



**2,4-D DİKLOROFENOKSİ ASETİK ASİT HERBİSİTİNE  
MARUZ BIRAKILAN GÖKKUŞAĞI ALABALIKLARINDA  
(*Oncorhynchus mykiss*) BAZI HEMATOLOJİK VE  
BİYOKİMYASAL DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ**

**Naime Filiz KARADAŞ**

**Yüksek Lisans Tezi  
Su Ürünleri Anabilim Dalı  
Prof. Dr. Muhammet ATAMANALP  
2016  
Her hakkı saklıdır**

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**2,4-D DİKLOROFENOKSİ ASETİK ASİT HERBİSİTİNE MARUZ  
BIRAKILAN GÖKKUŞAĞI ALABALIKLARINDA (*Oncorhynchus  
mykiss*) BAZI HEMATOLOJİK VE BİYOKİMYASAL  
DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ**

**Naime Filiz KARADAŞ**

**SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

**ERZURUM**  
**2016**

**Her Hakkı Saklıdır**



T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**DİKLOROFENOKSİ ASETİK ASİT HERBİSİTİNE MARUZ BIRAKILAN  
GÖKKUŞAĞI ALABALIKLARINDA (*Oncorhynchus mykiss*) BAZI  
HEMATOLOJİK VE BİYOKİMYASAL DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ**

Prof. Dr. Muhammed ATAMANALP danışmanlığında, Naime Filiz KARADAŞ tarafından hazırlanan bu çalışma 14/12/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Muhammed ATAMANALP

İmza:

Üye: Prof. Dr. Telat YANIK

İmza:

Üye: Prof. Dr. Hasan TÜRKEZ

İmza:

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 12./01./2017 tarih ve 02./...27..... nolu kararı ile onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Cavit KAZAZ**  
Enstitü Müdürü

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### **2,4-D DİKLOROFENOKSİ ASETİK ASİT HERBİSİTİNE MARUZ BIRAKILAN GÖKKUŞAĞI ALABALIKLARINDA (*Oncorhynchus mykiss*) BAZI HEMATOLOJİK VE BİYOKİMYASAL DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ**

Naime Filiz KARADAŞ

Atatürk Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Su Ürünleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Muhammed ATAMANALP

Bu çalışmanın amacı 2,4-D Diklorofenoksi asetik asit herbisitinin gökkuşığı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) bazı hematolojik (hemoglobin, hemotokrit, eritrosit, lökosit, trombosit, ortalama eritrosit hacmi (MCV), eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin miktarı (MCH), eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin konsantrasyonu (MCHC) ve biyokimyasal (malondialdehit (MDA), katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GPx), superoksit dismutaz (SOD)) parametreleri üzerine etkilerini araştırmaktır. Hematolojik parametrelerden lökosit, trombosit, MCV ve MCHC değerleri için doz, zaman ve doz x zaman interaksiyon etkileri çok önemli bulunurken ( $p<0,01$ ) diğer parametreler için sadece zaman ve doz önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ). 2,4-D uygulamalarında, hematolojik parametre değerlerinde zamana ve doza bağlı olarak artış ve azalışlar belirlenmiştir. Diğer taraftan kontrol ve uygulama grupları kıyaslandığında zamana bağlı olarak enzim parametrelerinde (MDA, GP<sub>x</sub>, SOD, CAT) artış belirlenirken doz, zaman ve doz x zaman interaksiyonlarının etkileri ise çok önemli bulunmuştur ( $p<0,01$ ).

**2016, 85 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** 2,4-D Diklorofenoksi asetik asit, Gökkuşığı alabalığı, Hematolojik parametre, Enzim aktivitesi, Toksikoloji

## ABSTRACT

Ms. Thesis

### **DETERMINATION OF SOME HEMATOLOGICAL AND BIOCHEMICAL EFFECT IN RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss*) EXPOSED TO 2,4-D DICHLOROPHENOXY ACETIC ACID, A HERBICIDE**

Naime Filiz KARADAŞ

Atatürk University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Aquacul

Supervisor: Prof. Dr. Muhammed ATAMANALP

The aim of this study was to investigate the effects of 2,4-D Dichlorophenoxy acetic acid, a herbicide used by agricultural producers in plant production, on some hematological (hemoglobin, hematocrit, erythrocyte, leukocyte, platelet, the average erythrocytes volume (MCV), the average amount of hemoglobin per erhtyocytes (MCH), and mean corpuscular hemoglobin concentration per red blood cell (MCHC) and biochemical parameters, superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathione peroxidase (GPx), malondialdehyde (MDA) of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).

Time, dosage and dosage x time interaction effects were found very significantly for leukocyte, platelet, MCV and MCHC among hematologic parameters ( $p<0,01$ ), whereas only time and dosage main effects were found significantly for other parameters ( $p<0,05$ ). In 2,4D applications, the values regarding hematologic parameters showed some differences such as increasing-decreasing and decreasing-increasing. Besides, the activity of enzyme (MDA, GP<sub>x</sub>, SOD and CAT) in both application groups compared with the control group increased during the time period as well as the effects of dosage, time and dosage x time interaction on the parameters were very significant ( $p<0,01$ ).

**2016, 85 Pages**

**Keywords:** 2,4-D Dichlorophenoxy acetic acid, Rainbow Trout, Hematological Parameter, Enzyme activitiy, Toxicology

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmanın her aşamasında bilgi ve deneyimleri ile bana yol gösteren danışmanım Sayın Prof. Dr. Muhammed ATAMANALP'e

İstatistik analizlerdeki yardımları ve her türlü destek ve katkılarından dolayı Doç. Dr. Ecevit EYDURAN'a ve Yrd. Doç. Dr. Köksal KARADAŞ'a

Destek ve katkılarından dolayı Doç. Dr. Gonca ALAK'a, Yrd. Doç. Dr. Arzu UÇAR'a

Hazırlamış olduğum bu tezin her aşamasında bilgi ve deneyimlerinin yanı sıra manevi desteği ile de yardımlarını esirgemeyen Dr. Veysel PARLAK'a

Maddi ve manevi desteklerinin yanısıra her zaman sabır ve anlayışla yanımda olan ailemin tüm fertlerine sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

**Naime Filiz KARADAŞ**

**Aralık, 2016**

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Herbisitler .....	4
1.2. Diklorofenoksi Asetik Asit (2,4-D).....	5
1.3. Balıklarda Hematopoetik Sistem.....	8
1.4. Enzim Aktiviteleri .....	9
1.4.1. Süperoksit dismutaz (SOD).....	10
1.4.2. Katalaz (CAT) .....	10
1.4.3. Glutasyon peroksidaz (GPx).....	10
1.4.4. Malondialdehit (MDA).....	11
1.5. Gökkuşuğu Alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) .....	11
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ .....</b>	<b>13</b>
<b>3. MATERYAL ve METOT .....</b>	<b>20</b>
3.1. Materyal.....	20
3.1.1. Araştırma yeri.....	20
3.1.2. Su materyali.....	20
3.1.3. Suyun filtrasyon sistemi .....	21
3.1.4. Araştırma tankları.....	22
3.1.5. Balık materyali .....	22
3.1.6. Kimyasal materyali.....	23
3.2. Metot .....	23
3.2.1. Su dağıtım düzeneği .....	23
3.2.2. Deney balıklarının bakım ve beslenmesi.....	23
3.2.3. Pestisitlerin uygulanma şekilleri .....	23

3.2.4. Kan örneklerinin alınması .....	24
3.2.5. Kan parametreleri analizleri .....	25
3.2.5.a. Hemoglobin miktarının tayini .....	25
3.2.5.b. Hematokrit miktarının tayini .....	26
3.2.5.c. Eritrositlerin çökme hızı .....	26
3.2.5.d. Eritrosit sayısının tespiti .....	26
3.2.5.e. Lökosit sayısının tespiti .....	26
3.2.5.f. Trombosit sayısının tespiti .....	27
3.2.5.g. Elde edilen analiz sonuçlarından diğer parametrelerin hesaplanması .....	27
3.2.6. Enzim aktivite ölçümleri .....	29
3.2.6.a. Eritrosit Homojenat hazırlanması .....	29
3.2.6.b. Katalaz (CAT) aktivitesinin ölçümü .....	29
3.2.6.c. Süperoksit dismutaz enzim aktivitesinin ölçümü (SOD) .....	29
3.2.6.d. GPx enzim aktivitesinin ölçümü .....	30
3.2.6.e. Lipid peroksidasyonun ölçümü (MDA) .....	30
3.2.6.f. Protein miktarı ölçüm yöntemi .....	30
3.2.6.g. İstatistik analizler .....	31
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI .....</b>	<b>32</b>
4.1. Hematoloji Parametrelerine Ait Bulgular .....	32
4.1.1. Hemoglobin miktarına ait bulgular .....	32
4.1.2. Hematokrit miktarına ait bulgular .....	34
4.1.3. Eritrosit sayısına ait bulgular .....	37
4.1.4. Lökosit sayısına ait bulgular .....	39
4.1.5. Trombosit sayısına ait bulgular .....	41
4.1.6. Eritrosit çökme hızına (Sedimentasyon) ait bulgular .....	44
4.1.8. Eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin miktarına (OHM- MCH) ait bulgular .....	49
4.1.9. Eritrosit başına düşen ort. hemoglobin konsantrasyonuna (EOHK-MCHC) ait bulgular .....	51
4.2. Enzim Aktivitelerine Ait Bulgular .....	53
4.2.1. CAT enzim aktivitesine ait bulgular .....	53
4.2.2. GPx enzim aktivitesine ait bulgular .....	56



4.2.3. SOD enzim aktivitesine ait bulgular .....	58
4.2.4. MDA düzeyine ait bulgular .....	61
<b>5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....</b>	<b>64</b>
5.1. Hematoloji Parametreleri .....	64
5.2. Enzim Parametreleri .....	72
5.3. Sonuç ve Öneriler .....	74
KAYNAKLAR .....	77
ÖZGEÇMİŞ .....	86



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

CAT	Katalaz
EOH	Eritrositlerdeki ortalama hemoglobin
EOHK	Eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin konsantrasyonu
ES	Eritrosit sayısı
GPx	Glutasyon peroksidaz
Hb	Hemoglobin
Hct	Hematokrit değeri
Ht	Hemotokrit
LC	Letal konsantrasyon
LC50	Letal konsantrasyon
MCH	Kırmızı kan hücrelerinde bulunan ortalama hemoglobin
MCHC	Eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin konsantrasyonu
MCV	Kırmızı kan hücrelerinin ortalama hacmi
MDA	Malondialdehit
mL	Mililitre
OHM	Eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin miktarı
pH	Asitlik özelliği
RBC	Eritrosit sayısı
s	Saniye
SOD	Süperoksit dismutaz
TS	Trombosit sayısı
μ	Mikro
μl	Mikrolitre

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Pestisitlerin ekosistemde dolaşımı.....	2
Şekil 1.2. Diclorofenoksi Asetik Asit (2,4-D) in moleküler yapısı .....	6
Şekil 1.3. Gökkuşığı alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	12
Şekil 3.1. Deneme binası .....	20
Şekil 3.2. Araştırma tankları .....	22
Şekil 3.3. Balıklardan kanın alındığı bölge.....	24
Şekil 3.4. Kan hücrelerinin ışık mikroskobundaki orijinal görüntüsü. ....	27
Şekil 4.1. Doz ve zaman interaksiyonunun hemoglobin miktarına etkisi.....	34
Şekil 4.2. Doz ve zaman interaksiyonunun hematokrit miktarına etkisi .....	36
Şekil 4.3. Doz ve zaman interaksiyonunun eritrosit sayısına etkisi.....	38
Şekil 4.4. Doz ve zaman interaksiyonunun lökosit sayısına etkisi .....	41
Şekil 4.5. Doz ve zaman interaksiyonunun trombosit sayısına etkisi.....	43
Şekil 4.6. Doz ve zaman interaksiyonunun sedimantasyon hızına etkisi .....	46
Şekil 4.7. Doz ve zaman interaksiyonunun MCV düzeyine etkisi .....	48
Şekil 4.8. Doz ve zaman interaksiyonunun MCH düzeyine etkisi .....	50
Şekil 4.9. Doz ve zaman interaksiyonunun MCHC düzeyine etkisi.....	53
Şekil 4.10. Doz ve zaman interaksiyonunun katalaz enzim aktivitesine etkisi .....	55
Şekil 4.11. Doz ve zaman interaksiyonunun GPx enzim aktivitesine etkisi.....	58
Şekil 4.12. Doz ve zaman interaksiyonunun SOD enzim aktivitesine etkisi.....	60
Şekil 4.13. Doz ve zaman interaksiyonunun MDA düzeyine etkisi .....	63

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Çeşitli türden canlılarda 2,4-D maddesinin oluşturduğu toksik etkiler .....	7
Çizelge 1.2. Gökkuşluğu alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )'nin sistematikteki yeri.....	11
Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan suyun kimyasal özellikleri .....	21
Çizelge 3.2. Cyanmethemoglobin metoduyla hemoglobin tayini.....	25
Çizelge 4.1. Hemoglobin Miktarına Ait Varyans Analiz Tablosu.....	32
Çizelge 4.2. Hemoglobin miktarlarının zamansal olarak değişimi ortalama $\pm$ SH değerleri (g/100ml) .....	32
Çizelge 4.3. Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için hemoglobin miktarına ait ortalama $\pm$ SH değerleri .....	33
Çizelge 4.4. Hematokrit miktarına ait varyans analiz tablosu .....	34
Çizelge 4.5. Hematokrit miktarlarının zamansal olarak değişimi ortalama $\pm$ SH değerleri (%) .....	35
Çizelge 4.6. Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için hematokrit miktarlarının ortalama $\pm$ SH değerleri .....	36
Çizelge 4.7. Eritrosit sayısına ait varyans analiz tablosu.....	37
Çizelge 4.8. Eritrosit sayısının zamansal olarak değişimi ortalama $\pm$ SH değerleri.....	37
Çizelge 4.9. Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için eritrosit sayısının ortalama $\pm$ SH değerleri .....	38
Çizelge 4.10. Lökosit sayısına ait varyans analiz tablosu.....	39
Çizelge 4.11. Lökosit sayısının zamansal olarak değişimi ortalama $\pm$ SH değerleri.....	39
Çizelge 4.12. Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için lökosit sayısının ortalama $\pm$ SH değerleri.....	40
Çizelge 4.13. Trombosit sayısına ait varyans analiz tablosu .....	42
Çizelge 4.14. Trombosit sayısının zamansal olarak değişimi ortalama $\pm$ SH değerleri.....	42
Çizelge 4.15. Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için trombosit sayısının ortalama $\pm$ SH değerleri.....	43
Çizelge 4.16. Sedimentasyon hızına ait varyans analiz tablosu.....	44

<b>Çizelge 4.17.</b> Sedimentasyon hızının zamansal olarak değişimi ortalama $\pm$ SH değerleri.....	44
<b>Çizelge 4.18.</b> Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için sedimentasyon hızına ait ortalama $\pm$ SH değerleri.....	45
<b>Çizelge 4.19.</b> MCV'ye ait varyans analiz tablosu.....	47
<b>Çizelge 4.20.</b> MCV sayısının zamansal olarak değişimi ortalama $\pm$ SH değerleri (mm <sup>3</sup> ).....	47
<b>Çizelge 4.21.</b> Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için MCV'ye ait ortalama $\pm$ SH değerleri.....	48
<b>Çizelge 4.22.</b> MCH'ye ait varyans analiz tablosu.....	49
<b>Çizelge 4.23.</b> MCH sayısının zamansal olarak değişimi ortalama $\pm$ SH değerleri (mg/hücre) .....	49
<b>Çizelge 4.24.</b> Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için MCH'ye ait ortalama $\pm$ SH değerleri.....	50
<b>Çizelge 4.25.</b> MCHC'ye ait varyans analiz tablosu.....	51
<b>Çizelge 4.26.</b> MCHC düzeyinin zamansal olarak değişimi ortalama $\pm$ SH değerleri (g 100ml <sup>-1</sup> ).....	51
<b>Çizelge 4.27.</b> Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için MCHC'ye ait ortalama $\pm$ SH değerleri.....	52
<b>Çizelge 4.28.</b> Katalaz enzim aktivitesine ait varyans analiz tablosu .....	54
<b>Çizelge 4.29.</b> Katalaz enzim aktivitesinin zamansal olarak değişimi ortalama $\pm$ SH değerleri.....	54
<b>Çizelge 4.30.</b> Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için katalaz enzim aktivitesine ait ortalama $\pm$ SH değerleri.....	55
<b>Çizelge 4.31.</b> GPx enzim aktivitesine ait varyans analiz tablosu .....	56
<b>Çizelge 4.32.</b> GPx enzim aktivitesinin zamansal olarak değişimi ortalama $\pm$ SH değerleri.....	56
<b>Çizelge 4.33.</b> Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için GPx enzim aktivitesine ait ortalama $\pm$ SH değerleri.....	57
<b>Çizelge 4.34.</b> SOD enzim aktivitesine ait varyans analiz tablosu .....	59
<b>Çizelge 4.35.</b> SOD enzim aktivitesinin zamansal olarak değişimi ortalama $\pm$ SH değerleri.....	59

<b>Çizelge 4.36.</b> Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için SOD enzim aktivitesine ait ortalama $\pm$ SH değerleri.....	60
<b>Çizelge 4.37.</b> MDA düzeyine ait varyans analiz tablosu .....	61
<b>Çizelge 4.38.</b> MDA düzeyinin zamansal olarak değişimi ortalama $\pm$ SH değerleri .....	61
<b>Çizelge 4.39.</b> Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için MDA'ya ait ortalama $\pm$ SH değerleri.....	62



## 1. GİRİŞ

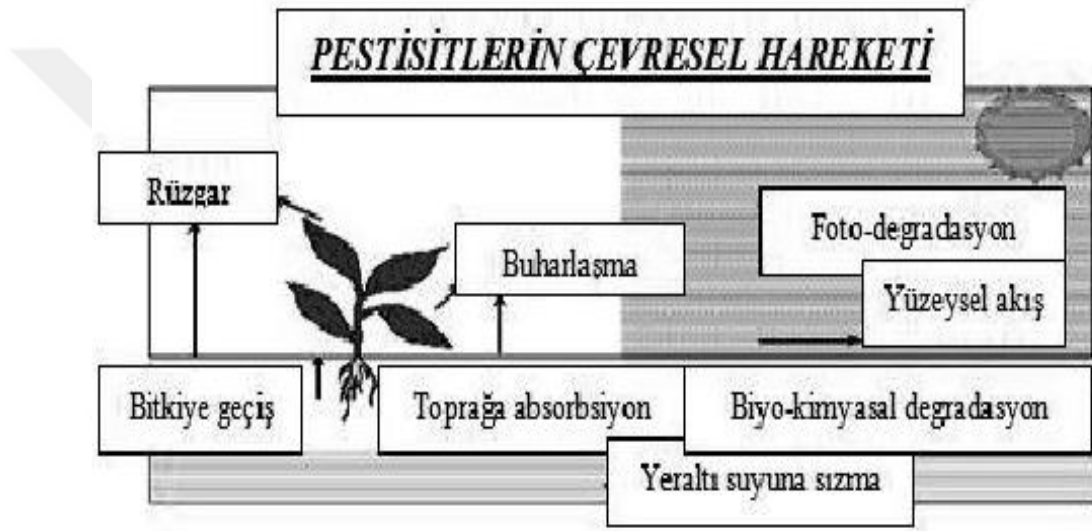
Yerküremizde gıda ihtiyacının temininde iki ana kaynak karalar ve sulardır. Bu iki kaynak içinde su ve su ürünlerinin önemi gün geçtikçe karalara oranla daha fazla önem kazanmıştır. Bu artışa, insan nüfusunun çoğalması, kara hayvanları üretiminin artırılmasının sınırlı olması, bilinçli bir şekilde beslenmenin güncel hale gelmesi, su ürünlerinin biyolojik değeri ve protein içeriğinin yüksek olması gibi faktörlerde büyük ölçülerde etki etmekte ve bu artışa hız kazandırmaktadır (Atamanalp 2000).

Su ürünlerinin öneminin artmasıyla birlikte yeterli miktarda ve kalitede ürün elde edilebilmesi aynı bölgedeki sucul alanların temizliğiyle de yakından ilgilidir. Kirlenen sucul alanlardaki su ürünlerinin miktarı ve kalitesi düştüğünden bu alanlarda oluşan kirlilik büyük bir sorun teşkil etmektedir. Kirlenen sucul alanlarda meydana gelecek zararlıların kontrolünde pestisitlerin kullanımı önemli bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Kullanılan kimyasallar hedef dışı türler için oldukça fazla toksik etki gösterir ve bu durum dünya genelinde önemli bir sorun olarak kabul edilmektedir (Pala 2013).

Gün geçtikçe kullanımı artan tarımsal, endüstriyel ve kimyasal maddelerin alıcı ortamlara girişiyle omurgalı ve omurgasız pek çok organizma bu bileşiklerden etkilenmektedir. Doğal çevreyi kirleten toksik maddeler incelendiğinde ilk sırada pestisitler, deterjanlar ve ağır metaller gelmektedir. Sucul ortama karışan bu kirleticiler, besin zinciri yoluyla sucul canlılar tarafından alınmakta ve vücutlarında birikmektedir (Turan 2012). Su kaynaklarına bırakılan atıklar akuatik canlıları doğrudan yâda dolaylı olarak iki şekilde etkilemektedir. Bu atıkların toksik etkileri yumurtlamayı önlemekte, üremeyi durdurmakta, çevresel faktörlere karşı daha duyarlı olmayı sağlamakta ve ölümlere sebep olmaktadır (Atamanalp ve Yanık 2002).

Sularda yaşayan canlılara ve balıklara zarar veren pestisitlerin su ortamına geçişi ve oradan da uzak alanlara taşınması uygulama sırasında veya tarım ve orman alanlarından

yağmur sularının taşınması ile gerçekleşmektedir. Pestisitlerin su içerisinde hareketliliği azda olsa suda eriyebilirlik özelliğine bağlı olmakta ve bu özelliğe sahip olan pestisitler suyun içerisinde kısa bir süre içinde dağılmaktadırlar. Toz ya da granül özellikte olan pestisitler uzun bir süre su içerisinde asılı kalarak aktif maddelerinin dağılmasına sebep olmaktadır. Pestisitlerin balıklara bulaşması ya da balıkları zehirlenmesi, balıkların solungaçları aracılığı ile su ortamında bunları absorbe etmeleri veya bulaşık materyalleri besin olarak tüketimleri sonucu gerçekleşmektedir (Atamanalp ve Cengiz 2002).



**Şekil 1.1.** Pestisitlerin ekosistemde dolaşımı (Solmaz vd 2010).

Pestisitlerin çevredeki dağılımında etkin olan mekanizmalar Şekil 1.1’de gösterilmiştir. Bunlar, çeşitli farklılıktaki ortamlar içinde geçiş yapabilen kompleks bir çevresel hareketliliğe sahip olarak devam eder. Çok sayıda organoklorlu pestisitlerin yasaklanmasına rağmen 20 yıl sonra bile yüzey sularında halen bu pestisitlerin tespit ediliyor olması, bu pestisitlerin uzun yıllar boyunca ekosistem içerisinde bozulmadan kalabildiğinin ve etkilerinin devam ettiğinin bir kanıtıdır (Solmaz vd 2010).

Pestisitler çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir (Akgün 2001).

- a) Formülasyon yapılarına göre
- b) Kullanma tekniğine göre



- c) Pestisitinin fiziki haline göre
- d) Kullanıldıkları zararlı grubuna göre
- e) Etki şekillerine göre
- f) Zararlının biyolojik dönemine göre
- g) Kontrol ettiği zararlının bulunduğu yer ve konukçu durumuna göre
- h) Bileşimindeki etkili madde grubuna göre.

Pestisitlerin kimyasal formüllerine göre sınıflandırılması

- a) Klorlanmış hidrokarbonlar
- b) Organofosfatlar
- c) Klorlanmış fenoksi asitler
- d) Karbamatlar

Pestisitlerin kullanım amaçlarına göre sınıflandırılması (Tiryaki vd 2010).

- 1) İnsektisitler: Böcek öldürücüler, (karıncalar, tırtıllar, böcekler, vb)
- 2) Herbisitler: Ot öldürücüler (yabani otlar, yosunlar, bitkiler)
- 3) Fungisitler: Mantar öldürücüler (bitkisel hastalık mantarları, vb)
- 4) Rodentisitler: Fare öldürücüler, kemirgen öldürücüler
- 5) Akarisitler: Akar öldürücüler (keneler, halı böcekleri, toz böcekleri, vb)
- 6) Nematisit: Nematod öldürücüler
- 7) Bakterisit: Bakteri öldürücüler
- 8) Molluskisit: Yumuşakça öldürücüler
- 9) Virisit: Virüs öldürücüler

Yeraltı ve yüzey sularına bulaşan pestisitler hem sucul ortamda yaşayan organizmaları etkilemekte hemde pestisitlerin hiç uygulanmadıkları alanlara sürüklenerek risk teşkil etmektedir. Pestisitlerin yeraltı sularına bulaşmaları, onların toprakta yarılanma ömürlerine ve tutunma katsayılarına bağlı olarak farklılaşmaktadır. Pestisitlerin topraktan yıkanıp yeraltı suyuna bulaşma potansiyelleri GUS (*Grunwater Ubiquity*

*Score*) indeksi adı verilen bir formülle belirlenebilmektedir.  $GUS = \log_{10} (DT50) \times (4 - \log_{10})$ . Pestisitler GUS skorlarına göre yeraltı sularına bulaşma potansiyeli açısından; yüksek ( $>2,8$ ), orta ( $2,8-1,8$ ) ve düşük ( $<1,8$ ) olarak üç gruba ayrılmaktadır (Anonim 2007).

### 1.1. Herbisitler

Herbisitler, bitkileri öldüren veya gelişimlerini engelleyen kimyasal maddelerdir ve yabancı otlara karşı toksik madde oluşturan pestisitlerdir. Herbisitler, bitkilerde oluşturdukları etkilere göre iki bölüme ayrılır. Bütün bitki türleri için etkili olan herbisitlere seçici olmayan (non selektif), sınırlı bitki türleri için toksik olanlara ise seçici herbisitler denilmektedir.

Herbisitler, bitkilerde etki ettikleri yere ve kullanım şekillerine göre üç alt gruba ayrılır;

- a) Kontakt herbisitler: Bitkide gövde ve yaprak ile temas sırasında bitkiye zarar verir. Bipiridil grubu herbisitler bunlara örnek verilebilir.
- b) Sistemik herbisitler: Bitkinin vaküer sisteminde yayılım göstererek bitkiye zarar verirler, bu tür herbisitler bitkinin köküyle ve yaprağıyla temasta olduğundan, çok kısa bir süre içinde bitkinin damarlarınca absorbe edilirler. Klorofenoksiasetik asit türevleri bunlara örnek verilebilir. Kuvvetli kök yapısı olan yabancı otları engellemek için kullanılırlar.
- c) Bitkilerin kök sistemi ya da çimlenen tohumlarını etkileyen herbisitler: Toprağa karıştırılır ve istenmeyen bitki tohumlarını yok eder. Arsenik asit, pentaklorofenol (PCP) bu gruba örnek verilebilir (Sarigül 2007).

Herbisitin toprak parçacıklarına adsorpsiyon miktarı hem herbisitinin hem de toprağın özelliklerine göre farklılaşma gösterir. Adsorpsiyon çoğunlukla topraktaki organik içeriğin ve kation değişim kapasitesinin fazla olması halinde artış gösterirken, toprak pH'sı ve sıcaklığının artması sonucu ise azalmaktadır. Toprağa adsorpsiyonda önemli bir etki de herbisitinin suda çözünürlüğe sahip olmasıdır. Suda çözünürlük azalınca

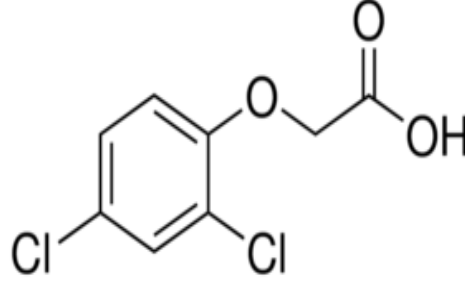
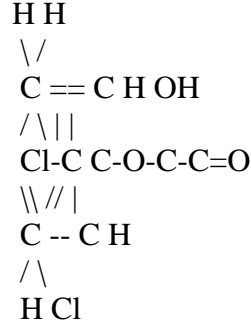
herbisit toprak parçacıklarında kuvvetli şekilde adsorpsiyona sebep olur. Tuzlardan asitlere, asitlerden esterlere doğru suda çözünürlükleri azalır. Kural dışı bir örnek olarak “*glyphosat*” verilebilir, hem suda yüksek çözünürlüğe sahiptir hem de toprağa güçlü şekilde adsorbe olurlar böylece adsorpsiyon kimyasal ya da biyolojik bozulmayı daha kolay gerçekleştirebilir. Adsorpsiyon düzeyi zamanla farklılık gösterebilmekle birlikte çoğunlukla geri dönüşlüdür ve topraktan ayrılan herbisist toprak sularına ya da su kanallarına geçmektedir (Yılmaz 2011).

Türkiyede kullanılan herbisit oranı dünya herbisit kullanım oranının oldukça altındadır. Dünyada uygulanan tarım ilaçları dağılımına bakıldığında %47 ile ilk sırayı herbisitler alırken, bunu %29 ile insektisitler, %19 ile fungusitler takip eder. Dünya nüfusunun her geçen gün artışıyla beraber tarım arazilerinin yüzölçümü de gitgide azalmaktadır. Bu durumun sonucu olarak birim alandan alınan ürün miktarı artmıştır. Tarımsal faaliyetler için yapılan zirai mücadelede kullanılan çeşitli yöntemler vardır bu yöntemlerin başında ise herbisitlerle yapılan mücadeleler gelmektedir (Gergit 2015).

## **1.2. Diklorofenoksi Asetik Asit (2,4-D)**

2,4-D yaklaşık olarak 50 yıldır dünyada yaygın olarak kullanılmakta olan bir herbisit olup bitki metabolizmasında oluşan, protein sentezi, nükleik asit sentezi, enzim aktivitesi ve hücre bölünmesi gibi birçok faktörü etkileyerek bitkilerde gelişimi durdurmaktadır ve bu işlemi yaparken seçici olarak yalnızca geniş yapraklı olan yabancı otları elimine etmektedir (Özdaş vd 2006).

2,4-D klorofenoksi bileşikler sınıfında olup klorlandırılmış fenoksi asit grubuna dahildir ve beyaz pudra halindedir. Asit amin ve ester tuzları şeklinde kullanılır. 2,4-D'nin ester formu, buharlaşmayla yok olacağından amin tuzlarının kullanımı daha fazladır. Ester formları uçucudur bu nedenle karışık tarım yapılan arazilerde kullanımı tavsiye edilmez. Daha çok geniş alanlarda hububat tarımı yapılan yerlerde yabancı otları yok etmek için kullanılır. Değişen koşullara göre 3-4 haftadan 3-4 aya kadar toprak yüzeyinde yer alır (Yalçınkaya 2006).



**Şekil 1.2.** Diclorofenoksi Asetik Asit (2,4-D) in moleküler yapısı (Pektaş 2011).

2,4-D'nin toprak içerisindeki hareketi üç bölüme ayrılır.

- 1) Difüzyon
- 2) Filtrasyon
- 3) Yüze hareketleri

Difüzyon, sınırlı bölgelerde yapılan işlem olup toprak ortamındaki maddeye bağlıdır. Filtrasyon pestisit ya da herbisit hareketini suyun süzülmesiyle belirler. Yüze hareketi, toz haline dönüşen partiküllerin ve toprağın yüzeyinde kalan suyun rüzgarın etkisi sonucu hareketlenmesi anlamına gelir. 2,4-D'nin toprağa absorbe olması, toprağın pH'sına, organik maddelere ve değişen alüminyum derişimine bağlıdır (Nur vd 2005).

2,4-D'nin sulara geçişi, ilaçlama sonrası havaya karışmasıyla ve yağmurlarla birlikte tekrar sulara girmesiyle gerçekleşir. Ester ve aminlerin hidrolizi ise; buharlaşma, mikrobiyal bozulma ve ışık etkisi sonucu gerçekleşir (Bristol *et al.* 1982).

2,4-D'nin suda çözünürlük oranının fazla olduğu belirlenmiştir, bu sebeple vücutta dağılımı büyük oranda gerçekleşmektedir. 2,4-D konsantrasyonu sucul canlılarda uygulamadan hemen sonra yüksek konsantrasyona ulaşılır ve dağılımın hemen gerçekleştiği görülür (Yalçinkaya 2006).

2,4-D ve formlarının balıklar üzerinde yarattığı toksik etki diğer sucul canlılar üzerinde oluşan toksik etkiden bir hayli fazladır. Örneğin, alabalık türlerine bakıldığında  $LC_{50}$  konsantrasyon aralığı 1,0 mg/l ile 100 mg/l arasındayken çoğunda ani ölümlerin gerçekleştiği görülür. Yayın balıkları ise 10 mg/L doza tabi tutulduğunda 48 saat içinde popülasyonun %10'unda ölümlerin gerçekleştiği görülür. Bazı yavru yengeç türlerinde 85 gün süreyle uygulanan 10 mg/L doz hiçbir etki yaratmazken, ergin olanlarda 96 saatlik  $LC_{50}$  dozundan 10 mg/L daha fazlası az oranda bir etkiye sebep olmuştur. Kahverengi karideslere 48 saat boyunca 2 mg/L'lik doz uygulandığında ölüm oranında çok az bir artış fark edilmiştir (Pektaş 2011).

**Çizelge 1.1.** Çeşitli türden canlılarda 2,4-D maddesinin oluşturduğu toksik etkiler (Yalçinkaya 2006).

<b>Organizma Grupları İçin Oluşturduğu Toksik Etkiler</b>	
<b>Hedef organizmalar</b>	<b>Etki gösterdiği noktalar</b>
Amfibiler	Davranış bozukluğu, zehirlenme, ölüm
Annelida	Ölüm.
Sucul Bitkiler	Birikim, davranış ve gelişim bozuklukları, hasarlar, ölüm, fizyolojik değişim, bir araya toplanma.
Cnidaria	Büyüme anormallikleri.
Crustacea	Davranış ve gelişim bozukluğu, zehirlenme, ölüm, fizyoloji ve üreme.
Echinoderm	Üreme anomali.
Balıklar	Birikim, davranış bozukluğu, biyokimyasal, hücresel, gelişimsel bozulma, enzim aktivitesi, fizyoloji, üreme, büyüme, histoloji, zehirlenme, morfolojik yapılarda değişim, ölüm.
Mantarlar	Popülasyonda bozukluklar
Böcekler	Gelişimsel ve genetik bozulma, bir araya toplanma, ölüm.
Sucuk Bentik Organizmalar	Ölüm.
Kabuklular	Birikim, davranış ve gelişim hasarları, fizyolojik anomali, bir araya toplanma, ölüm.
Fitoplanktonlar	Birikim, davranış, biyokimyasal, hücresel, gelişim, büyüme, histoloji morfoloji, fizyoloji, üreme durumlarında anormallikler, zehirlenme, ölüm.
Bitkiler	Büyüme anormallikleri.
Zooplanktonlar	Birikim, ürkeklik, biyokimyasal, gelişimsel ve üreme bozuklukları, zehirlenme, bir araya toplanma, ölüm.

### 1.3. Balıklarda Hematopoetik Sistem

Hematolojik ve biyokimyasal parametreler balıklarda fizyolojik durumların tespitinde kullanılan çok önemli değerler olup bu parametrelerin değişimini, balık türü, yaş, üreme, hastalık, beslenme, stres, örnekleme metodu ve çevresel faktörler (sıcaklık, ışık süresi, yoğunluk, tuzluluk) gibi birçok etken belirlenmektedir. Bazı dokuların ve organların enfeksiyonu veya balıkların yaralanmasıyla gerçekleşen balık kan parametrelerindeki farklılaşmalar, organ ve dokularda yapı bozukluklarının ve yaralanmaların tespit edilmesinde, doğrulanmasında kullanılabilir. Sıcakkanlı hayvanlarda yapılan çalışmaların temelinde organizmada etki yaratan maddelerin özel indeksleri tespit edilmiştir. Bununla beraber, kanın özelleşmemiş biyokimyasal indikatörlerinin kompleksi, balıklardaki kirlenmenin genel etkisini ortaya çıkarır ve uzun süreli kimyasal kirleticilerle yüz yüze kalma sonuçlarının tahminini geçerli kılmaktadır (Çelik 2006).

Hematoloji, balıkların ekolojik, fizyolojik durumlarını tespit eden ve su ortamlarında hızla çoğalan pestisitlerden kaynaklanan kirlenmenin balıklar üzerinde oluşturduğu stres seviyesini belirlemede yararlanılan bir bilim dalı olup balık hastalık tanısının yanı sıra, beslenme ve çevresel etmenlerin etkilerinin tespitinde de kullanılmaktadır (Atamanalp ve Güneş 2001). Ayrıca hematolojinin değişen çevresel faktörlerde ve normal koşullarda değerlerinin tespit edilmesi, popülasyonlar arasındaki kan dokusu organizmada meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişiklikleri eksiksiz ve doğru olarak göstermektedir. Bu sebeple balıklarda ve memelilerde kan parametreleri balıktaki metabolik bozuklukta ve septisemik hastalıklarda fazla miktarda uygulama alanı bulmaktadır.

Doğal alanda yaşayan balıkların hematolojik indekslerinin tahmini mevsim, yaş ve seksüel dalgalanmalardan ötürü oldukça güç olmakla beraber ağır metaller gibi çeşitli kirleticilerin sebep olduğu balık kan düzeyindeki transformasyonun genel düzenleyicilerini tespit etmek için, balıklarda artan mortalitelere sebep olan kan dolaşımı ile kan oluşumundaki ve bağışıklık düzenindeki farklılıkların altındaki kritik

noktaların tespit edilme çalışmaları ile kan indekslerindeki patolojik farklılıkların çeşitliliği hakkında ayrıntılı çalışmalar ümit vaat etmektedir. Hemotolojik çalışmalarla beraber, doğal sularda varlığını devam ettiren balıkların fizyolojik durumlarının tahmini de yapılabilmektedir (Çelik 2006).

Balıklarda kan hücreleri; eritrositler (kırmızı kan hücreleri), lökositler (beyaz kan hücreleri) ve trombositler olmak üzere üç bölüme ayrılır.

Eritrositler, karakteristik olan renklerini renksiz olan protein globin ve sarı-kırmızı pigmentten oluşan hemoglobinden alırlar. Eritrositler, balıktaki kanda diğer hücelere oranla fazla miktarda bulunan kan hücresi olup en önemli işlevi içerdiği hemoglobin sayesinde dokulardan solungaçlara CO<sub>2</sub>, solungaçlardan dokulara da O<sub>2</sub> taşımalarıdır. Hemoglobin bir solunum pigmentidir, alyuvarların %33'ünü oluşturur O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> taşıma dışında kan pH'nin sabit tutulmasında tampon işlevi de yapmaktadır. Lökositler ise vücudun hastalıklara karşı büyük bir savunma mekanizmasını oluşturur. Akyuvar sayısı alyuvar sayısı kadar fazla değildir, balıkların çoğunda mm<sup>3</sup> te 150 000 den azdır, sayıları türler arasında bile farklılık gösterir (Pala 2013).

Trombositler, kan plaketleri olarak bilinip, kanın oluşumunu sağlayan başlıca bileşiklerden birisidir. Oluşan kanamaların durdurulması ve damar yatağında pıhtı oluşması işlevlerini de gerçekleştirirler. Damarlarda oluşan deliklerde toplanarak bu delikleri tıkarlar ve kan kaybını durdururlar. Trombositler vazokonstriktör ismi verilen maddeyi salgılama görevi görür ve zedelenen damarın büzülmesini sağlarlar (Anonim 2012).

#### **1.4. Enzim Aktiviteleri**

Enzimler reaksiyonların pek çoğunu hızlandıran, protein yapısındaki biyolojik katalizörlerdir. Doğal olarak sadece canlılar tarafından sentezlenirler, hücre içerisinde meydana gelen binlerce tepkimenin hızını ve özgüllüğünü düzenlerler, birçok defa hücre dışında da etkinliklerini muhafaza ederler. Hücrelerde organik maddelerin

yıkılması ve yapılması, sindirim olayı, kas kasılması, hücre solunumu gibi önemli fizyolojik aktivitelerin ve çeşitli metabolizma reaksiyonlarının sonucudur ve bütün bu reaksiyonların tümü enzimlerin katalitik etkisi ile gerçekleşmektedir (Özdemir 2011).

#### **1.4.1. Süperoksit dismutaz (SOD)**

Süperoksit dismutaz, enzimatik antioksidanlar içinde en iyi bilinen bir metalloenzim grubudur ve SOD'lerin merkezi bir antioksidan rolü olduğu için bu enzimin önemi çalışılan tüm aerobik organizmalarda vurgulanmıştır. SOD aktivitelerini göstermede metal iyonlarından yararlanır (Bayır 2011).

#### **1.4.2. Katalaz (CAT)**

Katalaz, hidrojen peroksidin suya dönüştürülmesini tek yönlü olarak gerçekleştiren enzimdir. İndirgenme, yükseltgenme tepkimelerinde görev yapan enzimler oksidoredüktaz olarak adlandırılır ve CAT enzimi oksidoredüktazların hidroperekسيدazlar grubundadır. Hidroperekسيدazlar, hidrojen peroksit ya da diğer organik peroksitleri substrat olarak kullanırlar ve bununla beraber zararlı peroksitlere karşı organizmayı korurlar (Pülüzar 2013).

#### **1.4.3. Glutatyon peroksidaz (GPx)**

Balıklarda yer alan ana peroksidazın kofaktörü GSH'tır. Glutatyon peroksidaz (GPx) bir tetramerik sitosolik enzimdir, selenyuma bağımlıdır. GPx toksik lipid peroksidazları, reaksiyonlardan toksik olmayan ürünlere dönüştürebilmektedir, bu reaksiyonlar için GSH aracılığıyla gelen indirgeyici elektronlardan yararlanmaktadır. Eritrositlerde GPx, güçlü bir oksidan görevi yaparak oksidatif strese karşı durur. Canlıların oksijen toksisitesi için göstermiş oldukları tolerans yüksek GPx aktivitesine bunun yanında özellikle stres faktörlerinde enzim üretimini hızlıca artırmasına bağlıdır (Bayır 2011).



#### 1.4.4. Malondialdehit (MDA)

Lipid peroksidasyonunun önemli bir ürünü MDA'dır. MDA üç ya da daha fazla çift bağ içeren yağ asitlerinin peroksidasyonunda oluşur. Oluşan bu MDA, hücre membranlarından iyon transferini etkileyerek membrandaki bileşiklerin çapraz bağlanmasına neden olur ve enzim aktivitesinin değişimi, iyon geçirgenliği gibi olumsuz sonuçlar da doğurabilir. MDA, tiobarbitürik asid (TBA) ile fark edilebilen bir lipid peroksidasyon türüdür. Kısa zincirli bifonksiyonel bir aldehittir (Ecevit 2013).

#### 1.5. Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)

Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) pasifik salmon türüne tabi olup salmonidae familyasındandır. Bu familyaya, Buzul alası (*S.alpinus*), Alp alaları (*Salveninus spp*), Atlantik salmon (*Salmo salar*), Buzul tymalusu (*Thymallus arcticus*) ve Beyaz balıklar (*Coregonus*) girmektedir. Gökkuşığı alabalığı, yüzlerce yıldır dünyada kültürü yapılan en yaygın alabalıktır, genellikle tatlı sularda yaşarlar. Bu balık çok geniş sıcaklık aralıklarını tolere etmektedir. Su kalitesi bakımından yüksek derecede oksijenli suya ihtiyaç duyarlar ve en iyi gelişimlerini 13-18°C'ler arasında gösterirler (Yanık 2009).

**Çizelge 1.2.** Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nin sistematikteki yeri (Arslan 2015).

<b>Filum</b>	Chordata
<b>Alt Filum</b>	Vertabrata
<b>Sınıf</b>	Chondrostoi
<b>Takım</b>	Salmoniformes
<b>Alt Takım</b>	Salmonoidei
<b>Familya</b>	Salmonidae
<b>Alt Familya</b>	Salmoninae
<b>Cins</b>	Oncorhynchus
<b>Tür</b>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>



**Şekil 1.3.** Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) (orijinal fotoğraf)

Gökkuşığı alabalığında vücut, tıknaz ve az basık olup sırtında bir yağ yüzgeci bulunmaktadır. Sırt yüzgeci 10-12, anal yüzgeci ise 8-12 yumuşak ışına sahiptir. Pulları küçük ve sikloidtir. Yanal çizgi tam, az öne doğru 135 ile 150 adet pulla kaplanmıştır. Kafada üst kısım ve arka kısım çelik mavisi, mavi-yeşil, sarı-yeşil ve çoğunlukla kahverengidir. Vücut kenarları gümüşü, yeşilden griye eğilimli, soluksarı veya beyaz olan bir renktir. Karın kısmı sarı ya da gümüşü beyazdır. Anaçlarda yumurtlama zamanı renk çok koyu ve yanal çizgi ise çok kırmızı bir renk olur. Diğer türlerden ayırt edilen özellikleri, fazla sayıda küçük siyah beneklerinin olması ve yan çizginin gökkuşığı renginde oluşudur (Anonim 2016 a).

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Mozambik tilapia; (*Oreochromis mossambicus*) türünde bakır sülfat pentahidrat uygulanan ve uygulanmayan bireyleri karşılaştırmışlar; toksik maddeye maruz kalan bireylerde hemadilasyon, düşük hemoglobin düzeyi, düşük hematokrit düzeyi ve şişkin eritrositler gözlemlenmiştir (Dick and Dixon 1985).

Atamanalp ve Cengiz (2002), bir sentetik piretroit insektisit olan cypermethrinin sublethal dozlarının *Capoeta capoeta capoeta* (Güldenstaedt, 1772)'da hemoglobin, hematokrit ve sedimentasyon seviyeleri üzerine etkilerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Yapılan bu çalışmada balıklar 3 farklı sublethal doza maruz bırakılmıştır. Cypermethrinin, balığın hemoglobin ve hematokrit düzeylerinde azalmaya; sedimentasyon değerinde ise yükselmeye neden olduğunu bildirmişlerdir.

Tort *et al.* (2002) çipura (*Sparus aurata*) ve gökkuşuğu alabalığında (*O. mykiss*) 2-fenoksietanol ve karanfil yağının farklı dozları ile yaptıkları çalışmalarında, karanfil yağının çipuranın kan değerlerinde önemli bir değişiklik yapmadığını, fenoksietanolün 0,1 ml/L dozunun kırmızı kan hücreleri ve hemoglobin düzeyinde artışa sebep olduğunu, ancak her iki anesteziğin de (0,2 ml/L karanfil yağı dışında) plazma kortizol düzeyinde önemli bir fark oluşturmadığını bildirmişlerdir.

Dorval *et al.* (2003) tarafından bildirilen çalışma sonuçlarına göre; *in vitro* şartlarda endosulfan (EC<sub>50</sub> 19 µM, LC<sub>50</sub> 366 µM) pestisitine maruz kalan gökkuşuğu alabalığı (*O. mykiss*)'nda katalaz aktivitesi yükselirken GPx aktivitesinde azalma meydana gelmiştir.

Petri *et al.* (2006) Atlantik salmonu (*Salmo salar*) balıkları ile yaptıkları çalışmada, 49 gün süresince endosulfan'ın farklı dozlarına (5, 50 ve 500 µg/kg) maruz bıraktıkları balıklarda hematolojik ve biyokimyasal tepkileri araştırmışlar, 0, 14, 35 ve 49. günlerde kan örneklerini almışlardır. Yapılan analizler sonucunda 500 µg/kg doza maruz kalan balıklardan 35. günde alınan kan örneklerinin hematolojik değerlerinde (hemoglobin, hematokrit ve eritrosit başına düşen hemoglobin miktarı) artış olduğunu, 49. gün

sonunda alınan örneklerin hematolojik değerlerinde düşüş meydana geldiğini rapor etmişlerdir.

Peixoto *et al.* (2006) oxyfluorfenin farklı konsantrasyon (0,3 ve 0,6 mg/L) ve sürelerine (7, 14 ve 21 gün) maruz bırakılan Nil tilapiyası (*Oreochromis niloticus*)'nda CAT ve GR aktivitesinde artış, SOD aktivitesinde ise azalma kaydetmişlerdir.

Kimyasalların yayın balıklarının (*Siluris glanis*) hematolojik parametrelerine yapmış olduğu etkilerin araştırıldığı bir çalışmada, 4 gün boyunca balıkların bir kısmına 0,1 ve 0,3 mg/kg dozlarda deltametrin, bir kısmına ise lipopolisakkarit verilmiştir. Yapılan analizler sonunda, 0,3 mg/kg'lık (DM) doza maruz kalan grup ile lipopolisakkarit verilen grupta, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında eritrosit sayılarında artış belirlenmiş, hemoglobin değeri 0,3 mg/kg (DM) verilen grupta yükselirken, lipopolisakkarit uygulanan grupta değişim olmadığı bildirilmiştir (Pimpão *et al.* 2007).

Atamanalp vd (2008) gökkuşağı alabalığı (*O. mykiss*) ile yaptıkları çalışmada balıkları 28 gün boyunca DDVP (dichlorvos)'nin sub-letal dozuna (1,6 mg/Lt) maruz bıraktıktan sonra hematolojik parametreler üzerine olan etkileri araştırmışlardır. Çalışma sonunda DDVP'nin, hemoglobin, eritrosit-lökosit sayılarında, eritrosit sedimentasyon oranında, ortalama eritrosit hacminde, eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin konsantrasyonunda artış, trombosit sayısı, hematokrit ve ortalama eritrosit hacmi değerlerinde ise düşüş meydana geldiğini ifade etmişlerdir.

Maduenho and Martinez (2008) diflubenzuron (DFB)'un etkilerini araştırdıkları çalışmada, deney balıklarını (*Prochilodus lineatus*) DFB'nin 25 mg/L dozuna 6, 24 ve 96 saatlik sürelerde maruz bırakmış daha sonra balıkların hematolojik parametrelerini incelemişlerdir. Sonuç olarak DFB'ye 96 saat süresince maruz kalan balıkların eritrosit sayısında ve hemoglobin sayısında azalma olduğunu belirtmişlerdir.

21 gün boyunca farklı dozlarda (100, 200 ve 400 mg/kg) verilen sülfamerazin'in gökkuşağı alabalığında (*O.mykiss*) kan hematolojisi ve biyokimyası üzerine yapmış

olduğu etkileri bu çalışmada araştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda balıkların ortalama eritrosit hacmi, fagosit oranı ve fagosit indeksinde artış gözlenmiştir. Hematokrit değerlerinde, eritrosit ve lökosit sayılarında, hemoglobın, eritrosit başına düşen ortalama hemoglobın ve eritrosit başına düşen ortalama hemoglobın konsantrasyonu değerleri ile toplam plazma protein ve toplam globülin seviyelerinde bir azalmanın meydana geldiği bildirilmiştir (Sağlam ve Yonar 2009).

Ceyhan nehrinde bulunan benekli siraz (*Capoeta barroisi*) balığının maruz kaldığı çevredeki kirleticilerin meydana getirdiği oksidatif hasar seviyesi incelenmiştir. SOD, CAT ve GSH ile G6PD ve lipid peroksidasyon seviyelerinde büyük artışların meydana geldiği belirlenmiştir (Kurutaş vd 2009).

Karabalıklar (*C. gariepinus*) zerine diazinonun etkilerinin araştırıldığı çalışmada, biri kontrol diğer 162 mg /L'lik diazinon dozuna maruz kalan iki grup oluşturulmuştur. Deneme sonunda diazinona maruz kalan grupta eritrosit-lökosit sayılarında, hemoglobın-hematokrit değerlerinde düşüş, ntrofilgranlositlerinde ise artışın meydana geldiği bildirilmiştir (Adedeji *et al.* 2009).

Organik fosforlu pestisitlerden, fenitrothion farklı konsantrasyonlarına (5, 50 ve 100 mg/L) akut uygulama ile maruz bırakılan Tilapia (*O. niloticus*) balığında hemotokrit ölçümler değerlendirilmiş ve fenitrothionun etkisinde kalan balıkların hematokrit değerlerinde azalma olduğu rapor edilmiştir (Karasu vd 2009).

Glifosat herbisitinin balıklar üzerindeki hematolojik etkisini belirlemek için güney Amerika kökenli sabalo (*Prochilodus lineatus*) balığının juvenilleri 96 saat süresince kimyasalın farklı konsantrasyonlarına (1 mg/L ve 5 mg/L) maruz bırakılmıştır. Uygulama sonucunda herbisit balıkların hematokrit değerleri ile eritrosit ve lökosit sayısında artışa sebep olduğu bildirilmiştir (Modesto and Martinez 2010).

Terbtrinin farklı konsantrasyonlarına (0, 02, 0.2 ve 2 g/L) maruz kalan sazan balıklarında (*Cyprinus carpio*) hematolojik parametreler incelenmiş ve lökosit sayısı ve

ortalama eritrosit hacminin azaldığı ve iki yüksek konsantrasyonda eritrosit sayısı, eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin sayısında ise artışın olduğu bildirilmiştir (Velisek *et al.* 2011).

Saravanan *et al.* (2011) sazan balıkları ile yaptıkları bu çalışmada, sazan balıkları 24 saat süreyle lindanenin 0,38 ppm'lik dozuna maruz bırakılmıştır. Pestisite maruz bırakılan balıklarda MCV, MCH, MCHC, hemoglobin, hemotokrit ve eritrosit değerlerinde kontrol grubuna nazaran düşüşlerin olduğu, lökosit sayısında ise artışın meydana geldiği belirtilmiştir.

Li *et al.* (2011) gökkuşağı alabalıkları (*O. mykiss*) propikonazol'un farklı dozlarına (0, 2, 50, 100 µg/L) maruz bırakılarak hematolojik ve biyokimyasal parametreleri araştırılmıştır. Kontrol ile gruplar kıyaslandığında balıkların hematolojik parametrelerinde (Hb, RBC, PCV, MCH, MCHC) önemli derecede düşüş gözlemlendiğini rapor etmişlerdir. Biyokimyasal parametrelerde ise, 50 ve 100 µg/L doza maruz bırakılan gruplarda amonyak ve glikoz seviyeleri kontrol grubundan daha yüksek bulunmuştur. Propikonazole maruz kalan tüm gruplarda keratin kinaz seviyesi yüksek bulunurken, LDH aktivitesi 50 ve 100 µg/L doza maruz bırakılan gruplarda artış gösterdiğini, tespit etmişlerdir.

Prusty *et al.* (2011) kocabaş sazan balığı (*Labeo rohita*) ile yaptıkları çalışmada, fenvaleratın sub-letal konsantrasyonuna maruz bırakılan balıkların hematolojik ve biyokimyasal parametrelerini incelemişlerdir. İnsektisit maddeye maruz kalan grupta ALT ve AST aktivitelerinin yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Kontrol grubu ile kıyasla RBC, Hb, MCHC ve kan glikoz seviyelerinde artış, WBC, MCV, Hct seviyelerinde ise düşüş gözlemlediklerini rapor etmişlerdir.

Mekkawy *et al.* (2011) çalışmalarında 4-nonylphenolün karabalıklar (*Clarias gariepinus*) üzerindeki etkilerini araştırmış, balıklar kimyasalın sub-letal konsantrasyonlarına (0, 0.005, 0.08 ve 0.1 mg/L) maruz bırakmıştır. Araştırma sonunda balıkların kontrol grubuna kıyasla; eritrosit sayısı, hemoglobin seviyesi, paket hücre

hacmi, eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin konsantrasyonu, trombosit sayısı, lökosit sayısı, bazofil, lenfosit ve monosit sayılarında azalma gözlenirken, ortalama eritrosit hacmi, eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin miktarı, nötrofil ve eosinofil sayılarında artış meydana geldiğini rapor etmişlerdir.

Far *et al.* (2012) gökkuşuğu alabalığı (*O. mykiss*) yavrularının diazinonun üç farklı konsantrasyonuna ( $LC_{50}=1,65$  mg/L'nin %25, %50 ve %75'lik konsantrasyonları) maruz bırakılmasıyla yavrularda meydana gelen etkileri incelemişlerdir. Çalışma sonunda, farklı dozlara maruz kalan balıkların lökosit ve eritrosit sayıları, hematokrit ve hemoglobin seviyelerinde düşüş belirlenirken, eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin miktarı ile eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin konsantrasyonu %50'lik olan dozda artış daha sonra azaldığını bildirmişlerdir. %50'lik dozda maruz kalan grupta lenfosit sayısı azalış gösterirken, %75'lik dozda maruz kalan grupta arttığı, nötrofil sayısı %50'lik dozda maruz kalan balıklarda artmasına rağmen %75'lik dozda maruz bırakılanlarda azalış gösterdiğini ifade etmişlerdir.

90 gün boyunca simazinin farklı dozlarına (0, 06, 1, 2 ve 4  $\mu$ g/L) maruz bırakılan sazan balıklarının (*C. carpio*) hematoloji ve biyokimyasal değerleri incelemiş, tüm grupların hematolojik değerlerinde (WBC, PCV, MCHC, MCH, MCV, Hb) düşüş, kontrol grubuna kıyasla ALT ve ALP aktivitelerinde ise 1 ve 2  $\mu$ g/L simazine maruz kalan gruplarda artış olduğu, 4  $\mu$ g/L simazine maruz kalan balıklarda ise TP, ALB, ALT ve ALP aktiviteleri kontrol grubundan yüksek olduğu tespit edilmiştir (Velisek *et al.* 2012).

Metil parathionun (MP) sazanlarda (*C. carpio*) hematolojik ve biyokimyasal parametrelerine olan etkileri araştırılmıştır. Çalışmada MP'nin 96 saatlik  $LC_{50}$  seviyesi 0,09 ppm olarak bulunmuştur. Balıklar 35 gün boyunca MP'nin sub-letal konsantrasyonuna maruz bırakılmışlardır. Hematolojik parametrelerinden Hb, Hct, RBC ve plazma protein değerlerinde azalma meydana geldiği gözlenmiştir. Ancak, lökosit sayısı 21. güne kadar kademeli olarak artış göstermiş daha sonra azalmaya başlamıştır. MCV ve MCH indeksleri çalışma periyodu süresince artış göstermesine rağmen MCHC

değerinde kontrol grubuna kıyasla azalış meydana geldiği belirtilmiştir. Plazma glikoz seviyesinin ise 28. güne kadar arttığı (%13,37) daha sonra azaldığı tespit edilmiştir (Abhijith *et al.* 2012).

Nil tilapyası (*O. niloticus*) ile yapılan çalışmada balıklar malathionun farklı dozlarına (0, 0.5, 1, 1.5 ve 2 mg/L) maruz bırakılıp balıkların hematolojik ve biyokimyasal parametrelerine olan etkileri incelenmiştir. Yapılan analizler sonunda malathiona maruz kalan gruplarda kontrol grubuna kıyasla, eritrosit sayısı, hematokrit değeri ve hemoglobin içeriğinin düşüş gösterdiği tespit edilmiştir (Al-Ghanim 2012).

Karabalıkların (*C. gariepinus*) 15 gün süre ile klorprifosun iki konsantrasyonuna (86 µg/L ve 172 µg/L) maruz bırakılması sonucunda yüksek doz uygulamasının balıkların eritrosit sayılarında ve hematokrit seviyelerinde azalmaya neden olduğu belirtilmiştir. Her iki konsantrasyona maruz kalan balıkların lökosit sayılarında azalışa hemoglobin seviyelerinde ise değişime rastlamışlardır (Nwani *et al.* 2013).

Kedi balıklarının (*Clarias batrachus*) hematolojik indeksleri üzerine malathionun etkilerinin araştırıldığı çalışmada, balıklar 96 saat süresince malathionun farklı sub-letal dozlarına (0.05, 0.25, 0.5 ppm) maruz bırakılmışlardır. Çalışma sonunda artan doz miktarına bağlı olarak, balıkların eritrosit, hemoglobin, hematokrit ve ortalama eritrosit hacmi değerlerinde düşüş, lökosit, eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin konsantrasyonu ve eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin değerlerinde artış olduğu rapor edilmiştir (Venkataraman and Sandhya-Rani 2013).

Okomoda *et al.* (2013) yaptıkları çalışmada farklı konsantrasyonlarda (18.33, 20.93 ve 16.05) olan herbisit maddenin karabalıkların (*C. gariepinus*) hematolojik parametreleri üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Hemoglobin miktarı, eritrosit sayısı (RBC), trombosit sayısı (PLT) ve paket hücre hacmi (PCV) değerlerinin artan toksikant konsantrasyonuna bağlı olarak azaldığını tespit etmişlerdir.



Shahi *et al.* (2013) yeşil yılanbaş balıklarında (*Channa punctatus*) sentetik ve bitkisel kökenli pestisitlerin (furan, rutin, taraxerol ve apigenin) hematolojik parametreler üzerine etkisine baktıkları araştırmada, 14 gün süresince farklı sub-letal dozlar kullanılmış, çalışma sonunda farklı sub-letal konsantrasyonlara maruz kalan balıkların hemoglobin, hematokrit ve kırmızı kan hücreleri sayısında azalma olduğunu kaydetmişlerdir.

Gamit® 500 herbisitinin kullanıldığı çalışmada 96 saat boyunca bu herbisit 3 konsantrasyonda (1, 5 ve 10 mg L<sup>-1</sup>) uygulanmıştır. Hematolojik parametrelerden; hemoglobin, hematokrit, kırmızı kan hücresi, MHC, MCV, MHCH'ye bakılmıştır. Biyokimyasal parametrelerden; GST, CAT, GPx'e bakılmıştır. Hematokrit değerlerinin önemli derecede azaldığı görülmüştür. Parametrelerden Hb, MCH, ve MCHC yüksek konsantrasyonlarda önemli bir azalma göstermiştir. Kırmızı kan hücreleri en düşük konsantrasyonda önemli derecede artmıştır. Yüksek konsantrasyonda GST ve CAT enzimi vücutta kimyasal değişime uğramıştır. GTV ve CAT yüksek konsantrasyonda inhibe edilmiştir. Sonuç olarak herbisit etkisiyle hematolojik ve biyokimyasal değişiklikler toksik etki yapmış ve balıkların sağlığını tehlikeye sokmuştur (Pereira *et al.* 2013).

Glifosatın sazanlarda (*C. carpio*) hematolojik parametreler üzerine olan etkileri 16 gün 4 farklı konsantrasyonlarda (3, 5, 7 ve 14 ppm) araştırılmış, eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin miktarının (MCH) ve ortalama eritrosit hacminin (MCV) arttığı, hemoglobin (Hb), hematokrit (HCT) miktarı ile kırmızı (RBC) ve beyaz (WBC) kan hücreleri sayısının önemli derecede azaldığı gözlenmiştir (Gholami-Seyedkolaei *et al.* 2013).

### 3. MATERYAL ve METOT

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Araştırma yeri

Araştırma, Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Akvaryum Balıkları Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan Toksikoloji Deneme Ünitesi ve Su Ürünleri Fakültesi Laboratuvarlarında yürütülmüştür.



Şekil 3.1. Deneme binası

##### 3.1.2. Su materyali

Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Akvaryum Balıkları Üretim ve Araştırma Merkezindeki mevcut şehir şebekesinden gelen su, içme suyu boruları yardımı ile büyük bir tanka alınıp hava motoru ve hava taşı yardımı ile oksijen seviyesi artırılmış, içindeki zararlı uçucu gazlar giderilmiştir.

Filtre sisteminden gelen su, kg balığa 0.5 l/dk.'dan az olmamak koşuluyla tanklara dağıtılmıştır (Çelikkale 1994). Araştırma boyunca su sıcaklığı  $11.5 \pm 2.5^{\circ}\text{C}$  olarak bulunmuştur. Araştırmada kullanılan suyun kimyasal analizi Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Araştırmada kullanılan suyun kimyasal özellikleri

Magnezyum (Mg)	8.83 mg/l
Sülfat ( $\text{SO}_4$ )	10.34 mg/l
Kalsiyum (Ca)	31.13 mg/l
Sodyum	4.58 mg/l
Potasyum	2.99 mg/l
Klor	17.75 mg/l
Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )	7.74 mg/l
Nitrit ( $\text{NO}_2$ )	< 0.002 mg/l
Ph	$8.01 \pm 0.5$
Elektriki İletkenlik	276 $\mu\text{s}$
Askıda Katı Madde	-
Karbonat	120 mg/l
Bikarbonat	146.4 mg/l
Bor	0.17 mg/l
Sertlik	10 Fr
Demir	< 0.2

### 3.1.3. Suyun filtrasyon sistemi

Klorun giderilmesi için su, ana borudan 1 tonluk plastik bir tanka verilmiştir. İçerisine hava taşı konularak oksijen düzeyinin artması sağlanmıştır. Su içerisinde oluşan kirliliğin tankın dip kısmına çökmesi sağlanmış ve tankın üst kısmından araştırma kaplarına tahliye edilmesi gerçekleştirilmiştir (Esenbuğa 2013).

### 3.1.4. Araştırma tankları

Araştırmada 1 m çap ve 1 m derinliği olan, su tahliyesi eğik boru sistemiyle yapılan fiberglas tanklar kullanıldı (Atamanalp 2000; iltaş 2000). Balıkların sıçramasını önlemek için tankların üzeri ağlarla kapatıldı. Ayrıca tankların tabanında bulunan plastik süzgeçler vasıtasıyla ve tanklar üzerinde bulunan eğik borular yardımı ile günde iki kere sifonlama yapıldı.



Şekil 3.2. Araştırma tankları

### 3.1.5. Balık materyali

Balık materyali, Atatürk Üniversitesi Su rnleri Fakültesi İçsu Balıkları Uygulama ve Araştırma Merkezi'nden temin edilmiştir. 36 adet, balık ağırlığı  $165\pm 10$  gr olan herhangi bir enfeksiyon ya da toksisiteye maruz kalmamış gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kullanılmıştır. Balıklar Su rnleri Fakültesi toksikoloji araştırma ünitesinde yer alan deneme tanklarına alındı. Tanklardan biri kontrol diğer iki

tank ise muamele grubu olarak belirlendi, her tanka  $165 \pm 10$  gr olmak üzere 12 balık gelecek şekilde balıklar yerleştirildi.

### **3.1.6. Kimyasal materyali**

Çalışmada diklorofenoksi asetik asit isimli herbisit kullanılmıştır. Bu herbisit ticari firmadan temin edilmiştir. Etkili maddesi; 500 g/l 2,4-D asite eşdeğer 2,4 diklorofenoksi asetik asit dimethyl amin tuzudur.

## **3.2. Metot**

### **3.2.1. Su dağıtım düzeni**

Normal içme şebekesinden alınan su filtrasyona tabi tutulup, daha sonra bu suda oluşabilecek muhtemel gazları uçurabilmek için 24 metrelik kanaldan geçirerek plastik içme suyu borularına aktarıldı. Daha sonra bu sudaki çözünmüş oksijen miktarını artırmak için sular yuvarlak şekilli şelale sisteminden akıtılarak tanklara verildi. Filtre sistemine giren ve tanklara dağılan su miktarını sabitlemek için suyun ilk girişine ve su çıkışlarına  $\frac{1}{2}$ 'lik küresel vanalar yerleştirildi.

### **3.2.2. Deney balıklarının bakım ve beslenmesi**

Denemeye alınan balıklara %45 proteinli, ticari alabalık yemi sabah ve akşam olmak üzere günde iki kere verildi. Tanklar, tahliye borusu yardımıyla her gün sifonlanarak yem artığı, dışkı vs'nin tankta birikerek problem oluşturması engellendi.

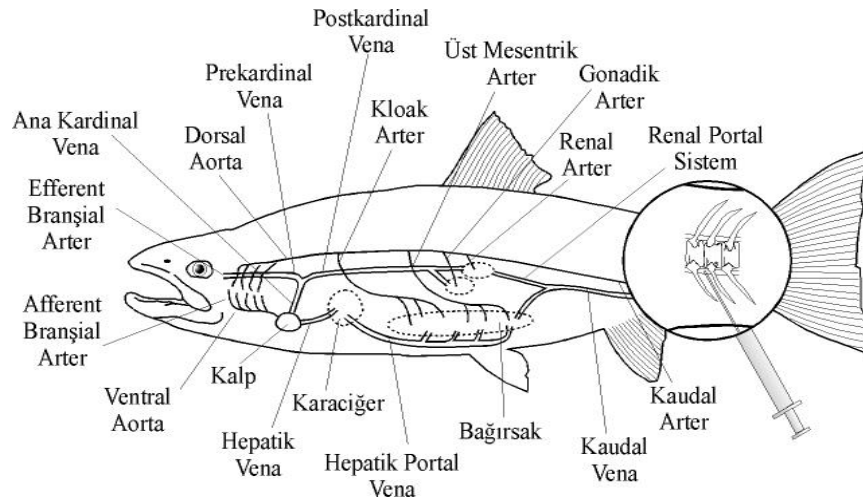
### **3.2.3. Pestisitlerin uygulanma şekilleri**

Balıklar 14 günlük bir aklimasyon periyodundan sonra akut olarak pestisit 2 farklı dozuna maruz bırakılmıştır. Deneme 2 uygulama 1 kontrol olmak üzere 3 gruptan

oluşmuştur. Uygulama dozu LC<sub>50</sub> 96 saat değerlerinden yararlanılmış ve tanklardan her birine bu dozun ½'si (0,25 mg/lt) (D1) ve diğerine ¾'ü (0,50 mg/lt) (D2) uygulanmıştır. Su hacmi belirlenmiş tanklara ortamı yenilenen deneyler prosedürüne göre (Ünsal 1998) 24 saatte bir bu dozu oluşturacak konsantrasyonlar biçiminde uygulanmıştır. Hem ortamın yenilenmesi süresince hemde yemleme, sifon, gibi işlemler sırasında deneklerin strese girmemesine ve zarar görmemesine dikkat edilmiştir (Atamanalp 2003).

### 3.2.4. Kan örneklerinin alınması

Balıkların kan örnekleri, anüs yücgecinin hemen arka kısmından, kana mukoza karışmaması için iyice kurulanıp temizlendikten sonra 10 ml'lik 21 numara iğneli plastik enjektörle kaudal venadan girilerek yaklaşık 4 ml civarında alındı (Greene and Selivonchick 1990; Peutz *et al.* 1996; Knoph and Thorud 1996; Val *et al.* 1998; Atamanalp 2000; Çiltaş 2000; Girgin 2003). Örnekler kan parametrelerinin analizi için heparin içeren kan tüplerine alındı. Kan örnekleride hiç bekletilmeden 24 saat içerisinde incelendi. Balıklardan kanın alındığı bölge Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Her gruptaki balıkların tümünden kan örnekleri alındı ve çalışıldı.



Şekil 3.3. Balıklardan kanın alındığı bölge (Çiltaş 2000)

### 3.2.5. Kan parametreleri analizleri

#### 3.2.5.a. Hemoglobinin miktarının tayini

Cyanmethemoglobin metodu: 0,02 ml kan örneği 5 ml drabkin solüsyonuyla karıştırılarak yavaş hareketlerle alt üst edilmiş ve homojen bir karışım sağlanmıştır.

Hemoglobinin Cyanmethemoglobine tam olarak dönüşmesi için 10 dk. beklenmiş, daha sonra dipteki çökelti bir kürdanla çıkarılarak atılmıştır. Spektrofotometrede 540 nm’de transmittans (%T) değeri ölçülerek elde edilen değere karşılık gelen hemoglobin miktarı standart tablodan bakılarak tespit edilmiş ve g/100 cm<sup>3</sup> olarak yazılmıştır (Çizelge 3.2) (White *et al.* 1976; Çiltaş 2000).

**Çizelge 3.2.** Cyanmethemoglobin metoduyla hemoglobinin tayini

%T	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20									20,5	20,2
30	19,4	18,9	18,4	17,9	17,5	16,9	16,6	16,0	15,6	15,2
40	14,8	14,3	13,9	13,6	13,2	12,9	12,5	12,1	11,9	11,5
50	11,2	10,8	10,5	10,2	9,9	9,7	9,3	9,1	8,8	8,6
60	8,2	8,0	7,7	7,5	7,2	6,9	6,7	6,5	6,2	6,0
70	5,8	5,6	5,3	5,0	4,9	4,7	4,5	4,1	4,0	3,8
80	3,6	3,4	3,2	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,9
90	1,7									

\*Not: Transmittans değerini tablodan bulurken tam rakamlar (10, 20, 30...) ilk sütundan, virgülden sonraki kısımlar ise ilk satırdan bulunur. Bu iki değer çakıştığı nokta hemoglobinin değeridir.

### **3.2.5.b. Hematokrit miktarının tayini**

Hematokrit tayininde mikro hematokrit metodu uygulandı. Kan örnekleri 1,1 mm çaplı, 7 mm uzunluğundaki mikrohematokrit tüplerine alındıktan sonra tüpün bir ucu cam macunıyla kapatılarak hematokrit santrifüjde 10500 rpm devirde 5 dk. santrifüj edildikten sonra bulunan değer skaladan okundu ve toplam kanın %'si olarak kaydedildi (Blaxhall and Daisley 1973; Jones and Pearson 1976; Atamanalp vd 2002; Girgin 2003).

### **3.2.5.c. Eritrositlerin çökme hızı**

Eritrosit çökme oranının tespitinde antikoagülanlı kan örnekleri 1,1-1,2 mm çapında ve 7 cm uzunluğundaki hematokrit tüplerine alındı. 1 saat süreyle dik pozisyonda ( $90^0$ ) bekletildikten sonra ayrılan serum kısmı milimetrik kağıt veya cetvel yardımıyla ölçüldü. Sonuç mm/saat cinsinden okundu (Parlak 2016).

### **3.2.5.d. Eritrosit sayısının tespiti**

Eritrosit pipetiyle 0,5 çizgisine kadar çekilen taze kan, 101 çizgisine kadar dacie's solüsyonuyla tamamlanarak 1/200 oranında sulandırıldı. İyiçe çalkalanan karışım, 1-2 dk. boyanmaya bırakıldı. Homojenize olmamış ilk 4-5 damla pipetten boşa akıtıldıktan sonra thoma lamının kamarasına koyuldu. Thoma lamı üzerinden mikroskopta  $1/5 \text{ mm}^2$  sayılarak çıkan sayı  $10^6/\text{mm}^3$  cinsinden hesaplandı (Blaxhall and Daisley 1973; Atamanalp 2000; Girgin 2003).

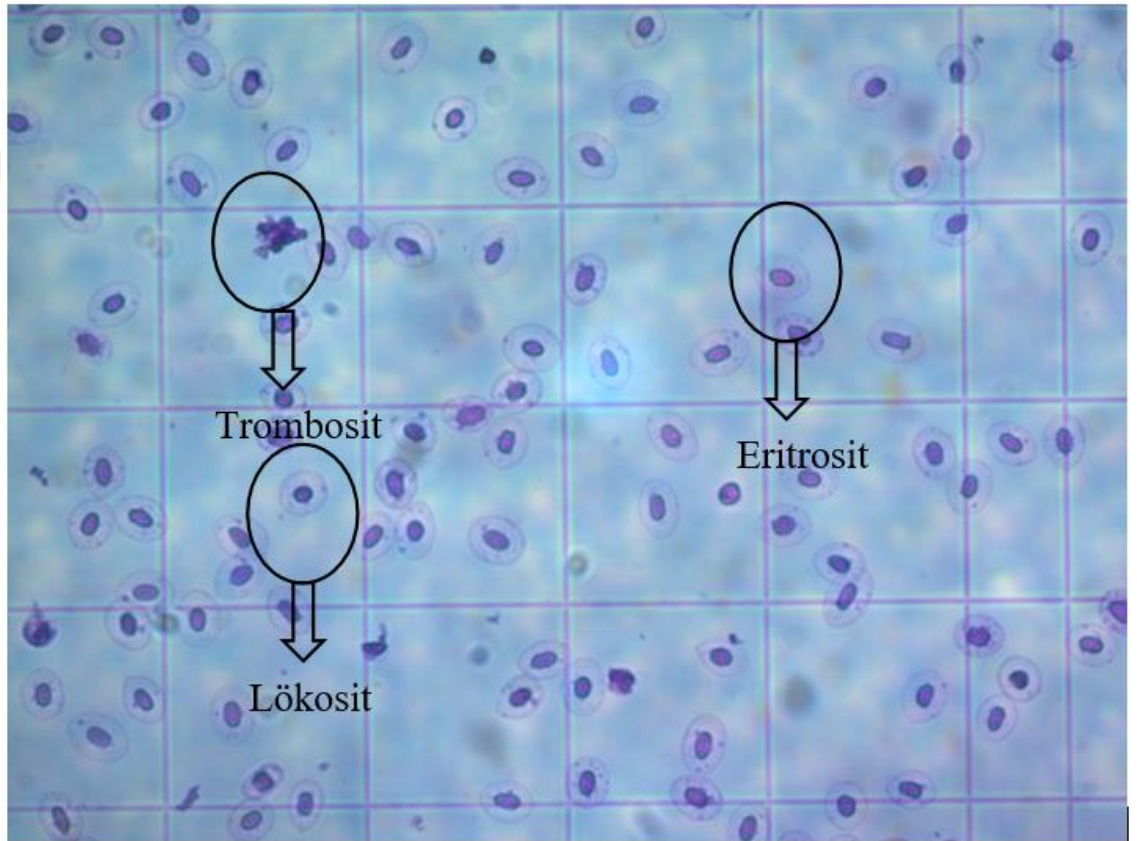
### **3.2.5.e. Lökosit sayısının tespiti**

Eritrosit sayısının tespitindeki metotun aynısını uyguladıktan sonra lökositler için  $4 \text{ mm}^2$ , sayının az bulunduğu durumlarda ise  $9 \text{ mm}^3$  olarak sayıldı. Bulunan sonuç  $10^3/\text{mm}^3$  cinsinden hesaplandı (Blaxhall and Daisley 1973).



### 3.2.5.f. Trombosit sayısının tespiti

Eritrosit sayısının tespitindeki metot kullanılarak tüm kareler sayıldı ve bulunan sonuç  $10^3/\text{mm}^3$  cinsinden hesaplandı (Mawdesley-Thomas 1972; Kocabatmaz ve Ekingen 1977, 1984; Satake *et al.* 1986; Reddy and Bashamohideen 1989).



Şekil 3.4. Kan hücrelerinin ışık mikroskopundaki orijinal görüntüsü.

### 3.2.5.g. Elde edilen analiz sonuçlarından diğer parametrelerin hesaplanması

Kırmızı kan hücrelerinin ortalama hacmi (MCV) formülü

$$MCV = \frac{Hct}{RBC} \times 10^6$$

MCV: Eritrositlerin Ortalama Hacmi ( $\mu\text{m}^3$ )

RBC: Eritrosit Sayısı ( $10^6/\text{mm}^3$ )

Hct: Hematokrit Değeri (%)

Kırmızı kan hücrelerinde bulunan ortalama hemoglobin (MCH) formülü

$$\text{MCH} = \frac{\text{Hb}}{\text{RBC}}$$

MCH: Eritrositlerde bulunan ortalama hemoglobin ( $\mu\text{g}/\text{hücre}$ )

RBC: Eritrosit Sayısı ( $10^6/\text{mm}^3$ )

Hb: Hemoglobin Miktarı (g/100 ml)

Eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin konsantrasyonu (MCHC) formülü

$$\text{MCHC} = \frac{\text{Hb}}{\text{Hct}}$$

MCHC: Eritrosit Başına Düşen Ortalama Hemoglobin Konsantrasyonu (g/100 ml)

Hb: Hemoglobin Miktarı (g/100 ml)

Hct: Hematokrit Değeri (%)

(Mawdesley-Thomas 1972; Kocabatmaz ve Ekingen 1977, 1984; Satake *et al.* 1986; Reddy and Bashamohideen 1989; Girgin 2003).

### **3.2.6. Enzim aktivite ölçümleri**

#### **3.2.6.a. Eritrosit Homojenat hazırlanması**

Eritrosit örneklerinde oksidatif stres parametrelerinin çalışılması amacıyla heparin içeren tüplere yaklaşık 4-5 ml kan örneği alınır. Bunun için kan örnekleri hemen 4°C’de 2000 rpm’de 5 dakika santrifüj edilir. Plazma kısmı uzaklaştırıldıktan sonra geride kalan şekilli elemanlar üzerine hacminin üç katı kadar %0.9’luk NaCl solüsyonu ilave edilerek hafifçe ters yüz edilir ve 4°C’de 5 dakika santrifüj edilerek üstteki süpernatant atılır. Bu işlem iki defa daha tekrar edilir hacim 3 katı soğuk su ile tamamlanarak vortekslenmiştir. Elde edilen bu eritrosit hemolizatları -70°C’de derin dondurucuda analiz yapılincaya kadar saklanır (Arsova *et al.* 2009).

#### **3.2.6.b. Katalaz (CAT) aktivitesinin ölçümü**

Katalaz aktivitesinin ölçümünde Aebi (1984) metodundan yararlanılmıştır. Prensip hidrojen peroksidin ( $H_2O_2$ ) katalaz enzimi tarafından yakılmasına dayanmaktadır. Reaksiyonun tespiti, spektrofotometrede 240 nm’de ölçüm yapılarak belirlenmiştir. Absorbans miktarında meydana gelen azalış hızı katalaz aktivitesi ile ilişkilendirilmektedir.

#### **3.2.6.c. Süperoksit dismutaz enzim aktivitesinin ölçümü (SOD)**

Enzimatik reaksiyon sonucunda ortaya çıkan serbest oksijen radikallerinin, ortamda var olan nitro blue tetrazolium (NBT)’u indirgemesi esnasında, numunede var olan süperoksit dismutaz (SOD, EC 1.15.1.1) enziminin serbest radikalleri engellemesi prensibine dayanan yöntemdir. Ksantin oksidaz enzimatik reaksiyonu ile süperoksit radikalleri ortaya çıkar. NBT ile üretilen süperoksit radikalleri reaksiyona uğrayarak formazan (mor) boya ortaya çıkarır. Renk değişimi reaksiyon sonucu görülür ve spektrofotometrede 560 nm’de ölçülür.

Kör ve numuneler ependorf tüpler içerisinde hazırlanarak 20 dk oda sıcaklığında bekletilir. Daha sonra reaksiyonu durdurmak için 500 µl CuCl<sub>2</sub> ilave edilerek spektrofotometrede okuma işlemi yapılır ve spesifik aktivite (EU/mg protein) hesaplanır (Sun *et al.* 1988).

#### **3.2.6.d. GPx enzim aktivitesinin ölçümü**

Glutasyon (GSH), hidrojen peroksit tarafından indirgenir ve GPx aracılığı ile okside glutatyona (GSSG) yükseltgenir. Bu işlem sonrasında ters yönde GSSG'nin glutasyon redüktaz enzimi ile tekrar GSH'a indirgenmesi sırasında ortamda yer alan NADPH (nikotinamid adenin dinükleotid fosfat) kullanılır. GPx aktivitesi, NADPH'in NADP<sup>+</sup>'ye yükseltgenmesi esnasındaki absorbandsdaki değişimin 340 nm'de ölçülmesiyle hesaplama yapılır (Beutler 1975).

#### **3.2.6.e. Lipid peroksidasyonun ölçümü (MDA)**

Zincirleme reaksiyon olan lipid peroksidasyon ile sekonder bir ürün olan MDA oluşur. MDA önemli bir parametre olup lipid peroksidasyonun belirlenmesinde kullanılır. MDA, tiyobarbitürik asit (TBA) ile 95 °C'de aerobik şartlarda inkübasyona girer ve sonuçta pembe renkli bir kompleks oluşturur, oluşan bu kompleks spektrofotometrede 532 nm dalga boyunda ölçülür (Luo 1999).

#### **3.2.6.f. Protein miktarı ölçüm yöntemi**

Enzim çözeltilerinin kantitatif protein miktarının ölçülmesinde Bradford (1976) yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde boya olarak kullanılan Coomassie Brilliant Blue G250, negatif bir yüke sahiptir ve protein üzerindeki pozitif yüke bağlanır. Boyanın kırmızı ( $\lambda_{max}=465$  nm) ve mavi ( $\lambda_{max}=595$  nm) formu mevcuttur. Boyanın proteine bağlanması, kırmızı formun mavi forma dönüşmesini sağlar. Bradford yönteminde, sıgır serum albümini (BSA) kullanılarak elde edilen standart grafik yardımıyla her bir numunedeki protein miktarı BSA'ya eşdeğer olarak bulunur.

### 3.2.6.g. İstatistik analizler

Verilerin değerlendirilmesinde SPSS 19.0 istatistik paket programından yararlanılmıştır. Çalışma sonunda gruplara ait elde edilen veriler ANOVA testine tabi tutulmuştur. Farklı bulunan ortalama gruplarının kontrolünde LSD testi kullanılmıştır (Yıldız ve Bircan 1994; Parlak 2016).



## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1. Hematoloji Parametrelerine Ait Bulgular

#### 4.1.1. Hemoglobinin miktarına ait bulgular

2,4-D herbisitine maruz bırakılan gökkuşuğu alabalığının hemoglobin miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Varyans analizi tablosu incelendiğinde, modele dahil edilen doz etkisinin hemoglobin miktarı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). Çalışmada kullanılan 2,4-D dozlarının her ölçüm zamanında elde edilen hemoglobin ortalama  $\pm$  SH değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Ayrıca, tüm dozlara ve ölçüm zamanlarına ait hemoglobin miktarlarının ortalama  $\pm$  SH değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir. Hemoglobin miktarı üzerinde etkili olan doz ve zaman etkisinin hemoglobin miktarına etkisi Şekil 4.1’de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Hemoglobinin Miktarına Ait Varyans Analiz Tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Toplamı (KT)	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Zaman	3	0,088	0,029	0,100	0,959
Doz	2	3,053	1,527	5,244	0,011 *
Doz*Zaman İnt.	6	1,630	0,272	0,933	0,485
Hata	33	9,607	0,291		
Genel	44	14,592			

\* Önemli ( $p<0,05$ ), \*\* Çok önemli ( $p<0,01$ )

**Çizelge 4.2.** Hemoglobinin miktarlarının zamansal olarak değişimi ortalama  $\pm$  SH değerleri (g/100ml)

Zamanlar↓ (saat)	Dozlar→ (g100 ml <sup>-1</sup> )	Kontrol	Doz1	Doz2
0		6,900 $\pm$ 0,312	6,567 $\pm$ 0,312	6,967 $\pm$ 0,312
24		6,300 $\pm$ 0,312	7,200 $\pm$ 0,312	7,267 $\pm$ 0,312
48		6,233 $\pm$ 0,312	6,933 $\pm$ 0,312	7,233 $\pm$ 0,312
96		6,600 $\pm$ 0,220	6,767 $\pm$ 0,220	7,233 $\pm$ 0,220

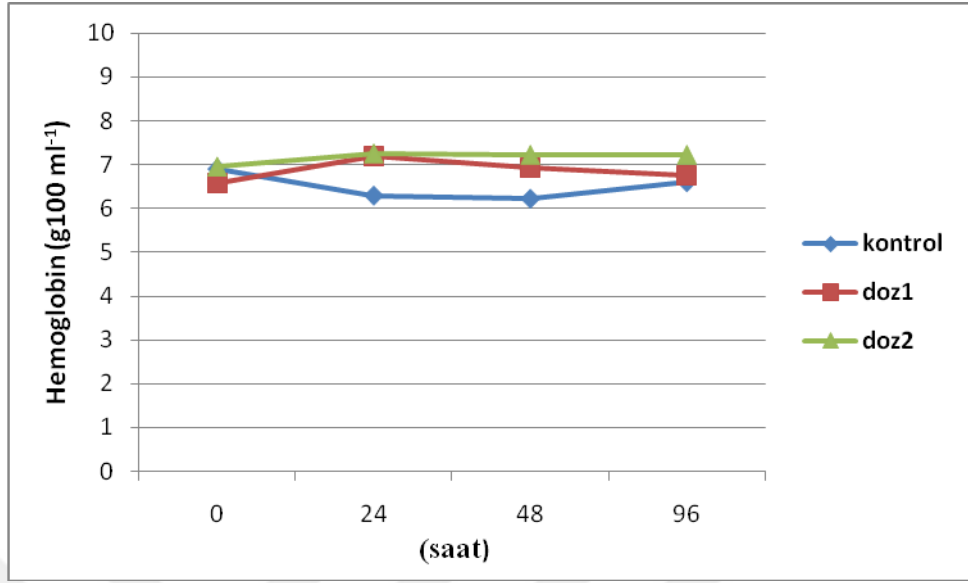
Doz x zaman interaksiyonunda aynı zaman seviyesi içinde uygulanan farklı uygulama ortalamaları ile aynı uygulama içinde farklı zaman seviye ortalamalarının karşılaştırılması neticesinde değişkenler arasında hemoglobin miktarı bakımından önemli fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

**Çizelge 4.3.** Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için hemoglobin miktarına ait ortalama  $\pm$  SH değerleri

<b>Hemoglobin Miktarı (g/100 ml)*</b>	
<b>Muamele</b>	*Önemli ( $p<0,05$ ), **Çok önemli ( $p<0,01$ )
K	6,508 $\pm$ 0,146 <sup>b</sup>
D <sub>1</sub> (0,25 mg/lt)	6,867 $\pm$ 0,146 <sup>ab</sup>
D <sub>2</sub> (0,50 mg/lt)	7,175 $\pm$ 0,146 <sup>a</sup>
<b>Saat</b>	*Önemli ( $p<0,05$ ), **Çok önemli ( $p<0,01$ )
0	6,811 $\pm$ 0,180 <sup>a</sup>
24	6,922 $\pm$ 0,180 <sup>a</sup>
48	6,800 $\pm$ 0,180 <sup>a</sup>
96	6,867 $\pm$ 0,127 <sup>a</sup>

\*Önemli ( $p<0,05$ ), \*\*Çok önemli ( $p<0,01$ )

Kontrol grubunda 6,508 $\pm$ 0,146 g 100 ml<sup>-1</sup> olan hemoglobin miktarı Doz-1 uygulamasında 6,867 $\pm$ 0,146 FSH seviyesine ve Doz-2 uygulamasında ise 7,175 $\pm$ 0,146 g 100 ml<sup>-1</sup> seviyesine yükselmiştir. Doz miktarının artması hemoglobin miktarında artışa sebep olmuştur. Diğer taraftan ölçüm zamanına göre hemoglobin miktarı g 100 ml<sup>-1</sup> olarak 0. saatte 6,811 $\pm$  0,180 düzeyinde iken 24. saatte 6,922 $\pm$ 0,180 düzeyine yükselmiş, 48. saatte 6,800 $\pm$ 0,180'e düşerken 96. saatte 6,867 $\pm$ 0,127 miktarına yükselmiştir.



**Şekil 4.1.** Doz ve zaman interaksiyonunun hemoglobin miktarına etkisi

#### 4.1.2. Hematokrit miktarına ait bulgular

2,4-D pestisitine maruz bırakılan gökkuşacağı alabalığının hematokrit miktarına ait varyans analizi sonuçları çizelge 4.4’de verilmiştir. Çizelge 4.4 incelendiğinde, modele dahil edilen zaman ( $p < 0.01$ ), doz ( $p < 0.05$ ) ve doz x zaman ( $p < 0.01$ ) interaksiyon ( $p < 0.01$ ) etkilerinin hematokrit değerleri üzerinde etkili olduğu saptanmıştır. 2,4-D dozlarının tüm ölçüm zamanlarındaki hematokrit miktarlarının ortalama  $\pm$  SH değerleri Çizelge 4.5’de, tüm dozlar ve ölçüm zamanlarına ait hematokrit miktarlarının ortalama  $\pm$  SH değerleri ise Çizelge 4.6’da verilmiştir. Doz ve zaman interaksiyonunun hematokrit miktarına etkisi ise Şekil 4.2’de verilmiştir.

**Çizelge 4.4.** Hematokrit miktarına ait varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Zaman	3	919,133	306,378	10,017	0,000**
Doz	2	242,206	121,103	3,959	0,029*
Doz*Zaman İnt.	6	1206,60	201,100	6,575	0,000**
Hata	33	1009,33	30,585		
Genel	44	3591,41			

\* Önemli ( $p < 0,05$ ), \*\* Çok önemli ( $p < 0,01$ )



**Çizelge 4.5.** Hematokrit miktarlarının zamansal olarak değişimi ortalama  $\pm$  SH değerleri (%)

Zamanlar↓ (saat)	Dozlar→ (%)	Kontrol	Doz-1	Doz-2
0		57,000 $\pm$ 3,193 <sup>AB</sup> <sub>b</sub>	54,333 $\pm$ 3,193 <sup>B</sup> <sub>ab</sub>	64,667 $\pm$ 3,193 <sup>A</sup> <sub>a</sub>
24		67,000 $\pm$ 3,193 <sup>A</sup> <sub>a</sub>	54,000 $\pm$ 3,193 <sup>B</sup> <sub>ab</sub>	65,667 $\pm$ 3,193 <sup>A</sup> <sub>a</sub>
48		57,000 $\pm$ 3,193 <sup>A</sup> <sub>b</sub>	62,500 $\pm$ 3,193 <sup>A</sup> <sub>a</sub>	45,667 $\pm$ 3,193 <sup>B</sup> <sub>b</sub>
96		59,333 $\pm$ 2,258 <sup>A</sup> <sub>ab</sub>	48,667 $\pm$ 2,258 <sup>B</sup> <sub>b</sub>	44,000 $\pm$ 2,258 <sup>B</sup> <sub>b</sub>

LSD<sub>(doz x zaman int)</sub>=9.17 A, B→ a, b, c↓

A, B→ aynı zaman seviyesi içinde uygulanan farklı uygulama ortalamalarının karşılaştırılması.

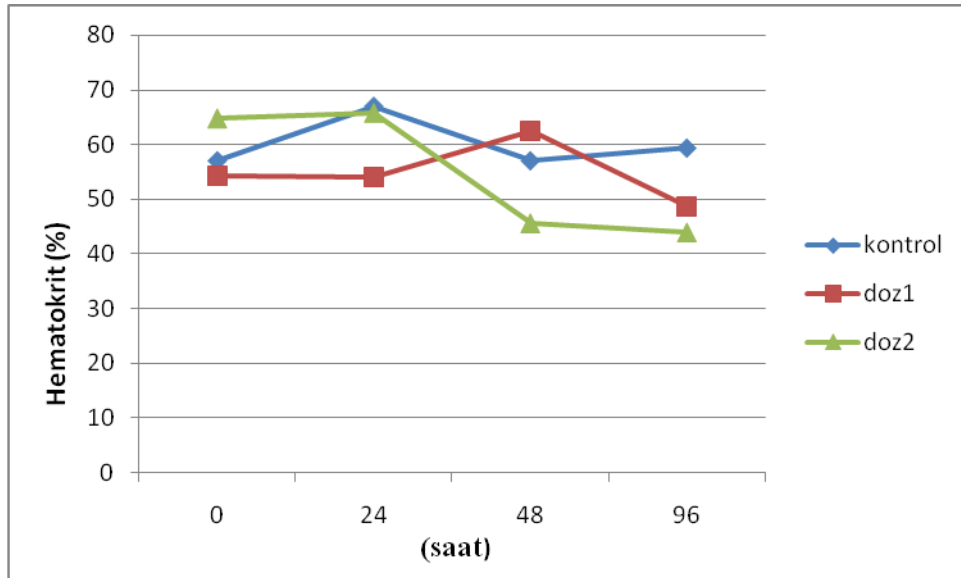
a, b, c↓ aynı uygulama içinde farklı zaman seviye ortalamalarının karşılaştırılması.

0. saatte Doz-1 ve Doz-2 arasındaki fark önemli bulunurken ( $p < 0,05$ ), kontrol ile diğer grup ortalamaları arasında fark bulunmamıştır. 24. saatte hematokrit bakımından kontrol ile Doz-1 arasında fark bulunmuş ( $p < 0,05$ ), 24. saatte Doz-2 ile kontrol grubunda, 48. saatte kontrol ile Doz-1 arasında hematokrit açısından önemli fark bulunmamıştır. Oysa Doz-2 uygulanan balıkların hematokrit ortalaması diğer uygulamalardan farklı bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). 96. saatte kontrol ile diğer uygulamalar arasında önemli fark bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Ancak 96. saatte Doz-1 ve Doz-2 arasında önemli fark bulunmamıştır. Kontrol grubunda 24. saatte hematokrit en yüksek düzeye ulaşmıştır ancak kontrol grubunda 0 ile 48. ve 24. ile 96. saatler arasında fark bulunmamıştır. Doz-1 uygulanan balıkların hematokrit düzeyi ile ilgili olarak 0 ile 24, 0 ile 48 ve 0 ile 96. saatler arasında fark bulunmamıştır. Ancak Doz-1 grubunda 48 ila 96. saatler arasında fark bulunmuş ve bu fark 48. saatte en yüksek düzeye ulaşmıştır. Doz-2 uygulanan balıkların hematokrit düzeyleri ile ilgili olarak 0 ile 24 ve 48 ile 96. saatler arasında fark bulunmamış ancak 0 ile 48, 0 ile 96, 24 ile 48 ve 24 ile 96. saatler arasında önemli fark bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Doz-2 uygulamasındaki en yüksek hematokrit düzeyi 24. saatte gerçekleşmiştir.

**Çizelge 4.6.** Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için hematokrit miktarlarının ortalama  $\pm$  SH değerleri

Hematokrit Miktarı (%)	
Muamele	*Önemli (p<0,05), **Çok önemli (p<0,01)
K	60,083 $\pm$ 1,493 <sup>a</sup>
D <sub>1</sub> (0,25 mg/lt)	54,875 $\pm$ 1,493 <sup>b</sup>
D <sub>2</sub> (0,50 mg/lt)	55,000 $\pm$ 1,493 <sup>c</sup>
Saat	*Önemli (p<0,05), **Çok önemli (p<0,01)
0	58,667 $\pm$ 1,843 <sup>ab</sup>
24	62,222 $\pm$ 1,843 <sup>a</sup>
48	55,056 $\pm$ 1,843 <sup>bc</sup>
96	50,667 $\pm$ 1,304 <sup>c</sup>

Kontrol grubunda 60,083 $\pm$ 1,493 olan hemotokrit miktarı Doz-1 uygulamasında %54,875 seviyesine düşerken Doz-2 uygulamasında ise %55 seviyesine yükselmiştir. Doz miktarının artırılması hematokrit miktarında önce azalışa ve daha sonra ise artışa sebep olmuştur. Ölçüm zamanına göre %hematokrit mitarı 0. saatte 58,667 $\pm$ 1,843 düzeyinden 24. saatte 62,222 $\pm$ 1,843 düzeyine yükselirken 48. saatte 55,056 $\pm$ 1,843 ve 96. saatte ise 50,667 $\pm$ 1,304 düzeyine düşmüştür.



**Şekil 4.2.** Doz ve zaman interaksiyonunun hematokrit miktarına etkisi

#### 4.1.3. Eritrosit sayısına ait bulgular

2,4-D pestisiti uygulanan gökkuşuğu alabalığının eritrosit sayısına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.7’de sunulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde, eritrositin zaman ve doz uygulamasından etkilendiği belirlenmiştir ( $p<0.01$ ). 2,4-D dozlarının tüm ölçüm zamanlarındaki eritrosit sayısının ortalama  $\pm$  SH değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Bununla birlikte, tüm dozlar ve ölçüm zamanları için eritrosit sayısının ortalama  $\pm$  SH değerleri de Çizelge 4.9’da verilmiştir. Doz ve zaman interaksyonunun eritrosit sayısına etkisi ise Şekil 4.3’de verilmiştir.

**Çizelge 4.7.** Eritrosit sayısına ait varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Zaman	3	2,101	0,700	4,717	0,008**
Doz	2	3,133	1,566	10,548	0,000**
Doz*Zaman İnt.	6	1,311	0,219	1,472	0, 218
Hata	33	4,900	0,148		
Genel	44	11,812			

\*Önemli ( $p<0,05$ ), \*\* Çok önemli ( $p<0,01$ )

**Çizelge 4.8.** Eritrosit sayısının zamansal olarak değişimi ortalama  $\pm$  SH değerleri

Zamanlar↓ (saat)	Dozlar→ ( $10^6\text{mm}^{-3}$ )	Kontrol	Doz-1	Doz-2
0		1,963 $\pm$ 0,222	2,053 $\pm$ 0,222	2,327 $\pm$ 0,222
24		2,100 $\pm$ 0,222	2,713 $\pm$ 0,222	2,940 $\pm$ 0,222
48		2,423 $\pm$ 0,222	2,600 $\pm$ 0,222	3,307 $\pm$ 0,222
96		2,057 $\pm$ 0,157	2,880 $\pm$ 0,157	2,640 $\pm$ 0,157

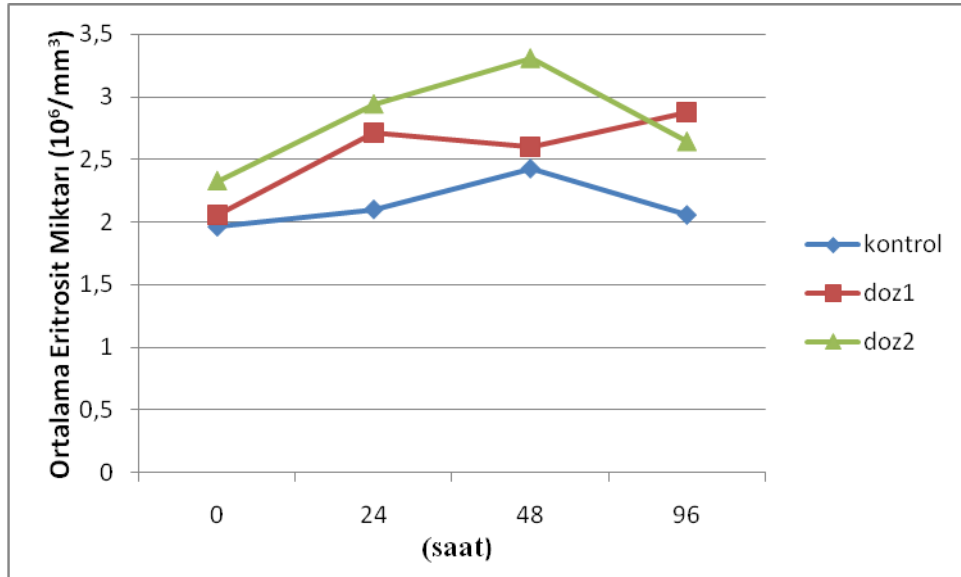
Doz x zaman interaksyonunda aynı zaman seviyesi içinde uygulanan farklı uygulama ortalamaları ile aynı uygulama içinde farklı zaman seviye ortalamalarının karşılaştırılması neticesinde değişkenler arasında eritrosit sayısı bakımından önemli fark bulunmamıştır.

**Çizelge 4.9.** Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için eritrosit sayısının ortalama  $\pm$  SH değerleri

Eritrosit Sayısı ( $10^6/\text{mm}^3$ )	
Muamele	* Önemli ( $p<0,05$ ), ** Çok önemli ( $p<0,01$ )
K	$2,136\pm 0,104^b$
D <sub>1</sub> (0,25 mg/lt)	$2,562\pm 0,104^a$
D <sub>2</sub> (0,50 mg/lt)	$2,803\pm 0,104^a$
Saat	* Önemli ( $p<0,05$ ), ** Çok önemli ( $p<0,01$ )
0	$2,114\pm 0,128^b$
24	$2,584\pm 0,128^a$
48	$2,777\pm 0,128^a$
96	$2,526\pm 0,091^a$

\* Önemli ( $p<0,05$ ), \*\* Çok önemli ( $p<0,01$ )

Kontrol grubuna göre her iki doz uygulaması sonucunda eritrosit sayısı artış göstermiştir. Zaman bakımından ise 48. saate kadar eritrosit sayısı artarken 96. saatte ise azalma gözlemlenmiştir.



**Şekil 4.3.** Doz ve zaman interaksiyonunun eritrosit sayısına etkisi

#### 4.1.4. Lökosit sayısına ait bulgular

2,4-D, gökkuşağı alabalığına uygulandıktan sonra lökosit sayısına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.10’da verilmiştir. Lökosit sayısına ait varyans analiz tablosu incelendiğinde, etkisi test edilen zaman, doz ve doz x zaman interaksiyon etkilerinin lökosit sayısı üzerinde etkili olduğu gözlenmiştir ( $p<0.01$ ). 2,4-D dozlarının tüm ölçüm zamanlarındaki lökosit sayısına ait ortalama  $\pm$  SH değerleri Çizelge 4.11’de, tüm dozlar ve ölçüm zamanları için lökosit sayısının ortalama  $\pm$  SH değerleri de Çizelge 4.12’de verilmiştir. Doz ve zaman interaksiyonunun lökosit sayısına etkisi ise Şekil 4.4’de verilmiştir.

**Çizelge 4.10.** Lökosit sayısına ait varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Zaman	3	8,960	2,987	20,114	0,000**
Doz	2	11,151	5,576	37,550	0,000**
Doz*Zaman İnt.	6	9,403	1,567	10,554	0,000**
Hata	33	4,900	0,148		
Genel	44	36,698			

\*Önemli ( $p<0,05$ ), \*\* Çok önemli ( $p<0,01$ )

**Çizelge 4.11.** Lökosit sayısının zamansal olarak değişimi ortalama  $\pm$  SH değerleri

Zamanlar↓ (saat)	Dozlar→ ( $10^4\text{mm}^{-3}$ )	Kontrol	Doz-1	Doz-2
0		2,633 $\pm$ 0,222 <sup>B<sub>b</sub></sup>	3,233 $\pm$ 0,222 <sup>B<sub>b</sub></sup>	4,033 $\pm$ 0,222 <sup>A<sub>bc</sub></sup>
24		3,200 $\pm$ 0,022 <sup>B<sub>b</sub></sup>	3,600 $\pm$ 0,222 <sup>B<sub>b</sub></sup>	5,400 $\pm$ 0,222 <sup>A<sub>a</sub></sup>
48		4,400 $\pm$ 0,222 <sup>A<sub>a</sub></sup>	4,700 $\pm$ 0,222 <sup>A<sub>a</sub></sup>	4,600 $\pm$ 0,222 <sup>A<sub>b</sub></sup>
96		2,533 $\pm$ 0,157 <sup>C<sub>b</sub></sup>	4,467 $\pm$ 0,157 <sup>A<sub>a</sub></sup>	3,766 $\pm$ 0,157 <sup>B<sub>c</sub></sup>

LSD<sub>(doz x zaman int)</sub>=0.6391 A, B→ a, b, c↓

A, B→ aynı zaman seviyesi içinde uygulanan farklı uygulama ortalamalarının karşılaştırılması.

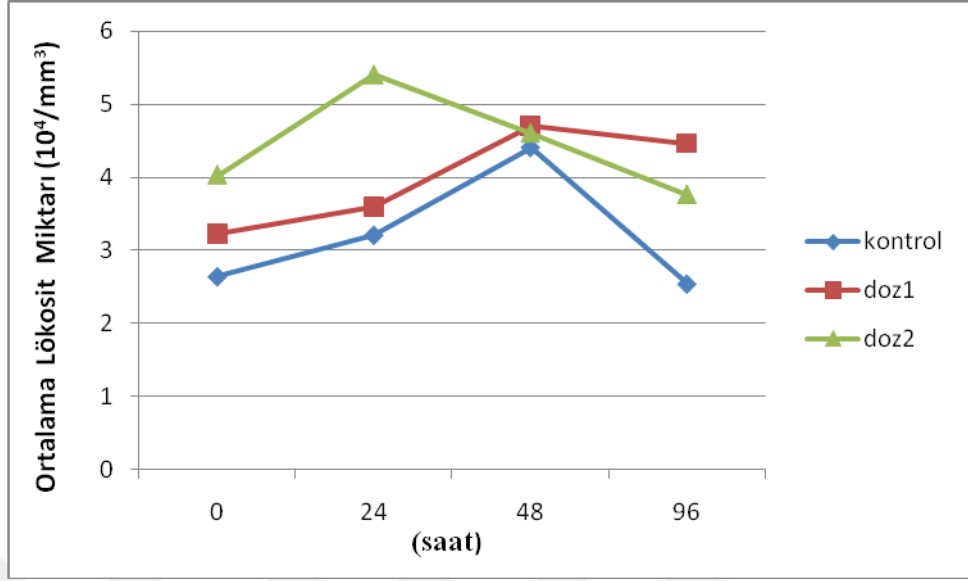
a, b, c↓ aynı uygulama içinde farklı zaman seviye ortalamalarının karşılaştırılması

0. saatte Doz-1 ve Doz-2 arasındaki fark önemli bulunurken ( $p<0,05$ ), kontrol ile Doz-1 arasında fark bulunmamıştır. 24. saatte hematokrit bakımından kontrol ile Doz-2 arasında fark bulunmuş ( $p<0,05$ ), 24. saatte Doz-1 ile kontrol grubu arasında, 48. saate ise bütün grup ortalamaları arasında fark bulunmamıştır. 96. saatte kontrol grubu ile diğer doz grupları arasında önemli fark bulunmuş olup en yüksek eritrosit sayısı Doz-1 grubunda tespit edilmiştir. Zamanlar bakımından kontrol grubunda 0, 24 ve 96. saatler arasında fark bulunmazken 48. saat ile diğer saatler arasında lökosit sayısı bakımından önemli fark bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Doz-1 grubunda 0 ile 24 ve 48 ile 96. saatler arasında fark bulunmazken 0 ile 48 ve 96. saatler ile 24 ile 48 ve 96. saatler arasında önemli fark bulunmuştur. Doz-2 grubunda 24, 48 ve 96. saatler arasında önemli fark bulunurken ( $p<0,05$ ), 0 ile 48 ve 96. saatler arasında fark bulunmamıştır. Doz-2 grubunda en yüksek lökosit sayısı 24. saatte ortaya çıkmıştır.

**Çizelge 4.12.** Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için lökosit sayısının ortalama  $\pm$  SH değerleri

<b>Lökosit Sayısı</b>	
<b>Muamele</b>	*Önemli ( $p<0,05$ ), **Çok önemli ( $p<0,01$ )
K	3,192 $\pm$ 0,104 <sup>b</sup>
D <sub>1</sub> (0,25 mg/lt)	4,000 $\pm$ 0,104 <sup>a</sup>
D <sub>2</sub> (0,50 mg/lt)	4,450 $\pm$ 0,104 <sup>a</sup>
<b>Saat</b>	*Önemli ( $p<0,05$ ), **Çok önemli ( $p<0,01$ )
0	3,300 $\pm$ 0,128 <sup>c</sup>
24	4,067 $\pm$ 0,128 <sup>b</sup>
48	4,567 $\pm$ 0,128 <sup>a</sup>
96	3,589 $\pm$ 0,091 <sup>c</sup>

Kontrol grubunda  $10^4 \text{ mm}^{-3}$  olarak 3,192 olan lökosit sayısı Doz-1 de 4,000'a ve Doz-2 de 4,450 ye yükselirken uygulama zamanları bakımından değerlendirildiğinde ise 0. saate göre 24.ve 48. saatlerde artış göstermiş ve 96. saatte ise nispeten azalmıştır.



**Şekil 4.4.** Doz ve zaman interaksiyonunun lökosit sayısına etkisi

#### 4.1.5. Trombosit sayısına ait bulgular

2,4-D pestisitine maruz bırakılan gökkuşuğu alabalığının trombosit sayısına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.13’de verilmiştir. Kan parametrelerinden trombositte ait varyans analiz sonuçları değerlendirildiğinde, etkisi incelenen zaman, doz ve doz x zaman interaksiyon etkilerinin trombosit sayısı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.01$ ). 2,4-D dozlarının tüm ölçüm zamanlarındaki trombosit sayısına ait ortalama  $\pm$  SH değerleri Çizelge 4.14’de özetlenmiştir. Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için trombosit sayısının ortalama  $\pm$  SH değerleri ise Çizelge 4.15’de verilmiştir. Mevcut çalışmada, farklı dozlarda 2,4-D’ye maruz bırakılan gökkuşuğu alabalıkları için belirlenen doz ve zaman interaksiyonunun trombosit sayısına etkisi ise Şekil 4.5’de verilmiştir.

**Çizelge 4.13.** Trombosit sayısına ait varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Zaman	3	39,022	13,007	11,101	0,000 <sup>**</sup>
Doz	2	33,778	16,889	14,414	0,000 <sup>**</sup>
Doz*Zaman İnt.	6	35,644	5,941	5,070	0,001 <sup>**</sup>
Hata	33	38,677	1,172		
Genel	44	148,578			

\* Önemli ( $p<0,05$ ), \*\* Çok önemli ( $p<0,01$ )

**Çizelge 4.14.** Trombosit sayısının zamansal olarak değişimi ortalama  $\pm$  SH değerleri

Zamanlar↓ (saat)	Dozlar→ ( $10^4\text{mm}^{-3}$ )	Kontrol	Doz1	Doz2
0		6,667 $\pm$ 0,625 <sup>AB</sup> <sub>b</sub>	6,000 $\pm$ 0,625 <sup>B</sup> <sub>b</sub>	8,333 $\pm$ 0,625 <sup>A</sup> <sub>b</sub>
24		8,000 $\pm$ 0,625 <sup>B</sup> <sub>b</sub>	8,667 $\pm$ 0,625 <sup>B</sup> <sub>a</sub>	11,000 $\pm$ 0,625 <sup>A</sup> <sub>a</sub>
48		10,333 $\pm$ 0,625 <sup>A</sup> <sub>a</sub>	8,000 $\pm$ 0,625 <sup>B</sup> <sub>a</sub>	11,000 $\pm$ 0,625 <sup>A</sup> <sub>a</sub>
96		6,667 $\pm$ 0,442 <sup>B</sup> <sub>b</sub>	9,667 $\pm$ 0,442 <sup>A</sup> <sub>a</sub>	9,333 $\pm$ 0,442 <sup>A</sup> <sub>ab</sub>

LSD<sub>(doz x zaman int)</sub>=1.798 A, B→ a, b, c↓

A, B→ aynı zaman seviyesi içinde uygulanan farklı uygulama ortalamalarının karşılaştırılması.

a, b, c↓ aynı uygulama içinde farklı zaman seviye ortalamalarının karşılaştırılması

Trombosit sayısı bakımından 0. saatte Doz-1 ve Doz-2 arasındaki fark önemli bulunurken ( $p<0,05$ ), kontrol ile Doz-1 ve kontrol ile Doz-2 arasında fark bulunmamıştır. 24. saatte trombosit sayısı bakımından kontrol ile Doz-2 arasında fark bulunmuş ( $p<0,05$ ), 24. saatte Doz-1 ile kontrol grubu arasında fark bulunmazken, 48. saate Doz-1 ile diğer grup ortalamaları arasında fark bulunmuştur. 96. saatte kontrol grubu ile diğer doz grupları arasında önemli fark bulunmuş olup en yüksek trombosit sayısı Doz-1 grubunda tespit edilmiştir. Zamanlar bakımından 48. saat ile diğer zaman grupları arasında ve Doz-1 de 0. saat ile diğer zaman grupları arasında önemli fark bulunmuş, Doz-2 de ise kontrol grubu ile 24 ve 48. saatler arasında fark bulunurken 24, 48 ve 96. saatler arasında fark bulunmamıştır.

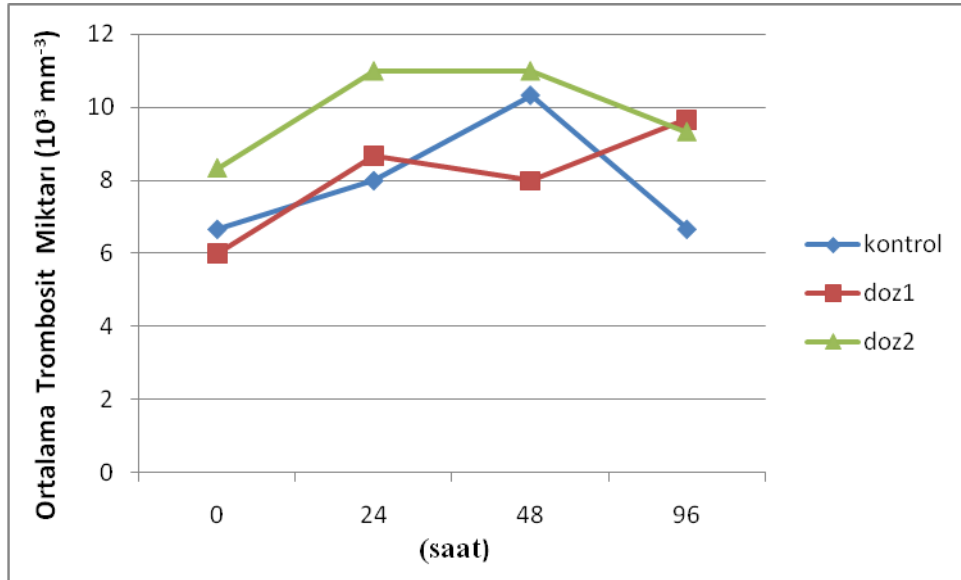


**Çizelge 4.15.** Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için trombosit sayısının ortalama  $\pm$  SH değerleri

Trombosit Sayısı	
Muamele	*Önemli (p<0,05), **Çok önemli (p<0,01)
K	7,917 $\pm$ 0,292 <sup>b</sup>
D <sub>1</sub> (0,25 mg/lt)	8,083 $\pm$ 0,292 <sup>b</sup>
D <sub>2</sub> (0,50 mg/lt)	9,917 $\pm$ 0,292 <sup>a</sup>
Saat	*Önemli (p<0,05), **Çok önemli (p<0,01)
0	7,000 $\pm$ 0,361 <sup>c</sup>
24	9,222 $\pm$ 0,361 <sup>ab</sup>
48	9,778 $\pm$ 0,361 <sup>a</sup>
96	8,556 $\pm$ 0,255 <sup>b</sup>

\*Önemli (p<0,05), \*\*Çok önemli (p<0,01)

Kontrol grubunda  $10^3 \text{ mm}^{-3}$  olarak 7,917 olan trombosit sayısı Doz-1 de 8,083'e ve Doz-2 de 9,917'ye yükselirken uygulama zamanları bakımından değerlendirildiğinde ise 0. saate göre 24.ve 48. saatlerde artış göstermiş ve 96. saatte ise kısmen azalmıştır.



**Şekil 4.5.** Doz ve zaman etkileşiminin trombosit sayısına etkisi

#### 4.1.6. Eritrosit çökme hızına (Sedimentasyon) ait bulgular

2,4-D ye maruz bırakılan gökkuşuğu alabalığının sedimentasyon düzeylerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir. Üzerinde durulan kan parametrelerinden sedimentasyon hızına ait varyans analiz sonuçları değerlendirildiğinde, incelenen doz ( $p<0.01$ ) etkisinin sedimentasyon hızı üzerinde etkili olduğu saptanırken zaman ve doz x zaman interaksyonu sedimentasyon hızı üzerinde etkili olmamıştır. 2,4-D dozlarının tüm ölçüm zamanlarındaki sedimentasyon hızına ait ortalama  $\pm$  SH değerleri Çizelge 4.17'de verilmiştir. Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için sedimentasyon hızına ait ortalama  $\pm$  SH değerleri ise Çizelge 4.18'de sunulmuştur. Çalışmada, farklı dozlarda 2,4-D'ye maruz bırakılan gökkuşuğu alabalıkları için belirlenen doz ve zaman interaksyonunun sedimentasyon hızına etkisi ise Şekil 4.6'da verilmiştir.

**Çizelge 4.16.** Sedimentasyon hızına ait varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Zaman	3	3,833	1,278	2,311	0,094
Doz	2	7,671	3,835	6,935	0,003 <sup>**</sup>
Doz*Zaman İnt.	6	3,617	0,603	1,090	0,389
Hata	33	18,250	0,553		
Genel	44	34,778			

\*Önemli ( $p<0,05$ ), \*\* Çok önemli ( $p<0,01$ )

**Çizelge 4.17.** Sedimentasyon hızının zamansal olarak değişimi ortalama  $\pm$  SH değerleri

Zamanlar↓ (saat)	Dozlar→ (mm/saat)	Kontrol	Doz1	Doz2
0		1,333 $\pm$ 0,429	1,167 $\pm$ 0,429	1,500 $\pm$ 0,429
24		1,333 $\pm$ 0,429	1,333 $\pm$ 0,429	1,833 $\pm$ 0,429
48		0,667 $\pm$ 0,429	1,500 $\pm$ 0,429	2,833 $\pm$ 0,429
96		1,500 $\pm$ 0,304	1,917 $\pm$ 0,304	2,750 $\pm$ 0,304

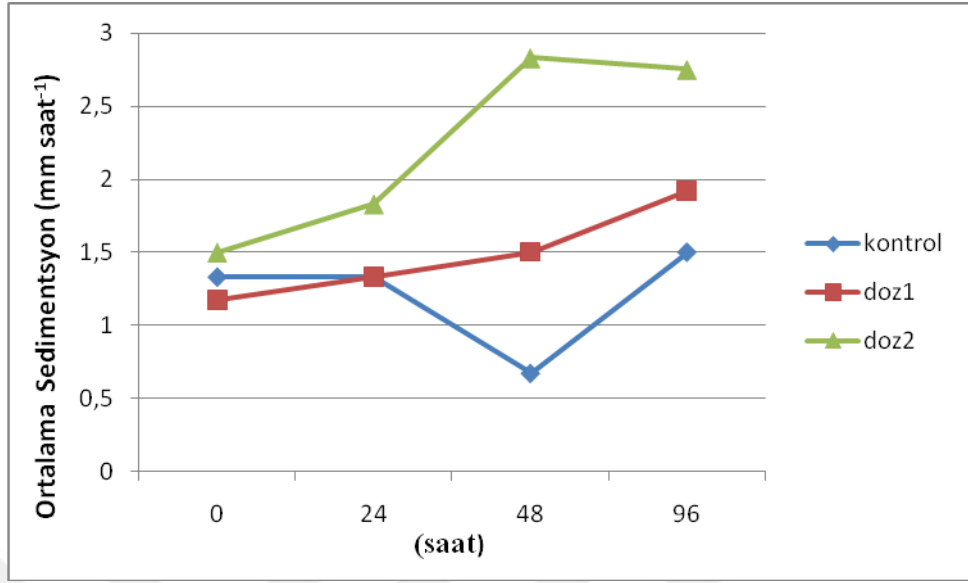
Doz x zaman interaksiyonunda aynı zaman seviyesi içinde uygulanan farklı uygulama ortalamaları ile aynı uygulama içinde farklı zaman seviye ortalamalarının karşılaştırılması neticesinde değişkenler arasında sedimentasyon hızı bakımından önemli fark bulunmamıştır.

**Çizelge 4.18.** Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için sedimentasyon hızına ait ortalama  $\pm$  SH değerleri

<b>Sedimentasyon Hızı</b>	
<b>Muamele</b>	* Önemli (p<0,05), ** Çok önemli (p<0,01)
K	1,208 $\pm$ 0,201 <sup>b</sup>
D <sub>1</sub> (0,25 mg/l)	1,479 $\pm$ 0,201 <sup>b</sup>
D <sub>2</sub> (0,50 mg/l)	2,229 $\pm$ 0,201 <sup>a</sup>
<b>Saat</b>	* Önemli (p<0,05), ** Çok önemli (p<0,01)
0	1,333 $\pm$ 0,248 <sup>a</sup>
24	1,500 $\pm$ 0,248 <sup>a</sup>
48	1,667 $\pm$ 0,248 <sup>a</sup>
96	2,056 $\pm$ 0,175 <sup>a</sup>

\* Önemli (p<0,05), \*\* Çok önemli (p<0,01)

2,4-D pestisitinin her iki doz uygulamasından sonra sedimentasyon hızı kontrol grubuna göre artış gösterirken benzer şekilde zaman olarak değerlendirildiğinde de kontrol grubuna göre süre arttıkça sedimentasyon hızı yükselmiştir.



Şekil 4.6. Doz ve zaman interaksyonunun sedimantasyon hızına etkisi

#### 4.1.7. Ortalama eritrosit hacmine (OEH-MCV) ait bulgular

Gökkuşığı alabalığının MCV parametresine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.19'da verilmiştir. Üzerinde çalışılan kan parametrelerinden MCV'ye ait varyans analizi sonuçları değerlendirildiğinde, etkisi incelenen zaman, doz ve doz x zaman interaksyon etkilerinin MCV üzerinde etkili olduğu saptanmıştır. 2,4-D dozlarının tüm ölçüm zamanlarındaki MCV'ye ait ortalama  $\pm$  SH değerleri Çizelge 4.20'de verilmiştir. Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için MCV'ye ait ortalama  $\pm$  SH değerleri ise Çizelge 4.21'de sunulmuştur. Herbisit olarak bilinen ve farklı dozlarda gökkuşığı alabalıklarına uygulanan 2,4-D'nin doz ve zaman interaksyonunun MCV'ye etkisi ise Şekil 4.7'de verilmiştir.

**Çizelge 4.19.** MCV'ye ait varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Zaman	3	35671,084	11890,361	10,747	0,000**
Doz	2	47472,589	23736,295	21,454	0,000**
Doz*Zaman İnt.	6	32415,750	5402,625	4,883	0,001**
Hata	33	36510,374	1106,375		
Genel	44	169219,192			

\*Önemli ( $p<0,05$ ), \*\*Çok önemli ( $p<0,01$ )

**Çizelge 4.20.** MCV sayısının zamansal olarak değişimi ortalama  $\pm$  SH değerleri ( $\text{mm}^3$ )

Zamanlar↓ (saat)	Dozlar→ ( $\text{mm}^3$ )	Kontrol	Doz1	Doz2
0		290,279 $\pm$ 19,204 <sup>A<sub>ab</sub></sup>	263,888 $\pm$ 19,204 <sup>A<sub>a</sub></sup>	284,269 $\pm$ 19,204 <sup>A<sub>a</sub></sup>
24		319,002 $\pm$ 19,204 <sup>A<sub>a</sub></sup>	199,428 $\pm$ 19,204 <sup>B<sub>bc</sub></sup>	226,923 $\pm$ 19,204 <sup>B<sub>b</sub></sup>
48		237,388 $\pm$ 19,204 <sup>A<sub>b</sub></sup>	241,613 $\pm$ 19,204 <sup>A<sub>ab</sub></sup>	139,401 $\pm$ 19,204 <sup>B<sub>c</sub></sup>
96		288,433 $\pm$ 13,579 <sup>A<sub>ab</sub></sup>	178,789 $\pm$ 13,579 <sup>B<sub>c</sub></sup>	169,921 $\pm$ 13,579 <sup>B<sub>c</sub></sup>

LSD<sub>(doz x zaman int)</sub>=55.25 A, B→ a, b, c↓

A, B→ aynı zaman seviyesi içinde uygulanan farklı uygulama ortalamalarının karşılaştırılması.

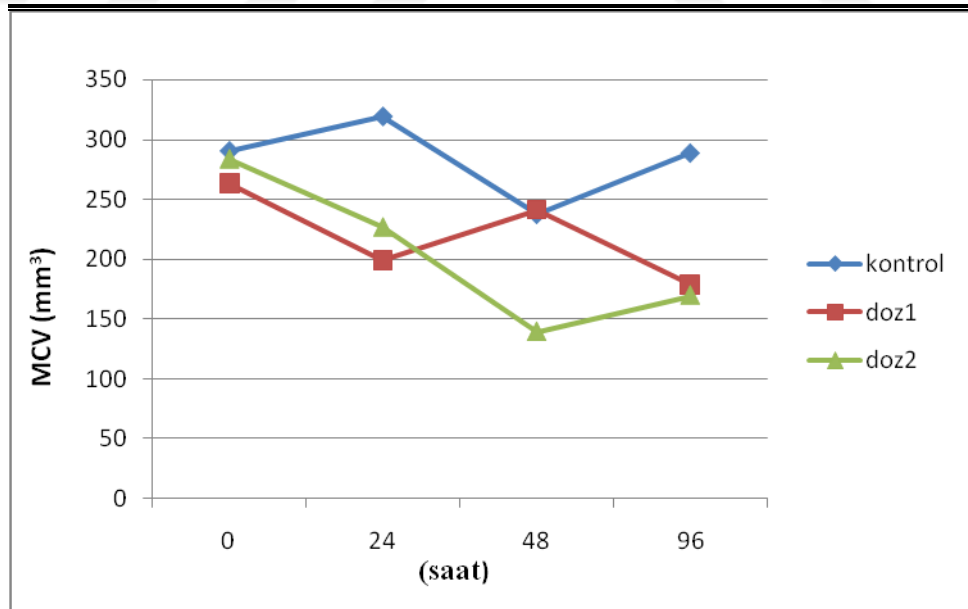
a, b, c↓ aynı uygulama içinde farklı zaman seviye ortalamalarının karşılaştırılması

MCV bakımından 0. saatte bütün uygulamalar arasında önemli fark bulunmamış ( $p>0,05$ ), 24. saatte kontrol grubu ile Doz-1 ve Doz-2 arasında önemli fark bulunmuş ( $p<0,05$ ), Doz-1 ve Doz-2 arasında fark bulunmamıştır. 48. saatte kontrol grubu ile Doz-1 arasında fark bulunmazken kontrol ve Doz-2 arasında ve Doz-1 ve Doz-2 arasında önemli fark bulunmuştur ( $p<0,05$ ). 96. saatte Doz-1 ve Doz-2 arasında fark bulunmamış, kontrol ile diğer doz grupları arasında fark bulunmuştur. Zamanlar bakımından kontrol grubunda 24 ve 48. saatler arasında fark bulunurken 0-24, 0-48 ve 0-96. saatler ile 24-96 ve 48-96. saatler arasında fark bulunmamıştır. Doz-1 grubunda 0-24 ve 0-96. saatler ve 48-96. saatler arasında fark bulunurken, 0-48, 24-48 ve 24-96. saatler arasında fark bulunmamıştır. Doz-2 grubunda 0. saat ile 24, 48 ve 96. saatler arasında önemli fark bulunmuş, 48 ile 96. saatler arasında önemli fark bulunmamıştır.

**Çizelge 4.21.** Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için MCV'ye ait ortalama  $\pm$  SH değerleri

MCV Düzeyi	
Muamele	* Önemli (p<0,05), ** Çok önemli (p<0,01)
K	283,776 $\pm$ 8,982 <sup>a</sup>
D <sub>1</sub> (0,25 mg/l)	220,930 $\pm$ 8,982 <sup>b</sup>
D <sub>2</sub> (0,50 mg/l)	205,129 $\pm$ 8,982 <sup>b</sup>
Saat	* Önemli (p<0,05), ** Çok önemli (p<0,01)
0	279,479 $\pm$ 11,087 <sup>a</sup>
24	248,451 $\pm$ 11,087 <sup>b</sup>
48	206,134 $\pm$ 11,087 <sup>c</sup>
96	212,381 $\pm$ 7,840 <sup>c</sup>

Kontrol grubunda 283,776 mm<sup>3</sup> olan MCV düzeyi Doz-1 uygulamasından sonra 220,930 mm<sup>3</sup> ve Doz-2 uygulamasından sonra ise 205,129 mm<sup>3</sup> düzeyine düşmüştür. Zaman olarak değerlendirildiğinde 48. saate kadar azalan MCV düzeyi 96. saatte artış göstermiştir.

**Şekil 4.7.** Doz ve zaman interaksyonunun MCV düzeyine etkisi

#### 4.1.8. Eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin miktarına (OHM- MCH) ait bulgular

2,4-D pestisitine maruz bırakılan gökkuşuğu alabalığının MCH parametresine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Üzerinde çalışılan kan parametrelerinden MCH’ye ait varyans analizi sonuçları değerlendirildiğinde, etkisi incelenen faktörlerden zaman ( $p<0.01$ ) ve doz ( $p<0.05$ ) faktörünün MCH üzerinde etkili olduğu saptanmıştır. 2,4-D dozlarının tüm ölçüm zamanlarındaki MCH’ye ait ortalama  $\pm$  SH değerleri Çizelge 4.23’de verilmiştir. Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için MCH’ye ait ortalama  $\pm$  SH değerleri ise Çizelge 4.24’de sunulmuştur. Herbisit olarak farklı dozlarda gökkuşuğu alabalıklarına uygulanan 2,4-D’nin doz ve zaman interaksyonunun MCH üzerine etkisi ise Şekil 4.8’de verilmiştir.

**Çizelge 4.22.** MCH’ye ait varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Zaman	3	297,840	99,280	5,359	0,004 <sup>**</sup>
Doz	2	138,127	69,064	3,728	0,035 <sup>*</sup>
Doz*Zaman İnt.	6	86,248	14,375	0,776	0,595
Hata	33	611,398	18,527		
Genel	44	1174,914			

\*Önemli ( $p<0,05$ ), \*\* Çok önemli ( $p<0,01$ )

**Çizelge 4.23.** MCH sayısının zamansal olarak değişimi ortalama  $\pm$  SH değerleri (mg/hücre)

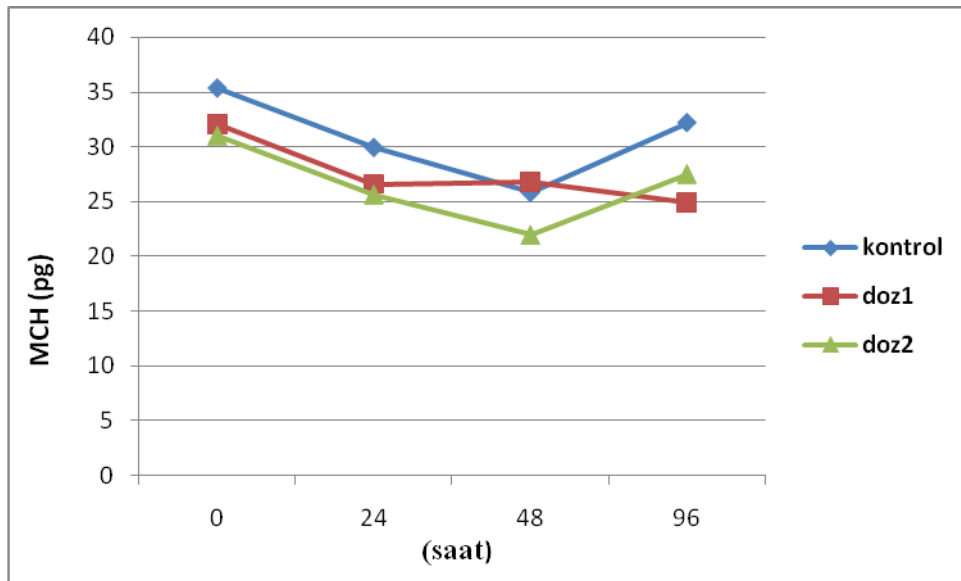
Zamanlar↓ (saat)	Dozlar→ (mg/hücre)	Kontrol	Doz-1	Doz-2
0		35,361 $\pm$ 2,485	32,036 $\pm$ 2,485	30,992 $\pm$ 2,485
24		29,931 $\pm$ 2,485	26,573 $\pm$ 2,485	25,625 $\pm$ 2,485
48		25,796 $\pm$ 2,485	26,744 $\pm$ 2,485	21,967 $\pm$ 2,485
96		32,200 $\pm$ 1,757	24,872 $\pm$ 1,757	27,508 $\pm$ 1,757

Doz x zaman interaksiyonunda aynı zaman seviyesi içinde uygulanan farklı uygulama ortalamaları ile aynı uygulama içinde farklı zaman seviye ortalamalarının karşılaştırılması neticesinde değişkenler arasında MCH bakımından önemli fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

**Çizelge 4.24.** Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için MCH'ye ait ortalama  $\pm$  SH değerleri

MCH Düzeyi	
Muamele	*Önemli ( $p<0,05$ ), **Çok önemli ( $p<0,01$ )
K	30,822 $\pm$ 1,162 <sup>a</sup>
D <sub>1</sub> (0,25 mg/lt)	27,557 $\pm$ 1,162 <sup>b</sup>
D <sub>2</sub> (0,50 mg/lt)	26,523 $\pm$ 1,162 <sup>b</sup>
Saat	*Önemli ( $p<0,05$ ), **Çok önemli ( $p<0,01$ )
0	32,797 $\pm$ 1,435 <sup>a</sup>
24	27,377 $\pm$ 1,435 <sup>b</sup>
48	24,836 $\pm$ 1,435 <sup>b</sup>
96	28,194 $\pm$ 1,015 <sup>b</sup>

Kontrol grubunda 30,822 pg olan MCH düzeyi Doz-1 uygulamasından sonra 27,557 pg ve Doz-2 uygulamasından sonra ise 26,523 pg düzeyine düşmüştür. Zaman olarak değerlendirildiğinde 48. saate kadar azalan MCH düzeyi 96. saatte artış göstermiştir.



**Şekil 4.8.** Doz ve zaman interaksiyonunun MCH düzeyine etkisi



#### 4.1.9. Eritrosit başına düşen ort. hemoglobin konsantrasyonuna (EOHK-MCHC) ait bulgular

Gökkuşacağı alabalığının MCHC parametresine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir. Üzerinde çalışılan kan parametrelerinden MCHC’ye ait varyans analizi sonuçları değerlendirildiğinde, etkisi incelenen faktörlerden doz, zaman ve doz x zaman interaksiyonunun MCHC üzerinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır ( $p<0.01$ ). 2,4-D dozlarının tüm ölçüm zamanlarındaki MCHC’ye ait ortalama  $\pm$  SH değerleri Çizelge 4.26’da verilmiştir. Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için MCHC’ye ait ortalama  $\pm$  SH değerleri ise Çizelge 4.27’de sunulmuştur. Herbisit olarak farklı dozlarda gökkuşacağı alabalıklarına uygulanan 2,4-D’nin doz ve zaman interaksiyonunun MCHC üzerine etkisi ise Şekil 4.9’da verilmiştir.

**Çizelge 4.25.** MCHC’ye ait varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Zaman	3	56,581	18,860	5,028	0,006**
Doz	2	52,010	26,005	6,933	0,003**
Doz*Zaman İnt.	6	87,532	14,589	3,889	0,005**
Hata	33	123,786	3,751		
Genel	44	350,960			

\* Önemli ( $p<0,05$ ), \*\* Çok önemli ( $p<0,01$ )

**Çizelge 4.26.** MCHC düzeyinin zamansal olarak değişimi ortalama  $\pm$  SH değerleri ( $g\ 100ml^{-1}$ )

Zamanlar↓ (saat)	Dozlar→ ( $g\ 100ml^{-1}$ )	Kontrol	Doz-1	Doz-2
0		12,237 $\pm$ 1,118 <sup>A</sup> <sub>a</sub>	12,204 $\pm$ 1,118 <sup>A</sup> <sub>a</sub>	10,808 $\pm$ 1,118 <sup>A</sup> <sub>b</sub>
24		9,416 $\pm$ 1,118 <sup>B</sup> <sub>a</sub>	13,332 $\pm$ 1,118 <sup>A</sup> <sub>a</sub>	11,204 $\pm$ 1,118 <sup>AB</sup> <sub>b</sub>
48		11,013 $\pm$ 1,118 <sup>B</sup> <sub>a</sub>	11,106 $\pm$ 1,118 <sup>B</sup> <sub>a</sub>	15,915 $\pm$ 1,118 <sup>A</sup> <sub>a</sub>
96		11,233 $\pm$ 0,791 <sup>B</sup> <sub>a</sub>	13,931 $\pm$ 0,791 <sup>AB</sup> <sub>a</sub>	16,898 $\pm$ 0,791 <sup>A</sup> <sub>a</sub>

LSD<sub>(doz x zaman int)</sub>=3,217 A, B→ a, b, c↓

A, B→ aynı zaman seviyesi içinde uygulanan farklı uygulama ortalamalarının karşılaştırılması.

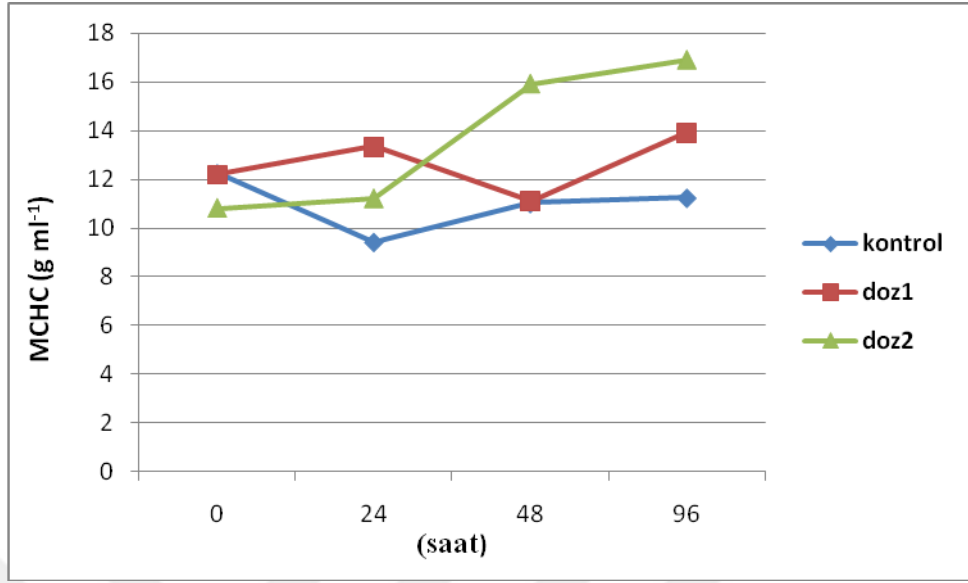
a, b, c↓ aynı uygulama içinde farklı zaman seviye ortalamalarının karşılaştırılması.

MCHC bakımından 0. saatte bütün uygulamalar arasında önemli fark bulunmamış, 24. saatte kontrol grubu ile Doz-1 arasında önemli fark bulunmuş ( $p<0,05$ ), Doz-1 ve Doz-2 ile kontrol-Doz-2 arasında fark bulunmamıştır. 48. saatte kontrol grubu ile Doz-1 arasında fark bulunmazken kontrol ve Doz-2 arasında ve Doz-1 ve Doz-2 arasında önemli fark bulunmuştur ( $p<0,05$ ). 96. saatte kontrol ile Doz-2 arasında önemli fark bulunurken kontrol-Doz-1 ve Doz-1-Doz-2 arasında fark bulunmamıştır. Zamanlar bakımından kontrol ve Doz-1 grubundaki saatler arasında fark bulunmazken, Doz-2 de 0-24 ve 48-96. saatler arasında fark bulunmamış ( $p>0,05$ ), 0 ile 48 ve 96. saat ve 24 ile 48 ve 96. saatler arasında önemli fark bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

**Çizelge 4.27.** Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için MCHC'ye ait ortalama  $\pm$  SH değerleri

<b>MCHC Düzeyi</b>	
<b>Muamele</b>	*Önemli ( $p<0,05$ ), **Çok önemli ( $p<0,01$ )
K	10,975 $\pm$ 0,523 <sup>c</sup>
D <sub>1</sub> (0,25 mg/lt)	12,643 $\pm$ 0,523 <sup>b</sup>
D <sub>2</sub> (0,50 mg/lt)	13,706 $\pm$ 0,523 <sup>a</sup>
<b>Saat</b>	*Önemli ( $p<0,05$ ), **Çok önemli ( $p<0,01$ )
0	11,750 $\pm$ 0,646 <sup>b</sup>
24	11,317 $\pm$ 0,646 <sup>b</sup>
48	12,678 $\pm$ 0,646 <sup>ab</sup>
96	14,021 $\pm$ 0,457 <sup>a</sup>

Doz uygulamaları sonucunda MCHC düzeyinde artış gözlenmiş olup kontrol grubunda 10,975 g ml<sup>-1</sup> olan MCHC düzeyi Doz-1 uygulamasından sonra 12,643 g ml<sup>-1</sup> e ve Doz-2 uygulaması sonucunda ise 12,70+6 g ml<sup>-1</sup> düzeyine yükselmiştir. Zaman bakımından 24. saatte nispeten azalan MCHC düzeyi 48. ve 96. saatlerde artış göstermiştir.



**Şekil 4.9.** Doz ve zaman interaksyonunun MCHC düzeyine etkisi

## 4.2. Enzim Aktivitelerine Ait Bulgular

### 4.2.1. CAT enzim aktivitesine ait bulgular

Bu çalışmada, 2,4-D pestisitine maruz bırakılan gökkuşuğu alabalığının katalaz parametresine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.31’de verilmiştir. İncelenen enzim parametrelerinden katalaza ait varyans analiz sonuçları değerlendirildiğinde, katalaz için doz, zaman ve doz x zaman interaksyon etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 2,4-D dozlarının tüm ölçüm zamanlarındaki katalaza ait ortalama  $\pm$  SH değerleri Çizelge 4.32’de verilmiştir. Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için katalaz parametresine ait ortalama  $\pm$  SH değerleri ise Çizelge 4.33’de sunulmuştur. Herbisit olarak farklı dozlarda gökkuşuğu alabalıklarına uygulanan 2,4-D’nin doz ve zaman interaksyonunun katalaz aktivitesi üzerine etkisi ise Şekil 4.11’de verilmiştir.

**Çizelge 4.28.** Katalaz enzim aktivitesine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Zaman	3	0,962	0,321	247,192	0,000**
Doz	2	0,454	0,227	174,919	0,000**
Doz*Zaman İnt.	6	0,471	0,079	60,535	0,000**
Hata	24	0,031	0,001		
Genel	35	1,918			

\*Önemli ( $p<0,05$ ), \*\*Çok önemli ( $p<0,01$ )

**Çizelge 4.29.** Katalaz enzim aktivitesinin zamansal olarak değişimi ortalama  $\pm$  SH değerleri

Zamanlar↓ (saat)	Dozlar→ (EU mg <sup>-1</sup> )	Kontrol	Doz-1	Doz-2
0		0,167 $\pm$ 0,892 <sup>A</sup> <sub>a</sub>	0,170 $\pm$ 0,361 <sup>A</sup> <sub>d</sub>	0,171 $\pm$ 0,549 <sup>A</sup> <sub>d</sub>
24		0,183 $\pm$ 1,025 <sup>B</sup> <sub>a</sub>	0,253 $\pm$ 0,747 <sup>A</sup> <sub>c</sub>	0,283 $\pm$ 0,374 <sup>A</sup> <sub>c</sub>
48		0,200 $\pm$ 0,142 <sup>C</sup> <sub>a</sub>	0,380 $\pm$ 1,472 <sup>B</sup> <sub>b</sub>	0,453 $\pm$ 1,053 <sup>A</sup> <sub>b</sub>
96		0,187 $\pm$ 0,516 <sup>C</sup> <sub>a</sub>	0,727 $\pm$ 1,337 <sup>B</sup> <sub>a</sub>	0,887 $\pm$ 1,886 <sup>A</sup> <sub>a</sub>

LSD<sub>(doz x zaman int)</sub>=0,05329 A, B→ a, b, c↓

A, B→ aynı zaman seviyesi içinde uygulanan farklı uygulama ortalamalarının karşılaştırılması.

a, b, c↓ aynı uygulama içinde farklı zaman seviye ortalamalarının karşılaştırılması

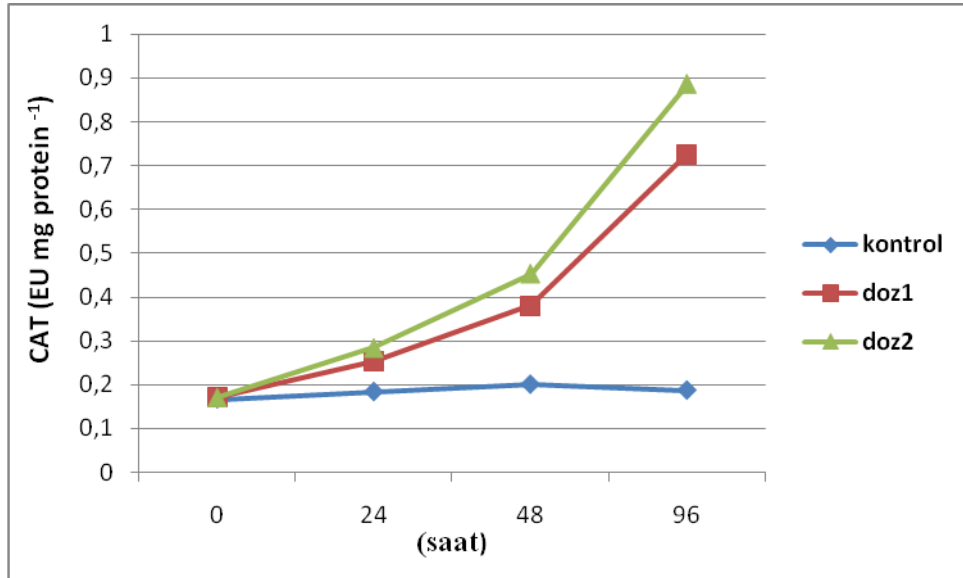
CAT bakımından 0. saatte bütün uygulamalar arasında önemli fark bulunmamış, 24. saatte kontrol grubu ile Doz-1 ve Doz-2 arasında önemli fark bulunmuştur ( $p<0,05$ ). 48 ve 96. saatlerde bütün doz grupları arasında fark bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

Zamanlar bakımından kontrol grubunda saatler arasında önemli fark bulunmazken Doz-1 ve Doz-2 de bütün saatler arasında önemli fark bulunmuştur.

**Çizelge 4.30.** Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için katalaz enzim aktivitesine ait ortalama  $\pm$  SH değerleri

Katalaz Değeri	
Muamele	*Önemli (p<0,05), **Çok önemli (p<0,01)
K	0,184 $\pm$ 0,356 <sup>c</sup>
D <sub>1</sub> (0,25 mg/lt)	0,383 $\pm$ 1,872 <sup>b</sup>
D <sub>2</sub> (0,50 mg/lt)	0,448 $\pm$ 2,671 <sup>a</sup>
Saat	*Önemli (p<0,05), **Çok önemli (p<0,01)
0	0,169 $\pm$ 0,654 <sup>d</sup>
24	0,240 $\pm$ 3,223 <sup>b</sup>
48	0,344 $\pm$ 4,064 <sup>a</sup>
96	0,360 $\pm$ 2,047 <sup>c</sup>

Uygulanan her iki doz sonucu ile kontrol değeri arasında yapılan karşılaştırma neticesinde katalaz enzim aktivitesinin arttığı belirlenmiştir. Zaman bakımından yapılan karşılaştırmada da benzer şekilde artan süreyle birlikte katalaz enzim aktivitesi de artmıştır.



**Şekil 4.10.** Doz ve zaman interaksiyonunun katalaz enzim aktivitesine etkisi

#### 4.2.2. GPx enzim aktivitesine ait bulgular

Mevcut çalışmada, 2,4-D pestisitine maruz bırakılan gökkuşuğu alabalığının GPX parametresine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.34’de verilmiştir. Test edilen enzim parametrelerinden GPX’e ait varyans analiz sonuçlarına bakıldığında, GPX üzerinde doz, zaman ve doz x zaman interaksiyon etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.01$ ). 2,4-D dozlarının tüm ölçüm zamanlarındaki GPX parametresine ait ortalama  $\pm$  SH değerleri Çizelge 4.35’de verilmiştir. Ayrıca, tüm dozlar ve ölçüm zamanları için GPX parametresine ait ortalama  $\pm$  SH değerleri ise Çizelge 4.36’da belirtilmiştir. Bu çalışmada, toksik ajan olarak farklı dozlarda gökkuşuğu alabalıklarına uygulanan 2,4-D’nin doz ve zaman interaksiyonunun GPX üzerine etkisi ise Şekil 4.12’de verilmiştir.

**Çizelge 4.31.** GPx enzim aktivitesine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Zaman	3	0,653	0,218	148,340	0,000**
Doz	2	0,357	0,178	121,616	0,000**
Doz*Zaman İnt.	6	0,194	0,032	22,075	0,000**
Hata	24	0,035	0,001		
Genel	35	1,239			

\*Önemli ( $p<0,05$ ), \*\* Çok önemli ( $p<0,01$ )

**Çizelge 4.32.** GPx enzim aktivitesinin zamansal olarak değişimi ortalama  $\pm$  SH değerleri

Zamanlar↓ (saat)	Dozlar→ (EU mg <sup>-1</sup> )	Kontrol	Doz-1	Doz-2
0		0,143 $\pm$ 0,022 <sup>A<sub>b</sub></sup>	0,150 $\pm$ 0,022 <sup>A<sub>d</sub></sup>	0,140 $\pm$ 0,022 <sup>A<sub>d</sub></sup>
24		0,180 $\pm$ 0,022 <sup>C<sub>ab</sub></sup>	0,260 $\pm$ 0,022 <sup>B<sub>c</sub></sup>	0,367 $\pm$ 0,022 <sup>A<sub>c</sub></sup>
48		0,230 $\pm$ 0,022 <sup>C<sub>a</sub></sup>	0,457 $\pm$ 0,022 <sup>B<sub>b</sub></sup>	0,547 $\pm$ 0,022 <sup>A<sub>b</sub></sup>
96		0,227 $\pm$ 0,022 <sup>C<sub>a</sub></sup>	0,590 $\pm$ 0,022 <sup>B<sub>a</sub></sup>	0,673 $\pm$ 0,022 <sup>A<sub>a</sub></sup>

LSD<sub>(doz $\times$ zaman int)</sub>=0,0475 A, B→ a, b, c↓

A, B→ aynı zaman seviyesi içinde uygulanan farklı uygulama ortalamalarının karşılaştırılması.

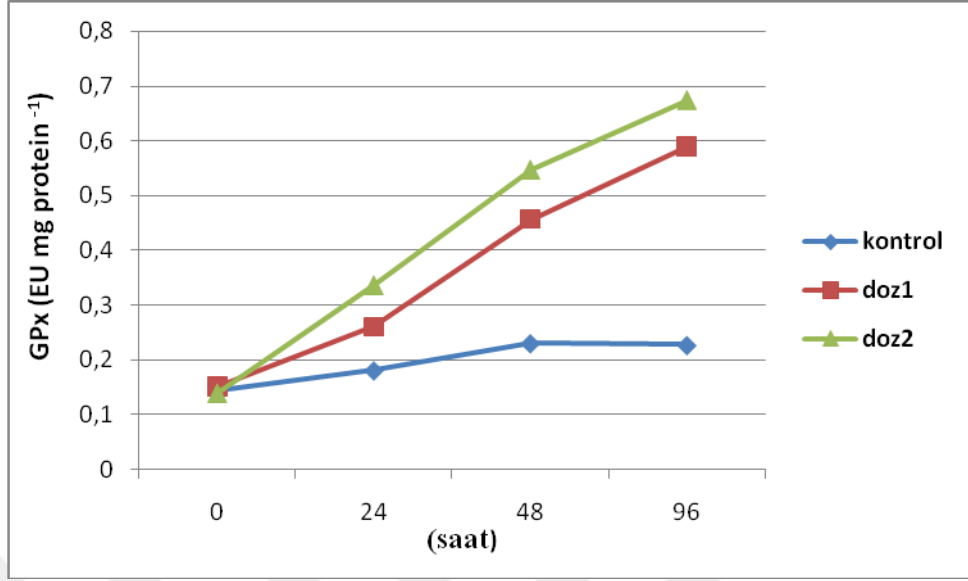
a, b, c↓ aynı uygulama içinde farklı zaman seviye ortalamalarının karşılaştırılması.

GP<sub>x</sub> bakımından 0. saatte bütün uygulamalar arasında önemli fark bulunmamış, diğer saatlerde bütün doz grupları arasındaki fark ise önemli bulunmuştur (p<0,05). Zamanlar bakımından kontrol grubunda 0-24, 24-48, 24-96 ve 48-96. saatler arasında fark bulunmamış, 0 ile 48 ve 0-96. saatler arasında önemli fark bulunmuştur (p<0,05). Doz-1 ve Doz-2 grubunda ise bütün saatler arasında önemli fark bulunmuştur.

**Çizelge 4.33.** Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için GP<sub>x</sub> enzim aktivitesine ait ortalama  $\pm$  SH değerleri

<b>GP<sub>x</sub> Enzim Aktivitesi</b>	
<b>Muamele</b>	* Önemli (p<0,05), ** Çok önemli (p<0,01)
K	0,195 $\pm$ 0,011 <sup>c</sup>
D <sub>1</sub> (0,25 mg/lt)	0,364 $\pm$ 0,011 <sup>b</sup>
D <sub>2</sub> (0,50 mg/lt)	0,432 $\pm$ 0,011 <sup>a</sup>
<b>Saat</b>	* Önemli (p<0,05), ** Çok önemli (p<0,01)
0	0,144 $\pm$ 0,013 <sup>d</sup>
24	0,269 $\pm$ 0,013 <sup>c</sup>
48	0,411 $\pm$ 0,013 <sup>b</sup>
96	0,497 $\pm$ 0,013 <sup>a</sup>

GP<sub>x</sub> enzim aktivitesi kontrol grubuna göre her iki doz uygulaması sonucunda artarken 0. saatte 0,144 EU mg protein<sup>-1</sup> değerinden 96. saatte 0,497 EU mg protein<sup>-1</sup> değerine yükselmiştir.



**Şekil 4.11.** Doz ve zaman interaksiyonunun GPx enzim aktivitesine etkisi

#### 4.2.3. SOD enzim aktivitesine ait bulgular

Mevcut çalışmada, 2,4-D pestisitine maruz bırakılan gökkuşacağı alabalığının SOD parametresine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.37’de verilmiştir. Test edilen enzim parametrelerinden SOD için yapılan varyans analiz sonuçlarına bakıldığında, SOD üzerinde doz, zaman ve doz x zaman interaksiyon ( $p < 0.01$ ) etkilerinin istatistiksel olarak çok önemli olduğu saptanmıştır. 2,4-D dozlarının tüm ölçüm zamanlarındaki SOD parametresine ait ortalama  $\pm$  SH değerleri Çizelge 4.38’de verilmiştir. Ayrıca, tüm dozlar ve ölçüm zamanları için SOD parametresine ait ortalama  $\pm$  SH değerleri ise Çizelge 4.39’da belirtilmiştir. Mevcut araştırmada, herbisit olarak farklı dozlarda gökkuşacağı alabalıklarına uygulanan 2,4-D’nin doz ve zaman interaksiyonunun SOD üzerine etkisi ise grafiksel olarak Şekil 4.13’de verilmiştir.



**Çizelge 4.34.** SOD enzim aktivitesine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Zaman	3	1,769	0,590	244,266	0,000**
Doz	2	1,425	0,713	295,185	0,000**
Doz*Zaman İnt.	6	0,639	0,107	44,129	0,000**
Hata	24	0,058	0,002		
Genel	35	3,891			

\* Önemli ( $p<0,05$ ), \*\* Çok önemli ( $p<0,01$ )

**Çizelge 4.35.** SOD enzim aktivitesinin zamansal olarak değişimi ortalama  $\pm$  SH değerleri

Zamanlar↓ (saat)	Dozlar→ (EU mg <sup>-1</sup> )	Kontrol	Doz-1	Doz-2
0		0,073 $\pm$ 0,028 <sup>A<sub>b</sub></sup>	0,076 $\pm$ 0,028 <sup>A<sub>d</sub></sup>	0,070 $\pm$ 0,028 <sup>A<sub>d</sub></sup>
24		0,167 $\pm$ 0,028 <sup>C<sub>a</sub></sup>	0,480 $\pm$ 0,028 <sup>B<sub>c</sub></sup>	0,563 $\pm$ 0,028 <sup>A<sub>c</sub></sup>
48		0,173 $\pm$ 0,028 <sup>C<sub>a</sub></sup>	0,643 $\pm$ 0,028 <sup>B<sub>b</sub></sup>	0,800 $\pm$ 0,028 <sup>A<sub>b</sub></sup>
96		0,170 $\pm$ 0,028 <sup>C<sub>a</sub></sup>	0,833 $\pm$ 0,028 <sup>B<sub>a</sub></sup>	1,003 $\pm$ 0,028 <sup>A<sub>a</sub></sup>

LSD<sub>(doz x zaman int)</sub>=0,03454 A, B→ a, b, c↓

A, B→ aynı zaman seviyesi içinde uygulanan farklı uygulama ortalamalarının karşılaştırılması.

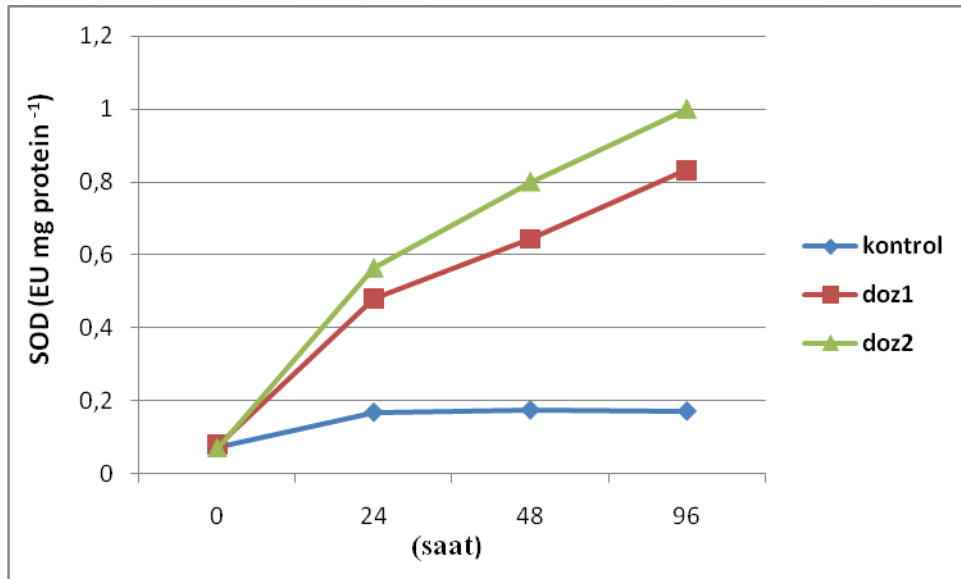
a, b, c↓ aynı uygulama içinde farklı zaman seviye ortalamalarının karşılaştırılması

SOD bakımından 0. saatte bütün uygulamalar arasında önemli fark bulunmamış, diğer saatlerde bütün doz grupları arasında önemli fark bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Zamanlar bakımından kontrol grubunda 0-24, 0-48, 0-96. saatler arasında fark bulunmuş, 24-48, 24-96 ve 48-96. saatler arasında önemli fark bulunmamıştır. Doz-1 ve Doz-2 grubunda ise bütün saatler arasında önemli fark bulunmuştur. Her iki doz grubunda en yüksek SOD düzeyi 96. saatte bulunmuştur.

**Çizelge 4.36.** Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için SOD enzim aktivitesine ait ortalama  $\pm$  SH değerleri

SOD Enzim Aktivitesi	
Muamele	*Önemli (p<0,05), **Çok önemli (p<0,01)
K	0,146 $\pm$ 0,014 <sup>c</sup>
D <sub>1</sub> (0,25 mg/lt)	0,508 $\pm$ 0,014 <sup>b</sup>
D <sub>2</sub> (0,50 mg/lt)	0,609 $\pm$ 0,014 <sup>a</sup>
Saat	*Önemli (p<0,05), **Çok önemli (p<0,01)
0	0,073 $\pm$ 0,016 <sup>d</sup>
24	0,403 $\pm$ 0,016 <sup>c</sup>
48	0,539 $\pm$ 0,016 <sup>b</sup>
96	0,669 $\pm$ 0,016 <sup>a</sup>

Uygulanan her iki doz sonucu ile kontrol değeri arasında yapılan karşılaştırma neticesinde SOD enziminin arttığı belirlenmiştir. Zaman bakımından yapılan karşılaştırmada da benzer şekilde artan süreyle birlikte SOD enzimi de artmıştır.



**Şekil 4.12.** Doz ve zaman interaksiyonunun SOD enzim aktivitesine etkisi

#### 4.2.4. MDA düzeyine ait bulgular

2,4-D pestisitine maruz bırakılan gökkuşuğu alabalığının MDA düzeyine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.28’de verilmiştir. İncelenen enzim parametrelerinden MDA düzeyine ait varyans analizi sonuçları değerlendirildiğinde, MDA için doz, zaman ve doz x zaman interaksiyon etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). 2,4-D dozlarının tüm ölçüm zamanlarındaki MDA’ya ait ortalama  $\pm$  SH değerleri Çizelge 4.29’da verilmiştir. Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için MDA’ya ait ortalama  $\pm$  SH değerleri ise Çizelge 4.30’da sunulmuştur. Herbisit olarak farklı dozlarda gökkuşuğu alabalıklarına uygulanan 2,4-D’nin doz ve zaman interaksiyonunun MDA üzerine etkisi ise Şekil 4.10’da verilmiştir.

**Çizelge 4.37.** MDA düzeyine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Zaman	3	0,126	0,042	98,980	0,000**
Doz	2	0,054	0,027	63,078	0,000**
Doz*Zaman İnt.	6	0,035	0,006	13,876	0,000**
Hata	24	0,10	0,000		
Genel	35	0,225			

\*Önemli ( $p < 0,05$ ), \*\* Çok önemli ( $p < 0,01$ )

**Çizelge 4.38.** MDA düzeyinin zamansal olarak değişimi ortalama  $\pm$  SH değerleri

Zamanlar↓ (saat)	Dozlar→ (nmol mg <sup>-1</sup> )	Kontrol	Doz1	Doz2
0		0,107 $\pm$ 0,012 <sup>A<sub>b</sub></sup>	0,103 $\pm$ 0,012 <sup>A<sub>d</sub></sup>	0,100 $\pm$ 0,012 <sup>A<sub>d</sub></sup>
24		0,113 $\pm$ 0,012 <sup>B<sub>b</sub></sup>	0,150 $\pm$ 0,012 <sup>AB<sub>c</sub></sup>	0,173 $\pm$ 0,012 <sup>A<sub>c</sub></sup>
48		0,127 $\pm$ 0,012 <sup>B<sub>ab</sub></sup>	0,213 $\pm$ 0,012 <sup>A<sub>b</sub></sup>	0,247 $\pm$ 0,012 <sup>A<sub>b</sub></sup>
96		0,150 $\pm$ 0,012 <sup>C<sub>a</sub></sup>	0,293 $\pm$ 0,012 <sup>B<sub>a</sub></sup>	0,343 $\pm$ 0,012 <sup>A<sub>a</sub></sup>

LSD<sub>(doz x zaman int)</sub>=0,03454 A, B→ a, b, c↓

A, B→ aynı zaman seviyesi içinde uygulanan farklı uygulama ortalamalarının karşılaştırılması.

a, b, c↓ aynı uygulama içinde farklı zaman seviye ortalamalarının karşılaştırılması

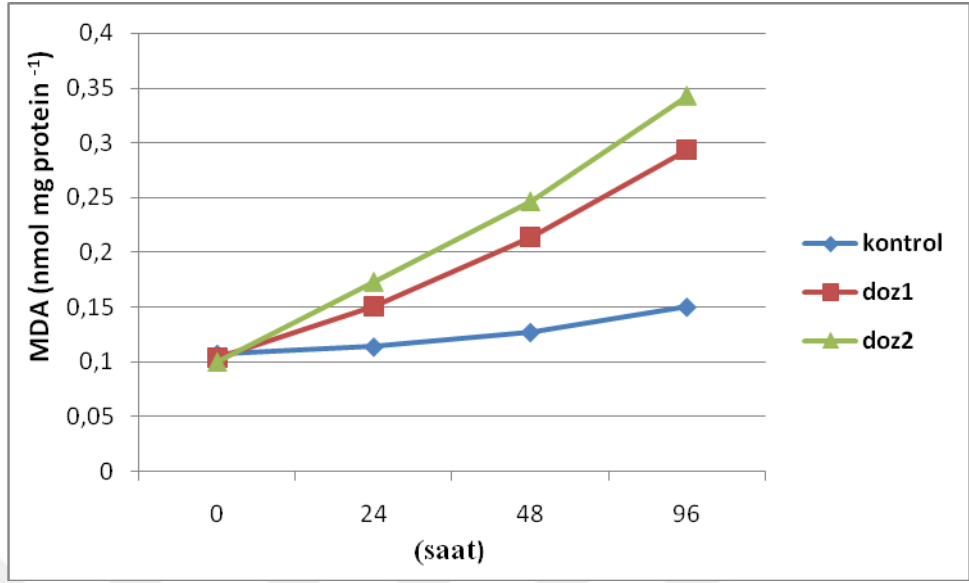
MDA bakımından 0. saatte bütün uygulamalar arasında önemli fark bulunmamış ( $p>0,05$ ), 24. saatte kontrol grubu ile Doz-2 arasında önemli fark bulunmuş ( $p<0,05$ ), kontrol ile Doz-1 arasında fark bulunmamıştır. 48. saatte kontrol grubu ile Doz-1 ve kontrol grubu ile Doz-2 arasında fark bulunmuş, Doz-1 ve Doz-2 arasında önemli fark bulunmamıştır. 96. saatte bütün gruplar arasında önemli fark bulunmuş olup en yüksek MDA düzeyi Doz-2 de ortaya çıkmıştır.

Zamanlar bakımından kontrol grubunda 96. saat ile diğer saatler arasında önemli fark bulunurken ( $p<0,05$ ), Doz-1 ve Doz-2 grubunda bütün zamanlar arasında önemli fark bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Ayrıca Doz-1 ve Doz-2 de en yüksek MDA düzeyi 96. saatte gerçekleşmiştir.

**Çizelge 4.39.** Tüm dozlar ve ölçüm zamanları için MDA'ya ait ortalama  $\pm$  SH değerleri

<b>MDA Düzeyi</b>	
<b>Muamele</b>	* Önemli ( $p<0,05$ ), ** Çok önemli ( $p<0,01$ )
K	0,124 $\pm$ 0,006 <sup>c</sup>
D <sub>1</sub> (0,25 mg/lt)	0,190 $\pm$ 0,006 <sup>b</sup>
D <sub>2</sub> (0,50 mg/lt)	0,216 $\pm$ 0,006 <sup>a</sup>
<b>Saat</b>	* Önemli ( $p<0,05$ ), ** Çok önemli ( $p<0,01$ )
0	0,103 $\pm$ 0,007 <sup>d</sup>
24	0,146 $\pm$ 0,007 <sup>c</sup>
48	0,196 $\pm$ 0,007 <sup>b</sup>
96	0,262 $\pm$ 0,007 <sup>a</sup>

Uygulanan her iki doz sonucu ile kontrol değeri arasında yapılan karşılaştırma neticesinde MDA düzeyinin arttığı belirlenmiştir. Zaman bakımından yapılan karşılaştırmada da benzer şekilde artan süreyle birlikte MDA düzeylerinde artış gözlemlenmiştir.



Şekil 4.13. Doz ve zaman interaksiyonunun MDA düzeyine etkisi

## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

### 5.1. Hematoloji Parametreleri

Canlıların uzun süre toksik maddelere maruz kalması başlangıçta organ ve dokularda birikime daha sonra bu kirleticilerin olumsuz etkilerinin bir sonucu olarak moleküler düzeyde kalıcı etkilerin oluşmasına neden olmaktadır (Esenbuğa 2013).

Sucul organizmaların strese karşılık olarak verdiği primer yanıtın fizyolojik sonucu, zincirleme bir şekilde sekonder yanıtlar meydana gelir. Sekonder yanıtlar ise biyokimyasal, histopatolojik, histolojik ve hemotolojik parametrelerde meydana gelen değişikliklerle tespit edilebilmektedir. Balıklarda stres sonrasında oluşan homeostaziye sağlamak amacıyla hormonal, hematolojik ve enerji metabolizmasını düzenleyen bazı fizyolojik değişiklikler açığa çıkmaktadır (Kayhan 2009).

Balıklarda stres; sıcaklık, oksijen ve çeşitli kirleticiler gibi unsurların balığın yaşadığı ortamın fiziksel ve kimyasal yapısını değiştirmesiyle ortaya çıkmakta bu durum ise öncelikle kan parametrelerini etkilemekte olup bu etki belirli bir süre içerisinde homeostatik mekanizmalarla normale dönüştürülse de stres faktörünün daha uzun sürelerinde kalıcı olabilmektedir (Duran 2011).

Organizmalar için yaşamsal öneme sahip olan oksijen bazı durumlarda oldukça tehlikeli toksik formlar olan serbest radikallere dönüşebilmektedir. Serbest radikaller, dış halkalarında bir ya da daha fazla eşleşmemiş elektron bulunan, kısa ömürlü reaktif atom, molekül veya iyonlardır. Serbest radikaller mutasyon, kanser, büyük hücresel hasar ve biyolojik yaşlanmaya sebep olabilir (Büyükgüzel 2013). Pestisitler, çevre kirliliği ve ağır metaller balıklarda serbest radikallerin oluşumunu başlatmakta (Gökpınar vd 2006), su organizmalarının biyokimyasal ve fizyolojik parametrelerini etkilemekte ve balıklar üzerinde toksit etkiye sebep olarak balık sağlığını tehlikeye sokmaktadır (Pereira *et al.* 2013). Balık sağlığının kontrolünde kullanılan hematolojik

parametreler balık hastalıklarının teşhis edilmesi ve fizyolojik durumlarının kontrol edilmesi bakımından önem arz etmektedir.

Balıklarda toksik etkili kimyasallar gastrointestinal ve solungaç sistem vasıtasıyla vücuda alındıktan sonra doku ve organlara kan aracılığı ile taşındığından ilk olarak kan hücreleri ve eritropoietik dokularda işlevsel ve yapısal bozukluklara sebep olduğu bildirilmiştir (Witeska and Baka 2002; Duran 2011).

Gökkuşığı alabalığında (*O. mykiss*) pestisit farklı doz ve zaman sinerji etkisinin belirlenmesine yönelik yapılan bu çalışmada eritrosit sedimantasyon oranı, hemoglobin %'si, hematokrit, eritrosit, lökosit, trombosit, ortalama eritrosit hacmi, eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin miktarı ve eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin konsantrasyonu gibi hematolojik indeksler belirlenmiştir. Bulunan sonuçlar değerlendirildiğinde araştırılan parametrelerde pestisit dozu ve sinerjik etki uygulamalarında önemli değişimler tespit edilmiştir.

Hemoglobin değerinde yapılan varyans analiz sonuçları incelendiğinde, doz etkisinin hemoglobin üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Kontrol grubunda 0-24-48. saatler arasında azalış göstermiş 96. saatte ise artış kaydedilmiştir. Doz-1 ve Doz-2'nin kontrole göre farklı saatlerdeki hemoglobin miktarına etkisi değerlendirildiğinde, her iki doz 24h de hemoglobin artarken Doz-1 de 48h ve 96h de azalma olup, Doz-2 de ise 48h de azalırken 96h de değişmemiştir. Kontrolde (g/100 ml) olarak 6,508 olan hemoglobin miktarı Doz-1'in 24h sinde en yüksek 7,200 değerini ve Doz-2'nin 24h sinde en yüksek 7,267 değerini alırken Doz-1, 96h de 6,767'ye ve Doz-2 48h ve 96h de ise 7,233'e düşmüştür. Tespit edilen hemoglobin değerleri Kocabatmaz ve Ekingen (1984) ve Atamanalp (2000)'in sağlıklı bir alabalıkta bulunması gereken değer aralığı olan 4,3-10,9 g/100 ml aralığındadır.

Hemoglobin değerindeki azalmalar pestisitte yer alan zararlı etki sebebiyle hücrelerin yıkımı ile alakalıdır. Hemoglobin ve hematokrit değerindeki azalma anemi varlığını göstermektedir. Hemoglobin seviyesindeki artış bir çeşit adaptasyon olarak

görülmektedir. Hemoglobinin seviyesindeki artışa neden olan başka bir faktör osmoregülasyon dengesinin bozulması, kan akışkanlığı ve hipoksinin azalmasıdır (Jawale and Dama (2010)).

Yaptığımız çalışmada gökkuşuğu alabalığında uygulanan pestisit dozunun artmasıyla beraber pestisit etkisinde belirlenen hemoglobin düzeyindeki yükselmenin, eritrosit sayısı veya hemoglobin sentez mekanizmalarının bozulmasıyla ilişkili olabileceği tahmin edilmektedir. McCarthy *et al.* (1973), sağlıklı gökkuşuğu alabalıklarında hemoglobin miktarının ortalama 5,2-12,9 aralığında olduğunu belirtmiş, kirleticilerin tek başlarına ve karışım halindeyken balıklardaki hematolojik parametreler üzerine etkilerinin değişiklik gösterdiği ve ortam derişimleri ile kirleticilerin etki sürelerine bağlı olarak hematolojik parametrelerde dönüşümlü ya da dönüşümsüz olarak farklılıklara neden olduğunu söylemişlerdir.

Hematokrit düzeyi, eritrosit sayısı ile orantılı olması sebebiyle kanın oksijen taşıma kapasitesi ve eritropoietik dokuların işlevleri hakkında bilgi veren önemli bir parametredir (Witeska 2005). Hematokrit yüzdesi, eritrosit sayısı ve hemoglobin düzeyinin yanı sıra eritrosit indeksinin de bir parametresidir ve kanda bulunan eritrosit hacminin yüzdesi olarak ifade edilir (Arslan 2015). Anemi durumlarında kan sıvısı arttığı için genel olarak hematokrit değerleri azalır. Çeşitli türlerdeki balıklarda yapılan araştırmalarda hematokrit düzeyi ve eritrosit sayısının, ortam konsantrasyonuna, türe ve maruz kalma süresine bağlı olarak değişim gösterdiği saptanmıştır (Arslan vd 2006). Balığın hematopoetik aktivitesinin göstergesi olan hematokrit düzeyi normal değerler dışında olursa balıkta sağlık problemi olduğu anlaşılmaktadır (Benli ve Gülen 2009).

*O. niloticus*'ta hematokrit düzeyinin azalması kan dokusunda yer alan su hacminin artmasının bir sonucu olabileceği bildirilmiştir, kirletici etkisinde hematokrit düzeyindeki azalmanın osmoregülasyondaki bozukluğa bağlı hemodilüsyondan, eritrositlerin ozmotik hemolizinden veya demir metabolizmasını etkileyerek hemoglobin sentezindeki bozukluktan kaynaklanabileceği rapor edilmiştir (Witeska 2005; Duran 2011).



Çalışmamızda, hematokrit bakımından yapılan varyans analizi sonucunda, zaman ( $p<0.01$ ), doz ( $p<0.05$ ) ve doz x zaman ( $p<0.01$ ) etkisine ait olasılık değeri önemli bulunmuştur. En yüksek hematokrit miktarı kontrol grubu 24. saatte de %67 belirlenirken Doz-1 ve Doz-2 uygulamalarında önce artış ve sonra azalışlar gözlenmiş olup en az Doz-2 96. saatte %44'e düşmüştür. Belirlenen değerler Kocabatmaz ve Ekingen (1984) ve Atamanalp (2000)'in sağlıklı alabalıklar için bildirdikleri değer ile (min. 19,0, max. 41,3 ve ort 28,0) uygunluk göstermektedir.

Eritrositler, balıkların çoğunda böbrek ve dalakta şekillenerek içerdikleri hemoglobin sayesinde dokulardan solungaçlara CO<sub>2</sub> ve solungaçlardan dokulara O<sub>2</sub> taşımaktadırlar, CO<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> taşınması balık sağlığı bakımından önemlidir (Pala 2013). Balık eritrositleri hacimsel olarak daha büyük olmaları nedeniyle insan eritrositlerinden farklılık gösterir (Uçar 2010).

Çalışmamızda, gökkuşığı alabalıklarına farklı dozlarda uygulanan 2,4-D herbisitinin eritrosit düzeyine etkisi incelenmiştir. Yapılan varyans analiz sonuçları değerlendirildiğinde, zaman ve doz etkilerinin eritrosit üzerinde oldukça önemli bir etki oluşturduğu belirlenmiştir ( $p<0.01$ ). Yalnızca doz uygulamalarının etkisi incelendiğinde; Doz-2 için 24. ve 48. saatlerde belirlenen çok yüksek eritrosit düzeyleri elde edilmiştir. Kontrol grubunda zaman düzeylerinin eritrosit önem sıralaması 48. saat > 24. saat > 96. saat > 0. saat, Doz-1 grubunda 96. saat > 24. saat > 48. saat > 0. saat ve Doz-2 grubunda 48. saat > 24. saat > 96. saat > 0. saat olarak belirlenmiştir. Belirlenen değerler Kocabatmaz ve Ekingen (1984) ve Atamanalp (2000)'in sağlıklı gökkuşığı alabalığı (*O. mykiss*) için bildirdikleri değer ile (min 0,538x10<sup>6</sup>/mm<sup>3</sup>, max 1,185x10<sup>6</sup>/mm<sup>3</sup>, ort 0,782x10<sup>6</sup>/mm<sup>3</sup>) uygunluk göstermektedir. Kontrol grubuna göre eritrosit miktarı 0,63-0,83 düzeyinden Doz-1 de 0,84-1,25 düzeyine ve Doz-2 de ise 0,79-1,43 düzeyine çıkmıştır. Yani herbisit uygulaması eritrosit miktarını her iki dozda arttırmıştır.

Stres ortamında bulunan balıklarda, fizyolojik sistemin gereği olarak dalak sürekli kasılarak eritrosit üretiminin artışı teşvik edeceğinden eritrosit sayısında artış

meydana gelebilir. Daha sonraki periyotlarda yeterli sayıda eritrosit oluşumunun gerçekleşmemesi bu sistemin zarar gördüğü anlamına gelmektedir (Parlak 2016).

Lökosit, vücudu bulaşıcı hastalıklara, enfeksiyonlara karşı korumak için bağışıklık sistemiyle beraber çalışan beyaz kan hücreleridir. Balık kanında lökosit hücre sayısı ise 10–282x10<sup>3</sup>/µl arasında farklılık gösterir. Vücuda yabancı madde girdiğinde lökosit sayısında artış görülür (Anonim 2016 b).

Balıkların lökosit miktarında gözlemlenen farklılıkların nedeni bağışıklık sisteminin baskı altına alınması ve hastalıklara karşı duyarlılıklarının artmasıdır. Lökosit sayısındaki artış, kirleticilere maruz kalan balığın hayatta kalabilmesine ve fizyolojik durumun bütünlüğünü koruyabilmesine yardımcı olan antikorların artışıyla paralellik göstermektedir (Ayoola 2011).

Çalışmamızda zaman, doz ve doz x zaman interaksiyon etkilerinin lökosit düzeyi üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (p<0.01). Bu bakımdan yapılan Duncan test sonuçlarına göre kontrol ve Doz-1 grubunda lökosit bakımından zaman seviyelerinin önem sıralaması 48. saat>24. saat>0. saat>96. saat, Doz-2 grubunda 24. saat > 48. saat > 0. saat ≥ 96. saat olarak bulunmuştur (Çizelge 4.11). Doz seviyesi Doz-2 > Doz-1 > kontrol olarak belirlenirken zaman seviyesi bakımından 48. saat > 24. saat > 96. saat > 0 saat şeklinde bulunmuştur.

Bu çalışmada 24-48. saatlerde lökosit sayısında bir artışın gözlenmesi, ortamda 2,4-D herbisit kaynaklı stresle mücadele etmek için antikor üreten immünolojik reaksiyonların gerçekleşmesi sonucunda olmuştur. Lökositler savunma sistemi fonksiyonu sebebiyle ortamda oluşan değişikliğe kısa sürede yanıt verirler. Lökosit sayısında meydana gelen artışın toksik maddeye karşı balıkların, savunma mekanizmalarını geliştirdiği ancak doz ve zaman artışına bağlı olarak bağışıklık sistemini zayıflattığı belirtilebilir. Toksik maddelere maruz kalan balıkların lökosit sayılarında anormallikler gözlenebilir, lökosit sayısında görülen ani artış, balıkların bağışıklık mekanizmaları ve savunma sisteminin aktivasyonunun güçlü olmasıyla açıklanabilir (Parlak 2016).

Çalışmamızda lökosit miktarındaki değişimlerin doza bağlı olarak dalgalı bir şekilde devam ettiği görülmüştür. Lökosit sayısındaki artışın nedeni balığın savunma sistemiyle homeostasi dengesi kurmaya çalışmasıdır. Lökosit sayısındaki düşüşün nedeni ise, hematolojik dokularda oluşan bozukluk ya da enfeksiyonların arttığı anlamına gelir.

Trombosit, kanın pıhtılaşmasına sebep olan hücre parçalarına verilen addır ve kanamanın durdurulmasında önemlidir. Trombositler hem damar sistemi hem de kanın bizzat kendisi kan kaybının önlenmesine yönelik bir dizi koruyucu mekanizmaya sahiptir. Sağlıklı balık türlerinde trombosit sayıları 2.000-78,900  $\mu\text{L}$  arasında değişim göstermektedir. Yaş, sezon, cinsiyet, su sıcaklığı, pH, oksijen gibi faktörler trombosit sayısını değiştirmektedir (Yılmaz 2015).

Yaptığımız bu çalışmada, zaman, doz ve doz x zaman interaksiyon etkilerinin trombosit düzeyi üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0.01$ ). Buna göre doz x zaman interaksiyonu için yapılan Duncan test sonuçlarına göre kontrol grubunda trombosit bakımından zaman seviyelerinin önem sıralaması 48.saat > 24.saat  $\geq$  96.saat = 0.saat, Doz-1 grubunda 96.saat  $\geq$  24.saat  $\geq$  48.saat > 0.saat ve Doz-2 grubunda ise 24.saat = 48.saat  $\geq$  96.saat > 0.saat olarak bulunmuştur.

Çalışmamızda 96. saatte trombosit sayısında azalma görülmüştür. Vücutta ksebiyotik madde miktarı, kan hücrelerindeki oksijen miktarının azalması, kana bağlı bağışıklık sistemini etkileyen olumsuz durumlar ve dalakta meydana gelen olumsuz faktörler trombosit eksikliğinin nedeni olarak görülebilir.

Trombosit sayısını, Lester and Budd (1983) salmonlarda  $26,10^3 \text{ mm}^3$ , Cacillas and Smith (1977) gökkuşuğu alabalıklarında stresten önce  $21,10^3 \text{ mm}^3$ , stresten sonra ise  $43,10^3/\text{mm}^3$  olarak bulmuşlardır. Balıklarda stres faktörleri; sıcaklık, çeşitli kirleticiler, ve oksijen gibi ortamın kimyasal ve fiziksel yapısındaki herhangi bir faktörde oluşan değişimlerin etkileri sonucunda gerçekleşmektedirler (Duran 2011).

Normal koşullarda eritrosit hücre parametreleri fazlaca stabil olup stres koşullarında farklılıklar göstererek kan pozisyonundaki kantitatif farklılaşmaların miktarını sağlayabilir. Balıklar, hipoksi durumunun gerçekleştiği ortamlarda bu durumun üstesinden gelebilmek için eritrositlerin, MCH ve MCV miktarını artırmaktadır. Bu değerlerde oluşan artış eritrositlerin yıkımı nedeniyle ya da üretilmemesinden dolayı meydana gelmektedir. Stres faktörünün MCHC değerinde azalışa, Hct ve MCV değerlerinde ise artışa sebep olduğunu rapor etmişlerdir (Iversen *et al.* 1998).

MCV kırmızı kan hücrelerinin ortalama hacmidir. Kan dolaşımında bulunan alyuvarların boyutları hakkında bilgi verir (Anonim 2013a). Yaptığımız çalışma sonucunda, MCV bakımından zaman, doz ve doz x zaman interaksiyonunun etkisi önemli bulunmuştur ( $P < 0.01$ ). Herbisitin farklı dozlarına ilişkin MCV önem sıralaması, kontrol  $>$  Doz-1  $\geq$  Doz-2 şeklinde olmuştur. MCV olarak doz uygulamaları arasında en yüksek düzey kontrol grubundan ( $283.776 \text{ mm}^3$ ) elde edilmiştir. Zaman düzeyleri için 0. saat ile 24. saat ve 48. saat ortalamaları arasında önemli fark bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). MCV değerleri kontrole göre her iki doz uygulaması sonunda azalmış olup Doz-1 sonunda ve Doz-2 sonunda ise değerlerde daha çok düşüş görülmüştür.

MCH her bir kırmızı kan hücresinde bulunan ortalama hemoglobin miktarıdır. Çalışmamız sonucunda, MCH bakımından sadece zaman ( $P < 0.01$ ) ve doz ( $P < 0.05$ ) faktörlerinin etkileri önemli bulunmuştur. MCH düzeyi kontrol grubunda 25.796-35.361 mg/hücre arasında bulunmakta olup Doz-1 grubunda 48. saat hariç diğer zamanlarda azalırken Doz-2 grubunda ise 21.967-30.992 arasında değerler olarak tüm zamanlarda azalmıştır. Ceylan ve Altun (2011) *vibrio anguillarum* ile infekte edilen gökkuşağı alabalıklarında MCH değerlerini incelemiş kontrol gruba göre infekte grubun MCH değerlerinin arttığını, Altun ve Diler (1996) infekte grupta MCH nin 5. güne kadar azaldığını ve 15. güne kadar arttığını, Alak vd (2012) kadmiyum ve humik asitin MCH yi 122.17 den 68.67 ve 28.86 ya düşürdüğünü belirtmişlerdir. Parlak (2016) gökkuşağı alabalıklarına 3 farklı dozda alfa sipermetrin pestisit uygulaması sonucunda doz uygulamalarında ve zamanlar arasında azalma ve artmalar olduğunu ifade etmiştir.

MCH değerlerinde artış ve azalışların dalgalı bir seyirde ilerlemesi vücutta vitamin, mineral vb. şeylerin eksik olduğunu ifade etmektedir.

MCHC kırmızı kan hücresindeki belli miktar hemoglobinin yoğunluğu değeridir. Hemoglobin, akciğerden organlara oksijen transfer eden kandaki bir bileşendir (Anonim 2015). Yaptığımız çalışma sonucunda, MCHC bakımından doz, zaman ve doz x zaman interaksiyonlarının etkileri önemli bulunmuştur ( $p < 0.01$ ). 2,4-D herbisit uygulamamız sonucunda, kontrol grubuna göre her iki Doz-1 ve Doz-2 gruplarında MCHC değerleri artmıştır. Kontrol grubunda 9.416-12.237 olan MCHC değerleri Doz-1 de 11.106-13.931 ve Doz-2 de 10.808-16.898 değerlerine yükselmiştir.

Gökkuşluğu alabalığı (*O. mykiss*) hematoloji indeksinin incelendiği bir çalışmada eritrosit sayısının  $0,87-1,34 \times 10^6/\text{mm}^3$ , hemoglobin değerini 64-107 pg hematokrit değerini 0,36-0,554 MCV değerini 347-501, MCH değerini 60-92 pg ve MCHC değerinin ise 0,15-0,21 aralığında olduğunu bildirmişlerdir (Rehulka and Adamec 2004). McCarthy *et al.* (1973), sağlıklı gökkuşluğu alabalıklarında MCV, MCH ve MCHC değerlerinin sırasıyla 246-595, 45-98 pg ve 11,9-28 mg/Lt aralığında olduğunu belirtmişlerdir.

Sağlıklı gökkuşluğu alabalıklarındaki (*O. mykiss*) eritrosit sayısının  $1,04 \times 10^6 \text{ mm}^3$ - $1,40 \times 10^6 \text{ mm}^3$  aralığında değişkenlik gösterdiğini, lökosit sayısının (16-38 bin adet/ml), hematokrit yüzdesinin %29.4-%41.1 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir (Demirdöğen 1997; Rehulka 2002).

Yaptığımız çalışmadaki değerlerin, literatürlerdeki belirtilen değerlerden farklılık göstermesi, denemede kullanılan balık türlerinin, balıkların cinsiyet ve yaşlarının, deneme çalışmalarının gerçekleştiği ortam koşullarının farklı olmasından kaynaklanabilir.

## 5.2. Enzim Parametreleri

Canlılarda kimyasal tepkimeleri hızlandıran ve hücrelerin canlılığı için gerekli olan enzimler hayati öneme sahiptir. Enzimlerin eksikliğinden ziyade stresörler çeşitli hastalıkların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Balıkların savunma sistemlerinde enzimler rol oynamaktadır (Uçar 2010). Enzimlerdeki değişiklik strese sebep olurken bu durum balıkların bağışıklık sistemlerinin zayıflamasına ve dirençlerinin düşmesine, normal gelişim gösterememelerine ve üreme kabiliyetlerinin azalmasına sebep olmaktadır. Hücrelerde enerji akışının kontrolünü zorlaştıran stres faktörleri, çeşitli mekanizmalar vasıtasıyla biyomoleküllere zarar vermekte ve bu durum sucül organizmalarda antioksidan savunma sistemlerini etkilemektedir (Akbulut vd 2014).

Canlılar, serbest radikallerin zararlı faktörlerinden korunabilmek için antioksidan savunma sistemi (ASS) ile kaplanmıştır. Antioksidan enzimler oksidatif stresle indüklenen ana bileşenler olup, Glutasyonperoksidaz (GSH-Px), Süperoksitdismutaz (SOD), Katalaz (CAT) gibi endojen enzimler ile, vitamin C, E ve bazı ilaçlar olan eksojen enzimlerden oluşmaktadır. Bu enzimler hücredeki dengenin sağlanmasında yaşamsal bir etkiye sahiptirler ve kirleticilere verilen bir tepkinin sonucu olarak indüksiyonları, lipid peroksidasyonları ve antioksidan enzim aktivitelerini toksikolojik çalışmalarda, hücre hasarlarının incelenmesinde önemli bir indikatör olarak kullanırlar (Parlak 2016).

MDA seviyesi dokularda lipid peroksidasyon düzeyindeki değişimi ifade etmektedir. Çalışmamızda varyans analiz sonuçları incelendiğinde, gökkuşağı alabalıklarında MDA bakımından zaman, doz ve doz x zaman interaksiyon etkilerinin önemli olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.01$ ). İnteraksiyon etkisi değerlendirildiğinde, MDA bakımından kontrol grubunda zaman seviyelerinin önem sıralaması 96.saat $\geq$ 24.saat $\geq$ 48.saat $\geq$ 0.saat, Doz-1 grubunda 96.saat $>$ 48.saat $>$ 24.saat $>$ 0.saat ve Doz-2 grubunda 96.saat $>$ 48.saat $>$ 24.saat $>$ 0.saat olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubunda 0.107-0.150 nmol/mg protein olan MDA değerleri 0. saat hariç Doz-1 de 0.150-0.293 nmol/mg protein arasında Doz-2 de ise 0.173-0.343 nmol/mg protein değerlerini alarak artmıştır.

Yani 2,4-D herbisit uygulaması MDA değerlerini her iki dozda yükseltmiştir. Oruc *at al.* (2004) balıklar üzerine yaptıkları benzer bir çalışmada 2,4-D'nin kontrole göre MDA'yı arttırdığını (2,42-3.51) ifade etmişlerdir.

Katalaz enzimi, hücre içerisinde meydana gelen reaksiyonlar neticesinde yan ürün olarak ortaya çıkan hidrojen peroksiti suya dönüştürme görevini üstlenmiştir. Bu sayede  $H_2O_2$ 'in hücredeki olumsuz etkisi engellenmektedir (Parlak 2016).

Çalışmamızda varyans analiz sonuçları incelendiğinde, gökkuşuğu alabalıklarında katalaz bakımından zaman, doz ve doz x zaman interaksiyon etkilerinin önemli olduğu tespit edilmiştir ( $P<0.01$ ). Yalnızca doz etkileri incelendiğinde Doz-1 ve Doz-2 uygulamaları için önem sıralaması 96.saat>48.saat>24.saat>0.saat şeklinde olmuştur. ( $P<0.01$ ). Kontrol grubunda 0.167-0.200 olan katalaz enzim Doz-1 de 0.170-0.727 ve Doz-2 de 0.171-0.887 değerlerine yükselmiştir. Oruç ve Usta (2007) diazonin uygulamasının CAT enzimini arttırdığını, Sağlam vd (2014) Cd ve Cu uygulamalarının 7. ve 14. günlerde yükselttiğini, Gad (2011) ham petrole maruz kalan balıklarda CAT enziminin 72 ml mol/g'dan 5. gün 80, 15. gün 175 ve 30. gün 203 e yükseldiğini belirtmiştir. Çalışmamız, literatürde yer alan değerlerle uygunluk göstermektedir.

Hücredeki reaksiyonlar sonucunda meydana gelen hidrojen peroksidin uzaklaştırılması görevini üstlenip hücre içerisinde lipid peroksidasyonunu engelleyen en önemli enzim olan  $GP_x$  diğer serbest radikallerin engellenmesinde de yer aldığı için en önemli enzimdir (Cheesman and Slater 1993).

Çalışmamızda  $GP_x$  parametresi bakımından yapılan varyans analizi sonucunda zaman, doz ve doz x zaman interaksiyon etkilerinin önemli olduğu belirlenmiştir ( $P<0.01$ ). Doza ait Duncan test sonuçlarına göre önem sıralaması Doz-2>Doz-1>kontrol olarak bulunmuştur.  $GP_x$  miktarı her iki dozda artmıştır. Kontrolde 0.143-0.230 EU/mg olan  $GP_x$  miktarı 0. saat hariç Doz-1 de 0.150-0.590 a ve Doz-2 de ise 0.140-0.673 düzeyine yükselmiştir.  $GP_x$  de görülen artışın GSH'nin, aktive olan GSH sentez mekanizmaları ile

yerine konmamasıyla ilişkili olabileceği veya diğer detoksifikasyon mekanizmaları ile alakalı olabileceğini düşündürmektedir (Zhang *et al.* 2005; Çinkılıoğlu 2007).

Superoksit dismutaz (SOD) enzimi, oksijen radikallerinin hidrojen peroksit'e değişimini katalizlemektedir ve daha sonraki basamakta ortaya çıkan hidrojen peroksit, katalaz enzimi ile tepkimeye girerek suya dönüşmektedir (Parlak 2016).

Çalışmamızda, zaman, doz ve doz x zaman interaksiyon etkilerinin SOD parametresi üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.01$ ). Bu bakımdan yapılan Duncan test sonuçlarına göre kontrol grubunda SOD bakımından zaman seviyelerinin önem sıralaması 48.saate=0.saate $\geq$ 96.saate $\geq$ 24.saate, Doz-1 ve Doz-2 gruplarında 96.saate $>$ 48.saate $>$ 24.saate $>$ 0.saate olarak bulunmuştur. Zaman seviyesi 0. saate SOD parametresi bakımından kullanılan dozların önem sıralaması Doz-1 $\geq$ kontrol $\geq$ Doz-2, 24, 48 ve 96. saate Doz-2 $>$ Doz-1 $>$ kontrol şeklinde bulunmuştur. Herbisit uygulaması SOD miktarını kontrole göre her iki dozda da arttırırken, zaman bakımından 96.saate $>$ 48.saate $>$ 24.saate $>$ 0.saate şeklinde belirlenmiştir.

Çalışmamızda SOD enzim aktivitesinde dozlara ve saatlere göre sürekli artışın olduğu görülmüştür. SOD serbest radikallere ilk tepki mekanizması olup, ortaya çıkan artışın 2,4-D uygulamasının neden olduğu süperoksit radikallerini ortamdan uzaklaştırmak için olduğu düşünülmektedir. Yapılan çalışmanın parametreleriyle ilgili olarak elde edilen bulgular yapılan bazı çalışmalarla paralellik göstermektedir (Oruç vd 2004; Peixoto *et al.* 2006).

### 5.3. Sonuç ve Öneriler

İndikatör canlı olarak balıklardan, su ortamındaki genotoksitenin belirlenmesi aşamasında yararlanılmaktadır. Aynı zamanda, bazı genotoksik ajanların insanlar üzerindeki olası etkilerinin tahmin edilmesinde detoksifikasyon mekanizmalarındaki benzer olaylardan dolayı test organizması olarak balıklardan faydalanılabilmektedir (Stegeman and Lech 1991). İnsanların alternatif besin kaynaklarının önemli bir



bölümünü balıklar oluşturduğu için oluşabilecek toksik etkilerle özellikle ilgilenilmektedir.

Gün geçtikçe, çevre kirliliğindeki artış ve bu kirliliği insanların daha yoğun bir şekilde hissetmesi çevre bilincinin gelişmesi için olumlu bir etki sağlamaktadır. Akuatik toksikoloji, kirleticilerin sucul organizmalara geçişi sonucu ortaya çıkan olumsuz etkileri inceler ve uzun süredir yararlanılan test metodlarına yenilerini ekleyerek sonuçların güvenilirliğini ve hassasiyetini üst düzeye taşır. Sucul ortamda yer alan biyobelirteçler akuatik toksikoloji alanında yapılan çalışmaların sınırlarını genişletmiştir. Sucul ortamlarda meydana gelen birikim biyolojik yaşam için tehlike oluşturmaktadır. Özellikle balıklar ve akuatik organizmalar kimyasal ve fizyolojik değişikliklere karşı hassas canlılardır. Bu durumda balıklar üzerinde kirleticilerin oluşturduğu olumsuz etkileri belirlemek ekosistemin geleceği için ve besin zincirinin her halkasındaki canlılar için oldukça önemlidir (Parlak 2016).

Çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz veri kaynaklarına dayanarak doğal su ortamlarında çeşitli sebeplerle oluşan kirliliğin düzenli olarak izlenmesi, canlılar üzerinde oluşturdukları etkiler belirlenerek bu tür çalışmalarla bir veritabanı oluşturulması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmalar doğrultusunda gerekli önlemlerin alınarak yetiştiricilikte zararlı olan kirleticilerin etkiledikleri seviyelerin belirlenmesi zorunlu bir hale gelmiştir. Gökkuşuğu alabalıklarının (*O. mykiss*) pestisitlere karşı duyarlı ve kirleticilere verilen tepkilerin tespit edilmesinde yararlı biyomarkırlar olabileceği belirlenmiştir.

Gökkuşuğu alabalıklarında (*O.mykiss*) 2,4-D'nin;

- Kan parametrelerinde etkili olduğu ve değişimlere sebep olduğu,
- Doz ve zaman artışına bağlı olarak enzim aktivitelerinde oransal artışlara sebep olduğu belirlenmiştir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz veriler;

- Pestisit toksisitesinin belirlenmesinde hematoloji parametrelerinin etkin olduğunu göstermektedir.
- Bilime katkı sağlayacak biyokimyasal toksikoloji dalında, ekotoksikolojik risk değerlendirme çalışmalarında yararlanılabilecektir.
- Akuatik canlıların bünyesine toksik maddelerin alınmasından sonra oluşan etki ve tepki mekanizmasını bir bütün olarak ortaya koymaktadır.

Arazi ortamına bir model oluşturmak için laboratuvar çalışmaları yapılsada, benzer çalışmaların tabii ortamda yapılması yolunun araştırılması, bu yönde tarımsal arazi çevresindeki su kaynaklarında hayatını devam ettiren başta balık olmak üzere tüm su canlılarının toksik maddelerden etkileşimlerinin ortaya konulması düşünülmektedir.

Tarımsal uygulamalarda kimyasalları kullanan çiftçiler, su kaynakları çevresindeki arazilerde ilaçlama yaparken yağmur, rüzgar vs. gibi faktörleri dikkate alarak ilaçlama yapmalı, ilaçlama işleminden sonra ekipmanları su kaynaklarında yıkamamalı ve boş ilaç ambalajlarını su kaynaklarına atmamalı bu konularda gerekli özeni göstermelidirler.

## KAYNAKLAR

- Abhijith, B. D., Ramesh, M. and Poopal, R. K., 2012. Sublethal toxicological evaluation of methyl parathion on some haematological and biochemical parameters in an Indian major carp (*Catla catla*) Comparative Clinical Pathology, 21 (1), 55-61.
- Adedeji, O. B., Adeyemo, O. K. and Agbede, S. A., 2009. Effects of diazinon on blood parameters in the african catfish (*Clarias gariepinus*). African Journal of Biotechnology, 8 (16), 3940-3946.
- Akbulut, C., Kaymak, G., Esmer, H. E., Yön, N. D., Kayhan, F. E., 2014. Balıklarda ağır metal ve pestisitler tarafından indüklenen oksidatif stres mekanizmaları. Ege J Fish Aqua Sci 31(3): 155-160
- Akgün, C., 2001. Tarım ilaçları sektör araştırması. İstanbul Ticaret Odası. Dış Ticaret Araştırma Servisi. Sayfa:4-5
- Al Ghanim, K. A., 2012. Malathion toxicity in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* a haematological and biochemical study. African Journal of Agricultural Research, 7 (4), 561-567.
- Alak, G., Atamanalp, M., Uçar, A., Arslan, H., Şensurat, T., Parlak, V., Kocaman, E.M., 2012. Kahverengi alabalıklarda (*Salmo trutta fario*) kadmiyum toksisitesine karşı humik asit etkisinin hematolojik parametrelerle araştırılması. Ege J Fish Aqua sci 29(4): 181-185.
- Altınok, İ., Çapkın, E., Boran, H., 2012. Mutagenic, genotoxic and enzyme inhibitory effects of carbosulfan in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Pesticide Biochemistry and physiology. 102. 61-62.
- Altun, S., Diler, Ö., 1996. Yersinia ruckeri ile infekte edilmiş gökkuşuğu alabalıklarında hematolojik incelemeler. Tr. J. of Veterinary and Animal Science 23. 301-309.
- Anonim 2007. [http://www.tarimkutuphanesi.com/Pestisitlerin\\_Cevreye\\_Zehirliligi\\_ve\\_Etiket\\_Uzerindeki\\_Uyarilar\\_00602.html](http://www.tarimkutuphanesi.com/Pestisitlerin_Cevreye_Zehirliligi_ve_Etiket_Uzerindeki_Uyarilar_00602.html)
- Anonim 2012. <http://www.beslenmedestegi.com/saglik-rehberi/trombosit-nedir>
- Anonim 2013.a. <http://www.doktormurat.net/makale/1102/tam-kan-sayimi-degerleri>
- Anonim 2015. <https://multiyasam.com/mchc-nedir-yuksekligi-ve-dusuklugu-ne-anlamagelir>
- Anonim 2016.a. <http://www.catalbastopuzlar.com/hayvansal-uretim/135-su-urunleri--alabalik-yetistiriciligi.html>
- Anonim 2016.b. <http://www.turkcebilgi.com/lökosit>
- Arslan, H., 2015. Pestisit sinerjisinin; gökkuşuğu alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) yüzme performansı, biyokimyasal hematolojik, histopatolojik ve genotoksik etkilerinin araştırılması. Atatürk. Üniv. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, Erzurum.
- Arslan, M., Karaytuğ, S., Cıçık, B. "Bakırın *Clarias lazera* (Valenciennes, 1840)'da Doku Glikojen ve Serum Glikoz Düzeyi Üzerine Etkileri", E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 23(1/1): 23-27, (2006).
- Arsova-Sarafinovska Z, Eken A, Matevska N, Erdem O, Sayal A, Savaşer A, Banev S, Petrovski D, Dzikova S, Georgiev V, Sikole A, Özgök Y, Suturkova L, Dimovski AJ, Aydın A. Increased oxidative/nitrosative stress and decreased antioxidant enzyme activities in prostate cancer. Clin Biochem. 2009, 42;1228-1235.

- Atamanalp, M., Cengiz, M., 2002. Bir sentetik piretroit insektisit (cypermethrin)'in sublethal dozlarının *capoeta capoeta capoeta* (Güldenstaedt, 1772)'da hemoglobin, hemotokrit ve sediment seviyeleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi. Cilt/Volume 19, Sayı/Issue (1-2): 169 – 175
- Atamanalp, M., Güneş M., 2001. Tuzla çayı'nda yaşayan *c.capoeta*'nın hemoglobin seviyesi, eritrosit ve toplam lökosit sayıları üzerine bir araştırma. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 33 (3), 297-300.
- Atamanalp, M., 2000. The effect of sublethal doses of cypermethrin on haematological and biochemical parameters of rainbow trout (*O. mykiss*). A. Ü. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, 95–101.
- Atamanalp, M., 2003. Farklı yetiştirme sistemlerinin (Havuz ve Kafes) gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) hemoglobin, hematokrit ve sediment seviyeleri üzerine etkileri. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi. 20(1-2), 81 – 86.
- Atamanalp, M., Aksakal, E., Kocaman, E.M., Uçar, A., Şişman, T. ve Türkez, H. 2011. The Alterations in the hematological Parameters of Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*, Exposed to Cobalt Chloride. Kafkas Üniv. Veterinerlik Fak. Derg. 17; 573-576.
- Atamanalp, M., Angiş, S., Oğuzhan, P. and Aksakal, E., 2008. Alterations in hematological parameters of rainbow trout (*O. mykiss*) exposed to DDVP . Israeli Journal of Aquaculture, 60 (1), 9-12.
- Atamanalp, M., Yanık T., 2002. Salmonidlerde yapılan toksikolojik çalışmalar/ The toxicological studies in salmonidae. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 34(1), 105-110.
- Atamanalp, M., Yanık, T., Haliloğlu, H.İ., Aras. S.M., 2002. Alterations in the hematological parameters of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, exposed to cypermethrin. The Israeli J. of Aquaculture – Bamidgeh. 54 (2): 99-103.
- Ayoola, S.O., 2011. Acute toxicity and histopathology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings exposed to aqueous and ethanolic extracts of *Euphorbia poissonii* leaves. New Clues Sci., 1:55-68.
- Bayır, M., 2011. Farklı yağ kaynaklarının kahverengi alabalıkta büyüme ve yağ asidi kompozisyonuna etkileri ile antioksidan enzim aktiviteleri vasıtasıyla açlığa cevaplarının ölçülmesi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Bayır, M., Atamanalp, M., 2011. Saponin'in Gökkuşuğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nda Canlı Ağırlık Artışı, HSI (Hepatosomatik İndeks) ve Bazı Antioksidan Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkileri. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 31, Sayı 1. 53-64.
- Benli, K. A. Ç., ve Gülen, Z., 2009. Fenitrothion'un Etkisinde Bırakılan Tilapia'da (*Oreochromis niloticus* L.) Sekonder Stres İndikatörleri Hematokrit ve Plazma Glukoz Seviyesinin Değişimi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 19, 19-22.
- Beutler, E. 1975. Red Cell Metabolism: A manual of biochemical methods. New York: Grune and Straton 342 pp.
- Blaxhall, P. C., Daisley K.W., 1973. Routine haematological methods for use fish with blood. J. Fish Biol. 5, 771-781.
- Bristol, D. W., Cook, L.W., Koterba, M.T., Nelson, D.C., 1982. Determination of free and hydrolyzable residues of 2,4- D and 2,4-Dichlorophenol in potatoes. J. Agric. Food Chemb. 30: 137-144.

- Bulut, C., 2010. Bakır sülfat ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) ve Formaldehit ( $\text{CH}_2\text{O}$ )'in Gökkuşığı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*)
- Büyükgüzel, E., 2013. Biochemical and molecular mechanisms of protein. *Karaelmas Science and Engineering Journal*, 3(1): 40-51.
- Casillas, E. And Smith, L.S., "Effect of Stress on Blood coagulation and haematology in rainbow trout (*S. Gairdneri*)." *J. Fish Biol.*, 10, 481-494, 1977.
- Ceylan, M., Altun, S., 2011. *Vibrio anguillarum* ile infekte edilmiş gökkuşığı alabalıklarında (*oncorhynchus mykiss*) hematolojik incelemeler. *Uludag Univ. J. Fac. Vet. Med.* 29(2):35-42
- Cheeseman KH., Slater TF. 1993. An Introduction to free radical biochemistry. *Br Med. Bull. Jul*; 49 (3):481-93.
- Çelik, E. Ş., 2006. Balıkların kan parametreleri üzerine ağır metallere etkisi. *E.Ü Su Ürünleri Dergisi. Cilt/Volume 23, Ek/Suppl. (1/1): 49-55.*
- Çelikkale, M. S., 1994. İç Su Balıkları ve Yetiştiriciliği, KTÜ Sürmene Deniz Bilimleri Fak. Genel Yayın No: 124, Fak. Yayın No: 2, Cilt 1, 2. Baskı, 37 Trabzon,
- Çinkıoğlu, E. (2007). *Cyprinus carpio*'da beyin dokusunda fenthionun antioksidant savunma sistemi, lipid peroksidasyonu ve asetilkolinesteraz enzim aktivitesine Nasetilsistein modülatörlüğünde etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çiltaş, A. K., 2000. *Stenotrophomonos malthophilia*, *Brevibacillus agri*, *Micrococcus lylae* suşlarının patojenitesi ile gökkuşığı alabalığı üzerinde oluşturulan enfeksiyonların laboratuvar ve klinik yönden araştırılması. Doktora Tezi. A. Ü. Fen Bil. Enst., Erzurum
- Demirdöğen, N., 1997. Deneysel olarak *Aeoromonas salmonicida* ile infekte edilen gökkuşığı alabalıklarında (*O. mykiss*) bazı hematolojik Parametreler. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dethloff, G.M., Bailey H.C. and Maier K.J., 2001. Effects of dissolved copper on select haematological, biochemical and immunological parameters of wild rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 40, 371-380.
- Dick, P.T. and Dixon, D.G., 1985. 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.
- Dorval, J., Leblond, V.S., Hontela, A. 2003. Oxidative stress and loss of cortisol secretion in adrenocortical cells of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed in vitro to endosulfan, an organochlorine pesticide. *Aquatic Toxicology* 63 (2003) 229-241.
- Dörücü, M., İspis, Ü., Türk, C., 2005. Levamisolün Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, W)'nın Bazı Kan Parametrelerine Etkisinin Araştırılması. *F. Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17 (2), 405-411.
- Duran, S., 2011. Bakır (Cu), Çinko (Zn), Kadmiyum (Cd) ve Karışımlarının *Oreochromis Niloticus*'ta Bazı Hematolojik Parametreler Üzerine Etkileri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Biyoloji Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.
- Ecevit, H., 2013. Ortak hücre anemili hastalarda, oksidatif stres belirleyici olarak 8-hidroksi deoksi guanozin, malonil dialdehit ve protein karbonil düzeylerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Hatay.

- Esenbuğa, H., 2013. Sds (Sodium dodecyl sulphate)'nin farklı dozlarının gökkuşuğu alabalığının (*O. mykiss*) yüzme performansı, hematoloji parametreleri ve bazı antioksidan enzim aktiviteleri üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Far, M. S., Roodsari, H. V., Zamini, A., Mirrasooli, E. and Kazemi, R., 2012. The effects of diazinon on behavior and some hematological parameters of fry rainbow trout (*O. mykiss*). World Journal of Fish and Marine Sciences, 4 (4), 369-375.
- Gad, N. S., 2011. Oxidative stress and antioxidant enzymes in *Oreochromis niloticus* as biomarkers of exposure to crude oil pollution. International Journal of Environmental Science and Engineering (IJESE) vol. 1: 49-58.
- Gergit, A., 2015. Linuron'un gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) solungaç ve karaciğer dokuları üzerinde histopatolojik ve biyokimyasal etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Gholami Seyedkolaei, S. J., Mirvaghefi, A., Farahmand, H. and Kosari, A. A., 2013. Effect of a glifosat based herbicide in *Cyprinus carpio*: Assessment of acetylcholinesterase activity, hematological responses and serum biochemical parameters. Ecotoxicology and Environmental Safety, 98 (1), 135-141.
- Girgin, A. ve Şen, D., 2003. Keban Baraj Gölü'ndeki *Chalcalburnus mossulensis* (Heckel, 1843)'in Hematolojik parametrelerinin incelenmesi. G.Ü Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi. 23, 1, 11-21.
- Gökpnar, Ş., Koray, T., Akçiçek, E., Göksan, T., Durmaz, Y., 2006. Algal antioxidants. Ege J Fish Aqua Sci, 23(Suppl 1/1): 85-89.
- Greene, D.H.S. and Selivonchick D.P., 1990. Effects of dietary vegetable, animal and marine lipids on muscle lipid and hematology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 89, 165-182.
- Gutteridge, J.M.C., 1995. Lipid peroxidation and antioxidants as biomarkers of tissue damage. Clin. Chem. 41: 1819-28.
- Iversen, M., Finstad, B., Nilssen, K.J., 1998: Recovery from loading and transport stress in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts. Aquaculture, 168: 387394.
- Jawale, C.S., Dama, L.B., 2010. Hematological changes in the fresh water fish, *Cyprinus carpio* exposed to sub-lethal concentration of piscicidal compounds from cestrum species. National Journal of Life Sciences. 7(1): 81-84.
- Jones, B.J. and Pearson W.D., 1976. Variations in haematocrit values of successive blood samples from bluegill. Trans. Am. Fish. Soc. 2, 291-293.
- Karasu, Benli., Asi, Ç., Gülen, Z., 2009. Fenitrothionun etkisinde bırakılan tilapiada (*Oreochromis niloticus* L.) sekonder stres indikatörleri hematokrit ve plazma glikox seviyesinin değişimi. Yü. Tar. Bil. Derg., 19(1),19-22.
- Kırıcı, M., 2014. Capoeta capoeta umbla ve Capoeta trutta'nın solungaç, karaciğer, böbrek dokularından glukoz 6-fosfat dehidrogenaz ile glutatyon redüktaz enzimlerinin saflaştırılması ve bazı metallerin enzim aktivitesi üzerine etkilerinin incelenmesi / Purification of glucose 6-phosphate dehydrogenase and glutathione reductase from Capoeta capoeta umbla and Capoeta trutta kidney, liver, gill tissues and investigation effects of some metals on enzymes activity. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Knoph, M.B. and Thorud, K., 1996. Toxicity of ammonia to atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in seawater-effects on plasma osmolality, ion, ammonia, urea and

- glucose levels and hematological parameters. *Comp. Biochem. Physiol.*, 113(4): 375–381.
- Kocabatmaz, M., Ekingen, G., 1984. Değişik Tür Balıklarda Kan Örneği Alınması ve Hematolojik Metotların Standardizasyonu. *Doğa Bil. Der.*, Seri D1, 8(2), 149-159.
- Kocabatmaz, M., ve Ekingen G., 1977. Preliminary investigation on some haematological norms in five freshwater fish species. *Fırat Üniv. Vet. Fak. Derg.*, 4(1-2), 28-40.
- Kurutaş, E., Şahan, A., Altun, T., 2009. Oxidative stress biomarkers in liver and gill tissues of spotted barb (*Capoeta barroisi* Lorted, 1894) living in the river Ceyhan, Adana, Turkey. *Turk J Biol* 33 (2009) 275-282.
- Lester, R.J.G., and Budd, J., 1983. Soma Changes in the Blood Cells of diseased coho salmon can. *J. Zool* 57, 1458-1464.
- Li, Z. H., Velisek, J., Grabic, R., Li, P., Kolarova, J. and Randak, T., 2011. Use of hematological and plasma biochemical parameters to assess the chronic effects of a fungicide propiconazole on a freshwater teleost. *Chemosphere*, 83, 572-578.
- Liu, C., Fan, Y. Y., Liu, M., Cong, H. T., Cheng, H. M. and Dresselhaus, M. S., 1999. Hydrogen storage in single walled carbon nanotubes at room temperature. *Science Magazine*, 286 (5442), 1127-1129.
- Maduenho, L. P. and Martinez, C. B. R., 2008. Acute effects of diflubenzuron on the freshwater fish *Prochilodus lineatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part: C, Toxicology & Pharmacology*, 148 (3), 265-272.
- Mawdsley-Thomas, L.E., 1972. Diseases of Fish, Symposia of the Zoological Society of London, Number 30, Academic Press, p 104.
- McCarthy, D. H., Stevenson, D. P., Roberts, M. S., 1973. Some blood parameters of the rainbow trout (*Salmo gairdneri*) (richardson). I. The Kamloops variety. *Journal of Fish Biology*, 5, 1-8.
- Mekkawy, İ. A., Mahmoud, U. M. and Sayed, A. E. H., 2011. Effects of 4-nonylphenol on blood cells of the african catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Tissue and Cell*, 43 (4), 223-229.
- Menezes, C., Fonseca, M.B., Leitemperger, J., Pretto, A., Moraes, B.S., Murussi, C.R., Baldisserotto, B., Loro, V.L. 2015. Commercial formulation containing 2,4-D affects biochemical parameters and morphological indices of silver catfish exposed for 90 days. *Fish Physiol Biochem.* 2015 Apr;41(2):323-30. doi: 10.1007/s10695-014-9985-9 Epub 2014 Sep 12.
- Modesto, K. A. and Martinez, C. B. R., 2010. Effect of roundup transorb on fish: Hematology, antioksidant defenses and acetylcholinesterase activity. *Chemosphere*, 81 (6), 781-787.
- Nur, G., Gül, S., Kaya, T.Ö., 2005. 2,4-D'nin siraz balıklarında (*capoeta capoeta umbla*, Heckel, 1843) LC 50 değeri. *Türk Sucul Yaşam Dergisi.* 4, 245-249.
- Nwani, C. D., Ugwu, D. O., Okeke, O. C., Onyishi, G. C., Ekeh, F. N., Atama, C. and Eneje, L. O., 2013. Toxicity of the chlorpyrifos based pesticide termifos®: effects on behaviour and biochemical and haematological parameters of african catfish *Clarias gariepinus*. *African Journal of Aquatic Science*, 38 (3), 255-262.
- Ohkawa H, Ohishi N, Yagi K. Assay for lipid peroxidation in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Annals of Biochemistry.* 1979;95:351–358.

- Okomoda, V. T., Ataguba, G. A. and Ayuba, V. O., 2013. Hematological response of *Clarias gariepinus* fingerlings exposed to acute concentrations of sunsate®. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 9 (2), 271-278.
- Oruc, E.Ö., Sevgiler, Y., Uner, N., 2004. Tissue- specific oxidative stress responses in fish exposed to 2,4-D and azinphosmethyl.Elsevier. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* 137. 43-51.
- Oruç, E. Ö., Usta, D., 2007. Evaluation of oxidative stress responses and neurotoxicity potential of diazinon in different tissues of *cyprinus carpio*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 23;48-55.
- Özdaş, E., Ateş, U., Uyanıkgil, Y., Baka, M., Yavaşoğlu, A., Biçer, S., Ergen, G., 2006. Bir herbisit olan 2,4-D (Diklorofenoksiasetik asit)'in sıçanlarda testis dokusu üzerine etkisi. *Ege Tıp Dergisi* 45(3): 169-174.
- Özdemir, C., Öztaş, H., Kal, E., 2011. Ekosistem üzerindeki 2,4-D asit herbisit ekotoksikolojik etkilerinin araştırılması. *Dünya Uygulamalı Bilimler Dergisi* 14 (Gıda ve Çevre Özel Sayısı): 126-135.ISSN 1818-4952.
- Özgençli, İ., Temel, Y., Çiftçi, M., Küfrelioğlu, Ö. İ., 2013. Alabalığı karaciğerinden saflaştırılan mitokondrial tiyoredoksin redüktaz enziminin aktivitesi üzerine in vitro etkilerinin incelenmesi. *Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Sayı:3.
- Pala, A., 2013. Trichlorfon uygulanan pullu sazan (*Cyprinus carpio*)'da asetilkolinesteraz (AChE) enzim aktivitesi ve bazı kan parametrelerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Parlak, V., 2016. Gökkuşluğu alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*)akut ve kronik alfa sipermetrin uygulamalarının hematotoksik,hepatotoksik ve nefrotoksik etkilerinin araştırılması. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Peixoto, F., Alves-Fernandes, D., Santos, D., Fontainhasfernandes, A. 2006. Toxicological Effects of Oxyfluorfen on Oxidative Stress Enzymes in Tilapia *Oreochromis Niloticus*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 85: 91-96.
- Pektaş, G.Ç., 2011. 2,4-D (Diklorofenoksi) asetik asit ve türevleri ile bisfenol-a (bisa) ve fosfinotrisin (ppt)'in su pireleri daphnia magna (straus, 1820)(cladocera, crustacea)üzerine akut toksik etkilerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Pereira, L., Fernandes, M.N., Martinez, C., 2013. Hematological and biochemical alterations in the fish *Prochilodus lineatus* caused by the herbicide clomazone. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. Volume 36, Issue 1, Pages 1–8.
- Petri, D., Glover, C. N., Ylving, S., Kolas, K., Fremmersvik, G., Waagbø, R. and Berntssen, M. H. G., 2006. Sensitivity of atlantic salmon (*Salmo salar*) to dietary endosulfan as assessed by haematology, blood biochemistry, and growth parameters. *Aquatic Toxicology*, 80, 207–216.
- Peutz, I.L.J.A, Oorschot, R.W.A., Johnson, G.R., Horney, B.S. and Boon, H.J., 1996. The lucogram as an indicator of marine-cultured rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), health in Netherlands. *Aquaculture Research*. 27, 437-445.
- Pimpão, C. T., Zamprônio, A. R. and Silva de Assis, H. C., 2007. Effects of deltamethrin on hematological parameters and enzymatic activity in *Ancistrus multispinis* (Pisces, Teleostei). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 88, 122-127.



- Prusty, A. K., Kohli, M. P. S., Sahu, N. P., Pal, A. K., Saharan, N., Mohapatra, S. and Gupta, S. K., 2011. Effect of short term exposure of fenvalerate on biochemical and haematological responses in *Labeo rohita* (Hamilton) fingerlings. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 100, 124–129.
- Pülüzar, H., 2013. Pestisitlerin vücut savunma sistemi enzimleri üzerine etkilerinin in vitro incelenmesi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Reddy, P.M., Bashamoiden, M.D., 1989. Fenvalerate and Cypermethrin induced changes in the haematological parameters of *Cyprinus carpio*. *Acta. Hydrochim. Hydrobiol.*, 17(1), 101–107.
- Rehulka J. and Adamec, V., 2004. Red blood cell indice for rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) reared in cage and raceway culture. *Acta Veterinaria Brno.*, 73, 105-114.
- Rehulka, J., 2002. Aeromonas causes severe skin lesions in rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*): clinical pathology, haematology and biochemistry. *Acta Vet. Brno.*, 71, 351-360.
- Sağlam, D., Atli, G., Doğan, Z., Baysoy, E., Gurler, C., Eroğlu, A., Canli, M., 2014. Response of the antioxidant system of freshwater fish exposed to metals (Cu, Cd) in differing hardness. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 14: 43-52
- Sağlam, N. and Yonar, M.E. 2009. Effects of sulfamerazine on selected haematological and immunological parameters in rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792). *Aquaculture Research*, 40 (4); 395-404.
- Saravanan, M., Prabhu Kumar, K. and Ramesh, M., 2011. Haematological and biochemical responses of freshwater teleost fish *Cyprinus carpio* (Actinopterygii: Cypriniformes) during acute and chronic sublethal exposure to lindane. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 100 (3), 206-211.
- Sarıgül, Z., 2007. Herbisit glifosatın daphnia spp. Üzerine akut toksisitesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Satake, T., Nuti-Sobrinho A., Paula-Lopes O.V., Lopes R.A., Leme Dos Santos, H.S., 1986. Haematological study of brazilian fish. III. Blood parameters in armored catfish *Hypostomus paulinus* IHERING 1905 (Pisces, Loricariidae). *Ars Veterinaria, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias “Campus” de Jaboticabal Unesp*, 2 (2), Jaboticabal-SP-Brasil, 179-183.
- Shahi, J., Chauhan, S. and Singh, A., 2013. Comparative study on the haematological effect of synthetic and plant origin pesticides on fish *Channa punctatus*. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 4 (1), 48-53.
- Solmaz, K. A., Azak, H., Üstün, G.E., Morsünbül, T., 2010. Pestisit gideriminde fenton preseslerinin kullanımına yönelik bir envanter çalışması. *Uludağ Üniv. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 15, Sayı 1, 179.
- Stegeman, J. J. and Lech, J. J., 1991. Cytochrome P-450 monooxygenase systems in aquatic species carcinogen metabolism and biomarkers for carcinogen and pollutant exposure. *Environ. Health Persp.*, 90, 101-109.
- Sun, YL., Larry, W., Orbetley, Ying, LI., 1988. A Simple Method for Clinical Assay of Superoxide Dismutase. *CLINICAL CHEMISTRY* 34/3, 497-500.
- Tiryaki, O., Canhilal, R., Horuz, S., 2010. Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* 26(2): 154-169.

- Tort, L., Puigcever M., Crespo S. and Padros, F., 2002. Cortisol and haematological response in sea bream and trout subjected to the anaesthetics clove oil and 2-phenoxyethanol. *Aquaculture Research*, 33, 907-910.
- Turan, T. G., 2012. 2,4-Diklorofenoksiasetik Asitin (2,4-D) Kılıçkuyruk (*Xiphophorus Hellerii*) Balıklarının Bazı Dokularında Asetiklorinesteraz (Ache) Aktivitesi Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Uçar, U., 2010. Doğal (karanfil yağı) ve sentetik (2-fenoksietanol) anestezi maddelerinin gökkuşuğu alabalığı (*oncorhynchus mykiss walbaum, 1792*) ve kahverengi alabalığın (*salmo trutta fariolinneaus, 1758*) kan biyokimyası ve hematolojik parametreleri ile bazı enzim (g6pd, 6-pgd, gr, katalaz) aktiviteleri üzerine etkileri. Atatürk. Üniv. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, Erzurum.
- Ünsal, M., 1998. Klinik Deneylemler , Yöntemler ve Sonuçların Değerlendirilmesi , Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Bodrum Su Ürünler Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yay. No: 11. 10-12.
- Val, A. L., De Menezes, G. C. and Wood, C. M., 1998. Red blood cell adrenergic responses in amazonian teleost. *Journal of Fish Biology*. 52, 83-93.
- Velisek, J., Stara, A., Kolarova, J. and Svobodova, Z., 2011. Biochemical, physiological and morfological responses in common carp (*Cyprinus carpio L.*) after long term exposure to terbutryn in real environmental concentration. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 100, 305-313.
- Velisek, J., Stara, A., Machova, J. and Svobodova, Z. 2012. Effects of long term exposure to simazine in real concentrations on common carp (*Cyprinus carpio L.*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 76, 79-86
- Velisek, J., Svobodova Z. and Piackova, V., 2007. Effects of 2-phenoxyethanol anaesthesia effects of 2-phenoxyethanol anaesthesia on haematological profile on common carp (*Cyprinus carpio*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of the University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences in Brno, Czech Republic*, 76, 487.
- Velisek, J., Svobodova, Z. and Piackova, V., 2005. Effects of clove oil anesthesia on (*Oncorhynchus mykiss*). *Acta Vet. Brno.*, 74, 139-146.
- Venkataraman, G. V. and Sandhya Rani, P. N., 2013. Acute toxicity and blood profile of freshwater fish, *Clarias batrachus* (Linn.) exposed to malathion. *Journal of Academia and Industrial Research*, 2 (3), 200-204.
- White, W.L., Ericson N.M. and Stevens S.C., 1976. *Chemistry for the clinical laboratory* (4th Ed.), CV Mosby, St Louis, p 122.
- Witeska, M. and Baka, I., 2002. The effect of long term cadmium exposure on common carp blood. *Fresenius Environm. Bulletin*, 11 (12A), 1059-1065.
- Witeska, M., 2005. Stress in Fish Hematological and Immunological Effects of Heavy Metals. *Electronic Journal of Ichthyology*, 1, 35-41.
- Yalçınkaya, M., 2006. Bir herbisit olan 2,4-D (Diklorofenoksiasetik asit)'nin *Poecilia reticulata* p., 1859'da medulla spinalis üzerine etkileri. Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Yanık, T., 2009. Gökkuşuğu alabalığı ve alabalıkların morfolojik özellikleri arazi çalışmaları. Doğal alabalık çalışmayı. Atatürk Üniv, Ziraat Fak, Su Ürünleri Müh, Erzurum.

- Yıldız, N., Bircan, H., 1994. Araştırma ve Deneme Metodları (II. Baskı), Atatürk Üniversitesi Yayın No: 697, Ziraat Fakültesi No: 305, Ders Kitapları Serisi No: 57, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisleri, Erzurum.
- Yılmaz, N., 2011. Herbisit bileşik pendimetalinin olası genotoksik etkilerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Zhang, J.F., Lü, H., Sun, Y.Y., Wang, X.R., Wu, J.C., Xue, Y.Q. 2005. Responses of the antioxidant defenses of the Goldfish *Carassius auratus*, exposed to 2,4-dichlorophenol. Environmental Toxicology and Pharmacology. 19:185-190.



## ÖZGEÇMİŞ

Erzurumda doğdu. İlk orta ve lise öğrenimini Erzurum'da tamamladı. 2009 yılında girdiği Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesini 2013 yılında tamamladı. 2014 yılında Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinde yüksek lisans öğrenimine başladı. 2014 yılından beri Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinde Yüksek Lisans eğitimine devam etmektedir.

