek seviyede fosfine dirençli *T. castaneum* ırkının hassas ırka kıyasla fosfine karşı 385 kat dirençli olduğu saptanmıştır.

Şekil 3.1. Biyolojik testlerde kullanılan yüksek fosfin direncine sahip *Tribolium castaneum* (Herbst) (un biti) 'un a) pupası, b) larvası, c) ergini ve d) yumurtası



3.1.2. Denemelerde kullanılan fosfin gazı

Biyolojik testlerde kullanılan fosfin gazı, Linde Industrial Gases Company (Almanya) tarafından özel olarak üretilmiş 10 L'lik çelik silindir tüpten (hacmen %1 fosfin gazı (PH₃) + % 99 nitrojen (N₂)) temin edilmiştir (Şekil 3.2).

Şekil 3.2. Biyolojik testlerde kullanılan fosfin gaz tüpü ve gaz örnekleme balonu



3.1.3. Denemelerde kullanılan buğday çeşidi

Biyolojik testlerde %11-12 ürün nemi içeren Elbistan Yazlığı isimli yumuşak beyaz ekmeçlik buğday (*Triticum aestivum* L.) kırması kullanılmıştır.

3.1.4. Gaz kromatografi (GC) cihazı

Biyolojik testlerde *T. castaneum* erginlerine uygulanan fosfin gazının konsantrasyonlarının belirlenmesinde Shimadzu GC-2010 tipi gaz kromatografi cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.3). Fosfin gazı konsantrasyonunun belirlenmesi Rt®- Q- BOND kolon (30 m * 0.32 mm* 10 µm, RESTEK GC Columns, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Enjeksiyon sıcaklığı 250 °C, kolon sıcaklığı 120 °C 'ye ve detektör sıcaklığı 250 °C'ye ayarlanmıştır. Taşıyıcı gaz olarak nitrojen (N₂) kullanılmıştır. Cihaza enjekte edilen miktar 25 µl'dir.

Şekil 3.3. Fosfin gazı ölçümü için kullanılan gaz kromatografi sistemi (GC)



3.2. Metot

3.2.1. *Tribolium castaneum* ırklarının kültürü

Fosfine dirençli ve hassas *T. castaneum* ırkları yetiştirilmesinde kullanılacak buğday unu diğer depo zararlıları ile bulaşık olabileceği için kullanılmadan önce yaklaşık bir hafta süre ile $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta tutulmuştur. Böcekler ise 2 mm'lik Retsch marka elek yardımıyla elenerek bulaşık buğday unundan ayrılmıştır. 1 litrelik cam kavanozlar içerisine 500 gram buğday kırması 10 gram kuru maya ilave edildikten sonra karışık cinsiyette erginler bırakılmış ve kavanozların ağızları kavanoz içerisine hava giriş çıkışını engellemeyecek genişlikteki meshte tülle kapatılmıştır. Hazırlanan kavanozlar $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de % 65 ± 5 nispi nemde 1 hafta süre ile karanlık ortamda tutulmuş ve erginlerin yumurta bırakması sağlanmıştır. 40-45 gün sonra ise yeni nesil erginle elde edilmiş ve bunlar elekler yardımıyla bulaşık buğday kırmasından ayrılarak bulaşık olmayan buğday kırması kuru maya karışımı içerisine alınarak kültürün devamlılığı sağlanmıştır. Bu işlem çalışma süresince devam etmiştir.

3.2.2. Karışık yaştaki *Tribolium castaneum* kültürünün hazırlanması

Gerçek bir fumigasyon işleminde fümigantta maruz bırakılan böcek popülasyonunu simüle etmek için her bir ırkın 50 ergini yukarıda tanımlanan 20 g'lık besin ortamı (buğday kırması kuru maya karışımı) içeren cam serum şişesi (250 ml) içine yerleştirildikten sonra 35 günlük bir periyotta karışık yaştaki popülasyonlar elde edilmiştir. Fumigasyondan önce karışık yaştaki popülasyonlarda böceğin tüm dönemlerinin (yumurta, larva, pupa ve ergin)

mevcudiyeti kontrol edilmiştir. Her bir sıcaklık ve konsantrasyon kombinasyonu için hassas ve yüksek dirençli *T. castaneum* ırkının tüm dönemlerini içeren karışık cam serum şişeleri hazırlanmıştır. Test edilen ırkın tüm dönemlerini içeren karışık yaştaki her bir cam serum şişesi farklı bir fosfin maruz bırakma süresini temsil etmiştir.

3.2.3. Popülasyonun %99.9'unu öldürmek için gerekli maruz bırakma süresinin (LT_{99.9}) belirlenmesine yönelik biyolojik testler

3.2.3.1. Tüm dönemlerini içeren karışık yaştaki popülasyonun fumigasyon işlemi ve fumigasyonun izlenmesi

Fosfine dirençli ve hassas *T. Castaneum* ırkları 0.5, 1, 1.5 ve 2 mg/L konsantrasyonlarına 15, 20, 25, 30±1 °C sıcaklık ve 65±5 nem koşullarında en az 5 farklı uygulama süresinde maruz bırakılmıştır. Biyolojik testler 250 ml'lik cam serum şişelerinde yürütülmüştür (Şekil 3.4). Testlerde kullanılan şişelerin içerisine % 11 nem içeriğine sahip Elbistan Yazlığı isimli ekmeçlik yumuşak buğday kırması ile kuru maya içeren besinden 20 gr konulmuş ve her bir serum şişesine 50 adet 7-14 günlük yaşta, karışık cinsiyette *T. castaneum* erginleri ilave edilmiştir. Ergin böceklerin serum şişelerine aktarılmasından sonra şişelerin ağızları gaz giriş çıkışını engellemek amacıyla krimpır yardımıyla dış yüzeyi alüminyum iç yüzeyi plastik flakon kapaklarla kapatılmıştır (Şekil 3.4).

Şekil 3.4. Biyolojik testler kullanılan cam serum şişeler ve krimpır yardımıyla dış yüzeyi alüminyum iç yüzeyi plastik flakon kapakların kapatılması



Biyolojik testlerde kullanılan serum şişeleri hazırlandıktan sonra fosfin silindirinden (hacmen % 1 fosfin gazı (PH₃) + % 99 nitrojen (N₂)) ucunda enjektör iğnesi takılı olan bir hortumla kalın dokulu lateksten yapılmış balon içerisine bir miktar fosfin gazı aktarılmış ve balonun ağzı septum ile kapatıldıktan sonra plastik klips ile kilitlenmiştir. Protokollerde belirtilen fosfin gazı konsantrasyonlarına tekabül eden gaz miktarı GC cihazından elde edilen veriler sonucunda hesaplandıktan sonra, Hamilton marka enjektörler yardımıyla içi fosfin dolu balondan fosfin gazı çekilerek testlerin yürütüldüğü şişelere tek tek aktarılmıştır (Şekil 3.4). Her bir serum şişesine fosfin gazı uygulaması yapıldıktan sonra gazın homojen dağılmasını sağlamak amacıyla 1 saat beklenilmiş ve GC cihazı yardımıyla ilk ölçümler alınmıştır. Her bir uygulama şişesinde bir defa gaz ölçümü yapılmış ve her şişeden 25 µl örnek alınıp GC cihazına aktarılmıştır. Fosfin gazı uygulaması yapıldıktan sonra ve ilk ölçümlerde konsantrasyonlar belirlendikten sonra testlerin yürütüldüğü serum şişeleri 15, 20, 25 ve 30±1 °C sıcaklıklar 65±5 nem koşullarındaki inkübatörde muhafaza edilmiştir. Biyolojik testlerin yürütüldüğü şişelere fosfin gazı enjekte edilmesinin üzerinden her uygulama konsantrasyonu için belirlenen maruz bırakma süresi geçtikten sonra test şişeleri laboratuvara getirilerek GC yardımıyla gaz konsantrasyonları tekrar belirlenmiştir.

3.2.3.2. Fumigasyon sonrası yapılan işlemler

Her bir uygulama konsantrasyonları için belirlenen maruz bırakma süreleri sonucunda gaz konsantrasyonları belirlenen şişeler krimper yardımıyla açılmış ve içerisindeki böceklerin tüm dönemlerini içeren karışık yaştaki besin ortamı elenerek, içerisinde 50 gr taze besin ortamı bulunan 100 ml'lik cam kavanozlara aktarılmıştır. Cam kavanozlar 26±1°C'de ve %65±5 nispi nemde 1 hafta boyunca inkübatörde tutulduktan sonra cam kavanozlardaki böcekler elenip, canlı ve ölü tüm erginler kavanozdan çıkartılarak sayılmıştır. Canlı ve ölü tüm erginler çıkartıldıktan geri kalan karışık yaştaki besin ortamı tekrar 26±1°C'de ve % 65±5 nispi nemdeki inkübatörde bu sefer 4 hafta boyunca inkübe edildikten sonra tekrar canlı ergin böcek varlığı kontrol edilmiştir. Fumigasyondan sonra karışık yaştaki besin ortamının 5 haftalık (1+4 hafta) sürede inkübe edilmesi hayatta kalan ergin öncesi tüm dönemlerin ergin olması için gerekli sürelerin tanınması içindir. Her bir konsantrasyon ve sıcaklık ortamında *T. castaneum*'un tüm biyolojik dönemlerini kontrol etmek için deneysel olarak gözlemlenen popülasyonun tamamen yok olma zamanları, yani böceklerin % 100 ölümünün sağlanması kayıt edilmiştir.

Popülasyonun tamamen yok olma zamanı (Time to population extinction, TPE) daha uzun maruz kalma süresindeki örneklerde de geçerli olma şartıyla ergin çıkışının olmadığı en erken maruz kalma süresi olarak tanımlanır (Winks ve Hyne, 1994). Denemeler tesadüfî parseller deneme desenine göre ve her bir uygulama ve kontrol (ilaçsız uygulama) 5 tekerrürlü olarak kurulmuştur.

3.2.4. Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizler

Her fosfin konsantrasyon, fosfine maruz bırakma süresi ve sıcaklık rejiminde fosfin uygulamasından 1 ve 5 hafta sonra *T. castaneum* ergin popülasyonun azalma oranları (%) hesaplanmıştır. *Tribolium castaneum* ergin popülasyonun azalma oranlarının (%) hesaplanması her bir fosfin uygulamasında ve fosfin uygulanmamış kontrolde fosfin uygulamasından 1 ve 5 hafta sonra elde edilen ergin sayıları baz alınarak yapılmıştır. Her sıcaklıkta fosfin konsantrasyon ve fosfin maruz bırakma süresi için fosfin uygulamasından 1 ve 5 hafta sonra elde edilen *T. castaneum* ergin popülasyonun azalma oranlarına Arcsin transformasyonu uygulandıktan sonra SAS 9 istatistik programı kullanılarak çift yönlü (Faktörler; fosfin konsantrasyonu ve fosfine maruz bırakma süresi) varyans analizine tabi tutulmuştur (SAS Institute, 2009). Ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde Tukey testi kullanılarak belirlenmiştir. Her fosfin konsantrasyon ve sıcaklık rejiminde, $LT_{99,9}$ değeri Wadley modelini içeren probit yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır (Wadley, 1949; Finney, 1971). Fosfin fümigasyonunun amacı yüksek düzeyde kontrol sağlamak ve istatistiksel olarak $LT_{99,9}$ değerleri TPE (Popülasyonun tamamen yok olma zamanı) değerlerinden daha doğru olduğu için % 99.9 ölüm oranı seçilmiştir. Ergin öncesi ve gizlenmiş böcek dönemlerin bilinmeyen sayılarını içeren karışık yaştaki *T. castaneum* kültüründeki bireylerin ölümünü belirlemek için Wadley'nin modeli kullanılmıştır. Ölüm seviyesinin hesaplanması ilaçlama yapılmayan kontrol uygulamalarıyla karşılaştırma yoluyla yapılmıştır. Wadley'nin modeli, $LT_{99,9}$ değerlerini böceklerin hayatta kalma verilerine dayanarak hesaplanmıştır. Bu analiz Polo Plus istatistik paketi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (LeOra Software, 2002). Dört sıcaklık rejimi karşısında her fosfin konsantrasyonu ve tersi için belirlenen $LT_{99,9}$ değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek için letal süre oranı testi (Robertson ve ark., 2007) yürütülmüştür. İki $LT_{99,9}$ değerinin eşitliğini test etmek için ortaya çıkan % 95 güven aralıkları (CI) kullanılmıştır (ilk $LT_{99,9}$ değeri diğer $LT_{99,9}$ değerinin % 95 güven alt ve üst limitleri arasında olursa $LT_{99,9}$ değerleri arasında önemli derece fark bulunmaz).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Farklı sıcaklıkta fosfin gazının farklı konsantrasyonlarına ve uygulama sürelerine maruz bırakılan fosfine dirençli *Tribolium castaneum* ırkının uygulamadan bir ve beş hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranları

4.1.1. On beş santigrat derece sıcaklıkta fosfin uygulamasından bir ve beş hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı

Fosfine dirençli *T. castaneum* popülasyonu ile yürütülen biyolojik testlerde, uygulamadan 1 hafta sonra yapılan sayımlar sonucunda belirlenen ergin popülasyondaki azalma oranları kullanılarak yapılan çift yönlü varyans analizleri sonucunda; uygulanan fosfin konsantrasyonunun ve fosfine maruz bırakma süresinin ergin popülasyondaki azalma oranları üzerinde istatistiksel açıdan önemli seviyede etki gösterdiği belirlenmiştir (Fosfin konsantrasyonu için $F_{3,96} = 40.15$; $P < 0.0001$, maruz bırakma süresi için $F_{5,96} = 216.45$; $P < 0.0001$). Buna ek olarak bu iki faktörün interaksiyonunun da ergin popülasyonundaki azalma oranları üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir ($F_{15,96} = 2.03$, $P < 0.05$).

Fosfine dirençli *T. castaneum* popülasyonu ile 15 °C sıcaklıkta yürütülen biyolojik testlerde, fosfine maruz kalma süresinin 1 günden 2 güne çıkarılmasıyla, 0.5 ve 1 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranlarında istatistiksel açıdan farklılık gözlemlenmezken, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen ergin popülasyonun azalma oranlarında önemli seviyede artış gerçekleşmiştir (Çizelge 4.1). Uygulama süresinin 2 günden 3 güne çıkarılmasıyla birlikte ise 0.5 mg/L hariç tüm konsantrasyonlardan elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranlarında istatistiksel açıdan önemli seviyede artış gerçekleşmiştir. Fosfine 3 günlük maruz kalma süresi, 4 günde çıkarıldığından ise hiçbir konsantrasyonda elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranlarında önemli seviyede artış gözlemlenmezken, 4 ve 5 günlük uygulamalardan elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranlarında, sadece 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonunda önemli seviyede farklılık belirlenmiştir.

Fosfine yüksek seviyede direnç gösteren popülasyonu ile 15 °C sıcaklıkta yürütülen biyolojik testlerde, her bir uygulama süresinde, uygulama konsantrasyonlarından elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranları incelendiğinde; 1 ve 6 günlük uygulamalarda tüm konsantrasyonlardan elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranları arasında istatistiksel olarak benzerlik bulunmuştur (Çizelge 4.1). Üç ve 4 günlük

uygulamalarda 1, 1.5 ve 2 mg/L konsantrasyonlardan elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranları birbirleriyle benzerken, 0.5 mg/L konsantrasyonundan elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranlarından daha yüksek seviyede bulunmuştur. 15 °C sıcaklıkta yürütülen 2 ve 5 günlük testlerde ise 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranları arasında farklılık gözlemlenmezken, bu iki konsantrasyondan elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranları diğer konsantrasyonlardan elde edilenlerden daha yüksek seviyede bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Fosfinin dört farklı konsantrasyonuna ve altı farklı uygulama süresine 15 °C sıcakta maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun uygulamadan 1 hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı

Maruz kalma süresi (gün)	Ergin popülasyonunun azalma oranı (%) ± S.hata				F ve P değeri
	0.5 mg/L	1 mg/L	1.5 mg/L	2 mg/L	
1 gün	12.22±4.05 Ea	17.44±3.86 Da	20.35±3.75 Da	22.67±5.48 Da	F _{3,16} : 0.87, P=0.478
2 gün	29.61±5.66 DEb	32.24±6.38 Db	51.32±6.19 Ca	54.61±7.60 Ca	F _{3,16} : 3.96, P=0.028
3 gün	46.05±5.36 CDb	80.26±1.80 Ca	81.56±7.02 Ba	89.47±3.36 Ba	F _{3,16} : 9.98, P=0.001
4 gün	57.55±3.49 Cb	85.61±5.21 BCa	96.40±1.13 ABa	97.84±0.88 ABa	F _{3,16} : 19.19, P<0.0001
5 gün	79.86±2.92 Bc	95.68±2.09 ABb	100±0 Aa	100±0 Aa	F _{3,16} : 30.57, P<0.0001
6 gün	98.74±0.77 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	F _{3,16} : 2.67, P=0.083
F ve P değeri	F _{5,24} : 54.44, P<0.0001	F _{5,24} : 51.17, P<0.0001	F _{5,24} : 54.66, P<0.0001	F _{5,24} : 68.67, P<0.0001	

Verilere çift yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde Tukey testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütunda bulunan farklı küçük harfler ve aynı satırda bulunan farklı büyük harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.

Fosfine yüksek seviyede direnç gösteren *T. castaneum* popülasyonu ile 15 °C sıcaklıkta yürütülen testlerde, fosfin uygulamasından, 5 hafta sonra yapılan sayımlardan elde edilen ergin popülasyondaki azalma oranları kullanılarak yapılan çift yönlü varyans analizleri sonucunda uygulanan fosfin konsantrasyonları ve fosfine maruz bırakma sürelerinin ergin popülasyondaki azalma oranları üzerinde istatistiksel açıdan önemli seviyede etki gösterdiği belirlenmiştir (Fosfin konsantrasyonu için $F_{3,96}= 22,64$; $P < 0.0001$, maruz bırakma süresi için $F_{5,96}=117.21$; $P < 0.0001$). Buna ek olarak bu iki faktörün interaksiyonunda da ergin popülasyonun azalma oranları üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir ($F_{15,96}= 2.03$; $P = 0.021$).

Fosfine dirençli *T. castaneum* popülasyonunda, 15 °C sıcaklıkta uygulama süresinin 1 günden 2 güne çıkarılmasıyla 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonundan elde edilen ergin popülasyondaki azalma oranlarında istatistiksel açıdan farklılık gözlemlenmezken, diğer üç konsantrasyonda azalma oranlarında önemli seviyede artış gerçekleşmiştir (Çizelge 4.2). Fosfine maruz kalma süresi 2 günden 3 güne çıkarıldığında ise sadece 1 mg/L konsantrasyonundan elde edilen ergin popülasyondaki azalma oranında önemli seviyede artış saptanmıştır. Uygulama süresinin 3 günden 4 güne, 4 günden 5 güne ve 5 günden de 6 güne arttırılmasıyla hiçbir konsantrasyondan elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranlarında istatistiksel açıdan önemli seviyede artış gözlemlenmemiştir.

Çizelge 4.2. Fosfinin dört farklı konsantrasyonuna ve altı farklı uygulama süresine 15 °C sıcakta maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonun uygulamadan 5 hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı

Maruz kalma süresi (gün)	Ergin popülasyonun azalma oranı (%) ± S.hata				F ve P değeri
	0.5 mg/L	1 mg/L	1.5 mg/L	2 mg/L	
1 gün	29.17±10.19 Ea	44.05±10.87 Da	50.00±12.1 Da	58.93±7.73 Da	F _{3,16} : 1.51, P=0.249
2 gün	47.73± 2.60 DEd	66.86±2.36 Cc	80.68±2.57 Cb	89.58±2.08 Ca	F _{3,16} : 49.32, P<0.0001
3 gün	60.61±9.73 CDb	89.26±2.02 Ba	88.26±3.39 BCa	93.37±2.47 BCa	F _{3,16} : 7.73, P=0.002
4 gün	86.72±5.61 BCb	98.55±0.59 ABa	97.83±0.45 ABa	98.55±0.24 ABa	F _{3,16} : 5.44, P=0.009
5 gün	96.77±1.48 ABb	99.03±0.45 Aab	100±0 Aa	100±0 Aa	F _{3,16} : 5.24, P=0.01
6 gün	100±0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	F: - P= -
F ve P değeri	F _{5,24} : 26.99, P<0.0001	F _{5,24} : 39.78, P<0.0001	F _{5,24} : 26.01, P<0.0001	F _{5,24} : 38.79, P<0.0001	

Verilere çift yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde Tukey testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütunda bulunan farklı küçük harfler ve aynı satırda bulunan farklı büyük harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.

Her bir maruz bırakma süresinde, uygulanan fosfin konsantrasyonlarından, 5 hafta sonra elde edilen ergin popülasyondaki azalma oranları karşılaştırıldığında ise 1 ve 6 günlük uygulamalarda ergin popülasyondaki azalma oranları arasında istatistiksel açıdan farklılık gözlemlenmezken, 2 günlük uygulamada en yüksek azalma oranı 2 mg/L fosfin konsantrasyonunda, en düşük azalma oranı ise 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonunda gerçekleşmiştir (Çizelge 4.2). 15 °C sıcaklıkta 3 ve 4 günlük fosfin uygulamalarında ise 1, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen ergin popülasyondaki azalma oranları birbirleriyle benzer olurken, 0.5 mg/L konsantrasyonundan elde edilen azalma oranı en düşük seviyede gerçekleşmiştir. Fosfine yüksek seviyede dirençli popülasyonunun 15 °C sıcaklıkta fosfine 5 gün maruz bırakılmasıyla elde edilen ergin popülasyondaki

azalma oranlarında ise 0.5 ve 1 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen azalma oranları birbirlerine benzer seviyede gerçekleşirken, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen azalma oranlarından istatistiksel açıdan daha düşük seviyede gerçekleşmiştir.

4.1.2. Yirmi santigrat derece sıcaklıkta fosfin uygulamasından bir ve beş hafta sonra ergin popülasyondaki azalma oranı

Fosfine dirençli popülasyonun 20 °C sıcaklık ortamında 6 farklı maruz kalma süresinde, 4 farklı fosfin konsantrasyonuna maruz bırakılmasıyla ve uygulamadan 1 hafta sonra yapılan sayımlar sonucunda belirlenen ergin popülasyondaki azalma oranları kullanılarak yapılan çift yönlü varyans analizleri sonucunda uygulama konsantrasyonları ve fosfine maruz kalma sürelerinin, ergin popülasyondaki azalma oranları üzerinde istatistiksel açıdan önemli seviyede etki gösterdiği belirlenmiştir (Fosfin konsantrasyonu için $F_{3,96}=44,67$; $P < 0.0001$, maruz bırakma süresi için $F_{5,96}= 361.74$, $P < 0.0001$). Buna ek olarak bu iki faktörün interaksyonunda ergin popülasyondaki azalma oranları üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir ($F_{15,96}=6.21$; $P < 0.0001$).

Çizelge 4.3. Fosfinin dört farklı konsantrasyonuna ve altı farklı uygulama süresine 20 °C sıcakta maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonun uygulamadan 1 hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı

Maruz kalma süresi (gün)	Ergin popülasyonun azalma oranı (%) ± S. hata				F ve P değeri
	0.5 mg/L	1 mg/L	1.5 mg/L	2 mg/L	
1 gün	19.64±3.77 Ca	21.60±1.47 Da	26.79±5.92 Ca	29.76±4.06 Da	F _{3,16} : 2.12, P=0.138
1.5 gün	28.49±8.65 Cb	34.88±3.13 Db	40.69±3.26 Cab	58.14±3.26 Ca	F _{3,16} : 5.63, P=0.008
2 gün	33.88±4.13 Cb	75.21±6.53 Ca	77.69±4.99 Ba	83.47±4.13 Ba	F _{3,16} : 15.34, P<0.0001
3 gün	70.25±5.29 Bc	93.39±2.11 Bb	100±0 Aa	100±0 Aa	F _{3,16} : 37.94, P<0.0001
4 gün	96.91±1.69 Ab	100±0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	F _{3,16} : 5.00, P=0.012
5 gün	100±0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	F: - P=-
F ve P değeri	F _{5,24} : 64.64, P<0.0001	F _{5,24} : 97.46, P<0.0001	F _{5,24} : 121.0, P<0.0001	F _{5,24} : 141.94, P<0.0001	

Verilere çift yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde Tukey testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütunda bulunan farklı küçük harfler ve aynı satırda bulunan farklı büyük harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.

Yirmi santigrat derece sıcaklıkta fosfine dirençli popülasyonuyla 6 farklı uygulama süresinde yürütülen biyolojik testlerde, uygulamadan 1 hafta sonra yapılan sayımlardan elde edilen ergin popülasyondaki azalma oranları incelendiğinde 1 günlük uygulama ile 1.5 günlük uygulamadan elde edilen ergin popülasyondaki azalma oranları arasında sadece 2 mg/L konsantrasyonundan elde edilen azalma oranında önemli seviyede farklılık gözlemlenirken, uygulama süresinin 1.5 günden 2 güne çıkarılmasıyla birlikte 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonu haricindeki tüm konsantrasyonlardan elde edilen azalma oranlarında istatistiksel açıdan önemli seviyede artış gerçekleşmiştir (Çizelge 4.3). Fosfine maruz

kalma süresinin 2 günden 3 güne yükseltilmesiyle birlikte tüm konsantrasyonlardan elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranlarında önemli seviyede artış saptanırken, maruz kalma süresi 3 günden 4 güne çıkarıldığında sadece 0.5 ve 1 mg/L fosfin konsantrasyonlarında ergin popülasyonundaki azalma oranında önemli seviyede artış gerçekleşmiştir. 20 °C sıcaklık ortamında yürütülen 4 ve 5 günlük testlerden elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranları arasında ise istatistiksel olarak herhangi bir farklılık gerçekleşmemiştir.

Yirmi santigrat derece sıcaklıkta 4 farklı uygulama konsantrasyonunun her bir uygulama süresinde elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranları etkisi incelendiğinde ise 1 ve 5 günlük uygulamalarda elde edilen azalma oranları arasında istatistiksel açıdan herhangi bir farklılık gözlemlenmemiştir (Çizelge 4.3). Bununla birlikte 2 ve 4 günlük uygulamalarda 1, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranları birbirlerine benzerken, 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonundan elde edilen azalma oranından istatistiksel açıdan daha yüksek bulunmuştur. 4 günlük uygulamalarda ise 1.5 ve 2 mg/L konsantrasyonlarından elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranları 0.5 ve 1 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen azalma oranlarından istatistiksel açıdan daha yüksek seviyede bulunmuştur.

Yirmi santrigrad derece sıcaklıkta fosfine dirençli *T. castaneum* popülasyonunun 4 farklı fosfin konsantrasyonuna, 6 farklı uygulama süresinde maruz bırakılmasından 5 hafta sonra yapılan sayımlar sonucunda belirlenen ergin popülasyonlardaki azalma oranları kullanılarak yapılan çift yönlü varyans analizleri sonucunda; uygulanan fosfin konsantrasyonu ve fosfine maruz kalma sürelerinin ergin popülasyonlardaki azalma oranları üzerinde önemli seviyede etki gösterdiği belirlenirken, bu iki faktörün interaksiyonunun ergin popülasyonlardaki azalma oranları üzerinde etkili olmadığı saptanmıştır (Fosfin konsantrasyonu için $F_{3,96}=5.98$; $P=0.001$, maruz bırakma süresi için $F_{5,96}= 130.52$; $P<0.0001$, Konsantrasyon* maruz kalma süresi için $F_{5,96}= 130.52$, $P<0.0001$).

Fosfine yüksek seviyede direnç gösteren *T. castaneum* popülasyonunun 20 °C sıcaklıkta 0.5, 1, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarına maruz bırakılmasıyla, uygulamadan 5 hafta sonra elde edilen ergin popülasyonlardaki azalma oranları, uygulama süresinin etkisi incelendiğinde; uygulama süresinin 1 günden 1.5 güne çıkarılmasıyla birlikte tüm konsantrasyonlardan elde edilen ergin popülasyonlardaki azalma oranlarında istatistiki olarak artış gerçekleşirken, maruz kalma süresi 1.5 günden 2 güne yükseldiğinde

hiçbir konsantrasyondan elde edilen ergin popülasyonlardaki azalma oranlarında istatistiksel açıdan önemli seviyede artış gözlemlenmemiştir (Çizelge 4.4). Fosfine maruz kalma süresinin 2 günden 3 güne çıkarılmasıyla sadece 1.5 ve 2 mg/L konsantrasyonlarından elde edilen ergin popülasyonlardaki azalma oranlarında önemli seviyede artış gerçekleşirken, uygulama süresi 3 günden 4 güne çıkarıldığında ise 0.5 ve 1 mg/L fosfin konsantrasyondan elde edilen azalma oranlarında artış gerçekleşmiştir. 4 ve 5 günlük uygulamalardan elde edilen azalma oranlarında ise herhangi bir farklılık saptanmamıştır.

Çizelge 4.4. Fosfinin dört farklı konsantrasyonuna ve altı farklı uygulama süresine 20 °C sıcakta maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonun uygulamadan 5 hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı

Maruz kalma süresi (gün)	Ergin popülasyonun azalma oranı (%) ± S.hata				F ve P değeri
	0.5 mg/L	1 mg/L	1.5 mg/L	2 mg/L	
1 gün	34.24±6.82 Ca	39.48±7.25 Da	47.97±9.81 Ca	48.21±7.41 Ca	F _{3,16} : 0.96, P=0.436
1.5 gün	75.76±6.01 Ba	80.81±5.57 Ca	84.34±4.55 Ba	85.35±2.92 Ba	F _{3,16} : 0.67, P=0.581
2 gün	77.78±10.19 Ba	77.43±5.06 BCa	81.60±2.43 Ba	87.15±2.61 Ba	F _{3,16} : 0.56, P=0.651
3 gün	85.42±4.68 ABb	93.06±1.65 Bb	98.96±0.69 Aa	99.65±0.35 Aa	F _{3,16} : 15.13, P<0.0001
4 gün	100±0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	F: - P= -
5 gün	100±0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	F: - P=-
F ve P değeri	F _{3,16} : 17.71, P<0.0001	F _{5,24} : 45.15, P<0.0001	F _{5,24} : 51.29, P<0.0001	F _{5,24} : 80.56, P<0.0001	

Verilere çift yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde Tukey testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütunda bulunan farklı küçük harfler ve aynı satırda bulunan farklı büyük harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.

Her bir fosfin konsantrasyonunun farklı uygulama sürelerinde, uygulamadan 5 hafta sonra belirlenen ergin popülasyonundaki azalma oranlarına etkisi incelendiğinde 1, 1.5, 2, 4 ve 5 günlük uygulamalarda ergin popülasyonlardaki azalma oranları arasında istatistiksel açıdan farklılık belirlenmemiştir (Çizelge 4.4). Bununla birlikte 3 günlük uygulamada 0.5 ve 1 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranları birbirleriyle benzerken, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen azalma oranlarından daha düşük seviyede gerçekleştiği belirlenmiştir.

4.1.3. Yirmi beş santigrat derece sıcaklıkta fosfin uygulamasından bir ve beş hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı

Fosfine yüksek seviyede dirençli *T. castaneum* popülasyonu ile 25 °C sıcaklıkta 4 farklı fosfin konsantrasyonunun (0.5, 1, 1.5, 2 mg/L), 5 farklı uygulama süresinde (0.5, 1, 1.5, 2 ve 3 gün) maruz bırakılmasından 1 hafta sonra yapılan sayımlar sonucunda belirlenen ergin popülasyondaki azalma oranları kullanılarak yapılan çift yönlü varyans analizleri sonucunda fosfin konsantrasyonlarının, fosfine maruz kalma sürelerinin ve bu iki faktörün interaksiyonunun ergin popülasyondaki azalma oranları üzerinde istatistiksel açıdan önemli seviyede etki gösterdiği belirlenmiştir (Fosfin konsantrasyonu için $F_{3,80}=13,01$, $P<0.0001$, fosfine maruz kalma süresi için $F_{4,80}=316.26$, $P<0.0001$, Fosfin konsantrasyonu*maruz kalma süresi için $F_{12,80}=2.95$, $P=0.002$).

Yirmi beş santigrat derece sıcaklıkta yürütülen biyolojik testlerde, uygulamadan 1 hafta sonra elde edilen ergin popülasyonlardaki azalma oranları üzerine, fosfine maruz bırakma sürelerinin etkisi incelendiğinde, 0.5 günlük fosfin uygulaması ile 1 günlük fosfin uygulamalarından elde edilen azalma oranları arasında sadece 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen azalma oranlarında istatistiksel olarak farklılık gözlemlenirken, fosfine maruz kalma süresinin 1 günden 1.5 güne çıkarılmasıyla birlikte tüm fosfin konsantrasyonlarından elde edilen ergin popülasyonlardaki azalma oranlarında istatistiksel açıdan önemli seviyede artış gerçekleşmiştir (Çizelge 4.5). Fosfine maruz kalma süresinin 1.5 günden 2 güne çıkarılmasıyla 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonu haricindeki tüm konsantrasyonlardan elde edilen ergin popülasyonlardaki azalma oranlarında önemli seviyede artış gerçekleşirken, 2 ve 3 günlük uygulamalardan elde edilen azalma oranlarında sadece 1 mg/L fosfin konsantrasyonunda farklılık saptanmıştır.

Çizelge 4.5. Fosfinin dört farklı konsantrasyonuna ve altı farklı uygulama süresine 25 °C sıcakta maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonun uygulamadan 1 hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı

Maruz kalma süresi (gün)	Ergin popülasyonun azalma oranı (%) ± S.hata				F ve P değeri
	0.5 mg/L	1 mg/L	1.5 mg/L	2 mg/L	
0.5 gün	18.56±4.17 Cb	20.96±4.29 Db	21.99±5.31 Db	33.53±4.38 Da	F _{3,16} : 4.68, P=0.016
1 gün	20.56±5.74 Cb	30.07±7.89 Db	45.45±5.59 Cb	55.94±2.37 Ca	F _{3,16} : 18.92, P<0.0001
1.5 gün	72.72±6.39 Ba	78.41±8.04 Ca	85.23±5.19 Ba	88.07±3.41 Ba	F _{3,16} : 1.87, P=0.176
2 gün	92.86±0.51 ABc	97.96±3.43 Bb	99.49±0.51 Aa	100±0 Aa	F _{3,16} : 27.07, P<0.0001
3 gün	100±0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	F: -, P=-
F ve P değeri	F _{4,20} : 60.72, P<0.0001	F _{4,20} : 91.35, P<0.0001	F _{4,20} : 73.45, P<0.0001	F _{4,20} : 166.23, P<0.0001	

Verilere çift yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde Tukey testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütunda bulunan farklı küçük harfler ve aynı satırda bulunan farklı büyük harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.

Yirmi beş santigrat derece sıcaklıkta yürütülen biyolojik testlerde uygulanan her bir fosfin konsantrasyonunun ergin popülasyonlardaki azalma oranlarına etkisi incelendiğinde ise 1.5 ve 3 günlük uygulamalardan elde edilen ergin popülasyonlardaki azalma oranları arasında istatistiksel açıdan farklılık saptanmazken, 0.5 ve 1 günlük uygulamalarda 0.5, 1 ve 1.5 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen azalma oranlarının birbirleriyle istatistiki olarak benzer olduğu ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonundan elde edilen ergin popülasyonlardaki azalma oranlarından daha düşük seviyede olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5). İki günlük maruz bırakma süresi sonucunda hesaplanan ergin popülasyonlardaki azalma oranları incelendiğinde ise 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen

azalma oranları birbirleriyle benzerlik taşırken, istatistiksel açıdan en düşük azalma oranı 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonundan elde edilmiştir.

Fosfine yüksek seviyede dirençli *T. castaneum* popülasyonunun 25 °C sıcaklıkta 4 farklı fosfin konsantrasyonunun (0.5, 1, 1.5, 2 mg/L), 5 farklı uygulama süresinde (0.5, 1, 1.5, 2 ve 3 gün) maruz bırakılmasından, 5 hafta sonra yapılan sayımlar sonucunda hesaplanan ergin popülasyonundaki azalma oranları kullanılarak yapılan çift yönlü varyans analizleri sonucunda; kullanılan fosfin konsantrasyonu ve popülasyonların fosfine maruz kalma sürelerinin, ergin popülasyonundaki azalma oranları üzerine istatistiksel olarak önemli seviyede etki gösterdiği belirlenirken, bu iki faktörün interaksiyonunun ergin popülasyonundaki azalma oranları üzerine önemli etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir (Fosfin konsantrasyonu için $F_{3,80}=8.85$, $P < 0.0001$; maruz kalma süresi için $F_{4,80}=78.39$, $P < 0.0001$; Fosfin konsantrasyonu* maruz kalma süresi için $F_{12,80}=0.84$, $P = 0.612$).

Çizelge 4.6. Fosfinin dört farklı konsantrasyonuna ve altı farklı uygulama süresine 25 °C sıcakta maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonun uygulamadan 5 hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı

Maruz kalma süresi (gün)	Ergin popülasyonun azalma oranı (%) ± S.hata				F ve P değeri
	0.5 mg/L	1 mg/L	1.5 mg/L	2 mg/L	
0.5 gün	32.74±6.79 Ba	33.45±9.98 Ba	43.17±5.11 Ba	56.12±1.85 Ba	$F_{3,16}: 2.42$, $P=0.105$
1 gün	37.14±16.5 4	42.86±12.78 Ba	48.57±11.61 Ba	60±8.33 Ba	$F_{3,16}: 0.71$, $P=0.563$
1.5 gün	72.97±9.56 ABb	78.38±6.89 Ab	94.59±3.31 Aab	100±0 Aa	$F_{3,16}: 4.98$, $P=0.013$
2 gün	90.57±1.98 Ac	95.29±0.574 Abc	98.23±0.79 Aab	100±0 Aa	$F_{3,16}: 18.67$, $P < 0.0001$
3 gün	100±0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	F: - P=-
F ve P değeri	$F_{4,20}: 13.18$ $P < 0.0001$	$F_{4,20}: 14.94$, $P < 0.0001$	$F_{4,20}: 28.55$, $P < 0.0001$	$F_{4,20}: 86.78$, $P < 0.0001$	

Tribolium castaneum popülasyonlarının fosfine maruz bırakılmasından 5 hafta sonra yapılan sayımlardan elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranlarında uygulama sürelerinin etkisi incelendiğinde; popülasyonların tüm fosfin konsantrasyonlarına 0.5 gün ve 1 gün maruz bırakılmasıyla elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranları arasında istatistiksel açıdan farklılık gözlemlenmezken, uygulama süresinin 1 günden 1.5 güne çıkarılmasıyla 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonu haricindeki tüm fosfin konsantrasyonlarından elde edilen azalma oranlarında istatistiksel açıdan önemli seviyede artış gerçekleşmiştir (Çizelge 4.6). Uygulama sürelerinin 1.5 günden 2 güne ve 2 günden 3 güne çıkarılmasıyla tüm konsantrasyondan elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranlarında ise istatistiksel açıdan önemli seviyede artış gözlemlenmemiştir.

Yirmi beş santigrat derece sıcaklıkta yürütülen biyolojik testlerden 5 hafta sonunda hesaplanan ergin popülasyonlarındaki azalma oranlarına her bir konsantrasyonun etkisi incelendiğinde ise 0.5, 1 ve 3 günlük uygulamalarda fosfin konsantrasyonlarından elde edilen azalma oranları arasında istatistiksel açıdan farklılık gözlemlenmemiştir. 1.5 ve 2 günlük uygulamalarda 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranları birbirleriyle benzer bulunurken, 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonundan elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranlarından daha yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

4.1.4. Otuz santigrat derece sıcaklıkta fosfin uygulamasından bir ve beş hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı

Fosfine yüksek seviyede dirençli *T. castaneum* popülasyonunun 30 °C sıcaklıkta 5 farklı fosfin konsantrasyonunun (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2 mg/L), 5 farklı uygulama süresinde (0.5, 1, 1.5, 2 ve 3 gün) maruz bırakılmasından, 1 hafta sonra yapılan sayımlar sonucunda, hesaplanan ergin popülasyonundaki azalma oranları kullanılarak yapılan çift yönlü varyans analizleri sonucunda; kullanılan fosfin konsantrasyonunun, fosfine maruz kalma sürelerinin ve bu iki faktörün interaksiyonunun ergin popülasyonlarındaki azalma oranları üzerine istatistiksel olarak önemli seviyede etki gösterdiği belirlenmiştir (Fosfin konsantrasyonu için $F_{4,100}= 119,81$, $P <0.0001$; maruz kalma süresi için $F_{4,100}= 343.00$, $P <0.0001$; Fosfin konsantrasyonu* maruz kalma süresi için $F_{16,100}= 7.48$, $P <0.0001$).

Tribolium castaneum popülasyonlarının 30 °C sıcaklıkta farklı konsantrasyonlarda fosfine maruz bırakılmasından 1 hafta sonra yapılan sayımlardan elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranlarında uygulama sürelerinin etkisi incelendiğinde; 0.5 ve 1

günlük uygulama sürelerinde 0.25 ve 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonlarının kullanıldığı testlerden elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranları arasında farklılık gözlemlenmezken, 1, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranlarında önemli seviyede farklılık gözlemlenmiştir (Çizelge 4.7). Fosfine maruz kalma süresinin 1 günden 1.5 güne ve 1.5 günden 2 güne çıkarılmasıyla elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranlarında ise 0.5, 1, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarında önemli seviyede artış gözlemlenirken, 0.25 mg/L fosfin konsantrasyonundan elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranlarında istatistiksel açıdan farklılık belirlenmemiştir. 2 günlük uygulamalardan elde edilen azalma oranları ile, 3 günlük uygulamalardan elde edilen azalma oranları kıyaslandığında ise sadece 0.25 mg/L konsantrasyonundan elde edilen azalma oranlarında artış belirlenmiştir.

Çizelge 4.7. Fosfinin beş farklı konsantrasyonuna ve altı farklı uygulama süresine 30 °C sıcakta maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonun uygulamadan 1 hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı

Maruz kalma süresi (gün)	Ergin popülasyonun azalma oranı (%) ± S.hata					F ve P değeri
	0.25 mg/L	0.5mg/L	1 mg/L	1.5 mg/L	2 mg/L	
0.5 gün	3.38±2.07 Db	14.88±1.19 Cab	17.26±3.45 Dab	19.88±6.19 Ca	35.12±6.27 Ca	F _{3,16} :6.46 P=0.002
1 gün	12.62±3.42 CDb	27.97±9.29 Cb	67.13±5.02 Ca	76.22±4.05 Ba	79.02±6.82 Ba	F _{3,16} :19.92 P<0.0001
1.5 gün	27.66±5.33 BCc	79.05±3.32 Bb	90.48±2.13 Bb	98.57±0.95 Aa	100±0 Aa	F _{3,16} :83.57 P<0.0001
2 gün	51.06±8.19 Bb	100±0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	F _{3,16} :77.34 P<0.0001
3 gün	87.94±3.47 Ab	100±0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	F _{3,16} :31.40 P<0.0001
F ve P değeri	F _{4,20} : 33.52 P<0.0001	F _{4,20} : 109.2 P<0.0001	F _{4,20} : 181.4 P<0.0001	F _{4,20} : 72.64 P<0.0001	F _{4,20} : 75.27 P<0.0001	

Otuz santigrat derece sıcaklıkta yürütülen biyolojik testlerde uygulamadan 1 hafta sonra yapılan sayımlardan elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranlarına, uygulanan fosfin konsantrasyonlarının etkisi incelendiğinde ise 0.5 günlük uygulamalarda 0.5, 1, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranları birbirleriyle benzerlik taşırken, 1 günlük maruz kalma süresinde 1, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranları birbirleriyle benzerken, 0.25 ve 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranlarından istatistiksel açıdan daha yüksek seviyede olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.7). *Tribolium castaneum* popülasyonlarının fosfine 1.5 gün süreyle

maruz bırakılmasıyla elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranlarında ise 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranları birbirleriyle benzerken diğer konsantrasyonlardan istatistiksel açıdan daha yüksek seviyede bulunmuştur. 30 °C sıcaklıkta 2 ve 3 günlük maruz kalma sürelerinde yürütülen testlerde ise 0.25 mg/L konsantrasyonundan elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranı istatistiki olarak en düşük seviyede saptanırken, diğer konsantrasyonlardan elde edilen azalma oranları birbirleriyle istatistiki olarak benzer bulunmuştur.

Fosfine yüksek seviyede dirençli *T. castaneum* popülasyonunun, 30 °C sıcaklıkta 5 farklı fosfin konsantrasyonunun (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2 mg/L), 5 farklı uygulama süresinde (0.5, 1, 1.5, 2 ve 3 gün) maruz bırakılmasından 5 hafta sonra yapılan sayımlar sonucunda hesaplanan ergin popülasyonundaki azalma oranları kullanılarak yapılan çift yönlü varyans analizleri sonucunda; kullanılan fosfin konsantrasyonu ve popülasyonların fosfine maruz kalma sürelerinin, ergin popülasyonlardaki azalma oranları üzerine istatistiksel olarak önemli seviyede etki gösterdiği belirlenirken, bu iki faktörün interaksiyonunun ergin popülasyonundaki azalma oranları üzerinde önemli etkiye sahip olmadığı görülmüştür (Fosfin konsantrasyonu için $F_{4,100}=15,96$, $P < 0.0001$; maruz kalma süresi için $F_{4,100}=44.25$, $P < 0.0001$; Fosfin konsantrasyonu* maruz kalma süresi için $F_{16,100}=0.87$, $P = 0.600$).

Çizelge 4.8. Fosfinin dört farklı konsantrasyonuna ve altı farklı uygulama süresine 30 °C sıcakta maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun uygulamadan 5 hafta sonra ergin popülasyonundaki azalma oranı

Maruz kalma süresi (gün)	Ergin popülasyonun azalma oranı (%) ± S.hata					F ve P değeri
	0.25 mg/L	0.5 mg/L	1 mg/L	1.5 mg/L	2 mg/L	
0.5 gün	12.0±8.0 Bb	31.66±6.44 Bab	44.96±3.14 Ca	41.01±3.14 Ca	56.48±1.85 Ca	F _{4,20} :5.94 P=0.003
1 gün	24.0±11.66 Ba	42.86±16.29 Ba	75.0±14.73 BCa	77.14±11.61 Ba	80±7.29 Ba	F _{4,20} :2.65 P=0.064
1.5 gün	44.0±19.39 ABb	95.04±1.83 Aa	90.45±0.55 ABa	99.45±0.55 Aa	98.35±5.36 Aa	F _{4,20} :7.24 P=0.001
2 gün	72.0±19.39 Ab	100±0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	F _{4,20} :3.03 P=0.042
3 gün	88.0±8.0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	100±0 Aa	F _{4,30} :2.51 P=0.074
F ve P değeri	F _{4,20} : 4.52 P=0.009	F _{4,20} : 22.43 P<0.0001	F _{4,20} : 7.34 P=0.001	F _{4,20} : 21.79 P<0.0001	F _{4,20} : 24.20 P<0.0001	

Verilere çift yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde Tukey testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütunda bulunan farklı küçük harfler ve aynı satırda bulunan farklı büyük harfler istatistik olarak birbirinden farklıdır.

Tribolium castaneum popülasyonlarının 30 °C sıcaklıkta farklı konsantrasyonlarda fosfine maruz bırakılmasından 5 hafta sonra yapılan sayımlardan elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranlarında uygulama sürelerinin etkisi incelendiğinde; 0.5 ve 1 günlük uygulamalarda 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarının kullanıldığı uygulamalardan elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranları arasında istatistiki açıdan farklılık gözlemlenirken, uygulama süresinin 1 günden 1.5 güne çıkarılmasıyla birlikte 0.5, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen azalma oranlarında istatistiki açıdan artış gerçekleşmiştir (Çizelge 4.8). Buna ek olarak uygulama sürelerinin 1.5 günden 2 ve 3 güne çıkarılmasıyla hiçbir konsantrasyonda ergin popülasyonda önemli seviyede azalma gözlemlenmemiştir.

Otuz santigrat derece sıcaklıkta yürütülen biyolojik testlerde 5 hafta sonunda yapılan sayımlardan elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranlarına, uygulanan fosfin konsantrasyonlarının etkisi incelendiğinde ise tüm fosfin konsantrasyonlarından 1 günlük uygulama süresinde elde edilen azalma oranları arasında istatistiksel açıdan farklılık gözlemlenmemiştir (Çizelge 4.8). Bununla birlikte 1.5, 2 ve 3 günlük uygulamalarda 0.5, 1, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranları birbirleriyle benzerlik taşıırken, 0.25 mg/L fosfin konsantrasyonundan elde edilen ergin popülasyonundaki azalma oranlarından istatistiksel açıdan daha yüksek olduğu bulunmuştur.

4.2. Lethal Süre Denemeleri

4.2.1. Farklı fosfin konsantrasyonlarında sıcaklığın fosfine dirençli karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun lethal süre değerlerine etkisi

Farklı sıcaklıklarda 0.5 mg/L (359 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler Çizelge 4.9'da verilmiştir. Lethal süre denemeleri sonucunda sıcaklığın 0.5 mg/L (359 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler üzerine önemli etkiye sahip olduğu görülmüştür. On beş, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda 0.5 mg/L (359 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulamasında fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için sırasıyla 143.49, 107.27, 73.73 ve 50.97 saat süreye ihtiyaç olmuştur. Sıcaklık artıçça LT_{99.9} değerlerinde önemli bir azalmanın olduğu görülmüştür (Çizelge 4.9). En yüksek LT_{99.9} değeri en düşük sıcaklık olan 15 °C'de görülürken en

düşük $LT_{99,9}$ değeri ise en yüksek sıcaklık olan 30 °C'de tespit edilmiştir. Farklı sıcaklıklardaki $LT_{99,9}$ değerleri karşılaştırıldığında 15, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarına ait alt ve üst güven aralıklarının birbirleriyle çakışmadığı görülmüştür. Buna göre $LT_{99,9}$ değerlerine göre 15 °C sıcaklıktaki fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli sürenin diğer sıcaklıklarda elde edilen sürelerden önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde 20°C sıcaklıktaki fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli sürenin 25 ve 30 °C sıcaklıklarda elde edilen sürelerden önemli seviyede daha yüksek olurken, 25°C sıcaklıkta elde edilen $LT_{99,9}$ değeri de 30°C sıcaklıklarda elde edilen $LT_{99,9}$ değerinden önemli seviyede daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Deneysel olarak tespit edilen dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun yok olması için gereken süreler 15, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda sırasıyla 144, 96-108, 72-84 ve 48-60 saat olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar 0.5 mg/L (359 ppm) fosfin konsantrasyonunda sıcaklık artışının fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun tamamını öldürmek için gerekli fosfine maruz bırakma süresinin kısılmasına neden olduğu göstermiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Farklı sıcaklıklarda 0.5 mg/L (359 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri

Sıcaklık (°C)	Eğim±SE	t değeri	H ^a (sd) ^b	LT _{99.9} (saat) (Alt-üst güven aralığı) ^c	Popülasyonun yok olması için gerekli süre (saat) ^d
15° C ^e	5.68±0.15	37.57	0.88 (28)	143.49 (137.41-150.49) ^a	144, 144,144, 144, 144
20 °C	4.65±0.15	31.47	0.86 (23)	107.27 (100.43-115.46) ^b	96, 96,96,108, 108, 108, 108, 108
25°C	5.01±0.14	26.36	0.94 (28)	73.73 (70.11-77.41) ^c	72, 72, 72, 72, 84,84, 84, 84,84
30 °C	5.51±0.18	30.61	0.84 (23)	50.97 (48.08-54.34) ^d	48, 48, 48, 48, 60,60, 60, 60,60

^a: Heterojenite değeri, ^b: ;Serbestlik derecesi^c: Alt-üst güven aralığı (%95 önem seviyesinde) ve aynı sütunda bulunan farklı küçük harfleri takip eden LT_{99.9} değerleri istatistiki olarak birbirinden farklıdır, ^d: Deneysel olarak tespit edilen popülasyonun yok olması için gereken süreler, ^e: Her sıcaklık için beş tekerrür kullanılmıştır.

Farklı sıcaklıklarda, 1 mg/L (718 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli *T. castaneum* popülasyonunun %99.9' unu öldürmek için gerekli süreler Çizelge 4.10'da verilmiştir. Lethal süre denemeleri sonucunda sıcaklığın 1 mg/L konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli *T. castaneum* popülasyonunun %99.9' unu öldürmek için gerekli süreler üzerinde önemli etkiye sahip olduğu görülmüştür. On beş, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda 1 mg/L (718 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulamasında fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun %99.9'unu öldürebilmek için sırasıyla 142.85, 92.03, 71.98 ve 46.84 saat süreye ihtiyaç duyulmuştur. Fosfin gazı uygulamalarında sıcaklık artışıyla birlikte hesaplanan $LT_{99.9}$ değerlerinde önemli seviyede düşüş gerçekleştiği belirlenmiştir. En yüksek $LT_{99.9}$ değeri en düşük uygulama sıcaklığı olan 15 °C' de hesaplanırken, en düşük $LT_{99.9}$ değeri ise 30 °C sıcaklıkta yürütülen denemelerden elde edilmiştir. Farklı sıcaklıklarda yürütülen biyolojik testlerden elde edilen $LT_{99.9}$ değerleri karşılaştırıldığında 10, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarına ait alt ve üst güvenilirlik aralıklarının birbirleriyle çakışmadığı görülmüştür. Buna göre 15 °C sıcaklıkta yürütülen testlerden elde edilen $LT_{99.9}$ değeri, diğer sıcaklıklardan elde edilen $LT_{99.9}$ değerlerinden önemli seviyede daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde 20 °C sıcaklıkta yürütülen testlerden elde edilen $LT_{99.9}$ değeri de 25 ve 30 °C sıcaklıklarda yürütülen testlerden elde edilen $LT_{99.9}$ değerlerinden önemli seviyede daha yüksek bulunmuştur. 25 ve 30 °C sıcaklık koşullarında yürütülen testlerde ise 25 °C sıcaklıkta yürütülen testlerden elde edilen $LT_{99.9}$ değeri, 30 °C sıcaklıkta yürütülen testlerden elde edilen $LT_{99.9}$ değerinden daha yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir. Deneysel olarak tespit edilen dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun yok olması için gereken süreler 15, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda sırasıyla 144, 84-96, 72 ve 48-60 saat olarak belirlenirken, tüm sıcaklıklarda yürütülen testlerden elde edilen sonuçlar ışığında sıcaklık artışının birlikte fosfine dirençli karışık yaştaki popülasyonu tamamen öldürebilmek için gerekli olan fosfine maruz bırakma sürelerinin kısılmasına neden olduğunu göstermiştir.

Çizelge 4.10. Farklı sıcaklıklarda 1 mg/L (718 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri

Sıcaklık (°C)	Eğim±SE	t değeri	H ^a (sd) ^b	LT _{99,9} (saat) (Alt-üst güven aralığı) ^c	Popülasyonun yok olması için gerekli süre (saat) ^d
15° C ^e	4.86±0.14	35.57	0.90 (28)	142.85 (135.97-150.85) ^a	144, 144,144, 144, 144
20 °C	5.13±0.16	31.78	0.99 (28)	92.03 (87.68-97.75) ^b	84, 84,84,84, 96, 96, 96,96
25°C	4.27±0.13	34.23	0.88 (22)	71.98 (67.84-76.84) ^c	72, 72, 72, 72, 72
30 °C	4.92±0.18	27.02	0.68 (23)	46.84 (43.67-50.72) ^d	48, 48, 48, 48, 60,60, 60, 60,60

^a: Heterojenite değeri, ^b: ;Serbestlik derecesi ^c: Alt-üst güven aralığı (%95 önem seviyesinde) ve aynı sütunda bulunan farklı küçük harfleri takip eden LT_{99,9} değerleri istatistiki olarak birbirinden farklıdır, ^d: Deneysel olarak tespit edilen popülasyonun yok olması için gereken süreler, ^e: Her sıcaklık için beş tekerrür kullanılmıştır.

Farklı sıcaklıklarda, 1.5 mg/L (1077 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli *T. castaneum* popülasyonunun %99.9' unu öldürmek için gerekli süreler Çizelge 4.11'de verilmiştir. On beş, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda 1.5 mg/L (1077 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulamasında fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun %99.9'unu öldürebilmek için sırasıyla 129.68, 78.08, 53.69 ve 41.67 saat süreye ihtiyaç duyulmuştur. Fosfin gazı uygulamalarında sıcaklık artışıyla birlikte hesaplanan $LT_{99.9}$ değerlerinde önemli seviyede düşüş gerçekleştiği belirlenmiştir. En yüksek $LT_{99.9}$ değeri en düşük uygulama sıcaklığı olan 15 °C' de hesaplanırken, en düşük $LT_{99.9}$ değeri ise 30 °C sıcaklıkta yürütülen denemelerden elde edilmiştir. Farklı sıcaklıklarda yürütülen testlerden elde edilen $LT_{99.9}$ değerleri karşılaştırıldığında 15, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarına ait alt ve üst güvenilirlik aralıklarının birbirleriyle çakışmadığı görülmüştür. Bu durumdan yola çıkarak 15 °C sıcaklıkta yürütülen testlerden elde edilen $LT_{99.9}$ değeri, diğer sıcaklıklarda yürütülen testlerden elde edilen $LT_{99.9}$ değerlerinden daha yüksek seviyede bulunurken, en yüksek sıcaklık olan 30 °C yürütülen biyolojik testlerden elde edilen $LT_{99.9}$ değeri, diğer tüm konsantrasyonlardan daha düşük olduğu bulunmuştur. Deneysel olarak tespit edilen dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun yok olması için gereken süreler 15, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda sırasıyla 120-132, 72-84, 60 ve 48-60 saat olarak belirlenmiştir. Fosfin gazına dirençli *T. castaneum* popülasyonun ile yürütülen testler sonucunda sıcaklık artışının $LT_{99.9}$ değerleri üzerinde önemli seviyede etki gösterdiği ve sıcaklık artışıyla birlikte hesaplanan $LT_{99.9}$ değerlerinde önemli seviyede düşüş gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.11. Farklı sıcaklıklarda 1.5 mg/L (1077 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun % 99.9’nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri

Sıcaklık (°C)	Eğim±SE	t değeri	H ^a (sd) ^b	LT _{99.9} (saat) (Alt-üst güven aralığı) ^c	Popülasyonun yok olması için gerekli süre (saat) ^d
15° C ^e	4.73±0.15	30.82	0.96 (23)	129.68 (122.45-138.32) ^a	120, 120, 120, 120, 132, 132 132,132, 132
20 °C	5.40±0.19	27.64	0.81 (23)	78.08 (73.74-83.34) ^b	72, 72, 84, 84, 84, 84, 84
25°C	4.83±0.15	32.14	0.89 (23)	53.69 (50.59-57.34) ^c	60, 60, 60, 60, 60
30 °C	5.530±0.21	25.88	0.69 (23)	41.67 (38.88-45.11) ^d	48, 48, 48, 48, 60, 60, 60, 60, 60

^a: Heterojenite değeri, ^b: ;Serbestlik derecesi ^c: Alt-üst güven aralığı (%95 önem seviyesinde) ve aynı sütunda bulunan farklı küçük harfleri takip eden LT_{99.9} değerleri istatistiki olarak birbirinden farklıdır, ^d: Deneysel olarak tespit edilen popülasyonun yok olması için gereken süreler, f: Her sıcaklık için beş tekerrür kullanılmıştır.

Fosfine dirençli *T. castaneum* popülasyonu ile 15, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda yürütülen ve 2 mg/L (1436 ppm) fosfin konsantrasyonunun kullanıldığı testlerden elde edilen sonuçlar ışığında popülasyonun %99.9' unu öldürmek için gerekli süreler Çizelge 4.12'de verilmiştir. On beş, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda 2 mg/L (1436 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulamasında fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'unu öldürebilmek için sırasıyla 109.66, 71.15, 44.31 ve 40.38 saat maruz bırakma sürelerine ihtiyaç duyulmuştur. Fosfin gazı uygulamalarında sıcaklık artışıyla birlikte hesaplanan $LT_{99.9}$ değerlerinde önemli seviyede düşüş gerçekleştiği belirlenmiş ve en yüksek $LT_{99.9}$ değeri en düşük uygulama sıcaklığı olan 15 °C' de hesaplanmıştır. Farklı sıcaklıklarda yürütülen testlerden elde edilen $LT_{99.9}$ değerleri karşılaştırıldığında 15 °C sıcaklıkta yürütülen testlerden elde edilen $LT_{99.9}$ değerine ait alt ve üst güvenirlilik aralıkları diğer sıcaklıklardaki elde edilen $LT_{99.9}$ değerine ait alt ve üst güvenirlilik aralıkları ile çakışmadığı gözlemlenmemiştir. Bu hususta 15 °C sıcaklıkta yürütülen testlerden elde edilen $LT_{99.9}$ değeri en yüksek seviyede olurken, bunu 20 °C sıcaklıktan elde edilen $LT_{99.9}$ değeri takip etmiştir. Yirmi beş ve 30 °C sıcaklıklarda yürütülen testlerden elde edilen $LT_{99.9}$ değerlerini güvenirlilik aralıkları arasında ise çakışma gözlemlenmiştir. Bu nedenle; bu sıcaklıklardan elde edilen $LT_{99.9}$ arasında farklılık gözlemlenmezken, bu iki sıcaklıktan elde edilen $LT_{99.9}$ değerleri, 15 ve 20 °C sıcaklıkta yürütülen testlerden elde edilen $LT_{99.9}$ değerlerinin daha düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. Deneysel olarak tespit edilen dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun yok olması için gereken süreler 15, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda sırasıyla 120-132, 72-84, 48 ve 48 saat olarak belirlenmiştir. Fosfin gazına dirençli *T. castaneum* popülasyonunun ile yürütülen testler sonucunda sıcaklık artışının $LT_{99.9}$ değerleri üzerinde önemli seviyede etki gösterdiği ve sıcaklık artışıyla birlikte hesaplanan $LT_{99.9}$ değerlerinde kısmen önemli seviyede düşüş gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.12. Farklı sıcaklıklarda 2 mg/L (1436 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun % 99.9’nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri

Sıcaklık (°C)	Eğim±SE	t değeri	H ^a (sd) ^b	LT _{99,9} (saat) (Alt-üst güven aralığı) ^c	Popülasyonun yok olması için gerekli süre (saat) ^d
15° C ^e	4.35±0.17	26.12	0.76 (23)	109.66 (102.35-118.68) ^a	120, 120, 120, 120, 132, 132 132,132, 132,
20 °C	5.36±0.21	25.04	0.66 (23)	71.15 (67.02-76.23) ^b	72, 72, 72, 72, 84, 84, 84, 84, 84
25°C	4.88±0.19	26.17	0.92 (18)	44.31 (41.24-48.08) ^c	48, 48, 48, 48, 48
30 °C	5.26±0.23	23.05	0.67 (22)	40.38 (37.47-44.05) ^c	48, 48, 48, 48, 48

^a: Heterojenite değeri, ^b: ;Serbestlik derecesi ^c: Alt-üst güven aralığı (%95 önem seviyesinde) ve aynı sütunda bulunan farklı küçük harfleri takip eden LT_{99,9} değerleri istatistiki olarak birbirinden farklıdır, ^d: Deneysel olarak tespit edilen popülasyonun yok olması için gereken süreler, f: Her sıcaklık için beş tekerrür kullanılmıştır.

4.2.2. Farklı fosfin konsantrasyonlarında sıcaklığın fosfine hassas karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun lethal süre değerlerine etkisi

Farklı sıcaklıklarda 0.5 mg/L (359 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler Çizelge 4.13'de verilmiştir. Lethal süre denemeleri sonucunda sıcaklığın 0.5 mg/L (359 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler üzerine önemli etkiye sahip olduğu görülmüştür. On beş, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda 0.5 mg/L (359 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulamasında fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için sırasıyla 10.63, 7.76, 3.92 ve 3.93 saat maruz bırakma sürelerine ihtiyaç olmuştur. Genel olarak, sıcaklık artıçça $LT_{99.9}$ değerlerinde önemli bir azalmanın olduğu görülmüştür. En yüksek $LC_{99.9}$ değeri en düşük sıcaklık olan 15 °C'de görülürken en düşük $LC_{99.9}$ değeri ise en yüksek sıcaklıklar olan 25 ve 30 °C'de tespit edilmiştir. Farklı sıcaklıkta $LC_{99.9}$ değerleri karşılaştırıldığında 15 ve 20°C sıcaklıklarına ait alt ve üst güven aralıklarının birbirleriyle çakışmazken 25 ve 30 °C sıcaklıklarına ait alt ve üst güven aralıklarının birbirleriyle çakıştığı görülmüştür (Çizelge 4.12). Buna göre $LT_{99.9}$ değerlerine göre 15 °C sıcaklıktaki fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli sürenin diğer tüm sıcaklıklarda elde edilen sürelerden önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde 20 °C sıcaklıktaki fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli sürenin 25 ve 30 °C sıcaklıklarda elde edilen sürelerden önemli seviyede daha yüksek olurken 25 °C sıcaklıkta elde edilen $LT_{99.9}$ değeri ile 30 °C sıcaklıklarda elde edilen $LT_{99.9}$ değeri arasında istatistiki fark olmadığı ve dolayısıyla benzer olduğu tespit edilmiştir. Deneysel olarak tespit edilen hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun yok olması için gereken süreler 15, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda sırasıyla 9, 6-8, 3-4 ve 3-4 saat olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar 0.5 mg/L (359 ppm) fosfin konsantrasyonunda düşük sıcaklıklarda (15 ve 20 °C) fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun tamamını öldürmek için gerekli fosfine maruz bırakma süresinin oldukça uzadığını göstermiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.13. Farklı sıcaklıklarda 0.5 mg/L (359 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun % 99.9’nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri

Sıcaklık (°C)	Eğim±SE	t değeri	H ^a (sd) ^b	LT _{99,9} (saat) (Alt-üst güven aralığı) ^c	Popülasyonun yok olması için gerekli süre (saat) ^d
15°C ^e	2.93±0.07	41.83	0.71 (28)	10.63 (9.77-11.65) ^a	9, 9, 9, 9, 9
20 °C	3.15±0.09	32.26	0.67 (31)	7.76 (7.05-8.64) ^b	6, 6, 6, 8, 8, 8, 8, 8
25°C	2.96±0.12	24.88	0.49 (28)	3.92 (3.43-4.57) ^c	3, 3, 3, 4, 4, 4, 4, 4
30 °C	2.87±0.11	27.93	0.75 (28)	3.93 (3.48-4.51) ^c	3, 3, 3, 3, 4, 4, 4, 4, 4

^a: Heterojenite değeri, ^b: ;Serbestlik derecesi ^c: Alt-üst güven aralığı (%95 önem seviyesinde) ve aynı sütunda bulunan farklı küçük harfleri takip eden LT_{99,9} değerleri istatistiki olarak birbirinden farklıdır, ^d: Deneysel olarak tespit edilen popülasyonun yok olması için gereken süreler, f: Her sıcaklık için beş tekerrür kullanılmıştır.

Farklı sıcaklıklarda 1 mg/L (718 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler Şekil 4.14'de verilmiştir. Lethal süre denemeleri sonucunda sıcaklığın, 1 mg/L (718 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler üzerine önemli etkiye sahip olduğu görülmüştür. On beş, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda 1 mg/L (718 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulamasında fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için sırasıyla 8.78, 7.66, 3.98 ve 2.89 saat maruz bırakma sürelerine ihtiyaç olmuştur. En yüksek LT_{99.9} değeri en düşük sıcaklık olan 15 °C' de görülürken, en düşük LT_{99.9} değeri ise en yüksek sıcaklıklarda 25 ve 30 °C' de tespit edilmiştir. Farklı sıcaklıkta LT_{99.9} değerleri karşılaştırıldığında 15 ve 20 °C sıcaklıklarına ait alt ve üst güven aralıklarının birbirleriyle çakışmazken 25 ve 30 °C sıcaklıklarına ait alt ve üst güven aralıklarının birbirleriyle çakıştığı görülmüştür. Buna göre LT_{99.9} değerlerine göre 15 °C sıcaklıktaki fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli sürenin diğer tüm sıcaklıklarda elde edilen sürelerden önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde 20 °C sıcaklıktaki fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli sürenin 25 ve 30 °C sıcaklıklarda elde edilen sürelerden önemli seviyede daha yüksek olduğu belirlenirken, 25 °C sıcaklıkta elde edilen LT_{99.9} değeri ile 30 °C sıcaklıklarda elde edilen LT_{99.9} değeri arasında benzerlik tespit edilmiştir. Deneysel olarak tespit edilen hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun yok olması için gereken süreler 15, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda sırasıyla 9, 6-8, 3-4 ve 2.5-3 saat olarak belirlenmiştir. Lethal süre denemeleri sonucunda sıcaklığın 1 mg/L (718 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler üzerine önemli etkiye sahip olduğu ve düşük sıcaklıklarda (15 ve 20 °C) fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun tamamını öldürmek için daha uzun sürelerde fosfine maruz kalması gerektiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.14. Farklı sıcaklıklarda 1 mg/L (718 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için için gerekli olan maruz bırakma süreleri

Sıcaklık (°C)	Eğim±SE	t değeri	H ^a (sd) ^b	LT _{99.9} (saat) (Alt-üst güven aralığı) ^c	Popülasyonun yok olması için gereken süre (saat) ^d
15°C ^e	2.96±0.07	42.35	0.96 (33)	8.78 (8.13-9.55) ^a	9, 9, 9, 9, 9
20 °C	2.84±0.09	34.23	0.80 (28)	7.66 (6.83-8.72) ^a	6, 6, 6, 6, 8, 8, 8, 8, 8
25°C	2.83±0.12	24.36	0.53 (28)	3.98 (3.46-4.68) ^b	3, 3, 3, 4, 4, 4, 4, 4
30 °C	3.17±0.11	27.73	0.56 (28)	2.89 (2.59-3.28) ^c	2.5, 2.5, 2.5, 2.5, 3, 3, 3, 3, 3

^a: Heterojenite değeri, ^b: ;Serbestlik derecesi ^c: Alt-üst güven aralığı (%95 önem seviyesinde) ve aynı sütunda bulunan farklı küçük harfleri takip eden LT_{99.9} değerleri istatistiki olarak birbirinden farklıdır, ^d: Deneysel olarak tespit edilen popülasyonun yok olması için gereken süreler, f: Her sıcaklık için beş tekerrür kullanılmıştır.

Farklı sıcaklıklarda 1.5 mg/L (1077 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler Şekil 4.15'de verilmiştir. On beş, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için 1.5 mg/L (1077 ppm) fosfin konsantrasyonuna sırasıyla 7.93, 5.83, 3.95 ve 2.94 saat maruz bırakma sürelerine ihtiyaç olduğu saptanmıştır. Tüm sıcaklık koşullarında yürütülen testler sonucunda en yüksek LT_{99,9} değeri en düşük sıcaklık olan 15 °C' de hesaplanırken, en düşük LT_{99,9} değeri ise en yüksek sıcaklıklarda 25 ve 30 °C' de tespit edilmiştir. Farklı sıcaklıklarda yürütülen testlerden elde edilen LT_{99,9} değerleri karşılaştırıldığında, 15 ve 20°C sıcaklıklarına ait alt ve üst güven aralıklarının birbirleriyle çakışmazken 25 ve 30 °C sıcaklıklarına ait alt ve üst güven aralıklarının birbirleriyle çakıştığı görülmüştür. Buna göre LT_{99,9} değerlerine göre 15 °C sıcaklıktaki fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli sürenin diğer tüm sıcaklıklarda elde edilen sürelerden önemli seviyede daha yüksek olduğu ve bunu 20 °C sıcaklıkta yürütülen testlerden elde edilen LT_{99,9} değeri takip etmiştir. 25 °C sıcaklıkta elde edilen LT_{99,9} değeri ile 30 °C sıcaklıklarda elde edilen LT_{99,9} değerinin güven aralıklarında çakışma tespit edildiği için bu iki sıcaklıktan elde edilen değerler arasında farklılık gözlemlenmemiştir. Deneysel olarak tespit edilen hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun yok olması için gereken süreler 15, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda sırasıyla 6-9, 6, 3-4 ve 2.5-3 saat olarak belirlenmiştir. Lethal süre denemeleri sonucunda sıcaklığın 1.5 mg/L (1077 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler üzerine önemli etkiye sahip olduğu ve 15 ve 20 °C sıcaklıkta fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun tamamını öldürmek için 25 ve 30 °C nazaran daha uzun sürelerde fosfine maruz kalması gerektiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.15. Farklı sıcaklıklarda 1.5 mg/L (1077 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun % 99.9’nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri

Sıcaklık (°C)	Eğim±SE ^b	t değeri	H ^a (sd) ^b	LT _{99.9} (saat) (Alt-üst güven aralığı) ^c	Popülasyonun yok olması için gereken süre (saat) ^d
15° C ^e	2.49±0.15	37.16	0.79 (33)	7.93 (7.23-8.78) ^a	6, 9, 9, 9, 9, 9
20 °C	2.75±0.10	26.89	0.33 (28)	5.83 (5.19-6.65) ^b	6, 6, 6, 6, 6
25°C	2.42±0.11	21.42	0.39 (23)	3.95 (3.35-4.81) ^c	3, 3, 4, 4, 4, 4, 4
30 °C	2.79±0.11	25.33	0.58 (28)	2.94 (2.59-3.39) ^c	2,5, 2,5, 2,5, 2,5, 3, 3, 3, 3, 3

^a: Heterojenite değeri, ^b: ;Serbestlik derecesi ^c: Alt-üst güven aralığı (%95 önem seviyesinde) ve aynı sütunda bulunan farklı küçük harfleri takip eden LT_{99.9} değerleri istatistiki olarak birbirinden farklıdır, ^d: Deneysel olarak tespit edilen popülasyonun yok olması için gereken süreler, f: Her sıcaklık için beş tekerrür kullanılmıştır.

Farklı sıcaklıklarda 2 mg/L (1436 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler Şekil 4.16'da verilmiştir. Lethal süre denemeleri sonucunda sıcaklığın, 2 mg/L (1436 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler üzerine önemli etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. On beş, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için 2 mg/L (1436 ppm) fosfin konsantrasyonuna sırasıyla 4.80, 5.74, 2.65 ve 1.56 saat süreyle maruz bırakılma sürelerine ihtiyaç olduğu saptanmıştır. Farklı sıcaklıklarda yürütülen biyolojik testler sonucunda en yüksek LT_{99,9} değeri 15 ve 20 °C de hesaplanırken, en düşük LT_{99,9} değeri ise en yüksek sıcaklıklarda 30 °C' de tespit edilmiştir. Farklı sıcaklıklarda yürütülen biyolojik testlerden elde edilen LT_{99,9} değerleri karşılaştırıldığında 25 ve 30 °C sıcaklıklarına ait alt ve üst güven aralıklarının birbirleriyle çakışmazken 15 ve 20 °C sıcaklıklarına ait alt ve üst güven aralıklarının birbirleriyle çakıştığı görülmüştür. Buna göre LT_{99,9} değerlerine göre 15 ve 20 °C sıcaklıklarda fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler arasında benzerlik saptanırken, bu süreler 25 ve 30 °C sıcaklıklarına ait değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda yürütülen testlerden elde edilen LT_{99,9} değerlerinin alt ve üst güvenilirlik aralıkları arasında herhangi bir çakışma gözlemlenmediği için 25 °C sıcakta yürütülen testlerden elde edilen LT_{99,9} değeri, 30 °C sıcaklıkta yürütülen testlerden elde edilen LT_{99,9} değerinden daha yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir. Deneysel olarak tespit edilen hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun yok olması için gereken süreler 15, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda sırasıyla 4-6, 6, 3-4 ve 1.5-2 saat olarak belirlenmiştir. Lethal süre denemeleri sonucunda sıcaklığın, 2 mg/L (1436 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler üzerine önemli etkiye sahip olduğu ve 25 ve 30 °C sıcaklıkta fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun tamamını öldürmek için 15 ve 20 °C nazaran çok daha kısa sürelerde fosfine maruz kalması gerektiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.16. Farklı sıcaklıklarda 2 mg/L (1436 ppm) fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun % 99.9’nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri

Sıcaklık (°C)	Eğim±SE	t değeri	H ^a (sd) ^b	LT _{99.9} (saat) (Alt-üst güven aralığı) ^c	Popülasyonun yok olması için gerekli süre (saat) ^d
15° C ^e	2.99±0.09	34.80	0.88 (28)	4.80 (4.41-5.27) ^a	4, 4, 4, 4, 6, 6, 6, 6, 6
20 °C	2.64±0.10	25.69	0.49 (28)	5.74 (5.08-6.59) ^a	6, 6, 6, 6, 6
25°C	2.64±0.14	19.35	0.66 (28)	2.65 (2.25-3.22) ^b	3, 3, 4, 4, 4, 4, 4
30 °C	3.18±0.16	19.63	0.80 (23)	1.56 (1.38-1.82) ^c	1.5, 1.5, 2, 2, 2, 2, 2

^a: Heterojenite değeri, ^b: Serbestlik derecesi ^c: Alt-üst güven aralığı (%95 önem seviyesinde) ve aynı sütunda bulunan farklı küçük harfleri takip eden LT_{99.9} değerleri istatistiki olarak birbirinden farklıdır, ^d: Deneysel olarak tespit edilen popülasyonun yok olması için gereken süreler, f: Her sıcaklık için beş tekerrür kullanılmıştır.

4.2.3. Farklı sıcaklıklarda fosfin konsantrasyonlarının fosfine dirençli karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun lethal süre değerlerine etkisi

On beş santigrat derece sıcaklıkta 4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süre değerleri Çizelge 4.17'de verilmiştir. Lethal süre denemeleri sonucunda 15 °C sıcaklıkta fosfin konsantrasyonunun fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler üzerine etkisinin zayıf olduğu görülmüştür. On beş santigrat derecede sıcaklıkta 0.5, 1, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonu uygulamalarında fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için sırasıyla 143.49, 142.85, 129.68 ve 109.66 saat maruz bırakma sürelerine ihtiyaç olmuştur. Genel olarak fosfin konsantrasyonu artıkça $LT_{99.9}$ değerlerinde (2 mg/l konsantrasyon hariç) önemli bir azalmanın olmadığı görülmüştür. En yüksek $LC_{99.9}$ değeri en düşük konsantrasyon olan 0.5 mg/L'de görülürken en düşük $LC_{99.9}$ değeri ise en yüksek konsantrasyon olan 2 mg/L'de tespit edilmiştir. Farklı fosfin konsantrasyonunda $LC_{99.9}$ değerleri karşılaştırıldığında 0.5, 1 ve 1.5 mg/L konsantrasyonlarına ait alt ve üst güven aralıklarının birbirleriyle çakıştığı görülmüştür. Buna göre 0.5, 1 ve 1.5 mg/L konsantrasyonlarında fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler arasında fark olmadığı bulunmuştur. Böylece fosfine konsantrasyondaki artış dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli sürenin düşmesine neden olmamıştır. Ancak 2 mg/L fosfin konsantrasyonuna ait alt ve üst güven aralıklarının 0.5, 1 ve 1.5 mg/L konsantrasyonlarına ait alt ve üst güven aralıklarıyla çakışmadığı belirlenmiştir. Buna göre 2 mg/L fosfin konsantrasyonunda fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli sürenin 0.5, 1 ve 1.5 mg/L elde edilen sürelerden önemli seviyede daha düşük olduğu bulunmuştur. Deneysel olarak tespit edilen dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun yok olması için gereken süreler 0.5, 1, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarında sırasıyla 144, 144, 120-132 ve 120-132 saat olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar 15 °C sıcaklıkta fosfin konsantrasyonunun 0.5 mg/L'den 1.5 mg/L'ye artışı fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun tamamını öldürmek için gerekli fosfine maruz bırakma süresinin kısılmasına neden olmadığını göstermiştir. Ancak fosfin konsantrasyonunun 2 mg/L'ye yükseltilmesi fosfine maruz bırakma süresinin önemli derecede kısılmasına neden olmuştur.

Çizelge 4.17. On beş santigrat derece sıcaklıkta 4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri

Konsantrasyon (mg/l)	Eğim±SE	t değeri	H^a (sd)^b	LT_{99,9}(saat) (Alt-üst güven aralığı)^c	Popülasyonun yok olması için gereken süre (saat)^d
0.5 mg/L (359 ppm)^e	5.68±0.15	37.57	0.88 (28)	143.49 (137.41-150.49) ^a	144, 144, 144, 144, 144
1 mg/L (718 ppm)	4.86±0.14	35.57	0.90 (28)	142.85 (135.97-150.85) ^a	144, 144, 144, 144, 144
1.5 mg/L (1077 ppm)	4.73±0.15	30.82	0.96 (23)	129.68 (122.45-138.32) ^a	120, 120, 120, 120, 132, 132 132, 132, 132
2 mg/L (1436 ppm)	4.35±0.17	26.12	0.76 (23)	109.66 (102.35-118.68) ^b	120, 120, 120, 120, 132, 132 132, 132, 132,

^a: Heterojenite değeri, ^b: ;Serbestlik derecesi ^c: Alt-üst güven aralığı (%95 önem seviyesinde) ve aynı sütunda bulunan farklı küçük harfleri takip eden LT_{99,9} değerleri istatistiki olarak birbirinden farklıdır, ^d: Deneysel olarak tespit edilen popülasyonun yok olması için gereken süreler, f: Her sıcaklık için beş tekrür kullanılmıştır.

Yirmi santigrat derece sıcaklıkta 4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süre değerleri Şekil 4.18'de verilmiştir. Lethal süre denemeleri sonucunda 20 °C sıcaklıkta fosfin konsantrasyonunun fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler üzerine etkili olduğu görülmüştür. Yirmi santigrat derecede sıcaklıkta 0.5, 1, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonu uygulamalarında fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için sırasıyla 107.27, 92.03, 78.08 ve 71.15 saat süreye ihtiyaç duyulmuştur. Genel olarak fosfin konsantrasyonu artıkça $LT_{99,9}$ değerlerinde önemli bir azalmanın olduğu görülmüştür. En yüksek $LC_{99,9}$ değeri en düşük konsantrasyon olan 0.5 mg/L'de görülürken en düşük $LC_{99,9}$ değeri ise en yüksek konsantrasyon olan 2 mg/L'de tespit edilmiştir. Yirmi santigrat derece sıcaklıkta farklı fosfin konsantrasyonlarında yürütülen testlerden elde edilen $LT_{99,9}$ değerleri karşılaştırıldığında, 0.5, 1 ve 1.5 mg/L fosfin konsantrasyonlarının kullanıldığı testlerden elde edilen $LT_{99,9}$ değerlerinin alt ve üst güven aralıklarının çakışmadığı gözlemlenmiştir. Bu hususta 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonunun uygulandığı testlerden elde edilen $LT_{99,9}$ değeri diğer konsantrasyonlardan daha yüksek seviyede bulunurken, 1 mg/L fosfin konsantrasyonunun kullanıldığı testlerden elde edilen $LT_{99,9}$ değeri ise 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarının kullanıldığı testlerde hesaplanan $LT_{99,9}$ değerlerinden daha yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarının kullanıldığı testlerden elde edilen $LT_{99,9}$ değerlerinin alt ve üst güven aralıklarında çakışma gözlemlendiği için bu iki konsantrasyona ait $LT_{99,9}$ değerleri birbirlerine benzer ve diğer konsantrasyonlardan daha düşük olduğu bulunmuştur. Deneysel olarak tespit edilen dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun yok olması için gereken süreler 0.5, 1, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarında sırasıyla 96-108, 84-96, 72-84 ve 72-84 saat olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar 20 °C sıcaklıkta fosfin konsantrasyonunun 0.5 mg/L'den 1.5 mg/L'ye artışı fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun tamamını öldürmek için gerekli fosfine maruz bırakma süresinin kısalmasına neden olduğunu göstermiş ancak fosfin konsantrasyonunun 1.5 mg/L'den 2 mg/L'ye yükseltilmesi fosfine maruz bırakma süresinin önemli derecede kısalmasına neden olmamıştır.

Çizelge 4.18. Yirmi santigrat derece sıcaklıkta 4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri

Konsantrasyon (mg/l)	Eğim±SE	t değeri	H^a (sd)^b	LT_{99,9}(saat) (Alt-üst güven aralığı)^c	Popülasyonun yok olması için gereken süre (saat)^d
0.5 mg/L (359 ppm)^e	4.65±0.15	31.47	0.86 (23)	107.27 (100.43-115.46) ^a	96, 96, 96, 108, 108, 108, 108
1 mg/L (718 ppm)	5.13±0.16	31.78	0.99 (28)	92.03 (87.68-97.75) ^b	84, 84, 84, 84, 96, 96, 96, 96
1.5 mg/L (1077 ppm)	5.40±0.19	27.64	0.81 (23)	78.08 (73.74-83.34) ^c	72, 72, 84, 84, 84, 84, 84
2 mg/L (1436 ppm)	5.36±0.21	25.04	0.66 (23)	71.15 (67.02-76.23) ^c	72, 72, 72, 72, 84, 84, 84, 84, 84

^a: Heterojenite değeri, ^b: ;Serbestlik derecesi ^c: Alt-üst güven aralığı (%95 önem seviyesinde) ve aynı sütunda bulunan farklı küçük harfleri takip eden LT_{99,9} değerleri istatistiki olarak birbirinden farklıdır, ^d: Deneysel olarak tespit edilen popülasyonun yok olması için gereken süreler, f: Her sıcaklık için beş tekrerrür kullanılmıştır.

Yirmi beş santigrat derece sıcaklıkta 4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süre değerleri Şekil 4.19'da verilmiştir. Lethal süre denemeleri sonucunda 25 °C sıcaklıkta fosfin konsantrasyonunun fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler üzerine etkili olduğu görülmüştür. Yirmi beş santigrat derecede sıcaklıkta 0.5, 1, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonu uygulamalarında fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için sırasıyla 73.73, 71.98, 53.69 ve 44.31 saat süreye ihtiyaç duyulmuştur. Yirmi beş santigrat derece sıcaklıkta yürütülen testlerde uygulanan fosfin konsantrasyonu arttıkça LT_{99,9} değerlerinde önemli bir azalmanın olduğu görülmüştür. En yüksek LT_{99,9} değeri en düşük konsantrasyon olan 0.5 mg/L' de görülürken en düşük LT_{99,9} değeri ise en yüksek konsantrasyon olan 2 mg/L' de tespit edilmiştir. Yirmi beş santigrat derece sıcaklıkta farklı fosfin konsantrasyonlarında yürütülen testlerden elde edilen LT_{99,9} değerleri karşılaştırıldığında, 0.5 ve 1 mg/L fosfin konsantrasyonlarının kullanıldığı testlerden elde edilen LT_{99,9} değerlerinin alt ve üst güven aralıklarının birbirleriyle çakıştığı ve bu nedenle bu iki konsantrasyondan elde edilen LT_{99,9} değerleri arasında farklılık bulunmadığı belirlenmiştir. Bununla birlikte 0.5 ve 1 mg/L fosfin konsantrasyonlarının kullanıldığı testlerden elde edilen LT_{99,9} değerlerinin alt ve üst güven aralıkları ile 1.5 mg/L fosfin konsantrasyonunun kullanıldığı testlerden elde edilen LT_{99,9} değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasında çakışma gözlemlenmediği için 0.5 ve 1 mg/L konsantrasyonlarından elde edilen LT_{99,9} değerleri 1.5 mg/L fosfin konsantrasyonunun kullanıldığı testlerden elde edilen LT_{99,9} değerinden daha yüksek bulunmuştur. Benzer ilişki 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonları arasında da gözlemlenmiştir. Deneysel olarak tespit edilen dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun yok olması için gereken süreler 0.5, 1, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarında sırasıyla 72-84, 72, 60 ve 48 saat olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar 25 °C sıcaklıkta fosfin konsantrasyonunun 0.5 mg/L'den 1 mg/L'ye artışı fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun tamamını öldürmek için gerekli fosfine maruz bırakma süresinin kılmasına neden olmadığını göstermiş ancak fosfin konsantrasyonunun 1 mg/L'den 1.5 ve 2 mg/L'ye yükseltilmesi fosfine maruz bırakma süresinin önemli derecede kılmasına neden olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.19. Yirmi beş santigrat derece sıcaklıkta 4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri

Konsantrasyon (mg/l)	Eğim±SE	t değeri	H^a (sd)^b	LT_{99,9}(saat) (Alt-üst güven aralığı)^c	Popülasyonun yok olması için gereken süre (saat)^d
0.5 mg/L (359 ppm)^e	5.01±0.14	26.36	0.94 (28)	73.73 (70.11-77.41) ^a	72, 72, 72, 72, 84,84, 84, 84,84
1 mg/L (718 ppm)	4.27±0.13	34.23	0.88 (22)	71.98 (67.84-76.84) ^a	72, 72, 72, 72, 72
1.5 mg/L (1077 ppm)	4.83±0.15	32.14	0.89 (23)	53.69 (50.59-57.34) ^b	60, 60, 60, 60, 60
2 mg/L (1436 ppm)	4.88±0.19	26.17	0.92 (18)	44.31 (41.24-48.08) ^c	48, 48, 48, 48, 48

^a: Heterojenite değeri, ^b: ;Serbestlik derecesi ^c: Alt-üst güven aralığı (%95 önem seviyesinde) ve aynı sütunda bulunan farklı küçük harfleri takip eden LT_{99,9} değerleri istatistiki olarak birbirinden farklıdır, ^d: Deneysel olarak tespit edilen popülasyonun yok olması için gereken süreler, f: Her sıcaklık için beş tekrerrür kullanılmıştır.

Otuz santigrat derece sıcaklıkta 4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süre değerleri Şekil 4.20'de verilmiştir. Lethal süre denemeleri sonucunda 30 °C sıcaklıkta fosfin konsantrasyonunun fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler üzerine etkisinin zayıf olduğu görülmüştür. Otuz santigrat derecede sıcaklıkta 0.5, 1, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonu uygulamalarında fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için sırasıyla 50.97, 46.84, 41.67 ve 40.38 saat süreye ihtiyaç duyulmuştur. Otuz santigrat derece sıcaklıkta yürütülen testlerde uygulanan fosfin konsantrasyonu arttıkça $LT_{99,9}$ değerlerinde önemli bir azalmanın olmadığı görülmüştür. En yüksek $LT_{99,9}$ değeri en düşük konsantrasyon olan 0.5 mg/L' de görülürken en düşük $LT_{99,9}$ değeri ise en yüksek konsantrasyon olan 2 mg/L' de tespit edilmiştir. Otuz santigrat derece sıcaklıkta farklı fosfin konsantrasyonlarında yürütülen testlerden elde edilen $LT_{99,9}$ değerleri karşılaştırıldığında, 0.5 ve 1 mg/L fosfin konsantrasyonlarının kullanıldığı testlerden elde edilen $LT_{99,9}$ değerlerinin alt ve üst güven aralıklarının birbirleriyle çakıştığı ve bu nedenle bu iki konsantrasyondan elde edilen $LT_{99,9}$ değerleri arasında farklılık bulunmadığı belirlenmiştir. Bununla birlikte 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonlarının kullanıldığı testlerden elde edilen $LT_{99,9}$ değerlerinin alt ve üst güven aralıkları ile 1.5 mg/L fosfin konsantrasyonunun kullanıldığı testlerden elde edilen $LT_{99,9}$ değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasında çakışma gözlemlenmezken, 1 ve 1.5 mg/L fosfin konsantrasyonunun kullanıldığı testlerden elde edilen $LT_{99,9}$ değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasında çakışma saptanmıştır. Bu nedenle 0.5 ve 1 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen $LT_{99,9}$ değerleri ile 1 ve 1.5 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen $LT_{99,9}$ değerleri kendi aralarında benzerlik gösterirken, 0.5 ve 1.5 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen $LT_{99,9}$ değerleri arasında farklılık gözlemlenmiştir. Benzer bir durum 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarından elde edilen $LT_{99,9}$ değerleri arasında da gerçekleşmiş ve bu iki konsantrasyonlarından elde edilen $LT_{99,9}$ değerleri arasında farklılık saptanmamıştır. Deneysel olarak tespit edilen dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun yok olması için gereken süreler 0.5, 1, ve 1.5 mg/L fosfin konsantrasyonlarında için 48-60 saat belirlenirken, 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarında için 48 saatlik süre yeterli olmuştur. Genel olarak 30 °C sıcaklıkta yürütülen testlerde uygulama konsantrasyonunun artışının maruz bırakma sürelerini önemli derece kısaltmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.20. Otuz santigrat derece sıcaklıkta 4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri

Konsantrasyon (mg/l)	Eğim±SE	t değeri	H^a (sd)^b	LT_{99,9}(saat) (Alt-üst güven aralığı)^c	Popülasyonun yok olması için gereken süre (saat)^d
0.5 mg/L (359 ppm)^e	5.51±0.18	30.61	0.84 (23)	50.97 (48.08-54.34) ^a	48, 48, 48, 48, 60,60, 60, 60,60
1 mg/L (718 ppm)	4.92±0.18	27.02	0.68 (23)	46.84 (43.67-50.72) ^{ab}	48, 48, 48, 48, 60,60, 60, 60,60
1.5 mg/L (1077 ppm)	5.530±0.21	25.88	0.69 (23)	41.67 (38.88-45.11) ^b	48, 48, 48, 48, 60, 60, 60, 60, 60
2 mg/L (1436 ppm)	5.26±0.23	23.05	0.67 (22)	40.38 (37.47-44.05) ^b	48, 48, 48, 48, 48

^a: Heterojenite değeri, ^b: ;Serbestlik derecesi ^c: Alt-üst güven aralığı (%95 önem seviyesinde) ve aynı sütunda bulunan farklı küçük harfleri takip eden LT_{99,9} değerleri istatistiki olarak birbirinden farklıdır, ^d: Deneysel olarak tespit edilen popülasyonun yok olması için gereken süreler, f: Her sıcaklık için beş tekrerrür kullanılmıştır.

4.2.4. Farklı sıcaklıklarda fosfin konsantrasyonlarının fosfine hassas karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun lethal süre değerlerine etkisi

On beş santigrat derece sıcaklıkta 4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süre değerleri Şekil 4.21'de verilmiştir. Lethal süre denemeleri sonucunda 15 °C sıcaklıkta fosfin konsantrasyonunun fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler üzerine etkisinin zayıf olduğu görülmüştür. On beş santigrat derecede sıcaklıkta 0.5, 1, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonu uygulamalarında fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için sırasıyla 10.63, 8.78, 7.93 ve 4.80 saat maruz kalma süresine ihtiyaç olmuştur. Genel olarak fosfin konsantrasyonunun 0.5 mg/L'den 1 mg/L'ye ve 1 veya 1.5 mg/L'den 2 mg/L'ye artmasıyla LT_{99.9} değerlerinde önemli bir azalmanın olduğu görülmüştür. En yüksek LC_{99.9} değeri en düşük konsantrasyon olan 0.5 mg/L'de görülürken en düşük LC_{99.9} değeri ise en yüksek konsantrasyon olan 2 mg/L'de tespit edilmiştir. Farklı fosfin konsantrasyonunda LC_{99.9} değerleri karşılaştırıldığında 1 ve 1.5 mg/L konsantrasyonlarına ait alt ve üst güven aralıklarının birbirleriyle çakıştığı görülmüştür. Buna 1 ve 1.5 mg/L konsantrasyonlarında fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler arasında fark olmadığı bulunmuştur. Buna göre fosfin konsantrasyonundaki bu artış hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli sürenin düşmesine neden olmamıştır. Ancak 2 mg/L fosfin konsantrasyonuna ait alt ve üst güven aralıklarının 0.5, 1 ve 1.5 mg/L konsantrasyonlarına ait alt ve üst güven aralıklarıyla çakışmadığı belirlenmiştir. Buna göre 2 mg/L fosfin konsantrasyonunda fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli sürenin 0.5, 1 ve 1.5 mg/L elde edilen sürelerden önemli seviyede daha düşük olduğu bulunmuştur. Deneysel olarak tespit edilen hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun yok olması için gereken süreler 0.5, 1, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarında sırasıyla 9, 9, 6-9 ve 4-6 saat olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar 15 °C sıcaklıkta fosfin konsantrasyonunun 0.5 mg/L'den 1.5 mg/L'ye artışı fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun tamamını öldürmek için gerekli fosfine maruz bırakma süresindeki azalmanın düşük olduğunu, ancak konsantrasyonun 2 mg/L'ye yükseltilmesi ile fosfine maruz bırakma süresindeki azalmanın yüksek olduğunu göstermiştir.

Çizelge 4.21. On beş santigrat derece sıcaklıkta 4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri

Konsantrasyon (mg/l)	Eğim±SE	t değeri	H^a (sd)^b	LT_{99,9}(saat) (Alt-üst güven aralığı)^c	Popülasyonun yok olması için gereken süre (saat)^d
0.5 mg/L (359 ppm)^e	2.93±0.07	41.83	0.71 (28)	10.63 (9.77-11.65) ^a	9, 9, 9, 9, 9
1 mg/L (718 ppm)	2.96±0.07	42.35	0.96 (33)	8.78 (8.13-9.55) ^b	9, 9, 9, 9, 9
1.5 mg/L (1077 ppm)	2.49±0.15	37.16	0.79 (33)	7.93 (7.23-8.78) ^b	6, 9, 9, 9, 9, 9
2 mg/L (1436 ppm)	2.99±0.09	34.80	0.88 (28)	4.80 (4.41-5.27) ^c	4, 4, 4, 4, 6, 6, 6, 6, 6

^a: Heterojenite değeri, ^b: ;Serbestlik derecesi ^c: Alt-üst güven aralığı (%95 önem seviyesinde) ve aynı sütunda bulunan farklı küçük harfleri takip eden LT_{99,9} değerleri istatistiki olarak birbirinden farklıdır, ^d: Deneysel olarak tespit edilen popülasyonun yok olması için gereken süreler, f: Her sıcaklık için beş tekerrür kullanılmıştır.

Yirmi santigrat derece sıcaklıkta 4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli maruz bırakma süreleri Şekil 4.22'de verilmiştir. Lethal süre denemeleri sonucunda 20°C sıcaklıkta fosfin konsantrasyonunun fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler üzerine etkisinin zayıf olduğu görülmüştür. Yirmi santigrat derecede sıcaklıkta 0.5, 1, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonu uygulamalarında fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için sırasıyla 7.76, 7.66, 5.83 ve 5.74 saat maruz bırakma sürelerine ihtiyaç olmuştur. Farklı fosfin konsantrasyonlarının LT_{99,9} değerleri karşılaştırıldığında, 0.5 ve 1 mg/L fosfin konsantrasyonlarının kullanıldığı testlerden elde edilen LT_{99,9} değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasında çakışma gözlemlenmiş, benzer durum 1.5 ve 2 mg/L konsantrasyonları arasında da saptanmıştır. Ancak 1 ve 1.5 mg/L konsantrasyonlarından elde edilen LT_{99,9} değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasında çakışma saptanmamıştır. Yirmi santigrat derece sıcaklıkta yürütülen testlerde, fosfin konsantrasyonunun 0.5 mg/L'den 1 mg/L'ye ve 1.5 mg/L'den 2 mg/L'ye artmasıyla LT_{99,9} değerlerinde önemli bir azalmanın gerçekleşmediği ancak uygulama konsantrasyonu 1 mg/L'den 1.5 mg/L'ye yükseltildiğinde LT_{99,9} değerlerinde önemli seviyede azalma gerçekleştiği belirlenmiştir. Deneysel olarak tespit edilen, hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun yok olması için gereken süreler 0.5, 1, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarında sırasıyla 3-4, 2.5-3, 2.5-3 ve 1.5-2 saat olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar 20 °C sıcaklıkta fosfin konsantrasyonunun 0.5 mg/L'den 1 mg/L'ye ve 1.5 mg/L'den 2 mg/L'ye yükseltilmesiyle fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun tamamını öldürmek için gerekli fosfine maruz bırakma süresindeki azalmanın önemli seviyede olduğunu açığa çıkarmıştır.

Çizelge 4.22. Yirmi santigrat derece sıcaklıkta 4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri

Konsantrasyon (mg/l)	Eğim±SE	t değeri	H^a (sd) ^b	LT_{99,9}(saat) (Alt-üst güven aralığı) ^c	Popülasyonun yok olması için gereken süre (saat)^d
0.5 mg/L (359 ppm)^e	3.15±0.09	32.26	0.67 (31)	7.76 (7.05-8.64) ^a	6, 6, 6, 8, 8, 8, 8, 8
1 mg/L (718 ppm)	2.84±0.09	34.23	0.80 (28)	7.66 (6.83-8.72) ^a	6, 6, 6, 6, 8, 8, 8, 8, 8
1.5 mg/L (1077 ppm)	2.75±0.10	26.89	0.33 (28)	5.83 (5.19-6.65) ^b	6, 6, 6, 6, 6
2 mg/L (1436 ppm)	2.64±0.10	25.69	0.49 (28)	5.74 (5.08-6.59) ^b	6, 6, 6, 6, 6

^a: Heterojenite değeri, ^b: ;Serbestlik derecesi ^c: Alt-üst güven aralığı (%95 önem seviyesinde) ve aynı sütunda bulunan farklı küçük harfleri takip eden LT_{99,9} değerleri istatistiki olarak birbirinden farklıdır, ^d: Deneysel olarak tespit edilen popülasyonun yok olması için gereken süreler, f: Her sıcaklık için beş tekerrür kullanılmıştır.

Yirmi beş santigrat derece sıcaklıkta 4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli maruz bırakma süreleri Şekil 4.23'de verilmiştir. Lethal süre denemeleri sonucunda 25°C sıcaklıkta fosfin konsantrasyonunun fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler üzerine etkisinin zayıf olduğu görülmüştür. Yirmi beş santigrat derecede sıcaklıkta 0.5, 1, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonu uygulamalarında fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için sırasıyla 3.92, 3.98, 3.95 ve 2.65 saat süreye ihtiyaç duyulmuştur. Farklı fosfin konsantrasyonlarının LT_{99.9} değerleri karşılaştırıldığında, 0.5, 1 ve 1.5 mg/L fosfin konsantrasyonları ile yürütülen testlerden elde edilen LT_{99.9} değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasında çakışma gözlemlendiği ve bu nedenle aralarında benzerlik olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte 2 mg/L fosfin konsantrasyonunda elde edilen LT_{99.9} değerine ait alt ve üst güven aralıkları arasında çakışma gözlemlenmediği ve bu yüzden 2 mg/L fosfin konsantrasyonunun LT_{99.9} değeri diğer üç konsantrasyondan önemli seviyede düşük bulunmuştur. Deneysel olarak tespit edilen hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun yok olması için gereken süreler tüm uygulama konsantrasyonları 3-4 saat olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar 25 °C sıcaklık koşullarında yürütülen testlerde konsantrasyon artışının popülasyonların %99.9'unu öldürebilmesi için gerekli olan süreler üzerinde zayıf etki gösterdiği ve uygulama konsantrasyonunun 0.5 mg/L'den 1.5 mg/L'ye yükseltilmesiyle LT_{99.9} değerlerinde önemli seviyede düşüşe neden olmadığını ve gerek duyulan maruz bırakma sürelerinin konsantrasyonunun 2 mg/L'ye yükseltilmesiyle sağlanabileceğini ortaya koymuştur.

Çizelge 4.23. Yirmi beş santigrat derece sıcaklıkta 4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun % 99.9’nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri

Konsantrasyon (mg/l)	Eğim±SE	t değeri	H^a (sd) ^b	LT_{99,9}(saat) (Alt-üst güven aralığı) ^c	Popülasyonun yok olması için gereken süre (saat) ^d
0.5 mg/L (359 ppm) ^e	2.96±0.12	24.88	0.49 (28)	3.92 (3.43-4.57) ^a	3, 3, 3, 4, 4, 4, 4, 4
1 mg/L (718 ppm)	2.83±0.12	24.36	0.53 (28)	3.98 (3.46-4.68) ^a	3, 3, 3, 4, 4, 4, 4, 4
1.5 mg/L (1077 ppm)	2.42±0.11	21.42	0.39 (23)	3.95 (3.35-4.81) ^a	3, 3, 4, 4, 4, 4, 4
2 mg/L (1436 ppm)	2.64±0.14	19.35	0.66 (28)	2.65 (2.25-3.22) ^b	3, 3, 4, 4, 4, 4, 4

^a: Heterojenite değeri, ^b: ;Serbestlik derecesi ^c: Alt-üst güven aralığı (%95 önem seviyesinde) ve aynı sütunda bulunan farklı küçük harfleri takip eden LT_{99,9} değerleri istatistiki olarak birbirinden farklıdır, ^d: Deneysel olarak tespit edilen popülasyonun yok olması için gereken süreler, f: Her sıcaklık için beş tekrür kullanılmıştır.

Otuz santigrat derece sıcaklıkta 4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli maruz bırakma süreleri Şekil 4.24'de verilmiştir. Lethal süre denemeleri sonucunda 30 °C sıcaklıkta fosfin konsantrasyonunun fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler üzerine etkili olduğu belirlenmiştir. Otuz santigrat derecede sıcaklıkta 0.5, 1, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonu uygulamalarında fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun % 99.9'nu öldürmek için sırasıyla 3.93, 2.89, 2.94 ve 1.56 saat süreye ihtiyaç duyulmuştur. Farklı fosfin konsantrasyonlarının LT_{99,9} değerleri karşılaştırıldığında, 0.5 ve 1 mg/L fosfin konsantrasyonları ile yürütülen testlerden elde edilen LT_{99,9} değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasında çakışma gözlemlenmediği ve bu nedenle 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonları ile yürütülen testlerden elde edilen LT_{99,9} değerinin, 1 mg/L fosfin konsantrasyonları ile yürütülen testlerden elde edilen LT_{99,9} değerinden daha yüksek seviyede olduğu belirlenirken, 1 ve 1.5 mg/L fosfin konsantrasyonları ile yürütülen testlerden elde edilen LT_{99,9} değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasında çakışma belirlenmiş ve bu iki konsantrasyondan elde edilen değerler birbirlerine benzer bulunmuştur. Otuz santigrat derece sıcaklıkta yürütülen testlerde 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonları ile yürütülen testlerden elde edilen LT_{99,9} değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasında herhangi bir çakışma olmadı için, tüm çalışma boyunca en yüksek LT_{99,9} değeri 0.5 mg/L, en düşük LT_{99,9} değeri ise 2 mg/L fosfin konsantrasyonunun kullanıldığı testlerden elde edilmiştir. Deneysel olarak tespit edilen hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun yok olması için gereken süreler tüm uygulama konsantrasyonları 1.5-4 saat olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar 30 °C sıcaklık koşullarında yürütülen testlerde konsantrasyon artışının popülasyonların %99.9'unu öldürebilmesi için gerekli olan süreler üzerinde zayıf etki gösterdiği ve uygulama konsantrasyonunun 0.5 mg/L'den 1.5 mg/L ye yükseltilmesiyle LT_{99,9} değerlerinde önemli seviyede düşüşe neden olmadığını ve gerek duyulan maruz bırakma sürelerinin konsantrasyonunun 2 mg/L'ye yükseltilmesiyle sağlanabileceğini ortaya koymuştur.

Çizelge 4.24. Otuz santigrat derece sıcaklıkta 4 farklı fosfin konsantrasyonu uygulanan fosfine hassas karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun % 99.9’nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri

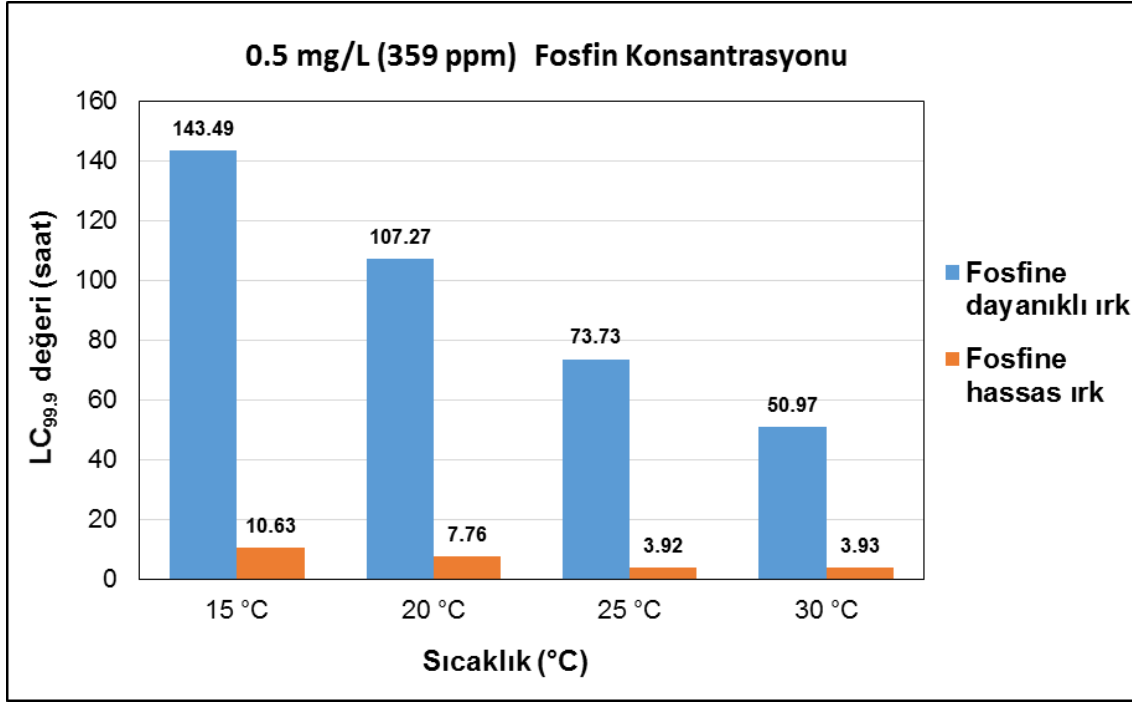
Konsantrasyon (mg/l)	Eğim±SE	t değeri	H^a (sd)^b	LT_{99,9}(saat) (Alt-üst güven aralığı)^c	Popülasyonun yok olması için gereken süre (saat)^d
0.5 mg/L (359 ppm)^e	2.87±0.11	27.93	0.75 (28)	3.93 (3.48-4.51) ^a	3, 3, 3, 3, 4, 4, 4, 4, 4
1 mg/L (718 ppm)	3.17±0.11	27.73	0.56 (28)	2.89 (2.59-3.28) ^b	2.5, 2.5, 2.5, 2.5, 3, 3, 3, 3, 3
1.5 mg/L (1077 ppm)	2.79±0.11	25.33	0.58 (28)	2.94 (2.59-3.39) ^b	2,5, 2,5, 2,5, 2,5, 3, 3, 3, 3, 3
2 mg/L (1436 ppm)	3.18±0.16	19.63	0.80 (23)	1.56 (1.38-1.82) ^c	1.5, 1.5, 2, 2, 2, 2, 2

^a: Heterojenite değeri, ^b: ;Serbestlik derecesi ^c: Alt-üst güven aralığı (%95 önem seviyesinde) ve aynı sütunda bulunan farklı küçük harfleri takip eden LT_{99,9} değerleri istatistiki olarak birbirinden farklıdır, ^d: Deneysel olarak tespit edilen popülasyonun yok olması için gereken süreler, f: Her sıcaklık için beş tekerrür kullanılmıştır.

4.2.5. Farklı sıcaklıklarda ve fosfin konsantrasyonlarında fosfine dirençli ve hassas karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun Lethal süre_{99.9} (LT_{99.9})değerlerinin kıyaslanması

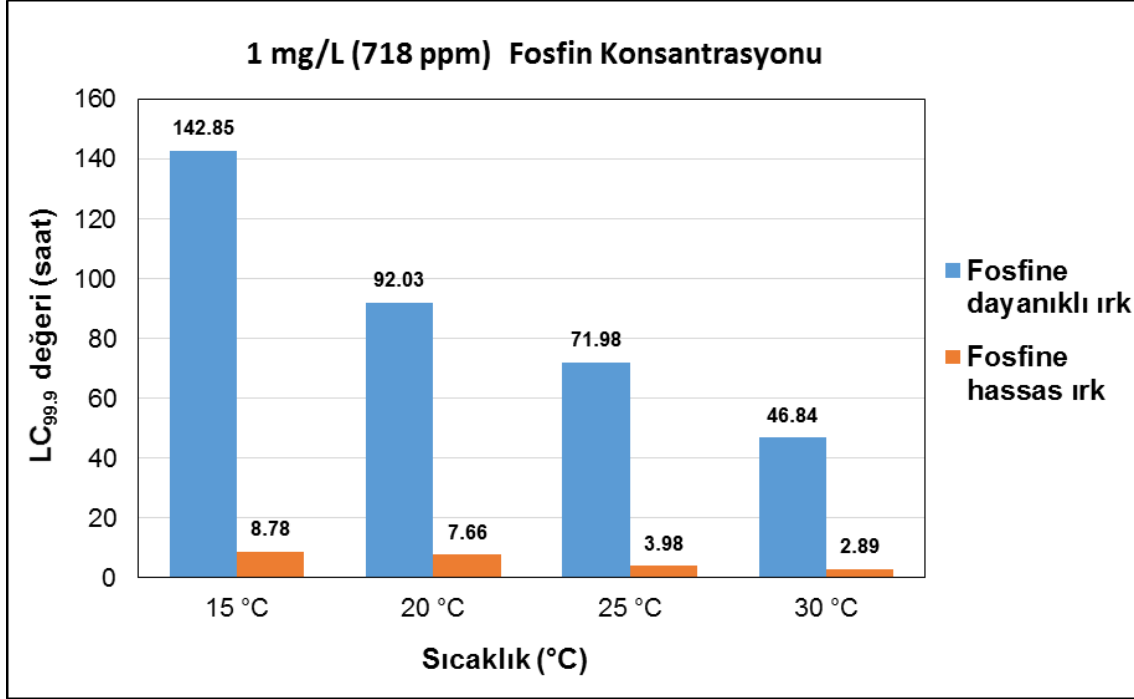
Farklı sıcaklıklarda 0.5 mg/L (359 ppm) fosfin konsantrasyonuna maruz bırakılan fosfine dirençli ve hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun LT_{99.9} değerleri Şekil 4.1'de verilmektedir. On beş, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda 0.5 mg/L (359 ppm) fosfin konsantrasyonuna maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun LT_{99.9} değerleri sırasıyla 143.49, 107.27, 73.73 ve 50.97 saat olurken fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun LT_{99.9} değerleri sırasıyla 10.63, 7.76, 3.92 ve 3.93 saat olarak belirlenmiştir. Buna göre tüm sıcaklıklarda 0.5 mg/L (359 ppm) fosfin konsantrasyonuna maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun %99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun %99.9'nu öldürmek için gerekli maruz bırakma sürelerinden çok daha uzun olduğu belirlenmiştir. On beş, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda 0.5 mg/L (359 ppm) fosfin konsantrasyonuna maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun %99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonuna göre sırasıyla 13.5, 13.8, 18.8 ve 12.9 kat daha uzun olduğu görülmüştür.

Şekil 4.1. Farklı sıcaklıklarda 0.5 mg/L (359 ppm) fosfin konsantrasyonunamaruz bırakılan fosfine dirençli ve hassas karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonun lethal süre_{99.9} (LT_{99.9})değerleri



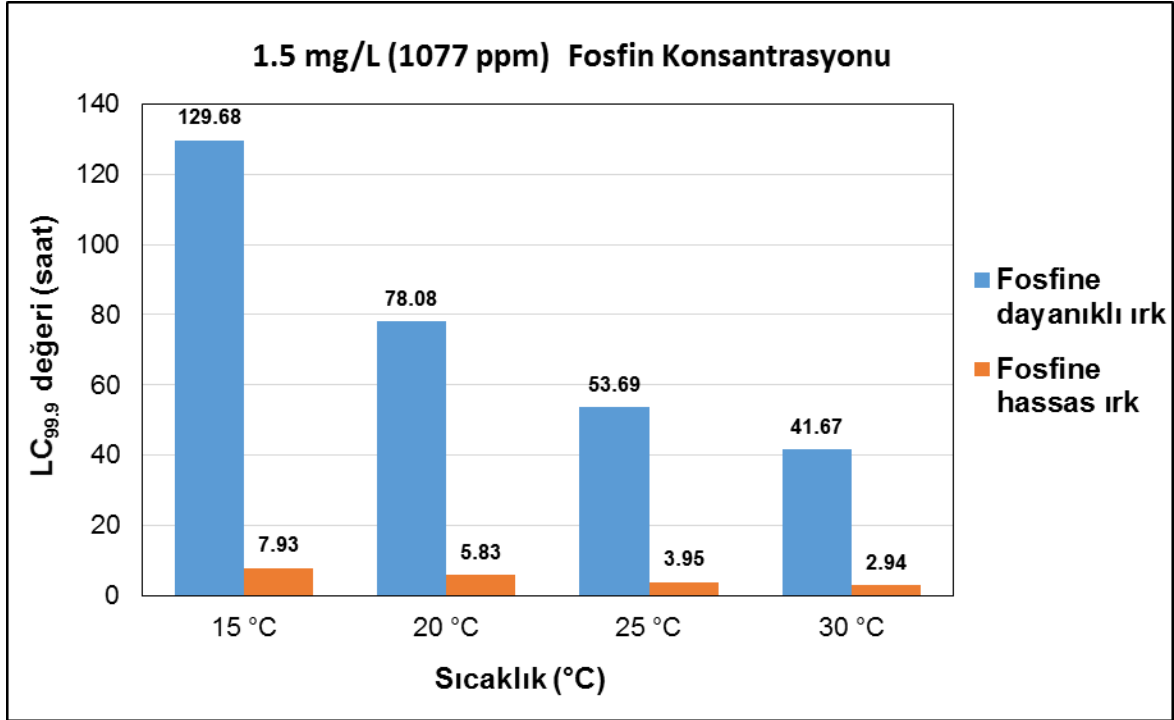
Farklı sıcaklıklarda 1 mg/L (718 ppm) fosfin konsantrasyonunamaruz bırakılan fosfine dirençli ve hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun LT_{99.9} değerleri Şekil 4.2’de verilmektedir. On beş, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda 1 mg/L (718 ppm) fosfin konsantrasyonuna maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun LT_{99.9} değerleri sırasıyla 142.85, 92.03, 71.98 ve 16.02 saat olarak belirlenirken, fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun LT_{99.9} değerleri sırasıyla 8.78, 7.56, 3.98 ve 2.89 saat olarak belirlenmiştir. Buna göre tüm sıcaklıklarda 1 mg/L (718 ppm) fosfin konsantrasyonuna maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun %99.9’nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun %99.9’nu öldürmek için gerekli maruz bırakma sürelerinden çok daha uzun olduğu belirlenmiştir. On beş, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda 1 mg/L (718 ppm) fosfin konsantrasyonuna maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun %99.9’nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonuna göre sırasıyla 16.3, 12, 18.08 ve 16.02 kat daha uzun olduğu görülmüştür.

Şekil 4.2. Farklı sıcaklıklarda 1 mg/L (718 ppm) fosfin konsantrasyonunamaruz bırakılan fosfine dirençli ve hassas karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun lethal süre_{99,9} (LT_{99,9})değerleri



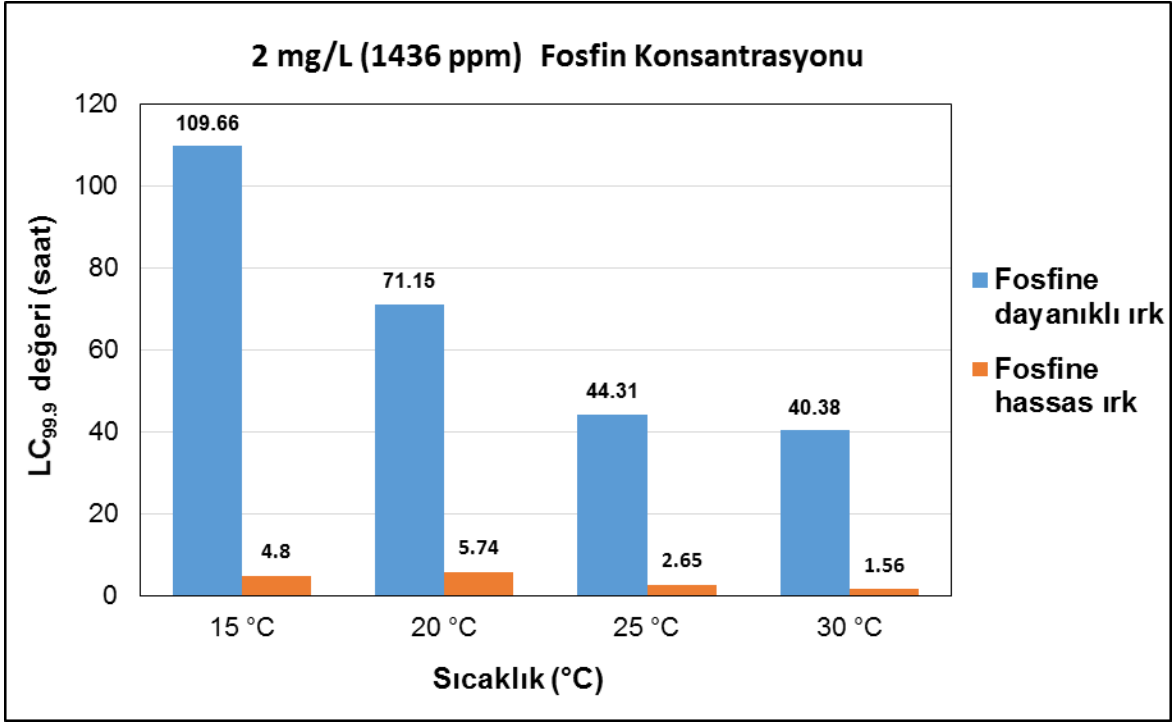
Farklı sıcaklıklarda 1.5 mg/L (1077 ppm) fosfin konsantrasyonunamaruz bırakılan fosfine dirençli ve hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun LT_{99,9} değerleri Şekil 4.3'de verilmektedir. On beş, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda 1.5 mg/L (1077 ppm) fosfin konsantrasyonuna maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun LT_{99,9} değerleri sırasıyla 129,68, 78.08, 53.69 ve 41.67 saat olarak belirlenirken, fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun LT_{99,9} değerleri sırasıyla 7.93, 5.83, 3.95 ve 2.94 saat olarak belirlenmiştir. Buna göre tüm sıcaklıklarda 1.5 mg/L (1077 ppm) fosfin konsantrasyonuna maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun %99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun %99.9'nu öldürmek için gerekli maruz bırakma sürelerinden çok daha uzun olduğu belirlenmiştir. On beş, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda 1.5 mg/L (1077 ppm) fosfin konsantrasyonuna maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun %99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonuna göre sırasıyla 16.35, 13.4, 13.6 ve 14.17 kat daha uzun olduğu görülmüştür.

Şekil 4.3. Farklı sıcaklıklarda 1.5 mg/L (1077 ppm) fosfin konsantrasyonunamaruz bırakılan fosfine dirençli ve hassas karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonun lethal süre_{99.9} (LT_{99.9})değerleri



Farklı sıcaklıklarda 2 mg/L (1436 ppm) fosfin konsantrasyonunamaruz bırakılan fosfine dirençli ve hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun LT_{99.9} değerleri Şekil 4.4'de verilmektedir. On beş, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda 2 mg/L (1436 ppm) fosfin konsantrasyonuna maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun LT_{99.9} değerleri sırasıyla 109.66, 71.15, 44.31 ve 40.38 saat olarak belirlenirken, fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun LT_{99.9} değerleri sırasıyla 4.8, 5.74, 2.65 ve 1.56 saat olarak belirlenmiştir. Buna göre tüm sıcaklıklarda 2 mg/L (1436 ppm) fosfin konsantrasyonuna maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun %99.9'nu öldürmek için gerekli maruz bırakma sürelerinden çok daha uzun olduğu belirlenmiştir. On beş, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda 2 mg/L (1436 ppm) fosfin konsantrasyonuna maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun % 99.9'nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonuna göre sırasıyla 22.9, 12.4, 16.7 ve 25.8 kat daha uzun olduğu görülmüştür.

Şekil 4.4. Farklı sıcaklıklarda 2 mg/L (1436 ppm) fosfin konsantrasyonunamaruz bırakılan fosfine dirençli ve hassas karışık yaştaki *Tribolium castaneum* popülasyonunun lethal süre_{99,9} (LT_{99,9})değerler



5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Etkili bir direnç yönetim programı için popülasyonların direnç geliştirme potansiyeli, çapraz direnç spektrumu ve direnç mekanizmalarına ilişkin ayrıntılı bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Direnç yönetim stratejilerinin oluşturulabilmesi için erken dönemlerde bu direncin tespiti ve karakterizasyonunun yapılması gereklidir (Soderlund ve Bloomquist, 1990; Soderlund ve Knipple, 2003). Bölgesel veya lokal düzeylerde direnç taraması yapılarak zararlıların direnç durumunun ortaya çıkarılması söz konusu programların ilk basamağını oluşturmaktadır (Croft, 1990). Bu bağlamda, Dünya’da ve Türkiye’de metil bromide kullanımının yasaklanmasıyla birlikte depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede fosfinin tek kalması düşünüldüğünde fosfin kullanımının sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla direnç tespitinin ve gerekirse ona göre fosfine dirençli popülasyonlar için etkili fumigasyon protokollarının oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Türkiye’de yapılan çalışmalarda fosfine yüksek direnç gösteren *T. castaneum* popülasyonlarının bulunduğunu ve fosfin direnç gösteren popülasyonların yaygın olduğu ortaya konmuştur (Koçak ve ark., 2014; Koçak ve ark., 2017). Bu çalışmada farklı sıcaklık ortamlarında yüksek seviyede fosfine dirençli *T. castaneum*’un kontrolü için etkili fumigasyon protokollerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla laboratuvar ortamında dört farklı sıcaklıkta (15, 20, 25 ve 30 °C) ve dört farklı fosfin konsantrasyonunda (0.5, 1 , 1.5 ve 2 mg/L) fosfine dirençli ve hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonu üzerinde biyolojik testler yürütülmüştür.

Farklı sıcaklıklarda ve fosfin konsantrasyonlarında fosfine dirençli ve hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun LT_{99.9} değerleri kıyaslandığında tüm sıcaklıklarda (15, 20, 25 ve 30 °C) tüm fosfin konsantrasyonlarına (0.5, 1 , 1.5 ve 2 mg/L) maruz bırakılan fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun %99.9’nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun %99.9’nu öldürmek için gerekli maruz bırakma sürelerinden çok daha uzun olduğu belirlenmiştir. Tüm sıcaklıklarda ve fosfin konsantrasyonlarında fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun %99.9’nu öldürmek için gerekli olan maruz bırakma süreleri hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonuna göre 12-29 kat daha uzun olduğu görülmüştür. Özellikle yüksek sıcaklıkta (30 °C) dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun LT_{99.9} değerleri ile hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun LT_{99.9} değerleri oranının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar,

sıcaklığa bağlı olarak fosfine dirençli *T. castaneum* ırkının %100 kontrolü için fosfin gazına uzun süre maruz bırakılması gerektiğini göstermektedir.

Fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonu ile yürütülen biyolojik testlerde, uygulamadan hem 1 hafta hem 5 hafta sonra yapılan sayımlar sonucunda; fosfinkonsantrasyonu hesaba katılmadığında tüm test edilen sıcaklıklarda maruz bırakma süresinin ergin popülasyondaki azalma oranları üzerinde istatistiksel açıdan önemli seviyede etki gösterdiği belirlenmiştir. Tüm sıcaklıklarda ve uygulama konsantrasyonlarında fosfine maruz bırakma süreleri arttıkça fosfin uygulamadan hem 1 hafta hem de 5 hafta sonra *T. castaneum* ergin popülasyonundaki azalma oranında önemli seviyede artışın olduğu tespit edilmiştir. Fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun uygulamadan 5 hafta sonra ergin popülasyonunun tamamen kontrol edilmesi için gerekli olan fosfin maruz bırakma sürelerinin sıcaklığa ve uygulama konsantrasyonuna göre değiştiği gözlemlenmiştir. On beş santigrat derece sıcaklıkta fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun uygulamadan 5 hafta sonra popülasyonunun tamamen kontrol edilebilmesi için 0.5 ve 1 mg/L fosfin konsantrasyonunda 6 gün, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonunda 5 gün maruz bırakma sürelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yirmi santigrat derece sıcaklıkta fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun uygulamadan 5 hafta sonra popülasyonunun tamamen kontrol edilebilmesi için 0.5 ve 1 mg/L fosfin konsantrasyonunda 6 gün, 1.5 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonunda 5 gün maruz bırakma sürelerine ihtiyaç duyulurken 20 °C sıcaklıkta ise tüm fosfin konsantrasyonunda 4 gün maruz bırakma süresine ihtiyaç duyulmuştur. Bunun yanında 25 °C sıcaklıkta fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun uygulamadan 5 hafta sonra popülasyonunun tamam kontrol edilebilmesi için 0.5, 1 ve 1.5 mg/L fosfin konsantrasyonunda 3 gün, 2 mg/L konsantrasyonunda 1.5 gün maruz bırakma süresine ihtiyaç duyulurken 30 °C sıcaklıkta ise 0.5, 1 ve 1.5 mg/L fosfin konsantrasyonunda 2 gün, 2 mg/L konsantrasyonunda 1.5 gün maruz bırakma süresine ihtiyaç duyulmuştur. Sonuç olarak fosfine dirençli popülasyonu tamamen kontrol edebilmek için 15, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda fosfine dirençli popülasyonu 0.5mg/L ile 2 mg/L arasındaki fosfin konsantrasyonuna sırasıyla 5-6, 4, 1.5-3 ve 1.5-2 gün süreyle maruz bırakılması gerektiği belirlenmiştir.

Fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonu ile yürütülen biyolojik testlerde, uygulamadan hem 1 hafta hem de 5 hafta sonra yapılan sayımlar sonucunda; maruz bırakma süresi hesaba katılmadığında tüm test edilen sıcaklıklarda fosfin

konsantrasyonu ergin popülasyondaki azalma oranları üzerinde istatistiksel açıdan önemli seviyede etki gösterdiği belirlenmiştir. Her sıcaklıktaki maruz bırakma süreleri tek tek incelendiğinde genel olarak kısa maruz bırakma sürelerinde (1 ve 2 gün) fosfin konsantrasyonunun artışı fosfin uygulamadan hem 1 hafta hem de 5 hafta sonra *T. castaneum* ergin popülasyonundaki azalma oranında önemli seviyede artışın olmadığı tespit edilirken daha uzun maruz bırakma sürelerinde (3 ve 4 gün) fosfin konsantrasyonunun artışı fosfin uygulamadan hem 1 hafta hem de 5 hafta sonra *T. castaneum* ergin popülasyonundaki azalma oranında önemli seviyede artışa neden olduğü görülmüştür. On beş ve 20 °C sıcaklıklarda fosfin konsantrasyonunun 1 veya 2 gün maruz bırakma sürelerinde fosfine dirençli *T. castaneum* ergin popülasyonundaki azalma oranında önemli etkiye sahip olmazken 3 ve 4 gün maruz bırakma sürelerinde fosfin konsantrasyonunun ergin popülasyonundaki azalma oranında önemli etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Yirmi beş ve 30 °C sıcaklıklarda ise fosfin konsantrasyonunun genellikle 0.5 veya 1 gün maruz bırakma sürelerinde fosfine dirençli *T. castaneum* ergin popülasyonundaki azalma oranında önemli etkiye sahip olmazken 1.5 ve 2 gün maruz bırakma sürelerinde fosfin konsantrasyonunun ergin popülasyonundaki azalma oranında önemli etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak 3 güden sonraki maruz bırakma sürelerinde fosfin konsantrasyonunun artışı ergin popülasyonundaki azalma oranında artışa neden olmadığı görülmüştür. Genel olarak fosfin konsantrasyon artışının ergin popülasyonundaki azalma oranında oransal (doğrusal) bir artışa neden olmadığı görülmüştür. Kısa maruz bırakma sürelerinde (0.5 -2 gün) en yüksek fosfin konsantrasyonda (2 mg/L) dahi fosfine dirençli popülasyonu tamamen kontrol edilmesinin mümkün olmadığı belirlenmiştir. Fosfine dirençli popülasyonu tamamen kontrol edebilmek için fosfin konsantrasyonunu artırılmasından ziyade maruz bırakma süresinin artırılmasının gerekli olduğu tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Annis(1993) fumigantta maruz kalma süresi çoğu durumda uygulama konsantrasyonundan daha önemli olduğunu bildirmiştir. Hole ve ark.(1976) ve Price (1985) Konsantrasyon (C) x maruz bırakma süresi (T) ürünü (C x T product), değişebilen konsantrasyon, böcek türleri, aynı türlerin ırkları veya popülasyonları ve bir türün farklı biyolojik dönemleri nedeniyle genellikle farklılık gösterdiğini bildirmişler. Fosfin kullanarak böcekleri kontrol etmek için gereken maruz bırakma süresi, direnç nedeniyle daha uzun hale gelmektedir. Örneğin, fosfin direncine sahip *R. dominica* için 0.2, 0.3, 0.5 ve 0.7 g m⁻³lük konsantrasyonda maruz bırakma süresinin 7 gün (Taylor ve Harris, 1994; Bengston ve ark., 1997; Rajendran ve ark., 2001; Rajendran ve Muralidharan, 2001), daha sonra 8 gün (Rajendran ve Gunasekaran, 2002;

Collins ve ark., 2005), 6-9 gün (Price ve Mills, 1988; Liang ve ark., 1999; Collins ve ark., 2002) ve 7 günden daha fazla (Sayaboc ve ark., 1998) olduğu bildirilmektedir.

Lethal süre denemeleri sonucunda sıcaklığın tüm fosfin konsantrasyonu (0.5, 1, 1.5 ve 2 mg/L) uygulanan fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler üzerine önemli etkiye sahip olduğu görülmüştür. Tüm fosfin konsantrasyonlarında sıcaklık artıkça LT_{99,9} değerlerinde önemli bir azalmanın olduğu tespit edilmiştir. En yüksek LT_{99,9} değeri en düşük sıcaklık olan 15 °C'de görülürken en düşük LT_{99,9} değeri ise en yüksek sıcaklık olan 30 °C sıcaklıkta tespit edilmiştir. Tüm fosfin konsantrasyonlarında farklı sıcaklıklardaki LT_{99,9} değerleri karşılaştırıldığında 15, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarına ait alt ve üst güvenlik aralıklarının birbirleriyle çakışmadığı görülmüştür. Buna göre LT_{99,9} değerlerine göre 15 °C sıcaklıktaki fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun % 99.9'nu öldürmek için gerekli sürenin diğer sıcaklıklarda elde edilen sürelerden önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde 20 °C sıcaklıktaki fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun % 99.9'nu öldürmek için gerekli sürenin 25 ve 30 °C sıcaklıklarda elde edilen sürelerden önemli seviyede daha yüksek olurken 25 °C sıcaklıkta elde edilen LT_{99,9} değeri de 30 °C sıcaklıklarda elde edilen LT_{99,9} değerinden önemli seviyede daha yüksek olduğu belirlenmiştir. 0.5 mg/L (359 ppm) fosfin konsantrasyonunda fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun yok olması için gereken süreler 15, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda sırasıyla 144, 107, 74 ve 51 saat, 1 mg/L(718 ppm) fosfin konsantrasyonunda sırasıyla 143, 92, 72 ve 47saat, 1.5 mg/L (1077 ppm) konsantrasyonunda sırasıyla 130, 78, 54 ve 42 saat ve 2 mg/L (1436 ppm) konsantrasyonunda ise sırasıyla 110, 71, 44 ve 40 saat olarak belirlenmiştir. Fosfine hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun tamamını öldürmek için ise 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonunda dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunun yok olması için gereken süreler 15, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda sırasıyla 10.6, 7.8, 3.9 ve 3.9 saat, 1 mg/L fosfin konsantrasyonunda sırasıyla 8.8, 7.67 4.0 ve 2.9 saat, 1.5 mg/L konsantrasyonunda sırasıyla 7.9, 5.8, 3.9 ve 2.9 saat ve 2 mg/L konsantrasyonunda ise sırasıyla 4.8, 5.7, 2.7 ve 1.6 saat olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar tüm fosfin konsantrasyonlarında sıcaklık artışının fosfine dirençli ve hassas karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun tamamını öldürmek için gerekli fosfine maruz bırakma süresinin kısılmasına neden olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada fosfin konsantrasyonundan bağımsız olarak düşük sıcaklıklarda fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun tamamen kontrolünü sağlamak için gerekli

maruz bırakma süresinin daha uzun olurken yüksek sıcaklıklarda daha kısa olduğu belirlenmiştir. Fosfine dirençli ve hassas *T. castaneum* popülasyonunda sıcaklık artışıyla fosfin toksisitesinin arttığı gözlenmesi depolanmış ürün zararlısı Coleoptera takımına (Lindgren ve Vincent, 1966; Bond, 1984; Chaudhry ve ark., 2004) ve Lepidoptera (Bell, 1976, 1992) takımına bağlı çeşitli böceklerle yürütülen çalışmalardan elde edilen verilerle paralellik göstermektedir. Hole ve ark. (1976) bu olayın metabolik hız ve oksijen tüketimi gibi çeşitli fizyolojik faaliyetlerin yavaşlamasından, dolayısıyla dirençli dönemlerin hassas dönemlere geçişinin uzamasından kaynaklanabileceğini önermiştir. Daha yakın bir zamanda, Chaudhry ve ark. (2004) tatlı kurt, *Lasioderma serricorne* (F.)'nin fosfine hem hassas hem de dirençli ırkının 5 °C ila 25 °C sıcaklık artışı ile fosfin alımında sürekli bir artışın olduğunu ve bununla daha yüksek ölümlerle sonuçlandığını bildirmişlerdir.

Lethal süre denemeleri sonucunda fosfin konsantrasyonun fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun % 99.9'nu öldürmek için gerekli süreler üzerine etkisinin sıcaklık değerlerine göre değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. On beş ve 30 °C sıcaklıklarda genel olarak fosfin konsantrasyonu arttıkça LT_{99,9} değerlerinde önemli bir azalmanın olmadığı görülürken 20 ve 25 °C sıcaklıkta fosfin konsantrasyonu arttıkça LT_{99,9} değerlerinde önemli bir azalmanın olduğu görülmüştür. Lethal süre denemelerinde 15 °C sıcaklıkta fosfin konsantrasyonunun 0.5 mg/L'den 1.5 mg/L'ye artışı fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun tamamını öldürmek için gerekli fosfine maruz bırakma süresinin kısılmasına neden olmadığını göstermiştir. Ancak fosfin konsantrasyonunun 2 mg/L'ye yükseltilmesi fosfine maruz bırakma süresinin önemli derecede kısılmasına neden olmuştur. Yirmi derece sıcaklıkta fosfin konsantrasyonunun 0.5 mg/L'den 1.5 mg/L'ye artışı fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun tamamını öldürmek için gerekli fosfine maruz bırakma süresinin kısılmasına neden olduğunu göstermiş ancak fosfin konsantrasyonunun 1.5 mg/L'den 2 mg/L'ye yükseltilmesi fosfine maruz bırakma süresinin önemli derecede kısılmasına neden olmamıştır. Yirmi beş derece sıcaklıkta fosfin konsantrasyonunun 0.5 mg/L'den 1.5 mg/L'ye artışı fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonun tamamını öldürmek için gerekli fosfine maruz bırakma süresinin kısılmasına neden olmadığını göstermiş ancak fosfin konsantrasyonunun 1 mg/L'den 1.5 ve 2 mg/L'ye yükseltilmesi fosfine maruz bırakma süresinin önemli derecede kısılmasına neden olduğunu göstermektedir. Otuz derece sıcaklıkta yürütülen testlerde uygulama konsantrasyonunun artmasının maruz bırakma sürelerini önemli derecede kısaltmadığı belirlenmiştir. Collins ve ark. (2005) 0.1 mg/L 'den daha az

konsantrasyonlarda, maruz kalma süresinin uzatılmasının makul fümigasyon sürelerinde (örneğin 28 gün) yüksek fosfin direncine sahip *R. dominica* popülasyonlarının tamamen kontrolünün sağlayamadığını ve 0.75 mg/L'den daha yüksek konsantrasyonlarda fosfin konsantrasyonu arttıkça hem popülasyonun tamamen yok olma zamanlarında (TPE) hem de LT_{99,9} değerlerinde artışın yavaşlayarak durağanlaşma eğiliminde olduğunu bildirmişlerdir. Bu durum *S. oryzae*'nin karışık yaştaki kültürlerin (Daglish ve ark., 2002) ve *Epheslia elutella* (Hübner)'nin diyapoz larvaların (Bell, 1992) fosfin fümigasyon testlerinde de tespit edilmiştir. Nitekim, Lorini ve ark. (2007) fosfine dirençli *R. dominica* popülasyonu üzerinde yürütmüş olduğu çalışmada 1 mg/L'nin üstünde konsantrasyon artışının fumigasyon süresini azaltmadığını, aslında *R. dominica* popülasyonu tamamen kontrol etmek için gerekli fumigasyon süresinin kısmen de olsa artabileceğini bildirmişler.

Fosfine yüksek direnç gösteren bazı depolanmış tahıl zararlılarına, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Kaur ve Nayak, 2014), *S. oryzae* (Nayak ve ark., 2004), *R. dominica* (Rajendran ve Gunasekaran, 2002), karşı etkili fumigasyon protokolleri geliştirilmiştir. Kaur ve Nayak (2014) tüm fosfin konsantrasyonlarında, yüksek direncine sahip *C. ferrugineus* popülasyonunun LT_{99,9} değerlerinin en düşük sıcaklıkta en uzun ve en yüksek sıcaklıkta en kısa olduğunu ve örneğin, *C. ferrugineus* popülasyonunun% 99.9 ölüm oranına ulaşmak için 25, 30 ve 35 °C sıcaklıklarda 1.0 mg/L fosfin konsantrasyonunda sırasıyla 20, 15 ve 15 güne, 1.5 mg/L fosfin konsantrasyonunda sırasıyla 12, 11 ve 9 güne ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonunda sırasıyla 10, 7 ve 6 güne ihtiyaç olduğunu bildirmişlerdir. Burada belirlenen yüksek direncine sahip *C. ferrugineus* popülasyonu için belirlenen LT_{99,9} değerleri mevcut çalışmada *T. castaneum* için elde edilen LT_{99,9} değerlerinde yüksek olduğu görülmektedir. Doğal olarak bunun test edilen böcek türü farklılığından kaynaklanabileceği söylenebilir.

Sonuç olarak bu tez için yürütülen biyolojik testler sıcaklığın fosfine dirençli *T. castaneum* popülasyonu tamamen (%100) kontrolü sağlayacak etkili fosfin fumigasyonu üzerine önemli etkiye sahip olduğu görülmüştür. Düşük sıcaklıklarda (15 ve 20 °C) dirençli *T. castaneum* popülasyonu tamamen (%100) kontrolü sağlamak için fosfine maruz bırakılma süresinin ve fosfin konsantrasyonun artırılması gerektiği belirlenmiştir. Fosfine dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonunu kontrol edebilmek için düşük sıcaklıklarda (15 ve 20 °C) ve düşük fosfin konsantrasyonunda (0.5 ile 1 mg/L) 92 ila 144 saat, yüksek fosfin konsantrasyonunda (1.5 ile 2 mg/L) ise 71 ile 130 saat fosfine maruz bırakılması gerekmektedir. Yüksek sıcaklıklarda (25 ve 30 °C) ve düşük fosfin konsantrasyonunda (0.5

ila 1 mg/L) 47 ile 74 saat, yüksek fosfin konsantrasyonunda (1.5 ile 2 mg/L) ise 40 ile 54 saat fosfine maruz bırakılması gerekmektedir. Ayrıca bu çalışma dirençli karışık yaştaki *T. castaneum* popülasyonuna karşı etkili bir fumigasyon için fosfin konsantrasyonun artırılmasından ziyade fosfine maruz bırakılma süresinin artırılmasının daha başarılı olacağını ortaya koymuştur. Bu çalışmada dirençli *T. castaneum* popülasyonu için geliştirilen etkili fumigasyon protokolü pratikte sıklıkla karşılaşılan başarısız fosfin fumigasyonun çözümüne ve fumigasyon operatörlerine faydası olacağı düşünülmektedir. Ancak, depolanmış tahıllarda zararlı olan ve fosfine direnç geliştirmiş diğer böcek türlerine yönelik etkili fosfin fumigasyon protokollerinin de oluşturulması gerekmektedir. Bu yüzden bundan sonraki çalışmaların fosfine dirençli depolanmış tahıl zararlısı diğer böcek türlerine yönelik etkili fosfin fumigasyon protokollerinin geliştirilmesine yönelik olması faydalı olacaktır..

6. KAYNAKLAR

- Annis, P.C. ve Banks, H.J. 1993. "A predictive model for phosphine concentration in grain storage structures". In: Navarro, S., Donahaye, E.J. (Eds), Proceedings of International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages, June 1992, Winnipeg, Canada, Caspit Press, Jerusalem, Israel, 299-312.
- Ansell, M.R., Dyte, C.E. ve Smith, R.H., 1990. "The inheritance of phosphine resistance in *Rhyzopertha dominica* and *Tribolium castaneum*". In: Fleurat-Lessard, F., Ducom, P. (Eds), Proceedings of the Fifth International Working Conference on Stored-product Protection. Bordeaux, France, 9–14 September 1990. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, France, 961–970.
- Bağcı, F., Yılmaz A. ve Ertürk, S. 2014. "Ankara ili hububat depolarında bulunan zararlı böcek türler". *Bitki Koruma Bülteni*, 54(1), 69-78.
- Baltacı D., Klementz D., Gerowitt B., Drinkall M.J. ve Reichmuth, C. 2008. "Sulfuryl fluoride against all life stages of rust-red grain beetle (*Cryptolestes ferrugineus*) and merchant grain beetle (*Oryzaephilus mercator*)". 2008 Annu Int Res Conf – Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions, Orlando, FL, 11–14 November 2008, 87–81.
- Bell C.H. 1976. "The tolerance of developmental stages of four stored-product moths to phosphine". *Journal of Stored Products Research*, 12(2), 77–86.
- Bell C.H. 1992. "Time concentration and temperature relationship for phosphine activity in tests on diapausing larvae of *Ephestia elutella* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae)". *Pesticide Science*, 35, 255–264.
- Bengston, M., Sidik, M., Halid, H. ve Alip, E. 1997. "Efficacy of phosphine fumigations on bagged milled rice under polyethylene sheeting in Indonesia". In: Donahaye, E.J., Navarro, S., Varnarva, A. (Eds), Proceedings of the International Conference on Controlled Atmospheres and Fumigation in Stored Products, 21-26 April 1996, Nicosia, Cyprus, Printco Ltd., Nicosia, Cyprus, 225-233.
- Benhalima, H., Chaudry, M.Q., Mills, K.A. ve 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.

- Bond, E.J. 1984. "Manual of fumigation for insect control". FAO Plant Production and Protection Paper 54.
- Bozkurt, H. 2016. "Kahramanmaraş, Adana ve Şanlıurfa İllerinde Tahıl Depolarındaki *Sitophilus granarius* (L.) (Buğday Biti) ve *Sitophilus oryzae* (L.) (Pirinç Biti) Popülasyonlarının Fosfine Karşı Dayanıklılık Durumunun Belirlenmesi". Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı. s.39.
- Bui, C.H. 1999. "Some initial results on phosphine resistance of major product insect pests in Vietnam". In: Jin, Z., Liang, Q., Liang, Y., Tan, X., Guan, L. (Eds), Stored Products Protection. Proceedings of the Seventh International Working Conference on Stored-product Protection. 14–19 October 1998, Beijing, China. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Chengdu, People's Republic of China, 648–652.
- Cao Y. 2006. "Survey of the resistance of stored-grain pests to phosphine in China". Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition),27(1), 1-6. (in Chinese with English abstract).
- Champ, B.R. ve Dyte, C.E. 1976. "Report of the FAO Global Survey of Pesticide Susceptibility of Stored Grain Pests", FAO Plant Production and Protection Series, No. 5, 90–99.
- Chaudhry, M.Q. 2000. "Phosphine resistance". *Pesticide Outlook*, 11(3), 88–91.
- Chaudhry, M.Q., Bell H.A., Savvidou N. ve 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. 1998. "Resistance to grain protectants and fumigants in insect pests of stored products in Australia". In: Banks, H.J., Wright, E.J., Damcevski, K.A. (Eds), Stored Grain in Australia. Proceedings of the Australian Postharvest Technical Conference. Canberra, 26–29 May 1998. CSIRO, Canberra, Australia, 55–57.
- Collins P.J., Daghliş, G.J., Bengston M., Lambkin T.M. ve Pavić, H. 2002. "Genetics of resistance to phosphine in *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae)". *Journal of Economic Entomology*, 95(4), 862–869.

- Collins, P.J., Daghish, G.J., Pavic, H. ve Kopittke, R.A. 2005. "Response of mixed-age cultures of phosphine-resistant and susceptible strains of lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica*, to phosphine at a range of concentrations and exposure periods". *Journal of Stored Products Research*, 41, 373-385.
- Coşkuncu, K.S. 2004. "Bursa ili un fabrika ve değirmenlerinde zararlı böcek türleri". *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 33-4
- Croft, B.A. 1990. "Developing a Philosophy and Program of Pesticide Resistance Management". In: R.T. Roush ve B.E. Tabashnik (Eds.), *Pesticide Resistance in Arthropods*, Chapman and Hall, Newyork and London, 277-296.
- Daghish, G.J., Collins, P.J., Pavic, H. ve Kopittke, R.A. 2002. "Effects of time and concentration on the mortality of phosphine-resistant *Sitophilus oryzae* (L.) fumigated with phosphine". *Pest Management Science*, 58, 1015-1021.
- Daghish, G.J. 2006. "Survival and reproduction of *Tribolium castaneum* (Herbst), *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Sitophilus oryzae* (L.) following periods of starvation". *Journal of Stored Products Research*, 42, 328-338.
- Erakay, S. 1967. "İzmir vilayeti un ve mamullerinde zarar yapan en önemli Coleoptera türlerinin morfolojisi, biyolojisi ve mücadeleleri". Bornova Zirai Mücadele Enstitüsü, No:562, İzmir, 8-25.
- Faroni, L.R.D.A., Sousa, A.H. 2006. "Aspectos biológicos e taxonômicos dos principais insetos-praga de produtos armazenados". In: Almeida FAC, Duarte MEM, Mata MERMC (eds) *Tecnologia de Armazenagem de Sementes*, UFCG, Campina Grande, 371-402.
- Ferizli, A.G. ve Emekci, M. 2010. "Depolanmış ürün zararlılarıyla savaşım, sorunlar ve çözüm yolları". TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak 2010, Ankara, Bildiriler Kitabı 2, 579-587.
- Finney D.J. 1971. "Probit Analysis". Cambridge University Press, London, UK.
- Friendship, C.A.R., Halliday, D. ve Harris, A.H. 1986. "Factors causing resistance to phosphine in insect pests of stored produce". In: Howe, V. (Ed.), *Proceedings of GASGA Seminar on Fumigation Technology in Developing Countries*. Tropical Development and Research Institute, London, 141-149.

- Hole, B.D., Bell, C.H., Mills, K.A. ve Goodship, G. 1976. "The toxicity of phosphine to all developmental stages of thirteen species of stored product beetles". *Journal of Stored Products Research*, 12, 235-244.
- Kaura R. ve M.K. Nayak, 2014. "Developing effective fumigation protocols to manage strongly phosphine-resistant *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Laemophloeidae)". *Pest Management Science*, 71, 1297-1302.
- Koçak, E., Schlipalius, D., Kaur, R., Thuck, A., Ebert, P., Collins, P. ve Yılmaz, A., 2015."Determining phosphine resistance in rust red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae) populations from Turkey". *Turkish Journal of Entomology*, 39(2), 129-136.
- Koçak, E., Yılmaz, A., Alpkent, Y.N. ve Ertürk, S. 2017. "Phosphine resistance to some coleopteran pests in stored grains across Turkey". Book of Abstracts of the Conference of the IOBC/wprs (OILB/srop) Working Group on "Integrated Protection of Stored Products" Ljubljana, Slovenia, 3-5 July 2017. 61 p.
- LeOra Software.2002." Polo-Plus: A user's guide to probit or logit analysis". LeOra Software, 28 p., Berkeley, CA.
- Liang, Y., Yan, X., Qin, Z. ve Wu, X. 1999. "An alternative to the FAO method for testing phosphine resistance of higher level resistance insects". In: Jin, Z., Liang, Q., Liang, Y., Tan, X., Guan, L. (Eds), *Stored Products Protection, Proceedings of the Seventh International Working Conference on Stored-product Protection*. 14–19 October 1998, Beijing, China. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Chengdu, People's Republic of China, 607–611.
- Lindgren D.L. ve Vincent L.E., 1966. "Relative toxicity of hydrogen phosphide to various stored-product insects". *Journal of Stored Products Research*, 2, 141–146.
- Lorini I., Collins P.J., Daghish G.J., Nayak M., Pavic H., 2007. "Detection and characterisation of strong resistance to phosphine in Brazilian *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae)". *Pest Management Science*, 63, 358-364.
- Mills, K.A. 1986. "Phosphine dosages for control of resistant strains of insects". In: Howe, V. (Ed.), *Proceedings of GASGA Seminar on Fumigation Technology in Developing Countries*. Tropical Development and Research Institute, London, 119–131.

- Nayak M.K., Collins P.J. ve Pavic H. 2004. "Developing fumigation protocols to manage strongly phosphine-resistant rice weevils, *Sitophilus oryzae* (L.)". In: (Eds: Donahaye, E.J., Navarro, S., Bell, C., Jayas, D., Noyes, R., Phillips, T.W.) Proceedings of International Conference Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, Gold-Coast Australia 8-13th August 2004. pp. 267-273.
- Newman, C.R. 1998. "A model for improved fumigant use on farms in Australia". Stored Grain in Australia In: Banks, H.J., Wright, E.J., Damcevski, K.A. (Eds), Proceedings of the Australian Postharvest Technical Conference. 26-29 May 1998, Canberra, ACT, Australia, 150-153.
- Özar A.Ė. ve Yücel A. 1981. "GüneydoĖu Anadolu Bölgesi'nde ambarlanan hububat ürün zararlıları üzerinde survey çalışmaları". *Bitki Koruma Bülteni*, 22 (2), 89- 98.
- Pimentel M.A.G., Faroni L.R.D'A., Guedes R.N.C., Sousa A.H., Tótola M.R. 2009. "Phosphine resistance in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae)". *Journal of Stored Products Research*, 45. 71-74
- Price N.R., 1985. "The mode of action of fumigants". *Journal of Stored Products Research*, 21, 157-164.
- Price, L.A. ve Mills, K.A., 1988. "The toxicity of phosphine to the immature stages of resistant and susceptible strains of some common stored product beetles, and implications for their control". *Journal of Stored Products Research*, 24, 51-59.
- Rajendran, S. 1999. "Phosphine resistance in stored grain insect pests in India". In: Jin, Z., Liang, Q., Liang, Y., Tan, X., Guan, L. (Eds), Stored Products Protection. Proceedings of the Seventh International Working Conference on Stored-product Protection. 14–19 October 1998, Beijing, China. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Chengdu, People's Republic of China, 635–641.
- Rajendran, S. 2001. "Insect resistance to phosphine -- challenges and strategies". *International Pest Control*, 43, 118-123.
- Rajendran, S. Muralidharan, N. 2001. "Performance of phosphine in fumigation of bagged paddy rice in indoor and outdoor stores". *Journal of Stored Products Research*, 37, 351-358.

- Rajendran, S. ve Gunasekaran, N., 2002. "The response of phosphine resistant lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* and rice weevil, *Sitophilus oryzae* in mixed-age cultures to varying concentrations of phosphine". *Pest Management Science*, 58, 277-281.
- Rees, D.P. 1996. "Coleoptera". In Subramanyam, B. and Hagstrum, D.W., Integrated Management of Insects in Stored Products, New York, Marcel Dekker, 1-39.
- Robertson, J.L., Russell, R.M., Preisler, H.K. ve Savin, N.E. 2007. "Bioassays with Arthropods", 2nd edition. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Sadeghi, G.R., Pourmirza, A.A. ve Safaralizade, M.H., 2011. "Effects of nitrogen and phosphine mixtures on stored-product insects' mortality". *African Journal of Biotechnology*, 10(32), 6133–6144.
- SAS Institute Inc. 2009. "SAS / STAT^R User's Guide, Version 9, 4th Ed". SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Sayaboc, P.D., Gibe, A.J.G. ve Caliboso, F.M., 1998. "Resistance of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrychidae) to phosphine in the Philippines". *Philippines Entomology*, 12, 91–95.
- Soderlund, D.M. ve Bloomquist J.R. 1990. "Molecular mechanisms of insecticide resistance". In: R. T. Roush and B. E. Tabashnik [Eds.], Pesticide Resistance in Arthropods. Chapman & Hall, New York, pp. 58-96
- Soderlund D.M. ve Knipple D.C. 2003. "The molecular biology of knockdown resistance to pyrethroid insecticides". *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 33, 563–577.
- Taylor, R.W.D., 1994. "Methyl bromide- Is there any future for this noteworthy fumigant?" *Journal of Stored Products Research*, 30, 253–260.
- Taylor, R.W.D. ve Harris, A.H., 1994. "The fumigation of bag-stacks with phosphine under gas-proof sheets using techniques to avoid the development of insect resistance". In: Highley E., Wright, E.J., Banks, H.J., Champ, B.R. (Eds), Stored Products Protection. Proceedings of the Sixth International Working Conference on Stored-product Protection, 17-23 April 1994, Canberra, Australia, CAB International, Wallingford, UK, 210-213.

- Tingiş, A., 2017. “Konya ve Mersin İllerindeki Tahıl Depolarında Bulunan *Sitophilus oryzae* (L.) Popülasyonlarının Fosfine Karşı Dayanıklılık Durumunun Belirlenmesi”. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı. s.39.
- Trematerra, P. ve Sciarretta, A. 2004. “Spatial distribution of some beetles infesting a feed mill with spatio-temporal dynamics of *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum*”. *Journal of Stored Products Research*, 40, 363-377.
- Wang, D., Song, W., Qin, Z., Bai, X., Cao, Y., Xu, Y., Wang, P. ve Deng, H., 2002. “LS/T1201-2002 Fumigation Regulation of Phosphine Recirculation (in Chinese)” The Standard of State Administration of Grain, Standard Publishing House of China, Beijing, P.R. China.
- Wang, D., Collins, P.J. ve Gao, X. 2006. “Optimising indoor phosphine fumigation of paddy rice bag-stacks under sheeting for control of resistant insects”. *Journal of Stored Products Research*, 42, 207-217.
- White, G.G. 1982. “The effect of grain damage on development in wheat of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae)”. *Journal of Stored Products Research*, 18, 115-119.
- Wadley, F.M. 1949. “Dosage mortality correlation with number treated estimated from a parallel sample”. *Annals of Applied Biology*, 36(2), 96–202.
- Winks, R.G. ve Hyne, E.A. 1994. “Measurement of resistance to grain fumigants with particular reference to phosphine”, In: *Stored Products Protection – Proceedings of Sixth International Working Conference on Stored-product Protection*, 17–23 April 1994, Canberra, Australia, ed. by Highley E., Wright E.J., Banks H.J. and Champ B.R. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, 244–249.
- Zeng, L. 1999. “Development and countermeasures of phosphine resistance in stored grain insects in Guangdong of China”. In: Jin, Z., Liang, Q., Liang, Y., Tan, X., Guan, L. (Eds), *Stored Products Protection. Proceedings of the Seventh International Working Conference on Stored-product Protection*. 14–19 October 1998, Beijing, China. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Chengdu, People’s Republic of China, 642–647.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Nusret ALTAŞ

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri : 01/01/1982 Adana

Medeni hali : Evli

Telefon : 0533 925 0333

e-posta : altanusret@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	KSÜ / Bitki Koruma Bölümü	2019
Lisans	Çukurova Üniversiteis / Bitki Koruma Bölümü	2006
Lise	19 Mayıs Lisesi	1999

İş Denevimi

Yıl	Yer	Görev
-----	-----	-------

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Hobiler

Yürüyüş yapmak, yüzmek, voleybol ve futbol oynamak

