

**BAKIR SÜLFAT PENTAHİDRAT PESTİSİTİNİN
LEBİSTES BALIKLARI (*Poecilia reticulata*) ÜZERİNDEKİ
AKUT TOKSİK ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI VE DAVRANIŞ
DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ**

Aysun ÖZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE BİLİMLERİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EYLÜL 2006
ANKARA**

Aysun ÖZ tarafından hazırlanan BAKIR SÜLFAT PENTAHİDRAT PESTİSİTİNİN LEBİSTES BALIKLARI (*Poecilia reticulata*) ÜZERİNDEKİ AKUT TOKSİK ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI VE DAVRANIŞ DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Suat KIYAK
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Çevre Bilimleri Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç.Dr. Sibel YİĞİT

Üye : Prof.Dr. Suat KIYAK

Üye : Doç.Dr. Ali GÜL

Üye : Doç.Dr. Mehmet YILMAZ

Üye : Doç.Dr. Ahmet ALTINDAĞ

Tarih : 15/09/2006

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

TEZ BİLDİRİMİ

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

Aysun ÖZ

**BAKIR SÜLFAT PENTAHİDRAT PESTİSİTİNİN
LEBİSTES BALIKLARI (*Poecilia reticulata*) ÜZERİNDEKİ
AKUT TOKSİK ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI VE DAVRANIŞ
DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Aysun ÖZ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Eylül 2006

ÖZET

Bu çalışmada tarımsal zararlılara, sulama ve lağım kanallarındaki zararlılara karşı kullanılarak, sucul ekosisteme toksik kirletici olarak bulaşan bakır sülfat pentahidrat pestisitinin, lebistes balığı (*Poecilia reticulata*), üzerinde 96 saatlik LC₅₀ değeri saptanmıştır. Deneyler 3 seri halinde yapılmış ve toplam 200'den fazla lebistes bireyi kullanılmıştır. Bu çalışmada akut toksisite deneylerinden statik yöntem kullanılmıştır. Ayrıca bakır sülfat pentahidrat pestisitinin, lebistes bireylerindeki davranış değişiklikleri tespit edilmiştir. Bakır sülfat pentahidrat biyoassay denemelerinden elde edilen bulgular Probit Analiz Yöntemi ile bilgisayar ortamında değerlendirilmiş ve lebistes bireylerinde 96 saatlik LC₅₀ değeri 2872,918 µg/L olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bakır sülfat pentahidrat denemelerinden elde edilen bulgular Behrens Karber ve Trimmed Spearman Karber metoduna göre hesaplanmıştır. LC₅₀ değeri Behrens Karber metoduna göre 2900 µg/L, Trimmed Spearman Karber metoduna göre ise 2863,35 µg/L olarak bulunmuştur.

Bilim Kodu : 903.1.032
Anahtar Kelimeler : Biyoassay, LC₅₀, pestisit, akut toksisite, lebistes, bakır sülfat pentahidrat, akuatik toksik test
Sayfa Adedi : 78
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Suat KIYAK

**EXPLORATION OF ACUTE TOXICITY EFFECT OF COPPER SULFATE
PENTAHYDRATE PESTICIDE ON LEBISTES FISHES (*Poecilia reticulata*)
AND INPECTION OF BEHAVIORAL CHANGES**

(M.Sc. Thesis)

Aysun ÖZ

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
September 2006**

ABSTRACT

LC₅₀ value during 96 hours of “copper sulfate pentahydrate pesticide” on lebistes fishes (*Poecilia reticulata*) smearing as toxic contaminant to hydrophytic ecosystem by being used against “agricultural, irrigation and sewerage system” pest has been ascertained in this work. Attempts have been planned as three series and more than two hundered lebistes individuals have been used. Static method which is one of the acute toxicity experiments has been used in this study. Furthermore, behavioral changes of lebistes individuals exposed to “copper sulfate pentahydrate pesticide” have been determined. Findings acquried with bioassay experiments of copper sulfate pentahydrate have been evaluated on the computer based studies using Probit Analysis Method and calculated for lebistes individuals as LC₅₀ value during 96 hours has been calculated as 2872,918 µg/L for lebistes individuals. Additionally, results obtained from copper sulfate pentahydrate experiment have been calculated according to Behrens Karber and Trimmed Spearman Karber Methods. LC₅₀ values have been found as 2900 µg/L and 2863,35 µg/L respectively.

Science Code : 903.1.032
Key Words : Bioassay, LC₅₀, pesticide, acute toxicity, lebistes, copper sulfate pentahydrate, aquatic toxic test
Number of Pages : 78
Adviser : Prof. Dr. Suat KIYAK

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen hocam Prof. Dr. Suat KIYAK'a, değerli yardım ve katkılarıyla deneylerde beni yönlendiren ve yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım, bana Gazi Eğitim Fakültesi Hidrobiyoloji Laboratuvarları'nı açan, hocalarım Doç. Dr. Mehmet YILMAZ ve Doç. Dr. Ali GÜL'e, deneylerde gerekli ölçüm cihazlarını sağlayan ve ölçümleri yapan Doç. Dr. Ahmet ALTINDAĞ'a, maddi ve manevi destekleri esirgemeyen aileme; ablalarım Zeynep ÖZ'e ve Arzu AKMAZ'a, yine maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım Yüksek Biyolog Fatma PALAZ'a ve ODTÜ Biyoloji Bölümü araştırma görevlisi Çiğdem AKIN'a, laboratuvardaki çalışmalarımda bana yardım eden değerli arkadaşlarım; Gazi Eğitim Fakültesi Biyoloji Eğitimi Bölümü araştırma görevlileri Özlem TAŞDELEN, Ahmet GÖKMEN, Osman İŞMEN, yüksek lisans öğrencileri Semiha BALCI ve Oktay GÖKTAŞ'a, ayrıca Yüksek Kimya Mühendisi Dilara PEKTAŞ'a arkadaşım Abdullah KORKMAZ'a, Tenay Grup'daki iş arkadaşlarıma ve Ziraat Mühendisi Murat YURDABAYRAK ve Ziraat Mühendisi Murat DOĞAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. BAKIR SÜLFAT PENTAHİDRAT PESTİSİTİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	16
2.1. Bakır sülfat pentahidrat pestisitinin Akut-Kronik Toksikitesi ve Dokularda Birikimi İle İlgili Çalışmalar.....	26
2.2. Kuramsal Temeller ve Tanımlar.....	34
3. MATERYAL VE METOD.....	36
3.1. Materyal.....	36
3.1.1. Deneme ortamı.....	36
3.1.2. Balık.....	36
3.1.3. Deney akvaryumları.....	36
3.1.4. Pestisit materyali.....	37
3.1.5. Deney suyu.....	37
3.1.6. Oksijen ölçümü.....	37
3.1.7. Sıcaklık ölçümü.....	37
3.1.8. İletkenlik ve tuzluluk ölçümü.....	37

	Sayfa
3.1.9. pH ölçümü.....	38
3.2. Metot.....	38
3.2.1. Balıkların deneye hazırlanması.....	38
3.2.2. Biyodeneý sıcaklığı.....	38
3.2.3. Pestisit konsantrasyonu.....	38
3.2.4. Deney balıklarının sayısı ve cinsiyeti.....	39
3.2.5. Kontrol grubu.....	39
3.2.6. Deney süresi ve gözlemler.....	39
3.2.7. Deney ortamında fotoğraf çekimi.....	39
3.2.8. Deney metodu.....	40
3.2.9. LC ₅₀ metodu.....	40
3.2.10. Deney sonuçlarının değerlendirilmesi.....	40
4. BULGULAR.....	42
4.1. Biyodeneýlere Ait Araştırma Sonuçları.....	42
4.2. Davranış Değişimlerine Ait Gözlem Sonuçları.....	45
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	46
KAYNAKLAR.....	61
EKLER.....	73
EK-1 Deney Alanından Görüntüler.....	74
ÖZGEÇMİŞ.....	78

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Pestisitlerin toksisite derecelerine göre sınıflandırılması.....	5
Çizelge 1.2. Farklı yöntemlerle uygulanan pestisitlerden teorik olarak yararlanılan kısım.....	6
Çizelge 1.3. Sucul ortam yaşayan canlılar üzerindeki LC ₅₀ 'ye göre akut toksisite dereceleri.....	9
Çizelge 1.4. ABD ve Avrupa ülkelerinin tüketimlerine göre hektara isabet eden pestisit miktarları.....	13
Çizelge 1.5. Türkiye'de bölgelere göre tarım ilacı kullanımı.....	13
Çizelge 2.1. Bakır sülfat pentahidratın kimyasal ve fiziksel özellikleri.....	17
Çizelge 2.2. Bakır sülfat pentahidratın sucul organizmalara olan etkileri	25
Çizelge 2.3. Bakır sülfat pentahidratın sucul organizmalarda akut toksik etki dereceleri.....	25
Çizelge 4.1. <i>Poecilia reticulata</i> türü üzerinde bakır sülfat pentahidrat denemesinde her akvaryumdaki ortalama sıcaklık, salinite, oksijen ve pH değerleri.....	42
Çizelge 4.2. Bakır sülfat pentahidrat pestisitinin, <i>Poecilia reticulata</i> bireyleri üzerinde tahmini EC değerleri ve güven sınırları.....	42
Çizelge 4.3. Behrens-Karber yöntemine göre hesaplama sonuçları.....	44
Çizelge 5.1. Bakır sülfat pentahidrat pestisitinin farklı balık türleri üzerindeki LC ₅₀ değerleri.....	48
Çizelge 5.2. Balık büyüklüklerine göre bakır sülfat pentahidratın LC ₅₀ akut toksisite değerleri.....	52
Çizelge 5.3. Bakır sülfat pentahidratın, suyun sıcaklığına göre <i>Oncorhynchus mykiss</i> , <i>Notemigonus crysoleucas</i> türleri üzerindeki akut toksik LC ₅₀ değerleri.....	53
Çizelge 5.4. Bakır sülfat pentahidratın, suyun sertliğine tuz miktarına göre değişen, bazı balık türleri üzerindeki LC ₅₀ akut toksik etki değerleri.....	54

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.5. Bakır sülfat pentahidratın, <i>Poecilia reticulata</i> türü üzerindeki, tuzluluğa bağlı olarak değişen LC ₅₀ değerleri.....	56

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Tarımda kullanılan pestisitlerin yüzey ve yeraltı sularına girişinde muhtemel izleyeceği yol	7
Şekil 1.2. Sucul ekosistemdeki besin zinciri.....	10
Şekil 1.3. Biyolojik birikim.....	12
Şekil 4.1. Bakır sülfat pentahidrat için hesaplanan probit değerleri ve regrasyon grafiği.....	43

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler

Açıklama

cm

Santimetre

g

Gram

kg

Kilogram

l/L

Litre

µg

Mikrogram

µl

Mikrolitre

mg

Miligram

ml

Mililitre

ppm

Milyonda bir kısım(w/v)

Kısaltmalar

Açıklamalar

AB

Avrupa Birliği

ABD

Amerika Birleşik Devletleri

ALAD

Aminolevulinik asit dehidrataz

ALT

Alanin aminotransferaz

AP

Alkaline fosfat

AST

Aspartat aminotransferaz

DDT

Dichlorodiphenyltrichloroethane

EPA

Environmental Protection Agency

FAO

Food and Agriculture Organization

GOT

Glutamik oksaloasetik transaminaz

Kısaltmalar**Açıklamalar****LC₅₀**

Deney hayvanlarının yarısını öldüren konsantrasyon

LD₅₀

Deney hayvanlarının yarısını öldüren doz

LDH

Laktat dehidrojenaz

LD_{LO}

Lethal Dose Low

PAN

Pesticide Action Network

TSE

Türk Standartları Enstitüsü

WHO

World Health Organization

1. GİRİŞ

Günümüzde hem çevre hem de sağlık açısından tehlikeye sebep olan milyonlarca kimyasal bulunmaktadır. Bugün bilinen kimyasal maddelerin sayısının 10 milyonu aştığı ve yaklaşık yetmiş binden fazlasının kullanılmak üzere piyasaya sürüldüğü bilinmektedir. Bu kimyasallar toksikoloji biliminin temelini oluşturur. Bu kimyasalların ister doğal ister sentetik olsun, hem insan hem de diğer organizmalarda toksik etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Bu maddeler arasında çok kullanılan pestisitler çevre kirliliği ve sağlık açısından önem taşımaktadır. Uzun süre çevrede kalabilen pestisitler, mutajen, teratojen ve daha önemlisi kanserojen olabilirler. Kullanılma alanlarının çok geniş olması, pestisitlerin çevreye ve canlılara zararlarının artmasına sebep olmaktadır. Pestisitler diğer toksik materyallerden kimyasal ve sosyal olarak ayrı bir sınıfta tutulur. Çünkü onların toksik etkisi doğrudan belirli bir organizmayı etkilememektedir [1- 3].

Pestisit: Tarım ürünlerine veya hayvansal gıdalara; üretim, hasat, depolama ve taşıma esnasında zarar yapan herhangi bir zararlıyı (yabancı otlar dahil) kontrol etmek veya bunların zararlılarını önlemek üzere uygulanan veya hayvanların vücutlarında bulunan herhangi bir böcek veya zararlının kontrolü amacıyla hayvanlara verilen madde veya maddeler karışımıdır [4].

Pestisitler, bitkilere olduğu gibi uygulanmazlar. Bunlar özelliği gereği zehirli maddeler oldukları için, zararlılara karşı daha emniyetli, daha ekonomik ve insan ve çevre sağlığı açısından daha az zararlı olacak şekilde bazı yardımcı maddeler ile (katı, sıvı) karıştırılarak kullanılırlar. İşte bu fiziksel karışıma “Formülasyon” (İlaç)”, içinde belli yüzdede bulunan pestisite de etkili madde veya aktif madde adı verilir [4].

Bu formülasyonun içinde:

1. Etkili madde veya aktif madde (belli yüzdede),
2. Yardımcı maddeler,

3. Emülgatörler,
4. Dolgu maddeleri,

bulunmaktadır. Bu maddeler; katı ve sıvı ilaç formülasyonları için ayrı ayrı özelliklerde olmaktadır [4].

Her zehirli madde pestisit olarak kullanılmaz ve adlandırılmaz. Zehirli özellik gösteren bir maddenin pestisit olabilmesi için aşağıdaki özellikleri taşıması gerekir [4]:

1. Biyolojik olarak aktif olmalı,
2. Etkili olmalı,
3. Güvenilir olmalı,
4. Yeterli kadar stabil (kararlı) olmalı,
5. Kullanıcılar açısından güvenilir olmalı,
6. Üçüncü şahıslar açısından güvenilir olmalı,
7. Tüketiciler açısından güvenilir olmalı,
8. Besi hayvanları açısından güvenilir olmalı,
9. Yabani hayatta zararlı olmamalı,
10. Faydalı organizmalara zararlı olmamalı,
11. Çevre için kabul edilebilir olmalı,
12. Ticarete probleme sebep olmamalı,

FAO ve WHO'ya göre, her zehirli madde pestisit olarak kullanılamaz ve adlandırılmaz. Zehirli özellik gösteren bir maddenin pestisit olabilmesi, FAO ve WHO belirli esaslara bağlanmıştır [4].

Pestisitler kullandıkları zararlılara grubuna göre şöyle sınıflandırılır [4]:

1. Böcekleri öldürenler (İnsektisit)
2. Fungusları öldürenler (Fungusit)
3. Fungusların faaliyetini durduranlar (Fungostatik)

4. Yabancı otları öldürenler (Herbisit)
5. Örümcekleri öldürenler (Akarisit)
6. Bakterileri öldürenler (Bakterisit)
7. Yaprak bitlerini öldürenler (Afisit)
8. Kemirgenleri öldürenler (Rodentisit)
9. Nematodları öldürenler (Nematisit)
10. Salyangozları öldürenler (Mollusisit)
11. Algleri öldürenler (Algisit)
12. Kuşları öldüren veya kaçırınlar (Avisit)
13. Kaçırıcılar (Repellentler)
14. Çekiciler (Atrakant)

Pestisit amaçlı kullanılan toksik maddeler hedef organizma dışında çevreye, insan ve diğer organizmalara zarar verme riski kaçınılmaz olduğu için pestisitlerin toksisitesi ve kullanımı ile ilgili düzenlemeler vardır. Fakat bununla birlikte pestisitlerin sebep olacağı risklerin değerlendirilmesi ve bunların uygun miktarda kullanımına karar vermek kolay değildir. Bu toksik materyal tarafından ortaya koyulan risk, hem onun toksisitesinin hem de hassas olduğu organizmaya olan etkisi kesin değildir. Etkisini laboratuvar koşullarında ölçmek kolaydır, ancak organizmalara olan etkisine karar vermek zordur [1].

Pestisitler, modern tarımın tamamlayıcı bir bileşeni halindedir ve dünyanın tüm agro ekosistemlerinde üretim süreci bir veya daha fazla pestisit uygulamasına gereksinim duymaktadır. Ürün artışına bağlı olarak, sebze ve meyvelerde yılda 10–15 pestisit uygulaması normal karşılanabilmektedir. Birçok uygulamada birden fazla aktif madde kullanılabilir. Bu aktif maddeler özellikle hastalık, zararlı ve yabancı otları öldürmek üzere geliştirilmiştir [5].

Pestisitler, hastalık, zararlı ve yabancı otların zararlarını azaltmaktadır, bunun sonucunda üretim artmakta, kalite yükselmekte, ekonomik geri dönüş artmaktadır. Pestisit kullanımı 1940'lı yıllardan beri tarımsal üretimi arttıran en önemli bileşendir [5].

İnsanların pestisitleri tanınmaları yıllar öncesine uzanmaktadır. Kutsal sayılan bazı tuzların, herbisit olarak, M.Ö.1200 yılında kullanıldığı, kükürdün insektisit ve fungusit özelliğinin M.Ö. 1000 yılında keşfedildiği, Hellebore (*Helleborus niger* *Helleborus orientalis* ve *Veratrum album*) adlı bitkilerin fare, sıçan ve böceklerin kontrolü için M.Ö.100 yılında kullanıldığı bilinmektedir. Arsenik M.S.900 yılında Çinliler tarafından böceklere karşı; mineral yağ M.S.1300 yılında develerde uyuz hastalığına, karşı kullanılmıştır. Tütün ekstraktlarının M.S.1690'da kontak insektisiti olarak, dumanlarının ise M.S.1773'de fumigant (dezenfektan) olarak kullanıldığı literatürde yer almaktadır [4].

Pestisitlerin kullanımı Roma ve eski Yunan'dan beri süregelmektedir, fakat 19. yüzyılın son dönemlerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. İkinci dünya savaşı sonrasında hastalık, zararlı ve yabancı otların kimyasal savaşımı konusunda önemli ilerlemeler olmuştur [5].

İlk pestisitler fungusit olarak kullanılan kükürt ve yine fungusit ve insektisit olarak kullanılan arsenik, bakır ve demirin basit tuzları gibi inorganik maddelerdir. Daha sonra organik bileşikler olarak ilk kez bitki ekstraktları olan derris, nikotine ve pyrethrum kullanılmıştır. Bu pestisitlerden birçoğu yüksek düzeyde toksiktirler ve kullanımları tehlikelidir [5].

Pestisitlerin sayısı ve kompleksliği 1940'lı yıllarda hızla artmıştır. İnsektisit olan DDT ve HCH ile hormon karakterli olan herbisitlerden 2,4-D ve MCPA, 1940 yılların sonunda kullanılmaya başlanmıştır. Bunları 1950'li yıllarda dieldrin ve aldrin gibi insektisitler takip etmiştir [5].

Pestisitler hedef organizmalarda farklı şekillerde etkili olmaktadır. Bu mekanizma çok kompleks olmakla birlikte, hedef organizmadaki toksisite biyokimyasal bir süreç sonucunda ortaya çıkmaktadır. Kimyasal maddeler iki tipte toksik etki oluştururlar [5]:

1. Akut toksisite; tek bir dozda alındığında kısa sürede ortaya çıkan ve belirtileriyle tanımlanabilen etki.
2. Kronik toksisite; uzun bir süreçte, öldürücü doz altındaki tekrarlı alımlarda ortaya çıkan toksisite.

Akut toksisitenin ölçüsü LD₅₀ değeridir. Bu değer popülasyonda % 50 oranında ölüm oluşturan doz olarak tanımlanabilmektedir. Düşük LD₅₀ değeri o bileşiğin toksisitesinin yüksek olduğunu göstermektedir. Pestisitlerin toksisite derecelerine göre de sınıflandırılması yapılmaktadır. Çizelge 1.1’de pestisitlerin toksisite derecelerine göre sınıflandırılması görülmektedir [1].

Çizelge 1.1. Pestisitlerin toksisite derecelerine göre sınıflandırılması

WHO Toksikite derecesi		Sıçanlarda LD ₅₀ (mg/kg vücut ağırlığı)			
Sınıf	Tanım	Katı (Oral)	Sıvı(Oral)	Katı (Dermal)	Sıvı (Dermal)
I a	Çok zehirli	<5	<20	<10	<40
I b	Zehirli	5-50	20-200	10-100	40-400
II	Orta derecede zehirli	50-500	200-2 000	100-1 000	400-4 000
III	Az zehirli	>500	>2 000	>1 000	>4 000

Pestisitlerin çevresel etkileri onların uygulanma şekillerine, formülasyonlarına ve uygulanma zamanlarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir [5].

Tarımsal bir ekosistemde ürün kaybına neden olan zararlı, hastalık ve yabancı otlara karşı yapılan ilaçlamalarda atılan ilacın %0,015-%6’sı hedef alınan canlı üzerine

ulaşmakta (Çizelge 1.2.) ve yeterli etki alınmakta, geri kalan %94-99,9' luk kısım ise agroekosistemde hedef olmayan organizmalara ve toprağa ulaşmakta ya da çevredeki doğal ekosistemlere sürüklenme ve akıntı nedeniyle kimyasal kirleticiler olarak karışmaktadır [5, 6].

Çizelge 1.2'nin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi, ilaçlama tekniklerinin hemen hepsinin, uygulanan dozun hedef tarafından alınan miktarı ya da o popülasyonu oluşturan bireylere doğrudan atılması varsayımı dikkate alındığında, verimsiz olduğu anlaşılmaktadır. Yapılan çalışmalar; bir böceği öldürmek için genelde 0,03 µl' nin yeterli olduğunu, bir alanda 1 milyon böcek için ise 30 mg etkili madde yeterli olmasına rağmen arazide ancak bunun yaklaşık 3000 katının uygulanmasıyla yeterli etki alınabildiğini belirtmektedir [5, 6].

Çizelge 1.2. Farklı yöntemlerle uygulanan pestisitlerden teorik olarak yararlanılan kısım

Etkili madde	Uygulama yöntemi	Hedef zararlı	Yararlanma yüzdesi
Dimethoate	Yeşil aksam	Bakla yaprak biti	0,03
Dieldrin	Tohum ilaç.	Buğday larvası	0,0015
Lindane	Uçak	Çekirge [nimf]	6,0

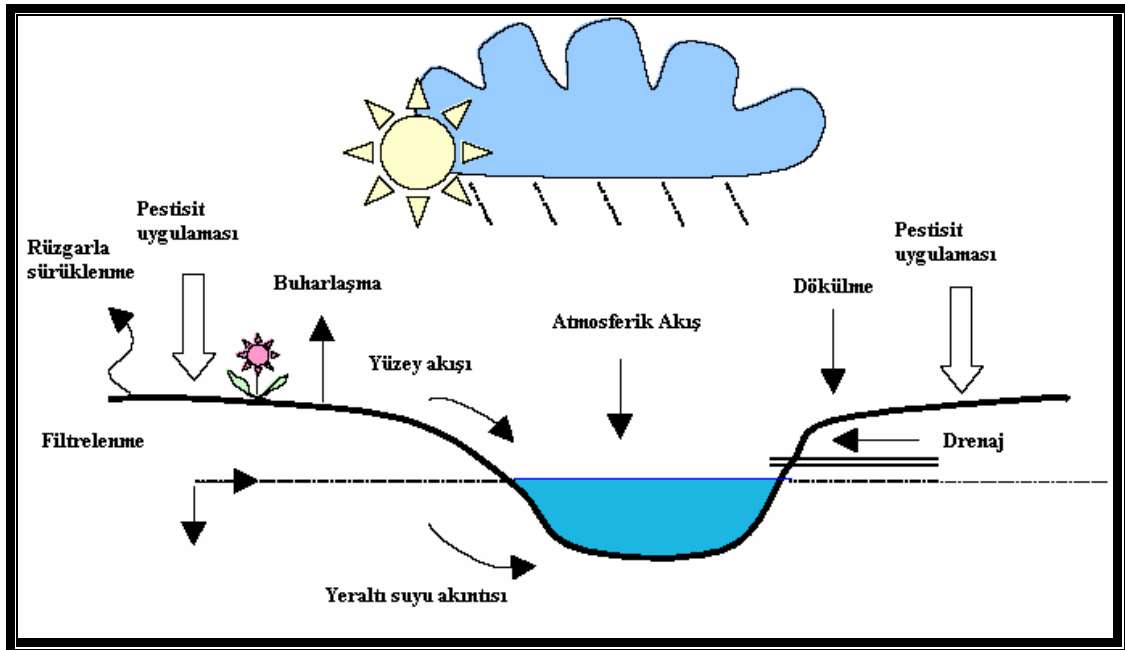
İdeal bir pestisit yalnızca hedef organizmayı etkileyen, kalıcı olmayan ve çevresel etkileri zararlı olmayan kimyasal madde olarak tanımlanabilir. Birçok pestisit hedef dışı organizmalarda doğrudan toksik etkilere sahip olmamakla birlikte, ekosistemde taşınmakta ve ekosistemde zararlı olabilmektedir [5].

Pestisitlerin kirliliğe neden olma yollarını;

- Yüzey ve yeraltı sularına direkt bulaşma
- Toprağa bulaşma
- Hedef dışı organizmalara doğrudan bulaşma
- Hedef dışı organizmalara kalıntılar ya da kalıcı bileşikler nedeniyle bulaşması

şeklinde özetleyebiliriz [5].

Pestisitler kullanımları sırasında doğrudan toprağa uygulansalar bile pestisit uygulanmasından sonra, topraktan ve uygulanan vejetasyondan buharlaşarak, rüzgar yoluyla atmosfere girer. Pestisit atmosfere girdiğinde, atmosferden su yüzeylerine aktarılır ve su yüzeylerinde toplanır. Şekil 1.1’de pestisitlerin farklı taşınma yolları şematik olarak gösterilmektedir [7].



Şekil 1.1. Tarımda kullanılan pestisitlerin yüzey ve yeraltı sularına girişinde muhtemel izleyeceği yol

Pestisitlerin en önemli taşınım yolu sürüklenmesi, buharlaşması ve sızması ile olur. Böylece pestisitler hedef alanın dışını da kontamine etmiş olurlar. Taşınmada ikinci etkiyi meydana getirenler, yağış miktarı ve sulamanın şiddetidir. Yağış ve sulamalarla, pestisit ile bulaşma sadece toprakla kalmaz. Toprakta yayılım ile su kütlelerine de bulaşabilir. Yayılma toprak yüzeyinden akıntılarla veya tarımsal bölgelerden yıkanmalarla olabilir. Pestisitler yağmur suları, drenaj suları, yüzey akışları ve sulama sularına da karışarak suları kontamine edebilirler. Toprak pestisitini uygulandığı yüzeyde filtre görevi yapar. Toprak yoluyla yeraltı suyuna ya da drenajla kaçan pestisitler, toprak içindeki su akım yoluyla taşınırlar. Topraktaki

suyun hareketi, pestisitlerin bileşim ve hareket halinde bulunması için oldukça önemlidir. Pestisitlerin emilmesi, taşınma miktarı ve taşınma yolunu; toprağın karakteristik yapısı, hidrolojisi ve porları etkiler. Farklı toprak tiplerinde taşınma kapasitesi ve emilmesi farklı şekillerde olur. Toprağın organik madde, çamur içeriği pestisitlerin emilme kapasitesini yönlendirir. Toprak çok miktarda çamur ve organik madde içerdiğinde, toprakta bulunan pestisit miktarı en yüksektir. Düşük sıcaklıkta ise mikroorganizma aktivitesi az olduğu için, pestisitlerin topraktaki devamını sağlar [5, 8-10].

Pestisit kullanımı sonucunda, bütün yerüstü ve yeraltı suları pestisitlerle kontamine olabilir. Bu şekilde kontamine olmuş su kütleleri içerisinde, pestisitlerin hareketleri kısmen pestisitlerin suda çözünürlüğüne ve kısmen de formülasyonuna bağlıdır. Suda çözünebilen pestisitler, kısa süre içerisinde su içinde dağılırken, suda az çözünen bileşimler daha çok partiküllere yapışıp, sediment şeklinde sürüklenirler; su içerisinde askıda kalarak uzun süre aktif maddelerin yayılmasına neden olurlar. Partiküller daha çok dere veya göl tabanlarındadırlar ki buralarda su akımının azaldığı yerlerde sedimentlere toplanmaya meyillidirler. Suda çözünemeyen pestisitlerin sedimentlerdeki partiküllere yapışması, onların hareketini ve dipte yaşayan organizmaların miktarını sınırlandırır. Su parametreleri pH, O₂ miktarı, suyun kimyası ve biyokimyasal reaksiyonlar, partiküllere bağlanmış olan pestisitlerin tekrar özgür hale geçmesini etkileyen faktörlerdir. Pestisitlerin sudaki hareketlerini etkileyen diğer faktörler, pestisitlerin uygulama miktarı, uygulama metodu, arazinin meyili, toprak karakteri, yağış miktarı, bitki örtüsü tipi ile yoğunluğu şeklinde söylenebilir [5, 8-11].

Sucul ekosistemlere bulaşan pestisitler belli oranda ortamdaki dengeyi bozarlar. Pestisitler su bitkileri ve dip çamurları tarafından tutulurlar. Sulak alanlarda yaşayan canlıların özellikle üremesini olumsuz etkiledikleri için, hassas türlerin ortadan kalkmasına kadar gidebilecek etkiler yaratabilirler. Planktonlar pestisit kalıntılarını doğrudan ya da dolaylı olarak, sudan alıp bünyesinde biriktirmekte; omurgasızlar ya da balıkların plankton ve benzeri küçük canlıları aktif ya da pasif almaları sonucunda

da bu canlılar pestisitten etkilenmektedir [10-12]. Çizelge 1.3.'de sucul ortamda yaşayan canlılar üzerindeki akut toksisite dereceleri görülmektedir [13].

Sucul ortamlardaki fitoplankton ve zooplanktonlar ekosistemdeki besin zincirinin temelini oluştururlar, fitoplanktonlar göl, nehir ve okyanuslarda, güneş ışığı, karbondioksit, besin ve su ile habitata oksijen sağlarken, sucul organizmalar için ise besindir. Zooplanktonlar küçük omurgasız canlılardır. Zooplanktonlarda sularda organik materyal olarak larval balıkların, diğer sucul canlıların ve sucul böceklerin besinlerini oluştururlar. Dolayısıyla bu küçük canlılar, balık ve diğer sucul canlıların popülasyonunun devamlılığı için önemlidir. Şekil 1.2.'de sucul ekosistemdeki beslenme ağı görülmektedir. Sucul ekosistemlerin pestisitler tarafından kirlenmesiyle başta balıklar olmak üzere birçok su canlısı olumsuz yönde etkilenmektedir [14].

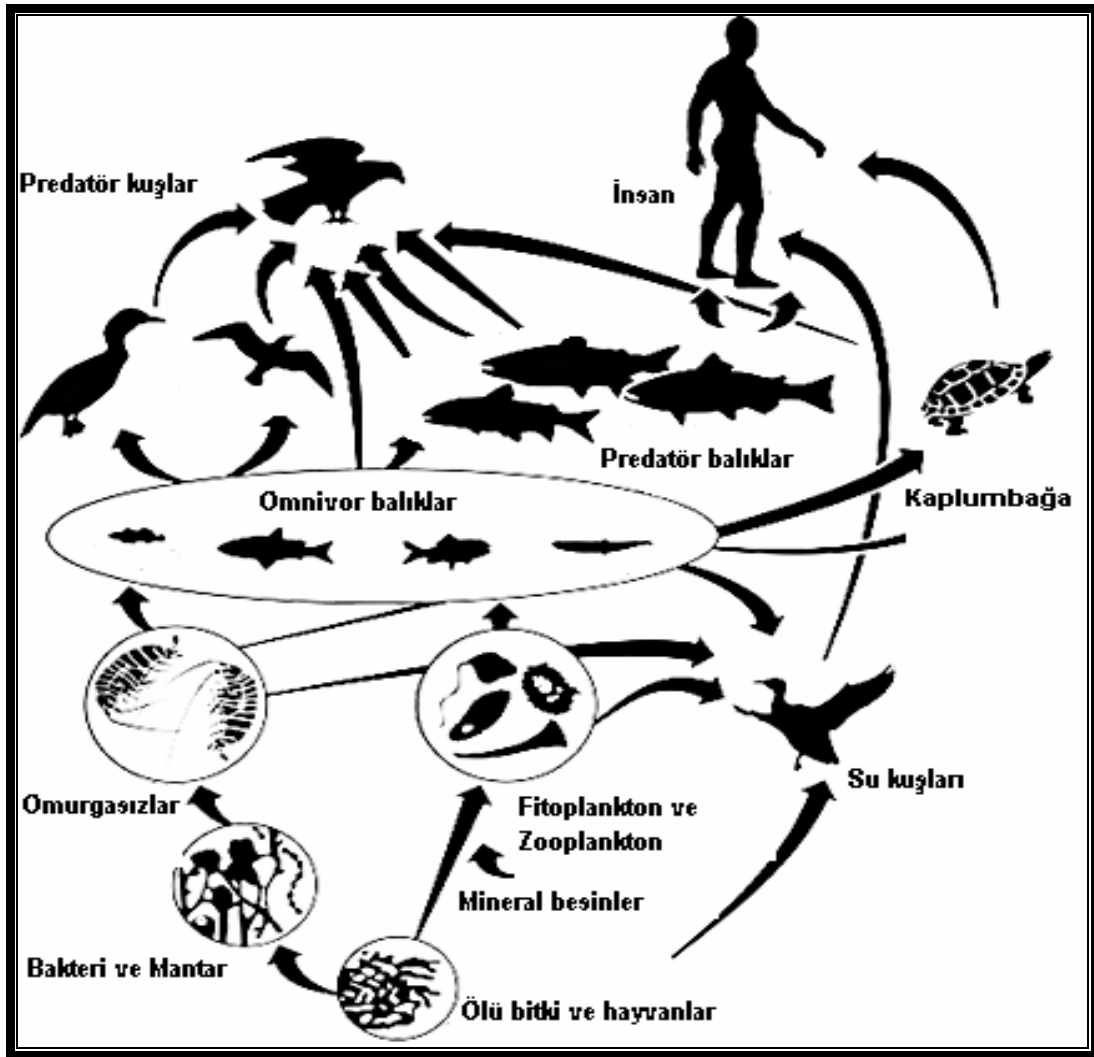
Çizelge 1.3. Sucul ortam yaşayan canlılar üzerindeki LC₅₀'ye göre akut toksisite dereceleri

Toksikoloji derecesi	LC ₅₀ (µg/L)
Çok yüksek toksik	<100
Yüksek toksik	100-1 000
Orta derecede toksik	1 000-10 000
Az toksik	10 000-100 000
Akut toksik değil	>100 000

Balıklar solungaçları vasıtası ile su ortamından pestisitleri absorbe ederek de pestisitlerden zarar görebilmektedirler. Pestisitler kimyasal yapısına ve etki ettiği balığın türüne bağlı olarak doğrudan öldürücü bir etki gösterebileceği gibi habitat ve besin kalitesini de olumsuz yönde etkileyebilir. Pestisitler balıkların büyüme oranlarına, çoğalmalarına ve davranışlarına etki edip, dokularını hasara uğratabilirler. Balıkların dokularında meydana getirdiği hasarlar, balıklarda duyarlılığa yol açarak, mevsimlik sıcaklık değişimlerinden ve geçici açlıktan gereğinden fazla

etkilenmelerine neden olabilir. Yavru balıklar ise daha hassas olmaları nedeni ile pestisitlerden daha fazla zarar görebilirler. Pestisitlerden etkilenen balıklar; düşmanları tarafından kolay avlanabilir, diğer balıklarla rekabette yetersiz kalabilir, zor koşullarda dirençsiz hale gelebilirler [1,12, 14].

Şekil 1.2’de görüldüğü gibi sucul ekosistemdeki bu besin zinciri, balık ve diğer su ürünlerinin insanlar tarafından tüketilmesi ile insanı da kapsayabilmektedir. Bu birbirine bağlı ağ, pestisitlerle bozulabilir. Ekosistemin devamlılığı besin zincirinin devamlılığına bağlıdır. Besin zinciri yoluyla her türün sağlıklı popülasyonu, besin zincirindeki diğer türlerin başarısını sağlar [14].



Şekil 1.2. Sucul ekosistemdeki besin zinciri

Pestisitlerin doğal çevredeki biyolojik, kimyasal ve fiziksel süreçlerle parçalanıp yok olmaları çok yavaş olmaktadır. Pestisitler sahip olduğu özellikler sayesinde parçalanmaya karşı bir direnç göstermektedirler. Genel olarak doğal orijinli pestisitler örneğin pyrethrum güneş ışığında hızla parçalanmaktadır. Bunun aksine birçok sentetik pestisit yüksek düzeyde kalıcıdır. Bazı pestisitler ise parçalandıklarında ana bileşikten çok daha tehlikeli ürünlere dönüşebilmektedirler [5, 9].

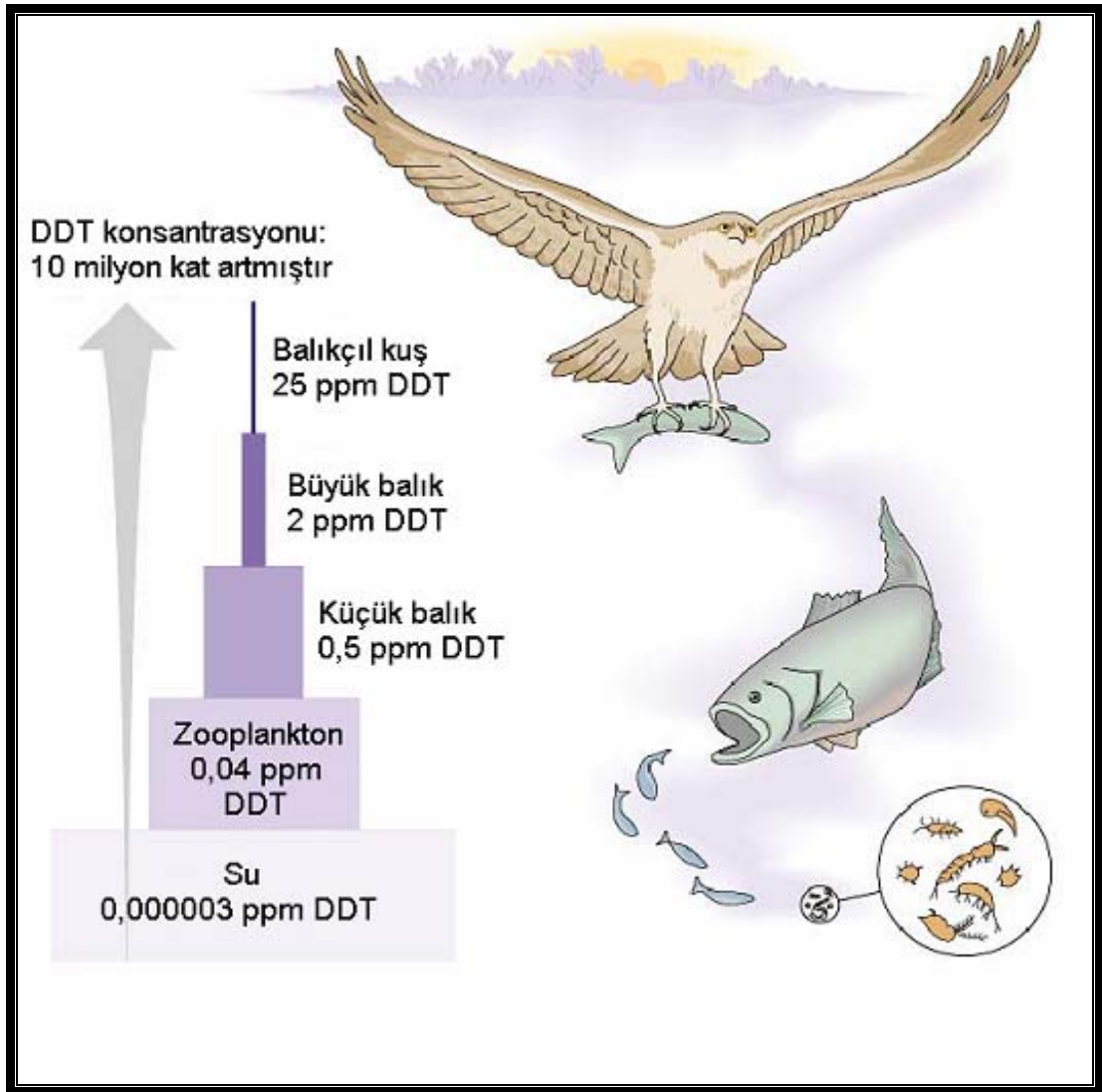
Birçok pestisit ise yüksek düzeyde kalıcıdır, çevrede parçalanmadan uzun süre kalabilmekte ve kalıntıları toprak, su ve hava vasıtası ile bitkilere geçebilmektedir. Besin zinciri yolu ile hayvan ve insan tarafından alınarak dokularda biriktirilebilmekte, biyolojik birikimle canlıların vücudunda yoğunlaşabilmektedir. Besin zincirinin üst kademelerine gidildikçe birikim seviyesi artış gösterebilmekte ve bunun sonucunda canlılarda artan zararlı etkiler görülebilmektedir [9]. Şekil 1.3’de pestisitlerin canlılar üzerindeki biyolojik birikimi DDT örneği ile gösterilmektedir [15].

Pestisit kullanımının çevrede oluşturabileceği risklerle ilgili ilk endişeler ve araştırmalar sentetik pestisitlerin keşfiyle beraber 1940’lı yıllarda başlamıştır. Örneğin, Cottam ve Higgins 1946 yılında DDT’nin balıklara ve yaban hayatına olan doğrudan ve dolaylı etkisini çalışmıştır. Ancak, pestisit kullanımının çevrede oluşturduğu riskleri ilk kez 1962 yılında yayınlanan “Sessiz Bahar (Silent Spring)” adlı yapıtında ele alan Amerikalı yazar Rachel Carson kamuoyunda geniş bir ilgi uyandırmıştır [5].

Özellikle son yıllarda pestisitlerin ölçülmesi ve belirlenmesi son derece güç olan dolaylı ve ekolojik etkileri üzerinde çalışmalar ve araştırmalar yoğunlaştırılmıştır [5].

Dünya pestisit pazarının değeri yaklaşık 30 milyon euroluk bir pazardır. Türkiye’de ki pestisit pazarı Avrupa ülkelerine oranla son derece küçüktür [5].

Türkiye’de tarım ilaçları kullanımına II. Dünya savaşından sonra başlanmıştır. Tarım ilaçları sanayii de doğal olarak bu kullanıma bağlı olarak bir gelişme göstermiştir [4]. Türkiye’de yıllık pestisit tüketim miktarı hektar başına ortalama 0,5 kg civarındadır. Bu pazarın parasal değeri dünya pazarının yüzde birinden azdır [5]. Türkiye’nin pestisit tüketimi ABD ve AB ülkeleriyle karşılaştırılacak olursa, hektara düşen pestisit tüketimleri, Çizelge 1.4’de görüldüğü gibi Türkiye’de pestisit kullanımı, gelişmiş ülkelerle karşılaştırıldığında, oldukça düşük düzeydedir [16].



Şekil 1.3. Biyolojik birikim

Ancak Türkiye’de belli bölgelerde, hektara kullanılan pestisit miktarı dünyanın en yoğun ilaç kullanılan bölgeleri düzeyindedir. Örneğin, Türkiye’nin entansif tarım yapılan bölgelerinden olan Ege ve Akdeniz Bölgeleri ile ekstansif tarım yapılan Doğu Anadolu ve Güney Doğu Anadolu Bölgeleri’nin 1993-1998 yıllarında ülke pestisit tüketimindeki preparat olarak payları Çizelge 1.5’de verilmiştir [4].

Çizelge 1.4. ABD ve Avrupa ülkelerinin tüketimlerine göre hektara isabet eden pestisit miktarları

Ülkeler	Pestisit tüketimi (kg/ha)
ABD	7,6
Fransa	4,4
Almanya	4,4
Yunanistan	6
İtalya	7,6
Hollanda	17,5
Türkiye	0,5

Çizelge 1.5. Türkiye’de bölgelere göre tarım ilacı kullanımı

Bölgeler	Yıllar ve Bölgelerin Payları					
	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Ege	19	19	15	19	17	17
İç Anadolu	20	22	23	22	19	16
Marmara	16	12	19	20	19	18
Karadeniz	12	11	7	13	12	12
Akdeniz	21	26	26	16	22	25
Doğu Anadolu	3	3	4	4	4	5
Güneydoğu Anadolu	9	7	7	7	7	7
TOPLAM	100	100	100	100	100	100

Çizelge 1.5’de görüldüğü gibi, Türkiye’de, Ege ve Akdeniz Bölgeleri preparat olarak ülke tüketiminin 1/3’ünden fazlasına, hatta bazı yıllar yarısına yakınına sahip iken, Doğu Anadolu ve Güney Doğu Anadolu Bölgeleri’ndeki kullanım ülke tüketiminin ancak %10’u kadardır [4, 16].

Türkiye’de ilaç kullanımı daha çok polikültür tarımın yapıldığı Akdeniz ve Ege Bölgeleri’nde yoğunlaşmaktadır. Türkiye’de yıllık pestisit tüketiminin %40’ı Adana, İçel ve Antalya olmak üzere üç ilde yoğunlaşmaktadır. İzmir ve çevresi de bu rakamlara dahil edildiğinde bu oran %65’i aşmaktadır. Bu bölgelerde, pestisit kaynaklı çevresel risk yüksektir [5, 16].

Türkiye’de yaklaşık 400’ün üzerindeki zararlıya karşı 491 etkili madde içeren yaklaşık 3 000 adet pestisit kullanılmaktadır [17].

Her yıl yeni zirai mücadele ilaçlarının kullanıma verildiği Türkiye’de yılda ortalama 35 000 ton tarım ilacı kullanılmaktadır. Bu kimyasalların; gerek kullanıma verilmeden önce (ruhsatlandırma aşamasında), gerekse kullanım süresi içinde (ruhsatlandırma sonrası piyasadaki satış kanallarında) sık bir şekilde kontrol edilmesi bunların kullanımı sırasında ve kullanım sonrasında oluşturabileceği insan ve çevre sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri önlemek açısından önem arz etmektedir [4].

Tarım ilaçları kontrollerinin yanı sıra bunların uygulanmaları sonucu ürünler içinde veya üzerinde, çevre ortamlarındaki (su, toprak, hava) kalıntı miktarlarının incelenmesi, pestisite maruz kalan insan ve çeşitli yaşama ortamlarında yaşayan canlılar üzerindeki toksikolojik ve ekotoksikolojik çalışmalara hız verilmesi gerekmektedir [4].

Türkiye’de yapılan balıklar üzerinde yapılan bazı pestisitler ve toksik kimyasallarla ilgili ekotoksikolojik çalışmalar;

Yılmaz ve Sarıkaya, 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid) herbisitinin, sazan balığı; *Cyprinus carpio* L. türü üzerinde akut toksik etkileri ile davranış değişimlerini incelemiştir [18].

Yılmaz, Gül ve Erbaşlı, alfa-cypermethrin pestisitinin, lebistes balıkları üzerindeki akut toksik etkisini incelemişlerdir [19].

Yılmaz, alfa-cypermethrin pestisitinin, tilapia; *Oreochromis niloticus* L. türünün larva balıklar üzerindeki akut toksik etkilerini incelemiştir [20].

Gül, A., chlorpyrifos-methyl pestisitinin, Nil tilapia balığı; *Oreochromis niloticus* L., türünün lavalara olan akut toksik etkilerini incelemiştir [21].

Gül ve Yorulmazlar, kadmiyum sülfatın, ot sazani; *Ctenopharyngodon idellus* türü üzerindeki akut toksik etkileri ve davranış değişimlerini incelemiştir [22].

Yılmaz, Gül ve Karaköse, kadmiyum klorürün, lebistes; *Poecilia reticulata* türüne üzerinde akut toksik etkileri ve davranış değişimlerini incelemiştir [23].

Shah ve Altındağ, kadmiyum ve cıvanın, kadife balığı; *Tinca tinca* L.; türü üzerinde akut ve kronik etkisi ile ayrıca kadmiyum, cıva ve kurşunun bu tür üzerindeki davranış anormalliklerini araştırmışlardır [24-26].

Yiğit ve Altındağ ise Türkiye; Beyşehir Gölü'nde sucul ekosistemdeki besin zincirindeki ağır metallerin konsantrasyonunu incelemiştir [27].

2. BAKIR SÜLFAT PESTİSİTİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Bakır sülfat pentahidrat; algisit, fungusit, insektisit, mollusit, nematisit ve su iyileştirmesi ürünü olarak dünyanın her yerinde çok geniş ve yaygın bir şekilde kullanılan bir pestisittir. İlk kullanılan pestisitlerdendir ve ilk kullanılması 1900'lü yılların başlarındadır [1, 5].

Bakır sülfat pentahidrat, inorganik pestisitlerden, bakırlılar grubuna ait inorganik bir tuzdur. Rengi mavi, kokusuz kristal halindedir. Ürün formülasyon tipleri; ıslanabilir toz formülasyonu ile suda çözünebilir mavi granül ya da kristal toz şeklindedir. Bakır sülfat pentahidrat, bakır sülfatın çok geniş bir şekilde kullanılan bir formudur [1, 28-30].

Bakır sülfat pentahidratın kimyasal formülü $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 'dur [1].

Bakır sülfat pentahidratın kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 2.1'de görülmektedir [1, 30].

Bakır sülfat pentahidrat, Türkiye'de de geniş kullanım alanına sahiptir. Bakır sülfat pentahidratın üretim kapasitesi 34 300 ton olup, göztaşının 4 000-5000 tonu'nun pestisit olarak kullanıldığı tahmin edilmektedir [4].

Ürün formülü, ıslanabilir toz formülasyon ve kristal toz şeklindedir. Bu çalışmada kullanılan bakır sülfat, suda çözünebilir kristal formda olup, % 25 metalik bakıra eşdeğer; bakır sülfat pentahidrattır [28].

Genel kullanım alanları: Bakır sülfat pentahidrat, "göztaşı" olarak bilinir. %1-3 oranında bakır sülfat içeren bordo bulamacı ve benzeri preparasyonlar halinde bağların ve diğer meyve ağaçlarının mantar hastalıklarına karşı püskürtme şeklinde fazlaca kullanılır [31].

Çizelge 2.1. Bakır sülfat pentahidratın kimyasal ve fiziksel özellikleri

Kimyasal formülü	CuSO ₄ .5H ₂ O
Molekül ağırlığı	249, 68
Özgül ağırlığı	2, 286 g/cm ³ (15,6 °C)
Kaynama noktası	653°C
Erime noktası	110°C
Buharlaşma basıncı	Değişken
Suda çözünürlüğü	148 (0°C), 230,5 (25 °C), 335 (50 °C), 736 (100 °C) g/kg 316 g/L (0°C)
Diğer organik çözücülerde çözünürlüğü	Metanolde 156g/L. Diğer organik çözücülerde çözünürlüğü yok sayılır.

Fungusit ve bakterisit olarak tarladaki mahsul, meyve ve sebzelerdeki bakteri ve mantar hastalıklarının kontrolünde kullanılır. Armut, elma, erik, kiraz, şeftali, fındık, badem, antepfıstığı, turunçgil, yenidünya, zeytin, üzüm ağaçlarındaki bakteri ve mantarlara karşı çok yaygın bir şekilde kullanılır [28].

Benzeri şekilde püskürtülerek; kelebek hastalığının ara konakçılığını yapan sümüklü böceklerle mücadele için otlara ve çiftlik alanlarına serpmek suretiyle de kullanılır [31].

Bakır sülfat pentahidrat, sucul bir pestisit olarak, sulama ve lağım kanallarında, göl, göletlerde, drenaj kanallarında yabancı sucul bitkilerin, omurgasızların (sümüklü böcek ve salyangoz) ve alglerin kontrolünde kullanılır. Bakır sülfat pentahidrat, sucul sistemlerde ise ipliksi ve planktonik alglerin büyümesi ve kontrolünde kullanılmaktadır. Sucul herbisit olarak kullanıldığı bitkiler, *Hydrilla*, *Elodea* sucul bitkileridir. Pirinç üretiminde, omurgasızların ve alglerin kontrolünde, özellikle karides larvalarına (*Riops longicaudatus*) karşı kullanılır [1, 32].

Bakır sülfat pentahidratın, kullanıldığı canlılar üzerindeki etki mekanizması, bakır iyonları ile mantar ve alglerin enzimlerini deaktive etmesi ve hücresel proteinleri denatüre etmesi şeklindedir [1].

Bakır toprakta organik materyaller, karbonat mineralleri, balçık mineralleri, manganez oksitler, tarafından tutulur. Bakır sülfat pentahidrat, suda yüksek miktarda çözünerek bakır ve sülfat iyonlarına ayrılır [1].

Sucul ortamlarda ise Cu^0 [metal], Cu^+ [cupros] ve Cu^{+2} [cuprik] halinde bulunur. Bakır ise genellikle +2 halinde bulunur [33].

Bakır sülfat pentahidrat, Cu^{+2} iyonları ile toprakta ve yeraltı sularında kötüleşmeye sebep olur. Bakır bir element olduğundan bulunduğu ortamda sonsuza kadar kalacaktır. Bakır organik malzemelere, balçık ve mineral yüzeylere tutunur. Bakırın toprak tarafından soğurulması, toprağın asiditesi ve alkalitesine bağlıdır. Bakır suda çözünebildiği için topraktaki gezici metallere dendir. Bağlanma kapasitesi nedeniyle, kumlu topraklar hariç ayrışma potansiyeli düşüktür. Sulama suyu ile uygulandığında bakır sülfat çevredeki topraklarda birikmez. %60 kadarı sulama kanallarının diplerinde birikir ve balçık, mineral ve organik parçalar tarafından soğurulur [13, 33].

Bakır Sülfat Pentahidrat Pestisitinin Etki Mekanizması

Metalik bakır ve tuzlarının toksisitesi iyonize olma özelliklerine göre değişir. Temelde bakır iyonları kanın ve protoplazmanın organik molekülleriyle birleşmek suretiyle fizyolojik görevlerini yapamaz duruma sokar. Bakır iyonları, yüksek yoğunlukta irkitici ve nekroz yapıcı olarak etkir. Emildikten sonra kalp ve vasküler sisteme yönelik olumsuz etkiler oluşturur. Yüksek yoğunluklarda karaciğerde birikmek suretiyle bu organın akut sarı atrofiye uğramasına sebep olur. Öte yandan bakır tiyoloptiv zehirler arasında bulunur. Bu özelliği nedeniyle, yaşamsal öneme sahip olan enzimlerin ve benzeri proteinli yapıların tiyol gruplarıyla (-SH) birleşmek suretiyle, fizyolojik görevlerini engeller [31].

Bakır sülfat pentahidrat suda yüksek oranda çözünerek bakır ve sülfat iyonlarına ayrılır. Canlılar üzerinde bakır sülfat pentahidratın toksik etkisini ağır bir metal olan bakır iyonları gösterir. Sülfat iyonları ise su ortamlarında, toprak, sediment ve

kayalarda doğal olarak bulunan bir iyondur. Sülfat iyonları vücuda alındığında, bağırsaktan çok az emilir ve böbreklerden elimine edilerek atılır. Yapılan çalışmalarda sülfatın, oral veya inhalasyonla organizmaya alındığında, akut toksisitesi, kronik ve subkronik toksisitesi, gelişim ve üreme üzerine etkileri görülmemiştir [34-37].

Bakır sülfat pentahidrat, bakır iyonları etkisiyle hücrelerde çok güçlü yükseltgen ajandır. Bakır iyonları organizmada hücrelerin mukoz membranların parçalanmasına sebep olur. Hücre zararı ve hücre ölümleri, hücrede aşırı miktarda bakır toplanmasından kaynaklanır. Bunun muhtemel sebebi Cu-metallotiyonein bağlanması sonucu, bakırın hücredeki geçişi engellenmesidir [38, 39].

Metallotiyonein, sisteince zengin düşük molekül ağırlıklı metal bağlayan bir proteindir. Ağır metal iyonlarının depolanması ve hücredeki normal Cu (II), Zn (II) metabolizmasının düzenlenmesi ve ağır metal iyonlarının etkisiz hale getirilmesinde görev yapar. Aynı zamanda organizmalarda tepkimeler sonucu ortaya çıkan serbest radikallerin yarattığı oksidatif strese karşı da koruyucudur. Organizmada bakır iyonları yüksek miktarlarda alındığında, metallotiyonein konsantrasyonu artar, bunun sonucunda da, karaciğerde fiziksel, kimyasal stres, enfeksiyon riski ve glukokortikoidler artar [38, 39].

Bakır sülfat, eritrosit membranlarından içeri girerek, ya direk olarak eritrosit membranında zarara sebep olur ve organizmada hemolitik anemi ortaya çıkar ya da oksidatif strese sebep olarak, enzimleri inaktive eder; bu enzimlerin en önemlisi glutatyon redüktazdır. Bu enzim; hücre içi glutatyonun, hücreye bakır iyonlarının ilk girişinde savunma mekanizmasını başlatır. Cu (II) iyonları hemoglobine ait demir iyonlarını oksitleyebilir. Böylece organizmanın kan özelliklerini bozular [38, 40-42].

Bakır sülfat pentahidrat pestisitinin memelilerde ve diğer canlılarda toksik etkileri üzerine birçok araştırma yapılmıştır [1].

Akut toksisitesi, ratlarda oral LD₅₀ 472 mg/kg'dır. Bakır sülfat pentahidrat bu özelliğinden dolayı zehirli ve akut toksiktir. İnsanlarda ağız yoluyla alındığında en düşük doz olan 11mg/kg'lık miktarı toksiktir. Zehirlenmenin işaretleri 1-12g bakır sülfat yutulduktan sonra görülmeye başlanır [1, 13].

Bakır sülfat pentahidrat midenin asidik ortamından emilerek, kan içerisine geçer. Sindirim sisteminin mukoz zarı, ağız yoluyla bakırın emilmesine karşı bariyer olarak görev yapar. Oral yolla alınan bakır sülfat pentahidratın, %99'dan fazlası dışkı yoluyla atılır. Buna rağmen kalan bakır, organizmada biyolojik birikime uğrar; karaciğer, beyin, kalp, böbrek ve kaslarda depolanır [1, 13].

Bakır sülfat pentahidrat vücuda alındığında, bakır bütün dokulara karaciğer, kalp, beyin, böbrek ve kaslara yüksek oranda dağıtılır. Bakır hücre içinde metalotiyoneine bağlanarak bulunur. Yapılan bir çalışmada, bakır sülfat pentahidrat, ağızdan 10g alındığında 58 yaşındaki bir insanın dokularındaki konsantrasyonlar şu şekilde ölçülmüştür: akciğerlerde 33,7 µg/g; karaciğerde 35,1 µg/g ; böbrekte 41,4 µg/g; kanda 13,8 µg/g ; safrada 2,8 µg/g ; midede 2988 µg/g bakır bulunmaktadır. Bakır karaciğer ve böbrekte metalotiyoneinde bağlı olmasına rağmen, akciğerlerde bağlı değildir ve akciğerlerde solunum ile içeri girer [1, 38, 43, 44].

Hayvanlar üzerinde de yapılan bakır sülfat pentahidrat deneylerinde dalak, karaciğer ve böbreklerde akut toksisitesi görülmüştür. Aynı zamanda beyin, akciğer, böbrek ve sindirim sisteminde hasarlar oluşabildiği görülmüştür [38, 43, 44].

Akut olarak birkaç saatlik bakır sülfat pentahidrat alımından sonra akut bakır zehirlenmesi başlar. Bakır iyonları eritrositlerden içeri girer. Ağız yoluyla alındıktan ilk beş saat içerisinde bakır konsantrasyonu kırmızı kan hücrelerinde, kan serumundan daha yüksek yoğunlukta olduğu için akut bakır zehirlenmesi görülür. Bu sonuçlar 40 vaka üzerinde, bakır sülfatın ağız yoluyla verilmesi sonucunda görülmüştür. Hemoliziz bakır alımından 12-24 saat içinde görülür ve bu 12-24 saatlik zamanda eritrositlerdeki bakır birikimi maksimum düzeydedir [44].

İnsanlarda ağız yoluyla aşırı bakır sülfat pentahidrat alımı sonucunda, aşırı bakır, bakır metabolizmasının bozulmasına sebep olarak, Wilson hastalığı¹ ortaya çıkabilir. Hepatolentikular dejenerasyon sonucunda; hepatik, nörolojik, psikiyatrik, oftalmolojik, hematolojik, renal, kardiyovasküler, muscusketal, gastrointestinal organ sistemlerinde birçok semptom görülmüştür [45].

Bakır sülfat pentahidrat'ın fare ve ratlarda besinle alındığında; hayvanlarda büyümeyi azalttığı, mikroskopik incelemelerde de dokularda hiperplazya ve hiperkeratosis ortaya çıktığı; böbrek ve karaciğerde de etkiler gösterdiği bulunmuştur. Ayrıca; bakır alan bireylerde dalakta demir düzeylerinin azaldığı, hematolojik değişiklikler meydana geldiği ve mikrosistik aneminin ortaya çıktığı görülmüştür. Karaciğer ve böbrekteki etkiler ise karaciğerde yangı, böbrekte böbrek epitelyum tübüllerinde dejenerasyon şeklindedir [46].

Bakır sülfat pentahidrat, deri ve gözlerde tahriş edici etki gösterebilir. Bakır sülfat pentahidratın, ciltten emilme ile alımı da yukarıdaki semptomları göstermiştir. Bakır sülfat deri yoluyla absorbe olup, sistemik etkilere de sebep olmuştur [47].

Deriye temas etmesi halinde yanmalara yol açar ve aynı zamanda cildi hassaslaştırır. Devam eden doz alımlarında alerjik tepkiler görülebildiği araştırılmıştır [13].

Kronik toksisitesi: Bordo bulamacı içindeki bakır sülfat pentahidrat solüsyonunun, asmalarda sprey şeklinde kullanılması ile ilgili çalışanlarda, 3-15 yıl sonra karaciğer hastalıkları görülmüştür. Uzun dönemli etkileri Wilson hastalığındaki¹ bireyler gibidir. Aşırı bakır miktarı, bakırın emilip, depolanmasına yol açar. Az miktarda bakırın kronik alımı anemiye yol açabilir. Günde 25 mg/kg bakır sülfat dozu farelere

1-Wilson hastalığı: Vücuda alınan bakırın, karaciğerde yeterince asimile edilememesinden dolayı beyin, karaciğer, kornea ve böbrekler başta olmak üzere pek çok dokuda fazla miktarda bakır depolanmasıdır. Bakırın tehlikeli boyutlara ulaşması, karaciğer hastalıklarına sebebiyet verir.

verildiğinde, farelerin büyümelerinde yavaşlama; günde 200 mg/kg verildiğinde ise beslenememeye ve ölüme yol açtığı görülmüştür. Günde 20 mg/kg doz bakır sülfat pentahidrat, koyunlara verildiğinde, koyunların kan hücrelerinde ve karaciğerlerinde hasarlara sebep olduğu görülmüştür. Aynı zamanda iştahsızlık, anemi ve yıkıcı değişiklikler görülmüştür [1].

Üremeye etkileri: Bakır sülfat pentahidratın deney hayvanlarında üremeyi durdurucu etkileri gösterilmiştir. Üremeyi durdurucu ve kısırılık etkisi hamile farelere verilerek incelenmiştir [48].

Fetustaki bozucu etkileri: Bakır sülfatın pentahidratın bu etkileri çok az sayıda gözlemlenmiştir. Gebe hamsterlara, gebelik sırasında bakır sülfat verildiğinde, doğan yavrularda kalp hastalıkları olduğu görülmüştür. Ancak bu durum, insanların da bakır sülfata maruz kaldığında aynı şekilde etkiler görülmesini olası kılmaz [48].

Mutajenik etkileri: Bakır sülfat pentahidrat, yüksek dozlarda mutasyon etkileri gösterir. Bakır sülfatın 400 ve 1000 ppm miktarları iki mikroorganizma üzerinde mutasyonlara yol açmıştır. Bu etki insanlarda normalde gözlenmez [1].

Kanserojenik etkileri: Günde 10 mg/kg bakır sülfat kümes hayvanlarına verildiğinde, yavrularda endokrin tümörlerine yol açmıştır. Bu etkilerine rağmen insanlarda içeren memelilerdeki kanserojenik etkisi bilinmemektedir [1].

Organ toksisitesi: Uzun dönemli hayvan çalışmalarında ve testlerinde endokrin bezlerinin etkilendiği gösterilmiştir.

Bakır sülfat pentahidratın atılımı: Bakır iyonları halinde büyük oranlarda safra yoluyla ve daha az ölçülerde idrarla atılır [31].

Bakır normalde lizozom ve safra yoluyla zararsız hale getirilir, bu şekilde akut bakır sülfat zehirlenmesinde koruyuculuk ve normal bakır dengesi sağlanır. Bakır vücutta normal düzeylerde tutan bu yol, zarar gördüğünde ya da safrada aşırı bakır

yüklenmesi olduğunda, karaciğerde bakır toplanması ortaya çıkar, bu da Wilson hastalığı ve bakır zehirlenmesine yol açar [49].

Normalde bakırın böbreklerden elimine edilmesi oranı düşüktür. Fakat akut bakır sülfat zehirlenmesinde böbreklerden elimine edilmesi oranı artar. Bakırın organizmada yarılanma ömrü, tüm vücutta yaklaşık 4 hafta olarak tahmin edilmektedir [38, 49].

Bakır sülfatın pentahidratın ekolojik etkileri

Bakır sülfat normalde kuşlarda toksik değildir. Kuşlarda etkisi başka hayvanlardan daha azdır. En düşük ölümcül doz LD_{LO}^2 güvercinde 1000 mg/kg, ördeklerde ise 600 mg/kg'dır. Bordo bulamacı için ise yavru yaban ördeklerinde LD_{50} 2000 mg/kg'dır [1, 50].

Arılara bakır sülfat pentahidrat ile hazırlanan bordo bulamacı zararlı değildir. Bakır sülfatın normal uygulama oranları, koyun ve tavuklara karşı zehirleyici olabilir. Aşırı bakır içeren fungusitlerin kullanılması ile toprağın üst katmanlarında, iç kısımlarında yaşayan hayvan hayatı ile bağlarda kullanılması ile toprakta yaşayan pek çok hayvan hayatı sona ermiştir [51].

Bakır sülfat pentahidrat sucul ortamda balıklar, amfibiler (iki yaşamlılar), omurgasızlar ve diğer sucul organizmalara yüksek toksik etkilere sahiptir [1].

Bakır sülfat pentahidrat, suda yüksek oranlarda çözünür ve Cu^{+2} iyonları halinde bulunur ve bakır, Cu^{+2} halinde iken değişik bileşimler oluşturur. Birçok organik ve inorganik moleküllerle, $-NH_2$, $-OH$ ve $-SH$ gruplarına bağlanarak kompleksler oluşturur [34, 35].

LD_{LO} : Lethal Dose Low/ Belirli bir tip hayvan için ölümcül olacak bir kimyasal maddenin minimum miktarı, 1 kg'lık bir vücut ağırlığı için miligram seviyesinde belirlenir.

Bakırın organik ve inorganik moleküllerle birleşmesi pH ve CaCO_3 alkalitesine bağlıdır. Bakırın bir çoğu su yüzeyine girerken, partikül formunda ve organik materyaller tarafından tutulur [34, 35].

Sucul ortamlarda çok yüksek oranda organik ve inorganik moleküllere tutunan bakır, fitoplanktonlar ve zooplanktonlar tarafından içeri alınıp, bu organizmalarda çok yüksek oranlarda birikime uğrar. Bakır, fitoplanktonlar ve zooplanktonların bünyesinde ve yüzeylerinde birikerek hem bu organizmaların büyümesini inhibe eder, hem de popülasyonlarını azaltır. Bakır iyonları, fitoplanktonlar ve zooplanktonlarda birikerek, yüzeylerine tutularak; bunlarla beslenen sucul ortam canlıları, amfibiler, mollusklar ve balıklar üzerinde toksik etkiler gösterir [34].

Çizelge 2.3' de bakır sülfat pentahidratın sucul ortam organizmalara olan etkileri, Çizelge 2.4' de ise bakır sülfat pentahidratın sucul ortamdaki canlılar üzerindeki akut toksik dereceleri gösterilmektedir [52-60].

Bakır sülfat pentahidrat balıklar üzerinde yüksek toksiktir. Tavsiye edilen miktarlarda kullanımının bile alabalık ve diğer balıklar üzerinde zehirli olduğu rapor edilmiştir [1].

Bakır sülfatın balıklarda davranış değişiklikleri, biyokimyasal değişiklikler, beslenme davranış değişiklikleri, büyüme ve immünolojik değişiklikler, ölüm gibi etkilere sebep olduğu incelenmiştir [58, 59].

Çizelge 2.2. Bakır sülfat pentahidratın sucul organizmalara olan etkileri

Organizma grubu	Etkiler
İki yaşamlılar	Gelişme, tümör, ölüm
Halkalı solucanlar	Enzim salgısı artışı
Akuatik bitkiler	Yığılma, toplanma
Kabuklular	Yığılma, ölüm
Balıklar	Yığılma, davranış değişiklikleri, biyokimyasal değişiklikler, beslenme davranış değişiklikleri, büyüme ve immünolojik değişiklikler, ölüm
Yumuşakçalar	Davranış değişiklikleri, form değişikliği, büyüme, ölüm
Yuvarlak ve Yassı solucanlar	Ölüm
Fitoplanktonlar	Populasyonda ölümler ve azalma
Zooplanktonlar	Form değişikliği, ölüm, sarhoşluk, hareketsizlik

Çizelge 2.3. Bakır sülfat pentahidratın sucul organizmalarda akut toksik etki dereceleri

Organizma grubu	Akut toksisite derecesi
İki yaşamlılar	Yüksek derecede toksik
Kabuklular	Az toksikten yüksek toksiğe kadar
Balıklar	Orta toksikten yüksek toksiğe kadar
Yumuşakçalar	Çok yüksek derecede
Yuvarlak ve Yassı solucanlar	Çok yüksek derecede
Zooplanktonlar	Az derecede toksik

2.1 Bakır Sülfat Pentahidrat Pestisitinin Balıklardaki Etki Mekanizması, Akut Kronik Toksisitesi ve Dokularda Birikimi ile İlgili Çalışmalar

Bakır sülfat pentahidrat, Cu^{+2} iyonları ile organizmada toksik etkisini gösterir. Balıkların sudan bakır iyonlarını alımı hızlıdır. Balıklar bakır iyonlarını, ya solungaçlarıyla ya da bakır içeren besinleri yiyerek alırlar. Balıklarda solungaçların iki önemli fizyolojik fonksiyonu vardır; gazların (oksijen, karbondioksit) taşınması ve aktif iyonların (sodyum ve kalsiyum) içeri alınmasıdır [33, 61, 62].

Wilson, Lauren ve Reid, bakırın etkisi ile balıklarda iyon regulasyonunun engellendiğini görmüşler, yaptıkları çalışmalarda, gökkuşağı alabalığı; *Oncorhynchus mykiss* türünde, solungaçlarda bakır etkisinin kalsiyum taşınmasına etkisi olmadığını ancak sodyumun giriş çıkışını etkilediğini incelemişlerdir [63-65].

Pelgrom ve arkadaşları, mozambik tilapia; *Oreochromis mossambicus* bireylerine bakır sülfat pentahidrat uygulandığında; bakırın sodyum ve kalsiyumun solungaç membranlarından taşınmasına etkisinin çok az olduğu ama vücuttaki Na^+ taşınmasını etkilediğini incelemişlerdir [66].

Sayer ve arkadaşları ise *Salmo trutta*; denizalası alabalığı türünde, bakır etkisinde ise kalsiyum, sodyum ve potasyum alımının azaldığını incelemişlerdir [67].

De Boeck ve arkadaşları, adi sazan balığı; *Cyprinus carpio* L. türünde, solungaçlarda kronik bakır etkisi ile bronşiyal iyon düzenleyici mekanizmasında ve gaz alışveriş mekanizmasında hasarlar ortaya çıktığını, çoğalan bakır konsantrasyonlarında oksijen tüketimi düzenleme yeteneğinin kaybedilebildiğini, aynı zamanda amonyak atılım yeteneğinin de kötü etkilenebildiğini araştırmışlardır [68].

Kirk ve Lewis, bakır sülfat pentahidratın gökkuşağı alabalığı; *Oncorhynchus mykiss* türü üzerindeki yapısal etkilerini ve şekil bozukluklarını incelemişlerdir. Scanning elektron mikroskopunda bakırın solungaçlardaki etkilerini gözlemlemişlerdir. Gözlemler sonucunda; iki saat için bakır sülfat pentahidrata eşdeğer, 500 $\mu\text{g/L}$ bakır

konsantrasyona maruz bırakılan balıklarda; solungaç lamellerinde çökme ve solungaçların mukoz hücrelerinin salgısında artmalar görülmüştür. Eşdeğer 1000 µg/L bakıra maruz bırakıldıklarında ise solungaçlar mukus ile kaplanmış ve solungaçlarda hücresel döküntüler görülmüştür. Ayrıca kopmuş ve ölmüş mukus hücreleri, lamellerde birleşme, epitelyum hücrelerinde ve solungaç yüzeyinde aşırı derecede şişme ve tepeler oluştuğu görülmüştür. Daha düşük bakır konsantrasyonlarında ise mukus salgılamasının, yüksek konsantrasyonlara göre daha da fazla olduğu tespit edilmiştir [69].

Karan ve arkadaşları adi sazan balığı; *Cyprinus carpio* L., üzerinde bakır sülfat pentahidrat pestisitini kullanarak, bakırın fonksiyonel enzim aktivitesi ve solungaç histolojisine olan etkilerini araştırmışlardır. Kan serumu ve solungaçlardaki, alkaline fosfat (AP), aspartat aminotransferaz (AST) ve alanine aminotransferaz (ALT) fonksiyonel enzimlerin aktivitesi, araştırılmıştır. Çünkü balık solungaçları, bakırın hedef organıdır. Bakırın solungaçlardaki yapısal değişikliklere sebep olduğu, iyi incelenmiştir. Bakır sülfata maruz kalan bütün gruplarda, 14 gün boyunca enzim aktiviteleri incelendi ve istatistiksel olarak yüksek bakır konsantrasyonlarında bütün (AP, AST, ALT) enzim aktivitelerinin arttığı tespit edilmiştir. En yüksek doz 4,0 mg/L bakır sülfatta solungaç ve kan serumundaki AP aktivitesinin, en fazla olduğunu incelemiştir. 14 günden sonraki periyotta ise enzim aktivitelerinde; yüksek konsantrasyonlarda ALT enzimi dışında azalmalar görülmüştür. Biyokimyasal analiz sonuçları, histopatolojik çalışmalarla doğrulanmıştır. Balık solungaçlarında görülen lezyonlar; epitelyal hiperplazya, sekonder lamellerin kıvrılması, hücrelerde kloridin ve mukusun değişmesi şeklinde gözlemlenmiştir. Bu lezyonların toksik konsantrasyonların çoğalması ile şiddetle arttığı görülmüştür. Subakut bakır düzeylerinde, solungaçlarda ve kan serumunda hücre membran sistemlerinde hasarlarla birlikte hücreler arası metabolizma ve membran permeabilitesinde değişiklikler olduğu görülmüştür [70].

Svobodova ve arkadaşları, adi sazan balığı; *Cyprinus carpio* L. türünde bakır etkisi ile deri ve solungaç mukus yapımında artış, solungaçlarda renk yeşil kırmızı ve

şiddetli kanamalar, karaciğerde kanamalar ve plazma glikozunda artmanın meydana geldiğini incelemişlerdir [71].

Bakırın balıklarda kan özelliklerine etkisi vardır. Nemcsok ve Hughes, bakır sülfat pentahidrat pestisitinin, gökkuşuğu alabalığı; *Oncorhynchus mykiss* türü üzerindeki fizyolojik etkilerini araştırmışlardır. Balıklar 48 saat boyunca 200 ile 2000 µg/L arasında bakır sülfat pentahidrat konsantrasyonlarına maruz bırakılmıştır. Araştırma sonucunda, bakırın ilk 24 saat içerisinde 2000 µg/litre bakırda, balıkların kan glikoz aktivitesinin, ALT ve AST seviyelerinin artmasına, 48 saatte ise kan glikoz aktivitesinin ve ALT ve AST'nin düşük konsantrasyonuna sebep olduğu görülmüştür. Her bir bakır konsantrasyonunda ise özellikle asetilkolinesteraz enzimi aktivitesinde azalmaya sebep olduğu incelenmiştir Bakır sülfatın 200 µg/L konsantrasyonunda ise ilk 24 saat içerisinde dokularda önemsiz zararlar ve biyokimyasal ve hematolojik parametrelerde yine önemsiz etkiler olduğu görülmüştür [72].

Arillo ve arkadaşları gökkuşuğu alabalığı; *Oncorhynchus mykiss* üzerinde 4 aylık periyotta 30-100 µg/L bakıra eşdeğer bakır sülfat pentahidrata maruz bırakarak, bakırın *Oncorhynchus mykiss* balıklarının kanındaki biyokimyasal parametreler üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Deneyle sonucunda; karaciğer ALAD (aminolaevulinic acid dehidratase) enziminin azalması, kanda karbonik anhidraz enzim aktivitesinin azalması, solungaçlarda siyalik asit miktarının artması, karaciğer mitekondrilerinde ise oksijen tüketimi ve solunum kontrol oranında azalmalar olduğu tespit edilmiştir [73].

Asztalos ve arkadaşları bakır sülfat pentahidratın, adi sazanlar *Cyprinus carpio* L., üzerindeki biyokimyasal parametrelerini incelemişlerdir. Bakır sülfat pentahidratın adi sazanlarda, doku zararları ve strese yol açarak, laktat dehidrogenaz (LDH), glutamik oksaloasetik transaminaz (GOT) ve glutamik dehidrogenaz enzim aktiviteleri ile kan şekeri miktarını yükselttiği görülmüştür. Bu çalışmada, 5 mg/L bakır sülfat pentahidrat *Cyprinus carpio* L. türü bireylerine verilmiştir. Uygulamada;

1. günün sonunda canlılık %100 iken, 4. günün sonunda %61;6. günün sonunda ise %44 olduğu görülmüştür [74].

Salvelinus fontinalis; çay alabalığı, *Oncorhynchus mykiss*; gökkuşacağı alabalığı ve *Cyprinus carpio* L.; adi sazan balığı türlerinde ise yapılan deneylerde, bakır etkisi ile eritrositlerin ve hemoglobinin arttığı, lökositin ve lenfositin azaldığı incelenmiştir [33, 75, 76].

Cyriac ve arkadaşları, *Oreochromis mossambicus*; mozambik tilapia türünde bakır sülfat pentahidrat uygulanan ve uygulanmayan bireyleri karşılaştırmışlar; toksik maddeye maruz kalan bireylerde hemadilasyon belirtileri görülmüş; düşük hemoglobin düzeyi, düşük hematokrit düzeyi, şişkin eritrositler gözlemlenmiştir [76].

Khengarot ve Tripathi, *Saccobranhus fossilis*; Asya kedi balığı türü üzerinde bakır etkisiyle hematokrit ve hemoglobin düzeylerinin azaldığını incelemişlerdir [78].

Saccobranhus fossilis; Asya kedi balığı türü üzerinde yapılan başka bir çalışmada ise bakırın kronik etkisine bırakılan bireylerde, kırmızı ve beyaz kan hücrelerinin sayısında azalma ile kanın oksijen taşıma kapasitesinde azalma tespit edilmiştir [78].

Courtois ve Meyerhoff, çizgili levrek balığı; *Morone saxatilis*'in bakır etkisi ile kan plazma düzeyinin arttığını incelemişlerdir [79].

McKim ve arkadaşları, *Salvelinus fontinalis*; çay alabalığı türünü, bakır sülfat pentahidrata maruz bırakmışlar; deney sonucunda PGOT enzimi ve total protein içeriğinde artış olduğu görülmüş, plazma kloritinde ve osmolaritesinde ise azalma olduğu görülmüştür [75].

Weinstein, *Brachydanio rerio*; zebra balığı türünde ise bakırın fizyolojik etkilerini incelemiştir; inceleme sonucunda, kalbe yakın bölgelerde ve yüzgeçlerin merkezlerinde kanama, pullarda dökülme, vücut renginde koyulaşma görülmüştür [80].

Sellers ve arkadaşları, *Oncorhynchus mykiss*; gökkuşuğu alabalığı türünde bakır sülfat pentahidrat etkisi ile mukus artışı ve renk kaybı gözlememiştir [81].

Oncorhynchus mykiss türü ile yapılan başka bir toksisite çalışmasında ise bakırın bu tür üzerinde solunum ile ilgili toksisitesi araştırılmıştır ve bakır etkisi ile *Oncorhynchus mykiss* bireylerinin kalp atış sayısının arttığı, atardamar kan basıncının azaldığı ve oksijen geriliminde ise artmanın olduğu tespit edilmiştir [63].

Saucier ve arkadaşları, bakır etkisi ile *Oncorhynchus mykiss*; türünün bireylerinde koklama organının histolojisinde değişiklik ortaya çıktığını incelemiştir. Bakırla muamele görmeyen balıklarla karşılaştırıldığında, bakıra maruz kalan bireylerde; goblet hücrelerinde artma, mukus salgılayan hücrelerde artma, duyuşal epitellerdeki vakuollerde artma, duyuşal ve duyuşal olmayan epitellerde ise doku değişiklikleri ve harabiyet görülmüştür [82].

Bakır etkisi ile *Oncorhynchus kisutch*; gümüş somon balığı türünde ise kortizol [83], *Oncorhynchus nerca*; kırmızı somon balığı türünde ise kortikosteroid düzeyinin yükseldiğı görülmüştür [84].

Roales ve arkadaşları, *Trichogaster trichopterus*; üç benek gurami türü üzerinde yapılan bir çalışmada bakır etkisinin, viral ve bakteriyel antijenlere karşı immün cevabın kötü etkilendiğini incelemiştir [85].

Anderson ve arkadaşları *Oncorhynchus mykiss* türünün fetal serumunda bakır konsantrasyonu arttıkça antikor sayısının azaldığını incelemiştir [86].

Stevens ise bakır uygulanan *Oncorhynchus kisutch*; gümüş somon balığı türünün bireyleri ile bakır uygulanmayan kontrol grubu bireylerini karşılaştırmışlar; bakıra maruz kalan bireylerde antikor düzeyinin bakır etkisiyle azaldığını incelemiştir [87].

Khargarot ve Tripathi, Asya kedi balığı; *Saccobranchus fossilis* türü üzerinde bakır etkisinin, balıkların immün sistemin bakteriyel ve viral ajanlarına karşı cevabını etkilediğini gözlemlemişlerdir. Bakır konsantrasyonu arttığında immün sistemin gücünün düştüğünü; daha az antikor ürettiğini, dalak ve böbrek hücrelerinde azalmanın olduğunu, böbrek ve dalak hücrelerinin fagositoz aktivitesinde de azalmaların olduğunu incelemişlerdir [78].

Biyolojik birikimi: Bakırın balıklarda geçişi hızlıdır. Alınan bakır, karaciğer, kas ve solungaçlarda önemli miktarda birikir. Balıklarda solungaç, solunum ile ilgili bir organ olup, doğrudan ortam ile ilişkisi olduğundan toksikoloji çalışmalarında hedef organ olarak seçilmektedir. Solungaçlarda biriken bakır, balıklardaki Na^+-Ca^{+2} pompasını ve gaz taşınmasını inhibe eder. Bu durumun sonucunda da balıklarda ölüm görülebilir [33, 61, 62, 66].

Balıklarda ağır metal birikimi, doku ve organlar arasında ayırım göstermekle birlikte genellikle metabolik bakımdan aktif doku ve organlarda yüksek derişimlerde meydana gelmektedir. Gökkuşığı alabalığı, sazan balığı ve Nil tilapia balığında bakır en çok karaciğerde birikirken, en az kas dokusunda biriktiği görülmüştür. Yapılan çalışmalarda bakırın genel olarak, balıkların doku ve organlarda birikimi sıralaması; karaciğer>solungaçlar>deri>kaslar şeklindedir [88].

Bakırın kan plazmasına geçişi hızlıdır. Zia ve McDonald, *Oncorhynchus mykiss*; gökkuşığı alabalığı türünde bakırın kan plazmasına geçişinin çok hızlı olduğunu incelemişlerdir [89].

Yapılan bazı çalışmalarda, bakır alımının, balığın vücut boyu ile değiştiği ve büyük balıklarda küçük balıklardan daha az bakır alındığı görülmüştür. Güneş balığı; *Lepomis gibbosus* türünün farklı büyüklüklerdeki bireylerinde bakırın vücuda alımı ölçülmüştür. Türün küçük büyüklükteki bireylerinde, büyük balıklara göre daha fazla bakırın vücuda alındığı görülmüştür [90, 91].

Handy, *Oncorhynchus mykiss*; gökkuşığı alabalığı türü; Brungs, *Ictalurus nebulosus*; kahverengi kedi balığı türü; Svobodova ve arkadaşları ise *Cyprinus carpio* L.; adi sazan balığı türü üzerindeki yaptıkları çalışmalarda; hızla kan plazmasına geçen bakırın, karaciğer ve solungaç organlarında önemli bir şekilde toplandığını incelemişlerdir. Handy, *Oncorhynchus mykiss* türünde ayrıca kaslarda da bakır birikimi olduğu tespit etmiştir [71, 92, 93].

Bakırın vücuttan atılımı: Adi güneş balığı; *Lepomis gibbosus* türünde, bakırın pompalama ile vücuttan temizlenmesinin hızlı gerçekleştiği incelenmiştir; bakırın vücuttan atılımı 1,6 ile 1,8 saat arasında gerçekleşmiştir, büyük balıklarda ise daha hızlı atıldığı tespit edilmiştir [90].

Handy, *Oncorhynchus mykiss* türünde, solungaçlardan bakırın 10 saatte % 50'sinin, temizlendiğini, karaciğerden bakırın temizlenmesinin ise 16 saatten daha uzun olduğunu araştırmıştır [94].

Solbe ve arkadaşları, *Noemacheilus barbatulus*; taş çopra balığı türü üzerinde bakırın vücuttan atılımı ile ilgili yaptıkları bir çalışmada; *Noemacheilus barbatulus* türü bireylerinde de bakırın solungaçlardan atılımının, karaciğerden atılımından daha hızlı gerçekleştiğini incelemişlerdir [95].

Kronik toksisitesi: Bakırın kronik etkisi balık türlerine göre değişkendir. Horning ve Neihsel, et kafalı küçük balık türü; *Pimephales notatus*'u, kronik olarak bakır sülfat pentahidrata maruz bırakmış; *Pimephales notatus* bireylerinde yumurtlama zamanında, yumurtaların bakırdan etkilenmediğini incelemişlerdir [96].

Kaur ve Virk, *Cyprinus carpio* L. türü bireylerinde ise hayatta kalma ve yumurtlamaya; bakırın kronik etkisinin 1,0 mg/L'den fazla bakır konsantrasyonlarında olduğunu incelemişlerdir [97].

Mckim ve Benoit, *Salvelinus fontinalis*; çay alabalığı türünün ergin bireylerini, 22 ay boyunca eşdeğer metalik bakır içeren 1,9 ile 32,5 µg/L bakır konsantrasyonlu bakır

sülfat pentahidrata maruz bıraktıklarında, bakırın yüksek konsantrasyonları; 17,4 ile 32,5 µg/L'de; ergin bireylerin büyüme, hayatta kalma oranı ve yumurta yapımı ve yumurtadan çıkış oranında da azalmalar olduğunu tespit etmişlerdir [98].

Sauter ve arkadaşları, *Salvelinus fontinalis*; çay alabalığı türünü 5 ile 95 µg/L arasında bakır içeren bakır sülfat pentahidrata maruz bırakarak, bakırın etkilerini araştırmışlardır. En yüksek bakır konsantrasyonunda 95 µg/L'de, yumurtadan çıkma gözlemlenmezken, bakır konsantrasyonu düştükçe, yumurtadan çıkma yüzdesi artmıştır. Gözlemler kontrol grubu ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir [99].

Servizi ve Martens, bakırın kronik etkisinin, pembe somon balığı'nda çizgilenmeyi geciktirirken, Kırmızı Somon Balığı'nda ise etkilemediğini gözlemlemiştir [100].

Sayer ve arkadaşları, *Salmo trutta*; denizalası alabalığı türünde ise erken gelişim evrelerinde kronik olarak bakıra maruz kalmanın, büyümeyi ve gelişimi geciktirdiğini gözlemlemiştir [67].

Lett ve arkadaşları, *Oncorhynchus mykiss*; gökkuşacağı alabalığı türü; Khangarot ve Tripathi, *Saccobranhus fossilis*; Asya iğneli kedi balığı türü; Pande ve Shukla ise *Mystus vittatus*; kedi balığı türü ile *Colisa faciatus*; çizgili gurami balığı türü bireylerinde bakırın büyümeyi azalttığını incelemiştir [78, 101, 102]

Akut toksisitesi: Bakır sülfat pentahidratın balıklara akut toksik etkisi; ilk gelişim evrelerinde, daha ileri gelişim evrelerinden daha fazladır [33].

McKim ve Benoit, *Salvelinus fontinalis*; çay alabalığı'nda, Chapman ve Stevens ise *Oncorhynchus kisutch*; somon balığında, bakırın etkisinin ilk gelişim evrelerinde, daha ileri gelişim evrelerinden daha fazla olduğunu incelemiştir [103, 104].

2.2. Kuramsal Temeller ve Tanımlar

Toksikoloji: Kimyasal maddelerin biyolojik dokulara kantitatif tesirlerinin mekanizmalarıyla birlikte araştırılmasını inceleyen ve elde edilen bilgilerden insan popülasyonuna, çevreye zararları ve etkileri hakkında tahmin yapılmasını temin eden bir bilim dalıdır [105].

Zehirlilik Deneyleri: Zehirli maddeye belirli bir süre maruz kalma süresinden sonra ölüm, hareketsizlik, üremenin engellenmesi gibi zehir etkilerini belirleyen konsantrasyonu tespit etme işidir [105].

Akut Zehirlilik Deneyleri: Deney organizmalarında kısa sürede olumsuz değişikliğe sebep olan deney konsantrasyonlarını belirleme işidir [105].

Zehirlilik Etkisi: Sularda doğal dengeyi bozan, organizmaların yaşam sürecini kısaltan ve/veya ortam şartlarını bozan her türlü yabancı etkidir [105].

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 [105].

Ortalama Etkili Konsantrasyon (EC): Deney organizmalarının %50'sinde denge kaybı, felç, anormallikler veya vücut bozuklukları gibi etki meydana getiren konsantrasyondur [105].

En Yüksek Tolerans Dozu: Ölüm meydana getirmeyen en yüksek dozdur [105].

En Düşük Öldürücü Doz: Ölüm meydana getiren dozların en küçüğüdür [105].

Ortalama Öldürücü Doz (LD₅₀): Tatbik edildiği organizmanın yarısını öldüren dozdur [105].

Ortalama Öldürücü Konsantrasyon(LC₅₀): Tatbik edildiği organizmaların yarısını öldüren konsantrasyondur [105].

Öldürücü Doz: Bir defa tatbikinde öldüren doza denir [105].

Zehirlilik Dozu (Toksik Doz): Ölüm meydana getirmemekle beraber, zehirlenme belirtilerine sebep olan dozdur [105].

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 [105].

Akut Zehirlilik: Tek dozda 24 saatlik süre içinde görülen zehirliliktir [105].

Doz-Cevap İlişkisi: Kimyasal maddelere maruz kalma özellikleri ile meydana gelen çeşitli ve geniş spektrumlu tesirler arası ilişkilere denir [105].

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme ortamı

Bu çalışma Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı Hidrobiyoloji Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

3.1.2. Balık

Bu çalışmada *Poecilia reticulata* türüne ait balıklar, standart test balığı olması nedeniyle tercih edilmiştir [106, 107]. Çalışmada ortalama boyları 3,5-4 cm uzunlukta 5 adet dişi ve 5 adet erkek ergin birey kullanılmıştır.

Poecilia reticulata, yaygın ismi ile lebistes balıklarının erkekleri 3 cm, dişileri 6 cm kadardır. Erkeklerin kuyruk yüzgeci çok geniş ve renklidir. Erkekler biraz daha uzun, narin, dişiler hafif topludur. Erkeklerde vücut yanlardan hafifçe basık, dişilerde vücudun ön kısmı yuvarlak, arka kısmı yassıdır. Erkekler çok değişik ve güzel renklidir. Genellikle tatlı sulara yaşamalarına rağmen bazen acı sulara da girerler. Hem hayvansal hem de bitkisel besinlerle beslenirler [108- 110].

Bu çalışmada kullanılan balık örnekleri Keçiören ilçesinde bulunan bir balık üreticisinden temin edilmiştir. Balık örnekleri yarım saat içerisinde, laboratuvara getirilmiştir. Balıklar 10 gün süreyle ortama alıştıdırılmıştır.

3.1.3. Deney akvaryumları

Deneylerde kullanılan akvaryumlar Zehirlilik Seyreltme Faktörü (ZSF) Tayini metodunda [111] verildiği gibi h: 22 cm, a: 18 cm, b: 49 cm'lik cam akvaryumlardır. Hacim yaklaşık 25 litredir. Akvaryumlarda merkezi havalandırma uygulanmış ve

termostatlı ısıtıcılar ve termometre kullanılarak su sıcaklığı $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ ' de sabit tutulmuştur. Çözünmüş oksijen değeri 7,5-7,57 mg/L olarak tespit edilmiştir.

3.1.4. Pestisit materyali

Biyodeneylede toksik madde olarak, fungusit, insektisit, mollusisit, nematisit ve su iyileştirmesi ürünü olarak kullanılan bakır sülfat pentahidrat, yaygın adı ile göztaşı kullanılmıştır.

3.1.5. Deney suyu

Deney suyu olarak en az 72 saat dinlendirilmiş şehir şebeke suyu kullanılmıştır. Deney süresince akvaryumlardaki su seviyesi 20 l seviyesindeki işaretle sabit tutulmuştur. Buharlaşıma ile bir miktar su kaybedilince, stokta dinlendirilmiş çeşme suyu ile hacim tamamlanmıştır.

3.1.6. Oksijen ölçümü

Biyodeneyle başlangıcı ve sonunda, bütün akvaryumlardaki çözünmüş oksijen içeriğini ölçmek için taşınabilir YSI 51 B tip marka oksijenmetre kullanılmıştır.

3.1.7. Sıcaklık ölçümü

Biyodeneyle başlangıcı ve sonunda, bütün akvaryumlardaki sıcaklığı ölçmek için YSI 51 B tip marka oksijenmetre kullanılmıştır.

3.1.8. İletkenlik ölçümü ve tuzluluk ölçümü

Akvaryumlardaki suların iletkenliklerini ölçmek için WTW LF 92 tip kondüktivitimetre kullanılmıştır. Çıkan sonuçlar 640 ile çarpılıp her bir akvaryumdaki genel tuzluluk mg/L olarak hesaplanmıştır.

3.1.9. pH ölçümü

Her bir akvaryumun pH değerinin ölçümü için WTW 340-A/SET-1 model pH metre kullanılmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Balıkların deneye hazırlanması

Biyodeneden önce balıklar, havalandırılmış, dinlendirilerek kloru giderilmiş şehir suyu bulunan stok akvaryumlarda ve oda sıcaklığında 10 gün süreyle ortama alıştırmıştır. Bu dönemde balıklar günde en az bir defa yemlenmiştir. Ortamda atık madde birikimini önlemek için biyodeneden başlama tarihinden bir gün önce ve deney süresince akvaryumlara yem eklenmemiştir. Deneye başlamadan önceki 4 gün içinde balıklarda hastalık ve ölüm olmamasına dikkat edilmiştir [106, 111].

3.2.2. Biyodeneden sıcaklığı

Biyodeneden akvaryumlarının su sıcaklığı $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ ' de sabit tutulmuştur.

3.2.3. Pestisit konsantrasyonu

Bakır sülfat pentahidrat pestisitinden 1 litrelik stok çözelti hazırlanmıştır. Stok çözelti; tartılan mavi kristal toz haldeki göztaşı, hassas terazide tartılarak, 1 litrelik dinlendirilerek kloru alınan çeşme suyu ile volümetrik balon jode çözülmüştür. Stok çözeltisi $+4^{\circ}\text{C}$ ' de muhafaza edilmiştir. Saklama kabı lastik tıpa ve parafilm ile korunmuştur. Hazırlanan stok çözülden, toksisite sınır tespit deneylerinde ön deney olarak 10'ar balık konulan akvaryumlara 5 doz seviyesi geometrik seri olarak $\mu\text{g/L}$ cinsinden uygulanmış ve hiç ölüm olmayan, yüzde yüz ölüm olan pestisit dozları tespit edilmiştir.

3.2.4 Deney balıklarının sayısı ve cinsiyeti

Biyodeneyleerde *Poecilia reticulata* türünün ergin erkek ve dişi bireyleri kullanılmıştır. Denenen zehirli maddenin her bir konsantrasyonu için gruplara 5 dişi, 5 erkek olmak üzere 10'ar tane balık konulmuş ve balıkların aynı büyüklükte olmasına dikkat edilmiştir.

3.2.5 Kontrol grubu

Biyodeneyleerde deneyin yapıldığı şekil ve şartlarda deneyle beraber yürütülen kontrol grupları oluşturulmuştur. Kontrol gruplarında balıklar deney suyu içerisinde tutulmuş ve herhangi bir toksik madde ilave edilmemiştir. Biyodeneyle süresince kontrol balıklarının ölüm oranının %10'u geçmemesine dikkat edilmiştir. Ölüm oranının %10'u geçmesi halinde, deney durdurulmuş ve deneye yeniden başlanmıştır [106, 112].

3.2.6. Deney süresi ve gözlemler

Bütün deneyler 96 saat sürmüştür. Her deneyde belirli periyotlarda ölü balıklar sayılarak tespit edilmiştir. Ortamda atık madde birikimini önlemek amacıyla deneyden bir gün önce ve deney süresince balıklara yem verilmemiştir.

Deneye başladıktan sonra ilk on beş ve otuzuncu dakikada, 1, 2, 3, 4'üncü saatlerin sonunda ve daha sonra ise 24, 48, 72, 96. saatler boyunca gözlemler yapılmıştır [106].

3.2.7. Deney ortamında fotoğraf çekimi

Deney ortamı ve akvaryumlar fotoğraf makinesi ile fotoğraflanmıştır.

3.2.8. Deney metodu

Denemelerde statik akut deney yöntemi kullanılmıştır. Her deney 3 defa tekrarlanmıştır. Statik akut deneyde deney çözeltisi ve deney balıkları uygun bir deney kabına konur ve deney süresince bekletilir. Statik 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 artıkların önemli bir problem oluşturması, buharlaşmayla su kaybı deneyin dezavantajları arasında sayılabilir. Bu dezavantajlar nedeniyle statik akut deneyler genelde 96 saat veya daha kısa süreli deneylerdir [113].

3.2.9. LC₅₀ Metodu

Bu çalışmada Bakır sülfat pentahidrat pestisitinin, *Poecilia reticulata* üzerindeki 96 saatlik akut toksik LC₅₀'yi tespit etmek için, EPA Probit Analiz Metodu [114], Behrens Karber Metodu [115] ve Trimmed Spearman Karber Metodu [116] kullanılmıştır.

3.2.10. Deney sonuçlarının değerlendirilmesi

Araştırma sonuçlarının değerlendirilmesi EPA Probit Analiz yöntemine göre yapılmış LC₅₀ ve %95 güven sınırları bir bilgisayar programı ile tespit edilmiştir. Ayrıca bakır sülfat pentahidrat denemesinde elde edilen bulgular Trimmed Spearman Karber ve Behrens Karber yöntemine göre hesaplanmıştır.

Behrens Karber yöntemine göre aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [115]:

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

Burada :

LC_{100} : Balıkların tamamını öldüren doz

LC_{50} : Balıkların yarısını öldüren doz

a : Birbirini izleyen iki doz arasındaki fark

b : Birbirini izleyen iki dozdan ileri gelen ölümlerin aritmetik ortalaması

n : Her gruptaki hayvan sayısını

göstermektedir.

Trimmed Spearman Karber ve Behrens Karber yöntemleri ile bulunan sonuçlar, ince hesaplamalar gerektiren EPA Probit Analiz yöntemi ile bulunan sonuç ile karşılaştırılmıştır.

Bilgisayar ortamındaki analizler ise EPA'nın geliştirdiği probit analiz, LC_{50} programının versiyon 1.5, kullanılarak yapılmıştır [114].

4. DENEYSEL BULGULAR

4.1. Biyodeneylere Ait Araştırma Sonuçları

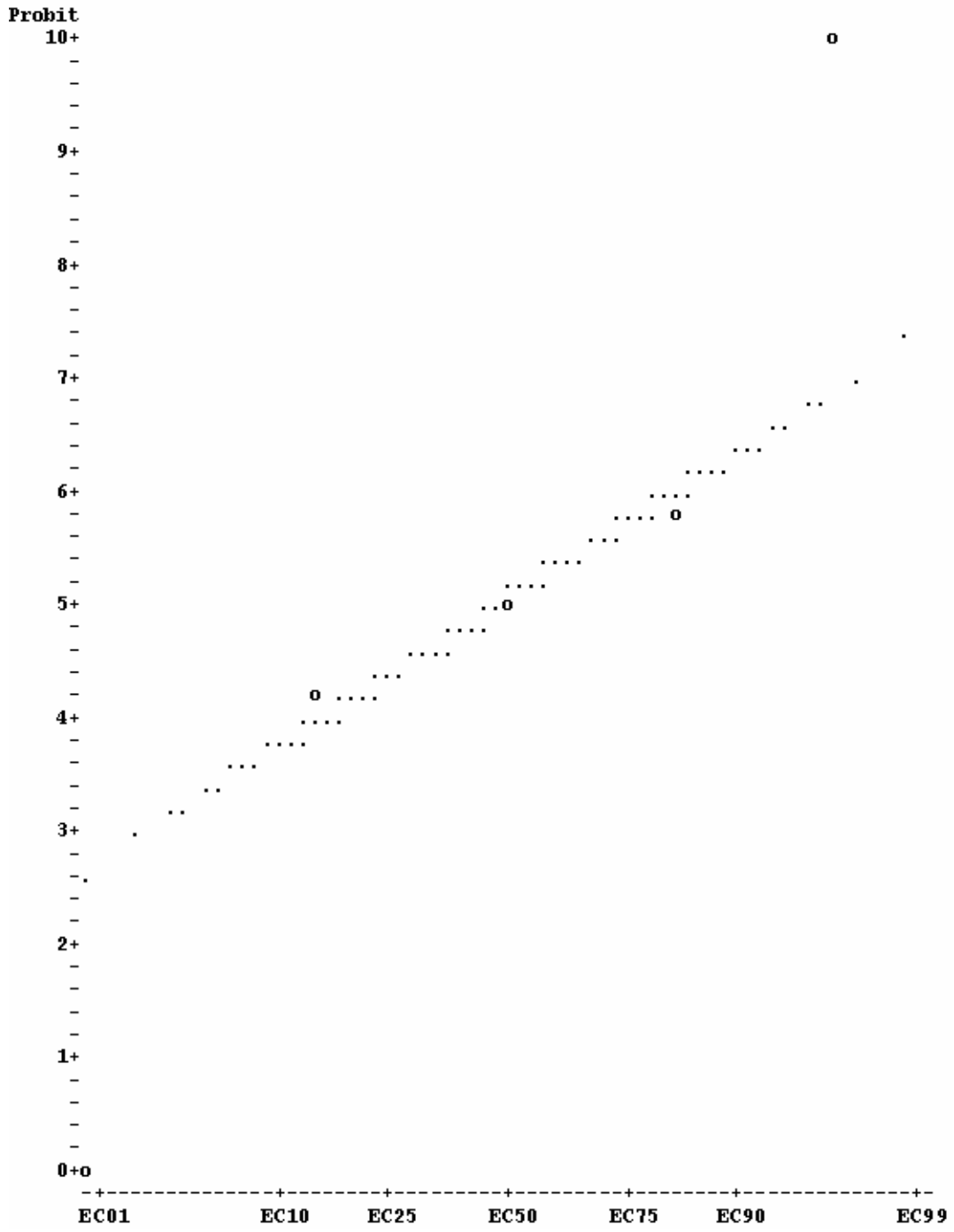
Poecilia reticulata' da bakır sülfat pentahidratın akut toksisite deneyi sonucunda su kalitesi bakımından elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de ve EPA Probit Analiz değerleri Çizelge 4.3 ve Şekil 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. *Poecilia reticulata* türü üzerinde bakır sülfat pentahidrat denemesinde her akvaryumdaki ortalama sıcaklık, salinite, oksijen ve pH değerleri

Ölçümler	Sıcaklık (°C)	Salinite (mg/L)	Oksijen (mg/L)	pH
Konsantrasyon (µg/L)				
Kontrol Grubu	22,9	160	7,4	7,65
2100 µg/L	23,2	160	7,57	7,56
2500 µg/L	22,9	153,6	7,56	7,55
2900 µg/L	23	153,6	7,56	7,56
3300 µg/L	22,9	166,4	7,5	7,52
3700 µg/L	23,1	166,4	7,5	7,50

Çizelge 4.2. Bakır sülfat pentahidrat pestisitinin, *Poecilia reticulata* bireyleri üzerinde tahmini EC değerleri ve güven sınırları

Nokta	Konsantrasyon	%95 Güven sınırları	
		Alt	Üst
EC 1,00	2103,200	1579,124	2359,891
EC 5,00	2304,376	1859,579	2524,172
EC 1000	2419,387	2025,948	2620,240
EC 15,00	2500,240	2144,374	2689,893
EC 50,00	2872,918	2664,322	3075,313
EC 85,00	3301,147	3082,649	3775,657
EC 90,00	3411,467	3167,881	3992,208
EC 95,00	3581,732	3291,653	4345,146
EC 99,00	3924,334	3524,037	5112,142



Şekil 4.1. Bakır sülfat pentahidrat için hesaplanan probit değerleri ve regresyon grafiği

Çizelge 4.3. Behrens Karber yöntemine göre hesaplama sonuçları

Grup	Gruptaki hayvan sayısı (n)	Dozlar (µg/kg)	Ölüm sayısı	a	b	ab
I	10	2100	0	400		
					1	10
II	10	2500	2	400		
					3,5	35
III	10	2900	5	400		
					6,5	65
IV	10	3300	8	400		
					9	90
V	10	3700	10	400		

$$LC_{50} = 3700 - \frac{400 + 1400 + 2600 + 3600}{10}$$

$$LC_{50} = 3700 - 800 = 2900 \mu\text{g/L}$$

Denemelerde balıkların hayatta kalmasına izin veren maksimum doz; eşik konsantrasyonu 2100 µg/L'dir. Bu bakır sülfat pentahidrat konsantrasyonunda 96 saatlik süre sonunda ölüm gözlemlenmemiştir. 185 µg/L'lik konsantrasyonda ise ölüm oranı %100 olarak tespit edilmiştir.

Bu araştırmada ortalama boyları 3,5-4 cm uzunlukta olan *Poecilia reticulata* türü bireylerinde LC₅₀ değeri EPA Probit Analiz Programına göre; 2872,918 µg/L olarak bulunmuştur.

Behrens Karber yönteminde LC₅₀ değeri 2900 µg/L olarak hesaplanmıştır.

Trimmed Spearman Karber metoduna göre ise LC₅₀ değeri 2863,35 µg/L olarak bulunmuştur.

Toksisite deneyleri süresince kontrol gruplarında herhangi bir davranış değişikliğine ve balık ölümüne rastlanmamıştır.

4.2. Davranış Değişimlerine Ait Gözlem Sonuçları

Bu çalışmada *Poecilia reticulata* bireyleri bakır sülfatın farklı konsantrasyonlarına maruz bırakıldıkları ilk andan itibaren, davranış değişiklikleri gözlemlenmiştir.

Bakır sülfat pentahidratın farklı konsantrasyonlara bırakılan balıklardaki davranış değişimleri aşağıda verilmiştir:

2100 µg/L: Dozlama yapıldıktan sonra balıklar, akvaryumun bir köşesinde kümeleştiler. Devam eden sürelerde balıkların normal hareket ettikleri görüldü.

2500 µg/L: Dozlama yapıldıktan sonra balıklar, akvaryumun bir köşesinde kümeleştiler. Daha sonraki zamanlarda balıkların normal hareket ettikleri görüldü. Devam eden sürelerde ise, dişi balıkların çoğu erkek balıklardan daha hareketli olduğu görüldü. 48 saat sonrasında ilk ölen balık erkek bir bireydi.

2900 µg/L: Dozlama yapıldıktan sonra balıklar, akvaryumun bir köşesinde kümeleştiler. Kontrol grubu bireyleri ile karşılaştırıldığında, önce daha hızlı daha sonraki zamanlarda daha yavaş hareket ettikleri ve halsizleştikleri gözlemlendi ve ilk 24 saat sonra ölüm görüldü, ilk ölen birey erkek balıktı.

3300 µg/L: Dozlama yapıldıktan sonra balıklar, akvaryumun bir köşesinde kümeleştiler. Devam eden sürelerde önce hızlı hareket ettikleri sonra bazı bireylerin su yüzeyinde hareketsiz bir şekilde durduğu görüldü. Balıklar; kontrol bireyleri ile karşılaştırıldığında, solungaç hareketlerinin önce arttığı daha sonra azaldığı ve su yüzeyinde yutkunma hareketi yaptıkları, görüldü. Daha sonra ise bazı bireylerin ise halsizleştikleri, su yüzeyinde yan yatar pozisyon aldıkları görüldü. Ölen bireylerin ölmeye yakın zamanda akvaryumun, dip kısmında dengesiz bir şekilde yüzdükleri ve yatar pozisyon aldıkları, solungaç hareketi yapmadıkları görüldü. İlk 24 saat içinde ise ölüm görüldü. Devam eden sürelerde sağ kalan bireylerin çoğunun akvaryumun dip kısımlarında dengesiz şekilde durdukları görüldü.

3700 µg/L: Dozlama yapıldıktan ilk andan itibaren balıkların su yüzeyinde, hareketsiz bir şekilde durdukları ve akvaryumun köşelerinde kümeleştikleri gözlemlendi. Solungaç hareketlerinin önce arttığı daha sonra azaldığı ve su yüzeyinde yutkunma hareketi yaptıkları görüldü. Bazı bireylerin su yüzeyinde dengesiz yüzdükleri ve yan yatar pozisyon aldıkları, devam eden sürelerde halsizleştikleri ve kontrolsüz olarak, suya kendilerini bıraktıkları, görüldü. Ölen bireylerin, ölmeye yakın anlarda, akvaryumun, dip kısmında dengesiz bir şekilde yatar pozisyon aldıkları, solungaç hareketi yapmadıkları gözlemlendi. İlk 24 saat içinde ölüm görüldü. Devam eden sürelerde sağ kalan bireylerin çoğunun akvaryumun dip kısımlarında dengesiz halde durduğu görüldü.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyada pestisitlerin çevrede oluşturabileceği toksikolojik etkileri ve çevresel riskleri ile ilgili araştırmalar 1940'lı yıllarda başlamıştır [5]. Devam eden yıllarda yapılan araştırmalarla, pestisitlerin nehir, göl ve deniz ortamlarına bulaşması sonucunda sucul ortamlarda yaşayan canlıların üzerindeki etkileri ile ilgili pek çok literatür bulunmaktadır. Ancak Türkiye'de pestisitlerin gerek insan sağlığına etkileri gerekse çevre üzerindeki etkileri üzerinde yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır; bakır sülfat pentahidrat pestisitinin, sucul canlılar ve balıklar üzerindeki etkileri ile ilgili çalışmalar da sınırlı sayıdadır.

Bu çalışmada bakır sülfat pentahidratın *Poecilla reticulata* balıkları üzerindeki akut toksik etkisi LC_{50} metoduyla tespit edilmiştir. Bakır sülfatın farklı konsantrasyonlarına maruz bırakılan *Poecilla reticulata* bireyleri için 96 saatlik LC_{50} değeri saptanmış ve her bir konsantrasyondaki davranış değişiklikleri gözlemlenmiştir.

Deneyde elde edilen bulgular EPA Probit Analiz programı ile bilgisayar ortamında değerlendirilerek lebistes bireylerinde 96 saatlik LC_{50} değeri 2872,918 $\mu\text{g/L}$ olarak saptanmıştır.

Deneyde elde edilen bulgular ikinci olarak Behrens Karber yöntemine göre değerlendirilmiş ve 96 saatlik LC_{50} değeri 2900 $\mu\text{g/L}$ olarak hesaplanmıştır.

Deneyde elde edilen bulgular üçüncü olarak ise Trimmed Spearman Karber metoduna göre hesaplanmış ve 96 saatlik LC_{50} değeri 2863,35 $\mu\text{g/L}$ olarak bulunmuştur.

Her üç yöntem sonucu bulunan değerlerin birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir.

Sucul ortamlarda, toksisiteyi etkileyen faktörler arasında sıcaklık, pH, su sertliği, kullanılan pestisit formülasyonu ve maruz kalma süresi, balık cinsi, büyüklüğü ve dayanıklılığı sayılabilir [117].

Dünyada yapılan toksisite çalışmalarında, bakır sülfat pentahidratın toksikliğinin balık türlerine ve su kalitesine göre değiştiği görülmüştür [118-120].

Bakır sülfat pentahidratın balıklar üzerindeki akut zehirlilik etkileri Çizelge 5.1. 'de görülmektedir.

Çizelge 5.1. Bakır sülfat pentahidrat pestisitinin farklı balık türleri üzerindeki LC₅₀ değerleri

Tür	Deney süresi	LC ₅₀ değeri	Referans
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	96 saat	420 µg/L	PAN, 1999
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	48 saat	0,8 mg/L	Herbert et al., 1964
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	48 saat	0,75 mg/L	Brown ve Dalton, 1970
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	96 saat	968,4 µg/L	PAN, 2003
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	96 saat	135 µg/L	Mayer ve Ellersieck, 1986
<i>Lepomis macrochirus</i>	96 saat	2,4 µg/L	PAN, 1999
<i>Lepomis macrochirus</i>	96 saat	2162 µg/L	PAN, 2003
<i>Lepomis macrochirus</i>	96 saat	884 µg/L	Mayer ve Ellersieck, 1986
<i>Lepomis macrochirus</i>	96 saat	7 340 µg/L	Mayer ve Ellersieck, 1986
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	48-96 saat	0,178-0,318 mg/L	Holland, 1960
<i>Ictalurus punctatus</i>	96 saat	0,710 mg/L	Moore, 2005
<i>Ictalurus furcatus</i>	96 saat	686 mg/L	Moore, 2005
<i>Trachinotus carolinus</i>	96 saat	1 420 µg/L	PAN, 2003
<i>Pimephales promelas</i>	96 saat	838 µg/L	Mayer ve Ellersieck, 1986
<i>Carassius auratus</i>	96 saat	13 800 µg/L	Mayer ve Ellersieck, 1986

Çizelge 5.1. (Devam) Bakır sülfat pentahidrat pestisitinin farklı balık türleri üzerindeki LC₅₀ değerleri

<i>Oncorhynchus clarki stomias</i>	96 saat	> 0,03 mg/L	Dwyer F. J ve ark., 1999
<i>Oncorhynchus clarki henshawi</i>	96 saat	0,07 mg/L	Dwyer F. J ve ark., 1999
<i>Ptychocheilus lucius</i>	96 saat	0,43 mg/L	Dwyer F. J ve ark., 1999
<i>Gila elegans</i>	96 saat	0,22 mg/L	Dwyer F. J ve ark., 1999
<i>Xyrauchen texanus</i>	96 saat	0,27 mg/L	Dwyer F. J ve ark., 1999
<i>Etheostoma fonticola</i>	96 saat	0,06 mg/L	Dwyer F. J ve ark., 1999
<i>Etheostoma lepidum</i>)	96 saat	0,26 mg/L	Dwyer F. J ve ark., 1999
<i>Scaphirhynchus platyrhynchus</i>	96 saat	0,16 mg/L	Dwyer F. J ve ark., 1999
<i>Poeciliopsis o. occidentalis</i>	96 saat	0,16 mg/L	Dwyer F. J ve ark., 1999
<i>Acipenser brevirostrum</i>	96 saat	0,08 mg/L	Dwyer F. J ve ark., 1999
<i>Cyprinella monacha</i>	96 saat	0,09 mg/L	Dwyer F. J ve ark., 1999
<i>Notropis mekistocholas</i>	96 saat	0,11 mg/L	Dwyer F. J ve ark., 1999
<i>Oncorhynchus apache</i>	96 saat	0,07 mg/L	Dwyer F. J ve ark., 1999

Bakır sülfat pentahidratın akut toksiklik derecesi; Çizelge 5.1’de gösterilen farklı balık türleri üzerindeki LC₅₀ değerleri; Çizelge 1.4’de verilen (Bkz. Çizelge 4.1), sucul ortamdaki canlılar üzerinde akut LC₅₀’ye göre toksisite derece değerleri , incelenerek yorumlandığında; bakır sülfat pentahidratın balıklar üzerinde orta derece toksik etkiyen, yüksek dereceye kadar toksik etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bu deneyde ise *Poecilla reticulata* türü üzerindeki LC₅₀ değeri olan 2872,918 µg/L, bakır sülfat pentahidrat *Poecilla reticulata* türü üzerinde orta derecede toksiktir.

Moore, *Ictalurus punctatus*; kanal kedi balığı ve *Ictalurus furcatus*; mavi kedi balığı türleri üzerinde bakır sülfat pentahidratın akut toksikliğini incelemiştir. Deneyler durgun su şartlarında gerçekleştirilmiştir. Bakır sülfat pentahidratın 96 saatlik LC₅₀ değerleri *Ictalurus punctatus* için 0,710 mg/L ve *Ictalurus furcatus* için 0,686 mg/L Cu’dur [121].

Straus, kanal kedi balığı; *Ictalurus punctatus* ile güneşişığı balığı; hibrit dişi *Morone chrysops* türlerinin her biri 10 g ve 12 g ağırlığındaki yavru balıklarını, bir seri statik toksisite testleri ile bakır sülfat pentahidrata maruz bırakarak, balık türlerinin pestisite duyarlılığını incelenmiştir. Deney sonucunda ortalama 96 saat, median lethal konsantrasyon LC₅₀ değerleri, kanal kedi balığı için 6,89 mg/L; güneşişığı balığı için 3,35 mg/L olarak hesaplanmıştır. Bu değerler önemli bir farktır. Bu çalışma sonucunda her iki türün aynı özellikteki suya maruz kaldığında; güneşişığı balığı yavrularının bakır sülfata, kanal kedi balığı'na göre daha az dayanıklı olduğunu gösterilmiştir. Böylece, bakır sülfat pentahidratın akut toksik etkisinin, balık türüne göre değiştiği görülmüştür [122].

Dwyer, F. J. ve arkadaşları, bakırın 16 balık ve bir amfibi türüne olan akut toksisitesini üzerine çalışmışlardır. Test kimyasalı olarak %25'lik metalik bakıra eşdeğer bakır sülfat pentahidrat pestisitinin %60'lık solüsyonu kullanılmıştır. Test tipi olarak statik akut toksiklik testi uygulanmıştır. Yapılan deneylere başlamadan önce, test organizmaları 48 saat boyunca, test suyu ve test sıcaklığına adapte edildi. Deney süresince suyun pH'sı ve oksijeni 96 saat boyunca, pestisit uygulanan bütün dozlarında ölçüldü. Deneyin istatistiksel analizi her bir test için Probit analiz yönteminden hesaplanmış, istatistiksel analizler sonucunda bakır sülfat pentahidratın her bir tür için LC₅₀ değerleri Çizelge 5.1.'de (Bkz. Çizelge 5.1) belirtilmektedir [123].

Karan ve arkadaşları, adi sazan balığı; *Cyprinus carpio* L., üzerinde bakırın akut toksik etkilerini araştırmışlardır. *Cyprinus carpio* L. bireyleri, 96 saat, 0,25 ve 4,0 mg/L arasında beş farklı konsantrasyonda bakır sülfat pentahidrata maruz bırakılmıştır. Deneyde balıklar yarı statik metotla 96 saat ve kronik olarak 14 günlük periyotta bakır sülfat pentahidrata maruz bırakılmıştır. Akut testlerde balıklar, 0,25 ve 4,0 mg/L arasında beş farklı konsantrasyonda bakır sülfat pentahidrata maruz bırakılmıştır. LC₅₀ değeri literatürdeki değerlere uygun bulunmuştur. 30 günlük bireylerde 48 saatlik LC₅₀ değeri 1,10 mg/L, 96 saatlik LC₅₀ değeri 0,64 mg/L; 6 aylık bireylerde ise 48 saatlik LC₅₀ değeri 8, 96 saatlik LC₅₀ değeri 5,45 mg/L olarak tespit edilmiştir [70].

Mayer ve Ellersieck, bakır sülfat pentahidratın *Oncorhynchus mykiss*; gökkuşığı alabalığı üzerindeki akut toksik etkilerini araştırmıştır. Deneyde ortalama 1,6 g'lık yavru balıklar üzerinde, 96 saatlik bakır sülfat konsantrasyonları, statik deney metodu ile uygulanmış, sıcaklık 13 °C'de, su sertliği 44 mg CaCO₃/L, pH ise 7,1 düzeylerinde tutulmuştur. Deney hesaplamaları sonucunda 96 saatlik LC₅₀ değeri 135 µg/L olarak tespit edilmiştir [117].

Dorzab ve Barkoh, bakır sülfat pentahidratın *Oncorhynchus mykiss* türü üzerinde toksikliğini incelemişlerdir. Bakır sülfatın pentahidratın, 230-250 mm'lik *Oncorhynchus mykiss* türlerinin hayatta kalması üzerinde etkileri 7 gün boyunca tanklarda incelenmiştir. *Oncorhynchus mykiss* bireyleri 0,5, 1,0 ve 2,0 mg/L bakır konsantrasyonlarına kontrol grubu ise 0 mg/L bakıra maruz bırakılmıştır. 122,271 litrelik her bir tankta beş balık konulmuştur. Deney sonucunda bakır sülfat pentahidrata maruz kalan *Oncorhynchus mykiss* bireylerinin ortalama hayatta kalma düzeyleri; 2 mg/L'de %74, 1 mg/L'de %86, 0,5 mg/L'de %94 ve maddeye maruz kalmayan kontrol grubunda ise %100'dür. Organizmaların hayatta kalma derecesinin bakır sülfat pentahidratın konsantrasyonuna bağlı olduğu görülmüştür. Balıkların ölümü 0,5 mg/L bakırdan sonra başlamış ve yüksek bakır konsantrasyonlarına maruz kalan balıkların ölümü daha çabuk gerçekleşmiştir [124].

Bakır sülfat pentahidratın toksikliğinin, Çizelge 5.1.'de görüldüğü gibi (Bkz. Çizelge 5.1) balık türlerine göre değiştiği görülmektedir.

Ayrıca bakır sülfat pentahidratın akut toksiklik etkisi balık büyüklüğüne de bağlıdır. *Salmo clarki*; kızılgerdanlı alabalık türü [125]; *Oncorhynchus mykiss*; gökkuşığı alabalığı türü [126]; *Lepomis gibbosus*; adi güneş balığı türü [90] ve lebistes; *Poecilla reticulata* türü [121, 122] üzerinde yapılan karşılaştırmada, küçük balıkların büyük balıklara göre bakıra daha hassas oldukları görülmüştür.

Balıklarda, bakır sülfat pentahidratın akut toksik etkisi; ilk gelişim evrelerinde, daha ileri gelişim evrelerinden daha fazladır [33].

Çizelge 5.2’de belirtilen, bakır sülfat pentahidrat LC₅₀ değerlerine göre; balıkların bakır sülfat pentahidrata karşı, ilk gelişim evrelerinde ve büyüklüklerinde, daha sonraki gelişim evrelerinden ve büyüklüklerinden, daha hassas oldukları görülmektedir.

Çizelge 5.2. Balık büyüklüklerine ve gelişim evrelerine göre bakır sülfat pentahidratın LC₅₀ akut toksisite değerleri

Tür	Deney süresi	Deney metodu	Su sertliği CaCO ₃ (mg/L)	LC ₅₀ değeri	Referans
<i>Cyprinus carpio</i> (1,8-2,1 cm)	96 saat	Statik	144-188	117,5 µg/L	Deshmukh ve Marathe, 1980
<i>Cyprinus carpio</i> (5,0-6,0 cm),	96 saat	Statik	144-188	530 µg/L	Deshmukh ve Marathe, 1980
<i>Lepomis macrochirus</i> (0,5 g)	96 saat	Statik	Belirtilmemiş	2 800 µg/L	PAN, 2003
<i>Lepomis macrochirus</i> (1,14 g)	96 saat	Statik	Belirtilmemiş	2 950 µg/L	PAN, 2003
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (3,2 cm)	24 saat	Statik	Belirtilmemiş	130 µg/L	Shaw ve Brown, 1974
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (3,2 cm)	24 saat	Statik	Belirtilmemiş	140 µg/L	Shaw ve Brown 1974
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (4,0-10,6 cm)	24 saat	Statik	45	150-950 µg/L	Cairns et al., 1978
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (0,41-2,03 g)	96 saat	Statik	Belirtilmemiş	11,3 µg/L	Marking et al., 1984
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (0,40-0,68 g)	96 saat	Statik	Belirtilmemiş	15,9 µg/L	Marking et al., 1984
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (0,34-1,52 g),	96 saat	Statik	Belirtilmemiş	14,3 µg/L	Marking et al., 1984
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (0,38-1,30 g),	96 saat	Statik	Belirtilmemiş	11,3 µg/L	Marking et al., 1984

Yapılan bu çalışmada *Poecilla reticulata* türü bireyleri üzerinde bakır sülfat pentahidratın orta derecede toksik etkisinin; *Poecilla reticulata* türüne özgü ve bu türün küçük büyüklükte bir balık olmasına, bağlı olduğunu söyleyebiliriz.

Cairns'in *Oncorhynchus mykiss* ve *Notemigonus crysoleucas* türleri üzerinde bakır sülfat pentahidratın, toksikliğini araştırdıkları çalışmada, suyun sıcaklığının artması ile bakır sülfat pentahidratın toksikliğinin arttığını, balıkların toksik maddeye karşı daha hassas olduklarını görmüşlerdir; Çizelge 5.3'de deney sonuçları görülmektedir [127].

Çizelge 5.3. Bakır sülfat pentahidratın, suyun sıcaklığına göre balık türleri üzerindeki akut toksisite LC₅₀ değerleri

Tür	Deney süresi	Sıcaklık °C	Deney metodu	LC ₅₀ değeri	Referans
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (4,0-10,6 cm)	24 saat	5°C	Statik	950 µg/L	Cairns et al., 1978
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (4,0-10,6 cm)	24 saat	15°C	Statik	430 µg/L	Cairns et al., 1978
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (4,0-10,6 cm)	24 saat	30°C	Statik	150 µg/L	Cairns et al., 1978
<i>Notemigonus crysoleucas</i>	24 saat	5°C	Statik	330 µg/L	Cairns et al., 1978
<i>Notemigonus crysoleucas</i>	24 saat	15°C	Statik	230 µg/L	Cairns et al., 1978
<i>Notemigonus crysoleucas</i>	24 saat	30°C	Statik	270 µg/L	Cairns et al., 1978

Bakır sülfat pentahidratın balıklar üzerindeki toksiklik etkisi, suyun sertliğine göre de değişmektedir. Yüksek sertlikteki sularda bakırın akut toksik etkisi, düşük sertlikteki sulardan genellikle daha azdır. Suyun sertliği artıkça, bakırın toksik etkisinin azalması *Oncorhynchus mykiss*; gökkuşacağı alabalığı [128, 129], *Pimephales promelas*; et kafalı küçük balık türü [130-132], *Cyprinus carpio*; adi sazan balığı türü [133] ve *Ictalurus punctatus*; kanal kedi balığı [134] ve Pasifik kral somonu; *Oncorhynchus tshawytscha* türü üzerinde yapılan deneylerle [135] gözlemlenmiştir.

Mayer ve Ellersieck, mavi solungaçlı güneş balığı; *Lepomis macrochirus* ve hibrit mavi solungaçlı güneş balığı; *Lepomis cyanellus* türleri üzerinde bakır sülfat pentahidratın akut toksiklik etkisini araştırmıştır. Deneyde eşit ağırlıktaki bireyler,

aynı sıcaklıkta farklı sertlikteki sularda, statik test metodu ile muamele edilmiştir. Deney sonucunda, Çizelge 5.3’de de görüldüğü gibi, yüksek CaCO₃ mg/L sertliğindeki sularda, bakır sülfat pentahidrat ve bakırın etkisi azalmış, LC₅₀ değeri yükselmiştir [117].

Geckler ve arkadaşları, et kafalı küçük balık türü; *Pimephales notatus* türü üzerinde, bakır sülfat pentahidratın toksiklik etkisinin, suyun sertliğine bağlı olup olmadığını araştırmıştır. Deneyler sonucunda, Çizelge 5.4’de görüldüğü gibi suyun sertliği arttıkça, balıkların bakıra olan direnci artmış ve LC₅₀ değeri yükselmiştir [127].

Çizelge 5.4. Bakır sülfat pentahidratın, suyun sertliğine tuz miktarına göre değişen, bazı balık türleri üzerindeki LC₅₀ akut toksik etki değerleri

Tür	Deney metodu	Deney süresi	Su sertliği CaCO ₃ (mg/L)	LC ₅₀ değeri (µg/L)	Referans
<i>Lepomis macrochirus</i> 1,5 g	Statik	96 saat	44	884	Mayer ve Ellersieck, 1986
<i>Lepomis macrochirus</i> 1,5 g	Statik	96 saat	272	7340	Mayer ve Ellersieck, 1986
<i>Lepomis cyanellus</i> 1,1g	Statik	96 saat	44	3510	Mayer ve Ellersieck, 1986
<i>Lepomis cyanellus</i> 1,1g	Statik	48 saat	272	3400	Mayer ve Ellersieck, 1986
<i>Pimephales notatus</i>	Statik	48 saat	132	150	Geckler et al.,1976
<i>Pimephales notatus</i>	Statik	48 saat	203	160	Geckler et al.,1976
<i>Pimephales notatus</i>	Statik	48 saat	233	180	Geckler et al.,1976
<i>Pimephales notatus</i>	Statik	48 saat	282	260	Geckler et al.,1976
<i>Pimephales notatus</i>	Statik	48 saat	337	260	Geckler et al.,1976
<i>Pimephales promelas</i>	Statik	96 saat	20	25	Pickering and Henderson, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	Statik	96 saat	31	84	Mount and Stephan, 1969
<i>Pimephales promelas</i>	Statik	96 saat	103-104	210	Birge et al.,1983
<i>Pimephales promelas</i>	Statik	96 saat	200	430	Mount, 1968

Çizelge 5.4. (Devam) Bakır sülfat pentahidratın, suyun sertliğine tuz miktarına göre değişen, bazı balık türleri üzerindeki LC₅₀ akut toksik etki değerleri

<i>Ictalurus punctatus</i>	Statik	96 saat	16	54	Straus and Tucker,1993
<i>Ictalurus punctatus</i>	Statik	96 saat	16	55	Straus and Tucker, 1993
<i>Ictalurus punctatus</i>	Statik	96 saat	83	700	Straus and Tucker, 1993
<i>Ictalurus punctatus</i>	Statik	96 saat	83	762	Straus and Tucker,1993
<i>Ictalurus punctatus</i>	Statik	96 saat	161	768	Straus and Tucker, 1993
<i>Ictalurus punctatus</i>	Statik	96 saat	161	1139	Straus and Tucker, 1993
<i>Ictalurus punctatus</i>	Statik	96 saat	287	925	Straus and Tucker, 1993
<i>Ictalurus punctatus</i>	Statik	96 saat	287	1041	Straus and Tucker, 1993

Pickering, Mount, Stephan ve Birge yaptıkları deneylerde, suyun sertliği arttıkça, bakır sülfat pentahidratın toksisitesinin ve balıkların toksik maddeye olan hassasiyetinin azaldığını *Pimephales promelas* ; et kafalı küçük balık türü üzerinde incelemiştir. Deneysel LC₅₀ değerleri Çizelge 5.4’de görülmektedir [127, 136].

Straus ve Tucker de balıklara bakır sülfat pentahidrat toksikliğinin su sertliğine bağlı olduğunu ve suyun sertliğinin arttıkça LC₅₀ değerinde arttığını, bakırın akut toksisite derecesinin azaldığını, yaptıkları iki tekrarlı deneylerle, incelemiştir. Deneysel LC₅₀ değeri Çizelge 5.4’de görülmektedir [134].

Khengarot, Pickering ve Henderson; *Poecilia reticulata* türüne bakır sülfat pentahidratın etkisini tuzluluğa göre araştırmışlardır. Tuzluluk azaldıkça, bakır sülfat pentahidratın, *Poecilia reticulata* bireyleri üzerindeki akut toksik etkisinin azaldığı görülmüştür. Araştırma sonuçları Çizelge 5.5’te görülmektedir [127].

Bakırın toksikliğine pH’nın etkisinin ise kolay anlaşılmadığı görülmüştür. pH’ya duyarlı türlerde, düşük pH’da bakırın toksikliği artmış. pH’ya duyarlı olmayan

türlerde ise yüksek pH'ta solungaç reseptör yerlerindeki Cu^{2+} ve H^+ iyonlarının rekabeti, düşük pH'ya karşı azalmıştır, yani toksiklik azalmıştır [137, 138].

Çizelge 5.5 Bakır sülfat pentahidratın, *Poecilia reticulata* türü üzerindeki, tuzluluğa bağlı olarak değişen LC_{50} değerleri

Tür	Deney metodu	Deney süresi	Su sertliği CaCO_3 (mg/L)	LC_{50} Değeri	Referans
<i>Poecilia reticulata</i>	Statik	96 saat	230	1 230 $\mu\text{g/L}$	Khargarot, 1981
<i>Poecilia reticulata</i>	Statik	96 saat	240	764 $\mu\text{g/L}$	Khargarot et al., 1981b
<i>Poecilia reticulata</i>	Statik	96 saat	20	36 $\mu\text{g/L}$	Pickering and Henderson, 1966

Çizelge 5.5 incelendiğinde, *Poecilia reticulata* türüne olan bakır sülfat pentahidrat toksikliğinin tuzluluğa bağlı olduğu görülmektedir.

Pimephales promelas; et kafalı küçük balık türü üzerinde düşük pH'da bakırın daha toksik olduğu ölçülmüştür [139-141].

Oncorhynchus mykiss; gökkuşuğu alabalığı türünde ise düşük pH'nın bakırın etkisini hızlandırdığı görülmüştür [128].

Yapılan bu bakır sülfat pentahidratın akut toksisite çalışmasında, deney akvaryumlarındaki suyun pH değerleri 7,5 ve 7,7 arasında değişmektedir.

Bu çalışmada bakır sülfat pentahidratın, *Poecilia reticulata* türü üzerindeki akut yüksek toksik etkisinin ve LC_{50} değerinin; deneyde kullanılan suyun özelliklerine; suyun sıcaklığına, tuzluluğuna, pH'sına ve balık büyüklüğüne göre bağlı olduğu söylenebilir. Yapılan deneylerde, biyodeneysel akvaryumlarının su sıcaklığı $22 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de sabit tutulmuş; eşit büyüklükte balıklar seçilmiş; pH değerleri 7,5 ve 7,7 arasında

sabit tutulmuştur, tuzluluk ise genel tuzluluk olarak hesaplanmış; 153,6 ile 166,4 mg/L değerleri arasında ölçülmüştür.

Bu çalışmada bakır sülfat pentahidratın, *Poecilia reticulata* türü üzerindeki orta derecedeki toksik etkisi 96 saatlik 2872,918 µg/L, LC₅₀ değerinin, literatürlerden elde edilen değerlerle uyumlu olduğu görülmektedir.

Ayrıca deney süresince; bakır sülfatın farklı konsantrasyonlarına maruz bırakılan balıklarda; su yüzeyinde ve akvaryumun köşelerinde toplanma, önce hareketlerde artma daha sonra yavaş hareket etme, hareketsizlik, suda dengesizce yüzme ve yan yatar pozisyonlarda durma, yutkunma hareketinde artma, balıkların ölüme yakın zamanlarda ise solungaç hareketlerinde azalmalar ve solunum güçlüğü çektikleri, vücut renklerinin açıldığı, erkek balıkların diş balıklardan daha hareketsiz olduğu ve ilk ölen balıkların çoğunun erkek bireylerden olduğu gözlemlendi.

Balıklarda görülen davranış bozukluklarının nedeninin, deneylerde kullanılan pestisitlerin, balıkların doğrudan sinir sistemini etkilemelerinden dolayı olduğu sanılmaktadır [2].

Yapılan çalışmalarda bakır etkisiyle birçok balık türünde solunum sisteminde stres ve anormal hareketler meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bakıra maruz kalan lebisteslerde, solungaç kapak hareketlerinde, yutkunma hareketlerinde ve yüzme aktivitesinde artma görülmüştür [142].

Bakıra maruz kalan zebra balığı; *Brachy danio rerio* türünde ise düzensiz ve hızlı solunum görülmüştür. lebistesler ile zıt olarak, bakır etkisi ile zebra balıklarında genellikle yavaş hareket, denge kaybı, dışarıdan gelen uyarıya karşı ya çok yavaş ya da hiç cevap vermedikleri görülmüştür [79].

Singh ve Reddy, tatlı su kedi balığı; *Heteropneustes fossilis* türünün bireylerinde bakır etkisi ile uyuşma ve sık yüzeye çıkıp hava yutma davranışı sergilediklerini gözlemlemişlerdir [143].

Oncorhynchus mykiss; gökkuşığı alabalığı türünde ise bakır stresi; çok derin nefes alma ve kasılma şeklinde görülmüştür [51].

Pande ve Shukla, kedi balığı; *Mystus vittatus* ve çizgili gurami balığı; *Colisa fasciatus* türlerinin bakır etkisi ile suda hareketsiz durma ve dengesiz yüzme davranışı sergilediklerini incelemiştir [102].

Shah, S. L., küçük sazan balığı türü üzerinde bakırın toksik etkisinin; düşük bakır dozlarında, yüzme aktivitelerinde ve nefes alma hareketlerinde artış, yüksek dozlarda ise halsizlik ve denge kaybı şeklinde olduğunu incelemiştir [144].

Bakırın etkisi ile balıklarda görülen davranış ve aktivite bozuklukları ile ilgili, yukarıda bahsedilen çalışmalar incelendiğinde, yapılan bu çalışmada *Poecilla reticulata* türü erkek ve dişi bireylerinin, bakır sülfat pentahidrat etkisi ile gösterdiği davranış değişimleri; solungaç hareketlerinde ve yutkunma hareketlerinde artma, dengesiz yüzme ve yavaş hareket şeklinde görülen davranış bozuklukları; literatürlerdeki balıkların bakır etkisiyle gösterdikleri davranış değişimleri ile uygunluk göstermektedir.

Bakır sülfat pentahidratın, balıklar üzerindeki etkileri; yığılma, davranış değişiklikleri, biyokimyasal değişiklikler, beslenme davranış değişiklikleri, büyüme ve immünolojik değişiklikler, biyolojik birikim ve ölüm şeklinde özetlenebilir. Ayrıca bakır sülfat pentahidrat, balıklar dışında diğer sucul organizmalar; amfibiler, halkalı solucanlar, akuatik bitkiler, kabuklular, yumuşakçalar, yuvarlak ve yassı solucanlar, fitoplanktonlar, zooplanktonlar; üzerinde de yüksek toksik etkiler gösterebilmektedir.

Yapılan bu çalışmada ve elde edilen bilgiler ışığında, bakır sülfat pentahidrat pestisitinin, yüksek dozlarda balıkların fizyolojilerine toksik etki ederek, ölümlere, düşük dozlarda ise davranış bozukluklarına ve vücut aktivitelerinde bozuklara yol açtığı görülmektedir.

Bakır sülfat pentahidrat, dünyada çok yaygın kullanılan pestisitler arasındadır. Bu yüzden toprak ve su başta olmak üzere, canlıların yaşadığı ortamları kirletmektedir. Türkiye’de bakırlı pestisitlerin sucul ortamlara etkileri ve burada yaşayan canlılar üzerindeki etkileri ile ilgili araştırmalar kısıtlı sayıdadır. ABD ve AB’de ise bakırlı pestisitlerin sucul ortama etkileri, özellikle balıklar üzerindeki etkileri üzerine bir çok araştırma bulunmaktadır. AB’nin EEC 2092/91 No’lu ve Ek EEC 1488/97 No’lu yönetmeliklerine göre, bakırın bir ağır metal oluşu nedeniyle kullanımının gözaltında tutulması ve uzman kişilerin kontrolünde uygulanması öngörülmektedir [145].

Yapılan bu çalışmada ve dünyada yapılan bakır sülfat pentahidrat ile ilgili diğer çalışmalarda görüldüğü üzere, bakır sülfat pentahidrat balıklara ve diğer sucul ekosistemdeki canlılara, yüksek derece toksik etkiler gösterebilmekte, biyolojik olarak canlıların vücudunda birikerek, böylece Şekil 1.2’de (Bkz. Şekil 1.2) görüldüğü üzere; akuatik ekosistemdeki besin zinciri yolu ile sucul ekosistemlerde ki bu yüksek toksik etkilerin, insanıda tehdit edebileceği görülebilmektedir. Bu nedenlerle de, Türkiye’de bakırlı ve diğer ağır metal içerikli pestisitlerle ilgili olarak ekotoksikolojik çalışmalar artırılmalı, ABD ve AB’de yapılan toksisite çalışmaları ile bakırlı ve diğer ağır metal içerikli pestisitlerin kullanımını sınırlayan yasalar, dikkate alınmalı; bakırlı ve diğer ağır metalli pestisitlerin kullanımı gözaltında tutulmalı ve kontrollü kullanımı sağlanmalıdır.

Öneriler

Modern dünyada insan sağlığı ve çevre büyük önem kazanmıştır. Türkiye’nin AB’ye girme girişimlerinin yoğunluk kazandığı ve birçok gelişmiş ülkeye ciddi ölçülerde tarım ürünü dış satışını sürdürdüğü günümüzde, sağlığı, çevreyi ve dış ticareti koruyabilmek amacıyla, Türkiye’de tarım ilacı kullanımı gelişmiş ülkeler standartlarında, çok bilinçli ve kontrollü yapılmalıdır. Her ne kadar Türkiye gerek dünya, gerekse AB standartlarına göre az pestisit tüketiyorsa da, özellikle entansif tarım yapılan bölgelerinde ki tüketim gelişmiş ülkeler düzeyine ulaşmaktadır. Türkiye’de en çok tüketilen pestisitler incelendiğinde, çoğunluğunun çevre ve sağlık açısından sorunlu kimyasal maddeler oldukları görülmektedir. AB ve ABD’de ise,

böyle sorunlu pestisitler yerine, çevreyi ve sağlığı olabildiğince az etkileme potansiyelindeki düşük riskli ya da çevre dostu pestisitlere yönelmektedir [145].

Türkiye'nin; pestisitlerden kaynaklanan bütün problemlerine çözümü amaçlayan; pestisitlerin, uygulama, ilaç kalitesi, toksikolojik, ekotoksikolojik etkilerini araştıran, gıda ve çevre ortamlarındaki kalıntı analizlerini yapan, Zirai İlaç ve Toksikoloji Merkez Müdürlüğü, 3 Mayıs 2000 tarihinde Ankara'da kurulmuştur. Bu kurumun pestisit analizleri konusunda akredite edilmesi gerçekleştirilerek, EPA ve FAO gibi uluslar arası düzeyde geçerliliği kabul edilen referans bir müessese olması sağlanmalıdır [4].

Birçok ülkede pestisit kullanıcılarının eğitimi yasal bir zorunluluktur. Türkiye'de de pestisit kullanımı ile ilgili gerekli eğitim verilerek, pestisitlerin bilinçli, etkin kullanımı sağlanmalıdır [4].

Çizelge 1.2.'de de (Bkz. Çizelge 1.2) görüldüğü gibi pestisitlerin çok küçük miktarları hastalık etmenlerine ulaşmakta, geri kalan büyük çoğunluğu ise, biyotik ve abiyotik çevreye bulaşmaktadır. Bu yüzden pestisit uygulamalarında, hem pestisitlerin etkinliğini artıran hem de çevreyi koruyan yeni teknolojiler keşfedilmeli ve kullanılmalıdır.

Üreticilerin pestisitlerin depolanması, uygulanması ve atıklar konusunda düzgün kayıt tutulması sağlanmalı, atıkların çevreyi kirletmesi engellenmelidir.

Türkiye'de ruhsatlı bulunan pestisitler risk gruplarına ayrılmalı, ülkenin toprak yapısı, yerüstü ve yeraltı su kaynakları, ürün deseni dikkate alınarak, Türkiye pestisit kullanım haritası çıkarılmalı, pestisit uygulamaları bu harita çerçevesinde yapılmalı ve pestisitler ruhsatlandırılırken de bu harita dikkate alınmalıdır [4]. Böylece su kaynaklarına ve sucul ortamlara yakın yerlerde tarımda kullanılacak pestisitlerin dikkatli bir şekilde kullanılması sağlanabilir. Bu sayede yer altı ve yer üstü su kaynakları, topraklar, sucul ortamdaki canlılar ve su ürünleriyle beslenen insanların korunması ve neticede tüm ekosistemin korunması mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

1. Siemering, G., David, N., Hay worth, J. and Franz, A., “Aquatic Pesticides Monitoring Program Literature Review”, *San Francisco Estuary Institute*, California, 10-20, 35-45 (2005).
2. Vural, N., “Toksikoloji”, *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları*, Ankara, 73:659 (1996).
3. Güven, K. C., “Deniz kirliliği”, *Türk Deniz Araştırmaları Vakfı*, İstanbul, 1 (2005).
4. Devlet Planlama Teşkilatı, “8. Beş yıllık kalkınma planı kimya sanayi özel ihtisas komisyonu raporu: Tarım ilaçları”, *DPT*, Ankara, 6-23 (2001).
5. Yıldız, M., Gürkan, O., Turgut, C., “Tarımsal Savaşımında Kullanılan Pestisitlerin Yol Açtığı Çevre Sorunları”, *TMMOB Ziraat Mühendisleri 6. Teknik Kongresi*, Ankara, 1-22 (2005).
6. Graham-Bryce, I. J., “Crop protection:a consideration of the effectiveness and disadvantages of current methods and scope for improvement. Phil”, *Trans.R.Soc.*, London, 13,163-179 (1977).
7. Kreuger, J., “Pesticides in the Environment, Atmospheric Deposition and Transport to Surface Waters”, Doctoral thesis, *Agraria 162, Department of Soil Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences*, Uppsala, 207(1999).
8. Tucker, R. K. and Crabtree, D. G., “Toxicity of Pesticides to Wildlife Effect of Pesticides on Wildlife”, *Chapter 10*, 436-487 (1979).
9. Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., “ Pestisitler, Çevre Sağlığı Kaynak Dizisi ”, *İlköz Matbaası*, Ankara, 52: 173 (1997).
10. Öztürk, S., “Tarım İlaçları”, *Hasad Yayıncılık*, Ankara, 523 (1990).
11. Toros, S. ve Maden, S., “Tarımsal Savaşım Yöntem ve İlaçları”, *Ankara Üniv. Ziraat Fak.*, Ankara, 332 (1991).
12. Akman, Y., Ketenoğlu, Evren, O., Kurt, H., Düzenli, S., “Çevre Kirliliği”, *Palme Yayıncılık*, Ankara, 268 (2000).
13. Kamrin, M. A., “Pesticide Profiles, Toxicity Environmental Impact, and Fate”, *CRC- Lewis Publishers*, Florida, 421-578 (1997).
14. Pesticide Action Network, “Disrupting the Balance Ecological Impacts of Pesticides in California”, *PAN CPR Report 1*, California, 3: 43-45, 81(1999).

15. William, P. C. and Saigo, B. W. , “Environmental Science: A Global Concern, 2d ed. Copyright 8”, **Wm. C. Brown Publishers**, Dubuque, Iowa (1992).
16. Dağ, S. S., Aykaç, V. T., Gündüz, A., Kantarcı, M., Şişman, N., “Türkiye’de tarım ilaçları endüstrisi ve geleceği”, **Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi**, Ankara, 2: 933-958 (2000).
17. TMMOB, “2004-2006 Çalışma Raporu”, **Ziraat Mühendisleri Odası**, Ankara, 141 (2006).
18. Yılmaz, M., Sarıkaya, R., “Investigation of acute toxicity and the effect of 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid) herbicide on the behavior of the common carp (*Cyprinus carpio* L., 1758; Pisces, Cyprinidae)”, **Chemosphere**, 52: 195–201 (2003).
19. Yılmaz, M., Gül, A., Erbaşlı, K.,” Acute toxicity of alpha-cypermethrin to guppy (*Poecilia reticulata*, Pallas, 1859)”, **Chemosphere**, 56: 381–385 (2004).
20. Yılmaz, M., “Acute Toxicity of Alpha-Cypermethrin on Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) Larvae”, **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, 74: 880–885 (2005).
21. Gül, A., “Investigation of acute toxicity of chlorpyrifos-methyl on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) larvae”, **Chemosphere**, 59: 163–166 (2005).
22. Gül, A. ve Yorulmazlar, “E Investigation of acute toxicity of cadmium sulfate ($\text{CdSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) and behavioral changes of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus* Val., 1844)”, **Chemosphere**, 53: 1005–1010 (2003).
23. Yılmaz. M., Gül, A., Karaköse, E ,”Investigation of acute toxicity and the effect of cadmium chloride ($\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) metal salt on behavior of the guppy (*Poecilia reticulata*)”, **Chemosphere**, 56: 375–380 (2004).
24. Shah, S. L., Altındağ, A., “Hematological Parametres of Tench (*Tinca tinca* L.) after Acute And Chronk Exposure to Lethal and Sublethal Mercury Treatments”, **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, 73: 911-918 (2004).
25. Shah, S. L., Altındağ, A., “Hematological Parametres of Tench (*Tinca tinca* L.) after Acute And Chronk Exposure to Lethal and Sublethal Treatments Cadmium”, **Fresenius Environmental Bulletin**, 13 (12b): 1477-1481 (2004).
26. Shah, S. L., Altındağ, A., “Behavioural Abnormalities of Tench (*Tinca tinca* L.), on Exposure to Mecury, Cadmium and Lead.”, **Fresenius Environmental Bulletin**, 13 (12b): 1477-1481 (2004).
27. Altındağ, A., Yiğit, S., “Assesment of heavy metal concentrations in the food web of lake Beyşehir, Turkey”, **Chemosphere**, 60: 552-556 (2005).

28. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Bitki Koruma Kontrol Genel Müdürlüğü, “Bitki Koruma Ürünleri”, *Tarım ilaçları Sanayici, İthalatçı ve Temsilciler Derneği*, Ankara, 101-102 (2002).
29. Merck Index, “Merck Index of Chemicals and Drugs”, *7th ed. Merck, Inc., Rahway, NJ.*, 1642 (1960).
30. Tomlin, C. D. S, “The Pesticide Manuel”, *British Crop Protection Council*, Fanham, UK, 203 (2000).
31. Şanlı, Y., “Özel Toksikoloji, Veteriner Klinik Toksikoloji”, *Editör Prof.Dr. Sezai Kaya, Medisan Yayınevi*, Ankara, 21: 67-69 (1995).
32. Davison, N. A., “Evaluation of copper and tributyltin containing compounds, Environmental Monitoring & Pest Management Branch Department of Pesticide Regulation”, *EPA*, California, 8 (1995).
33. Alberta Environmental Protection, “Alberta Water Quality Guideline for The Protection of Freshwater Aquatic Life, Copper”, *AER Report*, Canada, 1-44 (1996).
34. U.S. EPA, “Drinking Water Criteria Document for Copper, Prepared by the Office of Health and Environmental Assessment”, *Environmental Criteria and Assessment Office, Cincinnati, OH, for the Office of Drinking Water*, Washington, 54381-54383 (1987).
35. U.S. Department of Energy, “Toxicity Profiles for Selected Chemicals for the Reindustrialization program”, *Science Applications International Corporation*, Tennessee, 2: 5-6 (2001).
36. U.S. EPA, “National Primary and Secondary Drinking Water Regulations; Synthetic Organic Chemicals and Inorganic Chemicals”, *Federal Register*, Vol. 55 (1990).
37. World Health Organization (WHO), “Guidelines for Drinking Water Quality”, *Health Criteria and Other Supporting Information*, Vol.1-2 (1984)
38. Dash, S. C., “Copper sulphate poisoning and acute renal failure”, *Int. J. Artif Organs*, 12: 610 (1989).
39. Steinebach, O. M., Wolterbeek, H., “Role of cytosolic copper, metallothionein and glutathione in copper toxicity in rat hepatoma tissue culture cells”, *Toxicology*, 92: 75-90 (1994).
40. Chuttani, H. K., Gupta, P. S., Gulati, S., Gupta, D. N., “Acute copper sulfate poisoning”, *Am J. Med.*, 39: 849-54 (1965).

41. Mital, V. P., Wahal, P. K., Bansal, O. P., "A study of erythrocytic glutathione in acute copper sulphate poisoning", *Indian J Pathol Bacteriol.* 9: 155-62 (1966).
42. Walsh, F. M., Crosson, F. J., Bayley, M., McReynolds, J., Pearson, B. J., "Acute copper intoxication, Pathophysiology and therapy with a case report", *Am J Dis Child*, 131: 149-51 (1977).
43. Kurisaki, E., Kuroda, Y., Sato, M., "Copper-binding protein in acute copper poisoning", *Forensic Sci Int*, 38: 3-11 (1988).
44. Singh, M. M., Singh, G. S., "Biochemical changes in blood in cases of acute copper sulphate poisoning", *J. Indian Med Assoc*, 50: 549-54 (1968)
45. Scheinberg, I. H., Sternlieb, I., Schilsky, M., Stockert, R. J., "Penicillamine may detoxify copper in Wilson's disease", *Lancet*, 2: 95 (1987).
46. Hebert C. D., Elwell M. R., Travlos G. S., Fitz C. J. and Bucher J. R., "Subchronic toxicity of cupric sulfate administered in drinking water and feed to rats and mice", *Fundam Appl Toxicol*, 21: 461-475 (1993).
47. Holtzman N. A., Charache P., Cordano A. and Graham G. G., "Distribution of serum copper in copper deficiency", *John Hopkins Med. J.*, 126: 34-42 (1970).
48. Clayton, G. D. and Clayton, F. E., "Toxicology", *Industrial Hygiene and Toxicology Third Edition*, ed. *John Wiley and Sons*, New York, 2:0-24 (1981).
49. Haywood, S., "Copper toxicosis and tolerance in the rat: I. Changes in copper content of the liver and kidney", *J Pathol*, 145: 149-158(1985)
50. Tucker, R. and Crabtree, D. G., "Handbook of Toxicity of Pesticides to Wildlife", *U.S. Department of Agriculture, Fish and Wildlife Service, Bureau of Sport Fisheries and Wildlife*, Washington, 10-28 (1970).
51. Pimentel, D., "Ecological Effects of Pesticides on Nontarget Species", *Executive Office of the President's Office of Science and Technology, U.S. Government Printing Office*, Washington, 10-29 (1971).
52. Lande, S.P. and Guttman, S. I., "The Effects of Copper Sulfate on the Growth and Mortality Rate of *Rana pipiens* Tadpoles", *Herpetologica*, 29: 22-27 (1973).
53. Marcano, L., Nusetti, O., Rodriguez-Grau, J., Briceno, J. and Vilas, J., "Coelomic Fluid Lysozyme Activity Induction in the Polychaete *Eurythoe complanata* as a Biomarker of Heavy Metal Toxicity", *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 59(1): 22-28 (1997).

54. Allinson, G., Laurenson, L. J. B., Pistone, G., Stagnitti, F. and Jones, P. L., "Effects of Dietary Copper on the Australian Freshwater Crayfish *Cherax destructor*", *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 46(1): 117-123 (2000).
55. Office of Pesticide Programs, "Pesticide Ecotoxicity Database (Formerly: Environmental Effects Database (EEDB)), "Environmental Fate and Effects Division", *U.S. EPA*, Washington, D. C., (2000).
56. Centeno, M. D. F., Brendonck, L. and Persoone, G., "Acute Toxicity Tests with *Streptocephalus proboscideus* (Crustacea: Branchiopoda: Anostraca): Influence of Selected Environmental Conditions", *Chemosphere*, 27(11): 2213-2224 (1993).
57. Allinson, G., Laurenson, L. J. B., Pistone, G., Stagnitti, F. and Jones, P. L., "Effects of Dietary Copper on the Australian Freshwater Crayfish *Cherax destructor*", *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 46(1): 117-123 (2000).
58. Handy, R. D., Sims, D. W., Giles, A., Campbell, H. A. and Musonda, M. M., "Metabolic Trade-Off Between Locomotion and Detoxification for Maintenance of Blood Chemistry and Growth Parameters by Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) During Chronic Dietary Exposure to Copper", *Aquat. Toxicol.*, 47: 23-41, (1999).
59. Soucek, D. J., and Noblet, G. P., "Copper Toxicity to the Endoparasitic Trematode (*Posthodiplostomum minimum*) Relative to Physid Snail and Bluegill Sunfish Intermediate Hosts", *Environ. Toxicol. Chem.*, 17(12): 2512-2516 (1998).
60. Matthias, U., and Rompp, S., "Erprobung des Dreissena-Monitors, eines neuen Biotestsystems mit der Zebrauschel (*Dreissena polymorpha*)", in der Rhein-Gutemssstation Karlruhe, Matthias, U., and Rompp, S.", *Acta Hydrochim. Hydrobiol.*, 22(4): 161-165 (1994).
61. Wood C. M., "Flux measurements as indices of H⁺ and metal effects on freshwater fish", *Aquat Toxicol.*, 22: 239-264 (1992).
62. Playle R. A., "Physiological and toxicological effects of metals at gills of freshwater fish," ed. **Bergmann H. L. and Dorward-King E. J., *Reassessment of metals criteria for aquatic life protection***, Florida, 2:101, 105 (1997).
63. Wilson, R. W. and Taylor, E. W., "The physiological responses of freshwater rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, during acutely lethal copper exposure" *J. Comp. Physiol. B.*, 163: 38-47 (1993).
64. Lauren, D. J. and McDonald, D. G., "Influence of water hardness, pH and alkalinity on the mechanisms of copper toxicity in juvenile rainbow trout, *Salmo gairdneri*", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43: 1488-1496 (1986).

65. Reid, S. D. and McDonald, D. G., "Effects of cadmium, copper, and low pH on ion fluxes in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45: 244-253 (1988).
66. Pelgrom, S. M., Lock, R. A. C., Balm, P. H. M. and Wendelaar Bonga, S. E., "Integrated physiological response of tilapia, *Oreochromis mossambicus* to sublethal copper exposure", *Aquat. Toxicol.*, 32: 303-320 (1995).
67. Sayer, M. D. J., Reader, J. P. and Morris, R., "The effect of calcium concentration on the toxicity of copper, lead and zinc to yolk-sac fry of brown trout, *Salmo trutta* L., in soft acid water", *J. Fish Biol.*, 35: 323-332 (1989).
68. De Boeck, G., De Smet, H., and Blust, R., "The effect of sublethal levels of copper on oxygen consumption and ammonia excretion in the common carp, *Cyprinus carpio*", *Aquat. toxicol.*, 32: 127-141 (1995).
69. Kirk R. S. and Lewis J. W., "An evaluation of pollutant induced changes in the gills of rainbow trout using scanning electron microscopy" *Environ Technol.*, 14: 577-585 (1993).
70. Karan, V., Vitorovic S., Tutundzic V., and Poleksic V., "Functional Enzymes Activity and Gill Histology of Carp after Copper Sulfate Exposure and Recovery", *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Yugoslavia, 40: 49-55 (1998).
71. Svobodova, Z., Vykusova B. and Machova, J. , "The Effects of Pollutants on Selected Haematological and Biochemical Parameters in Fish", *eds. R Muller and R. Lloyd, FAO*, Blackwell, 39-52 (1994)
72. Nemcsok J. G. and Hughes G. M., "The effect of copper sulphate on some biochemical parameters of rainbow trout", *Environ Pollut.*, 49: 77-85 (1988).
73. Arillo, A., Calamari, D., Margiocco, C., Melodia, F., Mensi, P., "Biochemical effects of long-term exposure to cadmium and copper on rainbow trout (*Salmo gairdneri*)", *Validation of water quality criteria. Ecotoxicol Environ Saf.*, 8: 106-117 (1984).
74. Asztalos, B., Nemcsok, J., Benedeczky, I., Gabriel, R., Szabo, A., and Refaie, O. J., "The effects of pesticides on some biochemical parameters of carp (*Cyprinus carpio* L.)", *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 19: 275-282 (1990).
75. McKim, J. M., Christensen, G. M. and Hunt, E. P., "Changes in the blood of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) after short-term and long-term exposure to copper", *J. Fish. Res. Board Can.*, 27: 1883-1889 (1970).

76. Dick, P. T. and Dixon, D. G., "Changes in circulating blood cell levels of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, following acute and chronic exposure to copper", **J. Fish. Biol.**, 26: 475-481 (1985).
77. Cyriac, P. J., Anthony, A., Nambisan, P. N. K., "Hemoglobin and hemocrit values in the fish *Oreochromis mossambicus* (Peters) after short-term exposure to copper and mercury", **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, 43: 315-320 (1989).
78. Khangarot, B. S., Tripathi, D. M., "Changes in humoral and cell-mediated immune responses and in skin and respiratory surfaces of catfish, *Saccobranchus fossilis*, following copper exposure", **Ecotox. Environ. Safety**, 22: 291-308 (1991).
79. Courtois, L. A. and Meyerhoff, R. D., "Effects of copper exposure on water balance", **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, 14: 221-224 (1975).
80. Weinstein, N. L., "Multiple Toxicity Assessment for Mixtures of Aquatic Pollutants" **M.Sc.Thesis. Dept. Biological Science, Concordia University, Montreal**, 116 (1978).
81. Sellers, C. M. Jr., Heath, A. G. and Bass, M. L., "The effect of sublethal concentrations of copper and zinc on ventilatory activity, blood oxygen and pH in rainbow trout (*Salmo gairdneri*)", **Water Res.**, 9: 401-408 (1975).
82. Saucier, D., Astic L., Rioux, P., Godinot, F., "Histopathological changes in the olfactory organ of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)", **Can. J. Zool.**, 69: 2239-2245 (1991).
83. Schreck, C. B. and Lorz, H. W., "Stress response of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) elicited by cadmium and copper and potential use of cortisol as an indicator of stress", **J. Fish. Res. Board Can.**, 35: 1124-1129 (1978).
84. Donaldson, E. M. and Dye, H. M., "Corticosteroid concentrations in sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) exposed to low concentrations of copper", **J. Fish. Res. Board Can.**, 32: 533-539 (1975).
85. Roales, R. R. and Perlmutter, A., "The effects of sub-lethal doses of methylmercury and copper, applied singly and jointly, on the immune response of the blue gourami (*Trichogaster trichopterus*) to viral and bacterial antigens", **Arch. Environ. Contam. Toxicol.**, 5: 325-331 (1977).
86. Anderson, D. P., Dixon, O. W., Bodammer, J. E. and Lizzio, E. F., "Suppression of antibody producing cells in rainbow trout spleen sections exposed to copper in vitro", **J. Aquatic Animal Health**, 1: 57-61 (1989).
87. Stevens, D. G., "Survival and Immune Response of Coho Salmon Exposed to Copper", **U.S. EPA, USA**, 36 (1977).

88. Cıçık, B., "Bakır-Çinko Etkileşiminin Sazan (*Cyprinus carpio* L.)'nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi Üzerine Etkileri", *Ekoloji ve Çevre Dergisi*, 48: 32-36 (2003).
89. Zia, S. and McDonald, D. G., "Role of the gills and gill chloride cells in metal uptake in the freshwater-adapted rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 51: 2482-2492 (1994).
90. Anderson, P. D. and Spear, P. A., "Copper pharmacokinetics in fish gills- I Kinetics in pumpkinseed sunfish, *Lepomis gibbosus*, of different body sizes", *Water Res.*, 14: 1101-1105 (1980a)
91. Anderson, P.D. and Spear, P.A., "Copper pharmacokinetics in fish gills- II Body size relationships for accumulation and tolerance", *Water Res.*, 14: 1107-1111 (1980b).
92. Handy, R. D., "The effect of acute exposure to dietary Cd and Cu on organ toxicant concentrations in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*", *Aquat. Toxicol.*, 27: 1-14 (1993).
93. Brungs, W. A., Leonard, E. N. and McKim, J. A., "Acute and long-term accumulation of copper by the brown bullhead, *Ictalurus nebulosus*", *J. Fish. Res. Board Can.*, 30: 583-586 (1973).
94. Handy, R. D., "The assessment of episodic metal pollution. I. Uses and limitations of tissue contaminant analysis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after short waterborne exposure to cadmium or copper", *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 22: 74-81 (1992).
95. Solbe, J. F. de L. G. and Cooper, V. A., "Studies on the toxicity of copper sulfate to Stone loach, *Noemacheilus barbatulus* (L.) in hard water", *Water Res.*, 10: 523-527 (1976).
96. Horning, W.B. and Neiheisel, T.W., "Chronic effect of copper on the bluntnose minnow, *Pimephales notatus* (Rafinesque)", *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 8: 545-552 (1979).
97. Kaur, K. and Virk, S., "Toxic effects of copper sulphate residue in water on the development of the eggs of common carp: *Cyprinus carpio* Linn.", *Ind. J. Ecol.*, 7: 294-297 (1980).
98. McKim J. M. and Benoit D. A., "Effects of long-term exposures to copper on survival, growth, and reproduction of brook trout (*Salvelinus fontinalis*)", *J. Fish Res Board Can.*, 28: 655-662 (1971).
99. Sauter, S. K., Macek, K. J., "Effects of Exposure to Heavy Metals on Selected Freshwater Fish, Toxicity of Copper, Cadmium, Chromium, and Lead to Eggs

- and Fry of Seven Fish Species”, *US EPA Off. Res. Dev., Rep. No. EPA-600/3-76-105.*, 74 (1976).
100. Servizi, J. A. and Martens, D.W., “International Pacific Salmon Fisheries Commission Progress”, *IPSFC, Rep. 39*, British Columbia, 26 (1978).
 101. Lett, P. F., Farmer, G. J., Beamish, F. W. H., “Effect of copper on some aspects of the bioenergetics of rainbow trout (*Salmo gairdneri*)”, *J. Fish. Res. Board Can.*, 33: 1335-1342 (1976).
 102. Pande, R. K. and Shukla, G. P., “Study of the acute toxicity dose of herbicides, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; agrochemical, NPK; and chemotherapeutics like formalin and KMnO_4 on *Mystus vittatus* and *Colisa fasciatus*”, *Zeits. fur Ang. Zool.*, 79: 221-241(1992).
 103. McKim, J. M. and Benoit, D. A., “Effects of long term exposures to copper on survival, growth, and reproduction of brook trout (*Salvelinus fontinalis*)”, *J. Fish. Res. Board Can.*, 28: 655-662 (1971).
 104. Chapman, G. A. and Stevens, D.G., “Acutely lethal levels of cadmium, copper, and zinc to adult male coho salmon and steelhead”, *Trans. Am. Fish. Soc.*, 107: 837-840 (1978).
 105. TSE, “Su kirliliği kontrolü, metod ve kuralları, zehirlilik denemeleri”, *TSE Yayınları*, Ankara, 5676 (1988).
 106. Greenberg, A. E., Trussell, R. R. and Clesceri, L. S., “Standart methods fort he examination of water”, *16. edition, APHA-AWWA-WPCF*, Washington, 1269 (1985).
 107. Resmi Gazete, “Su Kirliliği Kontrolü yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği”, *7.1.1991 tarihli Resmi Gazete*, Ankara, sayı 20748 (1991).
 108. Kuru, M., “Omurgalı Hayvanlar”, *Gazi Eğitim Fakültesi*, Ankara, 841 (1994).
 109. Grzimek, H. C. B., “Grzimek’s Animal Life Encyclopedia”, *Van Nostrand Reinhold Company*, 4: 531 (1973).
 110. Yalçın, Ş., “Akvaryum”, *İnkilap Yayınevi*, Ankara, 320 (1999).
 111. Anonymous., “Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater”, *APHA, AWWA, WPCF 13. Ed*, Washington, (1971).
 112. TSE, “Su Kalitesi- Maddelerin bir tatlı su balığı [(Brabhydanio Rerio Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)] üzerindeki akut öldürücü zehirliliğinin (toksisitesinin) tayini, Sürekli akış metodu”, *TSE*, Ankara, 3: 6022 (2000).

113. Anonymous., "Revised report on fish toxicity testing procedures", *EIFAC, Technical Paper*, 24 (1983).
114. U.S. EPA, "EPA probit analysis program, version 1.5.", *Ecological Monitoring Research Division, Environmental Monitoring Systems Laboratory*, Cincinnati, (1992).
115. Klaassen, C. D., "Principles of toxicology" *In: Gilman, A. G., Rall, T. W., Nies, A. S., Taylor, P. (Eds.), Goodman and Gilman's The Pharmacological Basis of Therapeutics, third ed. Pergamon Press*, New York, 49–61(1990).
116. Hamilton et al., "Trimmed Spearman Karber Method for Estimating Median Lethal Concentration in Toxicity Bioassays", *Environ. Sci. Technol.*, 11(7): 714-719; correction 12(4): 417 (1978).
117. Mayer, F. L. and Ellersieck, M. R., "Manual of acute toxicity: Interpretation and data base for 410 chemicals and 66 species of freshwater animals", *Washington US Department of Interior, Fish and Wildlife Service*, Washington, 506 (1986).
118. Svobodova, Z., Lloyd, R., Machova, J., and Vykusova, B., "Water Quality and Fish Health", *EIFAC Technical Paper, FAO*, Rome, 54 (1993).
119. Alabaster, J. S., and Lloyd, R., "Water Quality Criteria for Freshwater Fish", *FAO*, Stoneham, 297 (1980).
120. EIFAC, "Working Party on Water Quality Criteria for European Freshwater Fish", *Report on Copper and Freshwater Fish, T/27, FAO, EIFAC*, (1976).
121. Moore, J. M., "Comparison of Copper Toxicity to Channel Catfish, *Ictalurus punctatus*, and Blue Catfish, *I. furcatus*, Fingerlings", *Journal of Applied Aquaculture*, 17 (1): 77-84 (2005).
122. Stratus, D. L., "Species Sensitivity to Copper: Acute Toxicity to Channel Catfish, *Ictalurus punctatus* and Sunshine Bass, *Morone chrysops* x *M. saxatilis*", *Journal of Applied Aquaculture*, 18 (1): 88-99 (2005).
123. Dwyer, F. J., Hardesty, D. K., Ingersoll, C. I. and Whites, D. D., "Assessing Contaminant Sensitivity of Cape Fear Shiner and Spotfin Chub", *U.S. Fish and Wildlife Service, Interim Report*, North Carolina, (1999).
124. Dorzab, T. ve Barkoh, A., "Management of *Prymnesium parvum* at Texas State Fish Hatcheries", *Texas Parks and Wildlife Department*, Texas, 25-28 (2005).
125. Chakoumakos, C., Russo, R. C. and Thurston, R. V., "Toxicity of copper to cutthroat trout (*Salmo clarki*) under different conditions of alkalinity, pH, and hardness", *Environ. Sci. Technol.*, 13: 213-219 (1979).

126. Howarth, R. S., and Sprague, J. B., "Copper lethality to rainbow trout in water of various hardness and pH", *Water Res.* 12: 455-462 (1978).
127. U.S. EPA, "Update of ambient water quality criteria for copper, Other Data on Effects of Copper on Freshwater Organisms", *U.S. Environmental Protection Agency, Appendix C1*, 15-37 (2003).
128. Liepolt, R. and Weber, E., "Die Giftwirkung von Kupfersulfat auf Wasserorganismen", *Wasser Abwasser*, 99: 335-353 (1958).
129. Lloyd, R. and Herbert, D. W., "The effect of the environment on the toxicity of poisons to fish", *J. Inst. Public Health Eng.*, 61: 132-145 (1962).
130. Nelson, H., Benoit, D., Erickson, R., Mattson, V. and Lindberg, J., "The Effects of Variable Hardness, Ph, Alkalinity, Suspended Clay, and Humics on the Chemical Speciation and Aquatic Toxicity of Copper", *EPA/600/3-86/023. PB86-171444*, 132 (1986).
131. Pickering, Q. H. and Lazorchak, J. M., "Evaluation of the robustness of the fathead minnow, *Pimephales promelas*, larval survival and growth test, U.S. EPA Method 1000.0", *Environ. Toxicol. Chem.*, 14: 653-659 (1995).
132. Erickson, R. J., Benoit, D. A., Mattson, V. R., Nelson, H. P. and Leonard, A. N., "The effect of water chemistry on the toxicity of copper to fathead minnows", *Environ. Toxicol Chem.*, 15: 181-193 (1996).
133. Peres, I., and Pihan, J. C., "Copper LC50 to *Cyprinus carpio*, Influence of hardness, seasonal variation, proposition of maximum acceptable toxicant concentration", *Environ. Technol.*, 12: 161-167 (1991).
134. Straus, D. L. and Tucker, C. S., "Acute toxicity of copper sulfate and chelated copper to channel catfish, *Ictalurus punctatus*", *J. World Aquaculture Soc.*, 24: 390-395 (1993).
135. Chapman, G. A. and McCrady, J. K., "Copper Toxicity: a Question of Form, In R.A. Tubb, (ed). Recent Advance in Fish Toxicology: A Symposium", *Department of Fisheries and Wildlife, Oregon State University, Corvallis, Oregon*, 132-151 (1977).
136. Pickering, Q. H. and Lazorchak, J. M., "Evaluation of the robustness of the fathead minnow, *Pimephales promelas*, larval survival and growth test, U.S. EPA Method 1000.0", *Environ. Toxicol. Chem.*, 14: 653-659 (1995).
137. Cusimano, R. F., Brakke, D. F. and Chapman, G. A., "Effects of pH on the toxicities of cadmium, copper, and zinc to steelhead trout (*Salmo gairdneri*)", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43: 1497-1503 (1986).

138. Hutchinson, N. J. and Sprague, J. B., "Lethality of trace metal mixtures to American flagfish in neutralized acid water", *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 18: 249-254 (1989).
139. Nelson, H., Benoit, D., Erickson, R., Mattson, V. and Lindberg, J., "The Effects of Variable Hardness, Ph, Alkalinity, Suspended Clay, and Humics on the Chemical Speciation and Aquatic Toxicity of Copper", *EPA/600/3-86/023. PB86-1714444*, 132 (1986).
140. Erickson, R. J., Benoit, D. A., Mattson, V. R., Nelson, H. P. and Leonard, A. N., "The effect of water chemistry on the toxicity of copper to fathead minnows", *Environ. Toxicol Chem.*, 15: 181-193 (1996).
141. Welsh, P. G., Skidmore, J. F., Spry D. J, Dixon, D. G., Hodson, P. V., Hutchinson, N. J. and Hickie, B. E., "Effect of pH and dissolved organic carbon on the toxicity of copper to larval fathead minnow (*Pimephales promelas*) in natural lake waters of low alkalinity", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 50: 1356-1362 (1993).
142. Anderson, P. D., and Weber, L. J., "Toxic response as a quantitative function of body size", *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 33: 471-483 (1975)
143. Singh, H. S. and Reddy, T. V., "Effect of copper sulfate on hematology, blood chemistry, and hepato-somatic index of an Indian catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch) and its recovery", *Ecotox. Environ. Safety*, 20: 30-35 (1990).
144. Shah, S. L., "Behavioural Abnormalities of Cyprinion watsonian Exposure to Copper and Zinc", *Turk J Zool.* Ankara, 26: 137-140 (2002)
145. Delen, N., Durmuşoğlu, E., Güngör, N., Güncan, A., Turgut, C., Burçak, A., "Türkiye'de Pestisit Kullanımı, Kalıntı ve Organizmalarda Duyarlılık Azalışı Sorunları", *TMMOB Ziraat Mühendisleri 6. Teknik Kongresi*, Ankara, 629-648 (2005).

EKLER

EK-1 Deney ortamından görüntüler



Resim 1.1. Deney ortamından bir görüntü



Resim 1.2. Deney ortamından bir görüntü

EK-1 (Devam) Deney ortamından görüntüler



Resim 1.3. Deney ortamından bir görüntü



Resim 1.4. Deney ortamından bir görüntü

EK-1 (Devam) Deney ortamından görüntüler



Resim 1.5. Deney ortamından bir görüntü



Resim 1.6. Deney ortamından bir görüntü

EK-1 (Devam) Deney ortamından görüntüler



Resim 1.7. Deney ortamından bir görüntü



Resim 1.8. Deney ortamından bir görüntü

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÖZ, Aysun
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 15.08.1978 Ankara
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (312) 321 58 16
e-mail : ay_sun_oz@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Çevre Bilimleri Bölümü	2006
Lisans	Gazi Üniversitesi/Biyoloji Bölümü	2002
Lise	Aydınlıkevler İnönü Lisesi	1995

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2005	Aydek LTD.	Aplikasyon Görevlisi
2005-2006	Marty LTD.	Tıbbi Mümessil
2006	Tenay Medikal ve Yazılım LTD.	Aplikasyon Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Alternatif Tıp; Biyoenerji, Bitkilerle Tedavi, Meditasyon, Yoga ve Kişisel gelişim