



**DELTAMETHRİNİN TATLI SU İSTAKOZLARINDA  
(*Astacus leptodactylus* Esch. 1823) AKUT TOKSİK ETKİSİ VE  
TOPLAM HEMOSİT SAYISINA ETKİLERİ**

**Gökşin Gizem ARSLAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE BİLİMLERİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EYLÜL 2018**

Gökşin Gizem ARSLAN tarafından hazırlanan “Deltamethrinin Tatlı Su İstakozlarında (*Astacus leptodactylus* Esch. 1823) Akut Toksik Etkisi ve Toplam Hemosit Sayısına Etkileri” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Prof. Dr. A.Çağlan GÜNAL

Biyoloji Eğitimi Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum .....

**Başkan:** Dr. Öğretim Üyesi Feriha YILDIRIM

Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum .....

**Üye:** Doç. Dr. Meltem YILMAZ

Biyoloji Ana Bilim Dalı, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum .....

Tez Savunma Tarihi: 24/09/2018

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....  
Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Gökşin Gizem ARSLAN

24/09/2018

DELTAMETHRİNİN TATLI SU İSTAKOZLARINDA  
(*Astacus leptodactylus* Esch. 1823) AKUT TOKSİK ETKİSİ VE  
TOPLAM HEMOSİT SAYISINA ETKİLERİ  
(Yüksek Lisans Tezi)

Gökşin Gizem ARSLAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül 2018

ÖZET

Bu çalışmada, tarımsal zararlılarla mücadele etmek amacıyla kullanılan sentetik piretroitlerden deltamethrinin tatlı su istakozları üzerine akut toksisitesi araştırılmış ve toplam hemosit sayıları üzerine etkisi incelenmiştir. Deneylerde tatlı su ekosistemlerinde indikatör olan tatlı su istakozu türü (*Astacus leptodactylus* Esch.) kullanılmıştır. 96 saat sürdürülen deneyde LC<sub>50</sub> değerleri, probit analiz metodundan yararlanılarak yarı statik biyodeney sistemi tatbik edilerek hesaplanmıştır. Tatlı su istakozlarında (*Astacus leptodactylus*) deltamethrinin 24, 48, 72 ve 96 saatlik akut LC<sub>50</sub> değerleri (%95 güven sınırları) sırasıyla 0,85 µg/L (0,34-104,57 µg/L); 0,50 µg/L (0,22-1,85 µg/L); 0,42 µg/L (0,17-2,09 µg/L) ve 0,23 µg/L (0,09-0,57 µg/L) olarak saptanmıştır. Toplam hemosit sayısının belirlenmesinde 96 saatlik LC<sub>50</sub> (0,23 µg/L) değerinin yaklaşık 1/10' u olan 0,02 µg/L deltamethrine maruz kalan tatlı su istakozlarından 24. ve 96. saatlerde hemolenf örnekleri alınmıştır. Toplam hemosit sayıları 96 saat deltamethrine maruz kalma sonucunda istatistik olarak önemli düzeyde artmıştır (p<0,05). Deney grubunda ise ölen tatlı su istakozlarının önce geriye doğru hızlı hareket ettikleri, dengelerini kaybettikleri sonrasında hareketlerinin yavaşlayıp, ters yatık vaziyette öldükleri gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra deney süresi içerisinde deltamethrine maruz kalan tatlı su istakozlarının diğer bireylere karşı saldırgan olduğu da gözlenmiştir. Sonuç olarak deltamethrinin hedef olmayan canlı türlerinden tatlı su istakozlarında ekstrem toksik etkili olduğu bulunmuştur. Vektör mücadelesi amacıyla alınacak tedbirlerde hedef olmayan canlılara ve ekosisteme yaratacağı etkilerin araştırılması önemlidir.

Bilim Kodu : 90318  
Anahtar Kelimeler : Biyodeney, deltamethrin, *Astacus leptodactylus*, total hemosit sayısı  
Sayfa Adedi : 61  
Danışman : Prof. Dr. A. Çağlan GÜNAL

ACUTE TOXIC EFFECTS OF DELTAMETHRIN  
ON NARROW CLAWED CRAYFISH (*Astacus leptodactylus* Esch., 1823)  
AND THE EFFECTS ON TOTAL HEMOCYTES COUNTS

(M.Sc. Thesis)

Gökşin Gizem ARSLAN

GAZİ UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

September 2018

ABSTRACT

In the present study, the acute toxic effects of synthetic pyrethroid deltamethrin, a toxic pollutant on aquatic systems coming from agricultural activities, on narrow clawed crayfish (*Astacus leptodactylus*) were determined. In addition, the effects of deltamethrin on total hemocyte counts were also investigated. Narrow clawed crayfish (*Astacus leptodactylus* Esch.), indicator species for freshwater ecosystems, was selected as a test organism. The experiments were conducted under semi-static bioassay method and 96 h LC<sub>50</sub> were determined by using probit analysis. The 24, 48, 72 and 96 h LC<sub>50</sub> (95% confidence limits) values for crayfish 0.85 µg/L (0.34-104.57 µg/L); 0.50 µg/L (0.22-1.85 µg/L); 0.42 µg/L (0.17-2.09 µg/L) and 0.23 µg/L (0.09-0,57 µg/L) respectively after exposed to deltamethrin. 1/10 of 96 h LC<sub>50</sub> value (0.23 µg/L) was used as sublethal concentration for determination of total hemocyte counts and hemolymph samples were taken after 24 and 96 h exposure to 0.02 µg/L deltamethrin concentration. Total hemocyte counts were significantly increased statistically after 96 h (p<0.05). Contrary to control group, crayfish exposed to deltamethrin first swam backward and more faster and aggressive and laid upside down before death. In conclusion, deltamethrin is extremely toxic to the non-target organism crayfish in aquatic ecosystems. It is important to investigate the effects of non-target organisms and ecosystems and precautions must be taken to prevent these contaminants during vector control implementations.

Science Code : 90318  
Key Words : Bioassay, deltamethrin, *Astacus leptodactylus*, total hemocyte counts  
Page Number : 61  
Supervisor : Prof. Dr. A. Çağlan GÜNAL

## TEŞEKKÜR

Eğitimcinin birçok tanımı yapılmıştır. Bana göre eğitimci; sadece alanında değil sosyo-kültürel alanda da donanımlı, arkadaş yaklaşımında, bilgi paylaşımını esirgemeyen, eleştirileri karşısındakini incitmeden yapan, dolayısıyla korkusuzca çekinmeden her zaman soru sorulabilen, desteğini isteyebileceğiniz kişidir. Bu özelliklere sahip tez danışmanım Sayın Prof. Dr. A. Çağlan GÜNAL'ı tanıdığım ve danışmanım olduğu için teşekkür ederim.

Yüksek lisansa başlamama vesile olan, süreci tamamlamam için her zaman motivasyonumu ve enerjimi yüksek tutmamı sağlayan, eğitim hayatımda olsun özel hayatımda olsun hep yanımda olan, eğitimi her şeyin üstünde tutan canım annem değerli öğretmen Saniye YILMAZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

|                                                        | Sayfa |
|--------------------------------------------------------|-------|
| ÖZET .....                                             | iv    |
| ABSTRACT.....                                          | v     |
| TEŞEKKÜR.....                                          | vi    |
| İÇİNDEKİLER .....                                      | vii   |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....                              | ix    |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....                                | x     |
| RESİMLERİN LİSTESİ .....                               | xi    |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                           | xii   |
| 1. GİRİŞ.....                                          | 1     |
| 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....                             | 5     |
| 2.1. Pestisitler.....                                  | 5     |
| 2.2. Pestisitlerin Sınıflandırılması .....             | 6     |
| 2.3. Türkiye’de ve Dünyada Pestisit Kullanımı .....    | 9     |
| 2.4. Pestisit Toksisitesi .....                        | 12    |
| 2.5. Sentetik Piretroitler.....                        | 17    |
| 2.6. Deltamethrin .....                                | 20    |
| 2.7. Tatlı Su İstakozu.....                            | 24    |
| 2.8. Omurgasız Hayvanlarda Bağışıklık Sistemi.....     | 25    |
| 2.9. Biyodeneyleler .....                              | 29    |
| 2.9.1. Biyodeneylelerde kullanılan bazı terimler ..... | 31    |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM .....                            | 33    |
| 3.1. Materyal .....                                    | 33    |
| 3.1.1. Tatlı su istakozlarının temini .....            | 33    |
| 3.1.2. Deney akvaryumları.....                         | 33    |

|                                                                                              | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 3.1.3. Pestisit materyali .....                                                              | 34    |
| 3.1.4. Pestisit çözeltilerinin hazırlanması .....                                            | 34    |
| 3.1.5. Su materyali .....                                                                    | 34    |
| 3.1.6. Deney ortamı ve adaptasyon süresi.....                                                | 34    |
| 3.2. Yöntem .....                                                                            | 35    |
| 3.2.1. Deney yöntemi .....                                                                   | 35    |
| 3.2.2 Tatlı su istakozundan hemolenf alınması ve toplam hemosit sayısının belirlenmesi ..... | 36    |
| 3.2.3. Deney süresi ve gözlemler .....                                                       | 36    |
| 3.2.4. Deney sonuçlarının değerlendirilmesi .....                                            | 37    |
| 4. BULGULAR .....                                                                            | 39    |
| 4.1. Deltamethrinin Tatlı Su İstakozlarına Akut Toksik Etkisi.....                           | 39    |
| 4.1.1. 24 saatlik deltamethrine ilişkin akut toksisite bulguları .....                       | 39    |
| 4.1.2. 48 saatlik deltamethrine ilişkin akut toksisite bulguları .....                       | 41    |
| 4.1.3. 72 saatlik deltamethrine ilişkin akut toksisite bulguları .....                       | 43    |
| 4.1.4. 96 saatlik deltamethrine ilişkin akut toksisite bulguları .....                       | 45    |
| 4.2. Toplam Hemosit Sayısına İlişkin Bulgular .....                                          | 47    |
| 4.3. Davranış Değişimlerine Ait Gözlem Sonuçları.....                                        | 48    |
| 5. TARTIŞMA .....                                                                            | 49    |
| 6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....                                                                   | 53    |
| KAYNAKLAR .....                                                                              | 55    |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                                               | 61    |

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| Çizelge                                                                                     | Sayfa |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 2.1. Pestisit gelişiminin kronolojisi .....                                         | 11    |
| Çizelge 2.2. Türkiye’de yıl bazında pestisit tüketim miktarları .....                       | 12    |
| Çizelge 2.3. Pestisitlerin farklı ortamlarda dağılım yüzdeleri .....                        | 17    |
| Çizelge 2.4. Sentetik organik pestisitlerin etki mekanizmaları .....                        | 19    |
| Çizelge 2.5. Bazı piretroitler için toksisite verileri .....                                | 20    |
| Çizelge 2.6. Deltametrin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri .....                        | 23    |
| Çizelge 3.1. Deney öncesi hazırlık sürecinde akvaryumdaki su kalitesi parametreleri .       | 35    |
| Çizelge 4.1. 24 saatlik tahmini LC <sub>50</sub> değerleri ve %95’lik güven sınırları ..... | 39    |
| Çizelge 4.2. 48 saatlik tahmini LC <sub>50</sub> değerleri ve %95’lik güven sınırları ..... | 41    |
| Çizelge 4.3. 72 saatlik tahmini LC <sub>50</sub> değerleri ve %95’lik güven sınırları ..... | 43    |
| Çizelge 4.4. 96 saatlik tahmini LC <sub>50</sub> değerleri ve %95’lik güven sınırları ..... | 45    |
| Çizelge 4.5. Tatlı su istakozlarında toplam hemosit sayıları .....                          | 47    |

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil                                                                                                                                                             | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 2.1. Pestisitlerin doğadaki hareketleri .....                                                                                                               | 15    |
| Şekil 2.2. Önemli sentetik piretroitler .....                                                                                                                     | 18    |
| Şekil 2.3. Deltametrinin kimyasal yapısı .....                                                                                                                    | 21    |
| Şekil 2.4. Böcek immün sistemi .....                                                                                                                              | 28    |
| Şekil 4.1. Tatlı su istakozlarında ( <i>Astacus leptodactylus</i> Esch. 1823) 24 saatlik deltamethrin için hesaplanan probit değerleri ve regresyon grafiği ..... | 40    |
| Şekil 4.2. Tatlı su istakozlarında ( <i>Astacus leptodactylus</i> Esch. 1823) 48 saatlik deltamethrin için hesaplanan probit değerleri ve regresyon grafiği ..... | 42    |
| Şekil 4.3. Tatlı su istakozlarında ( <i>Astacus leptodactylus</i> Esch. 1823) 72 saatlik deltamethrin için hesaplanan probit değerleri ve regresyon grafiği ..... | 44    |
| Şekil 4.4. Tatlı su istakozlarında ( <i>Astacus leptodactylus</i> Esch. 1823) 96 saatlik deltamethrin için hesaplanan probit değerleri ve regresyon grafiği ..... | 46    |
| Şekil 4.5. Subletal deltamethrine maruz kalan tatlı su istakozlarında ( <i>A. leptodactylus</i> ) toplam hemosit sayısı .....                                     | 47    |

**RESİMLERİN LİSTESİ**

| <b>Resim</b>                                             | <b>Sayfa</b> |
|----------------------------------------------------------|--------------|
| Resim 3.1. Deney düzeneği .....                          | 33           |
| Resim 3.2. Tatlı su istakozundan hemolenf alınması ..... | 36           |
| Resim 4.1. Deney sonucu ölen bireyler .....              | 48           |



## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### Simgeler

|           |            |
|-----------|------------|
| <b>cm</b> | Santimetre |
| <b>€</b>  | Euro       |
| <b>g</b>  | Gram       |
| <b>kg</b> | Kilogram   |
| <b>L</b>  | Litre      |
| <b>µg</b> | Mikrogram  |
| <b>µL</b> | Mikrolitre |
| <b>mg</b> | Miligram   |
| <b>mL</b> | Mililitre  |

### Kısaltmalar

|                        |                                                    |
|------------------------|----------------------------------------------------|
| <b>AB</b>              | Avrupa Birliği                                     |
| <b>ABD</b>             | Amerika Birleşik Devletleri                        |
| <b>APHA</b>            | Amerikan Halk Sağlığı Birliği                      |
| <b>DDT</b>             | Dikloro difenil trikloroetan                       |
| <b>EPA</b>             | Çevre Koruma Ajansı                                |
| <b>FAO</b>             | Gıda ve Tarım Örgütü                               |
| <b>ISO</b>             | Uluslararası Standartlar Teşkilatı                 |
| <b>LC<sub>50</sub></b> | Deney hayvanlarının yarısını öldüren konsantrasyon |
| <b>LD<sub>50</sub></b> | Deney hayvanlarının yarısını öldüren doz           |
| <b>OECD</b>            | Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü              |
| <b>TSE</b>             | Türk Standartları Enstitüsü                        |
| <b>WHO</b>             | Dünya Sağlık Örgütü                                |

## 1. GİRİŞ

Çevresel tehlikeler, içinde yaşamımızı devam ettirdiğimiz dönemin var olan sorunlarının içerisinde önemli bir yer tutmakta, tüm yaşayan canlıları olumsuz olarak etkilemektedir. Bu tür tehlikelerin başında ‘kimyasal maddeler’ gelmektedir. Yeryüzünde yaşamını devam ettiren tüm canlılar kendileri için zararlı olan ‘kimyasal maddeler’ ile devamlı olarak karşılaşmaktadırlar. Doğaya sürekli yeni kimyasalların girmesi, ürün ve yiyeceklerin etkilenmesine, çevresel dengenin bozulmasına, canlılarda biyokimyasal ve genetik düzensizlikler gibi çok sayıda olumsuz etkilerin ortaya çıkmasına sebep olabilir. Canlılar için yabancı olan çevresel ksenobiyotiklerin çevrede uzun süre kalmaları sonucu östrojenik özelliklere sahip olduğu bulunmuştur. Bu maddelerin doğal türlerin cinsel gelişim bozukluklarında rol oynadığından şüphelenilmektedir. Ayrıca östrojenik etkiye sahip böyle maddelerin doğal türlerin üreme başarısını engellediği öne sürülmüştür (Şekeroğlu, 2010).

Günümüzde tarımsal uygulamalarda verimi artırmak için kimyasal maddeler gerekenden fazla miktarda kullanılmaktadır. Tarımsal üretimin verimini azaltan böcekler, yabani otlar ve hastalık yapıcı etmenlerin ortadan kalkmasını sağlamak amacıyla söz konusu maddelerden fayda elde edilmiştir. Pestisitler, uygun miktarlarda kullanıldıklarında olumsuz etkileri daha az görülebilmektedir. Ancak gereğinden fazla kullanımı ve yanlış uygulamalar hem çevre kirliliğine neden olabildiği gibi hem de insan ve ekosistem sağlığında olumsuz etki oluşturabilir (Eddleston ve diğerleri, 2002).

“FAO’nun pestisit tanımı; insan veya hayvanlarda oluşabilecek hastalıkları taşıyıcı; gıdaların, tarımsal ürünlerin, ahşap ve ahşap ürünlerinin veya hayvan yemlerinin üretimi, işlenmesi, taşınması, depolanması ve/veya pazarlanması sırasında bu uygulamaları olumsuz etkileyecek her türlü zararlının önlenmesi, yok edilmesi veya kontrol altına alınması amacıyla veya hayvanlar üzerinde veya vücutlarında bulunabilecek zararlıların kontrol altına alınması amacıyla kullanılan maddelerdir. Bu tanım, ayrıca bitki büyümesini düzenleyici, yaprak dökücü, kurutucu veya meyve seyreltici veya ham meyvelerin dökülmesini önleyici etkenleri ve depolanma ve taşınma sırasında ticari malların bozulmasını önlemek amacıyla hasat öncesi ve sonrası ürüne uygulanan maddeleri de kapsamaktadır.” (Altıkat, Turan, Ekmekyapar Torun ve Bingöl, 2009).

Su kaynaklarına pestisitler; doğrudan olarak suda yaşamını devam ettiren canlılara ve bitkilere yapılan ilaçlamalarla, dolaylı olarak da insanların yaşadığı alanlarda bulunan kanalizasyona pestisitlerin karışmasıyla ve pestisit imalat atıklarının deşarjı ile geçmektedirler. Bununla birlikte pestisitler; zirai sulama, yağışlar ve tarımda kullanılan drenaj sistemleri ile suları kontamine edebildikleri gibi sucul bitkilerde ve dip çamurlarında da birikirler (Atamanalp ve Yanık, 2001).

Pestisitlerin, üretim yolu sentetik ve doğal kaynaklar olmak üzere iki türdür. Dört ana insektisit grubu çoğunlukla böceklerle mücadelede tercih edilmektedir. Bunlar; Organofosfatlar, Karbamatlar, Organoklorinler ve Piretroitler olarak sınıflandırılabilir (Çakır ve Yamanel, 2005).

Piretroit grubu insektisitlerin iki ana sınıfı bulunmaktadır; Tip-I (permetrin, tetrametrin, piretrinler vb.) ve Tip II (sipermetrin, deltametrin vb.). Sınıflardan Tip-1; DDT'nin gösterdiği etkiyi andırmaktadır, meydana getirdiği etki ise; sinirsel boşalımla başlayan sinir merkezlerinin ekstrem şekilde etkilenmesiyle ortaya çıkan eksitasyon olarak gözlemlenir ve etkisi ısı ile ters orantılıdır. Tip-2 grubunun etkisi ise ısı ile doğru orantılı olarak artmakta ve meydana getirdiği etki sinirsel iletimi engelleme yönünde olmaktadır (Çakır ve Yamanel, 2005).

Türk tatlı su istakozu olan *Astacus leptodactylus*, Türkiye'de doğal ve yaygın olarak göl, gölet ve akarsularda görülmektedir. Türkiye'de hatırı sayılır mevcut tek tür olmasına rağmen taksonomik karışıklık alttür düzeyinde bulunmaktadır. Yaygın olarak avcılık ile avlanan bu türün Türkiye'de intensif, yarı-intensif ve ekstansif olmak üzere üç şekilde yetiştiriciliği yapılmaktadır. Türkiye'de 1984 yılına değin ülkemiz için ihraç ürünleri arasında önemli yer tutan tatlı su istakozunun o devirde *Aphanomyces astaci* olarak bilinen bir mantar hastalığının neden olduğu kayıplar neticesinde soylarının tükenmesi tehlikesi ile karşı kaşıya kalınmıştır. Bu durumun doğurduğu sonuçtan ötürü ülkemizde ve dünyada *Astacus leptodactylus* üzerinde daha çok yetiştirme imkanları ve hastalıkların incelenmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Su kaynaklarımızda (göller vb.) kendini revize eden *Astacus leptodactylus* ülkemiz için ihraç ürünleri arasında yeniden yer almış ve böylece ekonomik anlamda öneme sahip olmuştur. Türk tatlı su istakozunun çalışmalarda kullanılması ayrıca önemlidir çünkü beslenme şeklinin dipte olması, besin zincirindeki önemi, ekotoksikolojik açıdan indikatör olması, EPA ve OECD gibi uluslararası kuruluşlar tarafından standart test

organizması olarak kabul görmesi çalışmalarda tercih edilmesine neden olmaktadır (Harlıoğlu, 2004). Yapılan literatür çalışmasında tatlı su ekosistemlerinin biyoindikatör türlerinden biri olan tatlı su istakozlarında deltametrinin toksik etkilerinin incelendiği çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu bağlamda tez çalışmamızdan elde ettiğimiz bulguların uluslararası literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Çevresel açıdan incelendiğinde de deltamethrinin çok düşük konsantrasyonlarının su sistemlerine kontaminasyonunda yaratabileceği olumsuz etkiler göz önüne serilmiştir.





## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Pestisitler

Dünya nüfusunun artması ile gıda ihtiyacı da önemli ölçüde artmaktadır. Günümüzde erozyon ve yeni bina inşaatı gibi olumsuz etkiler, ekilebilir arazinin azalmasına neden olmaktadır. Daha önemli nokta ise bitkilerin zararlılar tarafından tüketilmesidir. Dünyadaki insanların gıda ihtiyacını karşılamak için bitkileri zararlılardan korumak kaçınılmazdır (Tuğcu, 2011).

"Bitkisel üretimi sınırlayan hastalık, zararlı ve yabancı otların zararından bitkileri korumak; bu yolla tarımsal üretimi artırmak ve kalitesini yükseltmek amacıyla yapılan tüm işlemlere Bitki koruma ya da başka bir deyişle Zirai Mücadele denir." Yüzde 95'lik bir oran ile kimyasal mücadele; farklı mücadele yöntemleri içinde ilk akla gelen olmakla birlikte ekonomik ve en kolay uygulanan yöntemdir. "Kimyasal Mücadele" kimyasal bileşikler ile tarımsal zararlıların öldürülmesi olarak tanımlanabilir. Organik bileşikler ve bir takım ürünler ile ikinci dünya savaşına kadar kimyasal mücadele çalışmaları devam etmiş olsa da 2. Dünya Savaşı esnasında dikloro difenil trikloroethan (DDT) kimyasalının tarımda kullanılmaya başlanması ve etkili olduğunun görülmesiyle kimyasal mücadele ivme kazanmıştır. Bilinçli ve uygun şekilde uygulanması ile tarımdaki zararlılarla maksut ve muhtemel başarı görülmüştür. Kimyasal mücadelede 'pestisit' tarım ilaçları ve "bitki koruma ürünleri" kullanılmaktadır (DPT, 2006).

Pestisitleri tanımlarsak; gıda maddelerinin üretimi ve depolanması esnasında, gıda maddesinin özelliğini bozan ve bitkilere zarar veren organizmaları (böcek, mikroorganizma, yabancı ot vb.) etkisiz hale getirmek için, bununla beraber bitki büyümesine katkıda bulunan kimyasal madde veya maddeler karışımına verilen genel addır (Dığrak ve Özçelik, 1995).

Pestisitler, zararlıları kontrol etmek için 3000 yılı aşkın bir süredir insanlara hizmet etmişlerdir. Her yıl, dünyada 5 milyar ton pestisit kullanılmaktadır. Bu kullanımın büyük bir kısmı tarımsal faaliyetler için olurken bir kısmı da ağır metal sanayisinde kullanılmaktadır. Türkiye ile gelişmiş ülkelerin pestisit kullanımı karşılaştırıldığında Türkiye'de kullanımının düşük dozlarda olduğu gözlenmektedir. Mesela; hektar başına

ilaçlama 0,63 kg Türkiye'de, 3,5 kg ABD'de, 17,5 kg Hollanda ve 4,4 kg Fransa (Tuğcu, 2011).

Besin maddelerinin üretiminde verimi azaltan organizmalarla baş etmek için kullanılan pestisitler, doğada birikerek çevre kirliliği oluştururken canlılarda akut ve kronik zehirlenmeler, sinir sistemi bozuklukları, enzim sistemlerinde tahribat, hücre membran yapısında değişimler meydana getirmektedir (Çakır ve Yamanel, 2005). Pestisitlerin bazılarının kalıcılıkları çok yüksektir ve doğada uzun süre kalabilmektedirler. Uygulandığı bölgede uzun süre kalıcılık göstermek, istenmeyen zararlıların önlemesi açısından birtakım pestisitler için iyi bir durum olabilmektedir. Bunun yanı sıra uzun süre kalıcılık gösteren pestisitlerin yeraltı ve yerüstü su kaynaklarına karışması açısından olumsuz bir durumdur. Tarımsal sulama ve yağışla birlikte pestisitler su kaynaklarına karışmakta ve toksik etki gösterebilmektedirler. Su kaynaklarına bulaşan pestisitler sucul canlılarda birikebilmekte ve besin zinciri yolu ile diğer canlılara geçmektedir (Baumann, Jackman ve Stevenson, 1913).

Saf olarak bir pestisit zirai mücadelede kullanılmamaktadır. Yapıları gereği pestisitler zehirli maddeler olduklarından insan ve çevre sağlığına olan zararlı etkilerini azaltmak için dolgu maddeleri, emülgatörler ve diğer yardımcı maddeler ile birlikte kullanılmaktadır. Formülasyon (ilaç) olarak adlandırılan karışım içerisinde bulunan ve öldürücü ana öge olan pestisit 'etkili madde' veya 'aktif madde' olarak adlandırılmaktadır. Formülasyonların katı ve sıvı olması için kullanılan maddelerin farklı farklı özellikte olması gerekmektedir. FAO, WHO tarafından belli esaslara bağlanarak söz konusu özellikler belirlenmiş ve bu özelliklerin belirlenmesi için standart metotlar geliştirilmiştir (DPT, 2006).

## **2.2. Pestisitlerin Sınıflandırılması**

Pestisitler sınıflandırılırken göz önünde bulundurulacak kriterler; görünüş, fiziksel yapı ve formülasyon şekilleri, etki ettikleri zararlı cinsi, içeriğinde bulunan etkili maddenin türü ve grubu, zehirlilik derecesi ve uygulanma teknikleri yönünden farklı biçimde tasnif edilmektedirler. Sınıflandırma şekillerinden popüler olarak kullanılanı, etki ettikleri zararlı grupları ve bünyesindeki etkili madde cinsi olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır.

Olumsuz etki yaratan organizmaların engellenmesi açısından pestisitler bölümlendirildiğinde üç büyük gruba ayrılırlar; insektisit, fungusit ve herbisit. Kimyasal yapılarına göre pestisitlerin sınıflandırılması ise organik klorlu pestisitler, organik fosforular, karbamatlar, doğal ve sentetik piretroitlerdir (Tiryaki, Canhilal ve Horuz, 2010).

#### Insektisitler (Böcekleri yok eden)

1. Klorluhidrokarbon yapısındakiler
2. Organofosforlu (Organik Fosforular)
3. Karbamatlı bileşikler
4. Sentetik piretroitler
5. Diğerleri (DPT, 2006).

#### Fungisitler (Mantara karşı)

##### Koruyucu fungusitler

1. Copper Compounds (Bakırlılar)
2. Dikarboksimitler-Fitalinidler
3. Ditiyokarbamatlar
4. Kalaylılar
5. Kükürtlüler
6. Nitro bileşikler
7. Diğerleri

##### Sistemik fungusitler

1. Anilidler
2. Benzimidazoller
3. Morpholinler
4. Piperazinler
5. Pyrimidler
6. Triazoller
7. Diğerleri (DPT, 2006).

### Herbisitler (Yabani otlara karşı)

1. Phenoxy Bileşikleri
2. Benzimidazol
3. Picolinik Asitler
4. Karbamatlar
5. Klorlu Alifatik Asitler
6. Dinitroamin Analin
7. Anilidler
8. Üre Bileşikleri
9. Triazinler
10. Uraciller
11. Nitrofenol ve türevleri (DPT, 2006).

### Organik Klorlu Pestisitler

Uygulandıktan sonra kalıcılıkları bakımından kıyaslandığında ve ekotoksikolojik açıdan en önemli pestisitlerdir (Tiemann, 2008). Organik klorlu pestisitler; yapılarında C, Cl, H ve bazen O elementlerini ihtiva etmesi, siklik karbon halkası bulunması, rastgele element için aktif noktasının varlığı, kimyasal açıdan dayanıklı olma gibi pek çok ortak özellik bulundurlar (Dervişoğlu, Gül, Yazıcı ve Aydemir, 2013). Organik klorlu pestisitler, çoğunlukla inert ve stabildir. Söz konusu pestisitler hayvansal ve bitkisel yağlarda, petrol türevi olan mineral yağlarda, ağırlıklı olarak sanayide kullanılan organik çözücülerde çözünürken; suda çözünmemektedirler (Darko ve Acquaah, 2008).

### Organik Fosforlu Pestisitler

Organik fosforlu pestisitlerin etkili olma yolları deri, sindirim ve solunumdur. Organik fosforlu pestisitlerdeki fosfor atomuna bağlanan kimyasalın yapısal özelliği; pestisitinin etki mekanizmasına ve kalıcılığına etki etmektedir. Söz konusu pestisitler suyla bölünme, yükseltgenme vb. kimyasal reaksiyonlardan etkilenirler (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2012).

### Karbamatlı İnsektisitler

Karbamatlı insektisitler; Calabar fasulyesinin sentezi ile elde edilmektedir ve “Neostigmine” ya da kimyasal olarak “N,N-dimethyl carbamate” olarak isimlendirilir. Organik fosforlu insektisitler ile aynı enzime yani asetilkolinesteraz enzimine bağlanır ancak etkileme şekli organik fosforlu insektisitlere göre farklıdır. Karbamatlı bileşikler değme ile tesirli olabildikleri gibi bitki içerisinde hareket ederek de etkili olabilmektedirler. Zehirlenme etkileri, kişi üzerinde, organik fosforlu insektisitler ile benzetmekle birlikte enzim seviyelerinin olağan duruma gelme süresi karbamatlı pestisitlerde kısadır (MEB, 2012).

### Pyrethroid (Piretroit) İnsektisitler

İnsektisitler “Pyrethrum” türünden olan belli cins çiçeklerin öğütülmesi (özü %1-2 pirethrins ihtiva eder) ile elde edilmektedir. Çoğunlukla düşük sıcaklıklarda etkinlikleri yüksektir ancak bazı piretroitlerin etkileri sıcaklıkla doğru orantılı olmaktadır. Bu grup insektisitlerin ışık ile bozunmaya uğramasının güçlüğü ve kalıcılığı yüksek olduğundan ziraate uygulama sahası geniştir. İnsanlarda meydana getirdiği olumsuz etkiler organik fosforlu pestisitler ile karıştırılabildiği gibi bu grubun insanlar üzerindeki sistemik ve akut toksisiteleri düşüktür (MEB, 2012).

## **2.3. Türkiye’de ve Dünyada Pestisit Kullanımı**

Böcekleri kontrol etmek için kimyasalların kullanımı muhtemelen klasik Yunan ve Roma'nın eski tarihine dayanmaktadır. Homer yanan kükürtün dumanını dezenfektan olarak kullanımını savunurken, Pliny'nin önde gelenleri insektisit olarak arsenik; baklagil tohumunun tedavisi için soda ve zeytinyağı kullanımını savunmaktadır (Kavuklu, 2005).

Arsenik ve kükürt pestisit olarak kullanılan ilk maddelerdir. Nikotin gibi bitki orjinli maddelerden 16 yy. da yararlanılmaya başlanılmıştır. Nikotin halen kimi yerlerde balık avlamak için de kullanılmaktadır. Daha sonra 19. yy itibaren başlanarak krizantemden üretilen pyrethrumdan yararlanılmaya başlanmıştır (Güler ve Çobanoğlu, 1997:10-13).

Çin tarafından on altıncı yüzyılda insektisit, arsenik bileşiklerinin makul miktarlarda kullanılmasıyla elde edilmiş ve kısa bir süre sonra nikotin, tütün ekstraktları şeklinde, erik

zararlılarını kontrol etmek için kullanılmıştır. On dokuzuncu yüzyılda pire otu ve sabun, böcek kontrolü için kullanılmıştır. Forsyth tarafından ise böcekler ve mantarlar ile mücadele için tütün, sülfür ve kireç birleşiminden oluşan bir karışımla yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Bitki koruma kimyasallarının kullanımı için ilk sistematik bilimsel çalışmaların başlangıcı on dokuzuncu yüzyılın ortası olmuştur. 1867 yılında arsenik bileşiklerinin üzerindeki çalışmalar, saf olmayan bakır arsenik, yeşil renkli böcek boyasının (Paris yeşili) tanıtımına yol açmıştır (Kavuklu, 2005). Elde edilen Paris yeşili gibi arsenik bileşikleri ABD'de Colorado patates böceğine karşı kullanılmış ve bu durum 1860'lı yıllara kadar devam etmiştir. Arsenik bileşiklerinin yanında civa ve kurşun metal bileşikleri de kullanılmaya başlanmıştır (Güler ve Çobanoğlu, 1997:10-13).

İkinci Dünya Savaşı sırasında, DDT'nin böcek öldürme potansiyeli İsviçre'de keşfedilmiş ve böcek öldürücü organofosfor bileşikleri Almanya'da geliştirilmiştir. Yaklaşık olarak aynı zamanda da Britanya ve ABD'de fenoksi alkanoik asit (phenoxyalkanoic) grubu herbisitlerin ticari üretimi gerçekleştirilmiştir. 1945 yılında ilk toprak etkili karbamatlı herbisitler İngiliz işçi tarafından keşfedilmiş ve organik klorlu insektisit, ABD'de ve Almanya'da tanıtılmıştır. Kısa bir süre sonra da karbamatlı insektisitler İsviçre'de geliştirilmiştir (Kavuklu, 2005).

Pestisit gelişimi ve kullanım tarihinin anlamak, pestisitlerin nasıl ve neden su sistemlerinde bir çevre tehdidi oluşturduğu ve bu tehdit neden gelişmiş ülkelerde azalan bir sorun halinde iken gelişmekte olan birçok ülkede bir sorun olmaya devam etmekte olduğu Stephenson ve Solomon tarafından hazırlanan Çizelge 2.1'de kronolojik olarak anlatılmaktadır (Aydınalp ve Porca, 2004).

Çizelge 2.1. Pestisit gelişiminin kronolojisi (Aydınalp ve Porca, 2004)

| YIL        | ÖRNEK                                                                                      | KAYNAK                                                         | HEDEFLenen AMAÇ                                                                                                         |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1800-1920s | Erken organik nitro-fenoller, klorofenoller, kreozot, naftalin, petrol yağları.            | Organik Kimya, kömür gazı üretiminin ürünleri, vb.             | Genellikle spesifiklik eksikliği ve kullanıcı ya da hedef olmayan organizmalar için toksik                              |
| 1945-1955  | Klorlu organik, DDT, HCH, klorlu siklodienler                                              | Organik sentez                                                 | Kalıcı, iyi seçicilik, iyi tarım özellikleri, iyi bir halk sağlığı performans, dayanıklılık, zararlı biyolojik etkileri |
| 1945-1970  | Kolinesteraz inhibitörleri, organofosforlu bileşikler, karbamatlar.                        | Organik sentez, yapı-etki ilişkilerini iyi kullanmak.          | Düşük kalıcılık, bazı kullanıcı toksisitesi, bazı çevre sorunları                                                       |
| 1970-1985  | Sentetik piretroitler, avermektinler, juvenil hormon taklitleri, biyolojik böcek ilaçları. | Yapı aktivite ilişkileri, yeni hedef sistemleri iyileştirildi. | Seçicilik, direnç, maliyetler ve değişken kalıcılık bir eksiklik                                                        |

Dünyada tarımsal kimyasal pazarının %41,5'ini herbisitler, bitki büyüme düzenleyicileri ve büyüme engelleyiciler, %27.1'ini insektisitler, %21.5'ini fungusitler ve %9.9'unu ise diğer kimyasallar oluşturmaktadır. Pestisit tüketim miktarları bakımından Latin Amerika ülkeleri başı çekerken, Japonya, Çin, Malezya ve Yeni Zelanda ise yüksek pestisit kullanımı ile dikkat çeken ülkeler arasındadır. Avrupa ülkelerinden de Hollanda ve İtalya yüksek pestisit kullanımlarıyla öne çıkmaktadır (Kaymak ve Serim, 2015).

Türkiye pestisit tüketiminde; toplam pestisit tüketim miktarı (ton/yıl) 1979, 1987 1994, 1996, 2002 yıllarında sırasıyla 8.396, 12.112, 10.872, 13.797, 12.199 olduğu görülmekte olup 23 yılda %45 artış meydana gelmiştir. 2008-2015 yılları arasında ise pestisit tüketiminde dikkate değer bir artış gözlenmemekle beraber bu yıllar arasında artış ve azalışlar olmuştur. 2015-2017 yılları arasında %38'lik bir artış gözlemlenmiştir. Türkiye pestisit tüketimi, 1979 yılında 8.396 ton iken, 2017 yılında 54.098 tona ulaşmıştır (Yeşil ve

Ögür, 2011; tuik.gov.tr, 2018). Çizelge 2.2.'de Türkiye'de yıl bazında pestisit tüketim miktarları gösterilmektedir.

Çizelge 2.2. Türkiye'de yıl bazında pestisit tüketim miktarları (Ton) (tuik.gov.tr, 2018)

| Yıllar | İnsektisitler | Fungisitler | Herbisitler | Akarisitler | Rodentisitler | Diğer | Toplam |
|--------|---------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------|--------|
| 2006   | 7.628         | 19.900      | 6.956       | 902         | 3             | 9.987 | 45.376 |
| 2007   | 21.046        | 16.707      | 6.669       | 966         | 51            | 3.277 | 48.716 |
| 2008   | 9.251         | 16.707      | 6.177       | 737         | 351           | 5.613 | 38.836 |
| 2009   | 9.914         | 17.863      | 5.961       | 1.533       | 78            | 2.302 | 37.651 |
| 2010   | 7.176         | 17.396      | 7.452       | 1.040       | 147           | 5.344 | 38.555 |
| 2011   | 6.120         | 17.546      | 7.407       | 1.062       | 421           | 6.978 | 39.534 |
| 2012   | 7.264         | 18.124      | 7.351       | 859         | 247           | 8.766 | 42.611 |
| 2013   | 7.741         | 16.248      | 7.336       | 858         | 129           | 7.128 | 39.440 |
| 2014   | 7.586         | 16.674      | 7.794       | 1.513       | 149           | 6.007 | 39.723 |
| 2015   | 8.117         | 15.984      | 7.825       | 1.576       | 197           | 5.327 | 39.026 |
| 2016   | 10.425        | 20.485      | 10.025      | 2.025       | 259           | 6.835 | 50.054 |
| 2017   | 11.436        | 22.006      | 11.759      | 2.452       | 236           | 6.209 | 54.098 |

#### 2.4. Pestisit Toksisitesi

Pestisitlerle ilgili ilk ciddi eleştiri biyolojist Rachel Carson'un 1962 yılında yayımladığı "Silent Spring" (Sessiz Bahar) kitabıyla ortaya çıkmıştır. DDT ve klorlu hidrokarbonların çevredeki dayanıklılığını, insan ve hayvanların yağ dokularında birikimini, hedef olmayan veya olmaması gereken türler üzerindeki toksik etkisiyle, ekolojik ve insan sağlığıyla ilgili yıkıcı etkilerini dile getirmiştir. Pestisitler biyolojik birikimle canlıların vücutlarında yoğunlaşabilmekte (bioconcentration, biomagnification), bu zincirde hareket ederken her aşamada daha büyük bir orana ulaşmaktadır (Güler ve Çobanoğlu, 1997:10-13).

Pestisitler genellikle suya karıştırılarak, farklı özelliklere sahip aletlerle, direkt olarak ürünler üzerine uygulanmaktadır. Yer aletleriyle yapılan ilaçlamalar çok yaygın olarak tercih edilmekle birlikte, birçok ülkede havadan ilaçlamalar da yaygın olarak kullanılmaktadır. Katı formülasyonlar genellikle üretimin başlangıcında tohum ilacı olarak ya da hasat sonrası depolanan ürünlerde kullanılmaktadır. Granül herbisitler, insektisitler ve fungisitler doğrudan doğruya toprağa uygulanmaktadır (Yıldız, Gürkan, Turgut, Kaya ve Ünal, 2005).

Pestisitlerin toksisiteleri ile ilgili birçok tanım mevcuttur. Bu tanımlar belirli hayvanların pestisite belirli bir süre maruz kalmasından sonra hayvanda oluşan toksisite içindir. Bu tanımlar hedef haşerelere ya da insanlar ile hedef olmayan hayvanlara uygulanabilir. Toksisite ölçümü için kullanılan birimlerin en yaygın olanları LD<sub>50</sub> ve LC<sub>50</sub> dir. LD<sub>50</sub> maddelerin toksisitelerinin bir ölçütüdür. LD<sub>50</sub> test edilen hayvanların yarısını öldüren pestisit dozudur. LD<sub>50</sub> belli bir süre zarfında belirli bir hayvan türü için uygulanan pestisitten etkilenen nüfusun yarısının ölmesi için vücudunda bulunması gereken miktardır. LC<sub>50</sub> toksisitenin bir diğer ölçütüdür. LC<sub>50</sub> test edilen hayvanların belli bir süre zarfında yarısını öldüren maddenin ağız yoluyla alınması gereken konsantrasyonudur. LC<sub>50</sub> test edilen hayvanlarda etkilenen hayvan nüfusunun yarısını öldürecek olan madde miktarıdır. Bu öldürücü konsantrasyon hava ya da su ortamında bulunabilmektedir (Baumann ve diğerleri, 1913).

Birçok pestisit hedef dışı organizmalarda doğrudan toksik etkilere sahip olmamakla birlikte, ekosistemde taşınmakta ve zararlı olabilmektedir. Pestisitlerin kirliliğe neden olma yolları;

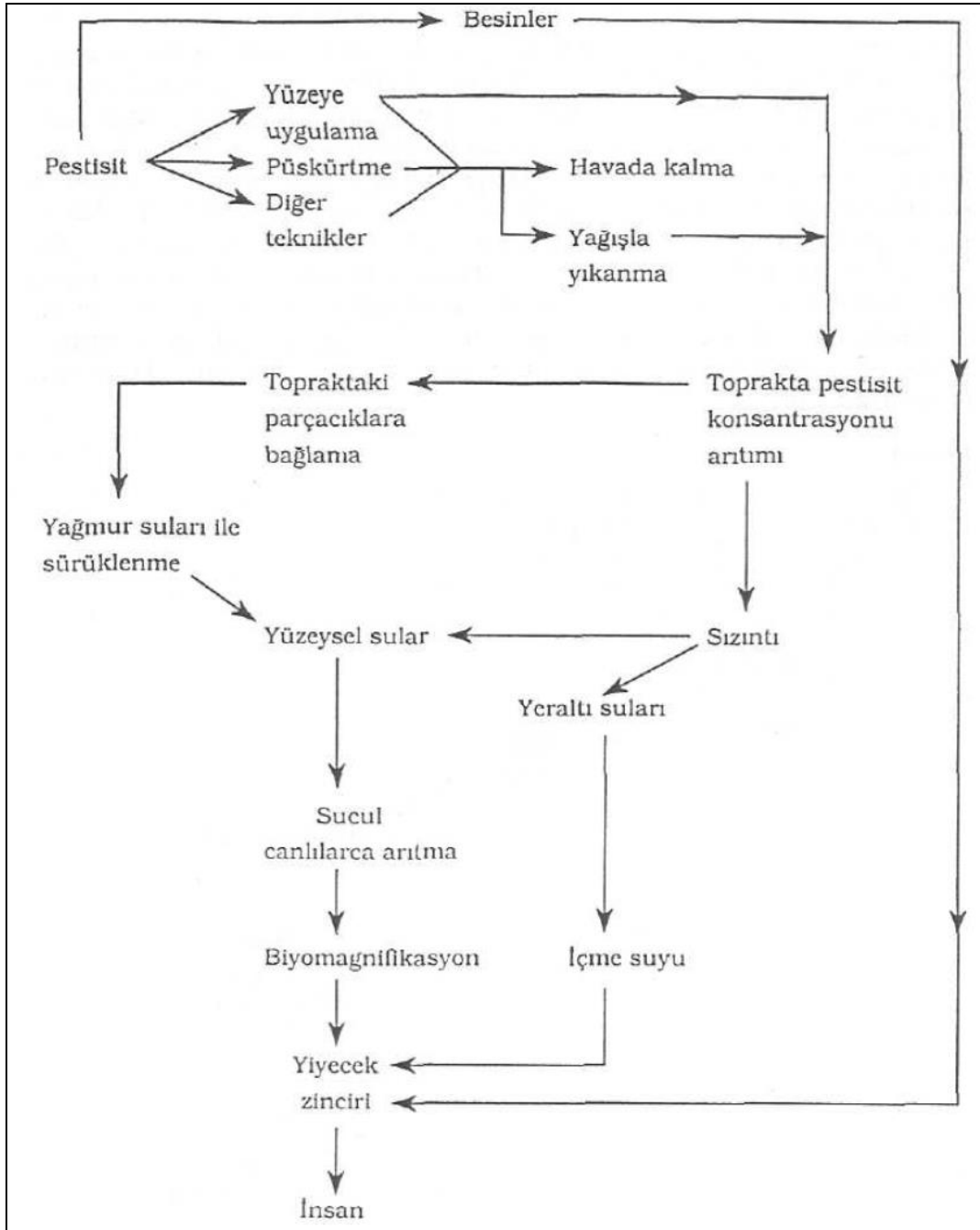
- Yüzey ve yer altı sularına direkt bulaşma
- Toprağa bulaşma
- Hedef dışı organizmalara doğrudan bulaşma
- Hedef dışı organizmalara kalıntılar ya da kalıcı bileşikler nedeniyle bulaşması (Yıldız ve diğerleri, 2005)

Pestisitlerin uygulanması sırasında bir kısmı evaporasyon ve dağılma nedeniyle kaybolurken, bir kısmı da bitki üzerinde ve toprak yüzeyinde kalmaktadır. Havaya karışan pestisit rüzgârlarla taşınıp; sis ve yağışlarla tekrar yeryüzüne dönebilir. Bu yolla hedef olmayan diğer organizma ve bitkilere ulaşan pestisit, bunlarda kalıntı ve toksisiteye neden olabilir.

Hava; pestisit partiküllerini uzun mesafelere götürme özelliğine sahiptir. Havanın bu özelliğinden dolayı pestisit uygulamaları sırasında sürüklenmeler meydana gelir. Havada kontrol edilemeyen pestisitler, suyollarına, evlere ve yeşil alanlara ulaşarak; insanlara, evcil hayvanlara, yaban hayatına ve hassas bitkilere zarar verebilirler.

Toprak ve bitki uygulamalarından sonra toprak yüzeyinde kalan pestisitler, yağmur suları ile yüzey akışı şeklinde veya toprak içerisinde aşağıya doğru yıkanmak suretiyle taban suyu ve diğer su kaynaklarına ulaşabilirler. Eğim, bitki örtüsü, formülasyon, toprak tipi ve yağış miktarına bağlı olarak taşınan pestisitler yeraltı sularına geçebilirler. Pestisitler yeraltı suyuna ulaştıktan sonra da parçalanmaya devam ederler. Fakat daha az ışık, sıcaklık ve oksijen nedeniyle daha düşük oranda parçalanırlar. Yeraltı suyu kirlendiği zaman; kirli su akıntıları, nehirler ve göllerde de bulaşma görülebilir.

Bitki üzerine atılan ilacın büyük bir kısmı toprağa düşer. Uygulanan pestisitlerin kalıcı olması halinde önemli sakıncaları ortaya çıkar. Toprak pestisitlere karşı etkili tampon ve filtre görevi yaparak zararlı maddeleri fizikokimyasal ve biyolojik yollarla tutar. Toprağa geçen pestisitler güneş ışınlarının etkisiyle fotokimyasal degradasyona, bitki, toprak mikroorganizmaları ve diğer organizmaların etkisiyle biyolojik degradasyona uğramakta; toprak katı maddeleri (kil ve organik madde) tarafından adsorplanıp (yüzeyde tutunma) desorplanmakta (yüzeyden ayrılma) veya kimyasal degradasyona uğramaktadırlar. Toprak içine geçmiş pestisitler kapiller su vasıtasıyla toprak yüzeyine taşınmakta ve buradan havaya karışabilmektedir. Toprağın yapısı, kil tipi ve miktarı, organik madde içeriği, demir ve alüminyum oksit içeriği, pH'ı ve toprakta var olan baskın mikroorganizma türleri tüm bu olayları etkileyen faktörlerdir. Toprakta pestisitinin tutulmasıyla, hareketi ve biyolojik alımı engellenmekte ve çeşitli şekillerde degradasyonu ile ya toksik özelliğini kaybetmekte ya da daha toksik metabolitlerine dönüşebilmektedir (Bingöl, 2009).



Şekil 2.1. Pestisitlerin doğadaki hareketleri (Issa ve Çiftçioğlu, 2006)

Aşırı ve bilinçsiz kullanım sonucu artan pestisit tüketimi çevre kirlenmesi ve insan sağlığı açısından çeşitli sorunların ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu sorunlar aşağıda sıralanmıştır.

- Pestisitler kanser, doğum anormallikleri, sinir sistemi zararları ve uzun dönemde oluşan yan etkilere neden olurlar,
- Pestisitler ve parçalanma ürünleri toksik maddeleri içerirler,
- Parçalanma ürünlerinden bazıları ana pestisitten daha toksik ve kalıcıdır,

- Uygulanan pestisite ve uygulama koşullarına bağlı olarak, çevre kirliliğine neden olmaktadır,
- Aşırı buharlaşabilenler soluduğumuz havayı kirletmektedir,
- Aşırı kullanımı organizmalarda ilaca karşı direnç oluşturmakta, pestisit uygulaması başarısız olmaktadır,
- Hedef alınan ve alınmayan zararlıların doğal düşmanlarını ve faydalı organizmaları da öldürerek yeni salgınlar oluşturmaktadır (Yeşil ve Ögür, 2011).

Sucul hayvanlar ve bitkiler, kuşlar ve hayvanlara göre çok daha fazla pestisite maruz kalmaktadır. Çünkü onlar su ile çevrili bir ortamda yaşamlarının tümünü geçirmektedir. Literatürde "in the soup" olarak bilinen iki maruziyet yoluyla su bitkileri ve hayvanları toksik etkilere karşı çok duyarlı hale getirmektedir. Bu yollardan biri çözülmüş pestisitlerin emiliminin gerçekleştiği su ve sedimanlar içinde yaşamak olurken diğeri su hayvanları için, yedikleri gıda ile pestisit alımının gerçekleşmesi şeklindedir (Kegley, Neumeister ve Martin, 1999).

Kullanılan pestisit en az bir kere sucul ortamdan geçmektedir. Sucul ortama ulaşması; doğrudan suya uygulamayla, yüzey sularından taşınım, kullanılan pestisit atığının atılmasıyla, ilaç kalıntıları içeren bitki ve toprakların su kaynakları ile temasıyla, kullanılan malzemelerin su kaynaklarında yıkanmasıyla ve hava sirkülasyonu gibi yollarla taşınmasıyla olmaktadır. Bu suların gerek içme gerekse şebeke suyuna karışması sonucu insan sağlığı da büyük tehlike altına girmektedir.

Suda çözünürlüğü 10 mg/L den fazla olan pestisitler uygulandığı ekim ortamından sızarak doğal sulara karışırken çözünürlüğü 10 mg/L den az olanlar toprakta absorbe edilir. Bu sızma sonucunda sucul canlılar üzerinde akut veya kronik zehir etkisi yapabilir. Bu etki sonucunda canlıda; fiziksel ve morfolojik bozukluklara, üreme bozukluklarına (yumurtayla çoğalan canlılarda), yumurtada kabuk bozukluklarına, en önemlisi de canlıda birikimiyle ekosistemde artarak aktarılmasına neden olmaktadır. Çizelge 2.3'te Pestisitlerin farklı ortamlarda dağılım yüzdeleri görülmektedir (Topçu Sulak, 2012).

Çizelge 2.3. Pestisitlerin farklı ortamlarda dağılım yüzdeleri (Topçu Sulak, 2012)

| ORTAM |                                    |            | Pestisit Birikim<br>Yüzdesi (%) | Toplam (%) |
|-------|------------------------------------|------------|---------------------------------|------------|
|       | Karasal ve Kıyusal<br>Su Ortamları | Hava       | 0.13                            | 38.23      |
|       |                                    | Akarsu     | 0.94                            |            |
|       |                                    | Deniz suyu | 0.64                            |            |
|       |                                    | Toprak     | 0.64                            |            |
|       |                                    | Sediment   | 34.73                           |            |
|       |                                    | Biyota     | 1.15                            |            |
|       | Okyanuslar                         | Hava       | 0.21                            | 61.77      |
|       |                                    | Deniz suyu | 61.45                           |            |
|       |                                    | Sediment   | 0.03                            |            |
|       |                                    | Biyota     | 0.07                            |            |

## 2.5. Sentetik Piretroitler

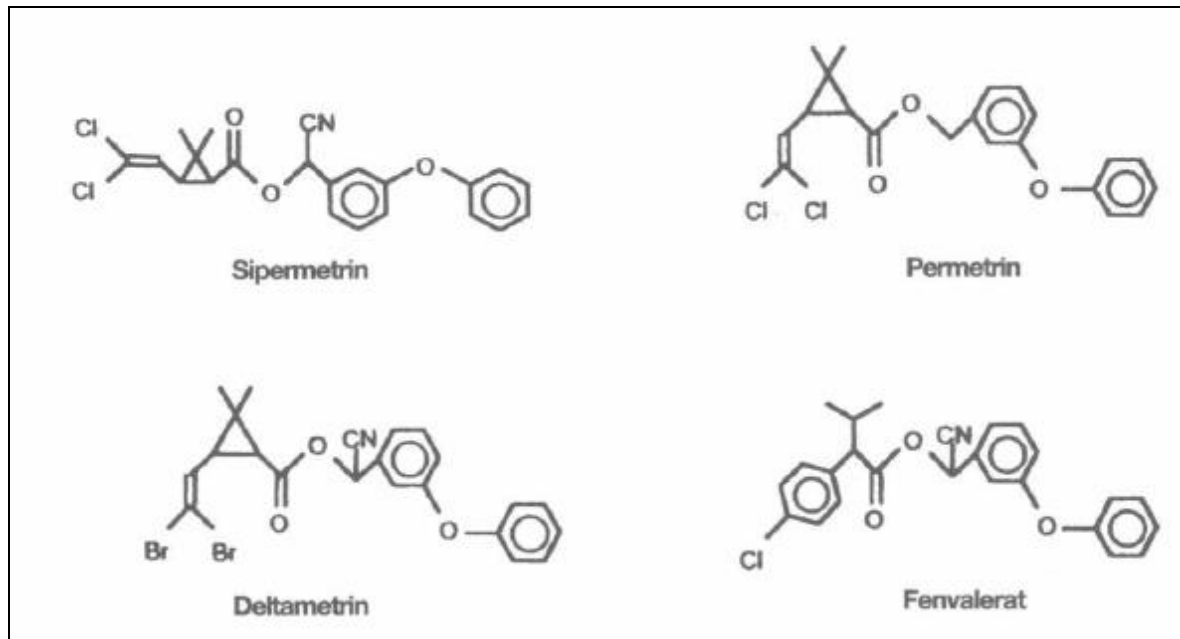
Sentetik piretroitler kontakt ve mide zehiri etkilidirler. İnsektisit etkileri yüksek, sıcakkanlılara etkileri ise düşüktür. İlk sentetik piretroit; İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra doğal bitkisel insektisitlerden olan pyrethrinin sentetik olarak üretilmesiyle elde edilmiştir. Ancak bunlar ışıktan bozulduklarından önceleri sadece ev zararlılarına karşı kullanılmışlar, tarımda faydalanılma imkânları olmamıştır. Nihayet 1973 yılında ışığa dayanıklı sentetik piretroitler sentezlenmiştir. 1975 yılından sonra böceklerle karşı hızla kullanılmaya başlanmıştır (Atamanalp ve Cengiz, 2002).

Piretroitler *Chrysanthemum cinerariaefolium* bitkisinin çiçeklerinde bulunan toksik bileşenler olan pirethrinlerin sentetik türevleridir. Sentetik piretroitler, memeli ve kuşlar için daha az kalıcı ve toksiktir (Sayeed, Parvez, Pandey, Bin-Hafeez, Haque ve Raisuddin, 2003). Ancak bir dizi hedef dışı organizmalarda mesela arılar, tatlı su balıkları ve diğer suda yaşayan organizmalar gibi canlılarda çok düşük konsantrasyonlarda bile oldukça toksiktir (Oudou, Alonso ve Bruun Hansen, 2004). Piretroit pestisitler, güçlü insektisit özelliklerinden ve çoğu hedef alınmayan hayvanlara, özellikle memelilere non-toksik olmalarından dolayı organoklorlu ve organofosfatlı pestisitlere göre daha çok tercih edilir

ve kullanılırlar. Piretroitler kolay bir şekilde metabolize edilmelerinden dolayı çoğu hayvanda oldukça kısa bir ömüre sahiptir. Fakat balıklarda durum böyle değildir. Çünkü balıklar, piretroitleri hidrolize eden enzim sistemlerinden yoksundurlar (Haya, 1989).

Sentetik piretroitler ne tam metabolize olurlar ne de çabucak zehirliliklerini kaybederler. Bu nedenle kalıntı ve birikimleri ciddi problemlere sebep olur. Sularda pestisitlerin ağır kontaminasyonları oksijen kıtlığına dolayısıyla da zehirlenmelere öncülük eder ve en nihai olarak da balıkların kitlesel ölümlerine yol açarlar (Atamanalp ve Cengiz, 2002).

Pestisitler içinde zararlılara karşı en yaygın olarak kullanılan grup, insektisitlerdir. Dünyada kullanılan insektisitlerin %30'unu sentetik piretroitler oluşturmaktadır ve hedef organizmaya karşı çok toksik, kuşlar ve memelilere karşı az toksik olmaları nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedirler. Sentetik piretroitler, toksik etkilerini memeliler ve/veya böceklerdeki sodyum kanalları üzerinde göstererek, periferik ve merkezi sinir sistemlerindeki aksonları etkileyen sinir sistemi zehirleridir (Çalışkan, 2010). Şekil 2.2. önemli sentetik piretroitler görülmektedir (Vural, 2005). Bazı piretroitler (deltametrin, fenvalerate, cyhalothrin, lambda-cyhalothrin, flucythrinate ve cypermethrin) insan derisine muamele edildiklerinde kaşıntı ve yanma hissedilebilir (Başer, Erkoç, Selvi ve Koçak, 2003).



Şekil 2.2. Önemli sentetik piretroitler (Vural, 2005)

Sentetik piretroitler memelilerde ester hidrolizi, oksidasyon ve konjugasyonla metabolize edildiğinden; dokularda birikme eğilimi göstermezler. Bu yüzden organizmalardaki biyolojik birikimleri azdır. Doğada, sentetik piretroitler, oldukça hızlı bir şekilde toprakta ve bitkilerde yıkıma uğrarlar. Ester hidrolizi ve oksidasyon önemli yıkım reaksiyonlarıdır. Piretroitler toprak ve sediment tarafından kuvvetle adsorbe edilirler. Piretroitlerin toksisite seviyeleri, sudaki sıcaklığın ve asitliğin artmasıyla artar. Doğal piretroitlerin yağdaki çözünürlükleri fazladır. Fakat kolayca adsorbe olduklarından vücutta birikmezler. Az uygulanmaları ve çevreye bağlı hızlı yıkıma uğramaları nedeniyle yiyeceklerdeki kalıntıları azdır. Dolayısıyla "güvenilir" kabul edilmektedir (Başer ve diğerleri, 2003).

Piretrinlere maruz kalma ile ortaya çıkan toksisite belirtileri tip I ve tip II olmak üzere iki grupta toplanabilir:

- 1) Tip I'e giren piretrinlerle (piretrin I, alletrin, tetrametrin gibi) ortaya çıkan belirtiler uzuvlarda tonik hareketler (tremorlar) dikkati çeker. Siyano grubu taşımayan piretrinlerle görülen bu sendroma "T sendromu" adı verilir.
- 2) Tip II veya CS sendromu ise siyano grubu taşıyan piretrinlerle (sipermetrin, deltametrin, fenvalerat gibi) görülür. Başlıca belirtiler salivasyon, kronik konvülsiyonlar şeklindedir (Vural, 2005).

Çizelge 2.4. Sentetik organik pestisitlerin etki mekanizmaları (Özkaya, Çeliker ve Koçer-Giray, 2013)

| Sentetik Organik Pestisitler | Etki Mekanizması                                                                               | Örnek                             |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Karbamatlar                  | Asetilkolinesterazın inhibasyonu ile sinir sistemi fonksiyonunu bozar.                         | Karbaril, Aldikarb, Maneb         |
| Organoklorlu Bileşikler      | Sinir membranlarının depolarizasyonlarına sebep olarak sinir sistemi fonksiyonunu bozar.       | DDT, Lindan, Klordan, Klordekan   |
| Organofosfatlar              | Asetilkolinesterazın inhibasyonu ile sinir sistemi fonksiyonunu bozar.                         | Paration, Malathion, Diazinon     |
| Sentetik Piretroitler        | Sinir membranlarının sodyum iyonu geçirgenliğini etkileyerek sinir sistemi fonksiyonunu bozar. | Deltametrin, Permetrin, Fenvalent |

Piretroit pestisitlerin başlıca hedefleri, sinir membranlarının sodyum kanallarıdır (Eells, Rasmussen, Bandettini ve Propp, 1993), nörotransmitter salınışı etkiledikleri ve kalsiyumun transport sisteminde değiştirdikleri meydana getirdiği gözlenmiştir (Matsumura, 1987). Piretroitler, fosforilasyon inhibisyonuna da neden olmaktadır (Miyazawa ve Matsumura 1990). Bu inhibisyon, piretroitlerin primer moleküler hedefi olan sodyum kanalları (Eells ve ark., 1993) ile kalsiyum pompaları için gerekli enerjiyi sağlayan  $Ca^{++}$  ve  $Ca^{++}/Mg^{++}$  ATPaz aktivitesi ile ilişkilendirilebilir (Matsumura, 1987).

Piretroitlerin sentetik analogları; alletrin, bioresmetrin, permetrin ve deltamethrin'dir. Allethrin, (+) (R) ve (-) (S) krizantemik asitlerin bir rasemik karışımından hazırlanmıştır. Bioresmetrin'de, doğal ürünlerin siklopentenon halkasının yeri yapısal olarak daha basit olan benzilfuran tarafından alınmıştır. Bu bileşik aşırı derecede güçlüdür, ışığa hassasiyeti yüzünden kısa ömürlüdür. Permetrin ise, krizantemik asit kısmında iki klor atomu ve fenil eter grubu içerir. Deltamethrin ise krizantemik asit kısmında iki brom içerir. Balıklar için oldukça toksiktir (Alloway ve Ayres, 1997:311).

Çizelge 2.5. Bazı piretroitler için toksisite verileri (Alloway ve Ayres, 1997:311)

| Bileşik                   | Sıçan LD <sub>50</sub> (mg/kg) | Balık LC <sub>50</sub> (mg/l) | Yorum                        |
|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Pyrethrin                 | 600-900 <sup>a</sup>           | 114 (kedi balığı)             | Arılarda zehirli             |
| Allethrin                 | 1100                           | 17 (alabalık)                 |                              |
| Bioresmethrin             | 7000                           | 0.5 (lepistes)                | Arılarda zehirli             |
| Permethrin <sup>b</sup>   | 400-4000                       | 0.009 (alabalık)              |                              |
| Deltamethrin <sup>c</sup> | 1000                           | 0.0012 (aybalığı)             | Açık havada arılara zararsız |

<sup>a</sup> cinsiyet, yaş ve cis/trans oranına bağlıdır

<sup>b</sup> toprakta yarılanma ömrü < 38 gün

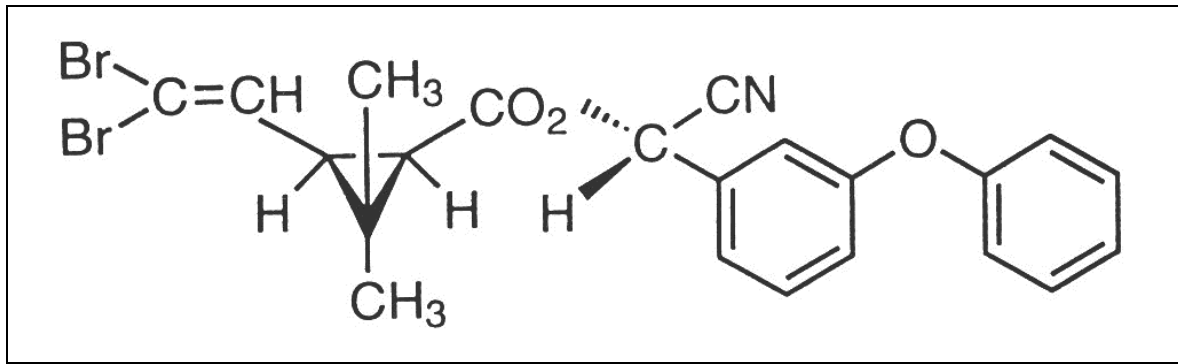
<sup>c</sup> biyolojik olarak parçalanma 10 gün içinde bitkiler, 1-2 hafta içinde toprakta

## 2.6. Deltamethrin

Deltamethrin piretroit ailesine ait bir insektisittir. Piretroitler krizantem çiçeklerinden (*Chrysanthemum* flowers) izole edilmiş, piretrinleri taklit etmek için insanlar tarafından yapılmış sentetik bileşiklerdir. Deltamethrin çimenler, süs bahçeleri, golf sahaları açık havada kullanılabilen, en saf haliyle, kokusuz ve hafif bej kristalli renksiz veya beyaz renkli bir maddedir. Deltamethrin ilk kez 1974 yılında tanımlanmış ve 1978 yılında pazara girmiştir (npic.orst.edu).

Parazitlere karşı yüksek düzeyde etkinliğe sahip piretroitlerin bir üyesi olan Deltametrin [(S)-a-cyano-3-phenoxybenzyl (1R,3R)-3-(2,2-dibromovinyl)-2,2-dimethylcyclopropane carboxylate] bu grubun genel özelliklerini taşıyan sentetik dibromo - piretroit yapısında çok etkili bir bileşik olarak tanımlanmaktadır. Deltametrin'in tarım, halk sağlığı koruma programları, çiftlik ve ev hayvanları başta olmak üzere geniş bir kullanım alanı vardır (Özkan ve Üstüner, 2012).

Moleküler formül:  $C_{22}H_{19}Br_2NO_3$



Şekil 2.3. Deltametrinin kimyasal yapısı (Arbjörk, 2004)

Deltametrin Tip II piretroitdir. Etki mekanizması ana moleküler modu sinir sisteminin aşırı uyarımından gelen sodyum kanalı kinetiği modifikasyonudur (Decourtye, Devillers, Cluzeau, Charreton ve Pham-Dele`gue, 2004).

Deltametrin en aktif piretroit pestisitlerden biri olup geniş bir etkinlik alanına sahiptir. Deltametrin suda zor çözünür, ancak etanolde iyi bir şekilde çözünmektedir. Deltametrin, yüksek molekül ağırlığına ve düşük uçuculuğa sahip lipofilik bir bileşiktir. Böceklerden büyük bir gruba temas ve mide yolu ile etki eden kuvvetli bir insektisittir. Meyve, sebze ve tarla bitkilerindeki birçok böceğe karşı kullanılmaktadır. Rezidüel etkisi oldukça yüksektir. Deltametrin ayrıca su ürünleri yetiştiriciliğinde dezenfektan olarak kullanılan bir antibiyotik türüdür. Dış parazit, mantarlarla (fungisit) mücadelede ve antiseptik amaçlarla da kullanılmaktadır (Kurt, 2013).

Deltamethrinin böcekleri öldürmek için çeşitli ürünleri bulunmaktadır. Aerosoller, spreyler, tozlar, granüller ve ıslanabilir toz ilaçlar gibi çeşitli şekilde formüle edilebilmektedir. "Çin Chalk" veya "Mucizevi Chalk" olarak bilinen yasadışı, kayıt dışı

ürünler genellikle aktif madde olarak deltametrindir içerir. "Çin Tebeşir", "Mucizevi Tebeşir" vb. ürünler Amerika Birleşik Devletlerinde yasadışı ürünler olarak belirlenmiştir (npic.orst.edu).

Deltamethrin doğrudan temas yoluyla böcekleri öldürdüğü gibi böcekler tarafından yenilmesi de öldürücü etki yaratmaktadır. Deltamethrin vücutta normal işleyen sinir sistemi işlevini bozarak etki göstermektedir. Memelilerde yüksek vücut ısı ve böceklerle göre vücut büyüklüğü daha fazla olduğundan daha az toksiktir (npic.orst.edu).

Deltamethrin balıklar için son derece toksiktir, 96 saatlik LC<sub>50</sub> değeri 0.4 ve 2.0 µg/litre arasındadır. Aynı zamanda suda yaşayan omurgasızlar için de son derece zehirlidir; *Daphnia* için 48 saatlik LC<sub>50</sub> değeri 5 µg/litre dir (www.inchem.org). Saha çalışmaları ve gerçek kullanım deltamethrinli formülasyonları uygulamada arılara zarar vermediği ve aslında 2-3 saat süren uzaklaştırıcı etkisi olduğu görülmüştür. Deltamethrin kuşlarda hemen hemen toksik olmadığı görülmüş olup toprak, deltametrin ile işleme tabi tutulduğu zaman solucanları etkilemediği gözlemlenmiştir (npic.orst.edu).

Deltamethrin Tip II piretroitin klinik zehirlenme belirtileri titreme, tükürük ve konvülsiyon sayılabilir. Belirtiler başlangıçta hızlıdır ve ancak hayatta kalanlarda birkaç gün içinde kaybolur. Sıçanlara, 13 hafta içinde vücut ağırlığına göre günde en çok 10 mg/kg olmak üzere deltametrin enjekte edildiğinde, 6 hafta sonunda yüksek doz verilen erkek deneklerde hipereksitabilite gözlemlenmiştir (www.inchem.org).

Fareler 100 mg/kg deltametrin ile 24 ay boyunca beslendiğinde, bu süre zarfında tümör insidansı etkilenmediği gibi sistemik toksik için hiçbir etkinin gözlenmediği tespit edilmiştir. Sıçanlar 2 yıl boyunca 50 mg/kg seviyelerinde deltametrin beslendiğinde hiçbir tümör gözlenmediği gibi sistemik toksik için hiçbir etkinin gözlenmemiştir. Ayrıca sıçanlar 3 nesil boyunca üreme aşamalarında en fazla 50 mg/kg olarak beslendiklerinde de üreme üzerinde herhangi bir etki gözlenmemiştir (www.inchem.org).

Teratoloji çalışmaları, hamile sıçan ve fareler üzerinde ana organogenez süresince vücut ağırlığı düzeyinde günde en fazla 10 mg/kg deltametrin ağızdan tatbik edilerek gerçekleştirilmiştir. Teratojenik ya da üreme etkileri; fare ile gerçekleştirilen çalışmada doza bağlı olarak fetal ağırlıkta bir azalma dışında bir etki görülmemiş; sıçan ile

gerçekleştirilen çalışmada biraz gecikmeli kemikleşme olduğu görülmüştür. Tavşanlara hamileliklerinin 6-19 günleri arasında vücut ağırlıklarına göre günde en fazla 16 mg/kg deltametrin verilmiş, ortalama fetal ağırlık kaybının en yüksek dozda olduğu kaydedilmiş ve teratojenik etki tavşanlarda görülmüştür. Ancak Deltametrin, bazı organofosforlu bileşikler ile kombine edildiğinde toksisite etkisinin arttığını gösteren belirtiler de mevcuttur (www.inchem.org).

Deltamethrin toprak partiküllerine sıkıca bağlanabilmektedir. Toprakta 5,7- 209 gün arasında gün arasında değişen bir yarı ömre sahipken bitki yüzeyleri üzerinde 5,9-17 gün arasında değişen bir yarı ömre sahiptir. Yarılanma ömrü, toprak kimyası, sıcaklık, su içeriği ve topraktaki organik madde miktarına göre değişiklik göstermektedir. Deltamethrinin yüksek kil veya organik madde içeriği fazla olan topraklarda bozunması daha zordur. Deltamethrin topraktaki mikroplar, ışık ve su tarafından bozunmaya uğramaktadır. Deltamethrin bozunmasıyla oluşan ürünler deltamethrin göre toprakta daha kolay hareket ettiği gözlemlenmiştir (npic.orst.edu). Deltamethrinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri, Çizelge 2.6. 'da listelenmiştir (www.inchem.org).

Çizelge 2.6. Deltametrin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (www.inchem.org)

|                                        |                                            |
|----------------------------------------|--------------------------------------------|
| Fiziksel durum                         | Kristal toz                                |
| Renk                                   | Renksiz                                    |
| Koku                                   | Kokusuz                                    |
| Yoğunluk (20°C)                        | 0.5 g / cm <sup>3</sup>                    |
| Nispi molekül kütlesi                  | 505,24                                     |
| Erime noktası                          | 98-101°C                                   |
| Kaynama noktası                        | 300 ° C üzerinde parçalanır                |
| Suda Çözünürlüğü (20°C)                | <0,002 mg / litre (pratik olarak çözünmez) |
| Organik çözücüler içinde çözünürlük    | Çözünür *                                  |
| Buhar basıncı (25 ° C)                 | 2.0 x 10 <sup>-6</sup> Pa                  |
| n-oktanol-su bölme katsayısı (Log Pow) | 5,43                                       |

\*aseton (500 g/litre), etanol (15 g/litre), sikloheksanon (750 g/litre), dioksan (900 g/litre), ksilen (250 g/litre), etil asetat

## 2.7. Tatlı Su İstakozu

*Astacus leptodactylus*'un Sistematığı:

Alem: Animalia

Şube: Arthropoda

Alt Şube: Crustacea

Sınıf: Malacostraca

Takım: Decapoda

Alt Takım: Astacidea

Familiya: Astacidea

Cins: *Astacus*

Tür: *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823)

*Astacus leptodactylus*, dar-pençeli kerevit (popüler ismi "Türk kerevit"), Türkiye'de yerli tatlı su kerevit türüdür (Holdich, 2002). Ayrıca Galiçya, bataklık veya gölet kerevit olarak bilinir (Demiröl, Gündüz, Yüksel, Güler, Beri ve Yıldırım, 2017). *A. leptodactylus* Türkiye'nin birçok yerinde göl ve göletlerde yaygın bir dağılıma sahiptir (Harlıoğlu ve Harlıoğlu, 2006). Derin ve sığ göller, küçük dereler, nehirler, göletler, barajlar ve nehir ağzındaki adapte edilebilme koşulları ile bir dizi çeşitli habitatları oluşur (Benli, Dinçel, Alparslan, Selvi, Sarıkaya, Özkul ve Erkoç, 2013).

*Astacidae* familyasına ait olan *Astacus leptodactylus* orijinal olarak Türkiye, Ukrayna, Güneybatı Rusya, İran, Kazakistan, Belarus, Slovakya, Bulgaristan, Romanya ve Macaristan'a kadar geniş bir alanda dağılım göstermektedir. Bu tür günümüzde 27 ülkede bulunmaktadır. Ayrıca 14 ülkeye (Çek Cumhuriyeti, Polonya, Almanya, Finlandiya, Danimarka, Hollanda, İngiltere, Litvanya, Letonya, Fransa, İsviçre, Avusturya, İspanya ve İtalya) aşılanmıştır. Aşılanmanın sebebi, *Astacus leptodactylus*'un plak hastalığına karşı dirençli olmasından kaynaklanmaktadır (Didinen, Ekici, Diler, Bahadır Koca ve Arife, 2010). Anadolu'nun bir çok göl, baraj gölü ve akarsularında doğal olarak bulunan bu türün 1968 yılından beri artan ihracat imkanlarıyla balıkçılarımız için 1990'lı yıllara kadar iyi bir gelir kaynağı olmuştur (Alpbaz, 2005:331).

*Astacus leptodactylus* ekonomik önemi nedeniyle gerek yeni populasyonların oluşturulması gerekse de kerevit vebasından etkilenen stokların restorasyonu amacıyla

Türkiye’de de birçok tatlı suya bırakılmıştır. Bunun bir sonucu olarak Türkiye’de kerevit avcılığı yapılan 33 alan ortaya çıkmıştır (Harlıoğlu, 2004). Türkiye’de tatlı su istakozunun sadece avcılık yolu ile üretimi yapılmakta ve elde edilen ürünün tamamına yakını ihraç edilmektedir. Ülkemizde bu türün avcılığı yurt dışında kerevite olan talebin arttığı 1960’lı yılların son zamanlarına dayanmaktadır. 1979-1985 yılları arasındaki yıllık kerevit üretimi 6-7 bin ton civarında iken, 1985’ten sonra aşırı avcılık kirlilik ve *Aphanomyces astaci*’nin neden olduğu kerevit vebası dediğimiz hastalıktan dolayı toplam kerevit üretiminde ciddi bir azalma olmuş, 5 000 tonlardan 200 tonlara kadar düşmüştür (Erol, Özkök, Küçükkara ve Çınar, 2010).

## **2.8. Omurgasız Hayvanlarda Bağışıklık Sistemi**

Omurgasız hayvanların kıkırdak ve kemiklerden oluşan iskeletleri yoktur. Bazı omurgasız hayvanların vücutlarında iskelet görevi gören değişik yapılar vardır. Örneğin yengeçlerde bulunan sert kabuk ve böceklerdeki kitin adı verilen örtü iskelet görevi yapar. Çoğunluğu karada ve nemli bölgelerde yaşarlar. Hayvanların en basit bireylerini içerirler. Karada yaşayanları deri ve trake solunumu yaparken sulara yaşayanları yüzey ve solungaç solunumu yaparlar. Altı gruba ayrılarak incelenirler.

### Süngerler

En ilkel hayvan grubudur.

Sularda bir yere tutunarak yaşarlar.

Vücutlarında doku ve organ farklılaşması yoktur.

Sudaki besin parçacıklarıyla beslenirler.

Yumurta oluşumu ve tomurcuklanma ile çoğalırlar.

### Sölenterler

Vücutlarında tam bir doku ve organ farklılaşması görülmez.

Basit bir sindirim kanalı ve ağısı sinir yapılarını taşırlar.

Sölenterlerin üç çeşidi bulunur. Bunlar deniz adası, mercan ve hidradır.

Yumurta üretimi ve tomurcuklanma ile çoğalabilirler.

### Solucanlar

Doku ve organ farklılaşması görülen ilk hayvan grubudur.

Kasları yardımıyla aktif hareket edebilirler.

Yumurta ile çoğalırlar.

Derileri ince ve nemli olup deri solunumu yaparlar.

Üç farklı çeşidi bulunur.

### Yumuşakçalar

Su ve nemli topraklarda yaşarlar. Vücutları nemlidir.

Karada yaşayanları deri, suda yaşayanları solungaç solunumu yapar.

Vücutları çevresinde kavrıkları bulunur.

Ahtapot, midye, salyangoz, mürekkep balığı bu gruba girer.

### Eklem Bacaklılar

En fazla türe sahip olan hayvan grubudur. Vücutları çevresinde kitin yapılı dış iskelet bulunur. Karada yaşayanları trake ve suda yaşayanları solungaç solunumu yapar. Dört çeşit alt grupta incelenir.

*Böcekler:* Vücutları baş, göğüs ve karın kısımlarından oluşur. Yumurtayla çoğalırlar. Büyüme ve gelişmeleri sırasında başkalaşım geçirirler. Kelebek, Karınca, Arı, Çekirge, Karasinek gibi.

*Çok ayaklılar:* Her vücut halkasından bir çift ayak çıkar. Kırkayak ve çiyen gibi.

*Örümcekler:* Anten ve kanat taşımazlar. Akrep, bit, pire, kene, örümcek gibi.

*Kabuklular:* Eklem bacaklıların suda yaşayan grubudur. Yengeç, istakoz, karides gibi.

### Derisi Dikenliler

Vücut üzerinde dikensi sert çıkıntılar korunmayı sağlar.

Tamamı sularda yaşar.

Solungaçlarıyla solunum yaparlar.

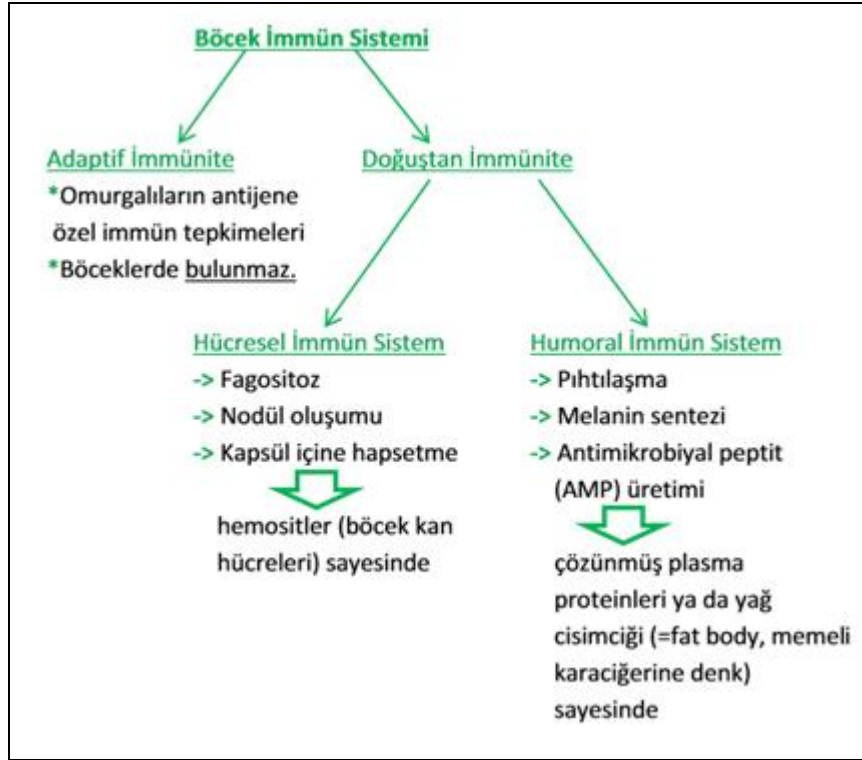
Denizyıldızı, denizkeşanesi, denizhıyırı gibi canlılar bu gruba girer (mertcanlahersey.blogcu.com).

Hemositler, omurgasız canlılarda, vücut sıvılarının çoğunlukla kan ve lenfatik damarlar içerisinde sınırlandırıldığı kapalı dolaşımdan farklı olarak; kan ve lenfatik sıvıların ayrımının olmadığı açık dolaşım görülmektedir. Böceklerde, diğer eklembacaklılarda ve açık dolaşım sistemi görülen hayvanlarda kan ve doku sıvısı arasında herhangi bir ayrım olmadığı için vücut sıvıları “hemolenf” olarak adlandırılır. Hemolenf dolaşımındaki hücrelere de “hemosit” adı verilmektedir. Böceklerin vücutlarında dolaşan hemolenf sıvısı genellikle renksiz veya bazı pigmentlerden dolayı çok az yeşil veya sarı renkli olabilmektedir. Böcek türüne göre vücut ağırlığının yaklaşık olarak %5-40’ını oluşturmaktadır. Hemolenf, böceklerdeki metamorfoz süresince metabolitlerin gerekli yerlere taşınması ve depolanmasında oldukça önemli bir yere sahiptir. Omurgalılardakine benzer şekilde böcek kanı da sıvı kısım (plazma) ve hücresel kısım (hemositler) olarak ikiye ayrılır (Çelik, 2014).

Hemositler, hücresel düzeyde gerçekleşen böcek bağışıklık sisteminin en önemli başrol oyuncularındır. Hücresel bağışıklık, başta fagositoz olmak üzere nodül oluşturma ve kapsül meydana getirmek gibi daha kapsamlı mekanizmaların da gerektiğinde devreye girdiği bir savunma sistemidir. Böcek hemositleri türden türe tip, sayı ve morfolojik olarak değişiklik gösterir ve tanımlanmalarını kolaylaştırmak amacıyla sınıflandırma şemaları literatürde mevcuttur (Kurt, 2013). Humoral bağışıklıkta ise özellikle omurgalılarla kıyaslayacak olursak görev anlamında karaciğeri anımsatan bir yapı olan yağ cisimciği böceklerde görev alır. Burada pıhtılaşma, melanin pigmentinin oluşturulması ve antimikrobiyal özellik gösteren peptitlerin üretilmesi gibi farklı mekanizmalardan bahsedilebilir (www.evrimagaci.org).

Kabukludaki hemolenf, memeli kanına benzer, ekotoksikolojik değerlendirme, çevre kalitesi ve birçok bozukluk durumlarına örnekleme ve duyarlı tepki kolaylığı nedeniyle çevresel stres değerlendirilmesi için son derece değerli bir dokudur. Bu nedenle kabuklular içinde hemolenf parametreleri hastalık, fizyolojik koşullar ve sağlık durumunun potansiyel göstergeleridir (Benli ve diğerleri, 2013).

Yavuzcan ve Benli (2004), hemositlerin sayısındaki (THS) azalmayı, hasat sonrası elden geçirme sırasında stresin artışı ve sağlık durumunun kötüleşmesinin bir göstergesi olarak kullanılabileceği belirtilmiştir. Tatlı su istakozlarında THS'deki düşüş nitrite maruz kalma sonucu stresin yansıması olabileceği gibi kötüleşen su koşullarının bir göstergesi olarak da değerlendirilmiştir.



Şekil 2.4. Böcek immün sistemi (www.evrimagaci.org)

Çalta ve Ural (2004), tarafından gerçekleştirilen çalışmada, sentetik piretroit olan deltamethrinin aynalı sazan, *Cyprinus carpio*, üzerinde 24, 48, 72 ve 96 saat LC<sub>50</sub> değerlerinin sırası ile 9.41, 4.47, 2.37 ve 1.65 µg/L olduğu ve suda çözünür deltamethrin gerçekten son derece toksik olduğu belirlenmiştir.

Köprücü ve Ural (2006), *Silurus glanis* (Bayağı yayın balığı) için kontrol grubunu ve deltamethrinin yedi farklı (0.25, 0.50, 0.75, 1, 2, 3, 4 µg/L) konsantrasyonunu 1, 24, 48, 72 ve 96 saat uygulayarak lethal dozun çeşitli aralıklarını incelemiş, *S. glanis* için LC<sub>50</sub> değeri her saat için sırasıyla 2.497, 1.446, 1.215, 0.866 ve 0.686 µg/L olarak belirlenmiştir.

Lamela, Quintona, Configgny, Martinez ve Herrate (2008), 24 ve 48 saat boyunca 10, 25 ve 50 mg/L formaline maruz kalan karideslerde yapılan çalışmada; iç organlarında

histolojik değişiklik, solungaç, hepatopankreas ve antenal bezlerinde nekroz hem 24 saatte hem 48 saatte gözlemlenmiştir. Bu hasar, toplam hemosit sayısındaki azalmaya bağlı dolaşan hemositlerin yeniden oluşmaya çalışmasına bağlanmıştır.

Escartin ve Porte (1996), 48 saat süresince 20 µg/L fenitrothion'a maruz kalan *Procambarus clarkii*'lerde sitokrom 450 içeriği, asetilkolinesteraz aktivitesi, NADPH sitokrom redüktaz ve etoksiresofurin O-deetilaz aktivitesi ile glutatyon S-transferaz aktivitesi üzerine etkilerini incelemiştir. Sonuç olarak; glutatyon S-transferaz aktivitesi 48 saat fenitrothiona maruz kalma sonucu değişmezken, sitokrom 450 içeriği, NADPH sitokrom redüktaz ve etoksiresofurin O-deetilaz aktivitesi ile glutatyon S-transferaz aktivitesi etkilenmiştir.

Borkovic, Pavlovic, Kovacevic, Stajn, Patrovic ve Saicic (2008), Tuna nehrinde yaşayan *Orconectes limosus*'larda antioksidan savunma enzimlerin aktivitesini belirlemek için solungaç ve kas doku özellikleri karşılaştırılarak hepatopankreas, solungaç ve kaslarında SOD (superoksit dismutaz), katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GSH-Px) ve glutatyon redüktaz (GR) antioksidan enzim aktiviteleri incelenmiştir. Hepatopankreastaki SOD aktivitesi solungaç ve kasla kıyaslandığında daha düşüktür. Aynı şekilde solungaçtaki SOD aktivitesi kastan daha düşük saptanmıştır. CAT ve GSH-Px solungaç ve kasla kıyaslandığında hepatopankreasta daha yüksek bulunmuştur. GR aktivitesi solungaçta kas ve hepatopankreas'a oranla yüksek saptanmıştır.

Faria, Huertas, Soto, Grimalt, Catalan, Riva ve Barata (2010), İspanya'da bir klor-alkali tesisinin civa, kadmiyum ve organik klorlu kalıntıları yüksek konsantrasyonlarda içeren endüstriyel atığı alt Ebro Nehri'nin kıyısında yer alan Flix (Katalonya, İspanya) köyüne bitişik bir rezervuarına verilen suda endüstriyel kirleticilerin toksik etkilerini değerlendirmek amacıyla tatlı su istakozu *Procambarus clarkii*' lerde yaptıkları çalışmada, GR aktivitesinin arttığını ve EROD aktivitesinin düştüğünü gözlemiştir.

## 2.9. Biyodeneyler

Organizmada şekillenen veya dışarıdan organizmaya giren, kimyasal yapıları dolayısıyla canlının organ veya organlarını etkileyebilen, canlının sağlığında geçici veya sürekli olarak olumsuz etki yapan maddelere zehir (toksikant) denilmektedir (TSE, 1998).

Biyodeneyle, doğrudan canlı materyalin kullanıldığı deneylerdir, ekseriyet de toksik maddelerin etkilerinin tespiti yapıldığı için zehir deneyleri olarak da adlandırılırlar (APHA, 1975).

Biyodeneylelerin başka bir tarifi ise bir ya da birden çok kirleticinin kontrollü koşullar altında yine bir ya da birden fazla organizma üzerinde meydana getirdiği ve genellikle zararlı olan etkilerin oluşumunu sağlayan konsantrasyonları belirlemek için yapılan deneylerdir. Tatlısu ya da tuzlu su ortamında yapılan bir deneyin amacı, bu ortamda bulunan bir ya da birden fazla maddenin varlığı ve ayrıca atık suların ya da çevre koşullarının tek başına ya da bir arada iken sucul organizmalar üzerine olan etkisini belirlemektedir (Ünsal, 1996).

Akuatik ortamda bulunan kirliliğin ve toksik maddenin canlı üzerinde yaptığı etkilerin değerlendirilmesinde çoğunlukla saha ve laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Bu bağlamda ya canlının yaşadığı ortam koşullarına benzer koşullar (tam kontrollü) laboratuvar (in vitro) ortamına aktararak biyodeneyleler olarak adlandırılan çalışmalar yapılmaktadır (Ünsal, 1996) ya da toksik madde varlığının akuatik sistemler üzerinde yarattığı etkilerin araştırılması amacıyla örnek toplanarak incelemektedir (in situ) (Teh, Adams ve Hinton, 1997).

Biyodeneyleler deney sürelerine göre genel olarak; kısa süreli (akut) ve uzun süreli (kronik) olmak üzere ikiye ayrılırlar (Svobodova, Lloyd, Machova ve Ammonia, 1993).

Akut toksisite deneylerinde genellikle  $LC_{50}$  değerinin hesaplanması, kirleticilere karşı ölüm öncesi bireysel ve toplu reaksiyonu yani genellikle canlının ölümünü temel alınmaktadır (Svobodova ve diğerleri, 1993).

Kronik toksisite deneyleri ise akut toksisite deneylerinden elde edilen verilerin ışığı altında subletal konsantrasyonlar ile maksimum müsaade edilebilir seviyeleri kapsayan konsantrasyon aralığı ya da doğal ortamda (yüzey sularda) suda kimyasal maddelerin bulunma düzeylerinin organizmada yaratabileceği etkilerin araştırılması amacıyla su kalitesi parametreleri ölçülmesi sonucu elde edilen değerler kullanılarak yapılır (Kubilay, 2013).

Akut toksisite deneylerinin aksine kronik toksisite deneyleri standardize edilmemiştir ve farklı yöntemlerle değerlendirilebilmektedir. Kronik toksisite deneyleri genelde ölüm ile sonuçlanmayan denemelerdir. Deneme boyunca temel amaç subletal konsantrasyonların su canlısının kondisyonu, davranışı, yem tüketimi ve ağırlık artışına etkisi araştırılmaktadır.

Deneme sonucunda aşağıdaki parametreler de saptanabilmektedir (Svobodova ve diğerleri, 1993).

- a) Su canlısının fiziksel durumuna etki eden faktörler (su canlısı ağırlığı, hepatopankreas ağırlığı gibi)
- b) Su canlısının sağlık durumu (patoanatomik, histopatolojik değişiklikler, parazit, bakteri durumu vb.)
- c) Su canlısının doku ve organlarında madde ve metabolitlerinin birikimi ya da kaslarda görsel özelliklerde değişiklikler
- d) Hematolojik durum
- e) Kan plazmasının biyokimyasal durumu
- f) Non spesifik immunolojik parametreler (Svobodova ve diğerleri, 1993)

Su canlılarında toksik maddenin yarattığı etkilerin belirlenmesinde özetle anamnez bilgi ve klinik, patolojik, anatomik, histolojik, biyokimyasal ve biyofiziksel metotların araştırılması kullanılmaktadır (Metlev, Kanaev ve Dzasokohova, 1971).

### **2.9.1. Biyodeneylerde kullanılan bazı terimler**

Zehir; "Organizmada şekillenen veya dışarıdan organizmaya giren, kimyasal yapıları dolayısıyla canlının organ veya organlarını etkileyebilen, canlının sağlığında geçici veya sürekli olarak olumsuz etki yapan maddelerdir" (TSE, 1988).

Zehirlilik (Toksisite); Sularda tabii dengeyi bozan organizmaların hayat sürelerini kısaltan ve/veya ortam şartlarını bozan her türlü yabancı etkidir (Ünsal, 1996). Diğer bir deyişle kirleticilerin organizmalar üzerine zararlı etkisidir (TSE, 1988).

Akut Zehirlilik; Etkisi kısa sürede görülen zehirliliktir.

Kronik Zehirlilik; Etkisi uzun sürede ortaya çıkan zehirliliktir.

Subletal Doz; Doğrudan ölüme neden olan düzeylerin altındaki dozdur (TSE, 1988).

Letal Konsantrasyon (LC-Öldürücü Konsantrasyon); Kirli ortamda bulunan organizmaların ölümüne neden olan konsantrasyondur. Deney maddesinin uygulanan konsantrasyonunda, deney hayvanlarının ölüm yüzdelerini göstermede  $LC_{10}$ ,  $LC_{50}$  ya da  $LC_{70}$  gibi rakamlar kullanılır (Ünsal, 1996).

Ortalama Letal Konsantrasyon ( $LC_{50}$ ); Belirli bir süre (örneğin 24 saat) sonunda deneyde kullanılan organizmaların %50'sinin ölümüne neden olan konsantrasyon genellikle  $LC_{50}$  şeklinde gösterilir.  $LC_{50}$  ortalama öldürücü konsantrasyon yada median letal konsantrasyon olarak da tanımlanır (Ünsal, 1996).

Etkili Konsantrasyon (EC); Belirli bir süre sonunda deney organizmalarında denge, şekil bozukluğu ve felç gibi anormallikler gösteren ya da solunum, metabolizma, enzim sistemlerinde ve hücre sayılarında ölçülebilen değişiklikler meydana getiren konsantrasyondur. Eğer bu etki organizmaların %50'inde gözlenir ise  $EC_{50}$  (ortalama etkili konsantrasyon) şeklinde gösterilir (Ünsal, 1996).

Ortalama Tolerans Limiti ( $TL_{50}$ ); Su organizmalarının zehirli ortamda yarısının canlı kalabildiği sınır zehirlilik değeridir (APHA, 1975).

Eşik Tolerans Limiti; ( $TLe_{50}$ ); Zehirlilik deneylerinde en duyarlı organizmanın etkilenmeden yaşayabildiği konsantrasyon seviyesidir.

Doz-Cevap İlişkisi; Kimyasal maddelere maruz kalma özellikleri ile meydana gelen çeşitli ve geniş spektrumlu tesirler arası ilişkilere denir (TSE, 1998).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Tatlı su istakozlarının temini

Türkiye sularında bulunan tek tatlı su istakozu olan *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) avcılık sezonunda intermoult ve döneminde balıkçılardan temin edilmiştir. Kullanılan tatlı su istakozlarının ortalama boyu  $11.03 \pm 0.46$  cm ve ağırlığı  $36.45 \pm 5.02$  g'dır.

##### 3.1.2. Deney akvaryumları

Deneylerde, 15 Litre kapasiteli 7 adet akvaryum kullanılmıştır. Akvaryumlarda merkezi havalandırma uygulanmış ve termostatlı ısıtıcılar ve termometre kullanılarak su sıcaklığı  $22 \pm 1^\circ\text{C}$ ' de sabit tutulmuştur. Çözünmüş oksijen değeri  $5,98 \pm 0,12$  mg/L olarak tespit edilmiştir. Deney düzeneği Resim 3.1.'de gösterilmiştir.



Resim 3.1. Deney düzeneği

### 3.1.3. Pestisit materyali

Çalışmada toksik madde materyali olarak sentetik piretroitlerden teknik deltamethrin (%98) kullanılmıştır. Deneylerde formülasyon yerine teknik materyal tercih edilmesinin sebebi formülasyonlarda terkinin çoğunu aktif madde haricinde stabilizatörler, sinerjistler vb. maddelerin oluşturmastır.

### 3.1.4. Pestisit çözeltilerinin hazırlanması

Stok çözelti hazırlamak için, katı haldeki madde tartılarak; volumetrik cam balon jodede belirli hacim analitik saflıkta aseton ile tamamlanarak elde edilmiştir. Diğer uygulama dozları stok çözeltinin belirli hacimlerinin cam kaplarda aseton ile sulandırılması ile elde edilmiştir. Stok ve doz çözeltileri kullanılabilecek kadar +4°C’de muhafaza edilmiştir. Kullanım öncesinde ortam sıcaklığına getirilerek deney akvaryumlarına uygulanmıştır (dozlama aşaması). Akvaryumlara insektisit ile dozlama yapılması sırasında otomatik pipetlerden yararlanılmıştır.

### 3.1.5. Su materyali

Deneyde en az 48 saat dinlendirilmiş ve daha sonra havalandırılarak kloru giderilmiş olan şebeke suyu kullanılmıştır. Suyla ilişkin parametrelerin analizinde Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Biyoloji Eğitimi Ana Bilim Dalı Biyokimya ve Çevre Toksikolojisi Laboratuvarı’ndan yararlanılmıştır. Deney öncesi ve deney boyunca su kalitesine ilişkin Çizelge aşağıdaki gibidir (Çizelge 3.1).

### 3.1.6. Deney ortamı ve adaptasyon süresi

Balıkçılardan temin edilen tatlı su istakozları, strafor kutularla nemli bezlere sarılı ve su içerisinde deney ortamına getirilmişlerdir. Deneylere başlanmadan önce bir ay boyunca akvaryumda adaptasyon dönemine tabi tutulmuştur. Tatlı su istakozları, doyana kadar günlük olarak taze balıklarla beslenmiş ve akvaryumları sürekli havalandırılmıştır.

Çizelge 3.1. Deney öncesi hazırlık sürecinde akvaryumdaki su kalitesi parametreleri

| Su kalite parametresi                     | Ölçüm değeri |
|-------------------------------------------|--------------|
| pH                                        | 7,54-7,88    |
| Çözülmüş oksijen (O <sub>2</sub> ) (mg/L) | 5,98±0,12    |
| Sıcaklık (°C)                             | 22±1         |
| Elektriksel iletkenlik (EC) (µS/cm)       | 251-262      |

### 3.2. Yöntem

#### 3.2.1. Deney yöntemi

Tüm deneyler Zehirlilik Seyreltme Faktörü tayin metoduna göre yapılmıştır. Ayrıca metotta detay olarak APHA, ISO, FAO ve TSE'nin standart metodlarından da yararlanılmıştır (APHA, 1975; Reish ve Oshida, 1987) Deneylerde, yarı statik biyodene yöntemini kullanılmıştır (APHA, 1975). Önce ön deneyler yapılarak akut toksik etkileri ve toksik konsantrasyonları belirlenmiştir.

- a) Ön Deney: 24 saat süreli ön deneylerde 1, 1/10, 1/100, 1/1000 gibi geniş konsantrasyon aralıkları kullanılarak ana deneyin konsantrasyonlarını saptamada baz alınabilecek değerler tespit edilmiştir. %100 ölüm görülen en düşük konsantrasyon ve %0 ölüm görülen (ölüm görülmeyen) en yüksek konsantrasyon aralığı belirlenmiştir.
- b) Ana Deney: 96 saatte statik yöntem kullanılacak bu deneyde, ön deney sonucu elde edilen verilerin ışığı altında geometrik seri hesaplanmıştır. Deneyin yapıldığı şekil ve şartlarla birlikte yürütülen iki farklı kontrol grubu kullanılmıştır. Birinci kontrol grubuna kullanılan maksimum aseton miktarı eklenmiş, ikinci kontrol grubu hiçbir kimyasal madde katılmamıştır. Deneyde %95'lik güven sınırının belirlenmesinde her konsantrasyon üç tekerrürlü olarak yapılmıştır.

### 3.2.2. Tatlı su istakozundan hemolenf alınması ve toplam hemosit sayısının belirlenmesi

Hemolenf, 2.5 mL'lik enjektör kullanılarak tatlı su istakozlarının ikinci yürüme bacağına kaidesinden alınmıştır (Resim 3.2.). 96 saatlik  $LC_{50}$  ( $0,23 \mu\text{g/L}$ ) değerinin yaklaşık  $1/10$ 'u subletal doz olarak belirlenmiş ve deltamethrinin hemosit sayısı üzerine etkisi,  $0,02 \mu\text{g/L}$  deltametrine maruz kalan tatlı su istakozlarında incelenmiştir. 96 saat süren subletal denemede 24. ve 96. saatlerde hemolenf örnekleri alınmıştır. Toplam hemosit sayısı hemositometre kullanılarak Yavuzcan ve Benli (2004)'ye göre yapılmıştır.



Resim 3.2. Tatlı su istakozundan hemolenf alınması

### 3.2.3. Deney süresi ve gözlemler

Bütün deneyler istakozların hayatta kalmasına bağlı olarak 96 saat sürdürülmüştür. Her deneyde dozlamadan sonra ilk 8 saat istakozlar davranış, genel durum ve ölüm için devamlı olarak gözlenmiş, daha sonra 12 saatlik periyotlarda gözlemlere devam edilerek, ölü istakozlar sayılarak ortamdan uzaklaştırılmıştır.

#### **3.2.4. Deney sonuçlarının değerlendirilmesi**

Araştırma sonuçlarının değerlendirilmesi EPA Probit Analiz Yöntemine göre yapılmış, LC<sub>50</sub> ve %95 güven sınırları bir bilgisayar programı ile tespit edilmiştir. Toplam hemosit sayısı Graphpad istatistik programıyla belirlenmiştir. Nonparametrik istatistik yöntemi kullanılmıştır.





## 4. BULGULAR

### 4.1. Deltamethrinin Tatlı Su İstakozlarına Akut Toksik Etkisi

Bu çalışmada, tatlı su istakozlarına (*Astacus leptodactylus*) sentetik piretroitlerden deltamethrinin akut toksik etkisi (LC<sub>50</sub> değeri) belirlenerek tatlı su istakozlarında meydana gelen davranış değişiklikleri gözlemlenmiştir. Deneyler sonucunda kontrol akvaryumlarında yer alan tatlı su istakozlarında ölüme rastlanılmamış olup, deltamethrinin tatlı su istakozlarına ekstrem toksik etkili olduğu saptanmıştır. Yapılan çalışmada, *A. leptodactylus*'larda deltamethrinin 24, 48, 72, 96 saatlik akut toksisite sonuçları tespit edilmiş ve tatlı su istakozlarının davranışlarındaki değişiklikler gözlemlenmiştir.

#### 4.1.1. 24 saatlik deltamethrine ilişkin akut toksisite bulguları

Deltamethrinin 24 saatlik akut LC<sub>50</sub> değeri (%95 güven sınırları), probit analiz metodu kullanılarak yarı statik biyodeneş sistemi uygulanarak tatlı su istakozu (*Astacus leptodactylus* Esch. 1823) bireyleri üzerinde 0,85 µg/L (0,34-104,57 µg/L) bulunmuştur. Çizelge 4.1'de 24 saatlik tahmini LC<sub>50</sub> değerleri ve %95'lik güven sınırları ve Şekil 4.1'de tatlı su istakozlarının 24 saatlik Deltamethrinin için hesaplanan probit değerleri ve regresyon grafiği gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. 24 saatlik tahmini LC<sub>50</sub> değerleri ve %95'lik güven sınırları

| Nokta    | Konsantrasyon (µg/L) | %95 Güven Sınırları  |
|----------|----------------------|----------------------|
| LC 1.00  | 0,03                 | 0,00-0,11            |
| LC 5.00  | 0,07                 | 0,00-0,21            |
| LC 10.00 | 0,13                 | 0,00-0,32            |
| LC 15.00 | 0,18                 | 0,00-0,46            |
| LC 50.00 | 0,85                 | 0,34-104,57          |
| LC 85.00 | 3,93                 | 1,11-1452346,62      |
| LC 90.00 | 5,65                 | 1,38-14664118,00     |
| LC 95.00 | 9,67                 | 1,91-455967200,00    |
| LC 99.00 | 26,49                | 3,41-293280510000,00 |



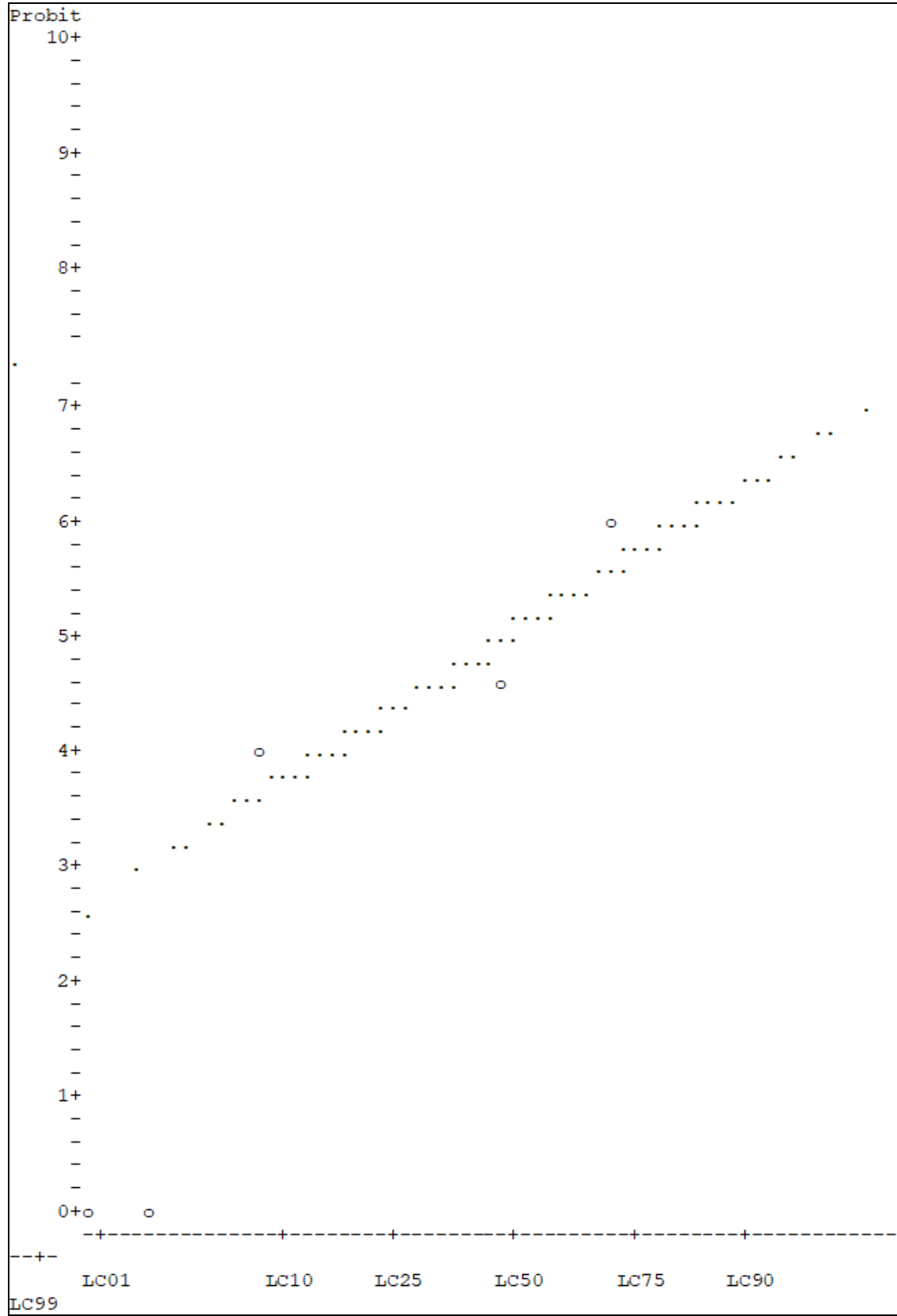
Şekil 4.1. Tatlı su istakozlarında (*Astacus leptodactylus* Esch. 1823) 24 saatlik deltamethrin için hesaplanan probit değerleri ve regresyon grafiği

#### 4.1.2. 48 saatlik deltamethrine ilişkin akut toksisite bulguları

Deltamethrinin 48 saatlik akut LC<sub>50</sub> değeri (%95 güven sınırları), probit analiz metodu kullanılarak yarı statik biyodeneş sistemi uygulanarak tatlı su istakozu (*Astacus leptodactylus* Esch. 1823) bireyleri üzerinde 0,50 µg/L (0,22-1,85 µg/L) bulunmuştur. Çizelge 4.2’de 48 saatlik tahmini LC<sub>50</sub> değerleri ve %95’lik güven sınırları ve Şekil 4.2’de tatlı su istakozlarının 48 saatlik Deltamethrinin için hesaplanan probit değerleri ve regresyon grafiği gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. 48 saatlik tahmini LC<sub>50</sub> değerleri ve %95’lik güven sınırları

| Nokta    | Konsantrasyon (µg/L) | %95 Güven Sınırları |
|----------|----------------------|---------------------|
| LC 1.00  | 0,03                 | 0,00-0,10           |
| LC 5.00  | 0,07                 | 0,00-0,18           |
| LC 10.00 | 0,11                 | 0,00-0,24           |
| LC 15.00 | 0,15                 | 0,01-0,31           |
| LC 50.00 | 0,50                 | 0,22-1,85           |
| LC 85.00 | 1,64                 | 0,70-63,32          |
| LC 90,00 | 2,18                 | 0,86-157,83         |
| LC 95.00 | 3,32                 | 1,15-620,49         |
| LC 99.00 | 7,32                 | 1,91-8311,45        |



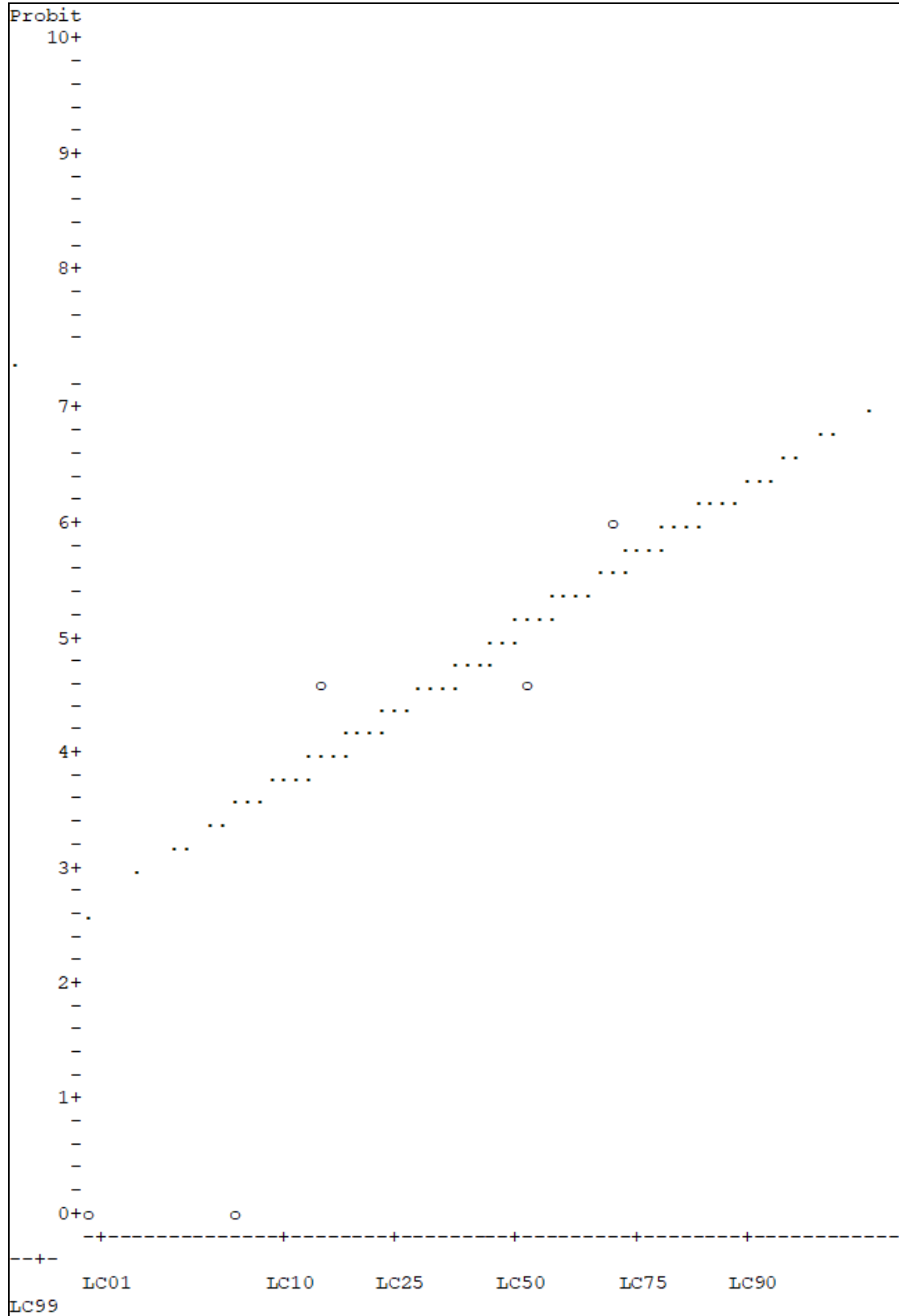
Şekil 4.2. Tatlı su istakozlarında (*Astacus leptodactylus* Esch. 1823) 48 saatlik deltamethrin için hesaplanan probit değerleri ve regresyon grafiği

#### 4.1.3. 72 saatlik deltamethrine ilişkin akut toksisite bulguları

Deltamethrin 72 saatlik akut LC<sub>50</sub> değeri (%95 güven sınırları), probit analiz metodu kullanılarak yarı statik biyodeney sistemi uygulanarak tatlı su istakozu (*Astacus leptodactylus* Esch. 1823) bireyleri üzerinde 0,42 µg/L (0,17-2,09 µg/L) bulunmuştur. Çizelge 4.3'te 72 saatlik tahmini LC<sub>50</sub> değerleri ve %95'lik güven sınırları ve Şekil 4.3'te tatlı su istakozlarının 72 saatlik Deltamethrin için hesaplanan probit değerleri ve regresyon grafiği gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. 72 saatlik tahmini LC<sub>50</sub> değerleri ve %95'lik güven sınırları

| Nokta    | Konsantrasyon (µg/L) | %95 Güven Sınırları |
|----------|----------------------|---------------------|
| LC 1.00  | 0,01                 | 0,00-0,06           |
| LC 5.00  | 0,04                 | 0,00-0,11           |
| LC 10.00 | 0,07                 | 0,00-0,16           |
| LC 15.00 | 0,10                 | 0,00-0,22           |
| LC 50.00 | 0,42                 | 0,17-2,09           |
| LC 85.00 | 1,88                 | 0,68-146,02         |
| LC 90.00 | 2,68                 | 0,87-430,61         |
| LC 95.00 | 4,52                 | 1,23-2171,69        |
| LC 99.00 | 12,08                | 2,31-46417,15       |



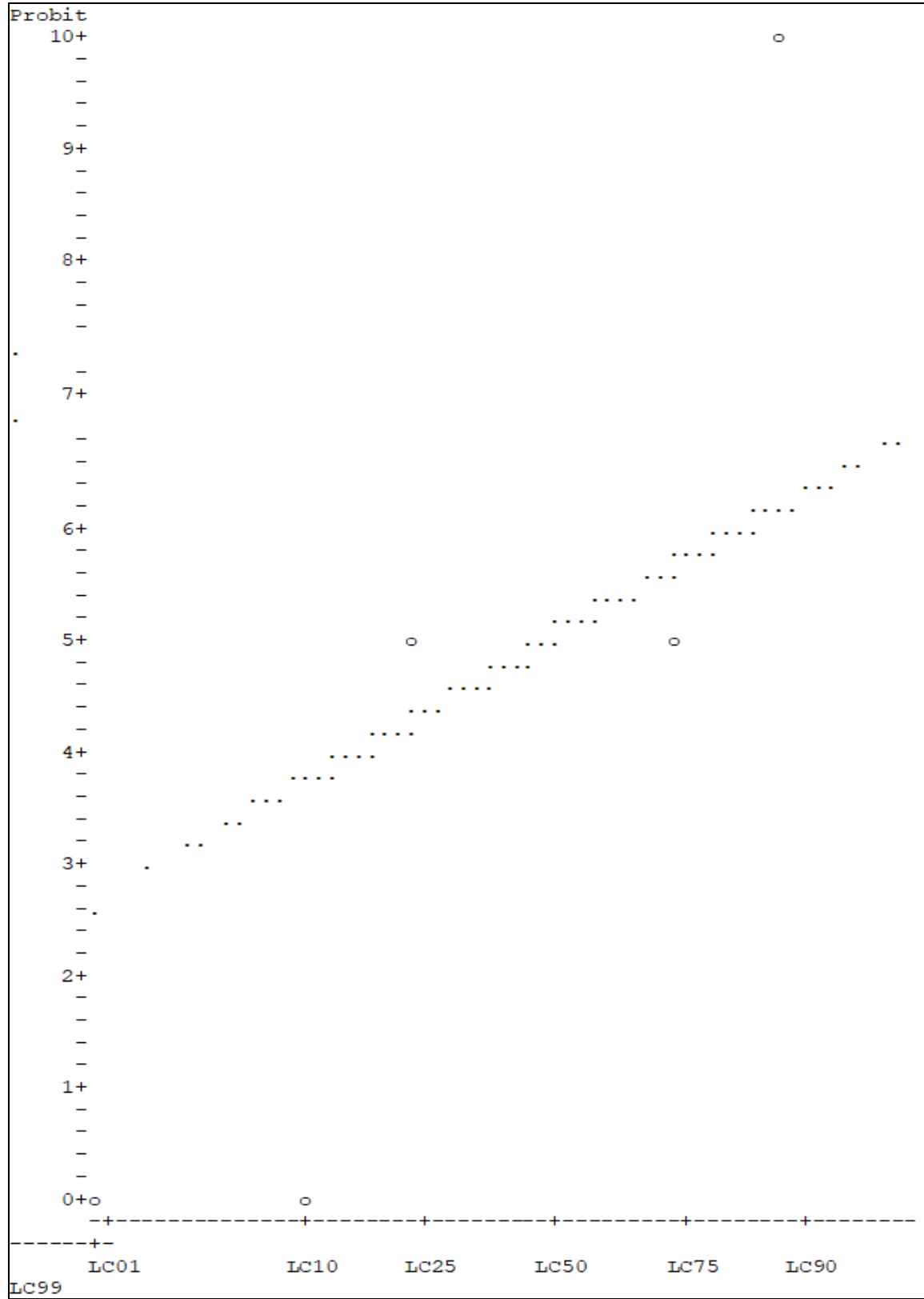
Şekil 4.3. Tatlı su istakozlarında (*Astacus leptodactylus* Esch. 1823) 72 saatlik deltamethrin için hesaplanan probit değerleri ve regresyon grafiği

#### 4.1.4. 96 saatlik deltamethrine ilişkin akut toksisite bulguları

Deltamethrinin 96 saatlik akut LC<sub>50</sub> değeri (%95 güven sınırları), probit analiz metodu kullanılarak yarı statik biyodeneş sistemi uygulanarak tatlı su istakozu (*Astacus leptodactylus* Esch. 1823) bireyleri üzerinde 0,23 µg/L (0,09-0,57 µg/L) bulunmuştur. Çizelge 4.4'te 96 saatlik tahmini LC<sub>50</sub> değerleri ve %95'lik güven sınırları ve Şekil 4.4'te tatlı su istakozlarının 96 saatlik Deltamethrinin için hesaplanan probit değerleri ve regresyon grafiğı gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. 96 saatlik tahmini LC<sub>50</sub> değerleri ve %95'lik güven sınırları

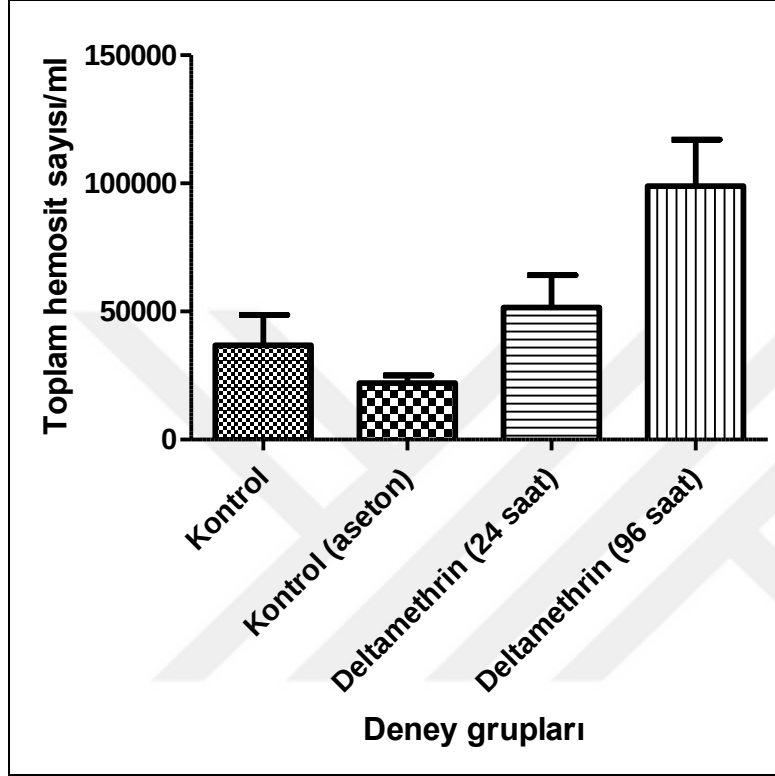
| Nokta    | Konsantrasyon (µg/L) | %95 Güven Sınırları |
|----------|----------------------|---------------------|
| LC 1.00  | 0,01                 | 0,00-0,04           |
| LC 5.00  | 0,03                 | 0,00-0,08           |
| LC 10.00 | 0,05                 | 0,00-0,11           |
| LC 15.00 | 0,06                 | 0,01-0,14           |
| LC 50.00 | 0,23                 | 0,09-0,57           |
| LC 85.00 | 0,79                 | 0,36-7,18           |
| LC 90.00 | 1,07                 | 0,46-14,16          |
| LC 95.00 | 1,66                 | 0,63-39,50          |
| LC 99.00 | 3,79                 | 1,12-280,10         |



Şekil 4.4. Tatlı su istakozlarında (*Astacus leptodactylus* Esch. 1823) 96 saatlik deltamethrin için hesaplanan probit değerleri ve regresyon grafiği

#### 4.2. Toplam Hemosit Sayısına İlişkin Bulgular

24 ve 96 saatlik süre ile subletal deltamethrine maruz kalan tatlı su istakozlarının toplam hemosit sayısına ilişkin değerler Şekil 4.5. ve Çizelge 4.5.'de verilmiştir.



Şekil 4.5. Subletal deltamethrine maruz kalan tatlı su istakozlarında (*A. leptodactylus*) toplam hemosit sayısı

Çizelge 4.5. Tatlı su istakozlarında toplam hemosit sayıları

| Konsantrasyon                 | THS/ml           |
|-------------------------------|------------------|
| Kontrol                       | 36838.24±11854a* |
| Kontrol aseton                | 22058.82±2999.2a |
| Deltamethrin 0.02 µg/L (24 h) | 51544.12±12648b  |
| Deltamethrin 0.02 µg/L (96 h) | 98897.06±18186c  |

Farklı sütunlarda a,b ve c harfleriyle gösterilen fark istatistik olarak önemlidir ( $p<0,05$ )

Şekil 4.5. ve Çizelge 4.5. incelendiğinde toplam hemosit sayısının her iki örnekleme zamanında da kontrol gruplarına göre istatistik olarak önemli düzeyde arttığı saptanmıştır ( $p>0,05$ ). 96 saat sonunda ise hemosit sayısının deltamethrine maruz kalma sonucunda istatistik olarak önemli düzeyde arttığı saptanmıştır ( $p<0,05$ ). Deltamethrine maruz kalma süresi de toplam hemosit sayısını etkilemiştir. 96. saatin sonunda toplam hemosit sayısı 24. saate göre istatistik olarak önemli düzeyde artmıştır ( $p<0,05$ ).

#### 4.3. Davranış Değişimlerine Ait Gözlem Sonuçları

Biyodeneyle süresince kontrol gruplarında herhangi bir davranış değişikliğine ve canlı ölümüne rastlanmamıştır. Deney grubunda ise ölen tatlı su istakozlarının önce geriye doğru hızlı hızlı hareket ettikleri, dengelerini kaybettikleri sonrasında hareketlerinin yavaşlayıp; en son aşamada da ters yatık vaziyette öldükleri gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra deney süresi içerisinde deltamethrine maruz kalan tatlı su istakozlarının birbirlerine karşı saldırgan olduğu da gözlenmiştir.



Resim 4.1. Deney sonucu ölen bireyler

## 5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, sentetik piretroitlerden deltamethrinin tatlı su istakozlarında (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) akut toksik etkisi tespit edilmiş ve 96 saat sürdürülen akut deney esnasında toksik maddenin istakoz davranışları üzerine etkileri incelenmiştir. Deneyler sonucunda 24, 48, 72 ve 96 saatte LC<sub>50</sub> değerleri %95'lik güven sınırında sırasıyla 0,85 µg/L (0,34-104,57 µg/L), 0,50 µg/L (0,22-1,85 µg/L), 0,42 µg/L (0,17-2,09 µg/L), 0,23 µg/L (0,09-0,57 µg/L) olarak saptanmıştır. Deney sonuçları bu pestisitinin tatlı su istakozları için ekstrem derecede toksik etkili olduğu saptanmıştır.

Yapılan literatür taraması ışığında deltamethrinin *Astacus leptodactylus* üzerine akut toksik etkisine ilişkin bilimsel bir çalışmaya rastlanmamıştır. *Astacus leptodactylus* üzerine akut toksik etkisine ilişkin başka pestisit çeşitleri ile ilgili yapılan çalışmalara örnek verecek olursak; Kubilay (2013), karbamatlı pestisitlerden karbarilin tatlı su istakozları (*Astacus leptodactylus*) üzerindeki 24, 48, 72 ve 96 saat sonunda %95'lik güven sınırında LC<sub>50</sub> değerleri sırasıyla 0,44 mg/L (0,39-0,63 mg/L), 0,34 mg/L (0,28-0,40 mg/L), 0,28 mg/L (0,21-0,34 mg/L), 0,24 mg/L (0,18-0,29 mg/L) olarak saptanmıştır. Bir diğer çalışma ise; Benli, Sarıkaya, Dinçel, Selvi, Şahin ve Erkoç (2007), dichlorophenoxyacetic acid'e 96 saat süreyle maruz kalan tatlı su istakozlarında (*Astacus leptodactylus*) LC<sub>50</sub> değerini 32,6 mg/L olarak saptamışlardır. Çalışmada kontrol grubunda bulunan istakozların normal davranışlar sergilediği, 10 ve 20 mg/L konsantrasyona maruz kalan istakozların davranışlarının kontrol grubundakilerin davranış biçimine yakın olduğu; 30, 40 ve 50 mg/L'de davranış değişikliklerinin doz uygulamasından 1 saat sonra başladığı gözlemlenmiştir. Kerevitlerin ayakta iken sallanmaya başladığı veya akvaryumun ortasında daireler halinde yürüdüğü, bazı kerevitlerin akvaryumunun duvarlarına tırmanmaya çalıştığı, diğerlerini akvaryumun ortasına yerleştiği, yüksek konsantrasyonda istakozların geriye doğru hareket ettikleri, sık sık kavga ettikleri, ölmeden önce denge kaybettikleri ve ters dönme eğilimi gösterdikleri gözlemlenmiştir. Permetrinin ile yapılan başka bir çalışmada; tatlı su istakozlarındaki (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) akut toksik etkisi tespit edilmiş ve 96 saat sürdürülen akut deney esnasında toksik maddenin istakoz davranışları üzerine etkileri incelenmiştir. Deneylerin 96 saatlik LC<sub>50</sub> değeri %95'lik güven sınırında 0,091 (0,5042-2,2734) µg/L olarak saptanmıştır. Deney sonuçları bu pestisitinin tatlı su istakozları için ekstrem toksik etkili olduğu saptanmıştır. Cebrian, Andreu-Moliner, Fernandez-Casalderrey ve Ferrando (1992), farklı bir familyaya ait tatlı

su istakozu türü olan *Procambarus clarkii*'de chlorpyrifos'un 24, 48, 72 ve 96 saatlik LC<sub>50</sub> değerlerini sırasıyla 0,037; 0,023; 0,022 ve 0,021 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Arceo ve diğerleri (2015), tatlı su istakozu türü *Cambarellus montezumae*'lerde dieldrin'in ve chlorpyrifos'un 72 saatlik LC<sub>50</sub> değerleri sırasıyla 5,1 (1.7-18.9) µg/L ve 5,62 (2,9-11,0) µg/L olarak saptamışlardır. Airaksinen, Valkama ve Linqvist (1977), 96 saat boyunca 14C-DDT'ye maruz bırakılan tatlı su istakozları (*Astacus leptodactylus* L.) üzerinde LC<sub>50</sub> değerini 0,001-0,01 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Jarboe ve Romaine (1991), yapılan çalışmada farklı boylarda bulunan *Procambarus clarkii*'lerde permetrinin 24, 48, 72 ve 96 saatlik LC<sub>50</sub> değerlerini sırasıyla 0,44; 0,85; 1,30 ve 0,81 µg/L olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlarımızın diğer çalışmalarla benzerlik gösterdiği ve diğer pestisitlerinde hedef olmayan canlı grubu olan tatlı su istakozlarında çok toksik olduğu belirlenmiştir.

Deltamethrin'in diğer sucul canlılar üzerinde etkilerinin incelendiği çalışmalarda ise Çakır (2000), deltamethrin, alfa-cypermethrin, cis-cypermethrin ve trans-cypermethrinin 96 saatlik LC<sub>50</sub> değerleri dişi lepistesler (*Poecilia reticulata*)'de sırasıyla 0,0121, 0,0221, 0,0227 ve 0,0759 ppm; erkek lepistesler'de sırasıyla; 0,0106, 0,0115, 0,0159 ve 0,0326 ppm olarak belirlemişlerdir. Bayar (2013), deltamethrinin subletal konsantrasyonuna maruz bırakılan tatlı su balığı *Oreochromis niloticus*'ların ovaryum ve testislerinde meydana gelebilecek histopatolojik etkilerin tespiti ve E vitamininin koruyucu etkilerinin belirlenmesi için gerçekleştirilen çalışmada, deltamethrinden ovaryum ve testisin etkilendiği belirlenmiştir. Balıkların ovaryumlarında; şekli bozulmuş oositler; atretik oositler; melanomakrofaj merkezleri; makrofajlar tarafından sarılan, nukleusunu kaybetmiş oositler; fokal nekrotik alan; gibi histopatolojik bulguların gözlemlenirken; testislerde ise; hücre nekrozu; piknotiknukleus; spermatojenik hücrelerin sayısında azalma; seminifertübul lümeninde spermatozoaların sayısında azalma; spermatositlerin sayısında azalma; spermatogonia hücrelerinin hipertrofisi ve dejenerasyonu; makrofajların sayısında artış; gibi bulguların olduğu tespit edilmiştir. Deltamethrin etkili grup, E vitamini ilave diyet ile beslenen grup ile karşılaştırıldığında daha fazla zarar görmüştür. E vitamini, deltamethrin ile tetiklenen bazı histopatolojik etkileri azaltmış fakat tam koruma sağlayamamıştır.

Davranış biçimi açısından Farah, Ateeq, Niamat Ali, Rubina ve Ahmad (2004), tarafından balıklar üzerinde yapılan çalışmada; tatlı su balıklarında (*Heteropneustes fossilis*, *Clarias batrachus*, *Channa punctatus*) 96 saatlik 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid)'nin LC<sub>50</sub> değerlerini sırasıyla 81, 122, 107 mg/L olarak saptamışlardır. Balıklarda huzursuzluk,

yüzeyde yüzme ya da anormal yüzme davranışları, vücutta şiddetli sarsıntı, denge kaybı ve anoreksiya gibi davranışsal değişiklikler gösterdiği gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada deltamethrine maruz kalan tatlı su istakozlarında toplam hemosit sayılarının kontrol grubuna göre istatistik olarak önemli düzeyde arttığı saptanmıştır. Yapılan literatür taraması ışığında deltamethrinin toplam hemosit sayısı üzerine etkisine ilişkin çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışma bulgularına benzer olarak, 48 ve 96 saat süreyle permetrine maruz kalan tatlı su istakozlarının toplam hemosit sayılarının 96 saat sonunda kontrol grubuna göre istatistik olarak önemli düzeyde arttığı gözlenmiştir ( $p<0.05$ ) (Kayıran Tunca, 2015).





## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde kimya endüstrisinin hızla gelişimi sonucunda günlük yaşantımızda, tarımda ve endüstride çeşitli kimyasal maddeler kullanılmaya başlanmıştır. Kullanılmaya başlanan kimyasal maddelerin faydaları olduğu gibi çeşitli nedenlerle doğrudan maruz kalma ya da kullanımları sonucu çevreye, insanlara ve tüm ekosisteme zararları olabilmektedir.

Tarımsal alanlara, orman veya bahçelere uygulanan pestisitler havaya, suya ve toprağa, oradan da bu ortamlarda yaşayan diğer canlılara geçmekte ve dönüşüme uğramaktadır. Bir pestisitlin çevredeki davranışı onun kimyasal yapısı, fiziksel özellikleri, formülasyon tipi, uygulanma şekli, iklim ve tarımsal koşullar vb. faktörler tarafından etkilenmektedir. Toprak ve bitki uygulamalarından sonra toprak yüzeyinde kalan pestisitler, yağmur suları ile yüzey akışı şeklinde veya toprak içerisinde aşağıya doğru hareketle taban suyu ve diğer su kaynaklarına ulaşabilirler ve bu sularda balık ve diğer omurgasız su canlılarına zarar verirler; bu canlılardaki pestisit kalıntısı insanların gıda zincirine girmesi ve kontamine olmuş suların içilmesiyle kronik toksisitenin oluşmasına neden olurlar.

Pestisitlerin gerek tarımsal alanda gerekse sucul ekosistemde amacının dışında veya bilinçsiz ve aşırı miktarlarda kullanımlarını takiben sucul ekosisteme ulaşmaları neticesinde çevresel kontaminasyon şekillenebilmekte ve hedefte olmayan mikroorganizmalar, su omurgalı ve omurgasız canlı popülasyonlarında yapı ve tür sayılarının değişmesi, akut toksikasyonlar sonucu yaygın ölümler, subletal etkiler veya kronik maruziyetler sonucunda fizyolojik fonksiyon bozuklukları görülebilmektedir. Ayrıca bu organizmaların bünyesindeki pestisit kalıntıları besin zincirinde son tüketici konumunda olan insanlara ulaşarak nörotoksikite, nöro davranışsal bozukluklar, doğum defektleri ve kanser riskinde artış gibi çok sayıda sağlık problemlerine yol açabilmektedir.

Bu nedenlerle pestisitlerin kullanımları esnasında  $LC_{50}$ ,  $LD_{50}$  dozları bilinmeli, aşırı doz ve gereksiz tekrarlı uygulamalardan kaçınılmalı, bu amaçla uygulayıcılar eğitilmeli, mümkünse hedefte olmayan insan, hayvan ve çevre için daha az toksik ve kalıcı kirliliğe neden olmayan pestisitler tercih edilmelidir. Türkiye’de yaygın olarak kullanılan pestisitlerin çevreye olan etkileri ile ilgili çalışmaların sayısı arttırılarak, kamuoyunda bu konu ile ilgili bilincin arttırılması sağlanmalıdır.



## KAYNAKLAR

- Airaksinen, E., Valkama, E.-L. and Lindqvist, O. (1977). Distribution of DDT in the crayfish *Astacus astacus* L. in acute test, *Freshwater Crayfish*, 3 (1), 349-356.
- Alloway, B. J., Ayres, D.C. (1997). *Chemical Principles of Environmental Pollution* (Second Edition). London: Chapman and Hall, 311.
- Alpbaz, A. (2005). *Su Ürünleri Yetiştiriciliği*, İzmir: Alp Yayınları, 331.
- Altıkat, A., Turan, T., Ekmekyapar Torun, F. ve Bingöl, Z. (2009). Türkiye’de Pestisit Kullanımı ve Çevreye Olan Etkileri, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40 (2), 87-92.
- APHA. (1975). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington: American Public Health Association, 14.
- Arbjörk, C. (2004). *Effects of the insecticide Deltamethrin on benthic macroinvertebrates – field and laboratory studies*, Yüksek Lisans Tezi, Lantburks Universitet, Department of Environmental Assessment Swedish University of Agricultural Sciences, Swedish, 8.
- Arceo, Sandra Diaz-Barriga, Laura Martinez-Tabche, Isale Alvarez-Gonzales, Eugenia Lopez and Eduardo Madrigal- Bujaidar. (2015). Toxicity induced by dieldrin and chlorpyrifos in the freshwater crayfish *Cambarellus montezumae* (Cambaridae). *Revista de Biología Tropical*, 63 (1), 83-96.
- Atamanalp, M., Cengiz, M. (2002). Bir Sentetik Piretroit İnsektisit (Cypermethrin)’in Sublethal Dozlarının *Capoeta capoeta capoeta* (Göldenstaedt, 1772)’da Hemoglobin, Hematokrit ve Sediment Seviyeleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 19 (1-2), 169 – 175.
- Atamanalp, M., Yanık, T. (2001). Pestisitlerin cyprinidae’lere toksik etkileri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 18 (3-4), 555-563.
- Aydınalp, C., Porca, M. M. (2004). The Effects Of Pesticides In Water Resources. *Journal of Central European Agriculture*, 5 (1), 5-12.
- Başer, S., Erkoç, F., Selvi, M. and Koçak, O. (2003). Investigation of acute toxicity of permethrin on guppies *Poecilia reticulata*. *Chemosphere*, 51 (6), 469-474.
- Baumann, P. A., Jackman, J. A. and Stevenson, D. (1913). *Pesticide Properties that Affect Water Quality*, Texas A&M AgriLife Extension Service, B-6050, Texas, 1-16.
- Bayar, A. S. (2013). *Tatlı Su Balığı Oreochromis niloticus’un Gonad Histolojisi Üzerindeki Piretroid Pestisit Deltamethrinin Etkileri ve E Vitaminin Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, 1-59.
- Benli, A. C. K., Dinçel, A. S., Alparslan, Z. N., Selvi, M., Sarıkaya, R., Özkul, İ. A and Erkoç, F. (2013). Hemolymph biochemical parameters reference intervals and total hemocyte counts of narrow clawed crayfish *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823), *Ecological Indicators*, 24 (2013), 305–309.

- Benli, A. C. K., Sarıkaya, R., Dinçel, A. S., Selvi, M., Şahin, D. and Erkoç, F. (2007). Investigation of acute toxicity of (2,4-dichlorophenoxy) acetic acid (2,4-D) herbicide on crayfish (*Astacus leptodactylus* Esch. 1823). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 88 (3), 296-299.
- Borkovic S. S., Pavlovic S. Z., Kovacevic T. B., Stajn A. S., Petrovic V. M., and Saicic Z. S. (2008). Antioxidant defence enzyme activities in hepatopancreas, gills and muscle of Spiny cheek crayfish (*Orconectes limosus*) from the River Danube. *Comparative Biochemistry and Physiology – C. Toxicology and Pharmacology*, 147 (1), 122-128.
- Cebrian C., Andreu-Moliner E. S., Fernandez-Casalderrey A., and Ferrando, M. D. (1992). Acute Toxicity and Oxygen Consumption in the Gills of *Procambarus clarkii* in Relation to Chlorpyrifos Exposure. *Environmental Contamination and Toxicology*, 49 (1), 145-149.
- Çakır, G. (2000). *Sentetik pyrethroidlerden cis-cypermethrin trans-cypermethrin alfa cypermethrin ve deltamethrin'in poecilia reticulata (pisces) üzerindeki akut toksisite ve LC<sub>50</sub> değerleri*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 1-51.
- Çakır, Ş. ve Yamanel, Ş. (2005). Böceklerde insektisidlere direnç. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6 (1), 21-29.
- Çalışkan, M. (2010). Sentetik Piretroid Bir İnsektisit Olan Tetrametrinin Albino Fare (*Mus musculus*)'lerin Serum Proteinleri Üzerine Etkileri. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 67 (2), 65-71.
- Çalta, M., Ural, Ş. M. (2004). Acute Toxicity Of The Synthetic Pyrethroid Deltamethrin To Young Mirror Carp, *Cyprinus Carpio*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 13 (11), 1179 – 1183.
- Çelik, D. (2014). *Konağa Verilen İndol-3-Asetik Asit'in Konak Achoria Grisella Fabricus, 1794 (Insecta: Lepidoptera: Pyralidae) Hemositlerine Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 17.
- Darko, G., Acquah, S. O. (2008). Levels of Organochlorine Pesticides in Dairy Products in Kumasi, Ghana, *Chemosphere*, 71(2), 294-298.
- Decourtye, A., Devillers, J., Cluzeau, S., Charreton, M. and Pham-Dele`gue, M. (2004). Effects of imidacloprid and deltamethrin on associative learning in honeybees under semi-field and laboratory conditions. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 57 (3), 410–419.
- Demirel, F., Gündüz, F., Yüksel, F., Güler, M., Beri, A. ve Yıldırım, T. (2017). Keban Baraj Gölü'ndeki Kerevit (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) Populasyonunun Üreme Özelliklerinin Belirlenmesi, *Yunus Araştırma Bülteni*, 2017 (2), 125-136
- Dervişoğlu, M., Gül, O., Yazıcı, F. ve Aydemir, O. (2013). Süt ve Süt Ürünlerinde Organik Klorlu Pestisit Varlığı. *Gıda-Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi*, 13(31-40), 32.

- Devlet Planlama Teşkilatı. (2006). Tarım İlaçları Çalışma Grubu Raporu (2007-2013); DPT. Ankara, 4-22.
- Dığrak, M., Özçelik, S., (1995). Cholorpyrifos-methyl'in bakteriler ve zenginleştirilmiş toprak tarafından parçalanması. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 57-72.
- Didinen B. I., Ekici S., Diler Ö., Bahadır Koca S. ve Arife A. (2010). Astacidae Familyası Tatlı Su İstakozlarının Yetiştiriciliğinde Yavrularda Gelişim ve Yaşama Oranlarını Etkileyen Faktörler. *Journal of Fisheries Sciences*, 4(3), 216-223.
- Eddleston, M., Karalliedde, L., Buckley, N., Fernando, R., Hutchinson, G., Isbister, G., Konradsen, F., Murray, D., Piola, J. C., Senanayake, N., Sherfff, R., Singh, S., Sıwach, S. B. and Smit, L. (2002). Pesticide Poisoning in The Developing World-a Minimum Pesticides List. *The Lancet*, 360(9340), 1163-1167.
- Eells, J. T., Rasmussen, J. L., Bandettini, P. A. and Propp, J. M. (1993). Differences in the Neuroexcitatory Actions of Pyrethroid Insecticides and Sodium Channel Specific Neurotoxins in Rat and Trout Brain Synaptosomes. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 123(1), 107-119.
- Erol, K. G., Özkök, R., Küçükara, R. ve Çınar, Ş. (2010). Tatlı Su İstakozu *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) Yetiştiriciliğinde Yavru Dönemde Muhtemel Ölüm Nedenleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 6(2), 23-30.
- Escartin, E., Porte, C. (1996). Bioaccumulation, metabolism and biochemical effects of the organophosphorus pesticide fenitrothion in *Procambarus clarkii*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 15(6), 915-920.
- Farah, M. A., Ateeq, B., Niamat Ali, M., Rubina, S. and Ahmad, W. (2004). Studies on lethal concentrations and toxicity stres of some xenobiotics on aquatic organisms. *Chemosphere*, 55(2), 257-265.
- Faria, M., Huertas, D., Soto, D.X., Grimalt, J.O., Catalan, J., Riva, M.C. and Barata, C. (2010). Contaminant accumulation and multi-biomarker responses in field collected zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) and crayfish (*Procambarus clarkii*), to evaluate toxicological effects of industrial hazardous dumps in the Ebro river. *Chemosphere*, 78(3), 232-240.
- Güler, Ç., Çobanoğlu, Z. (1997). *Pestisitler*.(52). Ankara: İlköz Matbaası, 10-13.
- Harlioğlu, M. M. (2004). The present situation of freshwater crayfish, *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) in Turkey. *Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Aquaculture*, 230 (1-4), 181-187.
- Harlioğlu, M. M., Harlioğlu, A. G. (2006). Threat of non-native crayfish species introductions into Turkey: global lessons. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 16 (2), 171-181.
- Haya, K. (1989). Toxicity of Pyrethroid Insecticides to Fish. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 8 (5), 381-391.

- Holdich, D. M. (2002). Distribution of crayfish in Europe and some adjoining countries. *Bull Français Peche Piscicult*, 367(4), 611–650.
- Issa, G., Çiftçioğlu, G. (2006). Çevre ve Gıdalardaki Pestisit Kalıntıları. *İstanbul Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 32(3), 81-90.
- İnternet: Can, Mert. Omurgalı ve Omurgasız Hayvanlar. Blogcu. 2018-09-01. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fmertcanlahersey.blogspot.com%2Fomurgali-ve-omurgasiz-hayvanlar%2F4230667&date=2018-09-01>, Son Erişim Tarihi: 01.09.2018
- İnternet: International Programme On Chemical Safety. Environmental Health Criteria; 97. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.inchem.org%2Fdocuments%2Fehc%2Fehc%2Fehc97.htm&date=2018-08-31>, Son Erişim Tarihi: 31.08.2018
- İnternet: NPIC, University. Pestisit. National Pesticide Information Center Oregon State University. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fnpic.orst.edu%2Fingred%2Fdeltamethrin.html&date=2018-09-22>, Son Erişim Tarihi: 22.09.2018
- İnternet: Öztürk, Gürhan. Böceklerde bağışıklık sistemi. Evrim Ağacı. 2018-09-01. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.evrimagaci.org%2Ffotoğraf%2F5%2F6654&date=2018-09-01>, Son Erişim Tarihi: 01.09.2018
- İnternet: Türkiye İstatistik Kurumu. Tarımsal İlaç Kullanımı. TÜİK. 2018-09-28. URL: [http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.tuik.gov.tr%2FPreTablo.do%3Falt\\_id%3D1001&date=2018-09-28](http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.tuik.gov.tr%2FPreTablo.do%3Falt_id%3D1001&date=2018-09-28), Son Erişim Tarihi: 28.09.2018
- Jarboe, H. H. and Romaine, R. P. (1991). Acute toxicity of permethrin to four size classes of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) and observations of postexposure effects. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 20 (3), 337-342.
- Kavuklu, Ö. (2005). *Düzce ve Sakarya'da ki Çevresel Örneklerde Çeşitli Pestisit ve Pestisit Kalıntılarının GC ve GC-MS Teknikleri İle İncelenmesi*, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 5.
- Kayıran Tunca, S. (2015). *Permetrin'in Tatlı Su İstakozlarında (Astacus Leptodactylus Esch. 1823) Toksik Etkilerinin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-74.
- Kaymak, S., Serim, A. T. (2015). Pestisit Sektöründe Araştırma ve Geliştirme. *Meyve Bilimi*, 2(1), 27-34.
- Kegley, S., Neumeister, L. and Martin, T. (1999). Disrupting the Balance Ecological Impacts of Pesticides in California; Pesticite Action Network, *CPR Report*, California, 44-73.
- Köprücü, S. Ş., Köprücü, M. and Ural, M. S. (2006). Acute Toxicity of the Synthetic Pyrethroid Deltamethrin to Fingerling European Catfish, *Silurus glanis* L. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 76(1), 59–65.

- Kubilay, B. (2013). *Karbamatlı Pestisitlerden Carbaryl'in Tatlı Su İstakozlarında (Astacus leptodactylus Esch. 1823) Akut Toksik Etkisinin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-2.
- Kurt, D. (2013). *Piretroit Grubu İnsektisit Deltametrinin Galleria mellonella L'nin Hemositleri Üzerine Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adıyaman, 2.
- Lamela, R. E. L., Quintona, Y. C., Configgny, R. S., Martinez, M. and Herrate, N. G. (2008). Effects of formalin on total hemocyte count and histopathological changes in the shrimp *Litopenaeus schmitti*. *Aqua Resource*, 39(12), 1316-1321.
- Matsumura, F. (1987). Deltametrin Induced Changes in Synaptosomal Transport of 3H-Epinephrine in the Squid Optic Lobes. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 87 (1), 31-35.
- Metlev, V., Kanaev, A. I. and Dzasokhova, N. G. (1971). *Water Toxicology*. Moscow: Koles Publications, 1-216.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2012). Çevre Sağlığı-Pestisitler, Ankara: MEB Yayınları, 1-54.
- Miyazawa, M., Matsumura, F. (1990). Effects of Deltametrin on Protein Phosphorylation and Dephosphorylation Process in the Nerve Fibers of the American Lobster *Homarus americanus* L. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 36(2), 147-155.
- Oudou, H. C., Alonso, R. M. and Bruun Hansen, H. C. (2004). Voltammetric behaviour of the synthetic pyrethroid lambda-cyhalothrin and its determination in soil and well water. *Analytica Chimica Acta*, 523(1), 69-74.
- Özkan, O., Üstüner, O. (2012). Investigations About Genotoxicity of Deltamethrin. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 18(1), 69-74.
- Özkaya, G., Çeliker, A. ve Koçer-Giray, B. (2013). İnsektisit zehirlenmeleri ve Türkiye'deki durumun değerlendirilmesi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 70(2), 75-102.
- Reish, D. L., Oshida, P. S. (1987). Manual of Methods in Aquatic Environment Research Part 10: Short - Term Static Bioassays; Food and Agriculture Organization Fisheries Technical Paper, 247, 17-33.
- Sayeed, I., Parvez, S., Pandey, S., Bin-Hafeez, B., Haque, R. and Raisuddin, S. (2003). Oxidative stress biomarkers of exposure to deltamethrin in freshwater fish, *Channa punctatus* Bloch. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 56(2), 295-301.
- Svobodova, Z., Lloyd, R. and Machova, J. (1993). Water Quality and Fish Health; Food and Agriculture Organization Eifac Technical Paper, 54, 11-16.
- Şekeroğlu, V. (2010). *Thiacloprid ve Deltametrin İnsektisitlerinin Tek Başlarına ve Karışım Halinde Kullanıldıkları Zaman Sıçan Kemik İliği Hücrelerinde İn Vivo (Rattus norvegicus Berkenhnout, 1769) Genotoksik Etkileri*, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 1.

- Teh, S. J., Adams, S. M. and Hinton, D. E. (1997). Histopathological biomarkers in freshwater fish populations exposed to different types of contaminant stress. *Aquatic Toxicology*, 37(1), 51-70.
- Tiemann, U. (2008). In vivo and in vitro effects of the organochlorine pesticides DDT, TCPM, methoxychlor, and lindane on the female reproductive tract of mammals: a review. *Reproductive toxicology*, 25(3), 316-326.
- Tiryaki, O., Canhilal R. ve Horuz, S. (2010). Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(2), 154-169.
- Topçu Sulak, M. (2012, 6-7 Nisan). *Pestisitlerin Taşınım Süreçleri ve Çevresel Etkileri*. Birinci Tarım Sağlığı ve Güvenliği Sempozyumu, Şanlıurfa.
- TSE, (1988). *Su Kirliliği Kontrolü, Metod ve Kuralları, Zehirlilik Denemeleri*, Ankara: TSE Yayınları, 5676.
- Tuğcu, G. (2011). *Prediction Of Aquatic Toxicity Of Pesticides By Using Linear and Nonlinear Techniques*, Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 5.
- Ünsal, M. (1996). *Kirlilik Deneyleri, Yöntemler ve Sonuçların Değerlendirilmesi*. Erdemli/Mersin: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü, 77-79, 120-142.
- Vural, N. (2005). *Toksikoloji*, Ankara: Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, 377-378.
- Yavuzcan, H. Y. and Benli, A. Ç. K. (2004). Nitrite toxicity to crayfish, *Astacus leptodactylus*, the effects of sublethal nitrite exposure on hemolymph nitrite, total hemocyte counts, and hemolymph glucose. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 59 (3), 370-375.
- Yeşil, S., Ögür, E. (2011, 26-27 Kasım). *Zirai Mücadelede Pestisit Kullanımının Türkiye ve Konya Ölçeğinde Değerlendirilmesi ve Pestisit Kullanımının Olası Sakıncaları*. I. Konya Kent Sempozyumu'nda sunulmuş bildiri, Konya.
- Yıldız, M., Gürkan, O., Turgut, C., Kaya, Ü. ve Ünal, G. (2005, 3-7 Ocak). *Tarımsal Savaşmada Kullanılan Pestisitlerin Yol Açtığı Çevre Sorunları*, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Ziraat Mühendisleri 6. Teknik Kongresi, Ankara, 1-22.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ARSLAN, Gökşin Gizem  
 Uyruğu : T.C.  
 Doğum tarihi ve yeri : 05/09/1987, Samsun  
 Medeni hali : Evli  
 Telefon : 0 (0539) 359 64 23  
 e-posta : gizemerk33@gmail.com



### Eğitim

| Derece        | Eğitim Birimi                           | Mezuniyet tarihi |
|---------------|-----------------------------------------|------------------|
| Yüksek lisans | Gazi Üniversitesi /Çevre Bilimleri ABD  | Devam Ediyor     |
| Lisans        | Uludağ Üniversitesi/ Çevre Mühendisliği | 2011             |
| Lise          | Ankara Mamak Tuzluca Y.D.A. Lisesi      | 2005             |

### İş Deneyimi

| Yıl        | Yer                           | Görev           |
|------------|-------------------------------|-----------------|
| 2014-halen | Çevre ve Şehircilik Bakanlığı | Çevre Mühendisi |
| 2012-2014  | Pozitif Atık Yönetimi         | Çevre Görevlisi |

### Yabancı Dili

İngilizce

### Hobiler

Yüzme, Bisiklet

### Yayın

Karasu Benli, A. Ç., Ülger, A., ERKİN, G. G., Ayan, A. (2015). *ChlorpyrifosEthyl, Deltamethrin ve Bisphenol-A'nın Tatlı Su İstakolzarına (Astacus leptodactylus Eschscholtz, 1823) Akut Toksik Etkileri*. Uluslararası Katılımlı 2. Ulusal Biyosidal Kongresi, İzmir.



*GAZİ GELECEKTİR..*