

**165815**

**MALATHİON İNSEKTİSİTİNİN AYNALI SAZAN  
(*Cyprinus carpio* L., 1758) ÜZERİNDEKİ  
AKUT TOKSİK ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI VE  
DAVRANIŞ DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ**

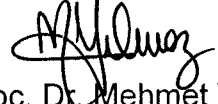
**Gözde DELİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE BİLİMLERİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Mart 2005  
ANKARA**

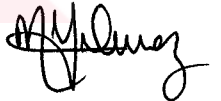
Gözde DELİ tarafından hazırlanan MALATHİON İNSEKSİTİNİN AYNALI SAZAN (*Cyprinus carpio* (L., 1758)) ÜZERİNDEKİ AKUT TOKSİK ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI VE DAVRANIŞ DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ adlı bu tezin yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

  
Yrd. Doç. Dr. Mehmet YILMAZ  
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Çevre Bilimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Mustafa KURU 

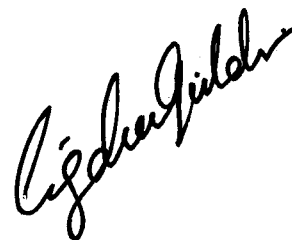
Üye : Prof. Dr. Suat KIRAC 

Üye : Y. Doç. Dr. Mehmet YILMAZ 

Üye : \_\_\_\_\_

Üye : \_\_\_\_\_

Bu tez Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.



**MALATHİON İNSEKTİSİTİNİN**  
**AYNALI SAZAN (*Cyprinus carpio* L., 1758) ÜZERİNDEKİ**  
**AKUT TOKSİK ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI VE DAVRANIŞ**  
**DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ**  
**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Gözde DELİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Mart 2005**

**ÖZET**

Bu çalışmada tarımsal faaliyetler sonucu sucul ekosisteme toksik kirletici olarak ulaşan malathion insektisitinin aynalı sazan (*Cyprinus carpio* L.,1758) üzerinde 96 saatlik LC<sub>50</sub> değeri saptanmıştır. Denemeler 4 seri halinde planlanmış ve toplam 200 aynalı sazan bireyi kullanılmıştır. Bu çalışmada akut toksisite deneylerinden statik yöntem kullanılmıştır. Ayrıca malathion insektisitinin her bir konsantrasyonunda aynalı sazan bireylerindeki davranış değişiklikleri tespit edilmiştir. Malathion denemesinden elde edilen bulgular Probit Analiz Yöntemi ile bilgisayar ortamında değerlendirilmiş ve aynalı sazan bireylerinde 96 saatlik LC<sub>50</sub> değeri 17,44 mg/L olarak hesaplanmıştır.

**Bilim Kodu** : 912  
**Anahtar Kelimeler** : Biyodeny , LC<sub>50</sub>, insektisit, akut toksisite, sazan, malathion, akuatik toksik test  
**Sayfa Adedi** : 58  
**Tez Yöneticisi** : Yrd. Doç. Dr. Mehmet YILMAZ

**INVESTIGATION OF ACUTE TOXICITY OF MALATION INSECTICIDE  
ON MIRROR CARP (*Cyprinus carpio* L., 1758) AND THE OBSERVATION  
OF ASSOCIATED BEHAVIORAL CHANGES  
(M.Sc. Thesis)**

**Gözde DELI**

**GAZI UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE DEPARTMENT OF ENVIRONMENT SCIENCES**

**March 2005**

**ABSTRACT**

This study is concerned with the determination of 96 hour LC<sub>50</sub> values of malation, a toxic pollutant on aqueous system as a result of agricultural activities, on mirror carp (*Cyprinus carpio* L., 1758). The research was carried out in four series using 200 mirror carp. The behavioral changes of the fish were monitored at different toxicant concentrations. The data were evaluated by the use of Probit Analysis method and the 96 hour LC<sub>50</sub> value of malation on mirror carp found as 17.44 mg/L.

**Science code** : 912  
**Keywords** : Bioassay, LC<sub>50</sub>, insecticide, mirror carp, malathion, aquatic toxicity test  
**Pages** : 58  
**Supervisor** : Assistant Prof Dr. Mehmet YILMAZ

## TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen, yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren, her zaman manevi desteğini yanımda hissettiğim danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Mehmet YILMAZ'a, yine çalışmam boyunca yardım ve desteğini esirgemeyen Araş. Gör. Rabia SARIKAYA'ya ve Araş. Gör. Mahmut SELVİ'ye, laboratuvarında görevli tüm arkadaşlarıma ve manevi desteğiyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan eşime teőekkürü bir borç bilirim.



## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ .....	1
2. MALATHİON İNSEKTİSİTİ HAKKINDA BİLGİLER .....	2
2.1. Malathion İnsektisitinin Akut-Subakut Toksisitesi ve Dokularda Birikimi İle İlgili Çalışmalar .....	9
2.2. Kuramsal Temeller ve Tanımlar.....	13
3. MATERYAL VE METOD.....	16
3.1. Materyal .....	16
3.1.1. Deneme yeri.....	16
3.1.2. Balık örneklerinin temini.....	16
3.1.3. Balık örneklerinin laboratuvara getirilmesi.....	16
3.1.4. Balık örnekleri üzerinde yapılan işlemler.....	16
3.1.5. Balıklarda yaş tayini .....	16
3.1.6. Deneme akvaryumları .....	17
3.1.7. İnsektisit materyali .....	17

	<b>Sayfa</b>
3.1.8. Deneme suyu .....	17
3.1.9. Oksijen ölçümü .....	17
3.1.10. Sıcaklık ölçümü .....	17
3.1.11. Tuzluluk Ölçümü.....	18
3.1.12. pH ölçümü .....	18
3.2. Metod.....	18
3.2.1. Balıkların deneye hazırlanması .....	18
3.2.2. Biyodeny sıcaklığı .....	18
3.2.3. Çözünmüş oksijen içeriği ve deney çözeltilerinin havalandırılması .....	18
3.2.4. İnsektisit konsantrasyonu.....	19
3.2.5. Deney balıklarının sayısı ve yaş grupları .....	19
3.2.6. Kontrol grubu .....	19
3.2.7. Deney süresi ve gözlemler.....	19
3.2.8. Deney ortamında kamera ve fotoğraf çekimi.....	20
3.2.9. Ölü hayvanların otopsis.....	20
3.2.10. Deney metodu .....	20
3.2.11. LC <sub>50</sub> metodu .....	20
3.2.12. Deney sonuçlarının değerlendirilmesi .....	21
4. BULGULAR .....	22
4.1. Biyodenyelere Ait Araştırma Sonuçları .....	22
4.2. Davranış Değişimlerine Ait Gözlem Sonuçları .....	25
4.3. Ölü Hayvanların Otopsis.....	28

	<b>Sayfa</b>
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	29
KAYNAKLAR.....	42
EKLER .....	50
EK-1. 15 ppm'deki davranış değişimleri .....	51
Ek-2. 16 ppm'deki davranış değişimleri .....	52
EK-3. 17 ppm'deki davranış değişimleri .....	53
EK-4. 17,5 ppm'deki davranış değişimleri .....	54
EK-5. 18 ppm'deki davranış değişimleri .....	55
EK-6. 18,5 ppm'deki davranış değişimleri .....	56
EK-7. 19 ppm'deki davranış değişimleri .....	57
ÖZGEÇMİŞ.....	58

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Malathion insektisitinin kimyasal yapısı .....	2
Çizelge 4.1. <i>Cyprinus carpio</i> 'da malathion denemesinde her akvaryumdaki sıcaklık, salinite, oksijen ve pH değerleri .....	22
Çizelge 4.2. Malathionun <i>Cyprinus carpio</i> (L., 1758) bireyleri üzerinde tahmini EC değerleri ve güven sınırları .....	23
Çizelge 5.1. Malathion pestisitinin farklı balık türleri üzerine zehirlilik kriterleri .....	30
Çizelge 5.1. "Devam" Malathion pestisitinin farklı balık türleri üzerine zehirlilik kriterleri .....	31

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Malathionun memelilerde ve böceklerde biyotransformasyonu.....	5
Şekil 4.1. Malathion için hesaplanan probit değerleri ve regresyon grafiği..	24



## SİMGELER ve KISALTMALAR

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

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklamalar</b>
<b>DCA</b>	Malathion dikarboksilik asit
<b>LD<sub>50</sub></b>	Deney organizmalarının yarısını öldüren doz
<b>LC<sub>50</sub></b>	Deney organizmaların yarısını öldüren konsantrasyon
<b>LD<sub>100</sub></b>	Deney organizmalarının tamamını öldüren doz
<b>MCA</b>	Malathion monokarboksilik asit
<b>TEPP</b>	Tetraetil pirofosfat

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklamalar</b>
<b>AchE</b>	Asetilkolinesteraz
<b>EPA</b>	Çevre Koruma Dairesi
<b>EC</b>	Kimyasalın sıvı formülasyonu
<b>PchE</b>	Pseudokolinesteraz
<b>TSE</b>	Türk Standartları Enstitüsü

## 1. GİRİŞ

Günümüzde, kimya endüstrisinin hızla gelişimi, insan yaşamını kolaylaştırırken kimyasal maddelerin tarım ve endüstride yaygın kullanımları (özellikle parçalanma hızları yavaş olan tiptekiler ile lipitte çözünenler) biyolojik ekosistemlerde birikerek doğrudan veya dolaylı yollarla canlılar üzerinde zararlı etkilerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu kimyasalların özellikle pestisitlerin kullanılması sonucu ortaya çıkan en önemli sorun, çevre kirliliğinin yanında bu maddelerin besin zincirine girmesi ve her basamakta yoğunlaşarak insana kadar ulaşmasıdır (1).

Su içerisinde istenmeyen bazı sucul bitkilere ya da böceklere karşı pestisitlerin doğrudan suya uygulanması, pestisit bitkilerden toprağa, toprak altı sularına, dolayısıyla su ekosistemine karışmasına ya da atmosfer içindeki partiküllerin yağmur suları ile taşınması sonucu suların pestisit ile kirlenmesine neden olmaktadır (2).

Ekosistemin doğal yapısını bozan bu kirleticiler organizmada metabolik değişikliklere, davranış bozukluklarına ve farklı toksikolojik oluşumlara neden olmakta ve geri dönüşü olmayan zararların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır (3).

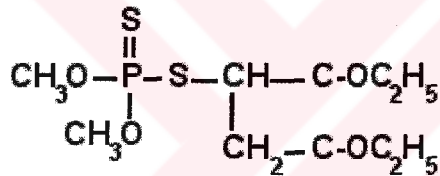
Kısaca pestisitler, ekosistemin dengesinin bozulmasına neden olurlar. Bu nedenle, günümüzde çevre kirliliğinin birincil nedenlerinden biri haline gelen pestisitlerin, sentez ve üretiminden etkin ve güvenli kullanımına kadar her aşamada "etkinlik- insan sağlığına etki-çevresel etki" üçlüsünün birbirinden ayrılmaz bir bütün olarak ele alınması zorunluluğu vardır (4).

## 2. MALATHİON İNSEKTİSİTİ HAKKINDA BİLGİLER

Malathion, organofosforlu pestisitler olarak bilinen böcek ilacı ailesine ait, sistemik olmayan, 1956 yılında Amerika'da tescil edilmiş geniş yelpazeli bir böcek ilacıdır. Rengi sarı ile kahverengi arası, kokusu kocarca ile sarımsak kokusunu andıran bir sıvıdır. Malathion ürünleri çevrede bulunan çok çeşitli böceklerin kontrolünde kullanılmaktadır. Ürün formülü tozlar, emülsiyon olabilen konsantreler, eriyebilen çeşitli toz ve solüsyonlar içerir (5,6,7,8).

Malathionun kimyasal formülü  $C_{10} H_{19} O_6 PS_2$  şeklinde iken kimyasal yapısı ise şöyledir.

Çizelge 2.1. Malathionun kimyasal yapısı



Malathionun suya geçiş potansiyeli yüksek, suda kalıcılık süresi kısa ve biyolojik birikim potansiyeli düşüktür. Erime noktası;  $2,85^\circ\text{C}$ , kaynama noktası  $156^\circ\text{C}$ , sudaki çözülme kabiliyeti (oda ısısında)  $0,0145\text{g}/100\text{ ml}$  olarak belirtilmiştir. Organik çözücülerde çözünürlüğü yok varsayılırken, petrol yağlarında ve alifatik hidrokarbonlarda sınırlı çözünürlüğü vardır (9).

Malathion sistemik olmayan bir akarasit ve insektisit özelliğindedir. Türkiye'de çok geniş kullanım alanına sahip olunan malathion, ambar zararlılarından, meyve-sebze zararlılarına ve hatta evlerdeki zararlı böceklere karşı kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan malathion sıvı formülasyonda olup, litrede 650 gram aktif madde içermektedir.

Genel olarak kullanım yerleri: Sebze de baklagil tohum böceği; yonca hortumlu böceği; pamuk yaprak kurdu; pis kokulu yeşil böcek; fasulye kapsül kurdu; kavun kızıl böceği; lahana kelebeği; kırmızı örümcek; patates güvesi; karpuz telli böceği; lahana kokulu renkli böceği; meyve ağaçlarında şeftali filiz güvesi; şeftali virgöl kabuklu biti; zeytin kabuklu biti; meyve göz kurdu; meyve testereli arıları; tomurcuk tırtılları; alın kelebek; yüzük kelebeği; elma ağ kurdu; doğu meyve güvesi; kiraz sineği; yaprak bitleri; elma pamuklu biti; armut kaplanı; soyada çizgili yaprak kurdu; bağda bağ unlu biti; pamukta pamuk yaprak biti; pamuk yaprak piresi; çizgili pamuk yaprak kurdu; süs bitkilerinde yaprak bitleri; mısırd a çizgili yaprak kurdu; haşhaşta kök kurdu; hububatta ambarlanmış hububat ve mamulleri zararlıları; susamda susam güvesi; soyada pis kokulu yeşil böcek olarak belirtilmiştir (10).

Malathion pestisitinin toprakta, düşük kalıcılığa sahip olduğu tespit edilmiştir. Toprakta kalma süresinin, toprağın bir araya getirme (bağlama) derecesi ile bağlantılı olduğu bildirilmiştir. Malathionun suda tamamen eriyebildiği ve verimli topraklarda son derece hareketli olduğu bilindiğinden yeryüzü suları için olası bir tehdit olarak görölmektedir. Malathionun atmosfere bırakılması sonucu güneş işiğında bozulacağı ve bu bozulmanın yaklaşık 1,5 gün olduğu rapor edilmiştir. Irmak suyunda yarılanma durumu bir haftadan az iken, damıtılmış suda üç hafta sabit kaldığı belirtilmiştir (11).

Yapılan çalışmalarda malathionun arılara ve suda yaşayan canlılara çok zehirli olduğu belirtilmiştir. Bununla beraber kurbağa gibi hem suda hem karada yaşayan canlılara yüksek oranda zehirli iken, kuşlara orta derecede zehirlidir. Yine yapılan bazı çalışmalarda da malathionun birçok yararlı böceğe karşı da zehirli olduğu bildirilmiştir (11).

Malathion insektisitinin doğrudan veya dolaylı olarak doğal yaşam ortamlarına ulaşması nedeni ile New York Çevre Koruma Birimi (DEC) tarafından yapılan araştırmada; kullanılan bu insektisit in bir çok ada balığının ölümine sebep olduğu belirtilmiştir. Çalışmada malathionun 2000 balık

ölümüne neden olduğu ve bir çok balık türünün üreme, göç etme ve fizyolojik-davranış bozukluklarına sebep olduğu tespit edilmiştir. Malathion insektisitinin *Salmo trutta* ve *Oncorhynchus clarki* bireyelerine çok zehirli iken *Pimephales promelas* bireyelerine orta derecede zehirli olduğu rapor edilmiştir (11).

#### *Malathion İnsektisitinin Etki Mekanizması*

Organik fosforlu insektisitler, inhalasyon ve gastrointestinal yolla alınabildikleri gibi, deri yolu ile de önemli derecede absorbe olabilirler. Başlıca toksik etkileri Asetilkolinesteraz enzimini (AchE) inhibe etmesine dayanır. Bu toksik etkileri biyotransformasyonları ile çok yakından ilgilidir. Bütün tiyo fosforik asit esterleri in-vivo olarak okson metaboliklerine dönüşürler. (P=S) bağı içeren organik fosforlu pestisitler aktif AchE inhibitörleri değildir. Aktivasyon için (P=S) in (P=O) grubuna oksidasyonları gerekmektedir. Bu reaksiyon karışık fonksiyonlu oksidasyonlar tarafından katalizlenir. Bu aktivasyon başlıca karaciğerde gerçekleşir. Ayrıca akciğer ve beyinde olmak üzere diğer dokularda da olabilir (12).

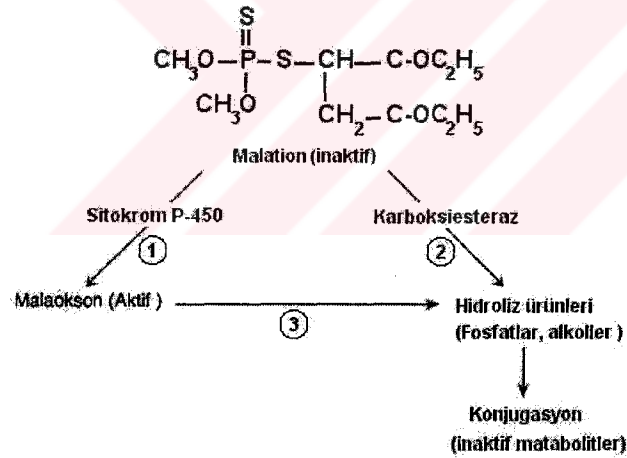
Organik fosforlu insektisitler toksik etkilerini kolinesteraz inhibitörü olarak gösterirler. Tiyoesterleri "okso" şekline dönüştükten sonra inhibitör özelliği kazanırlar. Buna göre organik fosforlu insektisitler doğrudan veya dolaylı etki gösterirler (12).

Bu çalışmada kullanılan ve organik fosforlu bir insektisit olan malathion zehir etkisini dolaylı şekilde göstermektedir. Malathion insektisiti malaoksona metabolize olduktan sonra asetilkolinesterazı geri dönüşümsüz olarak inhibe etmektedir.

Malathion insektisiti, diğer kimyasal insektisitlerin hepsinde olduğu gibi bir nörotoksikan olup, hedef organizmaların sinir sistemlerine toksik etki göstermektedir. Sinir sistemlerinde spesifik enzimleri inhibe ederek veya sinir

uçlarındaki kimyasal nörotransmitterleri etkileyerek nörotoksitesini göstermektedir (12).

Malathionun böceklere toksik olduğu halde, memelilerde toksisitesinin çok düşük olması, bu iki türde farklı biyotransformasyona uğramamasındadır (İnsanlarda oral letal doz 60gr/70gr, farelerde LD<sub>50</sub> oral yolla 1375 mg/kg). Her iki türde de biyotransformasyon yolları aynı fakat hızları farklıdır. Memelilerde karboksiesteraz aktivitesi yüksek olduğu için, malathion ve malaokson, hidrolizle çabuk inaktif hale geçer. Böceklerde ise hidroliz olayı düşük esteraz aktivitesi nedeni ile çok yavaştır. Bu nedenle malaokson (asıl toksik metabolit) birikimi olacaktır. Karboksiesterazlar, karboksilik asit içeren malathionu hidroliz ederek inaktive ederler. Bu enzimin bulunması memelilerde toleransı, bazı böcek türlerinde ise rezistansı sağlar (12).



Şekil 2. 1. Malathionun memelilerde ve böceklerde biyotransformasyonu

Bazı ev sinekleri ve sivrisinek suşları organik fosforlu insektisit olan malathiona karşı dayanıklıdır. Çünkü bu suşlarda malathionu inaktive eden karboksiesteraz enzimi gelişmiştir (12).

İlk organik fosforlu insektisitler, 1937 yılında Almanya'da Schrader önderliğinde bir grup kimyager tarafından sentezlenmiştir. Bu sentezlenen deneme ürünlerinin son derece toksik olduğu anlaşılmış ve 2. Dünya

Savaşında Nazilerin kontrolünde tutulmuştur. "Sinir gazı" ismi verilen bu tip organik fosforlu bileşiklerin memelilere toksik olduğu gibi, insektisit özelliği de olduğu anlaşılmış ve ilk önce bu amaçla TEPP (tetraetil pirofosfat) sentezlenmiştir. Daha sonra 1944 yılında Schrader, daha dayanıklı bir bileşik olan paration ve oksijen analogu paraoksonu sentezlemiştir. Bu yıldan sonrada organik fosfat yapısındaki insektisitlerin üretimi ve kullanımı başlamıştır (12).

Malathion memelilerde ve böceklerde karışık fonksiyonlu oksidazlar ile malaoksona dönüşmektedir. Malaokson, malathiona oranla 900 kez daha zehirlidir ve insan karaciğerinde önemli zararlar oluşturabilmektedir. İsomalathion ise malathionun diğer bir parçalanma ürünü olup malathiondan daha toksik bir yapıya sahiptir. Malathion diğer organofosfatlar ile reaksiyona girer. Metabolizması insan, kemirgenler, yeni doğan bebekler ve çocuklarda farklıdır (13).

Pestisitlerin su içerisinde hareketliliği kısmen suda eriyebilirlik ve formülasyonuna bağlıdır. Suda eriyebilen ya da suda eriyebilecek şekilde formüle edilen pestisitler su içerisinde kısa sürede dağılırlar. Fakat toz veya granül formda bulunanlar su içerisinde askıda kalarak uzun süre aktif maddelerinin yayılmasına neden olmaktadır (14).

#### *Malathion Atıkları*

Malathiona maruz kalma durumunda, biyolojik akışkanlarda (sıvılarda) bulunan öncelikli metabolitler; malathion dikarboksilik asit (DCA) ve malathion monokarboksilik asittir (MCA). DCA ve MCA karboksilik asitleri, idrarda, toplam metabolizmanın %80'inden fazla salgılanmış görülür (15).

Balık bünyesinde, en önemli atığın %33,3-35,9 oranlarında saptanan malathion monokarboksilik asit (MCA) olduğu bildirilmiştir. Saptanan diğer 22 bileşen arasında da, 0,1'den %5,7 seviyesine kadar sıralanan atıklar ise;

malathion dikarboksilik asit (MDCA), malaokson, desmetil malathion, monoetilfumaret ve oksaloasetik asittir (16).

Organofosforlu böcek zehirlerine maruz kalan bireyler genelde idrar metabolit salgıları ve kan tahlilleri ile değerlendirilir. Organofosforlu böcek zehirlerine maruz kalan insanlarda tanı için yapılan kan tahlilleri, en yaygın ve güvenilir biyolojik göstergelerdir. Organofosforlu böcek zehirleri kırmızı kan hücrelerinde AchE'ı tutarlar. Böcek zehirlerinin çeşitleri, maruz kalma derecesine bağlı olarak, PchE ve AchE aktivitelerinin azalmasını günlerce sağlayabilir. Bir çok analitik metot kanda AchE ve PchE'yi tespit etmek için geliştirilmiştir. Metotlardan elde edilen sonuçlar genellikle karşılaştırılabilir. Fakat doğruluk, hassaslık ve kesinlik açısından geniş çapta farklılık gösterirler. İdrarda malathion metabolitlerinin varlığını kanıtlamada kullanılan analitik metotlar, kanda AchE ve PchE'yi tespit etmek için kullanılanlardan daha hassastır. Malathion gibi alkil fosfatlar vücuda çabuk alınırlar ve kısa bir zaman içerisinde idrara karışırlar. Zehire maruz kalındığında hastaya 48 saat içinde müdahale edilmelidir. Çünkü malathion insan dokularında çabucak hidrolize olmaktadır. Tespit sınırı 0,2 mg/L olarak rapor edilmiştir. Ayrıca analiz için kullanılacak idrar örnekleri de kısa bir zaman içinde alınmalıdır (15).

Bakteriyel sistemlerde malathionun metabolizması hidroliz reaksiyonları ile olmakta ve malathionun mono ve dikarboksilik asit türevleri açığa çıkmaktadır. Reaksiyon karboksiesteraz enzimi ile gerçekleşmektedir (17).

Cook ve Moore, *Lagodon rhomboides* bireylerinde malathion metabolitlerini incelediği çalışmada (18); bireylerin 24 saat, 75 ppb malathiona maruz bırakılmaları sonucu farklı dokularda, yüksek konsantrasyonda malathion dikarboksilik asit ve malathion monokarboksilik asit metabolitlerine rastlandığını bildirmişlerdir.

Bourguin, malathionun anaerobik ortamdaki durumu ile ilgili yaptığı çalışmada (19); yüksek dengesine rağmen, anaerobik çevrelerde malathionun dayanıklılığının kısa süreli olduğunu bildirmiştir. [ 2,3- <sup>14</sup>C ] ve teknik dereceli malathionun kumlu, verimli toprağa eklenerek, pH 7,8'de yaklaşık 2,5 gün tortu oranı ile derecelendirilmiştir. Sele maruz kalan bu topraktaki çoğu atığın su üzerinde kalmasına rağmen, derecelendirmenin hem su yüzünde hem de tortuda aynı olduğu gözlenmiştir. Su yüzeyinde bulunan atık ürünlerin, malathion monokarboksilik asit (MCA 4 günde %28), dimetil monokarboksilik asit (7 günde %21), dikarboksilik asit (14 günde %21) ve dimetil dikarboksilik asit (45 günde %39) olduğu bildirilmiştir. Malathion monokarboksilik asit için hesaplanan yarılanma süresi 11 gün olarak tespit edilmiştir.

Organik fosforlu insektisitlerin çevredeki kalıcılık etkisi yok denecek kadar azdır. İşte az olan kalıcı etkileri ve zararlı kontrolündeki üstünlükleriyle organik klorlu bileşiklere tercih edilmektedir (6).

Malathion bulunduğu ortamın şartlarına bağlı olmak üzere, suyu çok hızlı kirlettiği ve bu sürenin muhtemelen bir günden daha az bir süre olduğu ve yine şartlara bağlı olarak, ortamdaki kalıcılık süresinin kısa olduğu bildirilmiştir (16).

Guerrant ve arkadaşları, malathionun göl, ırmak, gölcük gibi doğal ortamlardaki durumunu inceledikleri çalışmada (20); malathionun böyle doğal ortamlarda yarım günden on güne kadar varlığını sürdürdüğünü bildirmişlerdir. Ancak bu durumun ortamın pH'sına ve kimyasalın ortamda kalma süresiyle doğrudan ilişkili olduğunu da ilave etmişlerdir.

## 2.1. Malathion İsektisitinin Akut-Subakut Toksisitesi ve Dokularda Birikimi ile İlgili Çalışmalar

Malathion insektisitinin balıklar üzerindeki toksisitesiyle ilgili olarak Türkiye'de yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Türkiye dışında ise genellikle malathionun farklı dokularda meydana getirdiği toksisite değerlendirmeleri, davranış bozuklukları incelenmiştir.

Ravindar ve arkadaşları, malathionla sürekli maruz bırakılan *Notopterus notopterus*'un bazı dokularındaki fizyolojik fonksiyon bozukluklarını bildirmişlerdir (21).

Rao ve arkadaşları, malathion, BHC ve karbarilin *Tilapia mossambica* üzerindeki diferansiyel toksisitesini araştırmışlardır (22).

EI-Dib ve arkadaşları, malathionun *Tilapia nilotica*'nın erkek bireylerinde, in vivo şartlarda, metabolizma aktivasyonunu incelemişlerdir (23).

Sahib ve arkadaşları malathionun tatlı suda yaşayan *Tilapia mossambica*'daki toksisitesini bildirmişlerdir (24).

Rao ve Sahib, malathionun *Tilapia mossambica*'nın bazı dokularındaki AchE inhibisyonu ile subakut toksisitesini karşılıklı olarak değerlendirmişlerdir (25).

Rao ve arkadaşları, malathionun sublethal toksisitesinin *Tilapia massambica*'nın ciğerindeki protein ve serbest amino asit kompozisyonuna etkisini incelemişlerdir (26).

Rao ve arkadaşları, malathionun *Tilapia mossambica*'nın nitrojen metabolizmasına etkisini inceleyen bir araştırma yapmışlardır (27).

Awasthi ve arkadaşları, organofosforlu insektisitlerin bazı kan parametreleri üzerine etkilerini inceleyen bir araştırma yapmışlardır (28).

Mathivanan ve Bhaskaran, malathionun *Labeo rohita* ve *Tilapia mossambica*'nın beyin dokularındaki AchE aktivitesini inceleyen bir araştırma yapmışlardır (29).

Geiger ve arkadaşları, %95'lik kimyasal malathionun, *Pimephales promelas* bireyleri üzerine akut toksisitesini araştıran bir çalışma yapmışlardır (30).

Beauvais ve arkadaşları, malathion ve diazinonun *Oncorhynchus mykiss* larvalarındaki nörotoksik etkilerini, fiziksel ölçülerini ve davranış değişimlerini inceleyen bir araştırma yapmışlardır (31).

Singh ve arkadaşları, malathion ve karbaril pestisitlerinin *Colisa foscatus* bireylerinin bazı biyokimyasal profillerine etkisini ve bu pestisitlerinin toksisiteleri hakkında bilgi vermişlerdir (32).

Sawhney ve Johal, malathionun *Channa punctatus* bireylerinde eritrosit miktarlarında değişikliğe neden olduğunu belirten bir çalışma yapmışlardır (33).

Brewer ve arkadaşları, kolinesteraz inhibisyonu yapan bazı kimyasallara maruz bırakılan *Oncorhynchus mykiss* bireylerindeki fizyolojik değişiklikleri ve davranış bozuklarını bildirmişlerdir (34).

Ansari ve Kumar, malathionun *Brachydanio rerio* bireyleri üzerine toksisitesini ve AchE inhibisyonunu bildiren bir çalışma yapmışlardır (35).

Tsuda ve arkadaşları, organofosforlu insektisitlerin ve onların oksidasyon ürünlerinin *Oryzias latipes* bireylerindeki akut toksisitelerini, birikimlerini ve bazı salgıları üzerine etkilerini araştırmışlardır (36).

Singh ve arkadaşları, karbaril ve malathionun *Channa punctatus* ve *Heteropneustes fossilis* üzerine akut toksisitesini araştırmışlardır (37).

Galloway ve Handy, organofosforlu pestisitlerin immünotoksitesini incelemişlerdir (38).

Forget ve arkadaşları, arsenik, kadmiyum, atrazin, karbofuran, diklorvos ve malathionun *Tigriapus brevicornis*'in çeşitli evrelerindeki ölüm oranlarını ve LC<sub>50</sub> değerlerini bildirmişlerdir (39).

Pathiratne ve George, malathionun *Oreochromis niloticus* üzerine akut toksisitesini ve bazı çevre kirleticilerinin modülasyonunu bildirmişlerdir (40).

California Balıkçılık Bürosu, *Morone saxatilis* bireyleri üzerine yapılan toksikolojik çalışmaları bildirmişlerdir (41).

Post ve Schroeder, dört farklı tür üzerinde malathion toksisitesini araştıran bir çalışma yapmışlardır (42).

Haider ve Inbaraj, malathion ve endosülfanın teknik ve ticari formüllerinin *Channa punctatus* üzerindeki toksisitesini bildirmişlerdir (43).

Lien ve arkadaşları, malathiona maruz kalan *Clarias gariepinus* larvalarındaki morfolojik anormallikleri incelemişlerdir (44).

Nguyen ve Janssen, *Clarias gariepinus* embriyo ve larvalarına farklı kimyasalların karşılaştırmalı duyarlılıklarını bildirmişlerdir (45).

Dutta ve arkadaşları, malathionun *Cyprinus carpio* üzerine toksik etkisini ve solunumlarıyla ilgili değişiklikleri bildirmişlerdir (46).

Richmonds ve Dutta, malathionun *Lepomis macrochirus* bireylerinin optomotor davranışları üzerine etkisini bildirmişlerdir (47).

Mohideen ve Reddy, *Cyprinus carpio* üzerine malathion stresi ve beyin dokularındaki protein profilinin değişimini bildirmişlerdir (48).

Ranke - Rybicka, organofosforlu pestisitlerin sucul organizmalara etkisini incelemişlerdir (49).

Rao ve arkadaşları, metil parathionun *Tilapia mossambica*'nın tüm vücut ve solunum dokuları üzerine etkisini bildirmişlerdir (50).

Beaman ve arkadaşları, malathionun bazı laboratuvar balıklarına toksisitesi ve immünoanalizlerde önceden tahminini bildiren bir çalışma yapmışlardır (51).

Parkhurst ve Harlan, malathionun *Oncorhynchus tshawytscha* bireyleri üzerine akut toksisitesini araştıran bir çalışma yapmışlardır (52).

Weiss ve arkadaşları, malathionun *Cyprinodon variegatus* bireylerinin embriyo ve yumurtalarına etkisini inceleyen bir araştırma yapmışlardır (53).

Coppage ve Duke, Meksika Körfezi boyunca malathion içeren bir çok böcek ilacının, bazı balık türleri üzerine etkilerini inceleyen bir çalışma yapmışlardır (54).

Penn State araştırma Merkezi'nde, malathionun toz formülasyonunun *Oryzias latipes* bireyleri üzerine etkisini araştıran bir çalışma yapılmıştır (55).

Bender, *Cyprinus carpio* bireylerinde malathion birikimi ile ilgili bir değerlendirme yapmıştır (56).

Howard, *Lepomis macrochirus* bireylerinde malathion birikimi ile ilgili bir çalışma yapmıştır (16).

## 2.2. Kuramsal Temeller ve Tanımlar

Toksikoloji: Kimyasal maddelerin biyolojik dokulara kantitatif tesirlerinin mekanizmalarıyla birlikte araştırılmasını inceleyen ve elde edilen bilgilerden insan populasyonuna ve çevreye zararları ve etkileri hakkında tahmin yapılmasını temin eden bir bilim dalıdır.

Zehirlilik Deneyleri: Zehirli maddeye belirli bir maruz kalma süresinden sonra ölüm, hareketsizlik, üremenin engellenmesi gibi zehir etkilerini belirleyen konsantrasyonu tespit etme işidir (57).

Akut Zehirlilik Deneyleri: Deney organizmalarında kısa sürede olumsuz değişikliğe sebep olan deney konsantrasyonlarını belirleme işlemdir (57).

Zehirlilik Etkisi: Sularda doğal dengeyi bozan, organizmaların yaşam sürecini kısalan ve/veya ortam şartlarını bozan her türlü yabancı etkidir (57).

Zehir: Organizmada şekillenen ve dışarıdan organizmaya giren, kimyasal yapıları dolayısıyla, canlının organ veya organlarını etkileyebilen ve canlının sağlığında geçici veya sürekli olarak olumsuz etki yapan maddelerdir (57).

Ortalama Etkili Konsantrasyon (EC): Deney organizmalarının %50' sinde denge kaybı, felç, anormallikler veya vücut bozuklukları gibi etki meydana getiren konsantrasyondur (57).

Ortalama Tolerans Limiti (TL): Sucul organizmalarının zehirli ortamda yarısının canlı kaldığı sınır zehirlilik değeridir (57).

En Yüksek Tolerans Dozu: Ölüm meydana getirmeyen en yüksek dozdur (57).

En Düşük Öldürücü Doz: Ölüm meydana getiren dozların en küçüğüdür (57).

Ortalama Öldürücü Doz (LD<sub>50</sub>): Tatbik edildiği organizmaların yarısını öldüren dozdur (57).

Ortalama Öldürücü Konsantrasyon (LC<sub>50</sub>): Tatbik edildiği organizmaların yarısını öldüren konsantrasyondur (57).

Öldürücü Doz: Bir defa tatbikinde öldüren doza denir (57).

Zehirlilik Dozu (Toksik Doz): Ölüm meydana getirmemekle beraber, zehirlenme belirtilerine sebep olan dozdur (57).

Eşik Konsantrasyonu: Kontrollü koşullarda basit deney hayvanında seçici bazı cevapları almak için gerekli olan minimum zehir konsantrasyonu veya aynı koşullar altında canlıların hayatta kalmasına izin veren maksimum zehir konsantrasyonudur (57).

Akut Zehirlilik: Tek dozda 24 saatlik süre içinde görülen zehirliliktir (57).

Doz-Cevap İlişkisi: Kimyasal maddelere maruz kalma özellikleri ile meydana gelen çeşitli ve geniş spektrumlu tesirler arası ilişkilere denir (57).

Sistemik Etki: Bir kimyasalın bitki içerisinde özsuya geçmek suretiyle dolaşabilme özelliğidir (58).

Toksisite çalışmaları, toksik maddelerin tanımlanması, kimyası, toksisite oluşum sınıfları, fizyolojik aksiyonları ve kimyasalların oluşturacağı zararları saptamak için yapılır (58).

Bununla birlikte su ortamını koruyabilmek, balık populasyonlarında kimyasalların potansiyel oluşumlarını bilmek, güvenilir değerler bulmak için laboratuvar deneylerinin yapılmasına da şiddetle gereksinim vardır. Bu açıdan laboratuvar çalışmaları, su ortamı için sorun olmayan düzeyleri tahmin etmek ve uygulamak için önemlidir (59).

Tatlısu ortamlarındaki canlı grupları için toksik maddelerin lethal ve sublethal dozları her bir canlı grubu için ayrı ayrı düzenlenen biyodeneyle sağlanmaktadır (60). Bu araştırmada Türkiye'de yaygın bir kullanımı olan malathionun *Cyprinus carpio* bireylerinde LC<sub>50</sub> değerinin tespiti ve davranışlarda meydana gelen değişimlerin tespiti amaçlanmıştır.

### **3. MATERYAL VE METOD**

#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Deneme yeri**

Bu çalışma Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı Hidrobiyoloji Araştırma laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

##### **3.1.2. Balık örneklerinin temini**

Bu çalışmada kullanılan balık örnekleri Amasya D.S.İ. tesislerinden temin edilmiştir.

##### **3.1.3. Balık örneklerinin laboratuvara getirilmesi**

Balık örnekleri Amasya'dan 3 saat içerisinde, suları değiştirilmek suretiyle 7 adet su tankı içerisinde laboratuvara getirilmiştir.

##### **3.1.4. Balık örnekleri üzerinde yapılan işlemler**

Amasya D.S.İ. tesislerinden elde edilen 200 *Cyprinus carpio* bireyi 0,1 g duyarlılık ve 1 kg' a kadar tartı yapabilen terazide tartılmıştır.

Balıkların boyları, üzerine milimetrik cetvel yerleştirilerek başlangıç kısmı tam olarak sıfırlanmış balık ölçüm tahtasında ölçülmüştür.

##### **3.1.5. Balıklarda yaş tayini**

Yaş saptamada kullanılmak üzere deney sonunda, her balıktan, dorsal yüzgeç ile yanal çizgi (ligne lateral) arasındaki kısımdan Lagler' in bildirdiği

metoda göre (61), pul alınmış ve preparasyonu yapılmıştır. Yaşların saptanmasında binoküler mikroskop ve mikroprojeksiyon aleti kullanılmıştır.

### **3.1.6. Deneme akvaryumları**

Araştırmada 35x45x100 cm boyutlarında, 100 litre hacminde akvaryumlar kullanılmıştır. Akvaryumlarda merkezi havalandırma uygulanmış ve su sıcaklığı 21 °C' de sabit tutulmaya çalışılmıştır.

### **3.1.7. İnsektisit materyali**

Biyodeneyde toksik madde olarak insektisitlerden malathion kullanılmıştır.

### **3.1.8. Deney suyu**

Deney suyu olarak en az 48 saat dinlendirilerek ve havalandırılarak kloru giderilmiş şehir suyu kullanılmıştır.

### **3.1.9. Oksijen ölçümü**

Biyodeney süresince bütün akvaryumlardaki çözünmüş oksijen içeriğini ölçmek için taşınabilir Wissenschaftlich Technische Werkstätten (WTW) marka oksijenmetre kullanılmıştır.

### **3.1.10. Sıcaklık ölçümü**

Biyodeney süresince bütün akvaryumlardaki sıcaklıkları ölçmek için WTW marka oksijenmetre kullanılmıştır.

### **3.1.11. Tuzluluk ölçümü**

Akvaryumlardaki suların tuzluluklarını ölçmek için tuzluluk ölçer WTW marka oksijenmetre kullanılmıştır.

### **3.1.12. pH ölçümü**

Her bir akvaryumun pH değerini yerinde ölçmek için taşınabilir 0,1 pH birimine duyarlı NEL pH 890 marka pH metre kullanılmıştır.

## **3.2. Metod**

### **3.2.1. Balıkların deneye hazırlanması**

Biyodeneden önce balıklar, havalandırılmış, dinlendirilerek kloru giderilmiş şehir suyu bulunan akvaryumlarda ve oda sıcaklığında 15 gün süreyle bir alışma dönemine tabi tutulmuşlardır. Bu dönemde balıklar günde en az bir defa yemlenmişlerdir. Biyodenedin başlama tarihinden 48 saat önce yemlemeye son verilmiştir. Deneye başlamadan önceki 4 gün içinde balıkların hastalanma ya da ölüm oranının %5'den fazla olmamasına dikkat edilmiştir (62).

### **3.2.2. Biyodenedey sıcaklığı**

Biyodenedey su sıcaklığı olarak denemelerde ılık su balıklarından aynalı sazanların kullanılmasından dolayı 21°C seçilmiştir.

### **3.2.3. Çözünmüş oksijen içeriği ve deney çözeltilerinin havalandırılması**

Denemelerde, akvaryum sularının çözünmüş oksijen miktarı 6 mg/L'nin altına düşmeyecek şekilde havalandırma yapılmıştır.

#### **3.2.4. İnektisit konsantrasyonu**

Malathion denemesinde her bir akvaryuma 2,5 g balık/litrelik balık stoklaması yapılmış ve akvaryum hacmi belirlenmiştir. Bundan sonra seçilen toksik maddenin her bir akvaryuma eklenecek miktarı tespit edilmiştir. Bunun için en küçük değerden başlayarak aritmetik artışa dikkat edilmek suretiyle konsantrasyonlar belirlenmiştir. Daha sonra belirlenen değerlere göre sıvı ilaçtan gereği kadar mikropipetle alınarak 100 litrelik akvaryum suyuna ilave edilmiş ve iyice karıştırılmıştır. Böylece arzulanan farklı konsantrasyonlar elde edilmiştir.

#### **3.2.5. Deney balıklarının sayısı ve yaş grupları**

Denenen zehirli maddenin her bir konsantrasyonu için gruplara 10' ar tane balık konulmuş ve balıkların yaklaşık aynı boy ve yaşta olmasına dikkat edilmiştir.

#### **3.2.6. Kontrol grubu**

Biyodeneyleerde deneyin yapıldığı şekil ve şartlarda beraber yürütülen kontrol grubu oluşturulmuştur. Kontrol grubunda balıklar deney suyu içerisinde tutulmuş ve herhangi bir toksik madde ilave edilmemiştir. Biyodeneey süresince kontrol balıklarının ölüm oranlarının %10'u geçmemesine ve %90'ında sağlıklı görünümde olmasına özen gösterilmiştir (62).

#### **3.2.7. Deney süresi ve gözlemler**

Deneyler 96 saat sürmüştür. Her deneyde belirli periyotlarda ölü balıklar sayılarak tespit edilmiş ve akvaryumdan alınmıştır. Deney süresince balıklara yem verilmemiştir.

### 3.2.8. Deney ortamında kamera ve fotoğraf çekimi

Deney başlamadan önce sağlıklı durumdaki balıklar ve deney süresince toksik madde verildikten sonra, özellikle yüksek dozlarda balıkların sergilemiş oldukları anormal davranışlar Nikon marka fotoğraf makinesiyle ve Sony marka kamera ile çekilmiştir. Böylece deney süresince balıklardaki davranış değişimleri ayrıntılı olarak gözlenmiştir.

### 3.2.9. Ölü hayvanların otopsis

Her deneyde belirli periyotlarda ölü balıklar akvaryumdan derhal çıkarılmış ve ince uçlu bir bistüri ile anüsten solungaç kapaklarına kadar kesilerek karın bölgesi açılmıştır. Bu şekilde balıkların iç organlarında meydana gelen değişimler gözlenerek not edilmiştir.

### 3.2.10. Deney metodu

Denemelerde statik akut deney yöntemi kullanılmıştır. Statik akut deneyde deney çözeltisi ve deney balıkları uygun bir deney kabına konur ve deney süresince bekletilir. Statik akut deneyin kolay ve ucuz olması, farklı kimyasal maddelerin ve organizmaların karşılaştırılmasının hızlı olması, literatürünün bol olması bu deneyin avantajları arasında sayılırken uzun süreli deneylerde oksijen miktarının azalması, metabolik atıkların önemli bir problem oluşturması, buharlaşmayla su kaybı bu deneyin dezavantajları arasında sayılabilir. Bu dezavantajlar nedeniyle statik akut deneyler genelde 96 saat veya daha kısa süreli deneylerdir (63).

### 3.2.11. LC<sub>50</sub> Metodu

Bu çalışmada malathionun *Cyprinus carpio* (L., 1758) üzerindeki akut toksik etkisini tespit etmek için Finney' in Probit Analiz Metodu kullanılmıştır (64).

### 3.2.12. Deney sonuçlarının değerlendirilmesi

Araştırma sonuçlarının değerlendirilmesi EPA Probit Analiz yöntemine göre yapılmış  $LC_{50}$  ve %95 güven sınırları bir bilgisayar programı ile tespit edilmiştir (65). Ayrıca malathion denemesinde elde edilen bulgular Behrens Karber yöntemine göre de aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (66).

$$LC_{50} = LC_{100} - \frac{ab + \dots + ab}{n}$$

Burada:

$LC_{100}$  = Balıkların tamamını öldüren konsantrasyon

$LC_{50}$  = Balıkların yarısını öldüren konsantrasyon

a = Birbirini izleyen iki doz arasındaki fark

b = Birbirini izleyen iki dozdan ileri gelen ölümlerin aritmetik ortalaması

n = Her gruptaki hayvan sayısını göstermektedir.

Behrens-Karber yöntemiyle elde edilen kabaca sonuç, ince hesaplamalar gerektiren probit analiz yöntemi ile bulunan sonuç ile karşılaştırılmıştır.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Biyodeneylere Ait Araştırma Sonuçları

*Cyprinus carpio*'da malathionun akut toksisite deneyi sonucunda su kalitesi bakımından elde edilen sonuçlar izelge 4.1.'de ve EPA Probit Analiz değerleri izelge 4.2. ve Şekil 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. *Cyprinus carpio*'da malathion denemesinde her akvaryumdaki sıcaklık, salinite, oksijen ve pH değerleri

Ölçümler Konsantrasyonlar	Sıcaklık (°C)	Salinite (%)	Oksijen (mg/lt)	pH
Kontrol Grubu	21	0,037	6.00	7,2
15 ppm	20	0,034	5,6	7,1
16 ppm	20	0,032	5,4	5,8
17 ppm	22	0,034	5,2	5,8
17,5 ppm	21	0,037	5,2	5,6
18 ppm	20	0,036	5,1	5,2
18,5 ppm	22	0,034	4,8	4,8
19 ppm	21	0,033	4,7	4,2

Çizelge 4.2. Malathionun *Cyprinus carpio* L., 1758 bireyleri üzerinde tahmini EC değerleri ve güven sınırları

Nokta	Konsantrasyon	%95 Güven Sınırları	
		Alt	Üst
<b>EC 1,00</b>	15,7303	14,3544	16,3349
<b>EC 5,00</b>	16,2135	15,1322	16,7000
<b>EC 10,00</b>	16,4773	15,5578	16,9037
<b>EC 15,00</b>	16,6577	15,8497	17,0466
<b>EC 50,00</b>	17,4423	17,0435	17,7648
<b>EC 85,00</b>	18,2638	17,9135	18,9408
<b>EC 90,00</b>	18,4638	18,0769	19,2822
<b>EC 95,00</b>	18,7641	18,3084	19,8138
<b>EC 99,00</b>	19,3406	18,7280	20,8759



Şekil 4.1. Malathion için hesaplanan probit değerleri ve regresyon grafiği

Denemelerde 16 ppm'lik malathion konsantrasyonunda 96 saatlik süre sonunda ölüm gözlenmemiştir. 19 ppm'lik konsantrasyonda ise ölüm oranı %100 olarak tespit edilmiştir.

Bu araştırmada, ortalama ağırlıkları  $25\pm 5$  g ve ortalama total boyları  $12\pm 2$  cm olan *Cyprinus carpio* bireylerinde malathionun  $LC_{50}$  değeri 17,44 mg/L olarak bulunmuştur.

Behrens-Karber yöntemine göre ise  $LC_{50}$  değeri 17,425 mg/L olarak bulunmuştur.

#### 4.2. Davranış Değişimlerine Ait Gözlem Sonuçları

Bu çalışmada *Cyprinus carpio* bireyleri malathionun farklı konsantrasyonlarına maruz bırakıldıklarında balıklarda çeşitli davranış değişimleri görülmüş ve bunların fotoğrafları çekilip, bu değişimler kameraya kaydedilmiştir.

Malathionun farklı konsantrasyonlarına maruz bırakılan balıklardaki davranış değişimleri aşağıda verilmiştir:

15 ppm: Dozlama yapıldıktan sonra balıkların hareketlerinde belirgin sapmaların görüldüğü konsantrasyondur. Balıklar dozlamadan sonra akvaryum dibinde yan yatar pozisyon alıp, kasılma, sıçrama hareketleri göstermişlerdir. Bu seride ölüm gözlenmemiştir. Belirgin sapmaların görüldüğü konsantrasyon olarak tespit edilmiştir.

16 ppm: İnsektisit verildikten yaklaşık 10-12 dakika sonra tüm balıkların akvaryum dibinde yan yatar pozisyon aldıkları görülmüştür. Ani kasılmalar, sıçramalar, vücutlarının yay şeklini alması, dibe doğru yüzerken ani bir hareketle suyun yüzüne doğru sıçrama hareketleri oldukça belirgindir. Yüzme hareketlerinde yavaşlama belirgindir. 48 saat sonra nispeten daha normal

hareketler gözlenmiştir. Dip kısımda birikmeler, yavaş hareketlerle yüzüp akvaryum duvarına çarpmalar tespit edilmiştir. Bu grupta ölüm gözlenmemiştir.

17 ppm: Balıklar dozlandıktan kısa bir süre sonra akvaryumun dibinde yan yatar bir pozisyon aldıkları gözlenmiştir. Kasılmalar ve irkilmeler çok belirgin ve çok fazla (dakikada 6-8 kez) olup, soluk alıp verme sayısı artmıştır. Balıklar kafa aşağıda, kuyrukları yukarda çivileme şeklinde dönerek yüzme, dipte yan pozisyonda yatarken bir anda hareketlenip dik şekilde yukarıya çıkma ve burada hareketsiz kalıp karın veya yüz üstü yere düşme, bir tarafa doğru yüzerken kendi etrafında dönme ve yine bir tarafa doğru yüzerken bir anda kuyruğunu 5-6 kez hızla sallayıp ters yöne doğru yüzme hareketleri gözlemlendi. Yaklaşık 24 saat sonra hayatta kalan balıkların dip kısımda biriktikleri gözlemlendi. 48 saat sonra ise hafif titremeler, akvaryumun dibinde karın üstü hareketsiz kalma davranışları gözlemlendi.

17,5 ppm: Dozlama yapıldıktan sonra balıkların tamamı akvaryum dibinde yan yatar pozisyon aldılar. Kasılma, irkilme çok fazla ve soluk alıp verme oldukça hızlıdır. Balıklarda karın üstü veya sırt üstü dipte yatarken bir anda hareketlenip dengesini kaybetmiş gibi sağa-sola doğru yüzme hareketleri, çivileme pozisyonunda (ağız aşağıda, kuyruk yukarıda) dururken kendi etrafında bu şekilde dönme, sırt üstü vaziyette yüzme ve akvaryumun kenarlarına çarpma, dipte yan pozisyonda yatarken bir anda hareketlenip spiral şeklinde dönerek su yüzüne çıkma ve burada hareketsiz kalıp sırt üstü veya karın üstü dibe düşme, dip kısımda vücutlarının yay şeklini veya "U" şeklini alması gözlenen hareketlerdir. Normal yüzme hareketlerinin yok denecek kadar az olduğu gözlenmiştir. Deneyin yaklaşık 3. gününden itibaren yaşayan balıkların dip kısımda biriktikleri, kasılma ve titremelerin nispeten azaldığı ve genelde hareketsiz oldukları gözlenmiştir.

18 ppm: Dozlama yapıldıktan sonra balıkların tamamının akvaryumun dibine yan yatar pozisyon aldıkları gözlemlendi. Balıkların tamamında irkilme ve

kasılmalar oldukça fazladır. Bununla beraber soluk alıp vermeleri çok hızlı oldukları gözlemlendi. Dozlama yapıldıktan yaklaşık 6-7 saat sonra 7 balığın öldüğü gözlemlendi. Yaşayan 3 balıkta kasılmalar ve sıçramalar devam etti. Bu balıklarında, çivileme hareketler (akvaryumun dibine doğru veya suyun yüzüne doğru), vücutlarının yay şeklini alıp akvaryumun dibinde hareketsiz kalmalar, kendi etraflarında dönerek yüzme, spiral şeklinde yüzerek (kırılarak) su yüzünde sıçrama gibi davranış değişiklikleri gözlemlendi. Yaklaşık 48 saat sonra yaşayan 2 balığın hafif hafif yüzerken suda asılı (hareketsiz) kaldığı ve daha sonra karın veya ağız üstü dip kısma düştükleri gözlemlendi. Deneyin bitimine doğru ise balıkların dipte hareketsiz halde biriktikleri gözlemlendi.

18,5 ppm: Dozlama yapıldıktan sonra balıkların tamamının dip kısımda yan yatar pozisyon aldıkları gözlemlendi. Bütün balıklarda kasılma, sıçramalar ve soluk alıp vermelerin oldukça fazla olduğu saptandı. Dozlamadan yaklaşık 5-6 saat sonra 7 balığın öldüğü görüldü. Özellikle ilk 24 saat balıklarda kasılma ve titremelerin çok belirgin olduğu ikinci 24 saatte ise kasılmaların azaldığı saptandı. Solunumları da ilk 24 saatte oldukça hızlı iken (58-65 dakikada), ikinci gün biraz daha normal (55-60 dakikada) olduğu görüldü. Kasılma ve titremelerin azalmasıyla balıkların genelde dip kısımda hareketsiz kaldıkları veya suda yavaş hareketlerle asılı kaldığı gözlemlendi.

19 ppm: Dozlama yapıldıktan sonra balıkların tamamının akvaryumun dip kısmında yan yatar pozisyon aldıkları gözlemlendi. Kasılma ve sıçramaların çok sıklaştığı (yaklaşık dakikada 12-13 kez), soluk alıp vermelerin ise belirgin şekilde arttığı (dakikada 60-70) görüldü. Balıkların dip kısımda yay şeklini veya "U" şeklini aldığı, kasılmalarla ve sıçramalarla yüzmeye çalıştıkları, yüzeye doğru dik şekilde yüzerken hızlı bir hareketle ters istikamete doğru yöneldikleri ve bu serideki balıkların tamamının öldüğü görüldü.

19,5 ppm: İlaç verildiğinde 19 ppm'deki tüm tepkiler gözlenmiş ancak 3 saat geçmeden balıkların tamamı öldüğünden bu seri iptal edilmiştir.

### 4.3. Ölü Hayvanların Otopsi

Deney süresince ölen balıklar derhal akvaryumdan çıkarılarak otopsi yapılmıştır. Akvaryumdan çıkarılan balıklar bir küvet içerisine konulmuş, bistüri yardımıyla anüsten yukarıya doğru, solungaç kapaklarına kadar kesilerek iç organları incelenmiştir.

Ölü hayvanların otopsisinde sindirim sisteminde yaygın kanamalar ve özellikle solungaçlarda gözle görülür nekroz kanamalara rastlanmıştır.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarım ilaçlarının doğrudan veya dolaylı yollarla deniz, göl, akarsu gibi yaşam ortamlarına ulaşması ve bu ortamlarda yaşayan canlılar üzerine etkileri ile ilgili pek çok literatür bulunmasına karşın, malathion ile ilgili yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Türkiye’de de durum aynıdır.

Bu çalışmada malathionun *Cyprinus carpio* L.,1758 üzerindeki akut toksik etkisi LC<sub>50</sub> metoduyla tespit edilmiştir. Malathionun farklı konsantrasyonlarına maruz bırakılan *Cyprinus carpio* bireyleri için LC<sub>50</sub> değeri saptanmış ve her bir konsantrasyondaki davranış değişiklikleri gözlemlenmiştir.

Malathion denemesinden elde edilen bulgular EPA Probit Analiz programı ile bilgisayar ortamında değerlendirilmiş ve aynalı sazan yavrularında 96 saatlik LC<sub>50</sub> değeri 17,44 mg/L olarak saptanmıştır.

Bununla beraber *Cyprinus carpio* L.,1758’ da malathion denemesinden elde edilen bulgular Behrens-Karber Yöntemine göre de değerlendirilmiş ve 96 saatlik LC<sub>50</sub> değeri 17,425 mg/L olarak hesaplanmıştır.

Ayrıca deney süresince malathionun farklı konsantrasyonlarına maruz bırakılan balıklarda kasılma, irkilme hızlı soluk alıp verme, bir tarafa doğru yüzerken kuyruğunu hızla 5-6 kez sallayıp birden ters tarafa doğru yüzme hareketi, vücudunu “U” şekline yani balık baş aşağı doğru yüzerken kuyruğunu kafasıyla birleştirmesi, kendi etrafında dönerek yüzme, yan pozisyonda spiral şeklinde yüzme, dipte birikmeler gibi davranış değişimleri gözlemlenmiştir.

Malathionun balıklar üzerindeki zehirlilik kriteri çok düşük seviyeden çok yüksek seviyeye kadar geniş bir yelpazede etkisi göstermektedir (Çizelge 5.1.).

Çizelge 5.1. Malathion pestisitinin farklı balık türleri üzerine zehirlilik kriterleri

Tür	Saat	LC <sub>50</sub> Değeri	Referans
<i>Ptychocheilus lucius</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =455 µg/ L	Beyers ve ark., 1994
<i>Heteropneustes fossilis</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =0.05 mg/ L	Singh ve ark., 1984
<i>Jordanella floridae</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =280 µg/ L	Hermanutz, 1985
<i>Tilapia mossambica</i>	48 saat	LC <sub>50</sub> =5,6 µg/ L	Sahib ve Rao, 1980
<i>Clarias batrachus</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =12 µg/ L	Singh ve Singh, 1987
<i>Channa punctatus</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =3,89mg/L	Haider ve Inbaraj, 1986
<i>Carassius auratus</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =10,7 mg/ L	Mayer ve Ellersieck, 1984
<i>Ictalurus punctatus</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =8,97 mg/ L	Plumb ve ark., 1990
<i>Aplocheilus lineatus</i>	48 saat	LC <sub>50</sub> =0,975 mg/ L	Jacob ve ark., 1982
<i>Morone saxatilis</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =0,0014mg/ L	Mayer, 1970
<i>Salmo trutta</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =0,101 mg/ L	Mayer ve Ellersieck, 1984
<i>Sander vitreus</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =0.064 mg/ L	Mayer ve Ellersieck, 1984
<i>Gambusia affinis</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =12,68 mg/ L	Mayer ve Ellersieck, 1984
<i>Oryzias latipes</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =1,8 mg/ L	Tsuda ve ark., 1997
<i>Oncorhynchus clarki</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =0,174 mg/ L	Mayer ve Ellersieck, 1984
<i>Lumbriculus variegatus</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =20,5 mg/ L	Bailey ve ark., 1980
<i>Procambarus clarki</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =0,05 mg/ L	Cheah ve ark., 1980
<i>Salvelinus namaycush</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =0,076 mg/ L	Mayer ve Ellersieck, 1984
<i>Tilapia mossambica</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =2 mg/ L	Mayer ve Ellersieck, 1984
<i>Culex quinquefasciatus</i>	24saat	LC <sub>50</sub> =75 µg/ L	Bhatia, 1971
<i>Ptychocheilus lucius</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =9,140 µg/ L	Beyers ve ark., 1994
<i>Pimephales promelas</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =8,6 mg/ L	Tietze ve ark., 1991
<i>Macropodus cupanus</i>	48 saat	LC <sub>50</sub> =4,594 µg/ L	Jacob ve ark., 1982
<i>Gila elegans</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =15,3 mg/ L	Beyers, 1993
<i>Lepomis microlophus</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =0,02 mg/ L	Mayers ve Ellersieck, 1984
<i>Perca flavescens</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =0,263 mg/ L	Mayers ve Ellersieck, 1984
<i>Micropterus salmoides</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =0,25 mg/ L	Mayers ve Ellersieck, 1984
<i>Amerius melas</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =11,7 mg/ L	Mayers ve Ellersieck, 1984
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =0,18mg/ L	Gries ve Purghart, 2001
<i>Lepomis macrochirus</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =0,054 mg/ L	Gries ve Purghart, 2001
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	48 saat	LC <sub>50</sub> =0.37 mg/ L	Gries ve Purghart, 2001
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =0,022 mg/ L	Gries ve ark., 2002
<i>Lebistes reticularis</i>	24 saat	LC <sub>50</sub> =50 µg/ L	Rongsriyan ve ark., 1968
<i>Saurotherodon mossambicus</i>	48saat	LC <sub>50</sub> =5,620 µg/ L	Rao ve ark., 1987
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =9 µg/ L	Natarajan ve ark., 1992
<i>Salmo salar</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =320 µg/ L	Wildish ve ark., 1971

Çizelge 5.1. "Devam" Malathion pestisitinin farklı balık türleri üzerine zehirlilik kriterleri

<i>Umbra pygmaea</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =240 µg/L	Bender ve Westman, 1976
<i>Heteropneustes fossilis</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =11,800 µg/L	Dutta ve ark., 1992
<i>Fundulus heteroclitus</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =9,14mg/L	Wildish ve ark., 1972
<i>Fundulus diaphanus</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =420µg/L	Rehwoldt ve ark., 1977
<i>Lepomis gibbous</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =480µg/L	Rehwoldt ve ark., 1977
<i>Leiostomus xanthurus</i>	48saat	LC <sub>50</sub> =820µg/L	Mayer, 1987
<i>Stizostedion vitreum</i>	96saat	LC <sub>50</sub> =64µg/L	Mayer ve Ellersieck, 1986
<i>Cyprinus carpio</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =6,59 mg/ L	Mayer ve Ellersieck, 1984
<i>Cyprinus carpio</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> = 1,900µg/ L	Rehwoldt ve ark., 1977
<i>Cyprinus carpio</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> = 3,15mg/ L	Richmond ve Dutta, 1992
<i>Cyprinus carpio</i>	96 saat	LC <sub>50</sub> =1,9 mg/ L	EPA, 1998
<i>Cyprinus carpio</i>	96saat	LC <sub>50</sub> =6,580mg/L	Mayer ve Ellersieck, 1986

Finlayson ve arkadaşlarının yaptığı araştırmada (67); malathion kullanımından dolayı balıkların olumsuz etkilendiği ve malathion ilacı tarafından kirlenmeye maruz kalmış bir su fırtınasında *Gambusia affinis*, *Oncorhynchus mykiss*, *Morone saxatilis*, *Platichthys stellatus* gibi balıkların dahil olduğu ölümler bildirilmiştir. Malathionun düşük konsantrasyonlarda bile kullanımı, yavru *Lepomis macrochirus*, *Morone saxatilis*, *Oncorhynchus mykiss* ve *Centropomus undecimalis* gibi balık türlerinin hayatta kalmalarını büyük oranda azaltmıştır.

Beyers, malathion ve karbaril pestisitlerine maruz bırakılan farklı balık türlerine ilişkin yaptığı çalışmada (68); malathiona maruz bırakılan *Gila elegans* bireylerinin tehlike altında olduğunu rapor etmiştir. *Salvelinus fontinalis*, *Oncorhynchus mykiss* ve *Oncorhynchus kisutch* bireyleri, malathionun %55'lik EC formülasyonuna 7-10 gün arası, 40ppb ile 3000 ppb'lik konsantrasyonlarına maruz bırakıldıktan sonra, bağımlılık akım tünel testlerine alınmıştır. *Oncorhynchus kisutch* bireylerinde AchE seviyesinin %75 azaldığı gözlenmiş ve en hassas tür olarak belirlenmiştir.

Ayrıca malathionun %55'lik EC formülasyonuna maruz bırakılan balıkların, çalışma ve hareket aktivitelerinin yaklaşık 2/3'sini gerçekleştiremediği de gözlenmiştir. Çalışma, hareket aktiviteleri göz önüne alındığında sonuçlar çalışmamızla uyum içindedir.

Holland ve Lowe, *Leistomus xanthurus* bireyleri üzerine malathionun kronik etkilerini test ettikleri çalışmada (69); bireyler, 10 ppb'lik malathion konsantrasyonuna 26 hafta boyunca maruz bırakılmışlardır. Sonuçta beyin AchE seviyelerinde %30 oranında bir azalma gözlenmiştir. Bununla beraber başka belirgin bir etki gözlenmemiştir. Malathiona maruz bırakılan bu bireylerin, normal ortama alınmalarının ilk haftası sonunda ise, AchE seviyelerinin normale döndüğü gözlenmiştir. Ancak yüksek konsantrasyonlarda malathiona maruz kalan balıkların daha hassas olduğu ve normal durumlarına dönmedikleri saptanmıştır.

Coppage ve arkadaşları yaptıkları çalışmada (70); *Lagodon rhomboides* bireylerini vahşi olarak yakalanmış ve laboratuvar ortamına 3 haftada adapte olmalarını sağlamışlardır. Bu bireyler, asetonda çözülmüş 50ppb'lik malathiona 72 saat maruz bırakılmışlardır. Malathiona maruz kalan bu balıkların yaklaşık %70'inden fazlasında AchE engellenmesi gözlenmiş ve bu balıkların ölüm tehditi altında olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonucunda bireylerde, ölümün yaklaşık 58 ppb'de gerçekleştiği ve 25 ppb'de ise AchE engellenmesinin gözlemlendiği bildirilmiştir.

Dominik ve Zar, malathionun *Notropis cornutus* bireyleri üzerine ısı değişimleriyle ilgili yaptıkları çalışmada (71); malathionun *Notropis cornutus*'un ısı seçimi davranışlarını değiştirdiğini bildirmişlerdir. Davranışlardaki bu değişiklikler balıkların doğal yaşam çevrelerinde bir düzensizliğe sebep olarak göç etmelerini, üreme zamanlarını etkilemiş ve bu balık türlerinin büyüme oranlarında düşüşe sebep olmuştur.

Kumar ve Ansari, malathionun *Brachydanio rerio* bireylerine toksisitesini araştırdıkları çalışmalarda (72,73); malathiona maruz bırakılan balıklarda iskelet yapısında deformasyon, yumurtaların ölmesi, enzim aktivitelerinde önemli derecede düşüşler ve balık yumurtalarında anormallikler gözlemişlerdir.

Plumb ve Areechon, malathionun etkisinde *Ictalurus punctatus* bireylerinde immün sistemin tepkisini açıkladığı çalışmada (74); *Ictalurus punctatus* bireylerinin malathiona maruz bırakılması sonucu balıklarda, antikor özelliklerine zarar vererek hastalıklara karşı dayanıklılığı azalttığı ve balıkların ilk kez malathiona maruz bırakıldığı birinci ayın sonunda omurga bozuklukları gözlendiğini bildirmişlerdir.

Sahib ve arkadaşları, malathion insektisitinin *Tilapia mossambica* bireyleri üzerine toksisitesini inceledikleri çalışmada (24); malathiona maruz bırakılan bu bireylerde 48 saatlik LC<sub>50</sub> değerinin 5,600mg/L olduğunu bildirmişlerdir.

Rao ve arkadaşları, malathionun *Tilapia mossambica* bireylerinin ciğerlerindeki serbest amino asit ve protein kompozisyonu ile ilgili çalışmasında (26); yarı ölümcül malathiona maruz kalan balıkların asetil kolinesteraz aktivitelerinde önemli bir engelleme gözlemişlerdir. Değerlendirme bir çok amino asit göz önüne alınarak yapılmıştır. Glutamik asit, valin, fenilalenin ve methionin karışımının miktarı düşmeden kalırken, aspartik asit miktarında belirgin bir düşüş gözlenmiştir.

Geiger ve arkadaşları, %95'lik malathionun *Pimephales promelas* bireyleri üzerine akut toksisitesini araştırdıkları çalışmada (30); bireylerin malathiona maruz bırakılmaları sonucu 96 saatlik LC<sub>50</sub> değeri 14,100µg/L olarak tespit etmişlerdir.

Brewer ve arkadaşları, kolinesteraz inhibisyonu yapan bazı kimyasallara maruz bırakılan *Oncorhynchus mykiss* bireylerindeki fizyolojik değişikleri ve

davranış bozukluklarını inceledikleri çalışmada (34); deneyden önce sağlıklı balıkların yüzüş uzaklığı, dönme oranları kolinesteraz aktiviteleri belirlemiştir. Balıklar 24 saat malathiona maruz bırakıldıklarında belirlenen mesafeyi katetme ve yüzme hızlarında büyük düşüşler gözlenmiştir. 96 saat maruz bırakıldıklarında ise balıkların çok yavaş yüzdükleri ve daha az mesafe katettikleri gözlenmiştir. Bu sonuçlar çalışmamızla paralellik göstermektedir.

Ansari ve Kumar, *Brachydanio rerio* üzerine malathion toksisitesini inceledikleri araştırmada (35); organofosforlu bir pestisit olan malathiona maruz bırakılan *Brachydanio rerio* bireylerinin beyin sinir dokularında asetilkolinesteraz inhibisyonunun gerçekleştiği gözlenmiştir. Maruz kalma doza ve zamana bağlı tutulmuştur. Enzim aktivitesi %90'a bile çıkarıldığında balıkların hayatta kaldığı görülmüştür. Malathion baskısı balıklar üzerinden kaldırıldığında ise asetilkolinesteraz aktivitesinde önemli bir iyileşme gözlenmiştir.

Tsuda ve arkadaşları, organofosforlu insektisitlerin ve onların oksidasyon ürünlerinin *Oryzias latipes* bireyleri üzerine akut toksisitelerini inceledikleri çalışmada (36); malathiona maruz bırakılan *Oryzias latipes*'lerde 48 saatlik LC<sub>50</sub> değeri 1,8mg/L olarak belirtmişlerdir. Malathionun oksidasyon ürünü olan malaokson için ise 48 saatlik LC<sub>50</sub> değeri 0,28 mg/L olarak bulunmuştur. Malathionun oksidasyon ürünü olan malaoksonun malathiondan daha toksik olduğu bildirilmiştir. Sonuç olarak oksidasyon ürünlerinin doğaya daha zararlı olduğu vurgulanmıştır.

Sing ve arkadaşları, malathion ve karbaril pestisitlerinin, *Heteropneustes fossilis* ve *Channa punctatus* bireyleri üzerine akut toksisitelerini inceledikleri çalışmada (37); malathiona maruz bırakılan *Heteropneustes fossilis* bireyleri için 96 saatlik LC<sub>50</sub> değerinin 2,900µg/L, *Channa punctatus* bireyleri için ise 5µg/L olduğunu bildirmişlerdir.

Galloway ve Handy, organofosforlu pestisitlerin immünotoksitesitesi ile ilgili yaptıkları çalışmada (38); organofosforlu pestisitlerin, omurgasızlar ve balıkların bağışıklık sistemine etkilerini incelemişlerdir. Organofosforlu pestisitlerin zehir etkilerini doğrudan hidroliz veya dolaylı esteraz olarak bağışıklığı etkilediğini öne sürmüşlerdir.

Pathiratne ve George, *Oreochromis niloticus* bireyelerine malathionun akut toksisitesini inceledikleri çalışmada (40); malathiona maruz bırakılan *Oreochromis niloticus* bireyelerinde 96 saatlik LC<sub>50</sub> değerini 2ppm olarak bulmuşlardır. Ayrıca malathionun oksidasyon ürünü olan malaoksonun çok daha etkili bir zehir olduğunu da bildirmişlerdir.

California Balıkçılık Bürosu, *Morone saxatilis* bireyleri üzerine yaptıkları toksikolojik çalışmada (41); malathiona maruz bırakılan bu bireyler için 96 saatlik LC<sub>50</sub> değerini 34 µg/L olarak belirtmişlerdir.

Post ve Schroeder, malathion toksisitesini dört farklı tür üzerinde inceledikleri araştırmada (42); malathion insektisine maruz bırakılan bireylerde 96 saatlik LC<sub>50</sub> değerleri *Salvelinus fontinalis* bireyleri için (2 test) 120-130µg/L *Oncorhynchus mykiss* bireyleri için 122µg/L, *Oncorhynchus kisutch* bireyleri için ise (2 test) 150-201µg/L olarak belirtilmiştir.

Haider ve Inbaraj, malathion ve endosülfanın teknik ve ticari formüllerinin *Channa punctatus* üzerine toksik etkisi ile ilgili çalışmalarında (43); *Channa punctatus* üzerine teknik ve ticari malathionun 96 saatlik LC<sub>50</sub> değerleri sırasıyla 4,51mg/L, 3,89 mg/L olarak saptanmıştır. Yine aynı bireylere teknik ve ticari endosülfanın tatbik edilmesiyle elde edilen 96 saatlik LC<sub>50</sub> değerleri sırasıyla 5,78 mg/L, 3,07 mg/L olarak bildirilmiştir. Ticari formun teknik formdan daha fazla toksik etki göstermesinin nedeni, ticari formun su içerisinde aktif parçacıklara dağılılabılır özelliğinden dolayı meydana gelebileceğine değinilmiştir. *Channa punctatus* bireyleri zehirlerin farklı konsantrlerine maruz bırakıldığında davranışlarda bazı değişiklikler

gözlenmiştir. Ayrıca malathion etkisinde bu balıklarda yumurta üretiminin olumsuz şekilde etkilendiği, beyinde asetilkolinesteraz aktivitesinin de büyük oranda düştüğü bildirilmiştir.

Lien ve arkadaşları, malathiona maruz kalan *Clarias gariepinus* larvalarındaki morfolojik anormallikleri inceledikleri bu çalışmada (44); larvalar, 0,3 mg/L'den 5 mg/L'ye kadar olan malathion konsantrasyonuna maruz bırakılmışlardır. İlk beş günde gelişimleri gözlenmiş ve omurga elemanlarının oluşmadığı, notokordun vücudun tek işlevsel aksanı olarak kaldığı gözlenmiştir. Bununla beraber kas yapısı ile ilgili anormallikler, çift ilmikli omurilik, omurilik yamuklukları gözlenmiştir.

Nguyen ve Janssen, *Clarias gariepinus* embriyo ve larvalarının farklı kimyasallara duyarlılıklarını karşılaştırmalı olarak inceledikleri çalışmada (45); embriyo ve larvalar krom, kadmiyum, bakır, sodyum, pentaklorfenol ve malathiona maruz bırakılmışlar ve duyarlılıkları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Embriyo ve larvaların hayatta kalmaları, yumurtadan çıkmaları, morfolojik gelişimleri ve larvaların gelişimleri bu kimyasalların etkisi altında gözlenmiş ve ölçülmüştür. Kadmiyuma maruz kalan balıklarda pigment miktarında azalma, malathion ve NaPCP'ye maruz bırakılan balıklarda yumurta sarısında ödemler, krom ve malathiona maruz bırakılan balıklarda ise notokortta deformasyonlar gözlenmiştir.

Dutta ve arkadaşları malathionun *Cyprinus carpio* üzerine toksik etkisi ile ilgili yaptıkları çalışmada (46); malathionun *Cyprinus carpio* üzerinde 96 saatlik LC<sub>50</sub> değeri 3,15 mg/L olarak tespit edilmiştir.

Richmonds ve Dutta, malathionun *Lepomis macrochirus*'un optomotor davranışı üzerine etkisi ile ilgili çalışmalarında (47); bireyler 0,002; 0,004; 0,008; 0,016; 0,032 ve 0,048 ppm malathiona maruz bırakılmış ve davranış bozuklukları gözlenmiştir. Ayrıca malathiona maruz bırakılan *Lepomis*

*macrochirus* bireylerinin solungaçlarının da zarar gördüğü tespit edilmiştir. Sonuçlar çalışmamızla uyum içindedir.

Mohideen ve Reddy, malathionun *Cyprinus carpio* üzerine stresi ve beyin dokularındaki protein profili ile ilgili çalışmalarında (48); malathion stresinde *Cyprinus carpio*'nun beyin dokusunda 7. ve 15. günlerde proteaz aktivitesinin artıp, protein derişiminin azaldığını ve amino asit miktarında bir artış olduğunu tespit etmişlerdir. 30. günde ise protein miktarı artarak normale yaklaşmıştır. Bu da kronik pesitisit uygulamalarında önce protein tüketiminin, 30. günden sonra ise tüketimi karşılamaya yönelik sentez hızının arttığı gözlemlenmiştir.

Ranke-Rybicke, organofosforlu pestisitlerin sucul organizmalara etkisini inceledikleri araştırmada (49); pestisitlerin ilk etkisini solungaçlarda gösterdiğini, bunun da balıklarda soluk alıp vermeyi güçleştirdiği için canlıların hayatta kalma şanslarını nispeten azalttığını tespit etmişlerdir.

Rao ve arkadaşları, metil parathionun *Tilapia mossambica*'nın vücut ve doku solunumları üzerine etkisi ile ilgili çalışmalarında (50); solungaç epitellerinin parçalandığı ve solunumun yaklaşık %65 oranında inhibe edildiğini bildirmişlerdir.

Beaman ve arkadaşları, malathionun *Oryzias latipes* bireyleri üzerine davranış değişiklikleri ve immün sisteme etkilerini inceledikleri çalışmada (51); 0,8 mg/L yüksek malathion yoğunlaşmasına maruz kalan *Oryzias latipes* bireylerinde dengesiz yüzmeler, engellerden sakınamama, irkilmeler ve sıçramalar, nörolojik rahatsızlıklar ve yiyecek tüketiminde azalma gibi anormal davranışlar gözlenmiştir. Buna karşın 0,2 mg/L düşük malathion yoğunlaşmasına maruz bırakılan *Oryzias latipes* bireylerinde bu tür anormal davranışlar gözlenmemiştir. Balıkların  $0,2 \pm 0,05$  mg/L malathion içeren sulara maruz bırakılmaları hayatta kalmalarında önemli bir etki göstermez iken, dört kat daha yüksek yani  $0,8 \pm 0,18$  mg/L malathiona maruz bırakılmaları 96

saatte hayatta kalmalarını yaklaşık %20 azalttığı belirtilmiştir. Bununla beraber hematokrit ve toplam böbrek hücreleri sayısında az da olsa bir azalma gözlenmiştir. Bu iki çalışma davranış bozuklukları bakımından uygunluk göstermektedir.

Parkhurst ve Harlan'ın, *Oncorhynchus tshawytscha* bireyleri üzerine malathionun akut toksisitesi ile ilgili çalışmalarında (52); bireyler 96 saatte 240 ppb'den 500 ppb'ye kadar malathion konsantrilerine maruz bırakılmıştır. 24 saat sonra LC<sub>50</sub> değeri 170 ppb olarak bulunmuş ve %95 oranında ölüm gözlenmiştir. 96 saatlik LC<sub>50</sub> değeri ise 120 ppb olarak belirlenmiştir.

Weis ve arkadaşları, *Cyprinodon variegatus* bireylerinin embriyo ve yumurtalarına malathionun etkisini inceledikleri çalışmada (53); 3 ppm ve 10 ppm malathiona maruz bırakılan bu bireylerin yüzme yeteneklerinin engellendiğini gözlemlemişlerdir. 3 ppm malathiona maruz kalan larvaların % 25'inin, 10 ppm malathiona maruz kalan larvaların ise %45'inin etkilendiği, anormal davranışlar sergiledikleri gözlenmiştir. Bu sonuçlar çalışmamızla aynen uyum içindedir. *Cyprinodon variegatus* bireylerinde LC<sub>50</sub> değeri 33 ppb bulunmuştur. Malathionun bu formülasyonunun *Cyprinodon variegatus* bireyleri için hayli zehirli olduğu bildirilmiştir.

Coppage ve Duke, Meksika Körfezi boyunca, malathion içeren bir çok böcek ilacının, bazı balık türleri üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada (54); AchE inhibisyonu ölçüleri, sivrisinek kontrolü için sprey formülündeki malathion uygulandıktan sonra yapılmıştır. *Leiostomus xanthurus* ve *Argyrosomus regius* bireylerinin, spreyleme başlamadan önce normal AchE seviyeleri ölçülmüş ve 1,08'den 1,45'e kadar sıralanan değerlere ulaşılmıştır. İlk spreyleme yapıldıktan sonra bireylerde, AchE engellenme oranının %97'den %11'e kadar olduğu tespit edilmiştir. İkinci spreyleme 18 gün sonra yapılmıştır. Sonuçta *Leiostomus xanthurus* bireylerinin tamamının öldüğü gözlenirken *Argyrosomus regius* bireylerinde ise AchE inhibisyonunun arttığı gözlenmiştir.

Penn State Araştırma Merkezinde, malathionun toz halindeki formülasyonunun, *Oryzias latipes* bireylerine etkisini araştırmak için yapılan çalışmada (55); malathion pestisiti 2qts dizel yağı ile karıştırılarak *Oryzias latipes* bireylerine uygulanmıştır. Uygulamadan 4 saat sonra balıkların, %26,3'ünün ölmüş olduğu, %42,4 ünde ise yarı ölümcül etkilerin gözleendiği bildirilmiştir. Yarı ölümcül etkilenen balıkların temiz suya yerleştirilmelerine rağmen, %26'sının öldüğu, %74'ünün ise iyileştiği bildirilmiştir.

Bender, *Cyprinus carpio* bireylerinde malathion birikimi ile ilgili yaptığı çalışmada (56); bu bireylerin 4 gün boyunca 2,5 ppm malathiona maruz bırakılmaları sonucunda, karaciğer, et, kan ve beyin hücrelerinde yüksek konsantrasyonda malathiona rastlandığını bildirmiştir.

Howard, *Lepomis macrochirus* bireylerinde malathion birikimi ile ilgili yaptığı çalışmada (16); 0,99 ppb [<sup>14</sup>C] malathiona, bir akış sistemi içerisinde 28 gün maruz kalan *Lepomis macrochirus* bireylerinde önemli bir oranda malathion atığının toplanmadığı gözlemiştir. Yenilebilen balık parçalarında ortalama malathion konsantrasyonunun 3,9'dan 18 ppb'ye kadar, balığın bütününde 21'den 130 ppb'ye kadar ve yenilemeyen dokularda ise 34'ten 200 ppb'ye kadar malathion atığının tespit edildiğini bildirmiştir.

Pandey ve Shukla, malathionun *Saratherodon mossambicus* üzerine etkisi ile ilgili çalışmalarında (75); malathionun 2-4 ppm'lik dozları ağızdan 20 gün süreyle verildiğinde guatr oluşumunu ve hiperfonksiyonu indüklediği, tiroid foliküllerinde hiperplazi ve atrofiye neden olduğu saptanmıştır.

Yapılan bu çalışmada ve elde edilen bu bilgiler işığında, malathion pestisitinin yüksek dozlarda balıklarda akut ölümlere ve düşük dozlarda ise davranışlarda bozukluk ve vücut aktivitelerinde zararlara yol açtığı görölmektedir.

EPA, 1988 yılında yaptığı istatistiksel araştırmada 1985-1986 yılları arasında yaklaşık  $9.08 \times 10^9$  gram malathionun evsel olarak kullanıldığını, bunun özellikle %33'nün ev içi ve yakın çevresinde bulunduğunu bildirmiştir (76).

Malathion pestisitinin yaşamda çok yaygın olarak kullanılması başta toprak ve su olmak üzere bütün abiyotik ortamı kirletmektedir. Zararlılarla mücadelede kullanılan pestisitler, coğrafik faktörlerle doğal yaşam ortamlarına ulaşmakta ve bu ortamlarda yaşayan canlıları olumsuz yönde etkilemektedir.

Bir çok pestisitın parçalanması sonucu oluşan ara ürünler, pestisitın kendisinden daha toksik bir etki göstermektedir. Bu yüzden pestisitın yarılanma ömründen çok, parçalanması sonucu oluşan ara ürünler daha fazla önem taşımaktadır.

### *ÖNERİLER*

Elde edilen veriler ve bilgiler doğrultusunda, malathion pestisitinin uzun süreli veya yüksek dozlarda kullanımının, gerek insanlar gerekse hayvanlar üzerinde akut zehirlenmelere ya da davranışlarda bozukluklara neden olduğu saptanmıştır. Türkiye'de fazla miktarda kullanılan pestisitlerin, gerek doğal yaşama gerekse insan sağlığına olan olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak veya en aza indirmek için gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir.

- İnsan ve evre sağlığı bir bütün olarak ele alınıp pestisit kullanımının dikkatli ve bilinçli yapılması sağlanmalıdır.
- Pestisitler, uygulandığı hedef organizmanın yanında diğer organizmalara da zarar vermektedir. Doğru kullanım ile, hedef organizma dışındaki canlılara olumsuz etkinin en aza indirilmesi sağlanmalıdır.
- Üreticilerin, bilinçli kullanımları konusunda gerekli eğitimler verilmelidir.

- Pestisit kullanımı denetim altına alınmalı, gerekiyorsa fazla toksik olanların kullanımı yasaklanmalıdır.
- Pestisitlerin imalatı, taşınması, depolanması ve hatta boş şişe ve kutularının çevreyi kirlenmesi engellenmelidir.
- Pestisit kullanılan alanların, içilebilir su kaynaklarından uzak olması gerekmektedir. Ancak bu gibi ortamlarda kullanılması gerekiyorsa, uygun pestisitlerin seçilmesi sağlanmalıdır.
- Türkiye’de malathion gibi yaygın kullanılan insektisitlerin çevreye olan etkileri ile ilgili çalışmaların sayısı artırılarak, bu konuda bir veri tabanı oluşturulmalıdır.



## KAYNAKLAR

1. Şanlı, Y. ve Kaya, S., "Veteriner Klinik Toksikoloji", **Medisan Yayınevi**, Ankara, 18-22 (1992).
2. Miles, J.R. and Haris, C.R., "Insecticide residues in a stream and a controlled drainage system in agriculture areas of southwestern ontario", **Pest. Monitor J.**, 5(3):289-294 (1971).
3. Gopal, K. and Pathak, S.P., "Possible causes of outbreaks of fish diseases and mortality in polluted water", **Journal of advances Zoology**, 14:53-60 (1993).
4. Çeliker, A., "Ülkemizde kullanılan pestisitlere ilişkin bir informasyon veri tabanı (pestox) geliştirilmesi üzerine bir çalışma" Bilim Uzmanlığı Tezi, **Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü**, Ankara (1992).
5. U.S. Environmental Protection Agency, "Office of pesticide programs", **U.S. Government Printing Office**, pesticide fact sheet number 152: malathion, Washington D.C. (1988).
6. Chamber, H.W., "Organophosphorus compounds: An overview In organophosphates:Chemistry, fate and effects", **Academic:San Diego**, CA, PP 3-17 (1992).
7. Malathion in hazardous substances data bank (HSDB),**U.S. National Library of Medicine**:Bethesda MD (2000).
8. U.S. Environmental Protection Agency, "Office of Pesticide Programs", **Malathion Preliminary Risk Assessments: Health Effects**, Washington DC (2002).
9. The Pesticide Manual:A World Compendium, 7th ed., C.R. Worthing, ed., **The British Crop. Protection Council**, Craydon, England, 695 pp (1983).
10. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Bitki Koruma Kontrol Genel Müdürlüğü, "Bitki Koruma Ürünleri", **Tarım ilaçları Sanayici, İthalatçı ve Temsilcileri Derneği**, İstanbul, 18-19-20 (2002).

11. U.S. Environmental Protection Agency Office of Pesticide Programs, Washington, DC., "Malathion risk assessments: Toxicology chapter", <http://www.epa.gov/pesticides/op/malathion.htm> (2000).
12. Vural, N., "Toksikoloji", **Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayını**, Ankara, 258-259-364- 367-368 (1996).
13. Reuber, M.D., "Carcinogenicity and toxicity of malathion and malaoxon", **Environmental Research**, 37, 119-153 (1985).
14. Toros, S. ve Maden, S., "Tarımsal Savaşın Yöntem ve İlaçları No:22", **Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ders kitabı**, Ankara, 332 (1991).
15. Bouchard, M., Gosselin, H.N., Burnet, C.R., Samuel, O., Dumoulin, M.J., Carrier, G., "A toxicokinetic model of malathion and its metabolites as a tool to assess human exposure and risk through measurements of urinary biomarkers", **Tox. Sci.**, 71(1): 182-94 (2003).
16. Howard, P.H., ed., "Handbook of environmental fate and exposure Data for Organic chemicals Volume 3.", **Lewis Publishers**, Chelsea Michigan (1991).
17. Chakrabarty, A.M., "Biodegradation and detoxification of environmental pollutants", **CRC Pres. Inc.**, Boca Raton, Florida U.S.A. (1982).
18. Cook, G.H. and Moore, J.C., "Determination of malathion, malaoxon and mono and dicarboxylic acid of malathion in fish, oyster and shrimp tissue", **USEPA Gulfbreeze Laboratory** (1976).
19. Bourquin, A.W., "Effects of malathion on microorganism of and artificial salt-marsh", **Environmental, J. Environ. Qual.**, 4. 373-378 (1977).
20. Guerrant, G.O., Fetzer, L.E.Jr. and Miles, W., "Pesticide residues in hale country, Texas, before and after ultra-low volume aerial application of malathion", **Pesticide Monitoring Journal**, 4,14-20 (1970).

21. Ravindar, K., Kumar, G.A., Ranjana, M.A., "Physiological dysfunction in a few tissues of *Notopterus notopterus* after chronic exposure to malathion", ***Polln. Res.***, 16 (3), 145-147 (1997).
22. Basha, S.M. Prasada, Rao, K.S., Sambasiva Rao, K.R. and Ramona Rao, K.V., "Differential toxicity of malathion, BHC and carbaryl to the freshwater fish *Tilapia mossambica* (Peters)", ***Bull. Environ. Contam. Toxicol.***, 31, 543-6 (1983).
23. El. Dib, M.A. El Elaimy, I.A., Kotb, A. and Elowa, S.H., "Activation of in vivo metabolism of malathion in male *Tilapia nilotica*", ***Bull. Environ. Contam. Toxicol.***, 57, 667-74 (1996).
24. Sahib, I.K., Ramona Rao, K.V., "Toxicity of malathion to the freshwater fish *Tilapia mossambica*", ***Bull. Environ. Contam. Toxicol.***, 24, 870-48 (1980).
25. Sahib, I.K. and Rao, K.V., "Correlation between subacute toxicity of malathion and AchE inhibition in the tissues of the teleost *Tilapia mossambica*", ***Bull. Environ. Contam. Toxicol.***, 24, 711-8 (1980).
26. Sahib, I.K., Prasada Rao, K.S., Sambasiva Rao, K.R. and Ramona Rao, K.V., "Sublethal toxicity of malathion on the proteases and free amino acid composition in the liver of the teleost, *Tilapia mossambica* (Peters)", ***Toxicol. Lett.***, 20(1), 59-62 (1984).
27. Sailatha, D., Sahib, I.K., Rao, K.R., Rao, K.S. and Rao, K.V., "Effects of technical and commercial grade malathion on nitrogen metabolism of the teleost, *Tilapia Mossambica* (Peters) (Letter)", ***Indian J. Physiol. Pharmacol.***, 27, 355-7 (1983).
28. Awasthi, J. K., Kumar, A., Kumar, S.D., "Effect of an organophosphorus on some blood parameters of *Colombia livia* Gmelin", ***J. Exptl. Zoo. India.***, 6 (2), 221-228 [24 Ref] (2003).
29. Mathivanan, R., Bhaskaran, R., "AchE activity in brain tissue of *Labeo rohita* (Ham) and *Tilapia Mossambica* (Peters) in malathion toxicity: In vitro and in vivo studies", ***J. Environ. Toxicol.***, 12(2), 70-42 [11 Ref] (2002).
30. Geiger, D.L., Call, D.J. and Brooke, L.T., "Acute toxicities of organic chemicals to fathead minnows (*Pimephales promelas*), center for lake superior environmental studies", ***University of Wisconsin, Superior***, 4, 235-236 (1988).

31. Beauvais, S.L., Jones, S.B., Brewer, S.K. and Little, E.E., "Physiological measures of neurotoxicity of diazinon and malathion to larval Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and their correlation with behavioral measures", *Environ. Toxicol. and Chem.*, 19 (7), 1875-1880 (1999).
32. Sing, S.K., Tripathi, P.K., Yadav, R.P., Singh, D. and Singh, A., "Toxicity of malathion and carbaryl pesticides: Effects on some biochemical profiles of the freshwater fish *Colisa foscatus*", *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 72(3), 592 (2004).
33. Sawhney, A. K. and Johal, M.S., "Erythrocytes alterations induced by malathion in *Channa punctatus* (Bloch)", *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 64(3), 398-405 (2000).
34. Brewer, S.K., Little, E. E., De Lonay, A. J., Beauvais, S.L., Jones, S.B., Ellersieck, M.R., "Behavioral dysfunctions correlate to altered physiology in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to cholinesterase inhibiting chemicals", *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 40 (1), 70-76 (2001).
35. Ansari, B. A. and Kumar, K., "Malathion toxicity: In vivo inhibition of acetylcholinesterase in the fish *Brachydania rerio* (Cyprinidae)", *Toxicol. Lett.*, 20(3), 283-287 (1983).
36. Tsuda, T., Kojima, M., Harada, H., Nakajima, A. and Aoki, S., "Acute toxicity accumulation and excretion of organophosphorous insecticides and their oxidation products in killifish", *Chemosphere*, 35(5), 939-949 (1997).
37. Singh, V.P., Gupta, S., Saxena, P.K. , "Evaluation of acute toxicity of carbaryl and malathion to freshwater teleost, *Channa punctatus* (Bloch) and *Heteropneustes fossilis* (Bloch)", *Toxicol. Lett.*, 20(3), 271-276 (1984).
38. Galloway, T., Handy, R., "Immunotoxicity of organophosphorous pesticides", *Exotoxicology*, 12(1-4): 345-363 (2003).
39. Forget, J., Pavillon, J.F. Mehasria, M.R., and Bocquene, G., "Mortality and LC<sub>50</sub> values for several stages of the marine copepod *Tigriopus brevicornis* (Müller) exposed to the metals arsenic and cadmium and the pesticides atrazine, carbofuran, dichlorvos and malathion", *Exocotox. and Environ. Safety*, 40(3), 239-244 (1998).

40. Pathiratne, A. and George, S.G., "Toxicity of malathion to nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and modulation by other environmental contaminants", ***Aquatic Toxicol.***, 43(4), 261-271 (1998).
41. California Department of Fish and Game (CDFG), "Acute toxicity tests on *Morone saxatilis*", ***Aquatic Toxicology Laboratory Test***, 1988:60; 21,30,37,41,57 (1998-1990).
42. Post, G. and Schroeder, T., "The toxicity of four insecticides to four Salmonoid species", ***Bull Environ. Contam. Toxicol.***, 6(2):144-145 (1971).
43. Haider, S. and Inbaraj, R.M., "Relative toxicity of technical, material and commercial formulation of malathion and endosulfan to freshwater fish, *Channa punctatus* (Block)", ***Ecotoxicol. Environ. Safety***, 11(3): 347- 51 (1986).
44. Lien, N.T.H., Adriaens, D. and Janssen, C.R., "Morphological abnormalities in american catfish (*Clarias gariepinus*) larvae exposed to malathion", ***Chemosphere***, 35(7), 1475-1486 (1997).
45. Nguyen, L.T.H. and Janssen, C.R., "Embryo larval toxicity test with the African atfish (*Clarias gariepinus*) comparative sensitivity and endpoints", ***Arch. Environ. Contam. Toxicol.***, 42, 256-262 (2002).
46. Dutta, H.M., Dutta Munshi, J.S., Ray, P.K., Singh, N.K., Richmonds, C.R., "Variation in toxicity of malathion to air and water breathing teleost, *Cyprinus carpio*", ***Bull. Environ. Contam. Toxicol.***, 49, 279,284 (1992).
47. Richmonds, C. and Dutta, H.M., "Effect of malathion on the otomotor behavior of buegill sunfish, *Lepomis macrochirus*", ***Biochem. Physiol.***, 102(3), 523-526 (1992).
48. Mohideen, M.B. and Reddy, P.M., "Changes in the brain protein profiles of freshwater fish *Cyprinus carpio* under malathion stres", ***Eit. Ang. Zoll.***, 74, 293-297 (1987).
49. Ranke-Rybicke, B., "Effects of organophosphorus pecticides on aquatic organism", ***Pocz. Pantw. Zakl. High.***, 26,293 (1957).
50. Rao, K.P.S., Kabber Ahamma Sahib, I.K., and Rao, K.V.R., "Methyl parathion effects on whole-body and tissue respiration in the teleost, *Tilapia mossambica* (Peters)", ***Exotoxicol. and Environ. Safety***, 9, 339- 345 (1985).

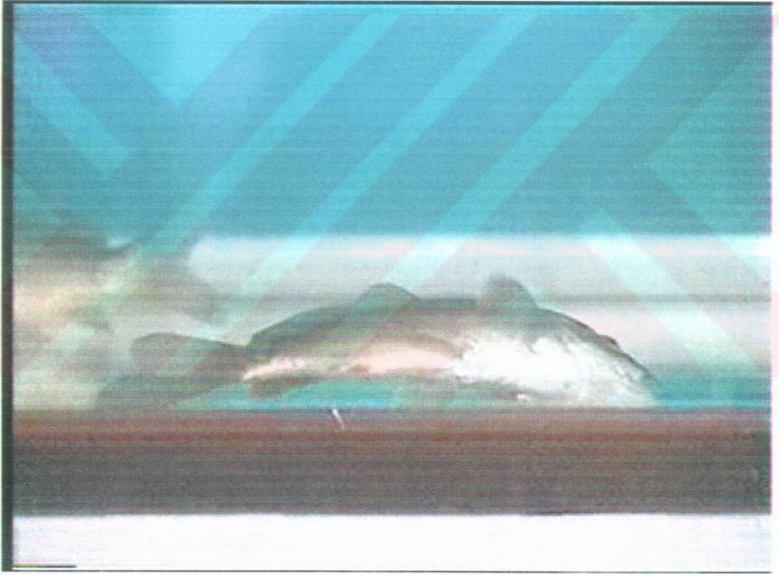
51. Beaman, J.R., Finch, R., Gardnur, H., Hoffmann, F., Rosencrance, A., Zelikoff, J.T., "Mammalian Immunoassays for predicting the toxicity of malathion in a laboratory fish model", ***Journal of Toxicology and Environmental Health***, 56,8,523-42 (1999).
52. Parkhurst, Z. and Harlan, Z., "Toxicity of malathion 500 to fall Chinook Salmon Fingerlings, USFWS, ***Progressive Fish Culturist*** (1955).
53. Weis, P. and Weiss, J., "Abnormal locomotion associated with skeletal malformations in sheepshead minnow", ***Rutgers University and New York Ocean Science Laboratory***, Montauk, New York (1975).
54. Coppage, D. L. and Duke, W., "Effects of pesticides in estaurine along the gulf and south east atlantic coasts", ***USEPA, Gulfbreeze Lab.*** (1971).
55. State of California Environmental Protection Agency, "Assessment of malathion and malaoxon concentrations and persistence in water send, soil and plant mortrices under controlled exposure conditions", ***Department of Pesticide Regulation***, Environmental Hazards Assessment Program (1993).
56. Bender, M.E., "Uptake and Retention of malathion by the carp", ***University of Michigan*** (1969).
57. T.S.E., "Su kirliliği kontrolü, metod ve kuralları, zehirlilik denemeleri", ***TSE Yayinlari***, Ankara (1988).
58. Heath, A.G., "Water pollution and fish physiology, second edition", Florida, ***CRC Press. Inc.*** 359 (1995).
59. Anton, F.A. and Ariz, M., "Acute toxicity of tecnical trichlorphento Cyprinid fish", ***Bull. Environ. Contam Toxicol.***, 53,627-632 (1994)
60. Turkish Standards TS. 5676., "Water pollution control, methods and rules:Toxicity tests", ***TSE Yayinlari***, Ankara (1988).
61. Lagler, K. F., "Freshwater Fishery Biology", ***W.M.C. Brown Company Publishers***, Dubuque, Iowa, 421 p (1956).

62. Anonymous., "Standart Methods for the examination of water and wastewater", **APHA, AWA, WPCF**, Washington (1971).
63. Anonymous., "Revised report on fish toxicity testing procedures", **EIFAC Technical Paper**, No:24 (1983).
64. Finney, D.J., "Probit analysis" ,**Cambridge University Pres** ,New York (1971).
65. US EPA, "Version 1,00 center for exposure assessment modeling (CEAM)", **LC<sub>50</sub> Software Program distrubution center** (1999).
66. Şanlı, Y., Kaya, S., Pirinçci, İ., Yavuz, H., Baydan, E. Demet, Ö. Ve Bilgili, A., "Veteriner Klinik Toksikoloji", **Medisan Yayınevi**, Ankara (1995).
67. Finlayson, B.J. et al., "Impact of fish and wildlife from broodscale, aerial malathion application in south San Fancisco bay region", **California Department of Fish and Game Environmental Services Branch**, 82-2 (1982).
68. Beyers, P. and Sikoski, P., "Acetylcholinesterase inhibition in federally endangered Colarado squawfish exposed the carbaryl and malathion", **Environmental Protection Agency** (1993).
69. Holland, H. T. and Lowe, J., "Malathion, chronic effects on estaurine fish", **Gulfbreeze Biological Laboratory** (1966).
70. Coppage, D., et all., "Brain AchE inhibition in fish as a diagnosis of environmental poisoning by malathion", **Gulfbreeze Environmental Research Lab.** (1975).
71. Dominik, A.M. and Zar, J. H., "The effect of malathion on the temperature selection response of the common shiner *Notropis cortunus* (Mitchill)", **Arch. Environ. Contam. Toxicol.**, 7,193-206 (1987).
72. Kumar, K. and Ansari, B. A., "Malathion toxicity: Skeletal deformities in zebra fish *Brachydanio rerio* (Cyprinidae)", **Pestic. Sci.**, 15, 107-111 (1984).
73. Ansari B. A. and Kumar, K., "Malathion toxicity: Effect on the ovary of the zebra fish *Brachydanio rerio* (Cyprinidae)", **Int. Revue. Ges. Hydrobiol.**, 72: 517-528 (1987).

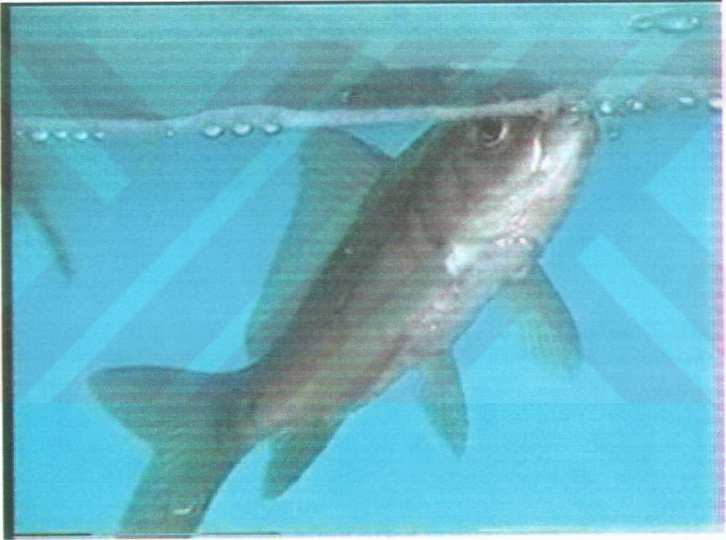
74. Plumb, J. A. and Areechon N., "Effect of malathion on humoral immune response of channel catfish", *Develop. Comp. Immunol.*, 14: 55-358 (1990).
75. Pandey, A.K. and Shukla, L., "Antithyroidal effects of on organophosphorus insecticide malathion in *Saratherodon mossambicus*", *Inter. J. Environ Studies*, 22, 49-57 (1983).
76. U.S. EPA, "Guidance for the reregistration of pesticide products containing malathion as the active ingredient", *Office of Pesticide Programs*, Washington DC.







Ek-1. 15 ppm'deki davranış değişimleri



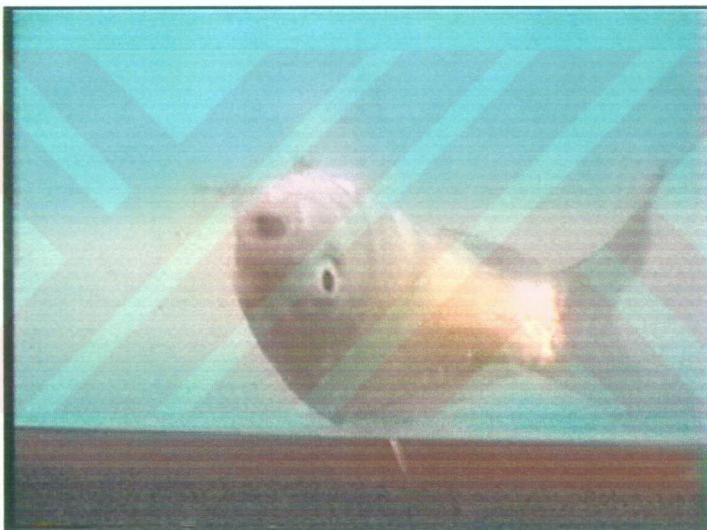
Ek-2. 16 ppm'deki davranış değişimleri



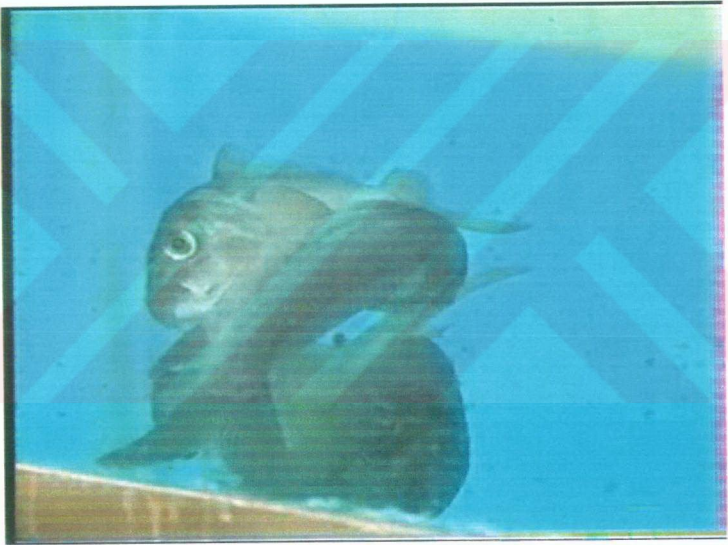
Ek-3. 17 ppm'deki davranış değişimleri



Ek-4. 17,5 ppm'deki davranış değişimleri



Ek-5. 18 ppm'deki davranış değişimleri



Ek-6. 18,5 ppm'deki davranış değişimleri



Ek-7. 19 ppm'deki davranış değişimleri

## ÖZGEÇMİŞ

1973 yılında Kırşehir'de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Kırşehir'de tamamladı. 1991 yılında Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü'nü kazandı. 1996 yılında bu bölümden mezun oldu. 2002 yılı Şubat ayında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Çevre Bilimleri Enstitüsünde Master Programına başladı.

