



T.C.

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOĞU AKDENİZ BÖLGESİNDE *TRIBOLIUM*
CASTANEUM (Herbst) VE *TRIBOLIUM CONFUSUM*
Jac Du Val POPÜLASYONLARINDA FOSFİN
DİRENCİNİN BELİRLENMESİ VE GENETİK
İLİŞKİSİNİN ORTAYA ÇIKARILMASI**

İNANÇ ŞAFAK DOĞANAY

DOKTORA TEZİ

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2019

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOĞU AKDENİZ BÖLGESİNDE *TRIBOLIUM*
CASTANEUM* (Herbst) VE *TRIBOLIUM CONFUSUM
Jac Du Val POPÜLASYONLARINDA FOSFİN
DİRENCİNİN BELİRLENMESİ VE GENETİK
İLİŞKİSİNİN ORTAYA ÇIKARILMASI

İNANÇ ŞAFAK DOĞANAY

Bu tez,
Bitki Koruma Anabilim Dalında, DOKTORA derecesi
için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2019

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi **İnanç Şafak DOĞANAY** tarafından hazırlanan: ‘**Doğu Akdeniz Bölgesinde *Tribolium castaneum* Herbst ve *Tribolium confusum* Jac Du Val Popülasyonlarında Fosfin Direncinin Belirlenmesi ve Genetik İlişkisinin Ortaya Çıkarılması**’ adlı bu tez, jürimiz tarafından 28/08/2019 tarihinde oy birliği ile Bitki Koruma Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ali Arda IŞIKBER

.....

Bitki Koruma Anabilim Dalı, KSÜ

Prof. Dr. Ekrem ATAKAN

.....

Bitki Koruma Anabilim Dalı, ÇÜ

Prof. Dr. M. Kubilay ER

.....

Bitki Koruma Anabilim Dalı, KSÜ

Prof. Dr. Cem ÖZKAN

.....

Bitki Koruma Anabilim Dalı, AÜ

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.

İnanç Şafak DOĞANAY

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

Proje No: **2016/5-56 D**

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.

**DOĞU AKDENİZ BÖLGESİNDE *TRIBOLIUM CASTANEUM* (Herbst) ve
TRIBOLIUM CONFUSUM Jac Du Val POPÜLASYONLARINDA FOSFİN
DİRENCİNİN BELİRLENMESİ VE GENETİK İLİŞKİSİNİN ORTAYA
ÇIKARILMASI**

DOKTORA TEZİ

İNANÇ Ş. DOĞANAY

ÖZET

Bu çalışmada, ülkemizin Doğu Akdeniz Bölgesi'ndeki tahıl depolarında yaygınlıkla görülen ve zararlı olan *Tribolium castaneum* (Herbst) ve *Tribolium confusum* Jac Du Val popülasyonlarının fosfine direnç durumunun toksikolojik ve moleküler yöntemler kullanılarak araştırılmıştır. Bu amaçla Adana, Osmaniye, Kahramanmaraş, Hatay ve Mersin illerindeki tahıl depolarındaki popülasyonlardan örneklenen *T. castaneum* ve *T. confusum* erginleri üzerinde ayırıcı fosfin konsantrasyon testleri yürütülmüş ve örneklenen 79 farklı *T. castaneum* popülasyonunun tamamının fosfine yüksek seviyede dirençli olduğu belirlenmiştir. *Tribolium confusum* popülasyonlarında ise 7 popülasyonun fosfine hassas, 2 popülasyonunun ise fosfine düşük seviyede dirençli olduğu saptanmıştır. Ayırıcı konsantrasyon testleri sonuçlarının değerlendirilmesiyle seçilen 21 farklı *T. castaneum* popülasyonunu erginleri ile 25 °C sıcaklıkta 20 saat süre ile yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda, yerel *T. castaneum* popülasyonlarının fosfine hassas referans popülasyona nazaran fosfine, 77 – 392 kat daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü illerde, fosfine en yüksek seviyede dirençli olduğu belirlenen DA-31, DB-12, DC-2, DD-12, DE-5 ve DE-8 kodlu *T. castaneum* popülasyonlarda, fosfine yüksek seviyede dirence sebebiyet veren; DLD geninde gerçekleşen rph_2 mutasyonunun varlığı araştırılmış ve yürütülen moleküler testler sonucunda popülasyonların toplam direnç allel yüzdeleri belirlenmiştir. Bu amaç için gerçekleştirilen testler sonucunda, Adana'dan DA-31, Osmaniye'den DB-12 ve Mersin'den toplanan DE-5 kodlu popülasyonların tüm bireylerinin her iki allelinde de fosfine yüksek dirence sebebiyet veren mutasyon varlığı tespit edilmiş ve toplam direnç allel yüzdeleri % 100 olarak belirlenmiştir. Kahramanmaraş'tan DC-2, Hatay'dan DD-12 ve Mersin'den toplanan DE-8 kodlu popülasyonların direnç alleli yüzdeleri sırasıyla % 83.75, % 95.5 ve % 97.5 olarak

hesaplanmıştır. Fosfine dayanıklı olduğu belirlenen popülasyonlar ve fosfine hassas referans popülasyonun bireyleri kullanılarak gerçekleştirilen nükleotid dizi analizleri sonucunda ise fosfine dayanıklı popülasyonların tamamında DLD geninin rph_2 lokusunda C→T mutasyonu (C133T) belirlenerek, bunun aminoasit yansıması olarak Prolin yerine Serin (P45S) kodlandığı ortaya konulmuş ve bu durum, literatürde fosfine hassas ve dayanıklı olduğu rapor edilen popülasyonların nükleotid dizilimleri ile karşılaştırılarak teyit edilmiştir.

Araştırmanın ikinci aşamasında ise fosfine hassas ve yüksek seviyede dirençli *T. castaneum* popülasyonlarının tüm biyolojik dönemlerinde fosfin direncinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla, fosfine hassas ve yüksek seviyede dirençli (392X) popülasyonların ergin, larva, yumurta ve pupa dönemleri farklı uygulama konsantrasyonlarına 24, 48 ve 72 saat uygulama sürelerinde maruz bırakılarak lethal konsantrasyon değerleri hesaplanmış ancak fosfine dirençli popülasyonun tüm biyolojik dönemlerinin fosfine direnç katsayıları hesaplanamamıştır. Testlerden elde edilen lethal konsantrasyon değerlerinin incelenmesi sonucunda fosfine hassas popülasyonda pupa ve yumurta dönemleri, ergin ve larva dönemlerine nazaran daha dayanıklı bulunurken, fosfine dayanıklı popülasyonda ise pupa döneminin fosfine en dayanıklı biyolojik dönem olduğu saptanmıştır. Lethal konsantrasyon testlerine ek olarak; fosfine hassas ve dirençli popülasyonların tüm biyolojik dönemleri 25 °C sıcaklıkta 3 farklı fosfin konsantrasyonuna farklı uygulama sürelerinde maruz bırakılmış ve tüm dönemlerin LT₅₀-LT₉₉ değerleri ile fosfine direnç katsayıları belirlemiştir. Lethal zaman testleri sonucunda fosfine dirençli popülasyonun biyolojik dönemlerinin, fosfine hassas popülasyona nazaran 18 - 41 kat arasında daha dayanıklı olduğu belirlenirken, pupa ve yumurta dönemlerinin, ergin ve larva dönemlerine nazaran fosfine çok daha yüksek seviyede dirençli olduğu açık bir şekilde ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Fosfin direnci, *Tribolium castaneum*, *Tribolium confusum*, Dihidrolipoamid dehidrogenaz, rph_2, biyolojik dönemler, lethal konsantrasyon, lethal zaman

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Bitki Koruma Anabilim Dalı,

Danışman : Prof. Dr Ali Arda IŞIKBER

Sayfa sayısı : 121

**DETERMINATION OF PHOSPHINE RESISTANCE AND GENETIC RELATION
IN *TRIBOLIUM CASTANEUM* (HERBST) AND *TRIBOLIUM CONFUSUM* Jac Du
Val POPULATIONS IN EASTERN MEDITERRANEAN REGION**

PhD Thesis

İNANÇ Ş. DOĞANAY

SUMMARY

In this study, the phosphine resistance status of *Tribolium castaneum* and *T. confusum* populations, which are common and serious pests in the grain storages of The Eastern Mediterranean Region of Turkey, were investigated using toxicological and molecular tests. For this purpose, discriminating phosphine concentration tests were carried out on adults of *T. castaneum* and *T. confusum* populations collected from grain storages in Adana, Osmaniye, Kahramanmaraş, Hatay, Mersin provinces and all *T. castaneum* populations were determined strong resistant to phosphine. In the *Tribolium confusum*, 7 populations were determined susceptible and 2 populations were weak resistant to phosphine. Lethal concentration tests indicated that local *T. castaneum* populations were resistant to phosphine in the range of 77 - 392 folds compared with phosphine-susceptible reference strain. In addition, in the 6 different populations with the most resistance to phosphine (one population from Adana, Osmaniye, Kahramanmaraş and Hatay province (DA-31, DB-12, DC-2, DD-12), two from Mersin province (DE-5 and DE-8) the mutation at rph_2 locus of the DLD gene was investigated and the total resistance allele percentages of the populations were determined by molecular methods. The presence of mutations showing strong resistance to phosphine was detected in both alleles of all individuals of the DA-31 DB-12 and DE-5 populations, and as a result, the total resistance allele percentages were determined to be 100 %. Resistance allele percentage of DC-2, DD-12 and DE-8 populations was 83.75 %, 95.5 % and 97.5 % respectively. As a result of nucleotide sequence analysis in phosphine-resistant populations, rph_2 mutation (C133T) of DLD gene was determined that, was revealed that Serine (P45S) amino acid was encoded instead of Proline,

and this was confirmed by comparison with the nucleotide sequences of the populations reported in the literature to be susceptible and strong resistant for phosphine.

In the second part of this study, it was aimed to determine the phosphine resistance in all biological stages of the susceptible and strong resistant (392X) *T. castaneum* populations for phosphine. Although lethal concentration values were determined by exposure to different phosphine concentrations at 24, 48 and 72 hours for all biological stages of susceptible and strong resistant *T. castaneum* populations, resistance factors of all biological stages could not be calculated for resistant population. Nevertheless, in the light of the results obtained from the lethal concentration tests, the pupa and egg stages were found more resistant than the adult and larval stages in the susceptible population, whereas the pupa stage was found to be the most tolerant biological stage in the phosphine resistant population. In addition to lethal concentration tests; all biological stages of both *T. castaneum* populations were exposed to 3 different phosphine concentrations (0.5, 1 and 2 mg/L) at 25 °C for determining lethal time values and phosphine resistance factors. As a result of the lethal time tests, it was determined that the biological stages of the phosphine-resistant population were 18 to 41 times more resistant than the susceptible population, while it was clearly demonstrated that the pupa and egg stages were much more resistant to phosphine than the adult and larval stages of both populations.

Keywords: Phosphine resistance, *Tribolium castaneum*, *Tribolium confusum*, Dihydrolipoamide dehydrogenase, rph_2, biological stages, lethal concentrations, lethal time

University of Kahramanmaraş Sutcu Imam

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Plant Protection,

Supervisor: Prof. Dr. Ali Arda IŞIKBER

Page Numbers: 121

TEŞEKKÜR

Lisansüstü öğrenimim süresince, karşılaştığım her zorluğa karşı benden yardımlarını esirgemeyen, beni sürekli teşvik eden ve manevi yönden bana her zaman destek olan, bölümümüzün laboratuvar ve diğer imkânlarını sunan, değerli danışman hocam Prof. Dr. Ali Arda IŞIKBER' e teşekkürlerimi sunarım.

Lisans öğrenimim boyunca, bana her türlü desteğini sağlayan ve bana Entomolojinin kapılarını açan değerli hocam, Prof. Dr. Ekrem ATAKAN'a en içten dileklerimle saygılarımı sunarım.

Ayrıca, tüm lisansüstü öğrenim hayatım boyunca, verilerin değerlendirilmesi ve istatistiksel analizleri konusunda, bana yön gösteren ve tecrübelerini benimle paylaşan Prof. Dr. M. Kubilay ER ve Prof. Dr. Mustafa ŞAHİN'e,

Tez izleme toplantılarında sonuçların değerlendirilmesi ve yönlendirmeleri için Doç. Dr. Özgür SAĞLAM'a,

Biyokimya ve böcek fizyolojisi alanlarındaki engin bilgilerinden faydalandığım Prof. Dr. Hasan TUNAZ'a,

Doktora çalışmamın moleküler testlerinde bilgi birikimlerini benimle paylaşan ve çalışmalarına önemli derecede katkıda bulunan Dr. David SCHLIPALIUS (University of Queensland, Avustralya), Prof. Dr. İsmail AKYOL, Dr. Öğr. Üyesi Sabahattin CÖMERTPAY, Dr. Öğr. Üyesi Ferit Can YAZDIÇ, Ar. Gör. Selin Ceren BALSAK, Ar. Gör. Cebirail BARIŞ ve KSÜ Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölüm laboratuvarının tüm çalışanlarına,

Laboratuvar koşullarında karşılaştığımız her türlü problemi omuz omuza vererek beraber aştığımız, Gaz Kromatografisi Ünitesi hakkında sürekli destek aldığım Doktora öğrencileri Hüseyin BOZKURT ve Recep ŞEN başta olmak üzere tüm depo zararlısı çalışma grubu üyelerine ayrı ayrı muhabbet ve minnetle şükranlarımı sunarım.

Son olarak, bana her zaman destek olan ailem ve sevgili eşim Melis ARTUVAN DOĞANAY'a bu süreçte bana sabırla katlandıkları için kendilerine minnet duyduğumu bildiririm.

İNANÇ ŞAFAK DOĞANAY

İÇİNDEKİLER

	Sayfa no
ÖZET.....	i
SUMMARY.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
EKLER DİZİNİ.....	xvii
1 GİRİŞ.....	1
2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
2.1. Depolanmış Tahıl Zararlıları.....	4
2.2. Fosfin Gazı.....	5
2.3. Fosfin Direnci ile İlgili Moleküler Çalışmalar.....	6
2.4. Depolanmış Tahıl Zararlılarında Fosfin Direnci Gelişimi.....	9
2.5. Fosfin Gazının Depolanmış Ürün Zararlılarının Farklı Biyolojik Dönemlerine Karşı Etkinliği.....	11
3 MATERYAL ve METOT.....	17
3.1. Materyal.....	17
3.1.1. Ayırıcı konsantrasyon testlerinde kullanılan <i>Tribolium castaneum</i> ve <i>Tribolium confusum</i> popülasyonları.....	17
3.1.2. Biyolojik dönemler üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon ve lethal zaman testlerinde kullanılan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonları.....	17
3.1.3. Toksikolojik testlerde kullanılan fosfin gazı.....	18
3.1.4. Biyolojik testlerde kullanılan buğday çeşidi.....	18
3.1.5. Gaz Kromatografi ünitesi	18
3.1.6. Moleküler testlerde kullanılan PCR ve diğer cihazlar.....	19
3.2. Metot.....	19

	Sayfa no
3.2.1. Ayırıcı konsantrasyon testlerinde kullanılan <i>Tribolium castaneum</i> ve <i>Tribolium confusum</i> popülasyonlarının toplanması.....	19
3.2.2. <i>Tribolium castaneum</i> ve <i>Tribolium confusum</i> popülasyonlarının teşhisi ve kültüre alınması.....	21
3.2.3. Doğu Akdeniz Bölgesinden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> ve <i>Tribolium confusum</i> popülasyonlarında fosfin direncinin belirlenmesi	22
3.2.3.1. Ayırıcı konsantrasyon testleri protokolü.....	22
3.2.3.2. Lethal konsantrasyon testleri protokolü.....	24
3.2.3.3. Fosfin direncinin genetik ilişkisinin ortaya çıkarılması.....	25
3.2.3.3.1. DNA izolasyon protokolü.....	25
3.2.3.3.2. Polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) protokolü.....	26
3.2.3.3.3. <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonların (P45S) direnç alleli frekanslarının belirlenmesi.....	28
3.2.3.3.4 <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonların DLD gen bölgesi sekans analizleri.....	29
3.2.4. <i>Tribolium castaneum</i> 'un biyolojik dönemlerinde fosfin direncinin belirlenmesi.....	29
3.2.4.1. Lethal konsantrasyon testleri protokolü.....	29
3.2.4.2. Lethal zaman testleri protokolü.....	32
3.2.5. Verilerin değerlendirilmesi ve istatistiksel analizi.....	32
4 ARAŞTIRMA BULGULARI.....	34
4.1. Doğu Akdeniz Bölgesinden Toplanan <i>Tribolium castaneum</i> ve <i>Tribolium confusum</i> Popülasyonlarının Fosfine Direnç Durumu.....	34
4.1.1. Ayırıcı konsantrasyon testleri sonuçları.....	34
4.1.1.1. Adana ilinden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarına ait ayırıcı konsantrasyon testi sonuçları	34
4.1.1.2. Osmaniye ilinden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarına ait ayırıcı konsantrasyon testi sonuçları	36
4.1.1.3. Kahramanmaraş ilinden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarına ait ayırıcı konsantrasyon testi sonuçları	37

	Sayfa no
4.1.1. Hatay ilinden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarına ait ayırıcı konsantrasyon testi sonuçları	39
4.1.1.5. Mersin ilinden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarına ait ayırıcı konsantrasyon testi sonuçları	40
4.1.1.6. Doğu Akdeniz Bölgesinden toplanan <i>Tribolium confusum</i> popülasyonlarına ait ayırıcı konsantrasyon testi sonuçları	42
4.1.1.7. Doğu Akdeniz Bölgesinden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> ve <i>Tribolium confusum</i> . popülasyonlarının fosfine direnç durumunun değerlendirilmesi.....	43
4.1.2. Lethal konsantrasyon testlerini sonuçları.....	45
4.1.2.1. Fosfine hassas <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun lethal konsantrasyon değerleri.....	46
4.1.2.2. Adana ilinden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarının lethal konsantrasyon değerleri.....	47
4.1.2.3. Osmaniye ilinden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarının lethal konsantrasyon değerleri.....	50
4.1.2.4. Kahramanmaraş ilinden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarının lethal konsantrasyon değerleri.....	53
4.1.2.5. Hatay ilinden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarının lethal konsantrasyon değerleri.....	55
4.1.2.6. Mersin ilinden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarının lethal konsantrasyon değerleri.....	57
4.1.2.7. Doğu Akdeniz Bölgesi'nden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarında fosfine direnç seviyesinin değerlendirilmesi.....	59
4.1.3. <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarında fosfin direncinin genetik ilişkisi.....	61
4.1.3.1. <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonların direnç alleli frekanslarının belirlenmesi.....	61
4.1.3.2. <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonların DLD geni sekans dizileme sonuçları.....	63
4.2. <i>Tribolium castaneum</i> 'un Biyolojik Dönemlerinde Fosfin Direncinin Belirlenmesi.....	67
4.2.1. <i>Tribolium castaneum</i> 'un biyolojik dönemleri üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testlerinin sonuçları.....	69

	Sayfa no
4.2.1.1. Fosfine hassas <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonun tüm biyolojik dönemlerinde yürütülen lethal konsantrasyon testlerinin sonuçları.....	69
4.2.1.2. Fosfine dirençli <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun biyolojik dönemlerinde yürütülen lethal konsantrasyon testlerinin sonuçları.....	71
4.2.2. <i>Tribolium castaneum</i> 'un biyolojik dönemleri üzerinde yürütülen lethal zaman testlerinin sonuçları.....	78
4.2.2.1. Fosfine hassas <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonun tüm biyolojik dönemlerinde yürütülen lethal zaman testlerinin sonuçları.....	78
4.2.2.2. Fosfine dirençli <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonun tüm biyolojik dönemlerinde yürütülen lethal zaman testlerinin sonuçları	85
5 TARTIŞMA ve ÖNERİLER.....	94
6 KAYNAKLAR.....	105
7 EKLER.....	114
8 ÖZGEÇMİŞ.....	119

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Ark	:Arkadaşları
Bç	:Baz çifti
C	:Sitozin
CTAB	:Cetyl trimethyl ammonium bromide
°C	:Santigrad derece
ddH ₂ O	:Destile deiyonize su
DLD:	: <i>dihidrolipoamid dehidrogenaz</i>
DNA	:Deoksiribonükleik Asit
dNTP	:Deoksi nükleotid trifosfat
EDTA	:Ethylendinitrilotetraasetat
Et-Br	:Etidium Bromür
FAO	:Food and Agriculture Organization
F ₁	:1. Nesil
GC	:Gaz kromatografi
gr	:Gram
H ₂	:Hidrojen
L	:Litre
LC ₅₀	:Deney hayvanlarının %50'sini öldürebilmek için gerekli konsantrasyon miktarı
LC ₉₉	:Deney hayvanlarının %99'unu öldürebilmek için gerekli konsantrasyon miktarı
LT ₅₀	:Sabit uygulama konsantrasyonu deney hayvanlarına uygulandığında popülasyonun %50' sini öldürmek için gerekli olan maruz kalma süresi
LT ₉₉	:Sabit uygulama konsantrasyonu deney hayvanlarına uygulandığında popülasyonun %99' sini öldürmek için gerekli olan maruz kalma süresi
M	:Molarite
ml	:mililitre
MgCl ₂	:Magneyum klorür
mg	:miligram

NaCl	:Sodyum klorür
NCBI	:National Center for Biotechnology Institue
N ₂	:Nitrojen
pH	:Power of Hydrogen
PCR	:Polimeraz Zincir Reaksiyonu
PH ₃	:Fosfin
ppm	:Milyonda bir birim
Rph_1	:Resistance of phosphine_1
Rph_2	:Resistance of phosphine_2
Rpm	:Dakikada dönüş hız birimi
spp	:türleri
T	:Timin
Taq	: <i>Thermophilus aquaticus</i>
µg	:mikrogram
µl	:mikrolitre
UV	:Ultra viole
%	:Yüzde

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. Gaz kromatografi ünitesi.....	18
Şekil 3.2. Doğu Akdeniz Bölgesi'nde <i>Tribolium castaneum</i> ve <i>Tribolium confusum</i> örneklerin toplandığı yerlerin harita üzerindeki konumları.....	20
Şekil 3.3. Gözlemle örnekleme (a,b,c) ve çukur sonda tuzakla örnekleme (d,e).	20
Şekil 3.4. <i>Tribolium castaneum</i> 'un anten görünüşü (a), <i>Tribolium confusum</i> 'un anten görünüşü (b)	21
Şekil 3.5. Testlerin yürütüldüğü 100 ml'lik şişeler (a), Fosfin silindiri ve lateks balon (b), Uygulama şişelerine fosfin uygulanması (c), Uygulama şişelerinden GC cihazına enjeksiyon (d)	23
Şekil 3.6. <i>Tribolium castaneum</i> erginlerinde 617 bç'lik PCR ürünlerinin jel görüntüsü (1: DNA ladder 100 bç, 2-11: <i>Tribolium castaneum</i> örnekleri, 12: ddH ₂ O).....	27
Şekil 3.7. <i>Tribolium castaneum</i> erginlerinde, PCR ürünlerinin MboI kesme enzimi reaksiyonu sonrasında agaroz jel üzerindeki görüntüsü (1: DNA ladder 100 bç, 2: Homozigot dirençli, 3: Heterozigot dirençli, 4: Hassas, 5: dH ₂ O).....	28
Şekil 3.8. Lethal konsantrasyon ve lethal zaman testlerinde kullanılan <i>Tribolium castaneum</i> 'un biyolojik dönemler: ergin (a), larva (b) yumurta (c), pupa (d)	30
Şekil 3.9 Yumurta sayımlarında kullanılan mika kap (a) ve binoküler altında yumurtadan çıkan larvaların görüntüsü (b).....	31

ÇİZELGELER DİZİNİ

		Sayfa no
Çizelge 3.1	Ayırıcı konsantrasyon testleri fosfin direnç skalası.....	24
Çizelge 4.1	Adana ilinden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarının erginleri ile yürütülen ayırıcı fosfin konsantrasyon (0.04 ve 0.25 mg/L) testlerinden elde edilen canlı kalma oranları (%) ve popülasyonların fosfine direnç durumu.....	35
Çizelge 4.2	Osmaniye ilinden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarının erginleri ile yürütülen ayırıcı fosfin konsantrasyon (0.04 ve 0.25 mg/L) testlerinden elde edilen canlı kalma oranları (%) ve popülasyonların fosfine direnç durumu.....	37
Çizelge 4.3	Kahramanmaraş ilinden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarının erginleri ile yürütülen ayırıcı fosfin konsantrasyon (0.04 ve 0.25 mg/L) testlerinden elde edilen canlı kalma oranları (%) ve popülasyonların fosfine direnç durumu.....	38
Çizelge 4.4	Hatay ilinden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarının erginleri ile yürütülen ayırıcı fosfin konsantrasyon (0.04 ve 0.25 mg/L) testlerinden elde edilen canlı kalma oranları (%) ve popülasyonların fosfine direnç durumu.....	40
Çizelge 4.5	Mersin ilinden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarının erginleri ile yürütülen ayırıcı fosfin konsantrasyon (0.04 ve 0.25 mg/L) testlerinden elde edilen canlı kalma oranları (%) ve popülasyonların fosfine direnç durumu.....	41
Çizelge 4.6	Doğu Akdeniz Bölgesinden toplanan <i>Tribolium confusum</i> popülasyonlarının erginleri ile yürütülen ayırıcı fosfin konsantrasyon (0.05 ve 0.31 mg/L) testlerinden elde edilen canlı kalma oranları (%) ve popülasyonların fosfine direnç durumu.....	42
Çizelge 4.7	<i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarında, düşük ayırıcı fosfin konsantrasyonu (0.04 mg/L PH ₃) testlerinden elde edilen canlı kalma oranlarının dağılımları.....	43
Çizelge 4.8	<i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarında, yüksek ayırıcı fosfin konsantrasyonu (0.25 mg/L PH ₃) testlerinden elde edilen canlı kalma oranlarının dağılımları.....	45

	Sayfa no
Çizelge 4.9 Erginleri üzerinde lethal konsantrasyon testleri yürütülen fosfine hassas popülasyonun (Tc-K) LC ₅₀ ve LC ₉₉ değerleri...	46
Çizelge 4.10 Adana ilinden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarının ergin dönemleri üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları (µg/L)	47
Çizelge 4.11 Adana ilinden toplanan ve erginleri üzerinde lethal konsantrasyon testleri yürütülen <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarının LC ₅₀ ve LC ₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayıları.....	49
Çizelge 4.12 Osmaniye ilinden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarının ergin dönemleri üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları (µg/L).....	50
Çizelge 4.13 Osmaniye ilinden toplanan ve erginleri üzerinde lethal konsantrasyon testleri yürütülen <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarının LC ₅₀ ve LC ₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayıları.....	52
Çizelge 4.14 Kahramanmaraş ilinden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun ergin dönemi üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları (µg/L).....	53
Çizelge 4.15 Kahramanmaraş ilinden toplanan ve erginleri üzerinde lethal konsantrasyon testleri yürütülen <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonunun LC ₅₀ ve LC ₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayısı.....	54
Çizelge 4.16 Hatay ilinden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarının ergin dönemleri üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları (µg/L).....	55
Çizelge 4.17 Hatay ilinden toplanan ve erginleri üzerinde lethal konsantrasyon testleri yürütülen <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarının LC ₅₀ ve LC ₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayıları.....	56
Çizelge 4.18 Mersin ilinden toplanan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarının ergin dönemleri üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları (µg/L).....	57

Çizelge 4.19	Mersin ilinden toplanan ve erginleri üzerinde lethal konsantrasyon testleri yürütülen <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonları LC ₅₀ ve LC ₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayıları.....	58
Çizelge 4.20	Erginleri üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda toplandıkları illerde fosfine en yüksek seviyede dirençli <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarının LC ₅₀ ve LC ₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayıları.....	60
Çizelge 4.21	Erginleri üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda toplandıkları illerde fosfine en yüksek seviyede dirençli <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarının genotip karakterleri ve toplam direnç alleli yüzdeleri.....	62
Çizelge 4.22	Fosfine hassas ve dirençli bireylerin nükleotid dizilimleri	63
Çizelge 4.23	Fosfine hassas ve dirençli bireylerin aminoasit dizilimleri	66
Çizelge 4.24	Fosfine hassas (Tc-K) ve yüksek seviyede dirençli (Tc-S) bireylerden oluşan <i>Tribolium castaneum</i> popülasyonlarının erginlerine ait LC ₅₀ - LC ₉₉ değerleri ve popülasyonların fosfine direnç katsayıları.....	68
Çizelge 4.25	Fosfine hassas <i>Tribolium castaneum</i> (Tc-K) popülasyonunun tüm biyolojik dönemleri ile yürütülen lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları (µg/L).....	69
Çizelge 4.26	Fosfine hassas <i>Tribolium castaneum</i> (Tc-K) popülasyonunun tüm biyolojik dönemleri ile yürütülen 24 saatlik lethal konsantrasyon testleri sonucunda elde edilen LC ₅₀ ve LC ₉₉ değerleri.....	70
Çizelge 4.27	Fosfine dirençli <i>Tribolium castaneum</i> (Tc-S) popülasyonunun tüm biyolojik dönemleriyle yürütülen lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları (µg/L).....	72
Çizelge 4.28	Fosfine dirençli <i>Tribolium castaneum</i> (Tc-S) popülasyonunun ergin ve larva dönemleri ile yürütülen 24 saatlik lethal konsantrasyon testleri sonucunda elde edilen LC ₅₀ ve LC ₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayıları.....	73
Çizelge 4.29	Fosfine dirençli <i>Tribolium castaneum</i> (Tc-S) popülasyonunun tüm biyolojik dönemleri ile yürütülen 48 saatlik lethal konsantrasyon testleri sonucunda elde edilen LC ₅₀ ve LC ₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayıları.....	75
Çizelge 4.30	Fosfine dirençli <i>Tribolium castaneum</i> (Tc-S) popülasyonunun tüm biyolojik dönemleri ile yürütülen 72 saatlik lethal konsantrasyon testleri sonucunda elde edilen LC ₅₀ ve LC ₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayıları.....	77

Çizelge 4.31	Fosfine hassas <i>Tribolium castaneum</i> (Tc-K) popülasyonunun tüm biyolojik dönemleri ile yürütülen lethal zaman testlerinde kullanılan uygulama süreleri (saat)	79
Çizelge 4.32	Fosfine hassas <i>Tribolium castaneum</i> (Tc-K) popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin 0.5 mg/L fosfin gazı konsantrasyonuna farklı uygulama sürelerinde maruz bırakılmasıyla elde edilen LT ₅₀ ve LT ₉₉ değerleri.....	80
Çizelge 4.33	Fosfine hassas <i>Tribolium castaneum</i> (Tc-K) popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin 1 mg/L fosfin gazı konsantrasyonuna farklı uygulama sürelerinde maruz bırakılmasıyla elde edilen LT ₅₀ ve LT ₉₉ değerleri.....	82
Çizelge 4.34	Fosfine hassas <i>Tribolium castaneum</i> (Tc-K) popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin 2 mg/L fosfin gazı konsantrasyonuna farklı uygulama sürelerinde maruz bırakılmasıyla elde edilen LT ₅₀ ve LT ₉₉ değerleri.....	84
Çizelge 4.35	Fosfine dirençli <i>Tribolium castaneum</i> (Tc-S) popülasyonunun tüm biyolojik dönemleri ile yürütülen lethal zaman testlerinde kullanılan uygulama süreleri (saat).....	86
Çizelge 4.36	Fosfine dirençli <i>Tribolium castaneum</i> (Tc-S) popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin 0.5 mg/L fosfin gazı konsantrasyonuna farklı uygulama sürelerinde maruz bırakılmasıyla elde edilen LT ₅₀ ve LT ₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayıları.....	88
Çizelge 4.37	Fosfine dirençli <i>Tribolium castaneum</i> (Tc-S) popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin 1 mg/L fosfin gazı konsantrasyonuna farklı uygulama sürelerinde maruz bırakılmasıyla elde edilen LT ₅₀ ve LT ₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayıları.....	90
Çizelge 4.38	Fosfine dirençli <i>Tribolium castaneum</i> (Tc-S) popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin 2 mg/L fosfin gazı konsantrasyonuna farklı uygulama sürelerinde maruz bırakılmasıyla elde edilen LT ₅₀ ve LT ₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayıları.....	92

EKLER DİZİNİ

	Sayfa no
EK 1. Adana ilinden toplanan <i>Tribolium</i> spp. popülasyonları.....	114
EK 2. Osmaniye ilinden toplanan <i>Tribolium</i> spp. popülasyonları.....	115
EK 3. Kahramanmaraş ilinden toplanan <i>Tribolium</i> spp. popülasyonları.....	116
EK 4. Hatay ilinden toplanan <i>Tribolium</i> spp. popülasyonları.....	117
EK 5. Mersin ilinden toplanan <i>Tribolium</i> spp. popülasyonları.....	118



1.GİRİŞ

Yaklaşık 7.6 milyar insanın yaşadığı dünyamızda insan nüfusu her yıl ortalama % 1 oranında artmaktadır (Anonim, 2018). Dünya nüfusundaki artışa paralel olarak gereken enerji ve besin ihtiyaçları da artmaktadır. İnsan nüfusunun artışıyla birlikte açığa çıkan besin ihtiyaçlarını karşılama problemi ise başta tahıllar olmak üzere birçok kültür bitkisinde önem teşkil etmektedir. Tahıllar, insanoğlunun yerleşik hayata geçişiyle, tarımsal faaliyetin başlamasından itibaren insan beslenmesinde çok önemli bir yere sahip olmuştur. Bu bakımdan tahıl üretimi, günümüzde de hem ülkemizde hem de dünyanın diğer ülkelerinde oldukça yüksek önem arz etmektedir. 2018 yılı verileri ışığında dünya genelinde 2.8 milyar ton tahıl üretimi gerçekleşirken, aynı yıl ülkemizde 35 milyon tonluk tahıl üretimi gerçekleşmiştir (FAO, 2018; TÜİK, 2018). Ülkemizin tarımsal üretiminde önemli bir yer tutan Doğu Akdeniz Bölgesi'nde ise (Adana, Mersin, Kahramanmaraş, Osmaniye ve Hatay) 2018 yılında yaklaşık olarak 3.7 milyon ton tahıl üretimi gerçekleştirilmiş ve bu sayı Türkiye'nin tahıl üretiminin % 10'luk dilimini oluşturmuştur (TÜİK, 2018).

Tahıllar, hasat sonrasında tüketicinin kullanımına hemen sunulmamakta ve başta ekonomik nedenlerden dolayı, hem dane halinde hem de işlenmiş ürün halinde belirli bir süre depolanmaktadır. Depolama süreci boyunca tahıl ürünlerinin kalite ve kantitesini korumak ürünün ekonomik değeri üzerinde belirleyici bir etken olmakla birlikte, uygun olmayan koşullarda depolanan tahıllarda böceklenme ve kızıışma gerçekleşebilmekte ve bu gibi durumlar nedeniyle ürünün ekonomik değerinde düşüş meydana gelmesi kaçınılmaz olabilmektedir. Böceklenme ve kızıışmanın yoğun olarak gözlemlendiği durumlarda ise depolanmış ürünün gıda maddesi olarak kullanılma olanağı kalmamaktadır.

Uygun olmayan koşullarda depolanan tahıllarda en çok karşılaşılan problemlerden birisi de böceklenmedir. Depolanmış tahıllar üzerinde beslenen ve gelişen böcekler genel olarak ürünün ağırlığını, çimlenme gücünü ve besin değerini düşürürken, tohum ömrünü azaltıp, kalite kayıplarına neden olmaktadır (Boxall, 2001). Dünya genelinde depolanmış ürün zararlılarının meydana getirdiği kayıp oranları gelişmiş ülkelerde %10 olarak değerlendirilirken, gelişmekte olan ülkelerde, bu oranın %20 seviyelerine çıktığı tahmin edilmektedir (Mason ve Mcdonald, 2012). Nitekim, ülkemizde yürütülen bir çalışmada depolanmış ürünlerde meydana gelen böcek kaynaklı kayıplar; depo tipine göre değişmekle

birlikte % 4 ile % 8 arasında gerçekleşirken, hiçbir mücadele yönteminin kullanılmadığı durumda bu kaybın % 40 seviyesine ulaşabileceği bildirilmiştir (Mert, 2012).

Depolama süresinde, depolanmış ürün zararlısı böcekler nedeniyle ortaya çıkan kayıpların önlenmesi amacıyla, ülkemizde uzun yıllar boyunca en çok tercih edilen mücadele yöntemi, diğer mücadele yöntemlerine nazaran hızlı etki göstermesi nedeniyle kimyasal mücadele olmuştur. Ülkemizde; Chlorpyrifos-methyl, deltametrin- piperonyl butoksit ve malathion gibi aktif maddelere sahip insektisitlerin kullanıldığı koruyucu kimyasal mücadelenin yanı sıra, metil bromit ve fosfin gibi gazların kullanıldığı bulaşık ürün mücadelesi (fumigasyon) en çok tercih edilen kimyasal mücadele yöntemidir.

Fumigasyon, izole bir ortama verilen fumigant maddenin belirli basınç ve sıcaklıkta buharlaşarak hedef alınan zararlı böceklerin bulunduğu alana yayılması ve böcekleri öldürmesi olarak tanımlanabilir. Ülkemizde, depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede uzun yıllar boyunca metil bromit, en yaygın kullanılan fumigant olmuştur (Ferizli ve Emekçi, 2009). Metil bromit kullanımının kolay ve fumigasyon süresinin kısa olması (24 saat) gibi nedenlerden ötürü, en çok tercih edilen fumigant olurken, ozon tabakası üzerindeki olumsuz etkisinin ortaya çıkması ve bu sebepten ötürü ülkemizin de imzaladığı Montreal Protokolü uyarınca gelişmiş ülkelerde kullanımı yasaklanmış, gelişmekte olan ülkelerde ise kısıtlanmıştır (UNEP, 1995). 2004 yılı itibariyle ise metil bromitin ülkemizde kullanımı karantina ve sevkiyat uygulamaları hariç, tamamen yasaklanmıştır. Bunun sonucu olarak, fosfin gazı, depo zararlıları mücadelesinde en yaygın kullanılan fumigant konumuna yerleşmiştir. Halen, dünyada tahıl fumigasyonunda yoğun bir şekilde kullanılan fosfinin; çok sayıda kültür bitkisinin üretilip işlendiği ve dolayısıyla depolandığı ülkemizde, hali hazırda birçok depolanmış ürün zararlısının mücadelesinde kullanım olanakları da araştırılmıştır (Akan, 2004; Uslu, 2005; Tütüncü, 2006; Kahraman,2009; Akdeniz,2012).

Metil bromit gazının kullanımının yasaklanması sonucunda fosfin gazının uzun yıllar boyunca depolarda zararlılara karşı kullanılan en yaygın fumigant oluşu, yapılan uygulama hataları (hatalı konsantrasyon ve süre hesaplamaları ve izolasyon yetersizliği) ve iklim koşulları, depolanmış ürün zararlısı böceklerin, fosfin gazına direnç kazanmasına neden olmuştur (Chaudhry, 1996; Bell, 2000; Collins ve ark., 2005). Bunun sonucu olarak; dünyanın birçok ülkesinde, depolanmış tahıl zararlılarının fosfin gazına direnç geliştirdiği yapılan birçok çalışmada bildirilmiştir (Champ ve Dyte,1977; Rajendran, 1998; Alam ve ark., 1999; Benhalima ve ark., 2004; Rahim ve ark., 2004; Pimantel ve ark., 2008, 2009;

Wang ve ark., 2010; Opit ve ark., 2012; Sağlam ve ark.,2015; Akhlaq ve ark., 2013). Bununla birlikte, depolanmış tahıl zararlılarının, fosfin gazına karşı kazanmış oldukları dirençle ilgili son yıllarda ülkemizde de çalışmalar yürütülmüş ve depolanmış ürün zararlılarının fosfine karşı geliştirdikleri direnç kayıt altına alınmıştır (Koçak ve ark., 2015, 2018; Bozkurt, 2016; Tingiş, 2017, Yılmaz, 2018).

Fosfin direncinin giderek yaygınlaşarak depolanmış ürün zararlıları mücadelesinde ciddi bir sorun teşkil etmesi ve gelişen moleküler teknikler sayesinde fosfin direncinin moleküler genetiğinin anlaşılması üzerine araştırmalar yapılmıştır. Bunların sonucu olarak; Schlipalius ve ark. (2012) fosfine dayanıklı ve hassas *Tribolium castaneum* ve *Rhyzopertha dominica* popülasyonları üzerinde yürüttükleri moleküler testlerde, *Dihydrolipoamide dehydrogenase* (DLD) enziminin kodlandığı gen üzerinde gerçekleşen 2 farklı mutasyonun (rph_1 ve rph_2) fosfin direnciyle ilişkili olduğunu bildirmiştir. Bu mutasyonlardan ilki olan rph_1'in fosfine düşük seviyede dirence neden olduğunu, fosfine yüksek direncin bu iki genin etkileşimiyle gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Bunun ardından yapılan çalışmalarda dünyanın farklı bölgelerinde fosfin gazına yüksek seviyede direnç gösteren *T. castaneum* ve *R. dominica* popülasyonlarında DLD geninin rph_2 lokusundaki mutasyon varlığı ortaya konulmuştur (Koçak ve ark., 2015; Kaur ve ark.,2015; Chen ve ark.,2015).

Ülkemiz sınırları içerisindeki her tahıl deposunda rastlanabilen *Tribolium* türlerinin fosfin gazına gösterdiği direnç toksikolojik ve moleküler olarak geniş ve detaylı bir perspektifte ortaya konulmamış ve *T. castaneum*'un farklı biyolojik dönemlerinin fosfine göstermiş oldukları direnç araştırılmamıştır.

Bu nedenle bu çalışmada:

- 1- Doğu Akdeniz Bölgesi'ndeki tahıl depolarından bulunan *T. castaneum* ve *T. confusum* popülasyonlarının fosfine direnç durumlarının ve seviyelerinin, toksikolojik ve moleküler yöntemler yardımıyla belirlenmesi,
- 2- Fosfine hassas ve dirençli *T. castaneum* popülasyonların tüm biyolojik dönemlerinin (ergin, larva, yumurta ve pupa) fosfin gazına göstermiş oldukları direncin lethal konsantrasyon ve lethal zaman testleri yardımıyla belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Depolanmış Tahıl Zararlıları

Tohumun toprağa ekilmesiyle başlayan ve nihai ürünün tüketicinin kullanımına sunulması arasında geçen süre boyunca, bazı biyotik ve abiyotik faktörler nedeniyle ürün kayıpları yaşanmaktadır. Depolanmış tahıl zararlıları nedeniyle gerçekleşen kayıplar ise toplam ürün kaybının içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Ülkemizin farklı tarımsal bölgelerindeki tahıl depolarında görülen ve ürünle beslenen depolanmış tahıl zararlılarının, yoğunlukları ve yayılışları üzerinde çalışmalar yürütülmüş ve depolardaki zararlı olan böcek faunası belirlenmiştir (Erakay, 1967; Özer ve Yücel, 1981; Dörtbudak ve Aydın, 1984; Aydın ve Soran, 1987; Işıkber ve ark., 2005, 2016; Mert, 2012).

Ülkemizin farklı illerindeki tahıl depolarında en çok karşılaşılan Coleoptera türlerinin, *Sitophilus* spp., *Tribolium* spp., *Rhyzopertha dominica* (F.) ve *Trogoderma granarium* Everts. olduğu bildirilmiştir (Ferizli ve Emekçi, 2010; Mert, 2012, Işıkber ve ark., 2016). Bu zararlılar içerisinde Tenebrionidae familyasına dahil olan Un biti, *Tribolium castaneum* ve Un kırma biti, *T. confusum* türleri dünya genelinde tahıl depolarında yaygınlıkla görülen önemli depo zararlılarından ikisidir (Ress, 2003). Ülkemizde depolanmış tahıl zararlılarını belirlemek amacıyla yürütülen bütün çalışmalarda, depolardaki varlığı saptanan bu türler, sekonder tahıl zararlısı olarak adlandırılmaktadır. Sekonder tahıl zararlıları, doğrudan dane halinde üründe değil, herhangi bir nedenle kırılmış danelerde ve işlenmiş ürünler üzerinde beslenmeyi tercih ederken, *Tribolium* türlerinin dünya genelinde, çok sayıda hayvansal ve bitkisel ürün üzerinde beslendiği bildirilmiştir (Good, 1936; Hagstrum ve Subramanyam, 2009; Mahroof ve Hagstrum, 2012). *Tribolium* türleri yoğun bulaşmalarda beslendikleri üründe spesifik bir kokuya neden olurlar. Bu kokunun kaynağının, böceklerin toraks ve abdominal bezlerinden salgılanan benzokinon türevi kimyasallar olduğu ve ürün ısıtılarak işlense dahi kokunun varlığının devam ettiği bildirilmektedir (Hodges ve ark., 1996; Mahroof ve Hagstrum, 2012).

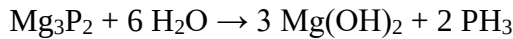
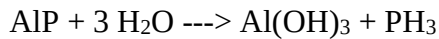
Tribolium erginleri genel olarak kırmızımsı kahverenginde olup, 2-4 mm boyundadır. Antenler 11 segmentten oluşmuş ve farklılaşmış segment sayıları kullanılarak tür teşhisleri yapılabilmektedir. Kampodeid formda olan larvalar ise 4-5 mm boyunda olup, 3 çift bacağı sahiptir ve aktif hareket edebilmektedir. Pupa ve yumurtalar ise beyaz renktedir (Ress, 2003). Her iki *Tribolium* türünün genel biyolojileri birbirleriyle benzer olmakla birlikte uygun koşullarda yılda 7-8 döl verebilmektedir. Buna ek olarak; *T. confusum*'un serin ve

ılıman bölgelerde, *T. castaneum*'a göre daha iyi üreyebildiği, *T. castaneum*'un ise daha çok sıcak ve nemli bölgelerde yaygınlık gösterdiği bildirilmiştir (Ress, 2003; Mahroof ve Hagstrum, 2012). Her iki türde de, ergin ve larvalar ürün üzerinde beslenerek zararlı olurken, yüksek popülasyon yoğunluklarında üründe kızıışma ve küflenmeye neden olabilmektedirler.

2.1. Fosfin gazı

1930'lu yıllardan itibaren tahıl fumigasyonunda kullanılmaya başlayan fosfin gazı, metil bromitin kullanımının sınırlandırılıp yasaklanmasından sonra, dünya genelinde tahıl fumigasyonunda en yaygın kullanılan fumigant olmuştur. Kullanımının kolay ve maliyetinin ucuz olması, ürünle reaksiyona girmemesi, düşük seviyede kalıntı bırakması ve depolanmış tahıl zararlılarına karşı yüksek etki göstermesi gibi nedenlerden ötürü halen tahıl fumigasyonunda yoğun bir şekilde tercih edilmektedir.

Oda koşullarında gaz formunda bulunan fosfin, -87.4 °C kaynama noktasına, -133.5 °C donma noktasına ve 34.04 özgül ağırlığa sahiptir (Monro, 1966). Depolanmış ürün zararlısı böceklerin tüm dönemlerine etkili olabilen fosfin, düşük seviyede kalıntı bırakması gibi olumlu özelliklerinin yanında, hacmen % 1.79 üzerindeki konsantrasyonlarında yanıcı olabilme gibi olumsuz bir özelliğe de sahiptir. Buna ek olarak, gümüş, altın ve bakır gibi metaller üzerinde özellikle yüksek neme sahip depolarda korozyona neden olabilmektedir (Bond ve ark., 1984). Günümüzde, depo fumigasyonunda genel olarak alüminyum ve magnezyum fosfin gibi metalik fosfin preparatları kullanılırken, bu preparatlar havanın nemi ile reaksiyona girerek fosfin gazı açığa çıkartmaktadır (Muller, 1998).



Depolanmış ürün zararlılarında, fosfinin etki mekanizması üzerine çok sayıda araştırma yapılmış ancak etki mekanizması tam olarak ortaya konulamamıştır. Bununla birlikte, genel olarak sinir sistemi ve enerji metabolizması üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir (Chaudhry, 1996; Nath ve ark.,2011).

Fosfin, böceklerin istem dışı yaşamsal faaliyetlerini düzenleyen otonom sinir sistemi üzerinde etkili olabilmektedir. Al-Hakkak ve ark. (1989), fosfinin, sinirsel iletimde önemli rol oynayan asetilkolin esteraz enziminin aktivitesini düşürdüğünü belirtmiştir. Buna ek

olarak, özellikle kısa uygulama sürelerinde yüksek fosfin konsantrasyonlarına maruz bırakılan böceklerde sinir sistemi etkilendiği için bayılma (knock-down) durumu gözlemlenebildiği (Nakakita, 1987) ve knock-down moduna geçen böceklerde solunum hızının azalmasıyla, bu durumun kısa süreli fumigasyonlarda belirli bir süre koruyucu etki gösterebildiği ancak düşük fosfin konsantrasyonları uygulandığında bu durumun gözlemlenmediği bildirilmiştir (Chaudhry, 1997).

Fosfinin mitokondriyal fizyoloji üzerine etkileri ise Elektron Taşıma Zinciri üzerinde yoğunlaşmaktadır. Elektron taşıma zinciri reaksiyonlarında yüksek enerjili elektronlarının hareketini yavaşlatan ve dengeleyen *Sitokrom C Oksidaz* (Kompleks-IV) membran proteinini inhibe ederek, enerji üretimini durdurmaktadır (Chaudhry, 1997; Nath ve ark., 2011). Ayrıca, bazı peroksidaz ve katalaz enzimlerinin faaliyetlerini de azaltmaktadır.

Fosfinin metabolik etkileri incelendiğinde ise kükürtlü aminoasitler sınıfında yer alan sistein ($C_3H_7NO_2S$) aminoasidinde kükürt bağlarını (S-S) zayıflattığı ve yapısal proteinlerdeki disülfid bağlarının kırılmasını kolaylaştırması nedeniyle proteinlerin dekompozisyonuna neden olduğu ortaya konulmuştur (Robinson ve Bond., 1970; Price ve Chambers., 1990; Nath ve ark., 2011). Tüm bu çalışmalar ışığında fosfinin böcek vücudunda birçok biyokimyasal reaksiyon üzerinde etkili olduğu ancak ağırlıklı olarak mitokondriyal solunumda gerçekleşen enzimatik reaksiyonlar üzerinde etki gösterdiği söylenebilir.

2.3. Fosfin Direnci ile İlgili Moleküler Çalışmalar

Depolanmış tahıl zararlılarının fosfine gösterdiği direnç mekanizmasının anlaşılabilmesi için son yıllarda moleküler düzeyde çok sayıda araştırma yürütülmüştür. Bu araştırmalar sonucunda fosfin direncinin flavin bağımlı oksidoreduktaz bir enzim olan *dihidrolipoamid dehidrogenaz* (dihidrolipoamide dehydrogenase) ile ilişkili olduğu açığa çıkmıştır. Bu enzimin kodlandığı DLD geni üzerinde gerçekleşen 2 farklı mutasyon nedeniyle *T. castaneum* ve *R. dominica*'nın fosfine direnç kazandığı belirlenmiştir (Schlipalius, 2002). Bu mutasyonlardan ilki olan rph_1 (resistance of phosphine_1)'in fosfine düşük seviyede dirençle ilişkili olduğu ortaya konulmuştur. Bununla birlikte; aynı genin rph_2 (resistance of phosphine_2) lokusunda gerçekleşen ikinci mutasyonunda fosfin direncinde tek başına çok etkili olmadığı ancak her iki mutasyonun ortak etkileşimi sonucu böceklerin fosfine yüksek seviyede direnç kazandığı kanıtlanmıştır (Schlipalius, 2002; Jagadeesan ve ark., 2012; Mau ve ark., 2012a,b). Depolanmış ürün zararlılarında görülen fosfine yüksek seviyelerdeki direncin rph_2 mutasyonu ile ilişkili olduğunun

belirlenmesinden sonra yürütülen çalışmalarda tek bir nükleotid değişiminin (Sitozin → Timin) protein sentezinde aminoasit varyantında değişikliğe neden olduğu ve Prolin yerine Serin aminoasidinin kodlandığı belirlenmiştir. Bu değişiklik *T. castaneum*'da P45S varyantında gerçekleşirken, farklı ülkelerde yürütülen çalışmalarda da aynı noktada mutasyon varlığı belirlenmiştir (Schlipalius, 2012, Chen ve ark., 2015; Kaur ve ark., 2015). Bununla birlikte; bu mutasyonun *R. dominica*'da P49S varyantında (Chen ve ark., 2015; Kaur ve ark., 2015, Yılmaz 2018) olduğu saptanırken, Çin ve Vietnam'dan toplanan fosfine dirençli *S. oryzae* popülasyonlarında N505T varyantında gerçekleşen mutasyonun fosfine yüksek seviyede dirençle ilişkili olduğunu belirtmiştir (Nguyen, 2016).

DLD geninin rph_2 lokusunda gerçekleşen mutasyon ve bunun rph_1 mutasyonu ile etkileşiminin yüksek fosfin direncine sebebiyet vermesinin anlaşılması üzerine, *T. castaneum* ve *R. dominica*'da uzun toksikolojik testler yerine kısa sürede sonuç alınabilecek moleküler çalışmalar yoğunlaşmış ve depolardan toplanan örneklerdeki rph_2 allel varlığı belirlenerek popülasyonların fosfine direnç durumları ortaya konulmuştur. Bu hususta dünyanın farklı ülkelerinde yürütülen çalışmaların bazıları aşağıda verilmiştir.

Kaur ve ark. (2013), Avustralya'nın Queensland Eyaletinde, 2006 ve 2011 yıllarında organik ürünlerin depolandığı tahıl depolarındaki *R. dominica* popülasyonlarından alınan örneklerinin rph_2 lokusundaki (P49S) direnç allel yüzdelerindeki değişikliği belirlemiştir. Araştırma sonucunda 2006 yılında toplanan örneklerin direnç alleli yüzdeleri % 0 ile % 6 arasında değişiklik gösterirken, aynı depolardan 2011 yılında toplanan örneklerde ise rph_2 lokusunda direnç alleli taşıyan bireylerin sayısında artış kaydedilmiş ve direnç alleli yüzdeleri ise % 3 ile % 26 arasında değişiklik göstermiştir. Örneklerin toplandığı depolarda fosfin gazı kullanılmadığı için allel yüzdelerindeki artışın dirençli popülasyonlara ait böceklerin göçüyle ilişkili olabileceğini bildirmişlerdir.

Chen ve ark., (2015), ABD'nin Oklahoma Eyaletinden topladıkları 3 farklı *T. castaneum* popülasyonuna ait örneklerde dirençli allel yüzdelerini belirlemek için yürüttükleri testler sonucunda hassas laboratuvar ırkında hiç direnç alleli saptanmazken, arazi popülasyonlarında ise direnç alleli yüzdelerini % 0, % 31 ve % 50 olarak hesaplamış ve topladıkları örneklerde P45S varyantındaki mutasyonun varlığını belirlemişlerdir.

Kaur ve ark., (2015) Hindistan'daki tahıl depolarındaki farklı *T. castaneum* ve *R. dominica* popülasyonlarına ait örneklerde, *T. castaneum* için P45S, *R. dominica* için ise P49S varyantlarında mutasyon varlığını tespit ederek popülasyonların direnç alleli yüzdelerini hesaplamışlardır. Araştırmalarında kullandıkları *R. dominica* örneklerinin direnç allel yüzdelerini % 94.3, % 76.2 ve % 78.1 olarak hesaplamışken, *T. castaneum* örnekleri için direnç alleli yüzdelerini % 97.4, % 95.5 ve % 97.5 olarak belirlemişlerdir. Çalışma sonunda; rph_2 lokusunda gerçekleşen mutasyonun *T. castaneum* örneklerinde, *R. dominica* örneklerine göre daha yaygın olarak gözlemlendiğini ortaya koymuşlardır.

Koçak ve ark. (2015), Ankara (Ayaş ve Sincan), Elazığ, Karaman, Konya, Mersin ve Şanlıurfa illerindeki tahıl depolarındaki *T. castaneum* popülasyonlarından topladıkları örneklerin tamamında rph_2 lokusunda (P45S) gerçekleşen mutasyonun varlığını belirlemişler ve topladıkları örneklerdeki fosfin direncini rph_2 lokusunda gerçekleşen mutasyonla ilişkilendirmişlerdir.

Yılmaz A.,(2018) Türkiye'nin Şanlıurfa, Tekirdağ, Mersin, Hatay, Ankara, Konya, İzmir, Kütahya, Samsun, Karaman, Diyarbakır ve Batman illerinden topladığı *R. dominica* örnekleri üzerinde toksikolojik testler yürüterek Karaman, Diyarbakır ve Batman illerinden topladıkları hariç diğer tüm illerden örneklenen popülasyonların, fosfine yüksek seviyede dirençli olduğunu belirlemiştir. Bununla birlikte, her bir *R. dominica* popülasyonuna ait bireyler üzerinde yürütülen moleküler testler yardımıyla; DLD geninde gerçekleşen ve fosfine yüksek seviyede dirençten sorumlu olan P49S mutasyonunun varlığını araştırmış ve tüm popülasyonlarda bu mutasyonun var olduğunu belirlemiştir. Araştırmacı, Karaman, Diyarbakır ve Batman'dan toplanan örneklerde DLD geninin rph_2 lokusundaki mutasyon varlığının belirlenmesine rağmen, bu popülasyonların fenotip olarak fosfine hassas oluşunu, genetik varyasyonların yeni gerçekleşmiş olabileceğine bağlamıştır.

2.4. Depolanmış Tahıl Zararlılarında Fosfin Direnci Gelişimi

Depolanmış ürün zararlılarına karşı en etkili fumigant olarak değerlendirilen metil bromitin kullanımındaki kısıtlamalar nedeniyle fosfin kullanımındaki yoğun artış beraberinde yeni sorunlar getirmiştir. Bu sorunların başında depolanmış tahıl zararlılarının fosfine karşı kazanmış oldukları direnç gelmektedir. Dünyanın birçok ülkesinde ve ülkemizde depolanmış ürün zararlılarının fosfin gazına karşı geliştirmiş oldukları direnç üzerine yeterli sayıda kayıt mevcut olup bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Rajendran (1998), Hindistan’da yürüttüğü araştırmasında tahıl depolarındaki *T. castaneum*, *Oryzaephilus surinamensis* ve *R. dominica* popülasyonlarında fosfin direncini belirlemiştir. Araştırma sonucunda üzerinde çalışılan *T. castaneum* popülasyonlarının tamamı, *R. dominica* popülasyonlarının % 90’ından fazlası ve *Oryzaephilus surinamensis* popülasyonlarının % 72’si fosfine dirençli bulunmuş ve fosfine hassas *T. castaneum* popülasyonunun LD₅₀ değeri 0.138 mg/L olarak hesaplanırken, fosfine en dirençli popülasyonunun LD₅₀ değeri 3.61 mg/L olarak belirlemiştir.

Benhalima ve ark. (2004), Fas’ın farklı bölgelerinden yapılan örneklemelerde, örneklemeye yapılan depoların % 32’sinde *T. castaneum*, *Sitophilus oryzae* ve *R. dominica* türlerine rastlanılmıştır. Bununla birlikte, aynı çalışmada depolardan toplanan 9 farklı *T. castaneum* popülasyonunun tamamının fosfine dirençli bireyler içerdiğini ve uygulanan FAO fosfin direnci belirleme protokolü sonucunda popülasyonların canlı kalma oranlarının % 50 seviyesinin üzerinde olduğunu belirtmişlerdir.

Rahim ve ark. (2004), Malezya’nın farklı bölgelerinden topladıkları *Sitophilus oryzae*, *S. zeamais*, *T. castaneum* ve *O. surinamensis* popülasyonlarının fosfine direnç durumlarını araştırmışlardır. Araştırmalarında depolardan topladıkları tüm *S. oryzae* ve *S. zeamais* popülasyonlarının fosfine hassas olduklarını ve fosfin direncinin sadece *O. surinamensis* ve *T. castaneum* popülasyonlarında görüldüğünü bildirmişlerdir. Çalışmalarında fosfine direnç durumu araştırılan 26 farklı *T. castaneum* popülasyonunun 10’u fosfine tamamen hassas bireylerden oluştuğunu belirlenirken, diğer 16 popülasyonun fosfine farklı seviyelerde dirençli olduklarını saptamışlardır.

Pimantel ve ark. (2008), Brezilya’nın farklı bölgelerinden topladıkları *S. zeamais*, *R. dominica*, *O. surinamensis* ve *T. castaneum* popülasyonlarının fosfine direnç durumlarını araştırmışlardır. Çalışmalarında topladıkları tüm *T. castaneum* popülasyonlarına FAO’nun

fosfin direncini belirleme protokolünü uygulamışlar ve testlenen 16 farklı popülasyondan sadece birinin fosfine hassas olduğu belirlenmiştir. Fosfine hassas ve dirençli *T. castaneum* popülasyonlarının uygulama sırasındaki solunum oranlarını karşılaştırdıklarında ise hassas popülasyonun solunum oranının, dirençli popülasyondan 8 kat daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Opit ve ark. (2012), ABD'nin Oklahoma eyaletinden topladıkları 9 farklı *T. castaneum* popülasyonunun erginler üzerinde ayırıcı konsantrasyon testleri yürüterek popülasyonların fosfine direnç durumlarını belirlenmiştir. Araştırmaları sonucunda *T. castaneum* popülasyonlarının 8'inin fosfine dirençli olduğunu belirlenmiştir ve popülasyonların canlı kalma oranlarının % 2- 94 arasında değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir. Bunu ek olarak, 3 günlük süre ile yürüttükleri fumigasyon çalışmalarında fosfine hassas popülasyonun LC₅₀, LC₉₀ ve LC₉₉ değerleri sırasıyla 1.35, 2.34 ve 3.18 ppm olarak belirlerken, ayırıcı konsantrasyon testlerinde, yüksek seviyede canlı kalma oranına sahip *T. castaneum* popülasyonunun LC₅₀, LC₉₀ ve LC₉₉ değerleri ise yine sırasıyla 27.90, 148.09 ve 377.49 ppm olarak hesaplamışlardır.

Akhlaq ve ark. (2013), Pakistan'ın farklı bölgelerindeki tahıl depolarından topladıkları 21 farklı *T. castaneum* popülasyonunun fosfine direnç durumunu belirlenmiştir. Testlenen popülasyonların tamamının fosfine dirençli olduğu ve fosfine direnç seviyelerinin hassas popülasyona nazaran 2 - 81 kat arasında değişiklik gösterdiğini saptamışlardır.

Koçak ve ark. (2015), Türkiye'nin Ankara, Konya, Karaman, Mersin, Elazığ ve Şanlıurfa illerinden topladıkları 8 farklı *T. castaneum* popülasyonunun, fosfine direnç durumlarını araştırmışlar ve testledikleri popülasyonların biri hariç tamamının fosfine yüksek seviyede dirençli olduğunu saptamışlardır. Bununla birlikte; aynı çalışmada yapılan moleküler testler ve sekans analizleri sonucunda popülasyonlardaki bazı bireylerin *dihydrolipoamide dehydrogenase* (DLD) geninin rph_2 lokusunda (P45S) fosfine direnç allelleri taşıdıklarını bildirmiştir.

Bozkurt (2016), Kahramanmaraş, Adana ve Şanlıurfa illerindeki tahıl depolarından *S. oryzae* popülasyonlarını toplayarak, popülasyonların fosfin direncini belirlemiştir. Araştırmasında üç ilde topladığı 29 farklı *S. oryzae* popülasyonunun 25'inin fosfine dirençli olduğunu belirlerken, Şanlıurfa'dan toplanan 2 dayanıklı popülasyon üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda dayanıklı popülasyonların hassas popülasyonlara nazaran fosfine 55 ve 57 kat daha dirençli olduğunu bildirmiştir.

Tingiş (2017), Mersin ve Konya illerinden topladığı *S. oryzae* popölasyonlarının fosfine direnç durumlarını belirlemiştir. Araştırmasında Konya'dan topladığı 6 popölasyondan 5'inin, Mersin'den topladığı 18 popölasyonun ise 13'ünün fosfine yüksek seviyede direnç gösterdiğini belirtmiştir. Mersin ve Konya illerinden seçtiği ikişer popölasyonda ise lethal konsantrasyon testler yürütmüş ve popölasyonların fosfine direnç katsayılarını hesaplamıştır. Araştırması sonucunda; Konya'dan topladığı 2 popölasyonun fosfine direnç katsayısı 38 ve 81 olarak belirlemişken, Mersin'den toplanan popölasyonların ise fosfine 102 ve 104 kat daha dirençli olduğu belirtmiştir.

Koçak ve ark. (2018), Türkiye'nin farklı illerinden topladıkları 11 farklı *Cryptolestes ferrugineus* popölasyonları üzerinde yürüttükleri testler sonucunda 10 popölasyonun fosfine dirençli olduğu bildirmişlerdir. Buna ek olarak, popölasyonların hassas popölasyona nazaran 3.38 - 392.65 kat arasında değişen oranlarda fosfine daha dirençli olduğunu bildirmişlerdir.

2.5. Fosfin Gazının Depolanmış Ürün Zararlılarının Farklı Biyolojik Dönemlerine Karşı Etkinliği

Çok büyük bir çoğunluğu holometabol böceklerden olan depolanmış ürün zararlılarında ergin, larva, yumurta ve pupa dönemleri görölmektedir. Böceklerin biyolojik dönemleri arasındaki birçok farklılık (beslenme durumu, hareket kabiliyetleri, solunum hızları vb.) zararlıların mücadelesinde kullanılan fiziksel, kimyasal ve biyolojik etmenlerin etkinliklerini sınırlandırabilir ya da arttırabilirler. Fosfin gazının depolanmış ürün zararlılarının tüm biyolojik dönemleri üzerindeki etkinlikleri arasında farklılıklar olduğu saptanmıştır. Bu hususta geçmiş yıllarda farklı depolanmış ürün zararlılarının değişik biyolojik dönemleri üzerinde yürütölen çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Lindgren ve Vincent (1966), *T. confusum*'un tüm biyolojik dönemleri üzerinde 25 °C sıcaklıkta, 16 saat süre ile yürüttükleri çalışmalarında, 1 günlük yaştaki yumurtaların LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri sırasıyla 0.29 ve 1.12 mg/L olarak hesaplamışken, 2 günlük yaştaki yumurtalarda bu değerlerin 0.10 ve 0.45 mg/L'ye düştüğu ve yumurtanın yaşlanmasıyla, yumurtaların fosfine hassasiyetinin arttığını bildirmişlerdir. Yine aynı koşullarda larva dönemi üzerinde yürütölen testler sonucunda LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri 0.007 ve 0.02 mg/L olarak belirlenirken, pupa döneminin LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri 0.016 ve 0.044 mg/L olarak hesaplanmıştır. Tüm çalışma boyunca yürütölen testlerden elde edilen sonuçlar ışığında; *T. confusum*'un fosfine en dayanıklı biyolojik döneminin yumurta dönemi olduğu ergin, larva

ve pupa dönemlerinin LC₅₀ değerlerinin 5 günlük yaştaki yumurtaların LC₅₀ değerinden bile daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Vincent ve Lindgren (1972a), *O. surinamensis*' in ve *Plodia interpunctella* (Hübner)'nin tüm biyolojik dönemlerini, 26.7 °C sıcaklıkta fosfin gazının farklı konsantrasyonlarına 24 saat süre maruz bırakarak, fosfinin biyolojik dönemler üzerinde etkinliğini araştırmışlardır. Araştırmaları sonucunda; *O. surinamensis*'in ergin, larva, yumurta ve pupa dönemlerinin LC₉₅ değerlerini sırasıyla 0.018, 0.017, 0.038 ve 0.049 mg/L olarak belirlemişken, fosfine en dayanıklı dönemin pupa dönemi olduğunu ortaya koymuşlardır. Yine aynı çalışmada, *P. interpunctella*'nın tüm biyolojik dönemleri üzerinde yürütülen testler sonucunda ergin, larva, yumurta ve pupa dönemlerinin LC₉₅ değerlerini sırasıyla 0.034, 0.060, 1.900 ve 0.320 mg/L olarak belirlerken, *P. interpunctella*'nın yumurta döneminin fosfine en dayanıklı biyolojik dönemin olduğunu saptamışlardır.

Vincent ve Lindgren (1972b), Dermestidae familyasından *Attagenus megatoma*, *Trogoderma glabrum*, *Trogoderma sternale* ve *Trogoderma variabile*'ın ergin, larva, yumurta ve pupa dönemlerine 26.7 °C sıcaklıkta fosfin gazı uygulayarak fosfinin, Dermestid türlerinin tüm biyolojik dönemlerine karşı etkinliğini belirlemişlerdir. Araştırmaları sonunda; tüm böcek türlerinde fosfine en dayanıklı biyolojik dönemin yumurta olduğunu, *T. sternale* haricindeki böcek türlerinde ise fosfine en hassas dönemin ise ergin dönemi olduğunu saptamışlardır.

Bell (1976), *Ephestia elutella*, *Ephestia kuehniella*, *Ephestia cautella* ve *P. interpunctella*'nın tüm biyolojik dönemlerini 25 °C sıcaklık koşullarında farklı fosfin konsantrasyonlarına maruz bırakmış ve 4 farklı depolanmış ürün zararlısı güve türünde de yumurta döneminin fosfine en dayanıklı biyolojik dönem olduğunu ortaya koymuştur. Buna ek olarak, 0.2 mg/L fosfin konsantrasyonuna 24 saat maruz bırakılan tüm güve türlerinin 0-1 günlük yumurtalarından elde edilen ölüm oranları < %27 olarak belirlenirken, 1-2 günlük yaştaki yumurtaların ölüm oranları ise % 90.5 ile % 100 arasında değişkenlik göstermiştir. Aynı koşullarda fosfine maruz bırakılan tüm güve türlerinin 2-4 günlük yaştaki yumurtalarında ise % 100 ölüm gerçekleştiğini bildirmektedir.

Hole ve ark. (1976), *Acanthoscelides obtectus*, *Caryedon serratus*, *Cryptolestes ferrugineus*, *Cryptolestes pusillus*, *Lasioderma serricorne*, *O. surinamensis*, *Ptinus tectus*, *R. dominica*, *S. granarius*, *S. oryzae*, *S. zeamais*, *T. castaneum* ve *T. granarium* 'un farklı biyolojik dönemleri üzerindeki çalışmaları sonucunda, zararlıların pupa ve yumurta dönemlerinin ergin ve larva dönemlerine nazaran fosfine daha tolerant olduğunu ancak *T. granarium* 'un diyapoz halindeki larvalarının fosfine daha dayanıklı olduğunu ortaya koymuşlardır. Yine aynı çalışmadan elde ettikleri veriler neticesinde yüksek konsantrasyonların kullanıldığı kısa süreli fumigasyon yerine düşük konsantrasyonların kullanıldığı uzun süreli fumigasyonların depolanmış ürün zararlısı böceklerin kontrolünde daha etkili olabileceklerini ileri sürmektedirler.

Nakakita ve Winks (1981), Fosfine hassas ve direnç *T. castaneum* popülasyonlarında 15 ve 20 günlük yaştaki larvalar ile, prepupa, erken yaştaki pupa, orta yaştaki pupa ve geç yaştaki pupaları, 6 saat boyunca farklı fosfin konsantrasyonlarına maruz bırakarak, LC₅₀ ve LC_{99.9} değerlerini hesaplamışlardır. Araştırmaları sonucunda her iki popülasyon içinde farklı yaştaki pupa ve larvaların fosfine dayanıklılık sıralaması: erken yaştaki pupa > orta yaştaki pupa > geç yaştaki pupa > prepupa > 15 günlük larva > 20 günlük larva olarak belirlemişlerdir. Bununla birlikte 20 günlük larva dönemi ve farklı yaştaki pupa dönemlerine ait testlerde pupalardan deforme olmuş ergin çıkışları gözlemlenirken bu durumun en çok 20 günlük larva dönemiyle yürütülen testlerde gözlemlendiğini bildirmişlerdir.

Price ve Mills (1988), *O. surinamensis*, *T. castaneum*, *C. ferrugineus*, *R. dominica*, *S. granarius* ve *S. oryzae* türlerinin fosfine hassas ve dirençli ırklarının farklı biyolojik dönemlerini 15 ve 25 °C sıcaklıkta farklı fosfin konsantrasyonlarına maruz bırakarak biyolojik dönemlerin fosfine dayanıklılığını belirlemişlerdir. Her iki sıcaklıkta yürütülen testler sonucunda pupa döneminin diğer biyolojik dönemlerden daha dayanıklı olduğunu belirtmişlerdir. Bunun yanında fosfine dirençli ve hassas popülasyonlardan edilen sonuçlar ışığında fosfine maruz kalma süresinin, uygulanan fosfin konsantrasyonuna nazaran zararlıları kontrol etme de, daha kritik bir faktör olduğunu bildirmişlerdir.

El- Lakvah ve ark. (1991), *Sitotrega cerealella* ' nın 3. dönem larvaları ve pupalarını 20 ve 28 °C sıcaklık koşullarında 1, 2 ve 3 gün süre ile farklı konsantrasyonlarda fosfin gazına maruz bırakarak LC₅₀ değerlerini hesaplamışlardır. 20 °C sıcaklıkta 1, 2 ve 3 günlük sürelerde fosfine maruz bırakılan larvaların LC₅₀ değerleri sırasıyla 14.77, 6.05 ve 4.62 µg/L olarak hesaplanırken, 28 °C sıcaklıkta yürütülen testlerden elde edilen LC₅₀ değerleri sırasıyla 7.69, 5.30 ve 3.43 µg/L olarak belirlenmiştir. Pupa dönemi ile 20 °C sıcaklıkta

yürütülen testlerde ise 1, 2 ve 3 günlük uygulamalar sonunda hesaplanan LC₅₀ değerleri sırasıyla 30.33, 8.69 ve 8.40 µg/L olarak belirlenmişken, 28 °C sıcakta yürütülen testlerden elde edilen LC₅₀ değerini 14.19, 8.93 ve 6.67 µg/L olarak hesaplamışlardır. Araştırmaları sonucunda; pupa döneminin larva dönemine nazaran fosfine daha dayanıklı olduğunu bildirmişlerdir.

Shazali ve ark. (1998), Kuru incir kurdu, *E. cautella*'nın farklı yaştaki yumurtalarını, 24 ve 48 saat, fosfin gazına maruz bırakarak yumurta dönemlerine ait LC₉₅ değerlerini hesaplamışlardır. 25 °C sıcaklıkta, 24 saat süre ile yürütülen testler sonucunda 1, 2, 3 ve 4 günlük yumurtaların LC₉₅ değerleri sırasıyla 2.3, 0.41, 0.13 ve 0.13 mg/L olarak hesaplanmışken, 48 saatlik uygulamalarda LC₉₅ değerleri yine sırasıyla 0.4, 0.08, < 0.1 ve < 0.1 mg/L olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar aynı çalışmada farklı yaştaki yumurtaları 0.5 ve 1 mg/L fosfin konsantrasyonu maruz bırakarak yumurtaların LT₉₅ değerlerini hesaplamışlar ve 1 mg/L fosfin konsantrasyonda 1, 2, 3 ve 4 günlük yaştaki yumurtalar için LT₉₅ değerleri sırasıyla 35.5, 11.4, <16 ve <16 saat olarak belirlerken, yumurtaların 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonuna maruz bırakılmasıyla elde edilen LT₉₅ değerleri ise 39.6, 22.8, 15.7 ve 11.2 saat olarak saptanmıştır. Araştırma sonucunda, yumurta yaşının artışıyla birlikte hem LC₅₀ hem de LT₅₀ değerlerinde düşüş gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

Kahraman (2009), Kuru meyve güvesi, *P. interpunctella*'nın 1 günlük yaştaki ergin ve yumurtalarını, 25 günlük larvalarını ve 1-2 günlük yaştaki pupalarını 20 °C sıcaklık koşullarında 200 ppm fosfin konsantrasyonuna maruz bırakarak, tüm dönemlerin LT₅₀ ve LT₉₉ değerlerini hesaplamıştır. Araştırma sonucunda; ergin, larva, yumurta ve pupa dönemlerinin LT₅₀ değerlerini sırasıyla 1.62, 0.93, 14.29 ve 6.34 saat olarak hesaplarken, aynı dönemlerin LT₉₉ değerleri sırasıyla 14.07, 3.85, 20.07 ve 52.98 saat olarak belirlemiştir.

Tütüncü (2006), *Carpophilus hemipterus*'un ergin, larva ve değişik yaştaki yumurtalarını 25 °C sıcaklık koşullarında 200 ppm fosfin gazına maruz bırakarak LT₅₀ ve LT₉₅ değerlerini hesaplamıştır. Araştırmaları sonucunda; 25 °C sıcaklık koşullarında 1 günlük yumurtalara ait LT₉₅ değeri 12.331 saat olarak hesaplanırken, 2 günlük yumurtalarda bu değer 8.474 saat olarak belirlenmiştir. Larva ve ergin dönemlerinin LT₉₅ değerleri ise sırasıyla 6.627 saat ve 3.375 saat olarak hesaplanmıştır. Çalışmalarından elde ettikleri sonuçlara göre yumurtaların, larva ve erginlere nazaran fosfine daha dayanıklı olduğu ve yumurtalarda yaş artışıyla birlikte fosfine hassasiyetin arttığını belirtmiştir.

Kaur ve ark. (2012), *R. dominica*'nın hassas ve dayanıklı ırklarının yumurta, olgun larva ve pupalarını, 25 °C sıcaklık ve % 70 nem koşullarında farklı konsantrasyonlarda fosfin gazına maruz bırakarak, biyolojik dönemlerin LC₅₀ ve LC₉₉ değerlerini belirlemişlerdir. Fosfine hassas popülasyonun yumurta, olgun larva ve pupa dönemlerinin LC₅₀ değerleri sırasıyla 0.0188, 0.0045 ve 0.0102 mg/L olarak belirlenirken, fosfine dirençli popülasyonlarda ise yine sırasıyla 0.6964, 0.1512 ve 0.3152 mg/L olarak hesaplanmıştır. Araştırmaları sonucunda *R. dominica*'nın fosfine hassas ve dirençli popülasyonlarında fosfine en dayanıklı dönemin yumurta olduğunu ve bunu pupa döneminin takip ettiğini ortaya koymuşlardır.

Manivannan (2015), 25 °C sıcaklık koşullarında, *T. castaneum*'un 1-2 günlük yumurtalarını 24, 48, 72 ve 96 saat, 2-3 günlük pupalarını 24, 48, 72, 96 ve 120 saat ve 2, 4 ve 6. larva dönemlerini 24, 48, 72, 96 ve 120 saat süre ile farklı fosfin konsantrasyonlarına maruz bırakılarak LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri hesaplamışlardır. Yumurta dönemi ile farklı uygulama sürelerinde yürütülen testlerden elde edilen LC₅₀ değerleri 1.571, 0.306, 0.235, 0.217 mg/L olarak belirlenirken, LC₉₉ değerleri ise 33.366, 2.140, 0.763 ve 1.051 mg/L olarak hesaplamışlardır. Aynı çalışmada pupa dönemi üzerinde yürüttükleri testlerde ise LC₅₀ değerleri 1.184, 0.509, 0.203, 0.108 ve 0.070 mg/L olarak hesaplanırken, LC₉₉ değerini ise 66.963, 6.866, 2.824, 0.914 ve 0.909 mg/L olarak belirlemişlerdir. Araştırmaları sonucunda; *T. castaneum*'un pupa ve yumurtalarına ait LC₅₀ ve LC₉₉ değerlerinin, tüm larva dönemlerinin LC₅₀ ve LC₉₉ değerlerinden daha yüksek olduğu belirlenirken, uygulama süresinin artışıyla birlikte LC₅₀ ve LC₉₉ değerlerinde önemli seviyede düşüş gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

Gautam ve ark. (2016), ABD'nin California eyaletindeki badem işletmelerinin depolarından topladıkları *T. castaneum* popülasyonlarının ergin ve yumurta dönemlerinin, fosfine direnç durumunu belirlemek amacıyla toksikolojik testler yürütmüştür ve toplanan 11 farklı *T. castaneum* popülasyonunun erginleri ile yürütülen testlerde 4 popülasyonun fosfine dirençli olduğunu belirlemiştir. Araştırmaları sonucunda 25 °C sıcaklıkta 3 gün süre ile fosfinin farklı konsantrasyonlarına maruz bırakılan hassas *T. castaneum* popülasyonun erginlerinin LC₅₀ ve LC₉₉ değerlerini sırasıyla 3.4 ve 7.4 ppm olarak belirlemişlerken, aynı popülasyonun yumurtalarının LC₅₀ ve LC₉₉ değerlerini ise sırasıyla 19.2 ve 51.5 ppm olarak hesaplamışlardır. Bununla birlikte, fosfine dayanıklı olduğunu belirledikleri popülasyonların erginlerinin LC₅₀ değerleri, 8.6 ve 394 ppm arasında değişiklik gösterirken, aynı popülasyonların yumurta dönemlerinin LC₅₀ değerleri 41.5 ppm ile 137.6 ppm arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Fosfine en dayanıklı popülasyonun erginlerinin LC₉₉

değeri 356.9 ppm olarak hesaplanırken, aynı popülasyonun yumurta döneminin LC₉₉ değeri 653.9 ppm olarak kaydedilmiş ve hem hassas hem de fosfine dirençli popülasyonların tamamının yumurta dönemlerinin LC₅₀ ve LC₉₉ değerlerinin ergin dönemlerinkinden daha yüksek seviyede olduklarını bildirmişlerdir.

Venkidusamy ve ark. (2018), 25 °C sıcaklık ve % 60 nem koşullarında Küçük kırma biti, *C. ferrugineus*'un fosfine hassas ve dirençli popülasyonlarının tüm biyolojik dönemlerini fosfin gazının farklı konsantrasyonlarına 48 saat boyunca maruz bırakarak, biyolojik dönemlerin LC₅₀ değerlerini hesaplamış ve biyolojik dönemlerin fosfin gazına direnç seviyelerini belirlemişlerdir. Fosfine hassas popülasyonun biyolojik dönemleri ile yürütülen testler sonunda hesaplanan LC₅₀ değerlerinin sıralaması yumurta > pupa > larva = ergin olarak belirlemişlerdir. Fosfine dayanıklı popülasyondan elde edilen LC₅₀ değerleri arasındaki ilişki ise yumurta = ergin > pupa > larva olarak belirlenmiştir. Araştırmalarında fosfine hassas ve dirençli popülasyonlarda yumurta döneminin fosfine en dayanıklı biyolojik dönem olduğunu net bir şekilde belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

3.1.1. Ayırıcı konsantrasyon testlerinde kullanılan *Tribolium castaneum* ve *Tribolium confusum* popülasyonları

Araştırmanın yürütüldüğü Doğu Akdeniz Bölgesi'ndeki tahıl depolarındaki ürünlerde zararlı olan *T. castaneum* ve *T. confusum* popülasyonlarının fosfin gazına direnç durumlarını belirlemek amacıyla, 2016 yılının Haziran - Eylül ayları arasında Adana'da 31, Mersin'de 10, Osmaniye'de 15, Hatay'da 15 ve Kahramanmaraş ilinde 13 olmak üzere toplam 84 farklı tahıl deposuna gidilmiş ve her tahıl deposundan 1 defa örnekleme yapılarak böcek örnekleri toplanmıştır. Örnekleme periyodu sonunda, 79'u *T. castaneum* ve 9'u *T. confusum* olmak üzere toplamda 88 farklı *Tribolium* spp. popülasyonuna ait böcek örnekleri toplanmış ve kültüre alınmıştır. Araştırmanın yürütüldüğü illerden toplanan ve erginleri üzerinde ayırıcı konsantrasyon testleri yürütülen *Tribolium castaneum* ve *T. confusum* popülasyonlarına ait detaylı bilgiler EK 1, 2, 3, 4 ve 5'te verilmiştir.

3.1.2. Biyolojik dönemler üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon ve lethal zaman testlerinde kullanılan *Tribolium castaneum* popülasyonları

Tribolium castaneum'un tüm biyolojik dönemlerinin (ergin, larva, yumurta ve pupa) fosfin gazına olan hassasiyet ve dirençlerini belirlemek amacıyla yürütülen lethal konsantrasyon ve lethal zaman testlerinde, fosfine hassas bireylerden oluşan Tc-K kodlu popülasyon ile fosfine yüksek seviyede dirençli bireylerden oluşan Tc-S kodlu popülasyon kullanılmıştır. Tc-K kodlu *T. castaneum* popülasyonu Kansas State Üniversitesi (ABD), Entomoloji Bölümü'nden temin edilmiş ve uzun yıllar önce kültüre alınmış bu popülasyonun tamamen fosfine hassas bireylerden oluştuğu hem toksikolojik hem de moleküler testler yardımıyla kanıtlanmıştır. Fosfine yüksek seviyede dirençli bireylerden oluşan Tc-S kodlu popülasyonun elde edilmesinde, yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda fosfine yüksek seviyede direnç gösterdiği belirlenen DA-30 kodlu *T. castaneum* popülasyonun erginleri, 1000 ppm (1.408 mg/L) fosfin gazı konsantrasyonuna 6 nesil boyunca maruz bırakılarak selekte edilmiştir. Seleksiyon çalışmaları sonucunda elde edilen popülasyonun (Tc-S) tamamen fosfine homozigot dirençli (RR) bireylerden oluştuğu moleküler yöntemler yardımıyla belirlenmiştir.

3.1.3. Toksikolojik testlerde kullanılan fosfin gazı

Toksikolojik testlerin tamamında kullanılan fosfin gazı, Linde Industrial Gases Company'den (Almanya) temin edilen 10 lt'lik çelik silindir tüpten (hacmen %1 PH₃ + % 99 N₂) elde edilmiştir.

3.1.4. Biyolojik testlerde kullanılan buğday çeşidi

Tüm biyolojik testlerde, % 11 ürün nemi içeren “Elbistan Yazlığı” ticari isimli yumuşak ekmeklik buğday çeşidi (*Triticum aestivum* L.) kullanılmıştır.

3.1.5. Gaz Kromatografi ünitesi

Araştırma süresince yürütülen toksikolojik testlerin tamamında kullanılan fosfin konsantrasyonlarının ölçümünde, Alev Fotometrik Dedektör (FPD, Flame Photometric Detector) ve Rt®- Q- BOND kapileri kolon (30 m uzunluk * 0.32 mm iç çap* 10 µm film kalınlığı, RESTEK GC Columns, Made in USA) içeren Shimadzu GC-2010 tipi gaz kromatografi cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.1). Çalışma esnasında cihazın enjeksiyon sıcaklığı 250 °C'ye, kolon sıcaklığı 120 °C'ye ve dedektör sıcaklığı ise 250 °C'ye ayarlanmıştır. Taşıyıcı gaz olarak N₂ kullanılmışken, fosfin konsantrasyonların belirlenmesinde cihaza enjekte edilen örnek miktarı 25 µl olup, gazın alıkonma süresi 1 dakika 56 saniye'dir.



Şekil 3.1. Gaz kromatografi ünitesi

3.1.6. Moleküler testlerde kullanılan PCR cihazı ve diğer ekipmanlar

Ergin bireyleri üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonuçları göz önüne alınarak seçilen *T. castaneum* popülasyonlarının, direnç alleli yüzdelерinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen polimeraz zincir reaksiyonları, Veriti 96 Well Thermo Cycler marka PCR cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. DNA izolasyonu, PCR ve Kesme enzimi reaksiyonlarında ise Wisc WB-22 su banyosu, Biosan V-1 Plus vorteks cihazı ve santrifüj cihazlarından yararlanılmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Ayırıcı konsantrasyon testlerinde kullanılan *Tribolium castaneum* ve *Tribolium confusum* popülasyonlarının toplanması

Tribolium castaneum ve *T. confusum* popülasyonlarının fosfine direnç durumlarını belirlemek amacıyla 2016 yılının Haziran - Eylül ayları arasında, Adana'da 31, Osmaniye'de 15, Kahramanmaraş'ta 13, Hatay'da 15 ve Mersin'de 10 farklı tahıl deposuna gidilmiş ve her tahıl deposundan bir kere örnekleme yapılarak toplam 88 farklı *Tribolium* spp. popülasyonuna ait örnekler toplanmıştır (Şekil 3.2). Araştırmanın yürütüldüğü illerdeki Toprak Mahsulleri Ofisi (TMO) ve tahıl tüccarları ile gıda işletmelerine ait depolarından örnekleme yapılırken ağırlıklı olarak gözlemle örnekleme (Şekil 3.3a) tercih edilmişken, böcek popülasyonunun düşük seviyede olduğu depolarda çukur tuzaklardan da faydalanılmıştır (Şekil 3.3 d,e). Adi yatık depolarda gözlemle örnekleme yapılırken, çoğu zaman doğrudan ürün içerisinden elekler yardımıyla örnek toplama tercih edilirken, silolarda, elevatör çukurları ve siloların havalandırma ve taşıyıcı sistemlerinden böcek örnekleri toplanmıştır (Şekil 3.3 b,c). Araştırmanın yürütüldüğü illerden toplanan *T. castaneum* ve *T. confusum* popülasyonlarına ait detaylı bilgiler Ekler bölümünde EK-1, 2, 3, 4 ve 5'te verilmiştir.



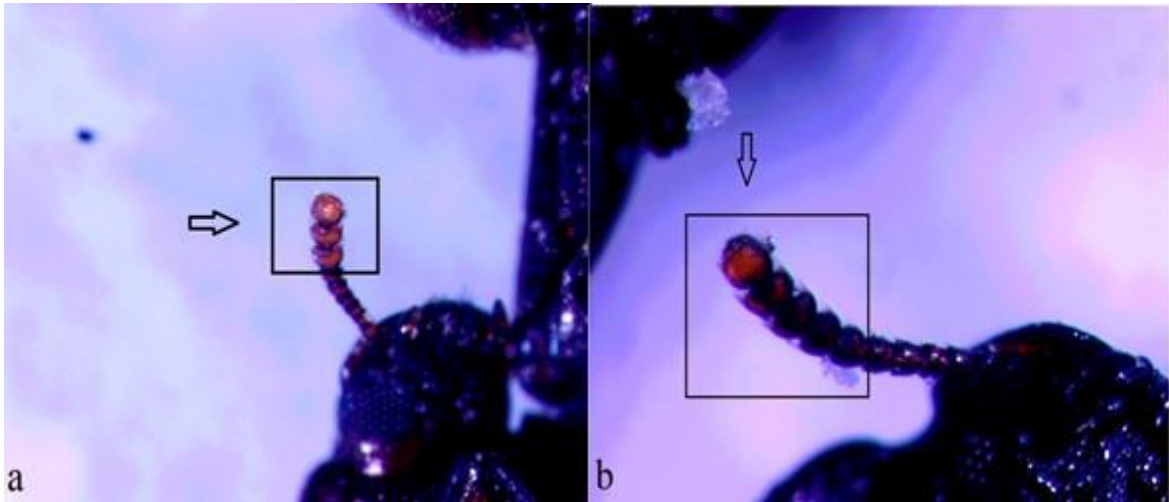
Şekil 3.2. Doğu Akdeniz Bölgesi'nde *Tribolium castaneum* ve *Tribolium confusum* örneklerinin toplandığı yerlerin harita üzerindeki konumları



Şekil 3.3. Gözlemle örnekleme (a,b,c) ve çukur sonda tuzakla örnekleme (d,e).

3.2.2. *Tribolium castaneum* ve *Tribolium confusum* popülasyonlarının teşhisi ve kültüre alınması

Araştırmanın yürütüldüğü illerdeki tahıl depolarından toplanan örnekler laboratuvara getirildikten sonra farklı meshteki Retsch® marka elekler yardımıyla elenmiş, depolanmış ürün zararlısı böcekler tahıldan ayrılmıştır. Depolardan toplanan *Tribolium* spp. ve diğer depo zararlısı böcek türlerine ait örnekler de birbirlerinden ayrıldıktan sonra *Tribolium* erginlerinin tamamı binoküler altında incelenmiş ve Ress (2003)'in belirtildiği şekilde antenlerindeki farklılaşmış segment sayıları dikkate alınarak tür teşhisleri yapılmıştır (Şekil 3.4 a,b). Tür teşhisi yapıldıktan sonra her bir *Tribolium* örneğine toplandığı ili belirtecek şekilde kod numarası verilmiş (Adana-DA, Osmaniye-DB, Kahramanmaraş-DC, Hatay-DD, Mersin-DE) ve erginler, buğday unu - kuru maya (19:1) içeren besin ortamında kültüre alınmıştır. Kültüre alınan popülasyonlar 30 ± 1 °C sıcaklık ve $\% 65\pm 5$ oransal nem koşullarına sahip karanlık üretim odalarında muhafaza edilmiş ve popülasyon oluşturmaları sağlanmıştır. Kültüre alınan tüm *Tribolium castaneum* ve *T. confusum* popülasyonları 5 hafta boyunca her hafta elenip erginler yeni besin içerisine aktarılmış ve böceklerin yumurta bırakması sağlanmıştır. Araştırmanın yürütüldüğü illerdeki tahıl depolarından *T. castaneum* ve *T. confusum* popülasyonlarının fosfine direnç durumlarını belirlemek amacıyla yürütülen ayırıcı konsantrasyon testlerinin tamamı, depolardan toplanan örneklerden geliştirilen popülasyonlardan elde edilen F₁ erginleri üzerinde yürütülmüştür.



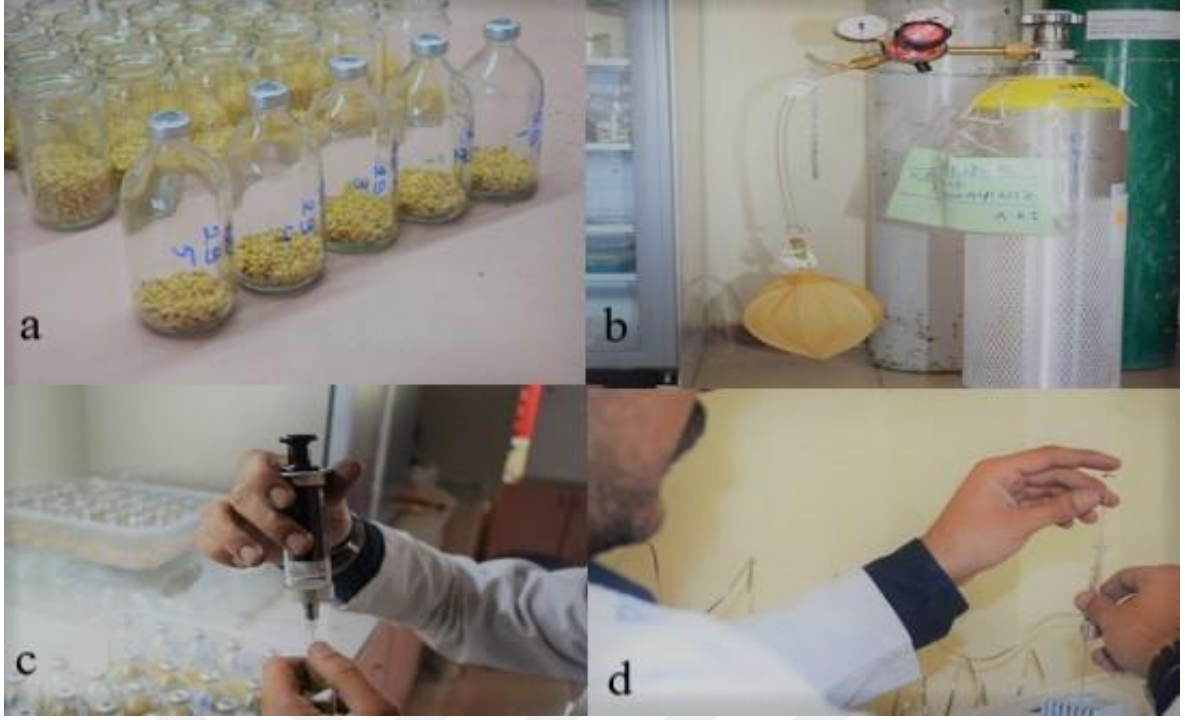
Şekil 3.4. *Tribolium castaneum*'un anten görünüşü (a), *Tribolium confusum*'un anten görünüşü (b).

3.2.3. Doğu Akdeniz Bölgesinden toplanan *Tribolium castaneum* ve *Tribolium confusum* popülasyonlarında fosfin direncinin belirlenmesi

3.2.3.1. Ayırıcı konsantrasyon testleri protokolü

Doğu Akdeniz Bölgesindeki tahıl depolarından toplanan ve kültüre alınan *T. castaneum* ve *T. confusum* popülasyonlarının fosfin gazına dirençli olup olmadıklarını belirlemek amacıyla FAO (1975) ve Daglish ve Collins (1999)'de belirtilen fosfin konsantrasyonları ve maruz bırakma süreleri kullanılmıştır. Bu amaçla, *T. castaneum* erginleri 0.04 ve 0.25 mg/L, *T. confusum* erginleri ise 0.05 ve 0.31 mg/L fosfin konsantrasyonlarına 25 ± 1 °C sıcaklıkta, 20 saat süre ile maruz bırakılmıştır. Tüm ayırıcı konsantrasyon testleri 100 ml'lik cam serum şişelerinde yürütülmüştür. Testlerde kullanılan şişelerin içerisine % 11 ± 1 nem içeriğine sahip 10 g “Elbistan Yazlığı” ticari isimli ekmeklik yumuşak buğday konulmuş ve her bir test şişesine erginler ilave edildikten sonra, şişelerin ağızları gaz giriş çıkışını engellemek ve izole bir ortam sağlamak amacıyla plastik tıpalarla kapatılmıştır. Plastik tıpların açılmasını engellemek içinse alüminyum flakon kapaklar kullanılmıştır (Şekil 3.5.a).

Ayırıcı konsantrasyon testlerinde kullanılan şişeler hazırlandıktan sonra fosfin silindirinden (hacmen % 1 PH_3 + % 99 N_2), ucunda enjektör iğnesi bağlı olan silikon hortum yardımıyla, kalın dokulu lateksten yapılmış ve vakumlanarak havası alınmış balon içerisine bir miktar fosfin gazı aktarılmıştır (Şekil 3.5.b). FAO (1975) ve Daglish ve Collins, (1999) tarafından ortaya konulan direnç belirleme protokollerinde belirtilen fosfin gazı konsantrasyonlarına tekabül eden gaz miktarları, Gaz Kromatografi Cihazı (GC)'nda yapılan ölçümlerle belirlendikten sonra Hamilton marka (Hamilton 2.5 ml Model 1002 C SYR) enjektör yardımıyla testlerin yürütüleceği şişelere tek tek fosfin gazı enjekte edilmiş ve gazın test şişeleri içerisinde homojen dağılmasını sağlamak amacıyla on dakika beklenilmiştir (Şekil 3.5.c).



Şekil 3.5. Testlerin yürütüldüğü 100 ml’lik şişeler (a), Fosfin silindiri ve lateks balon (b), Uygulama şişelerine fosfin uygulanması (c), Uygulama şişelerinden GC cihazına enjeksiyon (d).

Test şişelerine fosfin enjekte edildikten sonra her şişeden bir kez Hamilton (1702 N SYR) marka enjektör yardımıyla 25 ul örnek alınarak GC cihazına aktarılmış ve şişelerin içerisindeki fosfin konsantrasyonları belirlenmiştir (Şekil 3.5.d). Gaz kromatografi cihazı yardımıyla fosfin konsantrasyonu belirlendikten sonra test şişeleri 25 ± 1 °C sıcaklıkta karanlık koşullarda muhafaza edilmek üzere üretim odalarında bekletilmiştir. Fosfin gazı uygulamasından 19 saat sonra test şişeleri tekrar laboratuvara getirilmiş, GC yardımıyla test şişeleri içerisindeki gaz konsantrasyonları tekrar ölçülmüş ve gaz sızıntısı olup olmadığı kontrol edilmiştir. Gaz konsantrasyonu belirlenen uygulama şişeleri uygulamanın başlangıcından 20 saat sonra açılarak havalandırılmış ve şişelerin içerisindeki fosfin ortamdan uzaklaştırılmıştır. Havalandırma işlemi sonrasında fosfin gazına maruz bırakılan böcekler uygulamanın yürütüldüğü şişelerin içindeki buğdaydan, elekler yardımıyla ayrılarak içerisinde fosfin gazına maruz kalmamış temiz buğday bulunan 100 ml’lik cam tüplere aktarılmış ve tüplerin ağızları gaz giriş çıkışını engellemeyecek şekilde tüllemişlerdir. Her bir konsantrasyon denemesi 5 tekerrürlü kurulmuş ve her tekerrürde 40 adet 5-7 gün yaşta karışık cinsiyetli *T. castaneum* ve *T. confusum* erginleri kullanılmıştır.

Fosfin gazının ayırıcı konsantrasyonlarına maruz bırakılan erginler, testlerin sonlandırılmasını takiben 14 gün sonra, üretim odasından laboratuvara getirilmiş ve ölü-canlı böcek sayıları belirlenmiştir. On dördüncü gün sonundaki sayımlardan elde edilen canlı böcek sayıları kullanılarak *T. castaneum* ve *T. confusum* popülasyonlarının canlı kalma oranları hesaplanmış ve Çizelge 3.1’de verilen skala yardımıyla *T. castaneum* ve *T. confusum* popülasyonlarının fosfin gazına direnç durumları belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. Ayırıcı konsantrasyon testleri fosfin direnç skalası.

Düşük konsantrasyon <i>T. castaneum</i> 0.04 mg/L* <i>T. confusum</i> 0.05 mg/L*	Yüksek konsantrasyon <i>T. castaneum</i> 0.25 mg/L** <i>T. confusum</i> 0.31 mg/L***	Fosfine Direnç Durumu
Canlı yok	Canlı yok	Hassas
Canlı var	Canlı yok	Düşük seviyede dirençli
Canlı var	Canlı var	Yüksek seviyede dirençli

*FAO,1975;** Daglish ve Collins (1999), *** Daglish ve Collins (1999) modifikasyonundan elde edilmiştir.

Çizelge 3.1.’deki skala uyarınca; her iki ayırıcı fosfin konsantrasyonun kullanıldığı uygulamalarda şişelerdeki tüm böceklerin ölmesi ve canlı kalma oranlarının % 0 olarak hesaplanması durumunda, popülasyonun fosfine hassas bireylerden oluştuğu belirlenirken, düşük ayırıcı fosfin konsantrasyonunun (0.04- 0.05 mg/L PH₃) uygulandığı şişelerde canlı böcek varlığı mevcutken, yüksek ayırıcı fosfin konsantrasyonlarına (0.25- 0.31 mg/L PH₃) maruz bırakılan böceklerin tamamının ölmesi durumunda ise popülasyonlar fosfine düşük seviyede dirençli olarak adlandırılmıştır. Her iki ayırıcı fosfin konsantrasyonun kullanıldığı testlerde de canlı böcek varlığına rastlanması durumunda ise popülasyonların fosfine yüksek seviyede dirençli olduğu kabul edilmiştir.

3.2.3.2. Lethal konsantrasyon testleri protokolü

Ayırıcı fosfin konsantrasyon testleri sonuçları değerlendirilerek fosfine yüksek seviyede dirençli olduğu belirlenen *T. castaneum* popülasyonlarının fosfine direnç seviyelerini belirlemek amacıyla, yüksek ayırıcı fosfin konsantrasyon testleri sonucunda elde edilen canlı kalma oranlarına göre seçilen bazı *T. castaneum* popülasyonların erginleri üzerinde lethal konsantrasyon testleri yürütülmüştür. Bu testlerde fosfin gazının üretilmesi, ölçülmesi ve diğer deneme protokolleri ayırıcı konsantrasyon testlerinde olduğu gibi gerçekleştirilmiş ve popülasyonların LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri hesaplanmıştır. Fosfine hassas

ve yüksek seviyede direnç gösteren farklı *T. castaneum* popülasyonlarının erginlerine ait lethal konsantrasyon değerlerini hesaplamak amacıyla *T. castaneum* erginleri 20 saat süre ile 25 ± 1 °C sıcaklıkta en az 6 farklı fosfin konsantrasyonuna maruz bırakılmıştır. Testlerin sonlandırılmasından 14 gün sonra yapılan sayımlar sonucunda elde edilen ölü-canlı ergin sayıları kullanılarak PoloPlus programı yardımıyla popülasyonların LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri hesaplanmıştır. Fosfine dirençli popülasyonların erginleri kullanılarak yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda hesaplanan LC₅₀ değerlerinin, fosfine hassas referans popülasyonun LC₅₀ değerine bölünmesiyle, popülasyonların fosfine direnç katsayıları hesaplanmıştır.

$$\text{Direnç Katsayısı (R}^k\text{)} = \frac{\text{Dirençli popülasyonun LC50 değeri}}{\text{Hassas popülasyonun LC50 değeri}}$$

Tribolium confusum popülasyonları ile yürütülen ayırıcı konsantrasyon testleri sonuçlarının Çizelge 3.1’de verilen skala yardımıyla değerlendirilmesiyle, popülasyonlarda fosfine yüksek seviyede direnç gözlemlenmediği için hiçbir *T. confusum* popülasyonunda lethal konsantrasyon testleri yürütülmemiştir.

3.2.3.3. Fosfin direncinin genetik ilişkisinin ortaya çıkarılması

3.2.3.3.1. DNA izolasyon protokolü

Tribolium castaneum erginlerinin genomik DNA’sının izolasyonu için Doyle ve Doyle (1987) tarafından geliştirilen CTAB (Cetyltrimethylammonium bromide) protokolü, bazı değişikliklere gidilerek kullanılmıştır.

- DNA izolasyonu yapılacak olan 1 adet *T. castaneum* ergini 2 ml’lik santrifüj tüpü içerisine yerleştirilerek, tüpler sıvı azot içerisine batırılmış ve böcekler ezme çubuğu yardımıyla ezilerek toz haline getirilmiştir.
- Sıvı azot içerisinde parçalanmış böcek örneklerinin bulunduğu santrifüj tüplerinin içerisine 1 ml CTAB izolasyon tamponu (0.1 M TrisHCL, pH 8.0; 1.4 M NaCl; 0.02 M EDTA; % 2 CTAB) ve 40 µl Proteinaz-K eklenmiştir. Örnekler kısa bir vortekslemenin (Biosan V-1 Plus) ardından 2 saat süre ile 65- 70 °C sıcaklıkta su banyosu (Wisd WB-22) içerisinde inkübe edilmiştir.

- Su banyosu içerisindeki inkübasyonun ardından tüplerin içerisine 500 µl kloroform+ isoamyl alkol (24-1) eklenmiş ve tüpler vortekslenmiştir. Kısa bir ısıtma işlemi (10 dakika) sonunda tüpler, 13500 rpm’de 20 dakika boyunca santrifüj edilmiştir.
- Santrifüj işlemi tamamlandıktan sonra tüplerin içerisindeki üst sıvıdan 750 µl süpernatant alınarak 2 ml’lik santrifüj tüpüne aktarılmış ve üzerine 750 µl isopropanol eklenerek tüpler hafifçe çalkalanmıştır. Bu işlemin ardından tüpler, isopropanolün etkinliğinin artırılması için - 20 °C sıcaklıktaki derin dondurucuda 1 saat muhafaza edilmiştir.
- Örnekler - 20 °C sıcaklıktaki derin dondurucudan çıkarıldıktan sonra 13500 rpm’de 20 dakika boyunca tekrar santrifüj edilmiş ve tüplerin içerisindeki üst sıvı dikkatli bir şekilde dökülmüştür. Bu işlemde sonra tüplerin içerisindeki pelet üzerine 500 µl % 70’lik etanol eklenmiş ve 5 dakika bekletilerek tuzların etanolde çözünmesi sağlanmıştır.
- 13500 rpm’de 20 dakika süre ile yapılan son santrifüj işlemi sonunda tüplerdeki süpernatant dökülmüş ve tüplerin ağzı açık bırakılarak alkolün tamamen buharlaşması sağlanmıştır.
- Elde edilen DNA peleti 50 µl saf su içerisinde çözündürülmüş ve ileriki çalışmalar için - 20 °C’ de muhafaza edilmiştir.

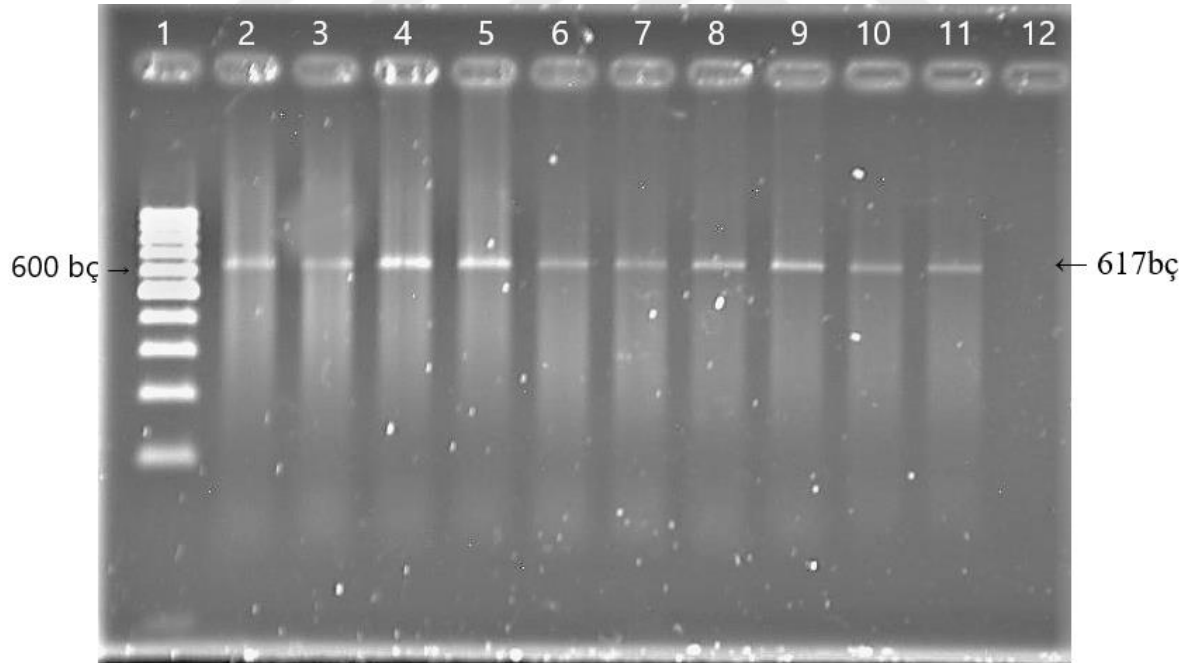
DNA Ekstraksiyon protokolünün çalışıp çalışmadığının anlaşılabilmesi amacıyla örnekler %1.5.’lik agaroz jele yüklenmiş ve 110 voltta 45 dakika koşturulmuştur. Jel elektroforez işleminin ardından agaroz jel, 1 mg/ml Etidiyum bromür çözeltisiyle 15 dakika boyunca çalkalanarak, DNA bantlarının UV ışık altında görüntülenmesi sağlanmıştır. Jel görüntülenmesinde DNA bantlarının görüldüğü örnekler PCR yapılmak üzere derin dondurucuda saklanmıştır.

3.2.3.3.2. Polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) protokolü

DNA izolasyonu tamamlanan *T. castaneum* örneklerinde DLD gen bölgesinin çoğaltmak için PCR reaksiyonları gerçekleştirilmiştir. Bu reaksiyonlarda kullanılmak üzere gen bankası (NCBI)’da yapılan taramalarda *T. castaneum*’a ait *Dihydrolipoamide dehydrogenase* (DLD) gen dizilimi bulunmuş (Erişim no: KF032715.1, Accession: GI:550600249) ve bu dizilim kullanılarak 5’GGCCATTTCGAAACGTTGTCT 3’ ileri primeri tasarlanmıştır. Reaksiyonlarda geri primeri olarak ise literatürde belirtilen 5’AGCCTTGACAGCATTTTCCT 3’ kullanılmıştır (Kaur ve ark.,2015). PCR protokolünde

4 dakika süreyle 94 °C de denatürasyonu takiben, sırasıyla 94 °C, 1 dakika, 62 °C 1 dakika, 72 °C ‘de 1 dakika olmak üzere 39 döngü olarak uygulanmıştır. Son aşama 72 °C’ de 7 dakika olarak gerçekleştirilmiş ve bu işlem sonunda 617 baz çiftlik alan çoğaltılmıştır. Polimeraz zincir reaksiyonlarında her bir örnek için 1 µl ileri primeri, 1 µl geri primeri, 1 µl dNTP mix (1X), 1 µl Taq polimeraz, 5 µl (PCR Buffer + MgCl₂) ve 18.5 µl su kullanılmış ve toplam reaksiyon hacmi 30 µl olarak belirlenmiştir.

Reaksiyon sonunda, polimeraz zincir reaksiyonlarının başarıyla gerçekleşip gerçekleşmediğini belirlemek için 1X TBE (Trizma base+ Borik asit+ 0.5 MM EDTA) tampon çözeltisinde %1.5’lik agaroz jel hazırlanarak PCR ürünleri jele yüklenmiş ve 110 Voltta ve 40 dakika boyunca koşturulmuştur. Jel eloktroforez işleminde oluşacak bantların yerlerini belirlemek için 100 baz çiftlik DNA markörleri (Thermo Fisher Scientific) kullanılmıştır. Jel elektroforez işleminin ardından agaroz jel, 1 mg/ml Etidiyum bromür çözeltisiyle çalkalanmış, PCR bantlarının UV ışık altında görüntülenmesi sağlanmıştır. PCR ürünlerinin jel görüntüsünde 600 baz çifti seviyesinde bant görülen örneklerde PCR işleminin gerçekleştiği saptanmıştır (Şekil 3.6.)

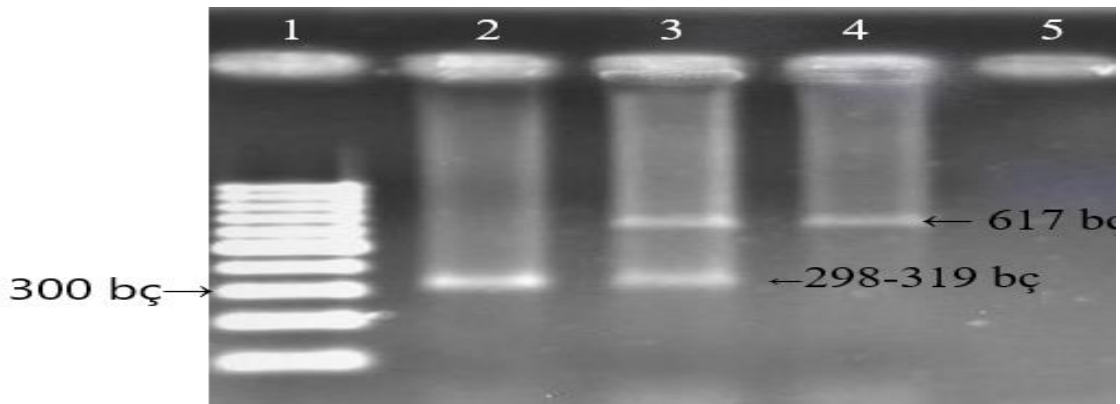


Şekil 3.6. *Tribolium castaneum* erginlerinde 617 bç’lik PCR ürünlerinin jel görüntüsü (1: DNA ladder 100 bç, 2-11: *Tribolium castaneum* örnekleri, 12: ddH₂O)

3.2.3.3.3. *Tribolium castaneum* popülasyonlarının (P45S) direnç alleli yüzdelerinin belirlenmesi

Tribolium castaneum popülasyonlarının toplam direnç alleli yüzdeleri belirlenmesi amacıyla PCR işlemleri tamamlandıktan sonra gerçekleştirilen jel elektroforez işleminde, pozitif sonuç veren örnekler, MboI (5'-GATC-3') kesme enzimiyle reaksiyona tabi tutulmuştur. Bu reaksiyonlarda DLD geninin rph_2 lokusunda (P45S varyantında) gerçekleşen mutasyonun varlığı taranarak, *T. castaneum* örneklerinin fosfine hassas ya da homozigot - heterozigot dirençli olduğu belirlenmiştir.

Kesme enzimiyle gerçekleştirilen reaksiyonlarda PCR tüpleri içerisine 10 µl PCR ürünü, 2 µl R Buffer (10X), 0.5 µl MboI kesme enzimi (Thermo Scientific Lot: 00728633) ve 18 µl su konularak, tüpler 38 °C sıcaklıkta 16 saat süre ile inkübe edilmiştir. İşlem sonrasında MboI enzimini inaktive etmek için tüpler 65 °C sıcaklıkta 20 dakika tutulmuş ve örnekler % 2' lik agaroz jelde 110 Voltta ve 45 dakika boyunca koşturulmuştur. Kesme reaksiyonunun gerçekleştiği örneklerin UV ışık altındaki görüntüsünde; 319 ve 298 bp seviyelerinde oluşması gereken bantların birbirlerine çok yakın olmalarından dolayı araları açılmamış, 300 bp seviyesinde çift bant yerine tek bant görülmüştür. Bu husustan yola çıkarak; kesme reaksiyonunun gerçekleşmediği, 600 baz çifti (617 bp) seviyesinde tek bant veren örnekler homozigot hassas (rr), her iki allelde de kesme reaksiyonu gerçekleşen ve 300 bp seviyesinde tek bant veren örnekler homozigot dirençli (RR) olarak kabul edilmiştir. Tek bir allelde kesme reaksiyonunun gerçekleştiği ve bu nedenle hem 600 bp hem de 300 bp seviyelerinde birer bant görülen örneklerin heterozigot dirençli (Rr) olduğu kabul edilmiştir. (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. *Tribolium castaneum* erginlerinde, PCR ürünlerinin MboI kesme enzimi reaksiyonu sonrasında agaroz jel üzerindeki görüntüsü (1: DNA ladder 100 bp, 2: Homozigot dirençli, 3: Heterozigot dirençli, 4: Hassas, 5: dH₂O)

Direnç alleli yüzdelерinin belirlenmesi amacıyla üzerinde moleküler çalışmalarda, çalışmaların yürütüldüğü tüm popülasyonlarda toplam 40 adet pozitif sonuç veren PCR ürünü kesme reaksiyonuna tabi tutulmuştur. Kesme reaksiyonu sonucunda popülasyonlara ait jel görüntüleri değerlendirilerek (Çizelge 3.7), belirlenen baskın allel (R) sayısı aşağıda verilen formülde kullanılmış ve popülasyonların toplam direnç alleli yüzdeleri hesaplanmıştır.

$$\text{Direnç Alleli Yüzdesi (\%)} = (n.R / N.R) * 100$$

R: Baskın allel

n: Baskın allel sayısı

N: Toplam allel sayısı

3.2.3.3.4 *Tribolium castaneum* popülasyonlarının DLD gen bölgesi sekans analizleri

Araştırmanın yürütüldüğü illerden toplanan ve erginleri üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda, toplandıkları illerde fosfine en yüksek seviyede dirençli olduğu belirlenen popülasyonlardan birer ve fosfine hassas popülasyondan da üç örneğin DNA dizilimleri, Molgentek ve Sentobiolab firmalarından hizmet alımı gerçekleştirilerek yapılmıştır. Çift yönlü olarak yapılan sekans dizilimleri sonucunda elde edilen dizi çiftleri BioEdit programı kullanılarak birleştirilmiş ve her bir popülasyon için baz dizilimleri elde edilmiştir. Sekans analizleri sonucunda elde edilen baz dizilimi NCBI’da yapılan taramalar sonucunda BLAST analizine tabi tutularak, fosfine hassas ve dayanıklı referans popülasyonların DNA dizilimleri ile karşılaştırılmıştır.

3.2.4. *Tribolium castaneum*’un biyolojik dönemlerinde fosfin direncinin belirlenmesi

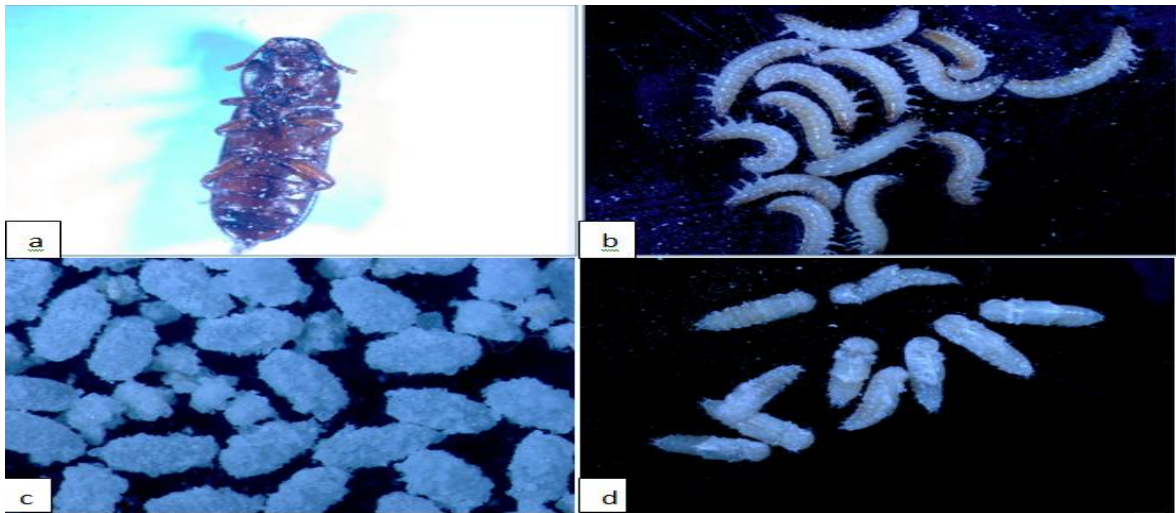
Tribolium castaneum’un tüm biyolojik dönemlerinde (ergin, larva, yumurta ve pupa) fosfin direncinin belirlenmesi amacıyla biyolojik dönemler üzerinde lethal konsantrasyon ve lethal zaman testleri yürütülmüştür. Tüm testlerde fosfine hassas (Tc-K) ve fosfine dirençli (Tc-S) popülasyonlarının biyolojik dönemleri kullanılmıştır.

3.2.4.1. Lethal konsantrasyon testleri protokolü

Tribolium castaneum’un tüm biyolojik dönemlerinde (ergin, larva, yumurta ve pupa) fosfin direncinin belirlenmesi amacıyla yürütülen lethal konsantrasyon testlerinde, fosfine hassas (Tc-K) popülasyonunun tüm biyolojik dönemleri 25±1 °C sıcaklıkta 24 saat süre ile

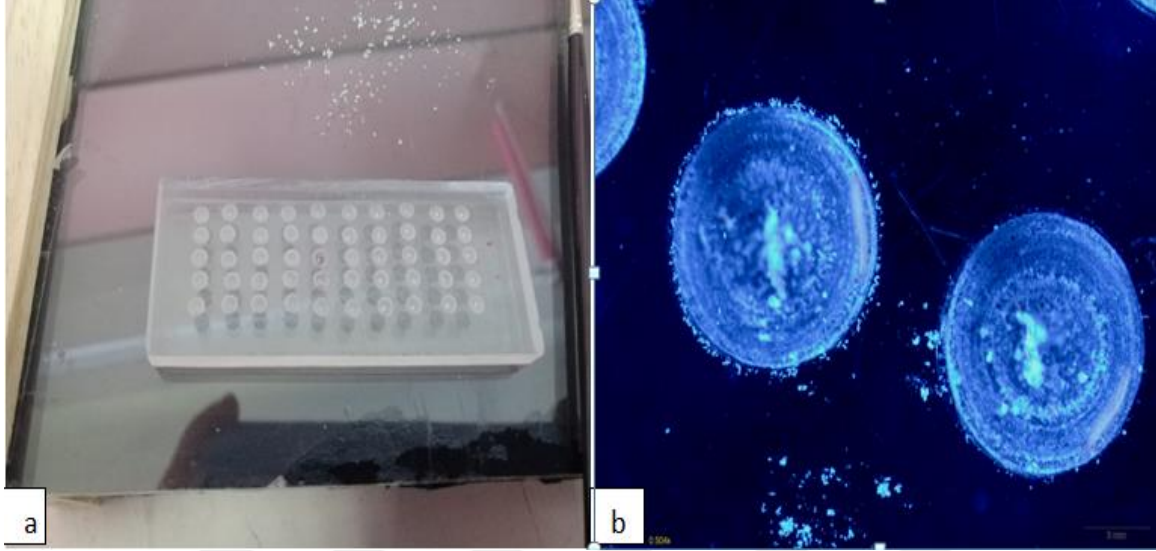
fosfin gazının farklı konsantrasyonlarına maruz bırakılırken, fosfine dirençli *T. castaneum* popülasyonunun biyolojik dönemlerinin kullanıldığı testlerde; ergin ve larva dönemleri 24, 48 ve 72 saat, pupa ve yumurta dönemleri ise 48 ve 72 saat süreyle farklı fosfin konsantrasyonlarına maruz bırakılmıştır. Fosfine hassas popülasyonunun biyolojik dönemlerinin, 48 ve 72 saatlik uygulama sürelerinde, lethal konsantrasyon değerlerini hesaplayabilmek için çok düşük gaz konsantrasyonlarına ihtiyaç duyulduğundan ve bu gaz konsantrasyonlarının GC yardımıyla ölçülememesi nedeniyle testler 24 saat süre ile sınırlı tutulmuştur. Fosfine dirençli popülasyonda ise pupa ve yumurta dönemlerinin 24 saatlik uygulama süresinde lethal konsantrasyon değerlerinin hesaplanması için oldukça yüksek (> 50000 ppm) fosfin konsantrasyonlarına ihtiyaç duyulması ve bunun ortaya çıkardığı sorunlar nedeniyle, bu biyolojik dönemlerde yürütülen testler 48 ve 72 saat olarak gerçekleştirilmiştir.

Tribolium castaneum'un tüm biyolojik dönemleri üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testlerinde 7-10 gün yaştaki erginleri, son döneme ait larvaları, 0-2 gün yaştaki pupa ve yumurtaları kullanılmıştır (Şekil 3.8). Erginler üzerinde yürütülen testler, uygulamanın bitişinden 14 gün sonra yapılan sayımlar sonucunda ölü-canlı ergin sayıları belirlenerek sonlandırılırken, larva döneminin kullanıldığı testler ise uygulamadan 10 gün sonra yapılan sayımlarda canlı larva ve pupa sayıları belirlenerek tamamlanmış ve sayımlarında canlı larvalarla birlikte pupa dönemine geçmiş olan bireylerde canlı birey olarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.8. Lethal konsantrasyon ve lethal zaman testlerinde kullanılan *Tribolium castaneum* 'un biyolojik dönemleri: ergin (a), larva (b) yumurta (c), pupa (d).

Pupa döneminin kullanıldığı testlerde ise uygulamadan 7 ve 12 gün sonra sayımlar yapılmış açılan pupalardan çıkan ergin sayıları kaydedilmiştir. Yumurta döneminin kullanıldığı testlerde ise testlerin sonlandırılmasıyla birlikte yumurtalar mikadan yapılmış ve üzerinde 50 adet cep bulunan özel kaplara aktarılıarak üretim odasında muhafaza edilmiştir (Çizelge 3.9). Fosfin uygulamasının bitişinden 10 gün sonra yapılan sayımlarda açılan ve açılmayan yumurta sayıları belirlenerek denemeler sonlandırılmıştır.



Çizelge 3.9. Yumurta sayımlarında kullanılan mika kap (a) ve binoküler altında yumurtadan çıkan larvaların görüntüsü (b).

Tribolium castaneum'un tüm biyolojik dönemleri üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testlerinde fosfin gazının üretimi, ölçümü ve diğer protokoller, *T. castaneum* popülasyonlarının fosfine direnç seviyelerini belirlemek için yürütülen lethal konsantrasyon testlerinde olduğu gibi gerçekleştirilmiştir. Fosfine hassas ve dirençli *T. castaneum* popülasyonlarının tüm biyolojik dönemleri üzerinde farklı uygulama sürelerinde yürütülen testler tamamlandıktan ve biyolojik dönemlerin LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri hesaplandıktan sonra, fosfine dayanıklı popülasyonun biyolojik dönemlerinin LC₅₀ değerleri, fosfine hassas popülasyonun biyolojik dönemlerine ait LC₅₀ değerlerine bölünerek, biyolojik dönemlerin fosfine direnç katsayıları hesaplanmıştır. Ancak, hassas popülasyonla yürütülen testlerin sadece 1 günlük uygulama süresince yürütülebilmesi ve aynı süre için dirençli popülasyonun yumurta ve pupa dönemlerinin LC₅₀ değerlerinin hesaplanamamasından ötürü, fosfine direnç katsayısı sadece ergin ve larva dönemleri için hesaplanmıştır.

$$\text{Direnç Katsayısı (R}^k\text{)} = \frac{\text{Dirençli popülasyonun LC}_{50} \text{ değeri}}{\text{Hassas popülasyonun LC}_{50} \text{ değeri}}$$

3.2.4.2. Lethal zaman testleri protokolü

Tribolium castaneum'un tüm biyolojik dönemlerinde fosfin direncinin belirlenmesi amacıyla yürütülen lethal zaman testlerinde, fosfine hassas (Tc-K) ve fosfine yüksek seviyede dirençli (Tc-S) popülasyonun tüm biyolojik dönemleri 0.5, 1 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarına 25±1 °C sıcaklık koşullarında farklı uygulama sürelerde maruz bırakılarak, tüm biyolojik dönemlerin LT₅₀ ve LT₉₉ değerleri belirlenmiştir. Fosfine dayanıklı popülasyonun biyolojik dönemlerinin hesaplanan LT₅₀ değerleri, fosfine hassas popülasyonun LT₅₀ değerine bölünmesiyle biyolojik dönemlerin fosfine direnç katsayıları hesaplanmıştır. Lethal zaman testlerinde fosfin gazının üretimi, ölçümü ve diğer sayım protokolleri lethal konsantrasyon testlerinde olduğu gibi gerçekleştirilmiştir.

$$\text{Direnç Katsayısı (R}^k\text{)} = \frac{\text{Dirençli popülasyonun LT}_{50} \text{ değeri}}{\text{Hassas popülasyonun LT}_{50} \text{ değeri}}$$

3.2.5. Verilerin değerlendirilmesi ve istatistiksel analizi

Doğu Akdeniz Bölgesi'ndeki tahıl depolarından toplanan *T. castaneum* ve *T. confusum* popülasyonlarının erginleriyle yürütülen ayırıcı fosfin konsantrasyon testlerinin tamamında, uygulamanın sonlandırılmasından 14 gün sonra yapılan sayımlarda elde edilen ölü ve canlı böcek sayıları kullanılarak, Excell programında her iki ayırıcı fosfin konsantrasyonu için popülasyonların canlı kalma oranları hesaplanmıştır. Araştırmanın yürütüldüğü her ildeki, popülasyonların tamamının canlı kalma oranları hesaplandıktan sonra verilere SAS 9 istatistik programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır. Buna ek olarak, *T. castaneum* popülasyonlarının canlı kalma oranları kullanılarak, Excell programında popülasyonların toplandığı her il için ayrı ayrı histogramlar oluşturulmuş ve popülasyonların canlı kalma oranlarının dağılımları ve canlı kalma oranı aralıklarının frekans sayıları belirlenmiştir. Elde edilen frekans sayıları, SPSS paket programı kullanılarak, 0.01 önem seviyesinde Ki kare bağımsızlık testine tabii tutulmuş ve dağılımlar arasındaki farklılıklar ortaya konulmuştur.

Bununla birlikte; gerek araştırmanın yürütüldüğü illerdeki tahıl depolarından toplanan *T. castaneum* popülasyonlarıyla yürütülen lethal konsantrasyon testlerinde gerekse biyolojik dönemlerin fosfine gösterdiği direnci belirlemek amacıyla yürütülen lethal konsantrasyon ve lethal zaman testlerinde, uygulamanın sonlandırılmasından sonra yapılan sayımlardan elde edilen ölü ve canlı böcek sayıları kullanılarak Excell tabloları oluşturulmuş ve ölüm oranları hesaplanmıştır.

Fosfine hassas ve dirençli popülasyonlar ile yürütülen tüm lethal konsantrasyon ve lethal zaman testlerinden elde edilen konsantrasyon veya maruz bırakma süresi – ölü sayısı verileri POLO-PC (LeOra Software, 1994) programı yardımıyla probit analizine tabi tutulmuştur. Lethal konsantrasyon testlerinde probit analizleri yapılırken, fosfin konsantrasyonlarının logaritmik değerleri kullanılırken, lethal zaman testlerinde zaman dilimlerinin logaritmaları alınmamıştır. Buna ek olarak; tüm lethal konsantrasyon ve lethal zaman testlerinin probit analizlerinde, hesaplanan LC_{99} ve LT_{99} değerlerinin uygulamalarda deneysel olarak % 100 ölümün gerçekleştiği konsantrasyon ve zaman değerleri ile uyumlu olabilmesi için yüksek varyasyon gösteren konsantrasyon ve uygulama süreler analize sokulmamıştır.

Fosfine yüksek seviyede dirençli popülasyonda probit analizlerinden elde edilen LC_{50} ve LT_{50} değerleri fosfine hassas popülasyonun LC_{50} ve LT_{50} değerlerine bölünerek her bir popülasyon ve biyolojik dönem için fosfine direnç katsayısı (R^k) hesaplanmıştır. Tüm probit analizlerinden elde edilen LC_{50} - LC_{99} ve LT_{50} - LT_{99} değerlerinin arasındaki ilişkiyi belirlemek için değerlerin güven aralıkları kullanılmıştır (Lethal değerlerin alt ve üst limitleri birbiriyle çakışırsa lethal değerler arasında önemli derece fark bulunmadığı varsayılmıştır).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Doğu Akdeniz Bölgesinden Toplanan *Tribolium castaneum* ve *Tribolium confusum* Popülasyonlarının Fosfine Direnç Durumu

4.1.1. Ayırıcı konsantrasyon testleri sonuçları

Doğu Akdeniz Bölgesindeki tahıl depolarından örneklenip, laboratuvarında kültüre alınan *T. castaneum* ve *T. confusum* popülasyonlarında fosfin direncini belirlemek amacıyla, 79 farklı *T. castaneum* ve 9 farklı *T. confusum* popülasyonunun erginleri üzerinde ayırıcı konsantrasyon testleri yürütülmüştür.

4.1.1.1. Adana ilinden toplanan *Tribolium castaneum* popülasyonlarının ait ayırıcı konsantrasyon testi sonuçları

Adana'daki tahıl depolarından toplanan *T. castaneum* popülasyonlarının erginleriyle yürütülen ayırıcı konsantrasyon testlerinin sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Adana'daki tahıl depolarından toplanan *T. castaneum* popülasyonlarının erginleri kullanılarak yürütülen düşük ve yüksek ayırıcı konsantrasyon testlerinde, uygulamadan 14 gün sonra yapılan sayım sonuçları kullanılarak hesaplanan canlı kalma oranları incelendiğinde; her iki konsantrasyonda da en düşük canlı kalma oranları DA-8 kodlu popülasyonda sırasıyla % 48.3 ve % 40 olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, en yüksek canlı kalma oranları, düşük ayırıcı konsantrasyon testlerinde % 99.5 oranla DA-31 kodlu popülasyonda saptanırken, yüksek ayırıcı konsantrasyon testlerinde ise DA-32 kodlu popülasyonda % 96.4 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Adana'dan toplanan *T. castaneum* popülasyonlarının erginleri kullanılarak yürütülen ayırıcı fosfin konsantrasyon testleri sonucunda elde edilen canlı kalma oranları arasında istatistiksel açıdan farklılık gözlemlenirken (0.04 mg/L için: $F_{30,122} = 13.54$, $P < 0.0001$; 0.25 mg/L için: $F_{30,122} = 19.95$, $P < 0.0001$), Çizelge 3.1'de verilen skala kullanılarak yapılan değerlendirmeler sonucunda, *T. castaneum* popülasyonlarının tamamının fosfine yüksek seviyede dirençli bireyler içerdiği belirlenmiş ve popülasyonların tamamı fosfine yüksek seviyede dirençli olarak adlandırılmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Adana ilinden toplanan *Tribolium castaneum* popülasyonlarının erginleri ile yürütülen ayırıcı fosfin konsantrasyon (0.04 ve 0.25 mg/L) testlerinden elde edilen canlı kalma oranları (%) ve popülasyonların fosfine direnç durumu

<i>T. castaneum</i> popülasyonları	Canlı Kalma Oranı $\pm$ S.hata		Fosfine Direnç Durumu
	0.04 mg/L PH ₃	0.25 mg/L PH ₃	
DA-1	79.5 $\pm$ 2.3	67.5 $\pm$ 1.8	Yüksek seviyede dirençli
DA-2	96.5 $\pm$ 2.9	78.5 $\pm$ 3.0	Yüksek seviyede dirençli
DA-3	97.5 $\pm$ 1.1	69.4 $\pm$ 2.9	Yüksek seviyede dirençli
DA-4	97.5 $\pm$ 1.1	62.5 $\pm$ 2.5	Yüksek seviyede dirençli
DA-5	97.9 $\pm$ 0.5	57.5 $\pm$ 6.7	Yüksek seviyede dirençli
DA-6	98.5 $\pm$ 1.0	80.0 $\pm$ 3.3	Yüksek seviyede dirençli
DA-7	96.9 $\pm$ 1.6	54.0 $\pm$ 2.7	Yüksek seviyede dirençli
DA-8	43.8 $\pm$ 5.2	40.0 $\pm$ 6.5	Yüksek seviyede dirençli
DA-9	91.5 $\pm$ 3.6	58.9 $\pm$ 4.4	Yüksek seviyede dirençli
DA-10	89.0 $\pm$ 3.3	35.5 $\pm$ 2.8	Yüksek seviyede dirençli
DA-11	81.9 $\pm$ 1.7	72.0 $\pm$ 2.0	Yüksek seviyede dirençli
DA-12	60.0 $\pm$ 2.5	47.5 $\pm$ 8.0	Yüksek seviyede dirençli
DA-13	87.0 $\pm$ 2.1	79.5 $\pm$ 5.6	Yüksek seviyede dirençli
DA-14	85.5 $\pm$ 3.9	66.2 $\pm$ 3.8	Yüksek seviyede dirençli
DA-15	83.5 $\pm$ 2.3	71.0 $\pm$ 2.7	Yüksek seviyede dirençli
DA-16	55.6 $\pm$ 2.3	45.5 $\pm$ 4.0	Yüksek seviyede dirençli
DA-17	83.3 $\pm$ 5.7	71.5 $\pm$ 5.9	Yüksek seviyede dirençli
DA-18	83.0 $\pm$ 1.0	71.5 $\pm$ 2.6	Yüksek seviyede dirençli
DA-19	95.5 $\pm$ 0.9	58.0 $\pm$ 2.8	Yüksek seviyede dirençli
DA-20	95.4 $\pm$ 1.9	65.0 $\pm$ 4.0	Yüksek seviyede dirençli
DA-21	87.0 $\pm$ 1.5	56.5 $\pm$ 3.3	Yüksek seviyede dirençli
DA-22	90.9 $\pm$ 3.2	78.0 $\pm$ 2.1	Yüksek seviyede dirençli
DA-23	84.5 $\pm$ 1.4	44.0 $\pm$ 5.0	Yüksek seviyede dirençli
DA-24	78.1 $\pm$ 3.9	52.5 $\pm$ 3.4	Yüksek seviyede dirençli
DA-25	70.5 $\pm$ 3.2	45.5 $\pm$ 4.4	Yüksek seviyede dirençli
DA-26	94.4 $\pm$ 2.2	84.4 $\pm$ 1.0	Yüksek seviyede dirençli
DA-27	98.0 $\pm$ 1.5	66.3 $\pm$ 3.0	Yüksek seviyede dirençli
DA-28	87.0 $\pm$ 3.7	81.5 $\pm$ 3.0	Yüksek seviyede dirençli
DA-30	91.5 $\pm$ 1.7	90.8 $\pm$ 1.2	Yüksek seviyede dirençli
DA-31	99.5 $\pm$ 0.5	94.5 $\pm$ 1.4	Yüksek seviyede dirençli
DA-32	96.5 $\pm$ 1.3	96.4 $\pm$ 1.3	Yüksek seviyede dirençli
F ve P Değeri*	F_{30,122}= 13.54 P<0.0001	F_{30,122}= 19.95 P<0.0001	

*Verilere tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır.

4.1.1.2. Osmaniye ilinden toplanan *Tribolium castaneum* popülasyonlarına ait ayırıcı konsantrasyon testi sonuçları

Osmaniye'deki tahıl depolarından toplanan *T. castaneum* popülasyonlarının erginleriyle yürütülen ayırıcı konsantrasyon testlerinin sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir. Osmaniye'den toplanan *T. castaneum* popülasyonlarının erginleri kullanılarak yürütülen düşük ve yüksek ayırıcı konsantrasyon testlerinde, uygulamadan 14 gün sonra yapılan sayım sonuçları kullanılarak hesaplanan canlı kalma oranları incelendiğinde; düşük ayırıcı konsantrasyon testlerinde en düşük canlı kalma oranı DB-7 kodlu popülasyonda % 46.3 olarak belirlenirken, en yüksek canlı kalma oranları DB-5 ve DB-12 kodlu popülasyonlarda % 98.5 olarak hesaplanmıştır. Yüksek ayırıcı konsantrasyon testlerinde ise en düşük canlı kalma oranı DB-4 kodlu popülasyonda % 25.5 olarak belirlenirken, en yüksek canlı kalma oranı DB-12 kodlu popülasyonda % 97.9 olarak saptanmıştır (Çizelge 4.2).

Osmaniye'den toplanan *T. castaneum* popülasyonlarının erginleri kullanılarak yürütülen ayırıcı fosfin konsantrasyon testleri sonucunda elde edilen canlı kalma oranları arasında istatistiksel açıdan farklılık gözlemlenirken (düşük konsantrasyon testleri için $F_{14,58}=18.59$, $P<0.0001$; yüksek konsantrasyon testleri için $F_{14,58}=62.15$, $P<0.0001$), Çizelge 3.1'de verilen skala kullanılarak yapılan değerlendirmeler sonucunda, tüm *T. castaneum* popülasyonlarının fosfine yüksek seviyede dirençli bireyler içerdiği belirlenmiş ve popülasyonların tamamı fosfine yüksek seviyede dirençli olarak adlandırılmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Osmaniye ilinden toplanan *Tribolium castaneum* popülasyonlarının erginleri ile yürütülen ayırıcı fosfin konsantrasyon (0.04 ve 0.25 mg/L) testlerinden elde edilen canlı kalma oranları (%) ve popülasyonların fosfine direnç durumu

<i>T. castaneum</i> popülasyonları	Canlı Kalma Oranı $\pm$ S.hata		Fosfine Direnç Durumu
	0.04 mg/L PH ₃	0.25 mg/L PH ₃	
DB-1	80.1 $\pm$ 2.5	58.5 $\pm$ 1.0	Yüksek seviyede dirençli
DB-2	73.5 $\pm$ 2.9	62.5 $\pm$ 1.8	Yüksek seviyede dirençli
DB-3	90.5 $\pm$ 3.1	69.0 $\pm$ 2.2	Yüksek seviyede dirençli
DB-4	73.4 $\pm$ 4.7	25.5 $\pm$ 3.9	Yüksek seviyede dirençli
DB-5	98.5 $\pm$ 1.0	91.6 $\pm$ 2.9	Yüksek seviyede dirençli
DB-6	97.5 $\pm$ 0.8	96.5 $\pm$ 1.3	Yüksek seviyede dirençli
DB-7	46.3 $\pm$ 1.8	29.9 $\pm$ 1.8	Yüksek seviyede dirençli
DB-8	95.0 $\pm$ 2.2	89.9 $\pm$ 2.0	Yüksek seviyede dirençli
DB-9	93.3 $\pm$ 2.2	85.5 $\pm$ 1.7	Yüksek seviyede dirençli
DB-10	96.0 $\pm$ 2.0	95.9 $\pm$ 1.0	Yüksek seviyede dirençli
DB-11	94.0 $\pm$ 0.6	93.5 $\pm$ 1.9	Yüksek seviyede dirençli
DB-12	98.5 $\pm$ 1.0	97.9 $\pm$ 0.9	Yüksek seviyede dirençli
DB-13	76.5 $\pm$ 6.3	73.4 $\pm$ 3.3	Yüksek seviyede dirençli
DB-14	75.3 $\pm$ 1.5	70.8 $\pm$ 2.8	Yüksek seviyede dirençli
DB-15	91.9 $\pm$ 1.8	82.0 $\pm$ 1.7	Yüksek seviyede dirençli
F ve P değeri*	F _{14,58} =18.59 P<0.0001	F _{14,57} =62.15 P<0.0001	

*Verilere tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır.

4.1.1.3. Kahramanmaraş ilinden toplanan *Tribolium castaneum* popülasyonlarına ait ayırıcı konsantrasyon testi sonuçları

Kahramanmaraş'taki tahıl depolarından toplanan 11 farklı *T. castaneum* popülasyonunun erginleriyle yürütülen ayırıcı konsantrasyon testlerinin sonuçları Çizelge 4.3'de verilmiştir. Kahramanmaraş'tan toplanan *T. castaneum* popülasyonlarının erginleri kullanılarak yürütülen düşük ayırıcı konsantrasyon testlerinde, en düşük canlı kalma oranı % 42.5'lik oranla DC-1 kodlu popülasyonda saptanırken, yüksek ayırıcı konsantrasyonun

kullanıldığı testlerde ise en düşük canlı kalma oranı DC-14 kodlu popülasyonda % 7 olarak belirlenmiştir. En yüksek canlı kalma oranları ise % 88.5 ve % 61.5'lik oranlarla DC-2 kodlu popülasyonda saptanmıştır.

Kahramanmaraş'tan toplanan *T. castaneum* popülasyonlarının erginleri kullanılarak yürütülen ayırıcı fosfin konsantrasyon testleri sonucunda elde edilen canlı kalma oranları arasında istatistiksel açıdan farklılık gözlemlenirken (düşük konsantrasyon testleri için $F_{10,42}=24.74$, $P<0.0001$; yüksek konsantrasyon testleri için $F_{10,42}=17.57$, $P<0.0001$), Çizelge 3.1'de verilen skala kullanılarak yapılan değerlendirmeler sonucunda, tüm *T. castaneum* popülasyonlarının fosfine yüksek seviyede dirençli bireyler içerdiği belirlenmiş ve popülasyonlar fosfine yüksek seviyede dirençli olarak adlandırılmıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3.Kahramanmaraş ilinden toplanan *Tribolium castaneum* popülasyonlarının erginleri ile yürütülen ayırıcı fosfin konsantrasyon (0.04 ve 0.25 mg/L) testlerinden elde edilen canlı kalma oranları (%) ve popülasyonların fosfine direnç durumu

<i>T. castaneum</i> popülasyonları	Canlı Kalma Oranı $\pm$ S.hata		Fosfine Direnç Durumu
	0.04 mg/L PH ₃	0.25 mg/L PH ₃	
DC-1	42.5 $\pm$ 2.7	13.0 $\pm$ 1.4	Yüksek seviyede dirençli
DC-2	88.5 $\pm$ 1.8	61.5 $\pm$ 3.6	Yüksek seviyede dirençli
DC-4	86.5 $\pm$ 4.2	43.5 $\pm$ 6.8	Yüksek seviyede dirençli
DC-5	77.0 $\pm$ 4.1	21.0 $\pm$ 1.5	Yüksek seviyede dirençli
DC-6	61.0 $\pm$ 2.9	27.5 $\pm$ 2.0	Yüksek seviyede dirençli
DC-7	53.5 $\pm$ 2.3	29.5 $\pm$ 4.2	Yüksek seviyede dirençli
DC-8	67.0 $\pm$ 3.9	34.3 $\pm$ 3.7	Yüksek seviyede dirençli
DC-9	82.5 $\pm$ 0.0	39.0 $\pm$ 3.9	Yüksek seviyede dirençli
DC-11	48.3 $\pm$ 3.1	23.5 $\pm$ 3.2	Yüksek seviyede dirençli
DC-13	66.2 $\pm$ 1.8	24.9 $\pm$ 2.6	Yüksek seviyede dirençli
DC-14	62.0 $\pm$ 1.6	7.0 $\pm$ 1.6	Yüksek seviyede dirençli
F ve P değeri*	$F_{10,42}=24.74$ $P<0.0001$	$F_{10,40}=17.57$ $P<0.0001$	

4.1.1.4. Hatay ilinden toplanan *Tribolium castaneum* popülasyonlarına ait ayırıcı konsantrasyon testi sonuçları

Hatay ili sınırları içerisindeki tahıl depolarından toplanan 13 farklı *T. castaneum* popülasyonunun erginleriyle yürütülen ayırıcı konsantrasyon testlerinin sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir. Hatay’dan toplanan *T. castaneum* popülasyonlarının erginleri kullanılarak yürütülen düşük ve yüksek ayırıcı konsantrasyon testlerinde, en düşük canlı kalma oranları % 43 ve % 26.5’lik oranlarla DD-10 kodlu popülasyonda belirlenirken, en yüksek canlı kalma oranları ise %94.4 ve % 81.3’lük oranlarda DD-12 kodlu popülasyonunda saptanmıştır (Çizelge 4.4).

Hatay’dan toplanan *T. castaneum* popülasyonlarının erginleri kullanılarak yürütülen ayırıcı fosfin konsantrasyon testleri sonucunda elde edilen canlı kalma oranları arasında istatistiksel açıdan farklılık gözlemlenirken (düşük konsantrasyon testleri için $F_{12,52}=16.28$, $P<0.0001$; yüksek konsantrasyon testleri için $F_{12,52}=27.93$, $P<0.0001$), Çizelge 3.1’de verilen skala kullanılarak yapılan değerlendirmeler sonucunda, tüm *T. castaneum* popülasyonlarının fosfine yüksek seviyede dirençli bireyler içerdiği belirlenmiş ve popülasyonların tamamı fosfine yüksek seviyede dirençli olarak adlandırılmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Hatay ilinden toplanan *Tribolium castaneum* popülasyonlarının erginleri ile yürütülen ayırıcı fosfin konsantrasyon (0.04 ve 0.25 mg/L) testlerinden elde edilen canlı kalma oranları (%) ve popülasyonların fosfine direnç durumu

<i>T. castaneum</i> popülasyonları	Canlı Kalma Oranı $\pm$ S.hata		Fosfine Direnç Durumu
	0.04 mg/L PH ₃	0.25 mg/L PH ₃	
DD-1	84.8 $\pm$ 2.0	49.0 $\pm$ 4.5	Yüksek seviyede dirençli
DD-2	90.0 $\pm$ 1.8	81.0 $\pm$ 1.2	Yüksek seviyede dirençli
DD-3	72.9 $\pm$ 4.9	60.0 $\pm$ 4.2	Yüksek seviyede dirençli
DD-4	83.6 $\pm$ 1.9	79.5 $\pm$ 3.7	Yüksek seviyede dirençli
DD-6	90.7 $\pm$ 4.0	66.5 $\pm$ 2.3	Yüksek seviyede dirençli
DD-7	74.2 $\pm$ 3.9	50.0 $\pm$ 2.7	Yüksek seviyede dirençli
DD-8	50.0 $\pm$ 5.0	38.7 $\pm$ 5.0	Yüksek seviyede dirençli
DD-9	85.9 $\pm$ 3.0	67.5 $\pm$ 1.7	Yüksek seviyede dirençli
DD-10	43 $\pm$ 5.67	26.5 $\pm$ 3.3	Yüksek seviyede dirençli
DD-12	94.4 $\pm$ 1.5	81.3 $\pm$ 3.0	Yüksek seviyede dirençli
DD-13	85.3 $\pm$ 2.4	48.5 $\pm$ 1.2	Yüksek seviyede dirençli
DD-14	81.5 $\pm$ 4.5	46.1 $\pm$ 4.7	Yüksek seviyede dirençli
DD-15	86.3 $\pm$ 1.9	77.6 $\pm$ 2.3	Yüksek seviyede dirençli
P ve F değeri*	F _{12,52} = 16.28 P< 0.0001	F _{12,52} = 27.93 P< 0.0001	

*Verilere tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır.

4.1.1.5. Mersin ilinden toplanan *Tribolium castaneum* popülasyonlarına ait ayırıcı konsantrasyon testi sonuçları

Mersin'deki tahıl depolarından toplanan 9 farklı *T. castaneum* popülasyonunun erginleriyle yürütülen ayırıcı konsantrasyon testlerinin sonuçları Çizelge 4.5'de verilmiştir. Mersin'den toplanan *T. castaneum* popülasyonlarının erginleri kullanılarak yürütülen düşük ayırıcı konsantrasyon testlerinde, en düşük canlı kalma oranı % 47.3'lük oranla, DE-11 kodlu popülasyonda belirlenirken, en yüksek canlı kalma oranı % 97.5'lik oranla DE-2 kodlu popülasyonda saptanmıştır. Yüksek ayırıcı fosfin konsantrasyonunun kullanıldığı testlerde ise en düşük ve en yüksek canlı kalma oranları sırasıyla DE-11 ve DE-8 kodlu popülasyonlarda % 19.2 ve % 87.8 olarak hesaplanmıştır.

Mersin’den toplanan *T. castaneum* popülasyonlarının erginleri kullanılarak yürütülen ayırıcı fosfin konsantrasyon testleri sonucunda elde edilen canlı kalma oranları arasında istatistiksel açıdan farklılık gözlemlenirken (düşük konsantrasyon testleri için $F_{8,34}=19.96$, $P<0.0001$; yüksek konsantrasyon testleri için $F_{8,34}=23.96$, $P<0.0001$), Çizelge 3.1’de verilen skala kullanılarak yapılan değerlendirmeler sonucunda, tüm *T. castaneum* popülasyonlarının fosfine yüksek seviyede dirençli bireyler içerdiği belirlenmiş ve popülasyonların tamamı fosfine yüksek seviyede dirençli olarak adlandırılmıştır (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Mersin ilinden toplanan *Tribolium castaneum* popülasyonlarının erginleri ile yürütülen ayırıcı fosfin konsantrasyon (0.04 ve 0.25 mg/L) testlerinden elde edilen canlı kalma oranları (%) ve popülasyonların fosfine direnç durumu

<i>T. castaneum</i> popülasyonları	Canlı Kalma Oranı $\pm$ S.hata		Fosfine Direnç Durumu
	0.04 mg/L PH ₃	0.25 mg/L PH ₃	
DE-1	90.6 $\pm$ 2.7	83.7 $\pm$ 1.9	Yüksek seviyede dirençli
DE-2	97.5 $\pm$ 1.1	82.5 $\pm$ 2.6	Yüksek seviyede dirençli
DE-3	81.5 $\pm$ 2.9	79.0 $\pm$ 4.6	Yüksek seviyede dirençli
DE-5	90.0 $\pm$ 3.7	85.5 $\pm$ 2.0	Yüksek seviyede dirençli
DE-7	66.0 $\pm$ 2.3	59.0 $\pm$ 4.9	Yüksek seviyede dirençli
DE-8	92.7 $\pm$ 1.5	87.8 $\pm$ 2.5	Yüksek seviyede dirençli
DE-9	95.9 $\pm$ 1.7	77.1 $\pm$ 7.8	Yüksek seviyede dirençli
DE-10	90.5 $\pm$ 2.0	85.5 $\pm$ 2.1	Yüksek seviyede dirençli
DE-11	47.3 $\pm$ 4.5	19.2 $\pm$ 2.5	Yüksek seviyede dirençli
F ve P değeri*	$F_{8,34}= 19.96$ $P<0.0001$	$F_{8,34}= 23.96$ $P<0.0001$	

*Verilere tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır.

4.1.1.6. Doğu Akdeniz Bölgesinden toplanan *Tribolium confusum* popülasyonlarına ait ayırıcı konsantrasyon testi sonuçları

Doğu Akdeniz Bölgesindeki tahıl depolarında yapılan örneklemeler sonucunda, Kahramanmaraş'ta 3, Hatay'da 2 ve Mersin'de 4 adet olmak üzere toplam 9 farklı *T. confusum* popülasyonu toplanıp, ayırıcı fosfin konsantrasyonları uygulanmış ve testlerden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6'da verilmiştir. Yüksek ayırıcı fosfin konsantrasyon (0.31 mg/L) testlerinde, uygulamadan 14 gün sonra yapılan sayımlar sonucunda tüm *T. confusum* popülasyonlarında % 100 ölüm gerçekleşirken, düşük ayırıcı konsantrasyon testlerinde ise sadece DC-12 ve DD-11 kodlu popülasyonlarda sırasıyla % 1.5 ve % 2.5'lik canlı kalma oranları belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Düşük ayırıcı konsantrasyon testlerinden elde edilen canlı kalma oranları arasında istatistiksel açıdan farklılık gözlemlenirken ($F_{9,34}=2.64$, $P<0.05$), Çizelge 3.1'de verilen direnç belirleme skalası kullanılarak yapılan değerlendirmeler sonucunda, DC-12 ve DD-11 kodlu *T. confusum* popülasyonlarının fosfine dirençli, diğer 7 farklı *T. confusum* popülasyonunun ise fosfine tamamen hassas bireylerden oluştuğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Doğu Akdeniz Bölgesinden toplanan *Tribolium confusum* popülasyonlarının erginleri ile yürütülen ayırıcı fosfin konsantrasyon (0.05 ve 0.31 mg/L) testlerinden elde edilen canlı kalma oranları (%) ve popülasyonların fosfine direnç durumu

<i>T. confusum</i> popülasyonları	Canlı Kalma Oranı $\pm$ S.hata		Fosfine Direnç Durumu
	0.05 mg/L PH ₃	0.31 mg/L PH ₃	
DC-3	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	Hassas
DC-10	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	Hassas
DC-12	1.5 $\pm$ 1.5	0 $\pm$ 0	Dirençli
DD-5	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	Hassas
DD-11	2.5 $\pm$ 1.4	0 $\pm$ 0	Dirençli
DE-4	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	Hassas
DE-6	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	Hassas
DE-12	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	Hassas
DE-13	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	Hassas
P ve F değeri*	$F_{8,36} = 2.64$ $P<0.05$	$F = -$ $P = -$	

*Verilere tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır.

4.1.1.7. Doğu Akdeniz Bölgesinden toplanan *Tribolium castaneum* ve *Tribolium confusum* popülasyonlarının fosfine direnç durumunun değerlendirilmesi

Doğu Akdeniz Bölgesi'ndeki tahıl depolarından toplanan 79 farklı *T. castaneum* popülasyonunun erginleri ile yürütülen testlerden elde edilen sonuçlar ışığında tüm *T. castaneum* popülasyonlarının fosfine dirençli bireyler içerdiği ve popülasyonların fosfine yüksek seviyede dirençli olduğu belirlenmiştir. *Tribolium confusum* popülasyonları ile yürütülen testler sonucunda ise 7 popülasyonun fosfine hassas bireylerden oluştuğu ve 2 popülasyonun fosfine dirençli bireyler içerdiği saptanmıştır.

Düşük ayırıcı fosfin konsantrasyon testlerinde, *T. castaneum* popülasyonlarından elde edilen canlı kalma oranlarının dağılımları, oluşturulan histogram yardımıyla belirlenmiş ve canlı kalma oranı aralıklarının frekans sayıları hesaplanmıştır (Çizelge 4.7). Canlı kalma oranı aralıklarının frekans sayıları kullanılarak yapılan ki kare (χ^2) bağımsızlık testi sonucunda, 0.04 mg/L fosfin konsantrasyonunun kullanıldığı testlerden elde edilen canlı kalma oranlarının, popülasyonların toplandığı illerde benzer şekilde dağılım gösterdiği belirlenmiştir ($\chi^2=12.440$, $df=8$, $P=0.133$).

Çizelge 4.7. *Tribolium castaneum* popülasyonlarında, düşük ayırıcı fosfin konsantrasyonu (0.04 mg/L PH₃) testlerinden elde edilen canlı kalma oranlarının dağılımları

	Frekans (popülasyon sayısı)					
Canlı Kalma Aralıkları (%)	%0-%20	%20-%40	%40-%60	%60-%80	%80-%100	χ^2 Değeri*
Adana	0	0	3	3	25	
Osmaniye	0	0	1	4	10	
K.maraş	0	0	3	5	3	
Hatay	0	0	2	2	9	
Mersin	0	0	1	1	7	
Toplam	0	0	10	15	54	12.440

*Verilere 0.01 önem seviyesinde ki kare (χ^2) bağımsızlık testi uygulanmıştır.

Düşük ayırıcı fosfin konsantrasyon testlerinden elde edilen canlı kalma oranları incelendiğinde araştırmanın yürütüldüğü tüm illerden toplanan *T. castaneum* popülasyonlarının canlı kalma oranlarının % 40 ve üzeri seviyelerde olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, Adana, Osmaniye, Hatay ve Mersin'den toplanan popülasyonlardan elde edilen canlı kalma oranı dağılımları incelendiğinde; canlı kalma oranlarındaki en yoğun

yığılmanın %80 - %100 aralığında olduğu ve bu illerden sırasıyla 25, 10, 9 ve 7 farklı popülasyonun canlı kalma oranlarının bu değerler arasında olduğu belirlenmiştir. Kahramanmaraş'tan toplanan popülasyonlardan elde edilen canlı kalma oranlarının, en çok %60-%80 aralığında görüldüğü saptanırken, bu ilden 3 popülasyonun canlı kalma oranları %80-%100 aralığında olduğu görülmüştür. Genel olarak, tüm illerden toplanan popülasyonlarından elde edilen canlı kalma oranlarının dağılımları incelendiğinde ise düşük ayırıcı fosfin konsantrasyonuna maruz bırakılan 79 farklı *T. castaneum* popülasyonlarının 54 tanesinin canlı kalma oranını % 80 ve üzeri seviyelerde olduğu görülmektedir.

Yüksek ayırıcı fosfin konsantrasyon testlerinde, *T. castaneum* popülasyonlarından elde edilen canlı kalma oranlarının dağılımları, oluşturulan histogram yardımıyla belirlenmiş ve canlı kalma oranı aralıklarının frekans sayıları Çizelge 4.8'de verilmiştir. Canlı kalma oranı aralıklarının frekans sayıları kullanılarak yapılan ki kare bağımsızlık testi sonucunda, yüksek ayırıcı fosfin konsantrasyonunun kullanıldığı testlerden elde edilen canlı kalma oranlarının, popülasyonların toplandığı iller arasında farklı şekilde dağılım gösterdiği belirlenmiştir ($\chi^2=46.725$, $df=16$, $P<0.0001$). Bunun sonucunda, canlı kalma oranı dağılımlarının hangi ilde farklılık gösterdiğinin belirlenmesi amacıyla her ille ait frekans sayılarının toplam ki kare (χ^2) değerine katkısı belirlenmiş ve en yüksek katkının Kahramanmaraş iline ait olduğu görülmüştür (Çizelge 4.8). Bunu takiben, Kahramanmaraş iline ait verilerin çıkarılıp Adana, Osmaniye, Hatay ve Mersin ilinden toplanan popülasyonların canlı kalma oranı aralıklarındaki frekans sayıları kullanılarak yapılan ki kare testi sonucunda; bu illerden toplanan popülasyonlara ait canlı kalma oranlarının dağılımları arasında istatistiksel açıdan benzerlik olduğu saptanmıştır ($\chi^2=22.256$, $df=12$, $P=0.35$). Bu sonuçlar ışığında; Adana, Osmaniye, Hatay ve Mersin'den toplanan *T. castaneum* popülasyonlarının yüksek ayırıcı fosfin konsantrasyonunun kullanıldığı testlerden elde edilen canlı kalma oranlarının dağılımlarının benzerlik taşıdığı ancak, Kahramanmaraş'tan toplanan popülasyonlara ait canlı kalma oranı dağılımının diğer illerden farklılık gösterdiği anlaşılmıştır.

Çizelge 4.8. *Tribolium castaneum* popülasyonlarında, yüksek ayırıcı fosfin konsantrasyonu (0.25 mg/L PH₃) testlerinden elde edilen canlı kalma oranlarının dağılımları

Canlı Kalma Aralıkları (%)	Frekans (popülasyon sayısı)					χ^2 Değeri
	%0-%20	%20-%40	%40-%60	%60-%80	%80-%100	
Adana	0	2	10	14	5	6.05152
Osmaniye	0	2	1	4	8	7.137105
K.maraş	2	7	1	1	0	26.33195
Hatay	0	2	5	4	2	2.414609
Mersin	1	0	1	2	5	6.790247
Toplam	3	13	18	25	20	46.725431

*Verilere 0.01 önem seviyesinde ki kare (χ^2) bağımsızlık testi uygulanmıştır.

Yüksek ayırıcı fosfin konsantrasyon testlerinden elde edilen canlı kalma oranlarının dağılımları incelendiğinde; Adana'dan toplanan popülasyonların canlı kalma oranlarının en çok % 60- 80 aralığında yığıldığı, hatırı sayılır miktarda popülasyonun (10 adet) canlı kalma oranlarının da % 40- 60 aralığında olduğu görülmektedir. Osmaniye ve Mersin'den toplanan *T. castaneum* popülasyonlarının canlı kalma oranlarının ise en çok % 80-100 aralığı içerisinde olduğu saptanırken, Hatay'dan toplanan popülasyonların canlı kalma oranlarının %40-60 seviyesinde yoğunlaştığı belirlenmiştir. Kahramanmaraş'tan toplanan popülasyonların hiçbirinde % 80 ve üzeri oranlarda canlı kalma oranı saptanmazken, bu ile ait popülasyonların canlı kalma oranlarının ağırlıklı olarak % 20-40 aralığında toplandığı görülmüştür. Adana, Osmaniye ve Hatay illerinden toplanan hiçbir popülasyonda % 0-20 aralığında canlı kalma oranı saptanmamışken, tüm illere ait sonuçlar göz önüne alındığında canlı kalma oranlarının en çok % 60-80 oranları arasında olduğu belirlenmiştir(Çizelge 4.8).

Araştırmanın yürütüldüğü tüm illerden *T. confusum* popülasyonu toplanamaması ve *T. confusum* popülasyonlarıyla yürütülen düşük ve yüksek ayırıcı konsantrasyon testlerinden elde edilen canlı kalma oranlarının aynı aralık içerisinde oluşu nedenlerinden ötürü, bu türe ait popülasyonlarının canlı kalma oranı dağılımları belirlenmemiştir.

4.1.2. Lethal konsantrasyon testlerini sonuçları

Doğu Akdeniz Bölgesindeki tahıl depolarından toplanan ve yüksek ayırıcı fosfin konsantrasyonunun kullanıldığı testlerde (0.20 mg/L PH₃), uygulamadan 14 gün sonra yapılan sayım sonuçlarının incelenmesiyle canlı kalma oranı % 80 ve üzerinde olan:

Adana'dan DA-26, DA-28, DA-30, DA-31 ve DA-32, Osmaniye'den DB-5, DB-6, DB-8, DB-9, DB-10, DB-11, DB-12 ve DB-15, Hatay'dan DD-2, DD-12 ve Mersin'den DE-1, DE-2, DE-5, DE-8, DE-10 kodlu *T. castaneum* popülasyonlarının erginleri üzerinde lethal konsantrasyon testleri yürütülmüştür. Kahramanmaraş ilindeki tahıl depolarından toplanan *T. castaneum* popülasyonların erginleri ile yürütülen yüksek ayırıcı konsantrasyon testleri sonucunda hiçbir popülasyonda canlı kalma oranı % 80 seviyesinin üzerinde bulunmamış ancak bu ilinde çalışmada temsil edilmesi amacıyla, yüksek ayırıcı konsantrasyon testleri sonucunda en yüksek canlı kalma oranına sahip olan DC-2 kodlu popülasyonun erginleriyle de lethal konsantrasyon testleri yürütülmüştür.

4.1.2.1. Fosfine hassas *Tribolium castaneum* popülasyonunun lethal konsantrasyon değerleri

Fosfine dirençli *T. castaneum* popülasyonların LC₅₀ değerleri ile kıyaslama yaparak popülasyonların fosfine direnç katsayılarını hesaplamak için ABD'den temin edilen ve fosfine hassas olduğu bilinen popülasyonun (Tc-K), lethal konsantrasyon değerlerini belirlemek amacıyla 1.4, 3.5, 7.0, 10.5, 14.0 ve 17.6 µg/L fosfin gazı konsantrasyonları kullanılmış olup, testlerin bitiminden 14 gün sonra yapılan sayımlar sonucunda elde edilen ölü canlı sayıları yardımıyla hesaplanan LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Fosfine hassas *Tribolium castaneum* popülasyonunun (Tc-K) ergin döneminin LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri

Popülasyon	n ^a	Eğim±SH	Kesişim	t değeri	LC ₅₀ (µg/L) (Alt- üst güven aralığı) ^b	LC ₉₉ (µg/L) (Alt- üst güven aralığı) ^b	χ ^{2c} (s.d) ^d H ^e
Tc-K	1400	3.644±0.26	-2.336	14.055	4.3 (3.83-4.86)	19.03 (16.28-23.39)	33.77 (28) 1.20

^a: Toplam test edilen birey sayısı, ^b: Alt-üst güven aralığı (%5 önem seviyesinde), ^c: Ki-kare (Chi-square) değeri, ^d: serbestlik derecesi, ^e: Heterojenite değeri,

Tc-K popülasyonunun erginleri kullanılarak yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda fosfin gazına hassas bireylerden oluşan *T. castaneum* popülasyonunun LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri sırasıyla 4.3 ve 19.03 µg/L olarak belirlenmiş ve popülasyonun mutlak ölümü 17.6 µg/L fosfin konsantrasyonunda gerçekleşmiştir.

4.1.2.2. Adana ilinden toplanan *Tribolium castaneum* popülasyonlarının lethal konsantrasyon değerleri

Adana'dan toplanan *T. castaneum* popülasyonlarından, DA-26, DA-28, DA-30, DA-31 ve DA-32 kodlu popülasyonların erginleriyle lethal konsantrasyon testleri yürütülmüş ve popülasyonların LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri belirlenmiştir. Lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları ve testlerden elde edilen LC₅₀ - LC₉₉ değerleri sırasıyla Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Adana ilinden toplanan *Tribolium castaneum* popülasyonlarının ergin dönemleri üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları (µg/L)

<i>T. castaneum</i> popülasyonları	Lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları (µg/L)
DA-26	0, 253, 704, 1408, 3521, 5633, 7042
DA-28	0, 253, 704, 1.408, 2816, 4225, 7042, 7746
DA-30	0, 253, 704, 1408, 2816, 4225, 5633, 6338
DA-31	0, 704, 1408, 2112, 2816, 5633, 7042
DA-32	0, 704, 1056, 1408, 2816, 6338, 7042

Adana'daki tahıl depolarından toplanan DA- 26, DA-28, DA-30, DA-31 ve DA-32 kodlu *T. castaneum* popülasyonlarının erginleri ile yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda, popülasyonların LC₅₀ değerleri sırasıyla 1015, 757, 856, 1685 ve 1142 µg/L olarak belirlenirken, aynı popülasyonların LC₉₉ değerleri ise yine sırasıyla 7739, 8600, 6116, 7740 ve 7971 µg/L olarak hesaplanmıştır. Adana'dan toplanan fosfine yüksek seviyede dirençli *T. castaneum* popülasyonların LC₅₀ değerlerinin, fosfine hassas *T. castaneum* popülasyonun LC₅₀ değeri ile kıyaslanmasından elde edilen fosfine direnç katsayıları (R^k) ise 177 ile 392 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.11). Bununla birlikte, fosfine yüksek seviyede dirençli olduğu belirlenen popülasyonların yürütülen testler sonunda hesaplanan LC₅₀ değerlerinin alt ve üst güven aralıklarındaki çakışmalar göz önüne alındığında, en yüksek LC₅₀ değerine sahip DA-31 kodlu popülasyonun LC₅₀ değerinin alt ve üst güven aralıkları ile hiçbir popülasyonun LC₅₀ değerinin güven aralıkları arasında çakışma gözlemlenmediği için bu popülasyonun, Adana'dan toplanan ve erginleriyle lethal konsantrasyon testleri yürütülen *T. castaneum* popülasyonları içerisinde, fosfine en yüksek

seviyede dirençli popülasyon olduğu ve referans popülasyona nazaran fosfine 392 kat daha fazla direnç gösterdiği belirlenmiştir. Bu husustan yola çıkarak Adana'dan toplanan ve erginleri üzerinde lethal konsantrasyon testleri yürütülen popülasyonların, LC_{50} değerlerinin güven aralıkları arasındaki ilişki göz önüne alındığında, popülasyonların fosfine dayanıklılık sıralaması $DA-31 > DA-32 = DA-26 > DA-30 = DA-28$ olarak belirlenmiştir. Aynı popülasyonların erginleriyle yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda hesaplanan LC_{99} değerlerinin güven aralıkları arasındaki çakışmalar incelendiğinde ise tüm popülasyonların LC_{99} değerlerinin güven aralıklarının birbirleriyle çakıştığı belirlenmiş ve LC_{99} değerleri arasında farklılık gözlemlenmemiştir.



Çizelge 4.11. Adana ilinden toplanan ve erginleri üzerinde lethal konsantrasyon testleri yürütülen *Tribolium castaneum* popülasyonlarının LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayıları

<i>T. castaneum</i> popülasyonları	n ^a	Eğim±SH	Kesişim	t değeri	LC ₅₀ (µg/L) (Alt- üst güven aralığı) ^b	LC ₉₉ (µg/L) (Alt- üst güven aralığı) ^b	χ^2 ^c (s.d) ^d H ^e	(R ^k) ^f
DA-26	1400	2.689±0.127	-8.083	21.173	1015 (928-1106)	7439 (6249-9138)	24.839 (28) 0.887	237
DA-28	1400	2.204±0.111	-6.346	19.778	757 (679-839)	8600 (6932-11129)	22.721 (28) 0.811	177
DA-30	1600	2.723±0.123	-7.985	22.153	855.2 (782-931)	6116 (5242-7322)	22.824 (33) 0.692	200
DA-31	1400	3.514±0.182	-11.337	19.317	1685.2 (1583-1789)	7740 (6724-9173)	23.322 (28) 0.833	392
DA-32	1400	2.756±0.163	-8.428	16.916	1141.6 (1052-1231)	7971 (6577-10124)	22.391 (28) 0.800	266

^a: Toplam test edilen birey sayısı, ^b: Alt-üst güven aralığı (%5 önem seviyesinde), ^c: Ki-kare (Chi-square) değeri, ^d: serbestlik derecesi, ^e: Heterojenite değeri, ^f: LC₅₀ değerlerine göre fosfine direnç katsayısı

4.1.2.3. Osmaniye ilinden toplanan *Tribolium castaneum* popülasyonlarının lethal konsantrasyon değerleri

Osmaniye’den toplanan *T. castaneum* popülasyonlarından, DB-5, DB-6, DB-8, DB-9, DB-10, DB-11, DB-12 ve DB-15 kodlu popülasyonların erginleriyle lethal konsantrasyon testleri yürütülerek, popülasyonların LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri belirlenmiştir. Lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları ve testlerden elde edilen LC₅₀ - LC₉₉ değerleri sırasıyla Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Osmaniye ilinden toplanan *Tribolium castaneum* popülasyonlarının ergin dönemleri üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları (µg/L)

<i>T. castaneum</i> popülasyonları	Lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları (µg/L)
DB-5	0, 352, 704, 1408, 2816, 6338, 7042
DB-6	0, 253, 704, 1408, 4225, 6338, 7042
DB-8	0, 704, 1408, 2816, 4225, 3704, 5633
DB-9	0, 704, 1408, 2816, 4225, 6338, 7746
DB-10	0, 704, 1056, 1408, 2816, 5633, 6338
DB-11	0, 352, 704, 1056, 1408, 4225, 7042, 7746
DB-12	0,704, 1408, 2112, 4225, 7042, 7746
DB-15	0, 375, 704, 1408, 4225, 7042, 7746

Osmaniye’deki tahıl depolarından toplanan DB-5, DB-6, DB-8, DB-9, DB-10, DB-11, DB-12 ve DB-15 kodlu *T. castaneum* popülasyonlarının erginleri ile yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda, popülasyonların LC₅₀ değerleri sırasıyla 1083, 895, 1230, 1290, 991, 914, 1688 ve 1029 µg/L olarak belirlenirken, aynı popülasyonların LC₉₉ değerleri ise 7844, 5981, 5424, 8309, 6549, 7692, 8450, 8357 µg/L olarak hesaplanmıştır. Fosfine yüksek seviyede dirençli popülasyonların LC₅₀ değerlerinin, fosfine hassas popülasyonun LC₅₀ değeri ile kıyaslanmasından elde edilen fosfine direnç katsayıları (R^k) ise 213 ile 393 arasında değişiklik gösterirken en yüksek direnç katsayısı DB-12 kodlu popülasyonda saptanmıştır (Çizelge 4.13). Bununla birlikte, fosfine yüksek seviyede dirençli olduğu belirlenen popülasyonların erginleriyle yürütülen testler sonunda hesaplanan LC₅₀

değerlerinin alt ve üst güven aralıklarındaki çakışmalar göz önüne alındığında, en yüksek LC_{50} değerine sahip DB-12 kodlu popülasyonun LC_{50} değerinin alt ve üst güven aralıkları ile hiçbir popülasyonun LC_{50} değerinin güven aralıkları arasında çakışma gözlemlenmediği için bu popülasyonun, Osmaniye'den toplanan ve erginleriyle lethal konsantrasyon testleri yürütülen *T. castaneum* popülasyonları içerisinde, fosfine en yüksek seviyede dirençli popülasyon olduğu ve hassas popülasyona nazaran fosfine 393 kat daha fazla direnç gösterdiği belirlenmiştir. Lethal konsantrasyon testlerinden elde edilen LC_{50} değerlerinin güven aralıkları arasındaki çakışmalar göz önüne alınarak belirlenen fosfine direnç sıralamasında DB-12 kodlu popülasyonu sırasıyla DB-9 ve DB-8 takip ederken, DB-6, DB-10, DB-11 ve DB-15 kodlu popülasyonların LC_{50} değerlerinin güven aralıkları arasında çakışma gözlemlenmiş ve bu popülasyonlardan elde edilen LC_{50} değerlerinin birbiriyle benzerlik taşıdığı belirlenmiştir. Benzer şekilde; popülasyonların erginleriyle yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda hesaplanan LC_{99} değerlerinin güven aralıkları arasındaki çakışmalar incelendiğinde ise genel olarak LC_{99} değerlerinin güven aralıklarının birbirleriyle çakıştığı belirlenmiş ve LC_{99} değerleri arasında farklılık gözlemlenmemiştir.

Çizelge 4.13. Osmaniye ilinden toplanan ve erginleri üzerinde lethal konsantrasyon testleri yürütülen *Tribolium castaneum* popülasyonlarının

LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayıları

<i>T. castaneum</i> popülasyonları	n ^a	Eğim±SH	Kesişim	t değeri	LC ₅₀ (µg/L) (Alt- üst güven aralığı) ^b	LC ₉₉ (µg/L) (Alt- üst güven aralığı) ^b	χ^2 ^c (s.d) ^d H ^e	(R ^k) ^f
DB-5	1400	2.705±0.131	-8.028	20.656	1083 (996-1174)	7844 (6559-9704)	24.989 28 0.892	252
DB-6	1400	2.819±0.143	-8.322	19.773	895 (818-976)	5981 (5009-7392)	25.340 (28) 0.905	209
DB-8	1400	3.621±0.182	-11.198	19.855	1230 (1141-1330)	5424 (4755-6352)	28.498 (28) 1.01	287
DB-9	1400	2.876±0.152	-8.947	18.980	129 (118-1400)	8309 (7090-10058)	19.108 (28) 0.682	300
DB-10	1400	2.837±0.176	-8.500	16.111	991 (908-1072)	6549 (5441-8266)	20.542 (28) 0.734	231
DB-11	1600	2.474±0.125	-7.326	19.803	914 (841-989)	7692 (6545-10078)	24.96 (33) 0.739	213
DB-12	1400	3.326±0.164	-10.733	20.313	1688 (1576-1803)	8450 (7317-10023)	20.221 (28) 0.722	393
DB-15	1400	2.558±0.134	-7.705	19.057	1029 (938-1124)	8357 (6861-10606)	24.765 (28) 0.884	240

^a: Toplam test edilen birey sayısı, ^b: Alt-üst güven aralığı (%5 önem seviyesinde), ^c: Ki-kare (Chi-square) değeri, ^d: serbestlik derecesi, ^e: Heterojenite değeri, ^f: LC₅₀ değerlerine göre fosfine direnç katsayısı

4.1.2.4. Kahramanmaraş ilinden toplanan *Tribolium castaneum* popülasyonlarının lethal konsantrasyon değerleri

Kahramanmaraş'tan toplanan *T. castaneum* popülasyonlarından sadece DC-2 kodlu popülasyonun erginleriyle lethal konsantrasyon testleri yürütülmüş ve popülasyonun LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri belirlenmiştir. Lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları ve testlerden elde edilen LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri sırasıyla Çizelge 4.14 ve Çizelge 4.15'de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Kahramanmaraş ilinden toplanan *Tribolium castaneum* popülasyonunun ergin dönemi üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları (µg/L)

<i>T. castaneum</i> popülasyonu	Lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları (µg/L)
DC-2	0, 140, 352, 704, 3521, 4225, 4929

Kahramanmaraş'taki tahıl depolarından toplanan DC-2 kodlu *T. castaneum* popülasyonunun erginleri ile yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda, DC-2 kodlu popülasyonun LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri sırasıyla 327 ve 4770 µg/L olarak belirlenmiş ve popülasyonun LC₅₀ değeri ile hassas popülasyonun LC₅₀ değeri kıyaslandığında, DC-2 kodlu popülasyonun hassas popülasyona nazaran fosfine 77 kat daha dirençli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. Kahramanmaraş ilinden toplanan ve erginleri üzerinde lethal konsantrasyon testleri yürütülen *Tribolium castaneum* popülasyonunun LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayısı

<i>T. castaneum</i> popülasyonu	n ^a	Eğim±SH	Kesişim	t değeri	LC ₅₀ (µg/L) (Alt – üst güven aralığı) ^b	LC ₉₉ (µg/L) (Alt – üst güven aralığı) ^b	χ^2 ^c (s.d) ^d H ^e	(R ^k) ^f
DC-2	1400	2.0±0.111	-5.029	17.979	327 (289-368)	4770 (3700-6506)	20.264 28 0.724	77

^a: Toplam test edilen birey sayısı, ^b: Alt-üst güven aralığı (%5 önem seviyesinde), ^c: Ki-kare (Chi-square) değeri, ^d: serbestlik derecesi, ^e: Heterojenite değeri, ^f: LC₅₀ değerlerine göre fosfine direnç katsayısı

4.1.2.5. Hatay ilinden toplanan *Tribolium castaneum* popülasyonlarının lethal konsantrasyon değerleri

Hatay'dan toplanan *T. castaneum* popülasyonlarından, DD-2 ve DD-12 kodlu popülasyonların erginleriyle lethal konsantrasyon testleri yürütülmüş ve popülasyonların LC₅₀ - LC₉₉ değerleri belirlenmiştir. Lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları ve testlerden elde edilen LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri sırasıyla Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.16. Hatay ilinden toplanan *Tribolium castaneum* popülasyonlarının ergin dönemleri üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları (µg/L)

<i>T. castaneum</i> popülasyonları	Lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları (µg/L)
DD-2	0, 352, 704, 1408, 4225, 7042, 7746
DD-12	0, 704, 1408, 2112, 4225, 7746, 8450

Hatay'daki tahıl depolarından toplanan DD-2 ve DD-12 kodlu *T. castaneum* popülasyonlarının erginleri ile yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda, popülasyonların LC₅₀ değerleri sırasıyla 838 ve 1602 µg/L olarak belirlenirken, aynı popülasyonların LC₉₉ değerleri ise 7844 ve 8999 µg/L olarak hesaplanmıştır. Hatay'dan toplanan ve erginleri üzerinde lethal konsantrasyon testlerinin yürütülen *T. castaneum* popülasyonlarının LC₅₀ değerlerinin, fosfine hassas referans popülasyonun LC₅₀ değeri ile kıyaslanmasından elde edilen fosfine direnç katsayıları (R^k) ise 195 ve 378 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.17). Buna ek olarak, fosfine yüksek seviyede dirençli olduğu belirlenen iki popülasyonun yürütülen testler sonunda hesaplanan LC₅₀ değerlerinin, alt ve üst güven aralıklarındaki ilişki incelendiğinde, en yüksek LC₅₀ değerine sahip DD-12 kodlu popülasyonun LC₅₀ değerinin alt ve üst güven aralıkları ile DD-2 kodlu popülasyonun güven aralıkları arasında çakışma gözlemlenmediği için DD-12 kodlu popülasyonun Hatay'dan toplanan ve erginleriyle lethal konsantrasyon testleri yürütülen popülasyonlar içerisinde fosfine en yüksek seviyede dirençli popülasyon olduğu belirlenmiştir. DD-2 ve DD-12 kodlu popülasyonların LC₉₉ değerlerine ait güven aralıkları arasındaki çakışmalar göz önüne alındığında ise popülasyonların LC₉₉ ait güven aralıkları arasında çakışma gözlemlenmiş ve bu nedenle LC₉₉ değerleri arasında farklılık olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.17. Hatay ilinden toplanan ve erginleri üzerinde lethal konsantrasyon testleri yürütülen *Tribolium castaneum* popülasyonlarının LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayıları

<i>T. castaneum</i> popülasyonları	n ^a	Eğim±SH	Kesişim	t değeri	LC ₅₀ (µg/L) (Alt- üst güven aralığı) ^b	LC ₉₉ (µg/L) (Alt- üst güven aralığı) ^b	χ^2 ^c (s.d) ^d H ^e	(R ^k) ^f
DD-2	1400	2.395±0.125	-7.001	19.230	838 (759-920)	7844 (6381-10.058)	14.146 (28) 0.505	195
DD-12	1400	3.104±0.181	-9.949	17.187	1602 (1460-1744)	8999 (7644-10994)	21.821 (28) 0.779	378

^a: Toplam test edilen birey sayısı, ^b: Alt-üst güven aralığı (%5 önem seviyesinde), ^c: Ki-kare (Chi-square) değeri, ^d: serbestlik derecesi, ^e: Heterojenite değeri, ^f: LC₅₀ değerlerine göre fosfine direnç katsayısı

4.1.2.6. Mersin ilinden toplanan *Tribolium castaneum* popülasyonlarının lethal konsantrasyon değerleri

Mersin’den toplanan *T. castaneum* popülasyonlarından, DE-1, DE-2, DE-5, DE-8 ve DE-10 kodlu popülasyonların erginleriyle lethal konsantrasyon testleri yürütülmüş ve popülasyonların LC₅₀ - LC₉₉ değerleri belirlenmiştir. Lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları ve testlerden elde edilen LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri sırasıyla Çizelge 4.18 ve Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.18. Mersin ilinden toplanan *Tribolium castaneum* popülasyonlarının ergin dönemleri üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları (µg/L)

<i>T. castaneum</i> popülasyonları	Lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları (µg/L)
DE-1	0, 704, 1056, 1408, 2112, 4225, 7042
DE-2	0, 704, .408, 4225, 5633, 6338, 7042
DE-5	0, 704, 1056, 1408, 2816, 6338, 7042
DE-8	0, 704, 1056, 1408, 2112, 4225, 9154, 9859
DE-10	0, 704, 1056, 1408, 2112, 7042, 7746

Mersin’deki tahıl depolarından toplanan DE-1, DE-2, DE-5, DE-8 ve DE-10 kodlu *T. castaneum* popülasyonlarının erginleri ile yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda, popülasyonların LC₅₀ değerleri sırasıyla 1243, 1140, 1443, 1320 ve 1179 µg/L olarak belirlenirken, aynı popülasyonların LC₉₉ değerleri ise 5750, 6900, 8313, 10915 ve 9252 µg/L olarak hesaplanmış ve popülasyonların fosfine direnç katsayılarının 266 ile 336 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.19). Buna ek olarak, fosfine yüksek seviyede dirençli olduğu belirlenen popülasyonların yürütülen testler sonunda hesaplanan LC₅₀ değerlerinin alt ve üst güven aralıklarındaki ilişkiler incelendiğinde, en yüksek LC₅₀ değerine sahip DE-5 kodlu popülasyonun LC₅₀ değerinin güven aralıkları ile sadece DE-8 kodlu popülasyonun LC₅₀ değerinin güven aralıklarının çakıştığı gözlemlenmiş ve her iki popülasyonun, Mersin’den toplanan ve fosfine en yüksek seviyede dirençli popülasyonlar olduğu belirlenmiştir. Popülasyonların LC₉₉ değerlerinin güven aralıkları arasındaki ilişki incelendiğinde ise genel olarak tüm LC₉₉ değerlerinde çakışma gözlemlenmiş ve LC₉₉ değerleri arasında farklılık belirlenmemiştir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Mersin ilinden toplanan ve erginleri üzerinde lethal konsantrasyon testleri yürütülen *Tribolium castaneum* popülasyonlarının LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayıları

<i>T. castaneum</i> popülasyonları	n ^a	Eğim±SH	Kesişim	t değeri	LC ₅₀ (µg/L) (Alt- üst güven aralığı) ^b	LC ₉₉ (µg/L) (Alt- üst güven aralığı) ^b	χ^2 ^c (s.d) ^d H ^e	(R ^k) ^f
DE-1	1400	3.498±0.204	-10.825	17.115	1243.3 (1168-1320)	5750.1 (4911-6993)	22.111 (28) 0.790	290
DE-2	1400	2.976±0.157	-9.097	15.220	1140.4 (1037-1245)	6900 (5896-8330)	22.094 (28) 0.789	266
DE-5	1400	3.060±0.161	-9.666	19.055	1443.4 (1348-1544)	8313 (7001-10237)	21.494 (28) 0.768	336
DE-8	1600	2.536±0.137	-7.913	18.525	1320.2 (1219-1423)	10915 (8976-13858)	23.847 33 0.723	307
DE-10	1200	2.600±0.148	-7.987	17.558	1179.3 (1052-1310)	9252.3 (7521-11953)	23.052 (23) 1.0023	275

^a: Toplam test edilen birey sayısı, ^b: Alt-üst güven aralığı (%5 önem seviyesinde), ^c: Ki-kare (Chi-square) değeri, ^d: serbestlik derecesi, ^e: Heterojenite değeri, ^f: LC₅₀ değerlerine göre fosfine direnç katsayısı

4.1.2.7. Doğu Akdeniz Bölgesi'nden toplanan *Tribolium castaneum* popülasyonlarında fosfine direnç seviyesinin değerlendirilmesi

Doğu Akdeniz Bölgesi'nden toplanan ve erginleri üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda elde edilen LC_{50} değerleri gözetilerek, toplandıkları illerde fosfine en yüksek seviyede dirençli popülasyonlar olduğu belirlenen DA-31, DB-12, DC-2, DD-12, DE-5 ve DE-8 kodlu *T. castaneum* popülasyonlarının LC_{50} ve LC_{99} değerleri Çizelge 4.20'de verilmektedir.

Araştırmanın yürütüldüğü illerde fosfine en yüksek seviyede dayanıklı olduğu belirlenen popülasyonların LC_{50} değerlerinin güven aralıkları arasındaki ilişki göz önüne alındığında; Osmaniye'den toplanan ve erginleri üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testlerinde en yüksek LC_{50} değerinin elde edildiği, DB-12 kodlu *T. castaneum* popülasyonunun LC_{50} değerinin alt ve üst güven aralıkları ile DA-31, DD-12 ve DE-5 kodlu popülasyonların LC_{50} değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasında çakışmalar gözlemlenmiş ve bu nedenle popülasyonların LC_{50} değerleri arasında farklılık olmadığı saptanmıştır. Bu sonuçtan yola çıkarak; DB-12, DA-31, DE-5 ve DD-12 kodlu *T. castaneum* popülasyonların, Doğu Akdeniz Bölgesindeki tahıl depolarından toplanan ve erginleri üzerinde lethal konsantrasyon testleri yürütülen popülasyonların içerisinde, fosfine en yüksek seviyede dirençli popülasyonlar olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde; *T. castaneum* popülasyonların erginleri ile yürütülen testlerden elde edilen LC_{99} değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasındaki ilişki incelenmiş ve DA-31, DB-12, DD-12, DE-5 ve DE-8 oldu popülasyonların LC_{99} değerlerinin güven aralıkları arasında çakışma olduğu saptanmış ve bu nedenle popülasyonların LC_{99} değerlerinin arasında farklılık bulunmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.20. Erginleri üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda toplandıkları illerde fosfine en yüksek seviyede dirençli *Tribolium castaneum* popülasyonlarının LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayıları

<i>T. castaneum</i> popülasyonları	n ^a	Eğim±SH	Kesişim	t değeri	LC ₅₀ (µg/L) (güven aralığı) ^b	LC ₉₉ (µg/L) (güven aralığı) ^b	χ^2 ^c (s.d) ^d H ^e	(R ^k) ^f
DA-31	1400	3.514±0.182	-11.337	19.317	1685.2 (1583-1789)	7740 (6724-9173)	23.322 (28) 0.833	392
DB-12	1400	3.326±0.164	-10.733	20.313	1688 (1576-1803)	8450 (7317-10023)	20.221 (28) 0.722	393
DC-2	1400	2.0±0.111	-5.029	17.979	327 (289-368)	4770 (3700-6506)	20.264 28 0.724	77
DD-12	1400	3.104±0.181	-9.949	17.187	1602 (1460-1744)	8999 (7644-10994)	21.821 (28) 0.779	378
DE-5	1400	3.060±0.161	-9.666	19.055	1443.4 (1348-1544)	8313 (7001-10237)	21.494 (28) 0.768	336
DE-8	1600	2.536±0.137	-7.913	18.525	1320.2 (1219-1423)	10915 (8976-13858)	23.847 33 0.723	307

4.1.3. *Tribolium castaneum* popülasyonlarında fosfin direncinin genetik ilişkisi

4.1.3.1. *Tribolium castaneum* popülasyonların direnç alleli frekanslarının belirlenmesi

Araştırmanın yürütüldüğü illerden toplanan popülasyonların erginleri üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda elde edilen LC₅₀ değerleri baz alınarak, toplandıkları illerde fosfine en yüksek seviyede dirençli olduğu belirlenen DA-31, DB-12, DC-2, DD-12, DE-5 ve DE-8 kodlu *T. castaneum* popülasyonlarında yürütülen moleküler çalışmalar sonucunda, tüm popülasyonlarda fosfine yüksek dirence neden olan, DLD geninin 133. nükleotidinde, Sitozin→ Timin (C133T) mutasyonunun varlığı belirlenmiştir (Çizelge 4.21). *Tribolium castaneum* popülasyonlarında C133T mutasyonunun yaygınlık derecesini belirlemek amacıyla her bir popülasyonun erginleri kullanılarak, DNA izolasyonu ve PCR reaksiyonları gerçekleştirilmiş ve tüm popülasyonlarda pozitif sonuç veren 40 adet PCR ürünü MboI (5'-GATC-3') kesme enzimi ile reaksiyonuna tabi tutularak ve DLD geninin 133. nükleotidinde mutasyon varlığı aranmıştır. Kesme reaksiyonları sonrasında elde edilen agaroz jel görüntülerinin değerlendirilmesiyle (Şekil 3.7), kesme reaksiyonlarına tabii tutulan bireylerin genotip karakterleri (homozigot dirençli, heterozigot dirençli ve homozigot hassas) belirlenmiş ve popülasyonların toplam direnç alleli yüzdeleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.21).

Kesme reaksiyonları sonrasında yapılan jel görüntülemelerinde, Adana'dan toplanan DA-31, Osmaniye'den toplanan DB-12 ve Mersin'den toplanan DE-5 kodlu *T. castaneum* popülasyonlarında, reaksiyona tabii tutulan tüm böceklerin her iki allelinde de C→T mutasyonu varlığı belirlenmiş ve tüm bireylerin genotip olarak homozigot dayanıklı olduğu ortaya konulmuştur. Bunun sonucu olarak da, popülasyonların toplam allel yüzdeleri % 100 olarak hesaplanmıştır. Hatay'dan toplanan DD-12 ve Mersin'den toplanan DE-8 kodlu popülasyonlarda ise sırasıyla 36 ve 38 bireyin, her iki allelinde de C→T mutasyonu varlığı tespit edilirken, DD-12 kodlu popülasyonda 4, DE-5 kodlu popülasyonda ise 2 bireyin, tek bir allelinde (Rr) C→T mutasyonu taşıdığı saptanmıştır. Bununla birlikte, her iki popülasyonda da hiç homozigot hassas bireye rastlanılmamış olup, popülasyonların toplam direnç allel yüzdeleri DD-12 için % 95.5, DE-8 için ise % 97.5 olarak hesaplanmıştır. Kahramanmaraş'tan toplanan DC-2 kodlu popülasyonda ise 29 bireyin her iki allelinde, 9 bireyin ise tek bir allelinde dirence neden olan mutasyonun varlığı belirlenmiş, ancak 2 bireyde ise direnç alleleline rastlanılmamıştır. Bu bakımdan, en düşük allel yüzdesi % 83.75'lik oranla DC-2 kodlu popülasyonda tespit edilmiştir.

Çizelge 4.21. Erginleri üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda toplandıkları illerde fosfine en yüksek seviyede dirençli *Tribolium castaneum* popülasyonlarının genotip karakterleri ve toplam direnç alleli yüzdeleri

<i>T. castaneum</i> popülasyonları	Lokasyon	Popülasyonların Fenotip karakteri	Genotip karakterler - Birey sayısı (adet)			Toplam Birey Sayısı	Toplam Direnç Alleli Sayısı	Direnç Allel Yüzdesi (%)
			Homozigot Dirençli (RR)	Heterozigot dirençli (Rr)	Homozigot Hassas (rr)			
DA-31	Adana	Yüksek seviyede dirençli	40	0	0	40	80	100
DB-12	Osmaniye	Yüksek seviye dirençli	40	0	0	40	80	100
DC-2	K.maraş	Yüksek seviye dirençli	29	9	2	40	67	83.75
DD-12	Hatay	Yüksek seviye dirençli	36	4	0	40	76	95
DE-5	Mersin	Yüksek seviye dirençli	40	0	0	40	80	100
DE-8	Mersin	Yüksek seviye dirençli	38	2	0	40	78	97.5

4.1.3.1. *Tribolium castaneum* popülasyonların DLD geni sekans dizileme sonuçları

Doğu Akdeniz Bölgesi'nden toplanan ve üzerinde moleküler çalışmalar yürütülen DA-31, DB-12, DC-2, DD-12, DE-5 ve DE-8 kodlu *T. castaneum* popülasyonlarına ait erginlerin kullanıldığı PCR reaksiyonlarında pozitif sonuç veren birer örneğe ve fosfine hassas referans popülasyonunun erginlerinin kullanıldığı PCR reaksiyonlarında pozitif sonuç veren üç örneğe(Tc-K-1,2,3), MboI enzimi ile gerçekleştirilen kesme reaksiyon sonuçlarının doğrulanması amacıyla, çift yönlü sekans analizi yapılmış ve örneklerin DLD geninde nükleotid ve aminoasit dizilimleri belirlenmiştir. Elde edilen dizilimler, gen bankası NCBI'nın veri tabanında bulunan gen dizilimleri ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.22).

Sekans analizleri sonuçları incelendiğinde, fenotip olarak fosfine yüksek seviyede dirençli olduğu belirlenen popülasyonların tamamında, DLD geninin 133. nükleotidinde C→T mutasyonunun (C133T) varlığı tespit edilirken (Çizelge 4.22), bunun yansıması olarak 45. aminoasit dizisinin de Prolin'den Serin'e (P45S) dönüştüğü gözlemlenmiştir (Çizelge 4.23). Buna ek olarak; tüm *T. castaneum* popülasyonlarının nükleotid dizilimleri ile NCBI'nın veri tabanında yapılan taramalar sonucunda fosfine dayanıklı olduğu bildirilen ITC-Mdu ve ITC-Cbe (Kaur, 2015) örneklerinin dizilimlerinin birbirleriyle yüksek oranda (> 98 %) benzerlik taşıdığı görülmüştür. Fosfine hassas bireylerin oluşturduğu Tc-K kodlu *T. castaneum* popülasyonunun 3 ergin bireyine ait dizi sonuçları incelendiğinde ise DLD geninin 133. nükleotidinin Sitozin olduğu ve bunun literatürde fosfine hassas olduğu bildirilen QTC-4 kodlu *T. castaneum* popülasyonunun gen dizisiyle birebir benzerlik taşıdığı görülmektedir.

Çizelge 4.22. Fosfine hassas ve dirençli bireylerin nükleotid dizilimleri

	
	10 20 30 40 50
DA-31	GTGTCAGAGG TCACTCGATA ATGTGAGTTT T-GTCAC--- AGATACGGTG
DB-12	GTGTCAGAGG TCACTCGATA ATTTGAGTTT T-GTCAC--- AGATACGGTG
DC-2	GTGTCAGAGG TCACTCGATA ATGTGAGTTT T-GTCAC--- AGATACGGTG
DD-12	GTGTCAGAGG TCACTCGATA ATGTGAGTTT T-GTCAC--- AGATACGGTG
DE-5	GTGTCAGAGG TCACTCGATA ATGTGAGTTT T-GTCAC--- AGATACGGTG
DE-8	GTGTCAGAGG TCACTCGATA ATGTGAGTTT T-GTCAC--- AGATACGGTG
Tc-K-1	GTGTCAGAGG TCACTCGATA ATGTGAGTTT T-GTCAC--- AGATACGGTG
Tc-K-2	GTGTCAGAGG TCACTCGATA ATGTGAGTTT T-GTCAC--- AGATACGGTG
Tc-K-3	GTGTCAAAGG TCACTCGATA ATGTGAGTTT T-GTCAC--- AGATACGGTG
QTC-4	GTGTCAGAGG TCACTCGATA ATGTGAGTTT T-GTCAC--- AGATACGGTG
ITC-CBE	ATGCAATCGG CCATTGCGAA CGTTGTCTCC TCGTCACTTA AGATACGGTG
ITC-MDU	ATGCAATCGG CCATTGCGAA CGTTGTCTCC TCGTCACTTA AGATACGGTG

					
	60	70	80	90	100
DA-31	CAATCGGGAG	GCCCTGACTG	TCTTCCACCA	CCGTCAATAC	TCCACAACCC
DB-12	CAATCGGGAG	GCCCTGACTG	TCTTCCACCA	CCGTCAATAC	TCCACAACCTC
DC-2	CAATCGGGAG	GCCCTGACTG	TCTTCCACCA	CCGTCAATAC	TCCACAACCTC
DD-12	CAATCGGGGG	GCCCTGACTG	TCTTCCACCA	CCGTCAATAC	TCCACAACCTC
DE-5	CAATCGGGGG	GCCCTGACTG	TCTTCCACCA	CCGTCAATAC	TCCACAACCTC
DE-8	CAATCGGGGG	GCCCTGACTG	TCTTCCACCA	CCGTCAATAC	TCCACAACCTC
Tc-K-1	CAATCGGGGG	GCCCTGACTG	TCTTCCACCA	CCGTCAATAC	TCCACAACCTC
Tc-K-2	CAATCGGGGG	GCCCTGACTG	TCTTCCACCC	CCGTCAATAC	TCCACAACCTC
Tc-K-3	CAATCGGGGG	GCCCTGACTG	TCTTCCACCA	CCGTCAATAC	TCCACAACCTC
QTC-4	CAATCGGGGG	GCCCTGACTG	TCTTCCACCA	CCGTCAATAC	TCCACAACCTC
ITC-CBE	CAATCGGGGG	GCCCTGACTG	TCTTCCACCA	CCGTCAATAC	TCCACAACCTC
ITC-MDU	CAATCGGGGG	GCCCTGACTG	TCTTCCACCA	CCGTCAATAC	TCCACAACCTC
					
	110	120	130	140	150
				▼	
DA-31	ACGATGCGGA	TTTGGTCGTG	ATTGGGTCGG	GATCTGGGGG	CTACGTTGCG
DB-12	ACGATGCGGA	TTTGGTCGTG	ATTGGGTCGG	GATCTGGGGG	CTACGTTGCG
DC-2	ACGATGCGGA	TTTGGTCGTG	ATTGGGTCGG	GATCTGGGGG	CTACGTTGCG
DD-12	ACGATGCGGA	TTTGGTCGTG	ATTGGGTCGG	GATCTGGGGG	CTACGTTGCG
DE-5	ACGATGCGGA	TTTGGTCGTG	ATTGGGTCGG	GATCTGGGGG	CTACGTTGCG
DE-8	ACGATGCGGA	TTTGGTCGTG	ATTGGGTCGG	GATCTGGGGG	CTACGTTGCG
Tc-K-1	ACGATGCGGA	TTTGGTCGTG	ATTGGGTCGG	GACCTGGGGG	CTACGTTGCG
Tc-K-2	ACGATGCGGA	TTTGGTCGTG	ATTGGGTCGG	GACCTGGGGG	CTACGTTGCG
Tc-K-3	ACGATGCGGA	TTTGGTCGTG	ATTGGGTCGG	GACCTGGGGG	CTACGTTGCG
QTC-4	ACGATGCGGA	TTTGGTCGTG	ATTGGGTCGG	GACCTGGGGG	CTACGTTGCG
ITC-CBE	ACGATGCGGA	TTTGGTCGTG	ATTGGGTCGG	GATCTGGGGG	CTACGTTGCG
ITC-MDU	ACGATGCGGA	TTTGGTCGTG	ATTGGGTCGG	GATCTGGGGG	CTACGTTGCG
					
	160	170	180	190	200
DA-31	TCGATTAAAG	CCGCCCCAACT	TGGCTTAAAA	GTGTGTAAAA	AAATGCGATT
DB-12	TCGATTAAAG	CCGCCCCAACT	TGGCTTAAAA	GTGTGTAAAA	AAATGCGATT
DC-2	TCGATTAAAG	CCGCCCCAAAT	TGGCTTAAAA	GTGTGTAAAA	AAATGCAATT
DD-12	TCGATTAAAG	CCGCCCCAACT	TGGCTTAAAA	GTGTGTAAAA	AAATGCGATT
DE-5	TCGATTAAAG	CCGCCCCAACT	TGGCTTAAAA	GTGTGTAAAA	AAATGCGATT
DE-8	TCGATTAAAG	CCGCCCCAACT	TGGCTTAAAA	GTGTGTAAAA	AAATGCGATT
Tc-K-1	TCGATTAAAG	CCGCCCCAACT	TGGCTTAAAA	GTGTGTAAAA	AAATGCGATT
Tc-K-2	TCGATTAAAG	CCGCCCCAACT	TGGCTTAAAA	GTGTGTAAAA	AAATGCGATT
Tc-K-3	TCGATTAAAG	CCGCCCCAACT	TGGCTTAAAA	GTGTGTAAAA	AAATGCGATT
QTC-4	TCGATTAAAG	CCGCCCCAACT	TGGCTTAAAA	GTGTGTAAAA	ATATTGCATT
ITC-CBE	TCGATTAAAG	CCGCCCCAACT	TGGCTTAAAA	-----	-----
ITC-MDU	TCGATTAAAG	CCGCCCCAACT	TGGCTTAAAA	-----	-----
					
	210	220	230	240	250
DA-31	TTTTTGCCCC	TATAATACCA	GTTTTTAGAC	AGTATGTATA	GAGAAAGAAC
DB-12	TTTTTGCCCC	TATAATACCA	GTTTTTAGAC	AGTATGTATA	GAGAAAGAAC
DC-2	TTTTTGCCCC	TATAATACCA	GTTTTTAGAC	AGTATGTATA	GAGAAAGAAC
DD-12	TTTTTGCCCC	TATAATACCA	GTTTTTAGAC	AGTATGTATA	GAGAAAGAAC
DE-5	TTTTTGCCCC	TATAATACCA	GTTTTTAGAC	AGTATGTATA	GAGAAAGAAC
DE-8	TTTTTGCCCC	TATAATACCA	GTTTTTAGAC	AGTATGTATA	GAGAAAGAAC
Tc-K-1	TTTTTGCCCC	TATAAAACCA	GTTTTTAGAC	AGTATGTATA	GAGAAAGAAC
Tc-K-2	TTTTTGCCCC	TATAATACCA	GTTTTTAGAC	AGTATGTATA	GAGAAAGAAC
Tc-K-3	TTTTTGCCCC	TATAATACCA	GTTTTTAGAC	AGTATGTATA	GAGAAAGAAC
QTC-4	TTTTTGCCCC	TATAATACCA	GTTTTTAGAC	AGTATGTATA	GAGAAAGAAC
ITC-CBE	-----	-----	-----AC	AGTATGTATA	GAGAAAGAAC
ITC-MDU	-----	-----	-----AC	AGTATGTATA	GAGAAAGAAC

					
	260	270	280	290	300
DA-31	CGACTTTGGG	GGGCAATTGT	CTCAACTTGG	GTTGTATACC	ATCCAAAGCC
DB-12	CGTCTTTGGG	GGGCACTTGT	CTCAACGTGG	GGTGTATACC	ATCCAAAGCC
DC-2	CGACTTTGGG	GGGCAATTGT	CTCAACTTGG	GTTGTATACC	ATCCAAAGCC
DD-12	CGACTTTGGG	GGGCAATTGT	CTCAACTTGG	GTTGTATACC	ATCCAAAGCC
DE-5	CGACTTTGGG	GGGCACTTGT	CTCAACGTGG	GGTGTATACC	ATCCAAAGCC
DE-8	CGACTTTGGG	GGGCACTTGT	CTCAACGTGG	GGTGTATACC	ATCCAAAGCC
Tc-K-1	CGACTTTGGG	GGGCACTTGT	CTCAACGTGG	GGTGTATACC	ATCCAAAGCC
Tc-K-2	CGAATTTGGG	GGGCACTTGT	CTCAACGTGG	GGTGTATACC	ATCCAAAGCC
Tc-K-3	CGACTTTGGG	GGGCACCTGC	CTCAACGTGG	GGTGTATACC	ATCCAAAGCC
QTC-4	CGACTTTGGG	GGGCACCTGC	CTCAACGTGG	GGTGTATACC	ATCCAAAGCC
ITC-CBE	CGACTTTGGG	GGGCACTTGT	CTCAACGTGG	GGTGTATACC	ATCCAAAGCC
ITC-MDU	CGACTTTGGG	GGGCACCTGT	CTCAACGTGG	GGTGTATACC	ATCCAAAGCC
					
	310	320	330	340	350
DA-31	TTACTCAACA	ACTCACACTA	TTACCACATG	GCCCATTCCG	GTGACCTGGG
DB-12	TTACTCAACA	ACTCACACTA	TTACCACATG	GCCCATTCCG	GTGACCTGGG
DC-2	TTACTCAACA	ACTCACACTA	TTACCACATG	GCCCATTCCG	GTGACCTGGG
DD-12	TTACTCAACA	ACTCACACTA	TTACCACATG	GCCCATTCCG	GTGACCTGGG
DE-5	TTACTCAACA	ACTCACACTA	TTACCACATG	GCCCATTCCG	GTGACCTGGG
DE-8	TTACTCAACA	ACTCACACTA	TTACCACATG	GCCCATTCCG	GTGACCTGGG
Tc-K-1	TTACTCAACA	ACTCACACTA	TTACCACATG	GCCCATTCCG	GTGACCTGGG
Tc-K-2	TTACTCAACA	ACTCACACTA	TTACCACATG	GCCCATTCCG	GTGACCTGGG
Tc-K-3	TTACTCAACA	ACTCACACTA	TTACCACATG	GCCCATTCCG	GTGACCTGGG
QTC-4	TTACTCAACA	ACTCACACTA	TTACCACATG	GCCCATTCCG	GTGACCTGGG
ITC-CBE	TTACTCAACA	ACTCACACTA	TTACCACATG	GCCCATTCCG	GTGACCTGGG
ITC-MDU	TTACTCAACA	ACTCACACTA	TTACCACATG	GCCCATTCCG	GTGACCTGGG
					
	360	370	380	390	400
DA-31	GGCACGTGGC	ATAAGCGTGG	ACAATGTCCG	ACTTGATTTG	GATAAATTAA
DB-12	GGCACGTGGC	ATAAGCGTGG	ACAATGTCCG	ACTTGATTTG	GATAAATTAA
DC-2	GGCACGTGGC	ATAAGCGTGG	ACAATGTCCG	ACTTGATTTG	GATAAATTAA
DD-12	GGCACGTGGC	ATAAGCGTGG	ACAATGTCCG	ACTTGATTTG	GATAAATTAA
DE-5	GGCACGTGGC	ATAAGCGTGG	ACAATGTCCG	ACTTGATTTG	GATAAATTAA
DE-8	GGCACGTGGC	ATAAGCGTGG	ACAATGTCCG	ACTTGATTTG	GATAAATTAA
Tc-K-1	GGCACGTGGC	ATAAGCGTGG	ACAATGTCCG	ACTTGATTTG	GATAAATTAA
Tc-K-2	GGCACGTGGC	ATAAGCGTGG	ACAATGTCCG	ACTTGATTTG	GATAAATTAA
Tc-K-3	GGCACGTGGC	ATAAGCGTGG	ACAATGTCCG	ACTTGATTTG	GATAAATTAA
QTC-4	GGCACGTGGC	ATAAGCGTGG	ACAATGTCCG	ACTTGACTTG	GATAAATTAA
ITC-CBE	GGCACGTGGC	ATAAGCGTGG	ACAATGTCCG	ACTTGATTTG	GATAAATTAA
ITC-MDU	GGCACGTGGC	ATAAGCGTGG	ACAATGTCCG	ACTTGATTTG	GATAAATTAA
					
		410	420		
DA-31	TGGGGCAAAA	GGAAAAATGCT	GTCAAGGC		
DB-12	TGGGGCAAAA	GGAAAAATGCT	GTCAAGGC		
DC-2	TGGGGCAAAA	GGAAAAATGCT	GTCAAGGC		
DD-12	TGGGGCAAAA	GGAAAAATGCT	GTCAAGGC		
DE-5	TGGGGCAAAA	GGAAAAATGCT	GTCAAGGC		
DE-8	TGGGGCAAAA	GGAAAAATGCT	GTCAAGGC		
Tc-K-1	TGGGGCAAAA	GGAAAAATGCT	GTCAAGGC		
Tc-K-2	TGGGGCAAAA	GGAAAAATGCT	GTCAAGGC		
Tc-K-3	TGGGGCAAAA	GGAAAAATGCT	GTCAAGGC		
QTC-4	TGGGGCAAAA	GGAAAAATGCT	GTCAAGGC		
ITC-CBE	TGGGGCAAAA	GGAAAAATGCT	GTCAAGGC		
ITC-MDU	TGGGGCAAAA	GGAAAAATGCT	GTCAAGGC		

Çizelge 4.23. Fosfine hassas ve dirençli bireylerin aminoasit dizilimleri

					
	10	20	30	40	▼ 50
DA-31	VSEVTR*CEF	?S??IRCNR	ALTVFHHRQY	STTHDADLVV	IGSGSGGYVA
DB-12	VSEVTR*FEF	?S??IRCNR	ALTVFHHRQY	STTHDADLVV	IGSGSGGYVA
DC-2	VSEVTR*CEF	?S??IRCNR	ALTVFHHRQY	STTHDADLVV	IGSGSGGYVA
DD-12	VSEVTR*CEF	?S??IRCNRG	ALTVFHHRQY	STTHDADLVV	IGSGSGGYVA
DE-5	VSEVTR*CEF	?S??IRCNRG	ALTVFHHRQY	STTHDADLVV	IGSGSGGYVA
DE-8	VSEVTR*CEF	?S??IRCNRG	ALTVFHHRQY	STTHDADLVV	IGSGSGGYVA
Tc-K-1	VSEVTR*CEF	?S??IRCNRG	ALTVFHHRQY	STTHDADLVV	IGSGPGGYVA
Tc-K-2	VSEVTR*CEV	?S??IRCNRG	ALTVFHPRQY	STTHDADLVV	IGSGPGGYVA
Tc-K-3	VSKVTR*CEF	?S??IRCNRG	ALTVFHHRQY	STTHDADLVV	IGSGPGGYVA
QTC-4	VSEVTR*CEF	?S??IRCNRG	ALTVFHHRQY	STTHDADLVV	IGSGPGGYVA
ITC-CBE	MQSAIRNVVS	SSLKIRCNRG	ALTVFHHRQY	STTHDADLVV	IGSGSGGYVA
ITC-MDU	MQSAIRNVVS	SSLKIRCNRG	ALTVFHHRQY	STTHDADLVV	IGSGSGGYVA
					
	60	70	80	90	100
DA-31	SIKAAQLGLK	VCKKMRFFCP	YNTSF*TVCI	EKEPTLGGNC	LNLGCIPSKA
DB-12	SIKAAQLGFK	VCKKMRFFCP	YNTSF*TVCI	EKEPSLGGTC	LNVCIPSKA
DC-2	SIKAAQLGLK	VCKKMQFFGP	YNTSF*TVCI	EKEPTLGGNC	LNLGCIPSKA
DD-12	SIKAAQLGLK	VCKKMRFFGP	YNTSF*TVCI	EKEPTLGGNC	LNLGCIPSKA
DE-5	SIKAAQLGLK	VCKKMRFFCP	YNTSF*TVCI	EKEPTLGGTC	LNVCIPSKA
DE-8	SIKAAQLGLK	VCKKMRFFCP	YNTSF*TVCI	EKEPTLGGTC	LNVCIPSKA
Tc-K-1	SIKAAQLGLK	VCKKMRFFCP	YKTSF*TVCI	EKEPTLGGTC	LNVCIPSKA
Tc-K-2	SIKAAQLGLK	VCKKMRFFCP	YNTSF*TVCI	EKEPNLGGTC	LNVCIPSKA
Tc-K-3	SIKAAQLGLK	VCKKMRFFCP	YNTSF*TVCI	EKEPTLGGTC	LNVCIPSKA
QTC-4	SIKAAQLGLK	VCKNIRFFCP	YNTSF*TVCI	EKEPTLGGTC	LNVCIPSKA
ITC-CBE	SIKAAQLGLK	-----	-----TVCI	EKEPTLGGTC	LNVCIPSKA
ITC-MDU	SIKAAQLGLK	-----	-----TVCI	EKEPTLGGTC	LNVCIPSKA
					
	110	120	130	140	
DA-31	LLNNSHYH	AHSGDLGARG	ISVDNVRLDL	DKLMGQKENA	VK?
DB-12	LLNNSHYH	AHSGDLGARG	ISVDNVRLDL	DKLMGQKENA	VK?
DC-2	LLNNSHYH	AHSGDLGARG	ISVDNVRLDL	DKLMGQKENA	VK?
DD-12	LLNNSHYH	AHSGDLGARG	ISVDNVRLDL	DKLMGQKENA	VK?
DE-5	LLNNSHYH	AHSGDLGARG	ISVDNVRLDL	DKLMGQKENA	VK?
DE-8	LLNNSHYH	AHSGDLGARG	ISVDNVRLDL	DKLMGQKENA	VK?
Tc-K-1	LLNNSHYH	AHSGDLGARG	ISVDNVRLDL	DKLMGQKENA	VK?
Tc-K-2	LLNNSHYH	AHSGDLGARG	ISVDNVRLDL	DKLMGQKENA	VK?
Tc-K-3	LLNNSHYH	AHSGDLGARG	ISVDNVRLDL	DKLMGQKENA	VK?
QTC-4	LLNNSHYH	AHSGDLGARG	ISVDNVRLDL	DKLMGQKENA	VK?
ITC-CBE	LLNNSHYH	AHSGDLGARG	ISVDNVRLDL	DKLMGQKENA	VK?
ITC-MDU	LLNNSHYH	AHSGDLGARG	ISVDNVRLDL	DKLMGQKENA	VK?

Tüm bu sonuçlar ışığında, fosfine yüksek seviyede direnç göstere *T. castaneum* popülasyonlarının, fosfine yüksek sayılarda direnç alleli yüzdesine sahip olduğu belirlenmiş ve nükleotid dizileme teknikleri yardımıyla bu durum kanıtlanmıştır.

4.2. *Tribolium castaneum*'un Biyolojik Dönemlerinde Fosfin Direncinin Belirlenmesi

Tribolium castaneum'un tüm biyolojik dönemlerinde (ergin, larva, yumurta ve pupa) fosfin direncinin belirlenmesi amacıyla 25 °C sıcaklıkta, farklı fosfin konsantrasyonları ve uygulama süreleri kullanılarak, lethal konsantrasyon ve lethal zaman testleri yürütülmüştür. Lethal konsantrasyon ve lethal zaman testlerinde Çizelge 4.24'de fosfine direnç durumları verilen, fosfine yüksek seviyede direnç gösteren bireylerden oluşan *T. castaneum* popülasyonu (Tc-S) ile fosfine hassas bireylerden oluşan (Tc-K) popülasyonlarının ergin, larva, yumurta ve pupa dönemleri kullanılmıştır. Yirmi saat süre ile 25 ± 1 °C sıcaklıkta yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda; Tc-S ve Tc-K kodlu *T. castaneum* popülasyonların LC₅₀ değerleri sırasıyla 1688.4 ve 4.3 µg/L olarak belirlenmiş olup, Tc-S kodlu popülasyonun Tc-K kodlu fosfine hassas popülasyona nazaran, fosfine 392 kat daha dirençli olduğu saptanmıştır (Çizelge 4. 24).

Çizelge 4.24. Fosfine hassas (Tc-K) ve yüksek seviyede dirençli (Tc-S) bireylerden oluşan *Tribolium castaneum* popülasyonlarının ergin dönemlerine ait LC₅₀ - LC₉₉ değerleri ve popülasyonların fosfine direnç katsayıları

<i>T. castaneum</i> popülasyonları	n ^a	Eğim±SH	Kesişim	t değeri	LC ₅₀ (µg/L) (Alt-üst güven aralığı) ^b	LC ₉₉ (µg/L) (Alt-üst güven aralığı)	χ^2 ^c (s.d) ^d H ^e	(R ^k) ^f
Tc-S	1400	4.183±0.254	-13.499	16.465	1688.4 (1572-1798)	6076 (5394-7045)	16.883 (28) 0.603	392
Tc-K	1400	3.644±0.26	-2.336	14.055	4.3 (3.83-4.86)	19.03 (16.28-23.39)	33.77 (28) 1.20	1

^a: Toplam test edilen birey sayısı, ^b: Alt-üst güven aralığı (%5 önem seviyesinde), ^c: Ki-kare (Chi-square) değeri, ^d: serbestlik derecesi, ^e: Heterojenite değeri, ^f: LC₅₀ değerlerine göre fosfine direnç katsayısı

4.2.1. *Tribolium castaneum*'un biyolojik dönemleri üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testlerinin sonuçları

4.2.1.1. Fosfine hassas *Tribolium castaneum* popülasyonun tüm biyolojik dönemlerinde yürütülen lethal konsantrasyon testlerinin sonuçları

Fosfine hassas bireylerden oluşan Tc-K kodlu popülasyonun tüm biyolojik dönemleri, 24 saat süre ile fosfin gazının farklı konsantrasyonlarına maruz bırakılarak biyolojik dönemlere ait LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri belirlenmiştir. Bu testlerde kullanılan fosfin konsantrasyonları ve testlerden elde edilen LC₅₀ - LC₉₉ değerleri Çizelge 4.25 ve Çizelge 26'da verilmiştir.

Çizelge 4.25. Fosfine hassas *Tribolium castaneum* (Tc-K) popülasyonunun tüm biyolojik dönemleri ile yürütülen lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları (µg/L)

Biyolojik dönemler	Lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları (µg/L)
Ergin	0, 1.3, 3.4, 6.8, 10.3, 13.7
Larva	0, 1.3, 3.4, 6.8, 13.7, 20.6
Yumurta	0, 6.8, 13.7, 27.5, 41.3, 55.1, 68.9
Pupa	0, 6.8, 13.7, 27.5, 55.1, 68.9

Çizelge 4.26. Fosfine hassas *Tribolium castaneum* (Tc-K) popülasyonunun tüm biyolojik dönemleri ile yürütülen 24 saatlik lethal konsantrasyon testleri sonucunda elde edilen LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri

Biyolojik dönemler	n^a	Eğim±SH	Kesişim	t değeri	LC₅₀ (µg/L) (Alt-üst güven aralığı)^b	LC₉₉ (µg/L) (Alt-üst güven aralığı)	χ^{2c} (s.d)^d H^e	(R^k)^f
Ergin	1200	3.781±0.193	-1.987	19.612	3.4 (3.2-3.6)	13.6 (12.1-15.9)	23.449 (23) 1.01	1
Larva	1200	2.820±0.145	-1.759	19.384	4.5 (3.8-4.6)	25.9 (21.6-32.8)	24.990 (23) 1.08	1
Yumurta	1400	3.573±0.169	-4.243	21.163	15.40 (14.4-16.5)	68.9 (60.8-79.9)	27.198 (28) 0.971	1
Pupa	1200	4.080±0.220	-4.822	18.530	15.14 (14.2-16.2)	56.2 (49.1-66.2)	20.810 (28) 0.905	1

^a: Toplam test edilen birey sayısı, ^b: Alt-üst güven aralığı (%5 önem seviyesinde), ^c: Ki-kare (Chi-square) değeri, ^d: serbestlik derecesi, ^e: Heterojenite değeri, ^f: LC₅₀ değerlerine göre fosfine direnç katsayısı

Fosfine hassas popülasyonun tüm biyolojik dönemlerinin, Çizelge 4.25'te verilen fosfin konsantrasyonlarına, 25 °C sıcaklıkta, 24 saat maruz bırakılmasıyla yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda, ergin, larva, yumurta ve pupa dönemlerinin LC₅₀ değerleri sırasıyla 3.4, 4.5, 17 ve 16 µg/L olarak belirlenirken, LC₉₉ değerleri ise yine sırasıyla 13.6, 25.9, 59 ve 46 µg/L olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.26). Lethal konsantrasyon testleri sonucunda hesaplanan LC₅₀ değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasındaki çakışmalar göz önüne alındığında; Tc-K popülasyonunun pupa ve yumurta dönemlerine ait LC₅₀ değerlerinin güven aralıkları arasında çakışma gözlemlendiği için bu iki biyolojik dönemden elde edilen LC₅₀ değerlerinin birbirlerine benzer olmakla birlikte, ergin ve larva dönemlerinin LC₅₀ değerlerinden daha yüksek seviyede olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, ergin ve larva dönemlerinin LC₅₀ değerlerinin güven aralıkları arasındaki ilişkide göz önüne alındığında, Tc-K kodlu popülasyonunda biyolojik dönemler arasında fosfine direnç sıralaması yumurta = pupa > larva > ergin olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde aynı popülasyonun tüm biyolojik dönemlerinin kullanıldığı lethal konsantrasyon testleri sonunda hesaplanan LC₉₉ değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasındaki ilişki göz önüne alındığında, LC₉₉ değerlerinin sıralaması yumurta > pupa > larva > ergin olarak gerçekleşmiştir.

4.2.1.2. Fosfine dirençli *Tribolium castaneum* popülasyonunun biyolojik dönemlerinde yürütülen lethal konsantrasyon testlerinin sonuçları

Fosfine yüksek seviyede dirençli bireylerden oluşan Tc-S kodlu popülasyonun ergin ve larva dönemlerin 24, 48 ve 72 saat; pupa ve yumurta dönemlerinde ise 48 ve 72 saat süreyle fosfin gazının farklı konsantrasyonlarına maruz bırakılarak biyolojik dönemlere ait LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri belirlenmiştir. Fosfine yüksek seviyede direnç gösteren Tc-S kodlu popülasyonun biyolojik dönemleri üzerinde 24, 48 ve 72 saat süreyle yürütülen lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları Çizelge 4.27'de, 24 saatlik sürede yürütülen lethal konsantrasyon testlerinden elde edilen LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri ise Çizelge 4.28'de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Fosfine dirençli *Tribolium castaneum* (Tc-S) popülasyonunun tüm biyolojik dönemleriyle yürütülen lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları (µg/L)

Biyolojik Dönemler	Uygulama süresi	Lethal konsantrasyon testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonları (µg/L)
Ergin	24 saat	0, 500, 1000, 2000, 3000, 3500, 4000
	48 saat	0, 125, 250, 500, 750, 1000, 1250
	72 saat	0, 62.5, 250, 500, 750, 1000
Larva	24 saat	0, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000
	48 saat	0, 125, 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000
	72 saat	0, 62.5, 0250, 500, 750, 1000
Yumurta	24 saat	-
	48 saat	0, 500, 1000, 2000, 3000, 4000
	72 saat	0, 250, 500, 1000, 2000, 3000
Pupa	24 saat	-
	48 saat	0, 250, 500, 1000, 1500, 2500, 4,500
	72 saat	0, 250, 500, 1000, 1500, 2000, 3000

Tc-S kodlu fosfine dirençli popülasyonun ergin ve larva dönemlerinin, Çizelge 4.27’de verilen fosfin konsantrasyonlarına, 25 °C sıcaklıkta, 24 saat maruz bırakılmasıyla yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda, ergin ve larva dönemlerinin LC₅₀ değerleri sırasıyla 1058 ve 1273 µg/L olarak belirlenirken, aynı dönemlerin LC₉₉ değerleri ise 3976 ve 4529 µg/L olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.28). Tc-S popülasyonunun ergin ve larva dönemlerine ait LC₅₀ değerlerinin, Tc-K popülasyonunun ergin ve larva dönemlerinin LC₅₀ değerleri kıyaslanması sonucunda ise Tc-S kodlu popülasyonun erginlerinin fosfine 312, larvalarının ise 283 kat daha dirençli olduğu hesaplanmıştır.

Tc-S popülasyonunun ergin ve larvaları ile 24 saat süre ile yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda hesaplanan LC₅₀ ve LC₉₉ değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasındaki ilişkiler göz önüne alındığında, ergin ve larva dönemlerinde hem LC₅₀ hem de LC₉₉ değerlerinin güven aralıkları arasında herhangi bir çakışma gözlemlenmediği için, larva döneminden elde edilen LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri, ergin döneminden elde edilen LC₅₀ ve LC₉₉ değerlerinden daha yüksek seviyede bulunmuş ve 24 saatlik uygulamalarda, larva döneminin, ergin dönemine nazaran fosfine daha tolerant olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.28. Fosfine dirençli *Tribolium castaneum* (Tc-S) popülasyonunun ergin ve larva dönemleri ile yürütülen 24 saatlik lethal konsantrasyon testleri sonucunda elde edilen LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayıları

Biyolojik dönemler	n ^a	Eğim±SH	Kesişim	t değeri	LC ₅₀ (µg/L) (Alt-üst güven aralığı) ^b	LC ₉₉ (µg/L) (Alt-üst güven aralığı) ^b	χ ^{2c} (s.d) ^d H ^e	(R ^k) ^f
Ergin	1600	4.046±0.19	-12.239	21.285	1058 (992-1175)	3976 (3559-4528)	27.100 (28) 0.968	312
Larva	1400	3.647±0.184	-11.322	19.828	1273 (1181-1363)	5529 (4888-6401)	15.752 (28) 0.563	283
Yumurta*	-	-	-	-	-	-	-	-
Pupa*	-	-	-	-	-	-	-	-

^a: Toplam test edilen birey sayısı, ^b: Alt-üst güven aralığı (%5 önem seviyesinde), ^c: Ki-kare (Chi-square) değeri, ^d: serbestlik derecesi, ^e: Heterojenite değeri, ^f: LC₅₀ değerlerine göre fosfine direnç katsayısı.*Yumurta ve pupa dönemlerinde lethal konsantrasyon testleri yürütülemediştir.

Tc-S kodlu fosfine dirençli popülasyonun tüm biyolojik dönemlerinin, Çizelge 4.27’de verilen fosfin konsantrasyonlarına, 25 °C sıcaklıkta, 48 saat maruz bırakılmasıyla yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda; ergin, larva, yumurta ve pupa dönemlerinin LC₅₀ değerleri sırasıyla 410, 313, 871 ve 1037 µg/L olarak hesaplanırken, aynı biyolojik dönemlerin LC₉₉ değerleri yine sırasıyla 1334, 2810, 4313 ve 5652 µg/L olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.29). Fosfine hassas popülasyon ile 48 saatlik uygulama süresinde lethal konsantrasyon testleri yürütülemediği için, biyolojik dönemlerin fosfine direnç katsayıları (R^k) hesaplanamamıştır.

Fosfine dayanıklı popülasyonunun biyolojik dönemlerinin kullanıldığı 48 saatlik testlerden elde edilen LC₅₀ değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasındaki ilişkiler göz önüne alındığında, en yüksek LC₅₀ değerine sahip olan pupa döneminin LC₅₀ değerlerinin alt ve üst güven aralıklarının, yumurta dönemine ait LC₅₀ değerinin güven aralıkları ile çakışmadığı görülmüştür. Benzer şekilde yumurta ve larva dönemlerinin LC₅₀ değerlerinin alt ve üst güven aralıklarının birbirleriyle çakışmadığı ancak larva ve ergin dönemlerinin LC₅₀ değerlerinin alt ve üst güven aralıklarının arasında çakışma olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumdan yola çıkarak 48 saatlik lethal konsantrasyon testlerinde, fosfine dayanıklı popülasyonun tüm biyolojik dönemleri arasındaki fosfine dayanıklılık sıralaması pupa > yumurta > larva = ergin olarak belirlenmiştir. Fosfine dayanıklı popülasyonun biyolojik dönemleriyle 48 saat süre ile yürütülen testlerden elde edilen LC₉₉ değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasındaki çakışmalar göz önüne alındığında ise yumurta ve pupa dönemlerinin LC₉₉ değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasında çakışma gözlemlenmiş ve bu nedenle bu iki biyolojik dönemin LC₉₉ değerlerinin birbirleriyle benzer olduğu saptanmışken, her iki biyolojik dönemin LC₉₉ değerlerinin, ergin ve larva dönemlerinin LC₉₉ değerlerinden daha yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir. Ergin ve larva dönemlerinin LC₉₉ değerleri arasındaki ilişki incelendiğinde ise larva döneminin LC₉₉ değeri ergin döneminin LC₉₉ değerinden daha yüksek seviyede olduğu saptanmış ve LC₉₉ değerleri arasındaki sıralama pupa = yumurta > larva > ergin olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.29. Fosfine dirençli *Tribolium castaneum* (Tc-S) popülasyonunun tüm biyolojik dönemleri ile yürütülen 48 saatlik lethal konsantrasyon testleri sonucunda elde edilen LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayıları

Biyolojik dönemler	n ^a	Eğim±SH	Kesişim	t değeri	LC ₅₀ (µg/L) (Alt-üst güven aralığı) ^b	LC ₉₉ (µg/L) (Alt-üst güven aralığı) ^b	χ ^{2c} (s.d) ^d H ^e	(R ^k) ^f *
Ergin	1600	4.451±0.347	-11.866	13.075	410 (248-380)	1334 (1184-1558)	26.739 (28) 0.955	-
Larva	1600	2.440±0.117	-6.089	20.826	313 (286-340)	2810 (2365-3449)	25.955 (33) 0.787	-
Yumurta	1200	3.350±0.198	-9.848	16.924	871 (797-945)	4313 (3704-5200)	22.527 (23) 0.979	-
Pupa	1400	3.160±0.139	-9.530	22.784	1037 (970-1107)	5652 (4918-6648)	28.845 (33) 0.874	-

^a: Toplam test edilen birey sayısı, ^b: Alt-üst güven aralığı (%5 önem seviyesinde), ^c: Ki-kare (Chi-square) değeri, ^d: serbestlik derecesi, ^e: Heterojenite değeri, ^f: fosfine direnç katsayısı. *48 saatlik uygulama süresi için fosfine hassas popülasyona ait LC₅₀ değerleri hesaplamadığı için biyolojik dönemlerin fosfine direnç katsayıları belirlenememiştir.

Tc-S kodlu fosfine dirençli popülasyonun tüm biyolojik dönemlerinin, Çizelge 4.27’de verilen fosfin konsantrasyonlarına, 25 °C sıcaklıkta, 72 saat maruz bırakılmasıyla yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda; ergin, larva, yumurta ve pupa dönemlerinin LC₅₀ değerleri sırasıyla 121, 144, 435 ve 759 µg/L olarak hesaplanırken, aynı biyolojik dönemlerin LC₉₉ değerleri yine sırasıyla 974, 1007, 2060 ve 3317 µg/L olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.30). Fosfine hassas popülasyon ile 72 saatlik uygulama süresinde lethal konsantrasyon testleri yürütülemediği için, biyolojik dönemlerin fosfine direnç katsayıları (R^k) hesaplanamamıştır.

Fosfine dayanıklı popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin kullanıldığı 72 saatlik testlerden elde edilen LC₅₀ değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasındaki ilişkiler önüne alındığında, en yüksek LC₅₀ değerinin belirlendiği pupa döneminin LC₅₀ değerinin güven aralıkları ile diğer biyolojik dönemlere ait LC₅₀ değerlerinin güven aralıklarının çakışmadığı ve bu nedenle pupa döneminin en yüksek seviyede dirençli dönem olduğu belirlenmiştir. Buna ek olarak; yumurta döneminin LC₅₀ değerinin güven aralıkları ile larva ve ergin dönemlerine ait LC₅₀ değerlerinin güven aralıkları arasında çakışma gözlemlenmezken, larva ve ergin dönemlerin LC₅₀ değerlerinin güven aralıkları arasında çakışma gözlemlenmiştir. Bu husustan yola çıkarak 72 saatlik uygulamalarda biyolojik dönemlerin fosfine dayanıklılık sıralaması pupa > yumurta > larva = ergin olarak belirlenmiştir. Lethal konsantrasyon testleri sonucunda hesaplanan LC₉₉ değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasındaki ilişkiler, LC₅₀ değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasındaki ilişkiyle benzer bulunmuş ve LC₅₀ değerlerinin arasındaki sıralama ile LC₉₉ değerleri arasındaki sıralamada farklılık gözlemlenmemiştir. Sonuç olarak; Tc-S kodlu popülasyonun tüm biyolojik dönemlerinden 48 saatlik uygulama sürelerinde elde edilen LC₅₀ değerleri yola çıkılarak; fosfine en tolerant biyolojik dönem olarak belirlenen pupa döneminde; popülasyonun % 50’sini öldürebilmek için, ergin döneme nazaran 2.5 kat daha fazla fosfin gazına gereksinim duyulacağı ortaya konulmuştur.

Çizelge 4.30. Fosfine dirençli *Tribolium castaneum* (Tc-S) popülasyonunun tüm biyolojik dönemleri ile yürütülen 72 saatlik lethal konsantrasyon testleri sonucunda elde edilen LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayıları

Biyolojik dönemler	n ^a	Eğim±SH	Kesişim	t değeri	LC ₅₀ (µg/L) (Alt-üst Güven aralığı) ^b	LC ₉₉ (µg/L) (Alt-üst Güven aralığı)	χ^2 ^c (s.d) ^d H ^e	(R ^k) ^f *
Ergin	1400	2.572±0.138	-5.360	18.688	121 (110-133)	974 (810-1217)	14.425 (28) 0.515	-
Larva	1400	2.752±0.138	-5.938	19.889	144 (132-156)	1007 (849-1235)	22.164 (28) 0.792	-
Yumurta	1200	3.446±0.208	-9.095	16.585	435 (402-469)	2060 (1749-2524)	14.500 (23) 0.630	-
Pupa	1400	3.631±0.222	-10.458	16.334	759 (696-819)	3317 (2899-3920)	27.741 (28) 0.991	-

^a: Toplam test edilen birey sayısı, ^b: Alt-üst güven aralığı (%5 önem seviyesinde), ^c: Ki-kare (Chi-square) değeri, ^d: serbestlik derecesi, ^e: Heterojenite değeri, ^f: fosfine direnç katsayısı. *72 saatlik uygulama süresi için fosfine hassas popülasyona ait LC₅₀ değerleri hesaplamadığı için biyolojik dönemlerin fosfine direnç katsayıları belirlenememiştir.

Fosfine dayanıklı *T. castaneum* popülasyonun ergin, larva, yumurta ve pupa dönemleri kullanılarak, 25 °C sıcaklıkta 24, 48 ve 72 saat uygulama sürelerinde yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonuçları Çizelge 4.28, 4.29 ve 4.30'da verilmiştir. Biyolojik dönemlerin hem LC₅₀ hem de LC₉₉ değerleri göz önüne alındığında; pupa ve yumurta dönemlerinin, ergin ve larva dönemlerine fosfine daha tolerant olduğu belirlenmiştir.

Fosfine dirençli bireylerden oluşan popülasyonun kullanıldığı lethal konsantrasyon testlerinde; uygulama süresinin, biyolojik dönemlerin LC₅₀ değerleri üzerindeki etkisi incelendiğinde; uygulama süresinin artışıyla birlikte, tüm biyolojik dönemlerin fosfine maruz bırakılma süresinin artışına olumlu cevap verdiği ve testlerden elde edilen LC₅₀ değerlerinde önemli seviyede düşüş gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, uygulama süresinin, biyolojik dönemlerin LC₉₉ değerleri üzerindeki etkisi incelendiğinde; larva, pupa ve yumurta döneminde süre atışıyla birlikte LC₉₉ değerlerinde azalma gerçekleşirken, bu durum ergin döneminde süreklilik göstermemektedir. Deneysel olarak ta; uygulama süresinin artışıyla birlikte, tüm biyolojik dönemlerde mutlak ölümün gerçekleştiği fosfin konsantrasyonlarının azaldığı görülmüştür.

4.2.2. *Tribolium castaneum*'un biyolojik dönemleri üzerinde yürütülen lethal zaman testlerinin sonuçları

4.2.2.1. Fosfine hassas *Tribolium castaneum* popülasyonun tüm biyolojik dönemlerinde yürütülen lethal zaman testlerinin sonuçları

Fosfine hassas bireylerden oluşan Tc-K kodlu *T. castaneum* popülasyonun tüm biyolojik dönemleri 0.5, 1 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarına, farklı uygulama sürelerinde maruz bırakılarak, biyolojik dönemlerin LT₅₀ ve LT₉₉ değerleri hesaplanmıştır. Bu testlerde tüm biyolojik dönemlerin fosfine maruz bırakılma süreleri ve 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonunun kullanıldığı testlerden elde edilen LT₅₀ ve LT₉₉ değerleri sırasıyla Çizelge 4.31 ve Çizelge 4.32'de verilmiştir.

Çizelge 4.31. Fosfine hassas *Tribolium castaneum* (Tc-K) popülasyonunun tüm biyolojik dönemleri ile yürütülen lethal zaman testlerinde kullanılan uygulama süreleri (saat)

Biyolojik dönem	Fosfin konsantrasyonu (mg/L)	Fosfine maruz kalma süresi (saat)
Ergin	0.5	0.5, 1, 2, 3, 6
	1	0.5, 1.5, 2, 3, 6
	2	0.25, 0.50, 1.5, 2, 3
Larva	0.5	0.5, 1, 1.5, 2, 3, 6
	1	0.5, 1, 1.5, 2, 3, 6
	2	0.25, 0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4
Yumurta	0.5	0.5, 1, 2, 3, 4, 6, 8
	1	0.5, 1, 1.5, 2, 3, 6, 8
	2	0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4, 6
Pupa	0.5	0.5, 1, 1.5, 2, 3, 6, 8
	1	0.5, 1, 1.5, 2, 3, 6, 8
	2	0.5, 1, 2, 3, 4, 6

Fosfine hassas *T. castaneum* popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin 25 °C sıcaklıkta, 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonuna, Çizelge 4.31’de verilen uygulama sürelerinde maruz bırakılarak yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda; ergin, larva, yumurta ve pupa dönemlerinin LT₅₀ değerleri sırasıyla 0.812, 1.103, 2.518 ve 3.195 saat olarak hesaplanırken, aynı biyolojik dönemlerin LT₉₉ değerleri ise 3.714, 4.276, 6.161 ve 8.200 saat olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.32).

Fosfine hassas popülasyonunun biyolojik dönemlerine 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonu uygulanmasıyla elde edilen LT₅₀ değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasındaki çakışmalar göz önüne alındığında; biyolojik dönemlerin LT₅₀ değerlerinin alt ve üst güven aralıklarının birbirleriyle çakışmadığı gözlemlenmiş ve bu sonuçtan yola çıkarak biyolojik dönemlerin fosfine dayanıklılık sıralaması pupa > yumurta > larva > ergin olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde, hesaplanan LT₉₉ değerlerinin güven aralıkları arasında ilişki incelendiğinde pupa ve yumurta dönemlerinin LT₉₉ değerlerinin güven aralıklarının diğer dönemlerle çakışmadığı ancak larva ve ergin dönemlerinin LT₉₉ değerlerinin güven aralıkları arasında çakışma olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumda LT₉₉ değerleri arasındaki ilişki pupa > yumurta > larva = ergin olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.32. Fosfine hassas *Tribolium castaneum* (Tc-K) popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin 0.5 mg/L fosfin gazı konsantrasyonuna farklı uygulama sürelerinde maruz bırakılmasıyla elde edilen LT₅₀ ve LT₉₉ değerleri

Biyolojik Dönemler	n^a	Eğim±SH	Kesişim	t değeri	LT₅₀ (saat) (Alt-üst güven aralığı)^b	LT₉₉ (saat) (Alt-üst güven aralığı)^b	χ^{2c} (s.d)^d H^e	(R^k)^f
Ergin	1200	0.802±0.063	-0.651	12.670	0.812 (0.653-0.948)	3.714 (3.369-4.179)	20.492 (23) 0.891	1
Larva	1200	0.733±0.055	-0.809	13.247	1.103 (0.968-1.223)	4.276 (3.896-4.784)	8.788 (28) 0.314	1
Yumurta	1600	0.639±0.028	-1.608	22.473	2.518 (2.388-2.648)	6.161 (5.846-6.532)	33.034 (38) 0.869	1
Pupa	1400	0.465±0.023	-1.485	20.509	3.195 (3.013-3.391)	8.200 (7.672-8.834)	24.907 (33) 0.755	1

^a: Toplam test edilen birey sayısı, ^b: Alt-üst güven aralığı (%5 önem seviyesinde), ^c: Ki-kare (Chi-square) değeri, ^d: serbestlik derecesi, ^e: Heterojenite değeri, ^f: LC₅₀ değerlerine göre fosfine direnç katsayısı

Fosfine hassas *T. castaneum* popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin 25 °C sıcaklıkta, 1 mg/L fosfin konsantrasyonuna, Çizelge 4.31’de verilen uygulama sürelerinde maruz bırakılarak yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda; ergin, larva, yumurta ve pupa dönemlerinin LT₅₀ değerleri sırasıyla 0.809, 1.008, 1.878 ve 2.707 saat olarak hesaplanırken, aynı biyolojik dönemlerin LT₉₉ değerleri yine sırasıyla 3.510, 3.419, 5.968 ve 6.636 saat olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.33). Lethal zaman testleri sonucunda hesaplanan LT₅₀ değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasındaki çakışmalar göz önüne alındığında; en yüksek LT₅₀ değerinin belirlendiği pupa döneminin LT₅₀ değerinin güven aralıkları ile diğer biyolojik dönemlerin LT₅₀ değerlerinin güven aralıkları ile çakışmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle, pupa dönemi en yüksek seviyede dayanıklı biyolojik dönem olmuştur. Buna ek olarak, yumurta döneminin LT₅₀ değerinin güven aralıklarıyla, larva ve ergin dönemlerinin LT₅₀ değerlerinin güven aralıkları arasında çakışma gözlemlenmezken, ergin ve larva dönemlerinin LT₅₀ değerlerinin güven aralıkları arasında çakışma saptanmıştır. Tc-K kodlu *T. castaneum* popülasyonunun biyolojik dönemlerinin LT₅₀ değerleri arasındaki tüm bu ilişkiler göz önüne alındığında, 1 mg/L fosfin gazı konsantrasyonlarının kullanıldığı testlerde, biyolojik dönemlerin arasındaki fosfine dayanıklılık sıralaması pupa > yumurta > larva = ergin olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde Tc-K kodlu popülasyonun tüm biyolojik dönemlerinin LT₉₉ değerleri incelendiğinde; yumurta ile pupa, ergin ve larva dönemlerinin LT₉₉ değerlerinin arasında benzerlikler saptanmış ve LT₉₉ değerleri pupa = yumurta > larva = ergin olarak sıralanmıştır.

Tc-K kodlu *T. castaneum* popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerine 25 °C sıcaklıkta 1 mg/L fosfin uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar ışığında, fosfine en tolerant dönemin pupa dönemi olduğu ve pupa döneminde popülasyonun % 50’sinin öldürebilmesi için pupaların, larva ve ergin dönemlerine nazaran fosfine, sırasıyla 2.6 ve 3.3 kat fazla süre maruz kalması gerektiği belirlenirken, deneysel olarak; ergin ve larva dönemlerinin tamamen öldürülebilmesi için 6 saat, pupa ve yumurta dönemlerinin ise 8 saat 1 mg/L fosfin konsantrasyonuna maruz bırakılması gerekmiştir.

Çizelge 4.33. Fosfine hassas *Tribolium castaneum* (Tc-K) popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin 1 mg/L fosfin gazı konsantrasyonuna farklı uygulama sürelerinde maruz bırakılmasıyla elde edilen LT₅₀ ve LT₉₉ değerleri

Biyolojik Dönemler	n^a	Eğim±SH	Kesişim	t Değeri	LT₅₀ (saat) (Alt-üst güven aralığı)^b	LT₉₉ (saat) (Alt-üst güven aralığı)^b	χ^{2c} (s.d)^d H^e	(R^k)^f
Ergin	1200	0.861±0.068	-0.696	12.717	0.809 (0.639-0.949)	3.510 (3.208-3.915)	12.297 (23) 0.535	1
Larva	1200	0.969±0.067	-0.973	14.419	1.008 (0.900-1.105)	3.419 (3.152-3.765)	18.235 (28) 0.654	1
Yumurta	1400	0.569±0.037	-1.069	15.183	1.878 (1.737-2.024)	5.968 (5.468-6.611)	26.704 (33) 0.809	1
Pupa	1400	0.592±0.031	-1.603	15.830	2.707 (2.563-2.855)	6.636 (6.228-7.130)	17.435 (33) 0.623	1

^a: Toplam test edilen birey sayısı, ^b: Alt-üst güven aralığı (%5 önem seviyesinde), ^c: Ki-kare (Chi-square) değeri, ^d: serbestlik derecesi, ^e: Heterojenite değeri, ^f: LC₅₀ değerlerine göre fosfine direnç katsayısı

Fosfine hassas *T. castaneum* popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin 25 °C sıcaklıkta, 2 mg/L fosfin konsantrasyonuna, Çizelge 4.31’de verilen uygulama sürelerinde maruz bırakılarak yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda; ergin, larva, yumurta ve pupa dönemlerinin LT₅₀ değerleri sırasıyla 0.722, 0.643, 1.539 ve 2.180 saat olarak hesaplanırken, aynı biyolojik dönemlerin LT₉₉ değerleri yine sırasıyla 2.794, 2.971 4.744 ve 5.305 saat olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.34).

Fosfine hassas popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin 25 °C sıcaklıkta 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarına farklı sürelerde maruz bırakılmasıyla hesaplanan LT₅₀ değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasındaki çakışma durumları göz önüne alındığında pupa, yumurta ve larva dönemlerinin LT₅₀ değerlerinin güven aralıkları arasında herhangi bir çakışma gözlemlenmezken, ergin döneminin LT₅₀ değerinin güven aralıkları ile larva dönemine ait LT₅₀ değerinin güven aralıkları arasında çakışma olduğu belirlenmiştir. Bu husustan yola çıkarak; 2 mg/L fosfin konsantrasyonunun kullanıldığı testler sonucunda elde edilen LT₅₀ değerleri kullanılarak, biyolojik dönemlerin fosfine dayanıklılık sıralaması pupa > yumurta > larva = ergin olarak belirlenmiştir. Aynı testlerden hesaplanan LT₉₉ değerlerinin güven aralıkları arasındaki ilişki incelendiğinde ise; pupa ile yumurta, larva ile de ergin dönemlerinin LT₉₉ değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasında çakışmalar gözlemlenmiş ve LT₉₉ değerleri arasındaki ilişki pupa = yumurta > larva = ergin olarak belirlenmiştir.

Tc-K kodlu *T. castaneum* popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerine 25 °C sıcaklıkta 2 mg/L fosfin uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar ışığında, fosfine en tolerant dönemin pupa dönemi olduğu ve pupa döneminde popülasyonun % 50’sinin öldürebilmesi için pupaların, ergin ve larva dönemlerine nazaran fosfine, sırasıyla 3 ve 3.3 kat fazla süre maruz kalması gerektiği belirlenirken, deneysel olarak; ergin, larva, yumurta ve pupa dönemlerinin tamamının öldürülebilmesi sırasıyla 3, 4, 6 ve 6 saat süre boyunca 2 mg/L fosfin konsantrasyonuna maruz bırakılması gerekmiştir.

Çizelge 4.34. Fosfine hassas *Tribolium castaneum* (Tc-K) popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin 2 mg/L fosfin gazı konsantrasyonuna farklı uygulama sürelerinde maruz bırakılmasıyla elde edilen LT₅₀ ve LT₉₉ değerleri

Biyolojik Dönemler	n^a	Eğim±SH	Kesişim	t değeri	LT₅₀ (saat) (Alt-üst güven aralığı)^b	LT₉₉ (saat) (Alt-üst güven aralığı)^b	χ^2^c (s.d)^d H^e	(R^k)^f
Ergin	1200	1.123±0.069	-0.811	16.194	0.722 (0.627-0.811)	2.794 (2.578-3.065)	22.093 (23) 0.961	1
Larva	1400	0.999±0.064	-0.642	15.698	0.643 (0.543-0.732)	2.971 (2.736-3.269)	26.106 (33) 0.791	1
Yumurta	1400	0.719±0.041	-1.106	17.394	1.539 (1.422-1.650)	4.744 (4.47-5.181)	19.931 (33) 0.604	1
Pupa	1400	0.744±0.047	-1.622	19.312	2.180 (2.059-2.313)	5.305 (4.901-5.819)	31.156 (33) 0.944	1

:Toplam test edilen birey sayısı, ^b: Alt-üst güven aralığı (%5 önem seviyesinde), ^c: Ki-kare (Chi-square) değeri, ^e: Heterojenite değeri, ^f: LC₅₀ değerlerine göre fosfine direnç katsayısı

Fosfine hassas *T. castaneum* popülasyonunun ergin, larva, yumurta ve pupa dönemlerinin 0.5, 1 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarına, 25 °C sıcaklıkta farklı uygulama sürelerinde maruz bırakılmasıyla hesaplanan LT₅₀ ve LT₉₉ değerleri Çizelge 4.32, 4.33 ve 4.34'te verilmiştir. Tüm lethal zaman testlerinden elde edilen LT₅₀ değerleri incelendiğinde pupa döneminin LT₅₀ değerleri, ergin, larva ve yumurta dönemlerinin LT₅₀ değerlerinden daha yüksek seviyede bulunmuştur. Yumurta dönemi ise fosfine tolerans sıralamasında 2. sırada yer almakta ve larva ve ergin dönemlerinden daha dayanıklı olduğu görülmüştür. Ergin ve larva dönemlerinin LT₅₀ değerleri incelendiğinde ise genellikle benzer seviyede olduğu aralarında farklılık olmadığı saptanmıştır. Lethal zaman testleri sonucunda hesaplanan LT₉₉ değerleri arasındaki ilişki incelendiğinde ise pupa ile yumurta, ergin ile de larva dönemlerinin LT₉₉ değerlerinin birbirleriyle benzerlik taşıdığı görülmüştür.

Tribolium castaneum'un fosfine hassas popülasyonunun tüm biyolojik dönemleriyle 25 °C sıcaklıkta farklı fosfin konsantrasyonlarında yürütülen testlerde, fosfin konsantrasyonlarının lethal zaman değerleri üzerindeki etkileri incelendiğinde; ergin dönemiyle yürütülen testlerde fosfin konsantrasyonunun artışıyla birlikte, elde edilen LT₅₀ değerlerinde önemli bir düşüş gerçekleşmezken, larva döneminde fosfin konsantrasyonunun 1 mg/L'den 2 mg/L'ye yükseltilmesiyle elde edilen LT₅₀ değerlerinde önemli azalma gerçekleştiği görülmüştür. Pupa ve yumurta dönemleri ile yürütülen testlerde ise fosfin konsantrasyonunun artışıyla birlikte LT₅₀ değerlerinde ciddi bir düşüş gözlemlenmiştir. Aynı testlerden elde edilen LT₉₉ değerlerinde ise uygulama konsantrasyonu 0.5 mg/'den 1 mg/L'ye yükseltildiğinde larva ve pupa dönemlerine ait LT₉₉ değerlerinde önemli bir düşüş gerçekleştiği gözlemlenirken, konsantrasyonun 1 mg/L'den 2 mg/L'ye yükseltilmesiyle larva dönemi hariç diğer tüm biyolojik dönemlerde LT₉₉ değerlerinde önemli seviyede azalma gerçekleştiği ortaya konulmuştur.

4.2.2.2. Fosfine dirençli *Tribolium castaneum* popülasyonun tüm biyolojik dönemlerinde yürütülen lethal zaman testlerinin sonuçları

Fosfine yüksek seviyede dirençli bireylerden oluşan Tc-S kodlu *T. castaneum* tüm biyolojik dönemleri 0.5, 1 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarına, farklı uygulama sürelerinde maruz bırakılarak, biyolojik dönemlerin LT₅₀ ve LT₉₉ değerleri hesaplanmıştır. Bu testlerde tüm biyolojik dönemlerin fosfine maruz bırakılma süreleri ve 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonunun kullanıldığı testlerden elde edilen LT₅₀ ve LT₉₉ değerleri sırasıyla Çizelge 4.35 ve Çizelge 4.36'da verilmiştir.

Çizelge 4.35. Fosfine dirençli *Tribolium castaneum* (Tc-S) popülasyonunun tüm biyolojik dönemleri ile yürütülen lethal zaman testlerinde kullanılan uygulama süreleri (saat)

Biyolojik dönem	Fosfin konsantrasyonu (mg/L)	Fosfine maruz kalma süresi (saat)
Ergin	0.5	12, 24, 36, 48, 60, 72, 84
	1	12, 24, 30, 36, 48, 60
	2	6, 12, 18, 24, 30, 36
Larva	0.5	24, 36, 48, 60, 72, 96
	1	12, 24, 36, 48, 60, 72
	2	6, 12, 18, 24, 36, 48
Yumurta	0.5	24, 48, 72, 96, 120
	1	24, 48, 72, 96
	2	12, 24, 48, 72, 84
Pupa	0.5	24, 48, 72, 96, 120
	1	24, 36, 48, 60, 96, 120
	2	24, 36, 48, 60, 72, 96

Tribolium castaneum'un fosfine dayanıklı popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin 25 °C sıcaklıkta, 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonuna, Çizelge 4.35'de verilen uygulama sürelerinde maruz bırakılarak yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda; ergin, larva, yumurta ve pupa dönemlerinin LT₅₀ değerleri sırasıyla 38.119, 43.163, 67.05 ve 93.342 saat olarak hesaplanmıştır. Aynı testlerde ergin, larva ve yumurta dönemlerinin LT₉₉ değerleri ise 81.608, 80.574 ve 129.838 saat olarak belirlenirken, pupa döneminin LT₉₉ değeri, pupaların tamamının öldürülememesi nedeniyle hesaplanamamıştır (Çizelge 4.36).

Tc-S popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonuna farklı uygulama sürelerinde maruz bırakılmasıyla elde edilen LT₅₀ değerlerinin, Tc-K popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinden, aynı koşullarda gerçekleştirilen testler sonucunda elde edilen LT₅₀ değerleri ile kıyaslanmasıyla; ergin, larva, yumurta ve pupa dönemlerinin fosfine direnç katsayıları sırasıyla 47, 40, 27 ve 30 olarak hesaplanmıştır. Tc-S popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin 25 °C sıcaklıkta 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonlarına farklı sürelerde maruz bırakılmasıyla hesaplanan LT₅₀ değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasındaki çakışma durumları göz önüne alındığında; hiçbir biyolojik döneme ait LT₅₀ değerinin güven aralıklarının bir diğeriyle çakışmadığı

görülmüştür. Bu sonuçtan yola çıkarak 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonunda, fosfine dayanıklı popülasyonun biyolojik dönemleri arasındaki fosfine tolerans sıralaması pupa > yumurta > larva > ergin olarak belirlenmiştir. Aynı testlerden elde edilen LT₉₉ değerlerinin güven aralıkları arasındaki çakışmalar incelendiğinde ise ergin ve larva dönemlerinin LT₉₉ değerleri birbirleriyle benzer bulunurken, yumurta döneminin LT₉₉ değerinden daha düşük seviyede bulunmuştur. Bu durum göz önüne alındığında LT₉₉ değerleri arasındaki sıralama yumurta > larva = ergin olarak gerçekleşmiştir.

Tc-S kodlu *T. castaneum* popülasyonun tüm biyolojik dönemlerine 25 °C sıcaklıkta 0.5 mg/L fosfin uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar ışığında, fosfine en tolerant dönemin pupa dönemi olduğu ve pupa döneminde popülasyonun % 50'sinin öldürebilmesi için pupaların, ergin ve larva dönemlerine nazaran fosfine, en az 2 kat daha uzun süre maruz kalması gerektiği belirlenirken, deneysel olarak; ergin, larva ve yumurta dönemlerinin tamamının öldürülebilmesi sırasıyla 84, 96, 120 saat fosfin gazına maruz bırakılmasıyla gerçekleşmiştir. Pupa dönemlerinin kullanıldığı testlerde ise 120 saatlik uygulamalarda pupalar deneme tüpleri içerisinde açılmaya başlamış ve % 100 ölüm elde edilememiştir.

Çizelge 4.36. Fosfine dirençli *Tribolium castaneum* (Tc-S) popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin 0.5 mg/L fosfin gazı konsantrasyonuna farklı uygulama sürelerinde maruz bırakılmasıyla elde edilen LT₅₀ ve LT₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayıları

Biyolojik Dönemler	n^a	Eğim±SH	Kesişim	t değeri	LT₅₀ (saat) (Alt-üst güven aralığı)^b	LT₉₉ (saat) (Alt-üst güven aralığı)^b	χ^{2c} (s.d)^d H^e	(R^k)^f
Ergin	1400	0.053±0.002	-2.039	22.182	38.119 (36.482-39.717)	81.608 (77.945-85.917)	19.029 (33) 0.577	47
Larva	1200	0.062±0.003	-2.684	18.875	43.163 (41.611-44.669)	80.574 (76.943-84.982)	21.121 (28) 0.755	40
Yumurta	1200	0.037±0.002	-2.464	19.268	67.253 (64.544-69.951)	130.740 (124.382-138.416)	19.289 (23) 0.839	27
Pupa	1200	0.024±0.001	-2.202	15.785	93.342 (89.389-97.702)	-	15.979 (28) 0.695	30

^a: Toplam test edilen birey sayısı, ^b: Alt-üst güven aralığı (%5 önem seviyesinde), ^c: Ki-kare (Chi-square) değeri, ^d: serbestlik derecesi, ^e: Heterojenite değeri, ^f: LC₅₀ değerlerine göre fosfine direnç katsayısı

Tribolium castaneum'un fosfine dayanıklı popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin 25 °C sıcaklıkta, 1 mg/L fosfin konsantrasyonuna, Çizelge 4.35'de verilen uygulama sürelerinde maruz bırakılarak yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda; ergin, larva, yumurta ve pupa dönemlerinin LT₅₀ değerleri sırasıyla 24.703, 28.903, 44.050 ve 46.369 saat, LT₉₉ değerleri ise 49.149, 59.234, 81.135 ve 101.405 saat olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.37).

Tc-S popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonuna farklı uygulama sürelerinde maruz bırakılmasıyla elde edilen LT₅₀ değerlerinin, Tc-K popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinden, aynı koşullarda gerçekleştirilen testler sonucunda elde edilen LT₅₀ değerleri ile kıyaslanmasıyla; ergin, larva, yumurta ve pupa dönemlerinin fosfine direnç katsayıları sırasıyla 31, 29, 25 ve 18 olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte; lethal zaman testlerinden elde edilen LT₅₀ değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasındaki çakışmalar göz önüne alındığında yumurta ve pupa dönemlerinin LT₅₀ değerlerinin güven aralıkları arasında çakışma gözlemlenmiş ve bu nedenle LT₅₀ değerleri birbirleriyle benzer seviyede bulunmuştur. Ergin ve larva dönemlerinin LT₅₀ değerlerinin güven aralıkları arasında ise çakışma gözlemlenmediği için larva döneminin LT₅₀ değeri ergin döneminin LT₅₀ değerinden daha yüksek seviyede bulunmuştur. Tüm bu LT₅₀ değerlerinin güven aralıkları arasındaki çakışmalar göz önüne alındığında; 1 mg/L fosfin konsantrasyonunda Tc-S popülasyonunun biyolojik dönemleri arasındaki fosfine tolerans sıralaması pupa = yumurta > larva > ergin olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde biyolojik dönemlerinin LT₉₉ değerleri arasındaki ilişki incelendiğinde; LT₉₉ değerlerinin güven aralıkları arasında hiçbir çakışma gözlemlenmemiş ve sıralama pupa > yumurta > larva > ergin olarak belirlenmiştir.

Tc-S kodlu *T. castaneum* popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerine 25 °C sıcaklıkta 1 mg/L fosfin uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar ışığında, fosfine en tolerant dönemin pupa ve yumurta dönemleri olduğu ve bu biyolojik dönemlerde popülasyonun % 50'sinin öldürebilmesi için pupa ve yumurtaların, ergin ve larva dönemlerine nazaran fosfine, en az 1.5 kat daha uzun süre maruz kalması gerektiği belirlenirken, deneysel olarak; testlerde kullanılan bireylerin tamamının öldürülebilmesi, ergin, larva, yumurta ve pupa dönemlerinin sırasıyla 60, 72, 96 ve 120 saat fosfin gazına maruz bırakılmasıyla gerçekleştirilebilmiştir.

Çizelge 4.37. Fosfine dirençli *Tribolium castaneum* (Tc-S) popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin 1 mg/L fosfin gazı konsantrasyonuna farklı uygulama sürelerinde maruz bırakılmasıyla elde edilen LT₅₀ ve LT₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayıları

Biyolojik Dönemler	n^a	Eğim±SH	Kesişim	t değeri	LT₅₀ (saat) (Alt-üst güven aralığı)^b	LT₉₉ (saat) (Alt-üst güven aralığı)^b	χ^{2c} (s.d)^d H^e	(R^k)^f
Ergin	1200	0.095±0.005	-2.351	17.566	24.703 (23.627-25.721)	49.149 (46.733-52.123)	12.524 (28) 0.447	31
Larva	1200	0.077±0.004	-2.217	19.083	28.903 (27.544-30.228)	59.234 (56.28-62.799)	7.792 (28) 0.278	29
Yumurta	1000	0.063±0.004	-2.763	15.655	44.050 (41.944-46.097)	81.135 (76.614-86.828)	15.631 (18) 0.868	25
Pupa	1200	0.042±0.003	-1.960	16.281	46.369 (44.227-48.522)	101.405 (95.116-109.325)	21.966 (28) 0.785	18

^a: Toplam test edilen birey sayısı, ^b: Alt-üst güven aralığı (%5 önem seviyesinde), ^c: Ki-kare (Chi-square) değeri, ^d: serbestlik derecesi, ^e: Heterojenite değeri, ^f: LC₅₀ değerlerine göre fosfine direnç katsayısı

Tribolium castaneum'un fosfine dayanıklı popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin 25 °C sıcaklıkta, 2 mg/L fosfin konsantrasyonuna, Çizelge 4.35'de verilen uygulama sürelerinde maruz bırakılarak yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda; ergin, larva, yumurta ve pupa dönemlerinin LT₅₀ değerleri sırasıyla 16.010, 15.366, 36.638 ve 40.453 saat, LT₉₉ değerleri ise 30.409, 36.371, 81.372 ve 80.826 saat olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.38).

Tc-S popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin 0.5 mg/L fosfin konsantrasyonuna farklı uygulama sürelerinde maruz bırakılmasıyla elde edilen LT₅₀ değerlerinin, Tc-K popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinden, aynı koşullarda gerçekleştirilen testler sonucunda elde edilen LT₅₀ değerleri ile kıyaslanmasıyla; ergin, larva, yumurta ve pupa dönemlerinin fosfine direnç katsayıları sırasıyla 23, 24, 24 ve 19 olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte; lethal zamanlar testlerinden elde edilen LT₅₀ değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasındaki çakışmalar göz önüne alındığında, en yüksek LT₅₀ değerine sahip olan pupa döneminin LT₅₀ değerinin alt ve üst güven aralıkları, hiçbir biyolojik dönemin LT₅₀ değerinin güven aralıkları ile çakışmadığı gözlemlenmiş ve bu nedenle pupa döneminin, 2 mg/L fosfin konsantrasyonunun kullanıldığı testlerde fosfine en tolerant biyolojik dönem olduğu belirlenmiştir. Buna ek olarak; yumurta ve larva dönemlerinin LT₅₀ değerlerinin güven aralıklarının birbirleriyle çakışmadığı ancak larva ve ergin dönemlerinin LT₅₀ değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasında çakışma olduğu gözlemlenmiştir. Lethal zaman testlerinden elde edilen LT₅₀ değerleri arasındaki ilişkiler göz önüne alındığında; 2 mg/L fosfin konsantrasyonunun kullanıldığı testlerde, fosfine dayanıklılık sıralaması pupa > yumurta > larva = ergin olarak belirlenmiştir. Aynı testlerden elde edilen LT₉₉ değerlerinin alt ve üst güven aralıkları arasındaki ilişki de benzer şekilde incelendiğinde; pupa ve yumurta dönemlerinin LT₉₉ değerleri birbirleriyle benzer seviyedeyken, larva ve ergin dönemlerinin LT₉₉ değerleri arasında farklılık olduğu gözlemlenmiş ve LT₉₉ değerlerinin sıralaması pupa = yumurta > larva > ergin olarak belirlenmiştir. Tc-S kodlu *T. castaneum* popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerine 25 °C sıcaklıkta 2 mg/L fosfin uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar ışığında, fosfine en tolerant dönemin pupa dönemi olduğu ve pupa döneminde popülasyonun % 50'sinin öldürebilmesi için pupaların, ergin ve larva dönemlerine nazaran fosfine, en az 1.5 kat daha uzun süre maruz kalması gerektiği belirlenirken, deneysel olarak; ergin, larva, yumurta ve pupa dönemlerinin tamamının öldürülebilmesi sırasıyla 36, 48, 84 ve 96 saat fosfin gazına maruz bırakılmasıyla gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.38. Fosfine dirençli *Tribolium castaneum* (Tc-S) popülasyonun tüm biyolojik dönemlerinin 2 mg/L fosfin gazı konsantrasyonuna farklı uygulama sürelerinde maruz bırakılmasıyla elde edilen LT₅₀ ve LT₉₉ değerleri ve fosfine direnç katsayıları

Biyolojik Dönemler	n^a	Eğim±SH	Kesişim	t değeri	LT₅₀ (saat) (Alt-üst güven aralığı)^b	LT₉₉ (saat) (Alt-üst güven aralığı)^b	χ^{2c} (s.d)^d H^e	(R^k)^f
Ergin	1200	0.162±0.008	-2.587	19.594	16.010 (15.365-16.645)	30.409 (29.004-32.096)	17.506 (28) 0.627	23
Larva	1200	0.111±0.007	-1.702	17.005	15.366 (14.501-16.214)	36.371 (34.117-39.174)	8.506 (28) 0.304	24
Yumurta	1200	0.052±0.003	-1.905	19.128	36.638 (34.557-38.712)	81.372 (76.717-86.989)	16.457 (23) 0.716	24
Pupa	1200	0.058±0.003	-2.311	18.025	40.453 (38.751-42.069)	80.826 (76.908-85.625)	17.478 (28) 0.624	19

^a: Toplam test edilen birey sayısı, ^b: Alt-üst güven aralığı (%5 önem seviyesinde), ^c: Ki-kare (Chi-square) değeri, ^d: serbestlik derecesi, ^e: Heterojenite değeri, ^f: LC₅₀ değerlerine göre fosfine direnç katsayısı

Fosfine dayanıklı *T. castaneum* popülasyonunun ergin, larva, yumurta ve pupa dönemlerinin 0.5, 1 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarına 25 °C sıcaklıkta farklı sürelerde maruz bırakılmasıyla hesaplanan LT₅₀ ve LT₉₉ değerleri Çizelge 4.36, 4.37 ve 4.38’de verilmiştir. Tüm lethal zaman testlerinden elde edilen LT₅₀ değerleri incelendiğinde pupa döneminin LT₅₀ değeri, ergin ve larva dönemlerinin LT₅₀ değerlerinden hep daha yüksek seviyede bulunurken, yumurta döneminin LT₅₀ değerinde genellikle yüksek bulunmuştur. Bu bakımdan, *T. castaneum*’un pupa döneminin fosfine en tolerant biyolojik dönemi olduğu söylenebilir. Tüm biyolojik dönemlerin LT₅₀ ve LT₉₉ değerleri göz önüne alındığında durağan dönemlerin aktif dönemlere nazaran fosfine daha tolerant olduğu açık bir şekilde görülmüştür.

Tribolium castaneum’un fosfine dayanıklı popülasyonunun tüm biyolojik dönemleriyle yürütülen testlerde, fosfin konsantrasyonlarının LT₅₀ değerleri üzerindeki etkileri incelendiğinde; tüm biyolojik dönemlerle yürütülen testlerde uygulama konsantrasyonunun artışıyla birlikte testler sonucunda hesaplanan LT₅₀ değerlerinde önemli seviyede düşüş gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, uygulama konsantrasyonunun yükseltilmesiyle ergin, larva ve pupa dönemlerinde LT₉₉ değerlerinde önemli seviyede azalma saptanmış ancak bu durum yumurta döneminde gözlemlenmemiştir.

5. TARTIŞMA ve ÖNERİLER

Uzun yıllar boyunca tahıl fumigasyonunda yoğun bir şekilde kullanılan metil bromit gazının, olumsuz çevresel etkileri nedeniyle yasaklanmasıyla; fosfin, tahıl fumigasyonunda ekonomik alternatifi olmayan yegâne fumigant olmuştur. Bunun sonucunda; depolanmış tahıl zararlıları, 1930'lu yıllardan itibaren tahıl fumigasyonunda kullanılan fosfine daha sık ve daha yoğun bir şekilde maruz kalmıştır. Tahıl fumigasyonunda yaygın bir şekilde kullanılan fosfine, depolanmış tahıl zararlılarının direnç geliştirmeleri olağan bir durumken, zararlı böceklerin fosfine maruz kalma sıklığındaki artışın, böceklerin fosfine direnç gelişim süresini hızlandırdığı kanısındayım. Nitekim, son yıllarda, ülkemizde ve diğer ülkelerde farklı depolanmış ürün zararlısı türlerinin fosfine karşı direnç geliştirdiğine dair çok sayıda tespit mevcuttur (Rajendran, 1998; Alam ve ark., 1999; Benhalima ve ark., 2004; Rahim ve ark., 2004; Pimantel ve ark., 2008, 2009; Wang ve ark., 2010; Opit ve ark., 2012; Akhlaq ve ark., 2013 Sağlam ve ark., 2015; Koçak ve ark., 2015, 2018; Bozkurt, 2016; Tingiş, 2017, Yılmaz, 2018).

Böceklerin fosfine maruz kalma sıklığında gerçekleşen artışla birlikte; hatalı konsantrasyon hesaplamaları, biyolojik dönemlerdeki etkinlik farklılıkları ve izolasyon hataları, depolanmış tahıl zararlılarının fosfine dayanıklılık geliştirme sürecine olumlu katkıda bulunmuşlardır (Chaudhry, 1996; Bell, 2000; Collins ve ark., 2005). Tüm bu kanıtlar, depolanmış ürün zararlılarının fosfine karşı geliştirmiş olduğu direncin önümüzdeki süreçte, başta ekonomik problemler olmak üzere çok sayıda ciddi probleme neden olabileceğini göstermektedir. Bu bakımdan, depolanmış ürünlerde zararlı türleri baskı altına alabilmek ve fosfin direncinin neden olacağı sorunları azaltabilmek için gerekli olan; fosfine dirençli böceklerde etkili fumigasyon protokollerini oluşturabilmek için bilinmesi gereken ilk husus, fosfin direncinin varlığı ve ne seviyede olduğudur (Croft, 1990).

Bu sebepten ötürü, bu araştırmada; çok sayıda gıda işletmesi ve depo varlığıyla, Türkiye'nin tarıma dayalı sanayisinde önemli bir yer tutan Adana, Osmaniye, Kahramanmaraş, Hatay ve Mersin illerindeki tahıl depolarında yaygın şekilde görülen ve ürün tipine göre değişmekle birlikte zaman zaman ciddi ekonomik kayıplara neden olabilen; Un biti, *Tribolium castaneum* ve Un kırma biti, *T. confusum* popülasyonlarındaki fosfin direnci araştırılmış ve varlığı kanıtlanan direncin hangi seviyede olduğu ortaya konulmuştur.

Adana, Osmaniye, Kahramanmaraş, Hatay ve Mersin illerindeki tahıl depolarından toplanan 79 farklı *T. castaneum* popülasyonunun erginleriyle, FAO (1975) ve Daglish ve Collins (1999)'da belirtilen fosfin konsantrasyonları ve uygulama sürelerinde gerçekleştirilen ayırıcı fosfin konsantrasyon testleri sonuçları incelendiğinde; tüm *T. castaneum* popülasyonlarının fosfine yüksek seviyede dirençli olduğu görülmektedir. Araştırmanın yürütüldüğü illerde, örnekleme periyodu boyunca yapılan survey çalışmalarında birkaç depo hariç diğer tüm tahıl depolarında, bu türün varlığının belirlenmesi ve toplanan *T. castaneum* popülasyonlarında fosfine hassas ya da düşük seviyede dirençli popülasyonların varlığının tespit edilememesi, *T. castaneum* popülasyonlarında fosfin direncinin, tüm bölgede yaygın olduğunun göstergesidir. Ayrıca, Koçak ve ark. (2015)'te Ankara (Ayaş ve Sincan), Şanlıurfa, Konya, Elazığ, Karaman ve Mersin illerindeki tahıl depolarından topladıkları *T. castaneum* popülasyonlarının fosfine direnç durumlarını belirlemişler ve Ankara (Ayaş) popülasyonunun fosfine düşük seviyede dirençli olduğunu ancak diğer altı farklı *T. castaneum* popülasyonunun fosfine yüksek seviyede direnç gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu sonuçtan yola çıkarak, *T. castaneum* popülasyonlarında fosfin direncinin, sadece araştırmanın yürütüldüğü illerde değil, ülkemizin farklı coğrafik bölgelerinde de varlık gösterdiği söylenebilir.

Tribolium castaneum popülasyonlarının fosfine yüksek seviyede dirençli olduğu sonucunun ortaya konulduğu yüksek ayırıcı fosfin konsantrasyon testlerinden elde edilen canlı kalma oranlarının dağılımları incelendiğinde; Kahramanmaraş ilinden toplanan *T. castaneum* popülasyonlarından elde edilen canlı kalma oranlarının dağılımının, diğer illerden farklılık gösterdiği anlaşılmıştır. Tüm yüksek ayırıcı konsantrasyon testlerinde, % 40 ve daha az oranda canlı kalma oranı, toplamda 16 popülasyonda saptanırken, bu popülasyonlardan 9'unun Kahramanmaraş'tan topladığı görülmektedir. Bu sonuç, Kahramanmaraş ilinin iklim koşullarının, araştırmanın yürütüldüğü diğer illere göre, *T. castaneum* için çok da uygun olmayışla açıklanabilir. İklim koşullarının *T. castaneum* 'un döl süresi ve döl sayısı gibi biyolojik parametrelerini etkilediği düşünülürse, bu durum; Kahramanmaraş'taki tahıl depolarında yaşayan popülasyonların, diğer illerdeki popülasyonlara nazaran, fosfine daha az ve daha düşük yoğunlukta maruz kalması ve bunun sonucu olarak da popülasyonların üzerindeki seleksiyon baskısının düşük oluşuyla ilişkilendirilebilir. Buna ek olarak; Adana, Osmaniye, Hatay ve Mersinden toplanan popülasyonlarla yürütülen testlerde % 80 ve üzeri canlı kalma oranlarına çok sayıda

popülasyonda ulaşılırken, Kahramanmaraş'tan toplanan hiçbir popülasyonda bu oranlara ulaşılamaması bu düşüncüyü destekler niteliktedir.

Tribolium castaneum popülasyonlarındaki fosfin direncinin varlığı ve yaygınlığı dünyanın farklı ülkelerinde kayıt altına alınmıştır. Rajendran (1998) Hindistan'daki 110 *T. castaneum* popülasyonunun 100'ünde, Rahim ve ark. (2004) Malezya'daki 26 *T. castaneum* popülasyonunun 8'inde, Pimantel ve ark. (2008) Brezilya'daki 16 *T. castaneum* popülasyonunun 13'ünde, Opit ve ark. (2012) ABD'nin Oklohoma eyaletinde 9 *T. castaneum* popülasyonunun 8'inde, Cato (2013) ABD'nin farklı eyaletinden topladığı 25 popülasyonun 12'sinde fosfine direnç varlığını belirtirken, Benhalima ve ark. (2004) Fas'taki 9 ve Alam ve ark. (1999) Pakistan'daki 21 farklı *T. castaneum* popülasyonunun tamamında fosfin direncinin varlığını ortaya koymuştur. Tüm bu kayıtlar ışığında, *T. castaneum* popülasyonlarındaki fosfin direncinin sadece ülkemizde değil, dünyanın birçok ülkesinde yaygın bir şekilde görüldüğü anlaşılmaktadır.

Tribolium confusum popülasyonlarına ise genellikle un ve yem fabrikalarında rastlanılmış ve toplamda 9 farklı popülasyonun erginleri üzerinde ayırıcı fosfin konsantrasyon testleri yürütülmüştür. Ayırıcı fosfin konsantrasyon testlerinden elde edilen canlı kalma oranlarının değerlendirilmesiyle, bu popülasyonlardan 7 tanesinin fosfine hassas, 2 tanesinin ise çok düşük seviyede dirençli olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü illerde *T. confusum* popülasyonlarına çok düşük yoğunlukta rastlanılmasının nedeni olarak; bölgenin iklim koşullarının *T. castaneum* türünün gelişimi için daha uygun oluşu ve bu nedenle bu türün, rakip tür olan *T. confusum*' u baskıladığı düşünülmektedir. Bunun sonucu olarak da *T. confusum* çok yoğun bir popülasyon oluşturmamakta ve bu nedenle fosfine direnç kazanamadığı düşünülmektedir.

Türkiye'deki tahıl depolarında zararlı olan Pirinç biti, *Sitophilus oryzae*, Küçük kırma biti, *Cryptolestes ferrugineus* ve Ekin kambur biti, *Rhyzopertha dominica* türlerinde de fosfin direnci ile de kayıtlar bulunmaktadır (Bozkurt, 2016; Tingiş, 2017, Koçak 2018, Yılmaz, 2018). Bozkurt (2016) Adana, Kahramanmaraş ve şanlıurfa illerinde, Tingiş (2017) Mersin ve Konya illerindeki tahıl depolarından *S. oryzae* popülasyonları toplayarak, popülasyonların fosfine direnç durumlarını belirlemişlerdir. Bozkurt (2016) Adana'dan ve Kahramanmaraş'tan topladığı 14 farklı *S. oryzae* popülasyonunda fosfine yüksek seviyede direnç belirlerken, Tingiş (2017) Mersin'den topladığı 13 farklı *S. oryzae* popülasyonunda yüksek fosfin direnci olduğunu belirtmiştir. Her iki araştıracının çalışmasında farklı sayılarda

fosfine hassas popülasyonlar belirlenmiştir. Bu durumda, araştırmamızın yürütüldüğü illerdeki tahıl depolarında zararlı olan depolanmış ürün zararlısı böcek türlerinin tamamında fosfine karşı direncin olmadığı söylenebilir. Koçak ve ark. (2018)'nin Adana'dan topladığı *C. ferrugineus* popülasyonunda ve Yılmaz (2018)'in Hatay ve Mersinden topladığı iki farklı *R. dominica* popülasyonlarında ise, *T. castaneum* popülasyonlarından elde ettiğimiz sonuçlara benzer şekilde fosfine yüksek seviyede direnç varlığı belirlenmiştir.

Lethal konsantrasyon testleri sonucunda; yerel *T. castaneum* popülasyonlarının, fosfine hassas popülasyona nazaran 77 ile 393 kat arasında değişen oranlarda dayanıklı olduğu belirlenmiştir. Birkaç popülasyon haricindeki diğer tüm popülasyonların fosfine direnç katsayılarının 200 ve üzeri katlarda oluşu; *T. castaneum* popülasyonlarındaki direnç seviyesinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte; Adana, Osmaniye, Hatay ve Mersin'den toplanan DA-31, DB-12, DD-12 ve DE-5 kodlu popülasyonların fosfine direnç katsayılarının 330 ve üzeri katlarda olması, durumun ciddiyetini daha da arttırmaktadır. Nitekim, Türkiye'de *T. castaneum* popülasyonlarında fosfin direnciyle ilgili ilk kayıt olan, Koçak ve ark. (2015)'de Şanlıurfa ve Ankara (Ayaş)'dan topladıkları *T. castaneum* popülasyonlarında lethal konsantrasyon testleri yürütmüşler ve bu iki popülasyonun fosfine hassas popülasyona göre, fosfine 197 ve 137 kat daha dirençli olduğu belirtmişlerdir. Ancak, çalışmalarda kullanılan referans popülasyonların farklılıkları göz önüne alınıp, Şanlıurfa ve Ankara (Ayaş)'dan toplanan popülasyonların LC₅₀ değerleri, araştırmamıza uyarlandığında direncin daha yüksek oranlarda olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuçtan yola çıkarak, *T. castaneum* popülasyonlarında sadece araştırmamızın yürütüldüğü illerde değil, ülkemizin diğer coğrafik bölgelerindeki popülasyonlarda da, fosfine direnç seviyesinin oldukça yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Depolanmış tahıl zararlılarındaki fosfin direnciyle ilgili, ülkemizde yürütülen diğer araştırmalarda: Bozkurt (2016) Kahramanmaraş, Şanlıurfa ve Adana ilinden topladığı *S. oryzae* popülasyonlarında 16 ile 57 kat arasında, Tıngış (2017) ise Mersin ve Konya illerindeki tahıl depolarındaki *S. oryzae* popülasyonlarında 38 ile 104 kat arasında değişen oranlarda fosfin direnci belirlemiştir. Bu referanslar ışığında, *T. castaneum* popülasyonlarındaki fosfin direncinin, *S. oryzae* popülasyonlarından daha yaygın görülmesinin yanında, aynı zamanda direnç seviyesinin daha yüksek olduğu da anlaşılmaktadır. Buna ek olarak; Koçak ve ark. (2018)'de *C. ferrugineus* popülasyonlarında en yüksek seviyede fosfin direncini Adana'dan toplanan 2 popülasyonda 358.9 ve 392.65 kat olarak belirlerken, genel olarak *C. ferrugineus* popülasyonlarında fosfin direncinin 3.38 ile 392.65 kat arasında değişkenlik gösterdiğini

bildirmişlerdir. Bu sonuçlar ışığında, ülkemizdeki *T. castaneum* popülasyonlarında gözlemlenen fosfin direncinin *S. oryzae* popülasyonlarından daha yüksek seviyede olduğu ancak *C. ferrugineus* 'un bazı popülasyonlarının *T. castaneum* popülasyonlarından oldukça yüksek seviyede dirençli olduğu sonucu çıkarılabilir. Dünya genelinde fosfine dirençli *T. castaneum* 'un popülasyonları ile yürütülen çalışmalarda ise; tarla popülasyonlarının hassas popülasyonlara nazaran Alam ve ark. (1999) Pakistan'da 81.2, Pimantel ve ark. (2007) Brezilya'da 186.2 ve Cato (2013) ABD'de 127.11 kat daha dirençli olduğu bildirmiştir. Tüm bu sonuçlar ışığında, ülkemizde *T. castaneum* popülasyonlarında yaygınlıkla gözlemlenen fosfin direncinin, dünyanın birçok ülkesindeki *T. castaneum* popülasyonlarından daha yüksek seviyede olduğu söylenebilir. Ancak, literatürde verilen direnç raporlarının önceki yıllara ait oluşu ve tahıl depolarında fosfin kullanımının devam etmesi ve dolayısıyla seleksiyon baskısının devam etmesi gibi nedenlerden dolayı, farklı ülkelerdeki *T. castaneum* popülasyonlarının direnç seviyelerini kıyaslamanın doğru olmayacağı kanısındayım.

Depolanmış ürün zararlılarında, fosfin direncinin doğrudan doğruya oksidatif solunum ilgili olduğu bildirilmektedir (Schlipalius,2006). Fosfin, böceklerde oksidatif reaksiyonları hedef aldığından, fosfine hassas ve dirençli bireylerde solunum reaksiyonlarında farklılıklar gözlemlenebilmektedir. Nitekim, Pimantel ve ark. (2008) fosfine hassas *T. castaneum* ve *R. dominica* bireylerinin, fosfine dayanıklı bireylere göre çok daha yüksek oranda fosfin absorbe ettiğini bildirirken, Nakakita ve Kuroda (1986)'da aneorobik koşullarda fosfin alımında *T. castaneum* 'un hassas ve dirençli bireylerinin fosfin absorpsiyonları arasında farklılık olmadığını saptamışlardır. Bu durum, fosfinin oksijen varlığında toksik olabildiği kanıtlar niteliktedir. Bununla birlikte, *Caenorhabditis elegans* isimli nematod türünün fosfin varlığında, oksijenli solunumunu azaltarak, hayatta kalabildiği rapor edilmiştir (Cheng, 2003). Bu sonuçlardan yola çıkarak, fosfine dirençli popülasyonların bireylerinin, fosfinle karşılaştıklarında, mitokondriyel solunumlarını azaltarak, fosfinin öldürücü etkisini azaltabildikleri düşünülmektedir.

Bilim adamları, son yıllarda biyoteknolojik yöntemler kullanarak, fenotip fosfin direncinin genotip yapısı hakkında önemli atılımlar gerçekleştirmişlerdir. Bu atılımlardan ilki fosfin direncinin flavin bağımlı oksidoreduktaz bir enzim olan *dihidrolipoamid dehidrogenaz* ile ilişkili olduğunun belirlenmesidir (Schlipalius,2002). Bu enzimin kodlandığı gen üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda, fosfin direncinin iki farklı mutasyon sebebiyle açığa çıktığı belirlenmiştir. Bu mutasyonlardan ilki olan *rph_1*'in fosfine düşük seviyede dirençten sorumlu olduğu saptanırken, *rph_2*'nin fosfin direncinde

tek başına çok etkili olmadığı ancak her iki mutasyonun ortak etkileşimi sonucu böceklerin fosfine yüksek seviyede direnç geliştirdiği bildirilmiştir (Schlipalius, 2008 Jagadeesan ve ark.,2012, 2013; Mau ve ark., 2012a,b). Fosfine yüksek seviyede dirençli *T. castaneum*, *R. dominica* ve *S. oryzae* popülasyonlarında fosfine neden olan direncin sırasıyla P45S, P49S ve N505T varyantlarında gerçekleştiği belirlenmiştir (Chen ve ark. 2015; Nguyen,21016). Bununla birlikte; DNA dizisindeki Sitozin → Timin değişikliğinin; Chen ve ark (2015) ABD’deki, Koçak ve ark. (2015) Türkiye’deki ve Kaur ve ark. (2015) Hindistan’daki fosfine dirençli *T. castaneum* popülasyonlarında P45S varyantında değişikliğe neden olduğunu bildirmiştir.

Erginleri üzerinde yürütülen lethal konsantrasyon testleri sonucunda fenotip karakterleri belirlen *T. castaneum* popülasyonlarından, her ildeki en yüksek seviyede dirençli popülasyon (Mersinden iki) ile moleküler testler yürütülmüş ve P45S varyantının varlığı kanıtlanmıştır. MboI kesme enzimi yardımıyla gerçekleştirilen kesme reaksiyonları sonucunda, popülasyonlardaki 40’ar bireyin genotipik karakterleri belirlenmiş ve popülasyonların çok büyük oranda (>%72.5) homozigot dirençli bireylerden oluştuğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte; DA-31, DB-12 ve DE-5 kodlu popülasyonlarda toplam direnç allel yüzdesi % 100 olarak belirlenmiş ve tüm bireylerin homozigot dirençli (RR) olduğu saptanmıştır. Diğer üç popülasyonun tamamında düşük sayıda heterozigot karakterli bireylerin varlığı saptanırken, fosfine hassas genotipteki bireyler sadece Kahramanmaraş’tan toplanan popülasyonda saptanmıştır.

Türkiye’deki fosfine dirençli *T. castaneum* popülasyonlarında P45S direnç allelinin varlığı, Koçak ve ark.(2015) tarafından ortaya konulmuş ve farklı illerden toplanan *T. castaneum* popülasyonlarının tümünde bu durum gözlemlenmiştir. Ancak, az sayıda örneğin kesme reaksiyonlarına tabii tutulduğu çalışmalarında, hiçbir popülasyonunun tamamen homozigot dirençli bireylerden oluştuğu gözlemlenmemiştir. Buna ek olarak, Chen ve ark. (2015) ABD’nin Oklahoma Eyaletinde 3 farklı *T. castaneum* popülasyonunda P45S varyantını belirlerken, bu popülasyonların toplam allel yüzdelerini % 0, % 31 ve % 50 olarak saptamıştır. Kaur ve ark. (2015) ise Hindistan’da *T. castaneum* ve *R. dominica* popülasyonlarında P45S ve P49S varyantlarında mutasyon varlığı saptarken, *T. castaneum* popülasyonlarının direnç alleli yüzdelerini % 97.4, % 95.5 ve % 97.5 olarak hesaplamışlardır. Sonuç olarak; Türkiye, ABD ve Hindistan’daki *T. castaneum* popülasyonlarında aynı noktada (P45S) mutasyon varlığı tespit edilmiş ancak bu varyantın, popülasyonlarımızdaki yaygınlık derecesi Hindistan popülasyonlarıyla benzerlik

gösterirken, ABD popülasyonlarından daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, *T. castaneum* popülasyonlarında fenotip olarak oldukça yüksek olduğu saptanan fosfin direncinin, genotipik olarak da yüksek oranlarda olduğu belirlenmiştir. Türkiye’deki *T. castaneum* popülasyonları ile yürütülen çalışmalara ek olarak; Yılmaz (2018) Türkiye’nin farklı illerinde topladığı *R. dominica* popülasyonlarında P49S varyantının yaygınlık derecesini araştırmış ve İzmir, Şanlıurfa ve Mersin’den topladığı toplanan popülasyonların direnç allel yüzdelerini % 100 olarak belirlemiştir. Bu durum göz önüne alındığında, fosfin direncinin sadece *T. castaneum* ’da değil, *R. dominica* popülasyonlarında da hem fenotip hem de genotip olarak oldukça yüksek seviyelerde olduğu söylenebilir.

Böceklerin çok büyük bir çoğunluğu, holometabol olup 4 farklı yaşam dönemine sahiptirler. Ergin, larva, yumurta ve pupa olarak adlandırılan dönemler arasında; beslenme, hareket ve solunum gibi birçok yaşamsal faaliyette farklılıklar gözlemlenir. Bu bakımdan, birçok zararlı böceğin farklı biyolojik dönemlerinde, kullanılan insektisitlere olan duyarlılıklarında farklılıklar vardır. Bu amaçtan yola çıkarak, araştırmanın ikinci safhasında fosfine hassas ve yüksek seviyede dirençli (392X) popülasyonlarda, biyolojik dönemler arasındaki farklılıklar ve fosfin direncinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Fosfine hassas referans popülasyonda (Tc-K) 24 saat süre ile tüm biyolojik dönemlere farklı konsantrasyonları uygulanarak biyolojik dönemlerin LC₅₀ ve LC₉₉ değerleri belirlenmiştir. Toksikolojik testlerde Tc-K popülasyonunun biyolojik dönemlerinden elde edilen LC₅₀ değerleri, fosfine yüksek seviyede dirençli (Tc-S) popülasyonunun biyolojik dönemlerinin fosfine direnç katsayılarının belirlenmesinde referans kabul edilmiştir. Hassas popülasyonla yürütülen testler sonucunda, pupa ve yumurta dönemlerinin, ergin ve larva dönemlerine nazaran fosfine çok daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir. Fosfine dayanıklı popülasyonun tüm biyolojik dönemleriyle yürütülen testler ise 24, 48 ve 72 saat sürede gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamalardan 24 saatlik testlerde, pupa ve yumurta dönemlerinde mutlak ölümü gerçekleştirebilmek için olağanüstü seviyelerde fosfin gazına ihtiyaç duyulduğundan, bu dönemlere ait lethal değerler hesaplanamamıştır. Bununla birlikte, ergin ve larva dönemlerinin fosfine hassas popülasyondan sırasıyla 312 ve 283 kat daha dirençli olduğu belirlenmiştir. Ancak, her ne kadar, elde veri olmasa da, pupa ve yumurta dönemlerinin ergin ve larva dönemlerine nazaran fosfine daha tolerant olduğu görülmektedir. Nitekim, Tc-S popülasyonunun biyolojik dönemlerinin 48 ve 72 saat sürelerde farklı fosfin konsantrasyonlarına maruz bırakılmasıyla hesaplanan LC₅₀ değerleri arasındaki benzer ilişkide bu durumu doğrulamaktadır. Literatürde çok sayıda araştırmacı,

farklı depolanmış ürün zararlılarının biyolojik arasındaki fosfine direnç ilişkisini incelemiş ve kendi aralarındaki ilişki böcek türlerine göre değişmekle birlikte; pupa ve yumurta dönemlerinin fosfine, ergin ve larva dönemlerine nazaran daha tolerant olduğunu bildirmiştir (Lindgren ve Vincent, 1966; Vincent ve Lindgren, 1972a,b; Bell, 1976; Hole ve ark., 1976; Price ve Mills, 1988; El- Lakvah ve ark., 1991; Tütüncü, 2006) Ancak, Venkidusamy ve ark. (2018), *C. ferrugineus* 'un fosfine hassas popülasyonunda tolerans sıralamasını yumurta > pupa > larva = ergin olarak belirlerken, fosfine dirençli popülasyonda yumurta = ergin > pupa > larva olarak belirlemiş ve erginlerin fosfine olan toleransının pupa döneminden daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur.

Tribolium castaneum 'un biyolojik dönemlerinin fosfin toleransındaki farklılıklar doğrudan doğruya biyolojik dönemler arasındaki solunum oranı farklılıklarından meydana gelmektedir. Fosfinin gaz formunda bir kimyasal oluşu ve bu nedenle böcek vücuduna ancak stigmalardan giriş yapabilmesi sebebiyle, biyolojik dönemlerin solunum oranları arasındaki farklılığın fosfinin öldürücü etkisi üzerinde önemli etki gösterdiği söylenebilir. Emekçi (2001)'de *T. castaneum* 'un ergin, genç larva, olgun larva, pupa ve yumurta dönemlerinin solunum oranlarını belirlemiş ve en düşük solunum oranı, yumurta döneminde belirlenirken; en yüksek respirasyonun genç larva dönemlerinde gerçekleştiğini bildirmiştir. Buna ek olarak, biyolojik dönemlerin solunum oranları ile fosfin alımı arasındaki ilişki incelenecek olursa; Bond (1980) *T. castaneum* 'un ergin, larva ve pupalarını kullandığı testlerde, pupa döneminin ergin ve larva dönemine göre daha tolerant olduğunu, bunun yanında; olgun larvaların pupalardan 2-3 kat, pupadan yeni çıkış yapmış olan erginlerin olgun pupalardan 2 kat daha fazla miktarda fosfin absorbe ettiğini bildirmiştir. Aynı çalışmada, 14 günlük yaşa ulaşan erginlerin, 1 günlük yaştaki erginlere göre daha fazla miktarda fosfin absorbe ettiğini ve ölüm oranlarının yükseldiğini belirtmiştir. Nakakita ve Kuroda (1986) ise, *T. castaneum* 'un fosfine hassas ve dirençli popülasyonlarının ergin, larva ve pupalarını, 25 °C'de 24 saat 0.1 mg/L fosfin konsantrasyonuna maruz bırakarak, biyolojik dönemlerin absorbe ettiği fosfin miktarlarını belirlemişler ve pupa döneminin her iki fenotipte de en düşük miktarda fosfini absorbe ettiği belirtilmiştir.

Tribolium castaneum 'un biyolojik dönemleri arasındaki fosfine olan tolerans farklılığı, biyolojik dönemlerin yaşlılık durumlarında da etkilenmektedir. Bu durum fosfine, ergin ve larva dönemlerine göre daha yüksek seviyede tolerans gösteren, pupa ve yumurta dönemlerinde daha belirgindir. Yumurta ve pupa dönemlerinde yaş ilerledikçe yükselen metabolizma hızı nedeniyle, oksijene gereksinim artmaktadır. Bunun sonucu olarak ta, yaşı

ilerleyen pupa ve yumurta dönemlerinin daha fazla solunum yaparak, daha fazla fosfin absorbe etmesiyle, bu dönemleri öldürebilmek kolaylaşmaktadır. Lindgren ve Vincent (1966)'da *T. confusum* 'un 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 günlük yaştaki yumurtalarını, 80 °F sıcaklıkta 16 saat süre fosfine maruz bırakarak, farklı yaştaki yumurtaların LC₅₀ değerlerini belirlemiştir. Çalışma sonucunda, yumurta yaşının artışıyla birlikte, LC₅₀ değerlerinde düşüş gerçekleştiği belirtmiştir. Bu durumu doğrular nitelikteki diğer bir çalışmada da, *T. castaneum*'un farklı yaştaki pupalarına ait LC₅₀ değerleri sıralaması erken yaştaki pupa > orta yaştaki pupa > geç yaştaki pupa olarak belirlenmiştir (Nakakita ve Winks, 1981). Yumurta dönemlerinin düşük metabolizma hızının yanında Price ve Bell (1981), *Ephestia cautella* 'nın erken yaştaki yumurtalarında embriyodan daha yavaş metabolize olan, yüksek yumurta sarısı içeriğinin emilen fosfin için bir tampon görevi görebileceği söylemektedir. Araştırmamızda, 0-2 günlük yaştaki pupa ve yumurtalar kullandığı için bu dönemleri öldürebilmek için yüksek fosfin konsantrasyonlarına ve uzun uygulama sürelerine ihtiyaç duyulmuştur. Bu referanslar ışığında; Şayet testlerde 0-2 günlük yaşta değil de, daha ileri yaşta pupa ve yumurta dönemleri kullanılmış olsa idi, bu dönemleri öldürebilmenin kolaylaşacağı ve bir günlük uygulamalarda LC₅₀- LC₉₉ değerlerinin hesaplanabileceği düşünülmektedir. Ancak, her iki popülasyonla yürütülen tüm lethal konsantrasyon testlerinde pupa ve yumurta dönemlerinin ergin ve larva dönemlerine göre fosfine daha tolerant olduğu açık bir şekilde görülmektedir.

Tribolium castaneum'un fosfine hassas ve dirençli popülasyonlarının tüm biyolojik dönemlerinde, lethal konsantrasyon testleri kullanılarak belirlenmeye çalışılan ancak net bir şekilde ortaya konulamayan direnç katsayılarının hesaplanabilmesi için, bu dönemler üzerinde lethal zaman testleri yürütülmüştür. Bu testlerde Tc-K ve Tc-S popülasyonlarının tüm biyolojik dönemleri 0.5, 1 ve 2 mg/L fosfin konsantrasyonlarına farklı uygulama sürelerinde maruz bırakılarak, dönemlerin LT₅₀ ve LT₉₉ değerleri hesaplanmıştır. Fosfine yüksek sevide dayanıklı popülasyonunun tüm biyolojik dönemlerinin farklı uygulama konsantrasyonlarından elde edilen LT₅₀ değerleri kullanılarak belirlenen direnç katsayıları, biyolojik dönemlere ve fosfin konsantrasyonlarına göre farklılık göstermekle birlikte, 18 ile 47 kat arasında değişen oranlarda belirlenmiştir. Ayrıca, bu popülasyonunun biyolojik dönemlerinde deneysel olarak mutlak ölümü gerçekleştirebilmek için, Tc-K popülasyonundan çok daha uzun uygulama sürelerine gereksinim duyulmuştur. Bu durumun nedeninin daha önce açıklandığı şekilde, dirençli popülasyonların solunumlarını stimule ederek, daha az miktarda fosfini vücutlarına almasıyla açıklanabilir. Fosfine hassas

popülasyonun biyolojik dönemlerindeki tüm konsantrasyonlardaki fosfin dayanıklılığı incelendiğinde, fosfine en tolerant dönemin pupa dönemli olduğu belirlenirken, en düşük toleransın ergin ve larva dönemlerinde olduğu görülmüştür. Fosfine yüksek seviyede dirençli *T. castaneum* popülasyonunun biyolojik dönemlerinin kullanıldığı testlerde de hassas popülasyonun kullanıldığı testlerden elde edilen sonuçlara benzer şekilde sonuçlar elde edilmiştir. Bu popülasyonda da, pupa döneminin genellikle en tolerant dönem olduğu belirlenirken, ergin ve larva dönemlerinin fosfine en hassas biyolojik dönemler olduğu görülmüştür. *Tribolium castaneum* 'un farklı fenotip karakterli popülasyonlarından elde edilen sonuçlar ile literatür taramasında karşılaşılan çok sayıdaki çalışmanın sonuçları arasında paralellik olduğu belirlenmiştir. Tütüncü (2006), *Carpophilus hemipterus*'un 200 ppm fosfin konsantrasyonunda yumurta, ergin ve larva dönemlerinin LT₉₅ değerlerini sırasıyla 12.331, 6.627 ve 3.375 saat olarak belirlemiş ve yumurta döneminin ergin ve larva dönemlerine nazaran daha dirençli olduğunu söylemiştir. Buna ek olarak; Karaman (2009) *P. interpunctella*'nın ergin, larva, yumurta ve pupa dönemlerinin LT₅₀ değerlerini sırasıyla 1.62, 0.93, 14.29 ve 6.34 saat olarak hesaplamıştır.

Sonuç olarak; lethal zaman testlerinde, uygulama süresinin sabit tutulup farklı konsantrasyonların kullanıldığı lethal konsantrasyon testlerinde olduğu gibi *T. castaneum* 'un hem hassas hem de fosfine dirençli popülasyonlarında pupa ve yumurta dönemlerinin, ergin ve larva dönemlerine göre daha dirençli olduğu görülmekte ve bu durum literatür taramasında da doğrulanmaktadır. Bununla birlikte, lethal zaman testlerinde kullanılan fosfin konsantrasyonlarının artışıyla, testler sonucunda hesaplanan LT₅₀ değerlerinde de düşüş gerçekleşmiş ve fosfin konsantrasyonun böcek ölümleri üzerindeki etkili olduğu belirlenmiştir. Buna ek olarak, gözden kaçırılmaması gereken bir diğer husus özellikle pupa ve yumurta dönemlerinin yaşlarının solunum hızlarını ve dolayısıyla fosfin alımını etkilediğidir. Lethal zaman testlerinde, uygulama sürelerinin artışı sadece fosfine maruz kalma süresinin artmasına değil, aynı zamanda böceklerinde yaşlarının ilerlemesi sonucunda artan metabolik hızları nedeniyle oksijen gereksinimlerinin artmasına neden olmaktadır. Bu durumda; halihazırda fosfine ergin ve larva dönemlerine göre oldukça tolerant olduğu saptanan pupa ve yumurta dönemlerinin fosfine hassasiyeti de artmaktadır. Bu bakımdan, fosfine dirençli bir popülasyona karşı yapılacak uygulamalarda konsantrasyon artışı yerine, uygulama süresinin arttırılmasının sinerjik bir etki oluşturacağı ve dirençli popülasyonların baskı altına alınabileceği düşünülmektedir. Nitekim, çok sayıda araştırmacı, fosfine dirençli popülasyonlarda yüksek fosfin konsantrasyonlarının kısa süreli uygulamaları yerine,

nispeten düşük fosfin konsantrasyonları ile uzun süreli fumigasyon yapılmasını popülasyonları kontrol etmede daha başarılı olabileceğini ileri sürmektedir. (Hole ve ark.,1976 Price ve Mills,1988).

Tüm bu sonuçlar ışığında, Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Adana, Osmaniye, Kahramanmaraş, Hatay ve Adana illerindeki tahıl depolarında yaygınlıkla rastlanılan *T. castaneum* popülasyonlarında fosfin direncinin oldukça yaygın ve yüksek seviyelerde olduğu (genellikle > 200 kat) belirlenmiştir. *Tribolium confusum* popülasyonlarında ise direnç varlığına iki örnekte rastlanılmış ve çok düşük seviyede oldukları gözlemlenmiştir. Bunun yanında; *T. castaneum* popülasyonlarındaki fosfin direncinin sadece fenotip olarak değil, genotip olarak ta yaygın ve yüksek seviyede olduğu yürütülen moleküler testler yardımıyla anlaşılmıştır. Fosfine hassas ve yüksek seviyedeki dirençli *T. castaneum* popülasyonlarının tüm biyolojik dönemleri ile yürütülen lethal konsantrasyon ve zaman testleri sonucunda; pupa ve yumurta dönemlerinin, ergin ve larva dönemlerine nazaran fosfine toleranslarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Tüm bu sonuçlar göz önüne alındığında:

- 1- Tahıl depolarındaki dirençli popülasyonların, fosfin fumigasyonu ile kontrol altına alınabilmesi için, fosfine en tolerant biyolojik dönem esas alınarak etkili fumigasyon protokollerinin oluşturulmasının,
- 2- Bu protokollerinin oluşturulmasında uygulama konsantrasyonu yerine uygulama süresinin arttırılmasının,
- 3- Dirençli popülasyonlardaki seleksiyon baskısını azaltmak adına, fosfine alternatif fumigantlar ya da alternatif yöntemlerin kullanılmasının,
- 4- Özellikle boş depolarda sanitasyon tekniklerinin uygulanıp, popülasyonun artış hızının yavaşlatılmasının,
- 5- Depoların fiziki şartlarının iyileştirilip, izolasyon problemlerinin çözülmesiyle konsantrasyon takibinin doğru bir şekilde yapılp, bilinçli fumigasyon teknikleri uygulanmasının, fosfine dirençli *T. castaneum* popülasyonlarının kontrolünde fayda sağlayacağı kanısı taşımaktayım.

6. KAYNAKLAR

- Akhlaq A., Mubarik A., Noorullah, Qazi M.A., Abbas M., Saqib A., 2013. Monitoring of resistance against phosphine in stored grain insect pests in Sindh. *Middle- East Journal of Scientific Research*, 16(11), 1501-1507.
- Akan, K. 2003. Fosfin ve fosfin + CO₂ uygulamalarının *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae)'e bazı etkileri üzerinde araştırmalar. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 58 sayfa
- Akdeniz T., 2012. Börülce Tohum Böceği, *Callosobruchus maculatus* (F)'a (Bruchidae: Coleoptera) karşı fosfin gazının vakum altındaki etkisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 58 sayfa
- Alam M.S., Shaukat S.S, Mubarik A., Iqbal S., Akhlaq A., 1999. A Survey of Resistance to Phosphine in Some Coleopterous Pests of Stored Wheat and Rice Grain in Pakistan. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 2(3), 623-626 pp.
- Al- Hakkak Z.S., Al-Azzawi M.J., Al-Adhamy B.W., 1989. Inhibitory Action of Phosphine on Acetylcholinesterase of *Ephestia cautella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Product Research*, 25(3), 171-174.
- Anonim, 2019. Dünya Nüfus artış oranı. Dünya Bankası. (Erişim tarihi:29/07/2019)
- Aydın, N., ve Soran, H., 1987. Trakya Bölgesi'nde Depolanmış Buğday ve Un Fabrikalarında Saptanan Zararlılar, Bulaşma Oranları. Türkiye I. Entomoloji Kongresi Bildirileri, İzmir, 717-729
- Bell C.H., 1976. The Tolerance of Developmental Stages of Four Stored Product Moths to Phosphine. *Journal of Stored Product Research*, 12, 77-86.
- Benhalima H., Chaudhry M.Q., Mills K.A., Price N.R., 2004. Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. *Journal of Stored Product Research*, 40, 241-249.
- Bond E.L., 1980. Sorption of Triated Phosphine by Various Stages of *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Stored Product Research*, 16, 27-31.
- Bond E.J, Dumas T., Hobbs S., 1984. Corrosion of metals by the fumigant phosphine. *Journal of Stored Products Research*, 20, 57-63.

- Boxall, R.A. 2001. Post-harvest losses to insect-a world overview. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 48, 137-152.
- 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, Yüksek Lisans Tezi, 39sayfa.
- Cato A. 2013. *Phosphine Resistance In Nourth American Tribolium castaneum (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae)*. Kansas State University, Collage of Agriculture, Department of Entomology. MsC Thesis, 77p.
- Champ, B.R., Dyte, C.E., 1976. FAO global survey of pesticide susceptibility of stored grain pests. *FAO Plant Protection Bulletin*, 25(2), 49-67.
- Chaudhry, M.Q., 1996. A review of the mechanisms involved in the action of phosphine as an insecticide and phosphine resistance in stored product insect. *Pesticide Science*, 49, 213-228.
- Chen. Z., D. Schlipalius, G. Opit, B. Subramanyam, and T. W. Phillips. 2015. Diagnostic molecular markers for phosphine resistance in U.S. populations of *Tribolium castaneum* and *Rhyzopertha dominica*. *PLoS ONE*, 10(3), e0121343.
- Cheng, Q., Valmas, N., Reilly, P.E.B., Collins, P.J., Kopittke, R., Ebert, P.R., 2003. *Caenorhabditis elegans* mutants resistant to phosphine toxicity Show increased longevity and cross-resistance to the synergistic action of oxygen. *Toxicological Sciences*, 73(1), 60-65.
- Collins, P.J., Daglish, G.J., Pavic, H., and Kopittke, R.A. 2005. Response of mixed-age cultures of phosphine-resistant and susceptible strains of lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica*, to phosphine at a range of concentrations and exposure periods. *Journal of Stored Products Research*, 41, 373–385.
- Croft, A.B., 1990. Developing a Philosophy and program of pesticide resistance management. In: Roush RT, Tabashnik BE (Ed), *Pesticide Resistance in Arthropods*. Chapman and Hall, Newyork, p.277-296.

- Daglish, G.J. & P.J. Collins, 1999. Improving the relevance of assays for phosphine resistance. Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-Product Protection, 14-19 October 1998, Beijing, China. (Editörler: Jin, Z.; Liang, Q.; Liang, Y.; Tan, X.; Guan, L.) Sichuan Publishing House of Science and Technology, Chengdu, China, 1999, 584–593.
- Doyle J. Ve Doyle J.,1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin*, 19(1),11-15.
- Dörtbudak, N. ve Aydın, M., 1984. Orta Anadolu Bölgesi’nde Saklanan Buğdayda Zararlı Olan Ambar Böceklerinin Değişik Ambarlama Süresi İçinde Neden Olduğu Ürün Kayıplarının Araştırılması. *Bitki Koruma Bülteni*, 24(2), 94-111.
- El-Lakwah, F.,Meuser, F., AbdelGawad, A., Wohlgemuth, R. anddarwish, A. 1991. Efficiency of phosphine alone and in mixture swith carbon dioxide against Angoumois Grain Moth *Sitotroga cerealella* (Olivier); (Gelechiidae: Lepidoptera). *Journal of Plant Diseases and Protection*, 98(1), 92-102.
- Erakay, S., 1967 İzmir İlinde Un ve Mamullerinde Zarar Yapan En Önemli Coleoptera Türlerinin Morfoloji, Biyolojisi ve Mücadeleleri. Bornova Zirai Mücadele Enstitüsü, İzmir, 58 s.
- FAO, 1975. Recommended methods for detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides e tentative method for adults of some majör pest species of stored cereals, with methyl-bromide and phosphine, FAO method no 16. *FAO Plant Protection Bulletin*, 23, 12-25.
- FAO, 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (Erişim tarihi: 27/07/2019) <http://www.fao.org/statistics/en/>
- Ferizli, A.G., 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, s.579-587.

- Gautam S.G., Opit G.P., Hosoda E., 2016. Phosphine Resistance in Adult and Immature Life Stages of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) Populations in California. *Journal of Economic Entomology*, 109(6), 2525–2533.
- Good, N. E. 1936. The flour beetles of the genus *Tribolium*. *USDA Technical Bulletin*. 5, 27-28.
- Hagstrum, D. W. and B. Subramanyam. 2009. Insects and their natural enemies associated with stored products, pp 183. In Hagstrum, D. W. and B. Subramanyam (eds.), *Stored-product insect resource*. AACC International Inc. St. Paul, MN
- Hodges, R.J., R. Robinson, and D.R. Hall., 1996. Quinone contamination of dehusked rice by *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Product Research*, 32, 31-37.
- Hole B.D., Bell C.H., Mills K.A., Goodship G., 1976. The Toxicity of Phosphine to All Developmental Stages of Thirteen Species of Stored Product Beetles. *Journal of Stored Product Research*, 12, 235-244.
- Işıkber, A.A., Özdamar H.Ü., Karcı A., 2005. Kahramanmaraş ve Adıyaman İllerinde Depolanmış Buğdaylar Üzerinde Rastlanan Böcek Türleri ve Bulaşma Oranları. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(1), 110-116.
- Isikber A.A., Tunaz H., Doganay I.S., Er M.K., 2016. The infestation rate and abundance of insect pests on stored corn in different climatic zones of Turkey. *Turkish Bulletin of Entomology*, 6(4), 249-259.
- Jagadeesan, R., Collins P.J., Daglish G.J., Ebert P.R., Schlipalius D.I. 2012. Phosphine resistance in the rust red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae): inheritance, gene interactions and fitness costs. *PLoS ONE*, 7(2), e31582.
- Jagadeesan R., Fotheringham A., Ebert P., Schlipalius D., 2013. Rapid genome wide mapping of phosphine resistance loci by a simple regional averaging analysis in the red flour beetle, *Tribolium castaneum*. *BMC Genomics*, 14, 650.

- Kahraman E., 2009. *Kuru Meyve Güvesi, Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) 'ya Karşı Fosfinin Bazı Etkileri Üzerine Araştırmalar. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 46 sayfa.
- Kaur R., Schlipalius D.I, Collins D.J., Swain A.J., Ebert P.R.,2012. Inheritance and relative dominance, expressed as toxicity response and delayed development, of phosphine resistance in immature stages of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). *Journal of Stored Product Research*, 51, 74-80.
- Kaur R., Daniels E.V, Nayak M., Ebert P.R., Schlipalius D., 2013. Determining changes in the distribution and abundance of a *Rhyzopertha dominica* phosphine resistance allele in farm grain storages using a DNA marker. *Pest Management Science*, 69(6), 985-688.
- Kaur, R., S. Mohankumar, R. Jagadeesan, G. J. Daglish, M. K. Nayak, H. R. Naik, S. Ramasamy, C. Subramanian, Ebert, P.R., Schlipalius D., 2015. Phosphine resistance in India is characterised by a dihydrolipoamide dehydrogenase variant that is otherwise unobserved in eukaryotes. *Heredity*, April 2015, 1-7.
- Koçak E., Yılmaz A., AlpKent Y.N., Bilginturan S, 2018. Phosphine Resistance of Rusty Grain Beetle, *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Laemophloeidae) Populations in Turkey. *Scientific Papers, Series A. Agronomy*, 61(1), 286-290.
- Koçak, E., Schlipalius, D., Kaur, R., Thuck, A., Ebert, P., Collins, P., 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.
- LeOra Software.1994. POLO-PC:A User's Guide to Probit or Logit Analysis. LeOra Software, Berkeley, CA. 28s.
- Lindgren D.L., Vincent L.E., 1966. Relative Toxicity of Hydrogen Phosphide to Various Stored- Product Insects. *Journal of Stored Product Research*, 2, 141-146.
- Mahroof R.M., ve ve Hagstrum D.W.,2012. Biology, Behaviour and Ecology of Insects in Processed Commodities. Stored Product Protection, Kansas State University Press (Editörler: David W. Hagstrum, Thomas W. Phillips, Gerrit Cuperus), 358 sayfa

- Manivannan S., 2015. Toxicity of phosphine on the development stages of rust-red flour beetle, *Tribolium castaneum* Herbst over a range of concentrations and exposures. *Journal of Food Science Tehnology*, 52(10), 6810-6815.
- Mason L., McDonough M., (2012). Biology, Behavior, and Ecology of Stored Grain and Legume Insects. Stored Product Protection, Kansas State University Press (Editörler: David W. Hagstrum, Thomas W. Phillips, Gerrit Cuperus), 358 sayfa.
- Mau, Y.S., Collins P.J., Daglish G.J., Nayak M.K., Pavic, H., 2012a. The rph1 gene is a common contributor to the evolution of phosphine resistance in independent field isolates of *Rhyzopertha dominica*. *PLoS ONE*, 7, (2), 1-13.
- Mau, Y.S., Collins, P.J., Daglish, G.J., Nayak, M.K., Ebert, P.R., 2012b. The rph2 Gene Is Responsible for High Level Resistance to Phosphine in Independent Field Strains of *Rhyzopertha dominica*. *PLoS ONE*, 7(3), e34027.
- Mert A., (2012). *Adana İlinde Depolanmış Mısırdaki Zararlı Böcek Türlerinin Araştırılması*. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 61 sayfa.
- Monro, 1966. Fumigasyon El Kitabı. T.C. Tarım Bakanlığı, Ziraî Mücadele ve Ziraî Karantina Genel Müdürlüğü Yayınları, Mesleki Kitaplar Serisi No:3, 289 sayfa
- Muller, D.K., 1998. Stored Product Protection: A Period of Transition. Insects Ltd, Indianapolis, Indiana, USA. 352s.
- Nakakita H.,1986. Nakakita, H., The mode of action of phosphine. *Journal of Pesticide Science*, 12, 299-309.
- Nakakita H., ve Winks R.G., 1981. Phosphine Resistance In Immature Stages of A laboratory Selected Strain of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Product Research*, 17(2), 43-52.
- Nakakita H., ve Kuroda J., 1986. Differences in phosphine uptake between susceptible and resistant strains of insects. *Journal of Pesticide Science*, 11, 21-26.
- Nath S.N.,Bhattacharya I., Tuck A.G., Schlipalius D.I., Ebert P.R., 2011. Mechanisms of Phosphine Toxicity. *Journal of Toxicology*, 1-9 Article ID: 494168

- Nguyen, T. T., Collins, P. J., Duong, T. M., Schlipalius, D. I. & Ebert, P. R. 2016. Genetic Conservation of Phosphine Resistance in the Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Heredity*, 107, 228-237.
- Opit, G.P., Phillips, T.W., Aikins, M.J., Hasan, M.M., 2012. Phosphine resistance in *Tribolium castaneum* and *Rhyzopertha dominica* from stored wheat in Oklahoma. *Journal of Economic Entomology*, 105, 1107-1114.
- Özer A. ve Yücel A. 1981. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde ambarlanan hububat ürün zararlıları üzerinde sürvey çalışmaları. *Bitki Koruma Bülteni*, 22(2), 89- 98.
- Pimantel M.A.G., Faroni L.R.D., Batista M.D., Da Silva M.H, 2008. Resistance of Stored-Product insects to phosphine. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(12), 1671-1678.
- Pimentel M.A.G., Faroni, L.R.D'.A., Guedes, R.N.C., Sousa, A.H., Tòtola, 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. ve Bell C.H.:, 1980. Structure and Development of Embryos of *Ephestia cautella* (Walker) During Anoxia and Phosphine Treatment. *International Journal of Invertebrate Reproduction*, 3, 17-25.
- Price, L.A., 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.
- Price N.R., ve Shambers J,. 1990. Biochemistry of Phosphines. In the Chemistry of Organophosphorus compounds, Vol:7 (Editörler: Hartley F.Y., Wiley J) Chichester, UK, 643-661.
- Rajedran S., 1998. Phosphine resistance in stored grain insect pests in India. Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-Product Protection, 14-19 October 1998, Beijing, China. (Editörler: Jin, Z.; Liang, Q.; Liang, Y.; Tan, X.; Guan, L.) Sichuan Publishing House of Science and Technology, Chengdu, China, 1999, 635-641
- Rahim M., Faridah M.E., Rasali M. (2004). Current status of phosphine resistance in stored grain insects in Malasia. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science*, 32(1), 101-107.

- Ress D.,2004. Insects of Stored Products. CSIRO Publishing, Collingwood, Victoria, Australia.181 p.
- Robinson J.R., Bond E.J., 1970. The toxic action of phosphine. Studies with $^{32}\text{PH}_3$; terminal residues in biological materials. *Journal of Stored Product Research*, (6),133-146.
- Sağlam Ö., Edde P.A., Phillips T.W., 2015. Resistance of *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae) to Fumigation with Phosphine. *Journal of Economic Entomology*, (108), 2489-2495.
- Shazali, M.E., Reichmuth, C. 1998. The relative toxicity of phosphine to eggs of the Angoumois grain moth *Sitotroga cerealella* (Oliv.) (Lepidoptera: Gelechiidae) and almond moth *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae). Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored Product Protection, China, 1998, pp. 326-330.
- Schlupalius D.I., Cheng Q., Reilly P., Collins P., Ebert P.R.,2002. Genetic linkage analysis of the lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* identifies two loci that confer high-level resistance to the fumigant phosphine. *Genetics*, 161(2), 773-782.
- Schlupalius, D. I., Collins, P. J., Mau, Y. S. and Ebert P. R., 2006. New tools for management of phosphine resistance. *Outlooks on Pest Management*, 17(2), 52-56.
- Schlupalius, D. I., Valmas, N., Tuck, A. G., Jagadeesan, R., Ma, L., Kaur, R.,Goldinger, A., Anderson, C., Kuang, J., Zuryn, S., Mau, Y. S., Cheng, Q., Collins, P. J., Nayak, M. K., Schirra, H. J., Hilliard, M. A., Ebert, P. R. 2012. A core metabolic enzyme mediates resistance to phosphine gas. *Science*, 338(6108),807-810.
- 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, Yüksek Lisans Tezi, 39 sayfa.
- TÜİK, 2018 Türkiye İstatistik Kurumu. (Erişim tarihi: 25.07.2018) <http://www.tuik.gov.tr/>.
- Tütüncü, Ş. 2006. *Depolanmış ürün zararlısı Carpophilus hemipterus (L.) (Coleoptera: Nitidulidae) ile savaşında fosfin gazından yararlanma olanakları üzerinde araştırmalar*. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 79 sayfa.

- UNEP, 1995. Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. 1994 Report of the Methyl Bromide Technical Options Committee, Nairobi, Kenya, 304 s.
- Venkidusamy M., Jagadeesan R., Nayak M., Subbbarayalu M., Subramaniam C., Collins P., 2018. Relative tolerance and expression of resistance to phosphine in life stages of the rusty grain beetle, *Cryptolestes ferrugineus*. *Journal of Pest Science*, 91,277-286.
- Vincent L.E., Lindgren D.L., 1972a. Hydrogen Phosphide and Ethyl Formate: Fumigation of Insects Infesting Dates and Other Dried Fruits. *Journal of Economic Entomology*, 65(6),1667-1669.
- Vincent L.E., Lindgren D.L., 1972b. Toxicity of Phosphine to the Life Stages of Four Species Dermestids. *Journal of Economic Entomology*, 65(5), 1429-1431.
- Wang D-X, Ma X-H, Bian K. (2010). Mortality time of immature stages of susceptible and resistant strains of *Sitophilus oryzae* (L.) exposed to different phosphine concentrations. Proceedings of the 10th International Working Conference on Stored-Product Protection, 27 June to 2 July 2010, Estoril, Portugal 452-458.
- Yılmaz A., 2018. *Ekin Kambur Biti Rhyzopertha dominica (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) Popülasyonlarının Fosfine Karşı Direnç Düzeylerinin Belirlenmesi*. SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Biyoteknoloji ABD, Doktora tezi, 90 sayfa.

7. EKLER

EK 1. Adana ilinden toplanan *Tribolium castaneum* ve *Tribolium confusum* popülasyonları.

Kod	Tür	Lokasyon	Örnekleme yeri	Depo Tipi	Örnekleme yapılan ürün
DA-1	<i>T. castaneum</i>	Adana - Çukurköprü	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Mısır
DA-2	<i>T. castaneum</i>	Adana –Kozan	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday
DA-3	<i>T. castaneum</i>	Adana –Kozan	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday
DA-4	<i>T. castaneum</i>	Adana –İmamoğlu	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday
DA-5	<i>T. castaneum</i>	Adana –İmamoğlu	TMO	Yatık Depo	Buğday
DA-6	<i>T. castaneum</i>	Adana –İmamoğlu	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Mısır
DA-7	<i>T. castaneum</i>	Adana –İmamoğlu	TMO	Yatık depo	Mısır
DA-8	<i>T. castaneum</i>	Adana -Ceyhan	TMO	Yatık Depo	Buğday
DA-9	<i>T. castaneum</i>	Adana -Ceyhan	TMO	Çelik Silo	Buğday
DA-10	<i>T. castaneum</i>	Adana -Ceyhan	TMO	Çelik Silo	Buğday
DA-11	<i>T. castaneum</i>	Adana -Ceyhan	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Mısır
DA-12	<i>T. castaneum</i>	Adana -Ceyhan	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Mısır
DA-13	<i>T. castaneum</i>	Adana -Ceyhan	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Mısır
DA-14	<i>T. castaneum</i>	Adana -Ceyhan	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Mısır
DA-15	<i>T. castaneum</i>	Adana -Ceyhan	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Mısır
DA-16	<i>T. castaneum</i>	Adana -Ceyhan	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Mısır
DA-17	<i>T. castaneum</i>	Adana -Ceyhan	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Mısır
DA-18	<i>T. castaneum</i>	Adana -Ceyhan	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday
DA-19	<i>T. castaneum</i>	Adana -Ceyhan	Tüccar Deposu	Çelik Silo	Mısır
DA-20	<i>T. castaneum</i>	Adana -Ceyhan	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday
DA-21	<i>T. castaneum</i>	Adana -Ceyhan	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Mısır
DA-22	<i>T. castaneum</i>	Adana –Kozan	TMO	Çelik Silo	Buğday
DA-23	<i>T. castaneum</i>	Adana –Kozan	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday
DA-24	<i>T. castaneum</i>	Adana –Kozan	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday
DA-25	<i>T. castaneum</i>	Adana –Kozan	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday
DA-26	<i>T. castaneum</i>	Adana –Kozan	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Mısır
DA-27	<i>T. castaneum</i>	Adana –Kozan	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday
DA-28	<i>T. castaneum</i>	Adana - Çukurköprü	TMO	Yatık Depo	Mısır
DA-30	<i>T. castaneum</i>	Adana –Yüreğir	TMO	Yatık Depo	Buğday
DA-31	<i>T. castaneum</i>	Adana -Doğankent	TMO	Yatık Depo	Mısır
DA-32	<i>T. castaneum</i>	Adana -Misis	TMO	Yatık Depo	Buğday

EK 2. Osmaniye ilinden toplanan *Tribolium castaneum* ve *Tribolium confusum* popülasyonları.

Kod	Tür	Lokasyon	Örnekleme yeri	Depo Tipi	Örnekleme yapılan ürün
DB-1	<i>T. castaneum</i>	Osmaniye- Kadirli	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Mısır
DB-2	<i>T. castaneum</i>	Osmaniye-Düziçi	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Mısır
DB-3	<i>T. castaneum</i>	Osmaniye- Kadirli	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Mısır
DB-4	<i>T. castaneum</i>	Osmaniye-Düziçi	Yem Fabrikası	Yatık Depo	Mısır
DB-5	<i>T. castaneum</i>	Osmaniye-Düziçi	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday
DB-6	<i>T. castaneum</i>	Osmaniye-Düziçi	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday
DB-7	<i>T. castaneum</i>	Osmaniye-Düziçi	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Mısır
DB-8	<i>T. castaneum</i>	Osmaniye-Düziçi	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday
DB-9	<i>T. castaneum</i>	Osmaniye-Düziçi	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday
DB-10	<i>T. castaneum</i>	Osmaniye-Merkez	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday
DB-11	<i>T. castaneum</i>	Osmaniye- Kadirli	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday
DB-12	<i>T. castaneum</i>	Osmaniye- Kadirli	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday
DB-13	<i>T. castaneum</i>	Osmaniye- Kadirli	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday
DB-14	<i>T. castaneum</i>	Osmaniye- Kadirli	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday
DB-15	<i>T. castaneum</i>	Osmaniye-Düziçi	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday

EK 3. Kahramanmaraş ilinden toplanan *Tribolium castaneum* ve *Tribolium confusum* popülasyonları.

Kod	Tür	Lokasyon	Örnekleme yeri	Depo Tipi	Örnekleme yapılan ürün
DC-1	<i>T. castaneum</i>	K.Maraş-Pazarcık	Yem Fabrikası	Çelik Silo	Mısır
DC-2	<i>T. castaneum</i>	K.Maraş-Merkez	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Mısır
DC-3	<i>T. confusum</i>	K.Maraş-Merkez	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Mısır
DC-4	<i>T. castaneum</i>	K.Maraş-Pazarcık	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Arpa
DC-5	<i>T. castaneum</i>	K.Maraş-Narlı	Tüccar Deposu	Çelik Silo	Mısır
DC-6	<i>T. castaneum</i>	K.Maraş-Narlı	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday
DC-7	<i>T. castaneum</i>	K.Maraş-Narlı	Tüccar Deposu	Çelik Silo	Mısır
DC-8	<i>T. castaneum</i>	K.Maraş-Merkez	Tüccar Deposu	Çelik Silo	Mısır
DC-9	<i>T. castaneum</i>	K.Maraş-Narlı	Tüccar Deposu	Çelik Silo	Mısır
DC-10	<i>T. confusum</i>	K.Maraş-Narlı	Yem Fabrikası	Yatık Depo	Mısır
DC-11	<i>T. castaneum</i>	K.Maraş-Elbistan	TMO	Maydo	Arpa
DC-12	<i>T. confusum</i>	K.Maraş-Afşin	Un Fabrikası	Yatık Depo	Un
DC-13	<i>T. castaneum</i>	K.Maraş-Elbistan	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday
DC-14	<i>T. castaneum</i>	K.Maraş-Elbistan	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday

EK 4. Hatay İlinden Toplanan *Tribolium castaneum* ve *Tribolium confusum* popülasyonları

Kod	Tür	Lokasyon	Örnekleme yeri	Depo Tipi	Örnekleme yapılan ürün
DD-1	<i>T. castaneum</i>	Hatay- Hassa	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Mısır
DD-2	<i>T. castaneum</i>	Hatay- Kırıkhan	TMO	Çelik Silo	Buğday
DD-3	<i>T. castaneum</i>	Hatay- Reyhanlı	Un Fabrikası	Yatık Depo	Buğday
DD-4	<i>T. castaneum</i>	Hatay- İskenderun	TMO	Beton Silo	Buğday
DD-5	<i>T. confusum</i>	Hatay- Kırıkhan	Un Fabrikası	Çelik Silo	Buğday
DD-6	<i>T. castaneum</i>	Hatay- Reyhanlı	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday
DD-7	<i>T. castaneum</i>	Hatay-Antakya	TMO	Çelik Silo	Buğday
DD-8	<i>T. castaneum</i>	Hatay-Antakya	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Mısır
DD-9	<i>T. castaneum</i>	Hatay-Antakya	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Mısır
DD-10	<i>T. confusum</i>	Hatay- Kırıkhan	Tüccar Deposu	Çelik Silo	Buğday
DD-11	<i>T. castaneum</i>	Hatay- Kırıkhan -	Yem Fabrikası	Yatık Depo	Mısır
DD-12	<i>T. castaneum</i>	Hatay- Kırıkhan	Tüccar Deposu	Çelik Silo	Mısır
DD-13	<i>T. castaneum</i>	Hatay- Reyhanlı	TMO	Maydo	Buğday
DD-14	<i>T. castaneum</i>	Hatay- Kırıkhan	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday

EK 5. Mersin İlinden Toplanan *Tribolium castaneum* ve *Tribolium confusum* popülasyonları

Kod	Tür	Lokasyon	Örnekleme yeri	Depo Tipi	Örnekleme yapılan ürün
DE-1	<i>T. castaneum</i>	Mersin- Tarsus	Un Fabrikası	Çelik Silo	Buğday
DE-2	<i>T. castaneum</i>	Mersin- Yenice	Yem Fabrikası	Yatık depo	Mısır
DE-3	<i>T. castaneum</i>	Mersin- Yenice	Un Fabrikası	Yatık Depo	Un
DE-4	<i>T. confusum</i>	Mersin- Yenice	Un Fabrikası	Yatık Depo	Un
DE-5	<i>T. castaneum</i>	Mersin- Yenice	Un Fabrikası	Çelik Silo	Buğday
DE-6	<i>T. confusum</i>	Mersin- Yenice	Un Fabrikası	Çelik silo	Buğday
DE-7	<i>T. castaneum</i>	Mersin- Tarsus	Tüccar Deposu	Yatık Depo	Buğday
DE-8	<i>T. castaneum</i>	Mersin- Yenice	Yem Fabrikası	Yatık Depo	Mısır
DE-9	<i>T. castaneum</i>	Mersin- Yenice	TMO	Yatık Depo	Buğday
DE-10	<i>T. confusum</i>	Mersin- Yenice	Tüccar Deposu	Çelik Silo	Mısır
DE-11	<i>T. castaneum</i>	Mersin- Akdeniz	Gıda İşletmesi	Yatık Depo	Buğday
DE-12	<i>T. confusum</i>	Mersin- Akdeniz	Gıda İşletmesi	Yatık Depo	Buğday
DE-13	<i>T. confusum</i>	Mersin- Tarsus	Un Fabrikası	Çelik Silo	Buğday

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : İnanç Şafak DOĞANAY
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 29/07/1987, ÇANAKKALE
Medeni hali : Evli
Telefon : 0539 5006798
e-posta : inancdoganay@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	KSÜ /Bitki Koruma Bölümü	2013
Lisans	ÇÜ/ Bitki Koruma Bölümü	2009
Lise	Kozan 50. Yıl Lisesi	2004

İş Denevimi

Yıl	Yer	Görev
2011-2019	KSÜ	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Doganay I., Agrafioti P., IsikberA., Sağlam O., Athanassiou C. Immediate and delayed mortality of the larger grain borer, *Prostephanus truncatus* (Horn), on different surfaces treated with thiamethoxam and alpha-cypermethrin, *Journal of Stored Products Research*, vol. 76, pp. 1-6, 2018.
2. Isikber A.A., Tunaz H., Doganay I.S., Er M.K. The infestation rate and abundance of insect pests on stored corn in different climatic zones of Turkey. *Turkish Bulletin of Entomology*. Vol 6, No 4, 249-259 pp.
3. Atakan E., Ozkan H., Doganay İ.Ş.,2010. Adana İlinde Yetiştirilen Bazı Buğday Çeşit ve Genotiplerinde Buğday yaprak biti, *Sitobian avanae* (F.) (Hemiptera: Aphididae)’nin Populasyon Yoğunlukları. *Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi* 25 (2) 1-8.
4. Atakan E., Özkan H., Doğanay İ.Ş. 2010. Adana İlinde Yetiştirilen Bazı Buğday Çeşit ve Genotiplerinde Buğday sülüşü ,*Qulema melanopus* L. (Coleoptera: Chrysomelidae)’un Populasyon Yoğunlukları. *Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi* 25 (2) 9-16.
5. Doganay I. S., Isikber A. A., Er M. K., Tunaz H., Saglam O. Efficiency of Local Diatomaceous Earth against Granary Weevil (*Sitophilus granarius* L.) on different types of grain, Turkey 6th Plant Protection Congress with International Participation (05.09.2016-08.09.2016).
6. Doganay I.S., Isikber A.A., Saglam O., Tunaz H., Er M.K. Insecticidal Efficiency of Local Turkish Diatomaceous Earth against Cowpea Weevil, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera:Chrysomelidae:Bruchninae) adults on chickpea. Second International Balkan Agriculture Congress 16-18 May 2017, Tekirdağ- Turkey
7. Bozkurt H., Isikber A.A., Saglam O., Doganay I. Determining phosphine resistance in *Sitophilus oryzae* (L.) (Rice weevil) populations from Turkey. Second International Balkan Agriculture Congress 16-18 May 2017, Tekirdağ- Turkey
8. Aydın Z., Isikber A.A., ER M.K, Sağlam O., Doganay I., Tunaz H, Efficacy of Turkish Diatomaceous Earth in Combinations with Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. against *Rhyzopertha dominica* (F.) Working Group on “Integrated Protection of Stored Products”, Ljubljana, Slovenia, 3-5 July 2017.

9. Isikber A.A., Saglam O., Bozkurt H., Doganay I.. Determining Phosphine Resistance in *Sitophilus oryzae* (L.) Populations From Different Geographical Regions of Turkey. Working Group on “Integrated Protection of Stored Products”, Ljubljana, Slovenia, 3-5 July 2017
10. Tingiş A., Işıkber A.A., Sağlam Ö., Bozkurt H., Doğanay İ. Ş., Screening of Phosphine Resistance in *Sitophilus oryzae* (L.) (Rice Weevil) Populations in Turkey, 12th International Working Conference on Stored Product Protection (IWCSPP) (07.10.2018-11.10.2018)
11. Doganay I. S., Isikber A. A., Saglam O., Bilgili Y. Efficiency of some Turkish diatomaceous earth deposits against stored-grain insects, *Sitophilus granarius* (L.) and *Rhyzopertha dominica* (F.), International Conference on Biopesticide (ICOP 7) (19.10.2014-25.10.2014).
12. Bozkurt H., Işıkber A. A., Sağlam Ö., Doğanay İ. Ş., Şen R. Determining Phosphine Resistance in Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* (L.) Populations From Grain Storages in Turkey, Turkey 6th Plant Protection Congress with International Participation (05.09.2016-08.09.2016).
13. . Bilgili Y., Işıkber A.A. Tunaz H., Athanassiou C.G., Sağlam O., Doğanay I., Er M.K. Rapid Insect Disinfestation of Dried Figs by Fumigation of Propylene Oxide as Alternative to Methyl Bromide. Working Group on “Integrated Protection of Stored Products”, Ljubljana, Slovenia, 3-5 July 2017