

T.C.  
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAZI TEKSTİL BOYALARININ *Phaseolus vulgaris* L. cv. Gina (FASULYE)  
BİTKİSİNDE PEROKSİDAZ AKTİVİTESİ, LİPİD PEROKSİDASYONU VE  
PİGMENT SİSTEMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

ARMAĞAN KAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

MALATYA  
MAYIS 2007

Tezin Başığı : **Bazı Tekstil Boyalarının *Phaseolus vulgaris* L. cv. Gina (Fasulye) Bitkisinde Peroksidaz Aktvitesi, Lipid Peroksidasyonu ve Pigment Sistemi Üzerine Etkileri**

Tezi Hazırlayan : **Armağan KAYA**

Sınav Tarihi : 16.05.2007

Yukarıda adı geçen tez jürimizce değerlendirilerek **Biyoloji Anabilim Dalında** Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

#### **Sınav Jürisi Üyeleri**

<b>Prof. Dr. Özfer YEŞİLADA (Başkan)</b>	<b>İnönü Üniversitesi</b> .....
<b>Yrd. Doç. Dr. Emel YİĞİT (Üye)</b>	<b>İnönü Üniversitesi</b> .....
<b>Yrd. Doç. Dr. Fatma MUTLU (Üye)</b>	<b>İnönü Üniversitesi</b> .....

İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. Ali Şahin  
Enstitü Müdürü

## Onur Sözü

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Bazı Tekstil Boyalarının *Phaseolus vulgaris* L. cv. Gina (fasulye) Bitkisinde Peroksidaz Aktvitesi, Lipid Peroksidasyonu ve Pigment Sistemi Üzerine Etkileri” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların, hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Armağan KAYA

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### BAZI TEKSTİL BOYALARININ *Phaseolus vulgaris* L. cv. Gina (FASULYE) BİTKİSİNDE PEROKSİDAZ AKTİVİTESİ, LİPİD PEROKSİDASYONU VE PİGMENT SİSTEMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Armağan KAYA

İnönü Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

62 + xi sayfa

2007

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Emel YİĞİT

Bu çalışmada, iklim odasında perlitte yetiştirilen fasulye bitkilerindeki peroksidaz, lipid peroksidasyonu ve pigment sistemleri üzerinde reaktif siyah 5 (RS5) ve reaktif fitalosiyanınin (RFM) etkileri araştırılmıştır.

Fasulyeler kontrol grubuna karşı RFM ve RS5'in 200, 260, 338, 439, 571, 743, 965 ve 1255 mg/L farklı konsantrasyonlarına maruz bırakıldı. Bu örneklerde klorofil a (Ka), klorofil b (Kb), karotenoid, total klorofil, malondialdehit (MDA) içeriği ve peroksidaz aktivitesi belirlendi.

RS5 ile işlem görmüş bitkilerdeki Ka ve karotenoid seviyesi kontrol grubuna kıyasla daha düşük çıkmıştır. Öte yandan Kb ve total klorofil seviyeleri aynı gruplarda önemli ölçüde artış göstermiştir. Pigment sistemleri üzerinde RFM'nin etkisinin RS5'de görülen etkilere oldukça benzer olduğu saptanmıştır. Ancak Ka seviyeleri için tersi gözlenmiştir.

Ayrıca, RS5 ve RFM'nin lipid peroksidasyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir. RS5 uygulanan bitkilerdeki MDA içeriği 439 mg/L konsantrasyon hariç kontrol grubuna kıyasla artarken RFM'de tam tersi gözlenmiştir.

İncelenen bitkilerde, peroksidaz aktiviteleri üzerine farklı etkiler kaydedilmiştir. RS5 ile işlem görmüş bitkilerde kontrol gruplarına kıyasla gözle görülebilir bir artış kaydedilmiştir. Bununla beraber RFM ile işlem görmüş olanlarda durum farklıdır; peroksidaz aktivitesi, 743 mg/L'ye kadar uygulama yapılan gruplarda kontrol grubundakilerden düşük çıkarken, daha yüksek konsantrasyonlarda tekrar bir artış saptanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Tekstil Boyası, *Phaseolus vulgaris*, Pigmentasyon, Malondialdehit, Peroksidaz

## ABSTRACT

Master Thesis

### EFFECTS OF SOME TEXTILE DYES ON PEROXIDASE ACTIVITY, LIPID PEROXIDATION AND PIGMENT SYSTEM OF *Phaseolus vulgaris* L. cv. Gina (BEAN)

Armağan KAYA

Inonu University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Biology

62 + xi sayfa

2007

Supervisor: Assistant Professor Dr. Emel YİĞİT

In the present work, the effects of reactive black 5 (RB5) and reactive fythalocyanine (RFC) on peroxidase, lipid peroxidation and pigment system in *Phaseolus vulgaris* that were grown in plant growth chamber using perlitte have been investigated.

*Phaseolus vulgaris* was treated by RB5 and RFC with the concentration range of 200, 260, 338, 439, 571, 743, 965 and 1255 mg/L by taking the control group as the base. In these samples, chloropyll a (Ca), chlorophyll b (Cb), carotenoid (Cx+c), total chlorophyll, malondialdehyde (MDA) and peroxidase activity have been determined.

Ca and Cx+c levels in the plants treated with RB5 were lower than those in the control groups. On the other hand, Cb and total chlorophyll levels showed considerable increase in the same groups. The effects of RFC on pigment system have been observed somewhat similar to those recorded in RB5. However, the reverse was obtained Ca levels. Furthermore, for the impacts of RB5 and RFC on lipid peroxidation, opposite results have been observed. Except for

the concentrations of 439 mg/L, MDA content in the plants treated with RB5 have been found to be higher than the base group values. Whereas, in the plants treated with RFC, exactly the opposite is observed.

Different effects have been detected on the peroxidase activity in the examined plants. In the plant groups treated with RB5 an obvious increase has been recorded compared to the control groups. However, the situation is different in the treatments with RFC; peroxidase activities were lower than those in the control groups up to 743 mg/L, but then, an increase is observed again.

**KEYWORDS:** Textile Dye, *Phaseolus vulgaris*, Pigmentation, Malondialdehyde, Peroxidase

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesinde çok değerli yardımlarını ve bilgilerini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Emel YİĞİT'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın tez konusu olarak seçiminde ve planlanmasında bana yön veren hocam Sayın Prof. Dr. Özfer YEŞİLADA'ya sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın toksisite denemeleri sırasında bilgi ve hoşgörülerinden yararlandığım ve Biyoloji bölümünün imkanlarından bütünüyle yararlanabilmemi sağlayan hocam Sayın Prof. Dr. Murat ÖZMEN'e teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Tez çalışmamı 2005-59 numaralı proje ile destekleyen İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Birimine de teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışma süresince ihtiyacım olan her konuda yanımda olan, bilgileri ve yardımlarıyla bana hep destek olan hocam Sayın Arş. Grv. Gülçin BEKER AKBULUT'a, çalışmalarım esnasında benden yardımlarını esirgemeyen sevgili dostum Z. Tuğba ABACI'ya, MDA analizinin yapılmasında yardımlarını gördüğüm hocam Sayın Arş. Grv. Banu PORGALI'ya ve bu çalışma süresince bana yardımcı olan tüm hocalarıma ve arkadaşlarıma,

Son olarak yaşamım boyunca iyi ve kötü günde daima benimle birlikte olan aileme teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çevre Kirliliği.....	1
1.1.1 Su Kirliliği.....	2
1.1.2 Hava Kirliliği.....	3
1.1.3 Toprak Kirliliği.....	4
1.1.4 Radyoaktif Kirlilik.....	6
1.2 Tekstil Boyaları ve Çevresel Etkileri.....	7
1.3 Bitkiler İçinde Kirleticilerin Etkisi.....	13
1.3.1 Uyarılmış Savunmalar ve Alarm Durumu.....	14
1.4 Peroksidazlar.....	14
1.5 Lipid Peroksidasyonu.....	16
1.6 Fabaceae Familyasının Genel Özellikleri.....	18
1.7 Perlitin Tanımı.....	19
1.7.1 Perlitin Genel Özellikleri.....	19
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	21
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	30
3.1 Bitki Örneklerinin Hazırlanması.....	30
3.2 Pigmentlerin Ekstraksiyonu ve Saflaştırılması.....	31
3.3 Malondialdehit (MDA) Analizi.....	32
3.4 Peroksidaz Aktivitesi Tayini.....	32
3.5 Total Protein Tayini.....	32
3.6 İstatistik Analizler.....	32
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	33

4.1	Boya Uygulamasının Ka, Kb, Karotenoid ve Toplam Klorofil Düzeyi Üzerine Etkisi.....	33
4.1.1	RS5 Uygulanan Bitki Gruplarında Ka, Kb, Karotenoid ve Toplam Klorofil Değişimi.....	33
4.1.2	RFM Uygulanan Bitki Gruplarında Ka, Kb, Karotenoid ve Toplam Klorofil Değişimi.....	35
4.2	MDA Analizi Sonuçları.....	38
4.2.1	RS5 Uygulanan Bitki Gruplarında MDA Düzeyi.....	38
4.2.2	RFM Uygulanan Bitki Gruplarında MDA Düzeyi.....	39
4.3	Boya Uygulamasının Peroksidaz Aktivitesine Etkisi.....	41
4.3.1	RS5 Uygulanan Bitki Gruplarında Peroksidaz Aktivitesi Değişimi.....	41
4.3.2	RFM Uygulanan Bitki Gruplarında Peroksidaz Aktivitesi Değişimi.....	42
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ.....	46
6.	KAYNAKLAR.....	54
7.	ÖZGEÇMİŞ.....	62

## SİMGELER VE KISALTMALAR

BOİ	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
SOD	Süperoksit Dismutaz
$\cdot\text{OH}$	Hidroksil Radikali
$\text{H}_2\text{O}_2$	Hidrojen Peroksit
ROT	Reaktif Oksijen Türleri
PUFA	Çoklu Doymamış Yağ Asitleri
MDA	Malondialdehit
LPO	Lipid Peroksidasyonu
APX	Askorbat Peroksidaz
ABA	Absisik Asit
RS5	Reaktif Siyah 5
RFM	Reaktif Fitalosiyenin Mavi
UV	Ultraviyole
$\mu\text{g}$	Mikrogram
$\mu\text{M}$	Mikromolar
N	Azot
P	Fosfor
K	Potasyum
Cd	Kadmium
As	Arsenik
KMV	Kabak Mozaik Virüsü
Zn	Çinko
Mg	Magnezyum
Cr	Krom
Pb	Kurşun
$\text{Fe}^{2+}$	Demir
CAT	Katalaz
Ka	Klorofil a
Kb	Klorofil b
MV	Metil Violojen
mg/L	Miligram/Litre

TCA	Triklorasetik Asit
TBA	Thiobarbiturik Asit
PVP	Polivinilprolidon
KCl	Potasyum Klorür

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 1.1</b>	RFM'nin moleküler yapısı.....	12
<b>Şekil 1.2</b>	RS5'nin moleküler yapısı.....	12
<b>Şekil 1.3</b>	Membran lipid peroksidasyonu basamakları.....	18
<b>Şekil 4.1</b>	RS5 uygulanan bitki gruplarında Ka, Kb, karotenoid ve toplam klorofil miktarları.....	35
<b>Şekil 4.2</b>	RFM uygulanan bitki gruplarında Ka, Kb, karotenoid ve toplam klorofil miktarları.....	37
<b>Şekil 4.3</b>	RS5 ve RFM uygulanan bitki gruplarında MDA içeriği.....	40
<b>Şekil 4.4</b>	RS5 uygulanan bitki grupları.....	40
<b>Şekil 4.5</b>	RFM uygulanan bitki grupları.....	41
<b>Şekil 4.6</b>	RS5 ve RFM uygulanan bitki gruplarında peroksidaz aktivitesi.....	44
<b>Şekil 4.7</b>	RS5 uygulanan bitki gruplarında gelişim.....	44
<b>Şekil 4.8</b>	RFM uygulanan bitki gruplarında gelişim.....	45

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 3.1</b>	Hoagland kültür çözeltilisinin bileşimi.....	30
<b>Çizelge 4.1</b>	RS5 uygulanan bitki gruplarında Ka, Kb ve karotenoid miktarları ve istatistiksel değerlendirilmesi (a.b.c.d.e.f: her sütunda farklı harfle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır( $p<0.05$ ).....	33
<b>Çizelge 4.2</b>	RS5 uygulanan bitki gruplarında toplam klorofil miktarları ve istatistiksel değerlendirilmesi (a.b.c.d.e: her sütunda farklı harfle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ) .....	34
<b>Çizelge 4.3</b>	RFM uygulanan bitki gruplarında Ka, Kb ve karotenoid miktarları ve istatistiksel değerlendirilmesi (a.b.c.d.e: her sütunda farklı harfle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ).....	36
<b>Çizelge 4.4</b>	RFM uygulanan bitki gruplarında toplam klorofil miktarı ve istatistiksel değerlendirilmesi (a.b.c: her sütunda farklı harfle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ).....	37
<b>Çizelge 4.5</b>	RS5 uygulanan bitki gruplarında MDA içeriği ve istatistiksel olarak değerlendirilmesi (a.b.c.d.e.f.g; her sütunda farklı harfle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ).....	38
<b>Çizelge 4.6</b>	RFM uygulanan bitki gruplarında MDA içeriğinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi (a.b.c.d; her sütunda farklı harfle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ).....	39
<b>Çizelge 4.7</b>	RS5 uygulanan bitki gruplarında peroksidaz aktivitesi ve istatistiksel değerlendirilmesi (a.b.c.d.e.f.g.h: her sütunda farklı harfle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ).....	42
<b>Çizelge 4.8</b>	RFM uygulanan bitki gruplarında peroksidaz aktivitesi ve istatistiksel değerlendirilmesi (a.b.c.d.e: her sütunda farklı harfle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ).....	43

## 1.GİRİŞ

Ekoloji doğal çevreyi ve organizmaların birbirleriyle ve çevreyle olan ilişkilerini inceleyen bilim dalıdır [1]. Modern ekolojiyi iyi anlayabilmek için, canlıları ve bunların meydana getirdiği organizasyon derecesini gözden geçirmek gereklidir. Canlılar organizasyon derecesine göre sıralanacak olursa, biyolojik spektrum meydana gelir ve bu spektrum: Protoplazma-Hücreler-Dokular-Organlar-Organ Sistemleri-Organizmalar –Populasyonlar–Kommüniteler–Ekosistemler-Biyosfer şeklinde oluşmaktadır. Ekoloji bu organizasyon derecelerinin, organizmalar ve bunun yukarısında kalan düzeyiyle ilgilendir. Biyosfer; yani canlıların yaşadığı dünya, ekosistemlerin bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Ekosistem de, çeşitli kommünitelere bağlı olan canlılar ile cansız maddeler arasında madde alış verişine dayanan bir sistem oluşturur. Biyolojide çoğunlukla yapıldığı gibi, ekolojide de taksonomik gruplara göre; bitki ekolojisi, böcek ekolojisi, mikrobiyal ekoloji, omurgalı hayvanlar ekolojisi gibi ayrı alanlar olabilir [2].

Bütün canlılar, yaşamları boyunca tek veya toplu olarak bir mekanda bulunmak ve bu mekânın biyotik ve abiyotik unsurlarıyla karşılıklı olarak ilişkilerini sürdürmek durumundadır. Canlıların hayati bağlarla bağlı oldukları, değişik şekillerde etkiledikleri ve etkilendikleri bu mekân birimlerine yaşama ortamı veya çevre denir. Hidrosfer, atmosfer ve pedosfer birlikte bitkilerin uzaysal çevrelerini oluştururlar. Ancak bitkilerin çevresi daha geniştir. Habitattaki fiziksel ve kimyasal faktörler de bitkileri etkiler [3].

### 1.1 Çevre Kirliliği

Ekosistemdeki her canlı türü, çevre koşullarından etkilenir ve kendi yaşam faaliyetiyle bulunduğu habitatın koşullarını etkiler, değişikliğe uğratar. Öte yandan, biyosferdeki çeşitli ekosistemlere sürekli olarak zehirli maddeler katılmaktadır. Bunların bir kısmı doğadan kaynaklanır. Örneğin, bir volkanın faaliyeti sırasında çıkan kükürt gazları, çevreye yayılarak bitkilerin gelişmesini engeller. Denizlerde doğal olarak bulunan civa, deniz canlılarında birikerek insan sağlığını besin yoluyla tehdit eder. Orman içinden akan bir dereye dökülen yaprak vb. gibi organik maddeler, bu habitatta büyük ölçüde oksijen noksanlığına neden olabilir. Bununla birlikte kirlenme denilince, insan müdahalesi sonunda oluşan çevre bozulması anlaşılmaktadır. Çünkü insanın müdahalesi kısa bir zaman aralığında ve büyük bir yoğunlukta ortaya çıkmaktadır. Böylece ekosistemde, canlıların yaşamını ciddi ölçüde etkileyen değişiklikler olmaktadır. İnsan da canlı bir varlık olarak bulunduğu ekosistemin bir parçası olduğu için kendisinin neden olduğu değişiklikler başka canlıları olduğu gibi,

eninde sonunda kendisini de etkilemektedir. Bu değişiklikler, bazen insanın o çevrede barınmasını olanaksızlaştıracak boyutlara ulaşır. İnsan popülasyonlarının küçük olduğu dönemlerde, insanın doğaya müdahalesinin boyutları da küçüktür. Ancak son 200 yıl boyunca insan nüfusunda ve teknolojideki hızlı gelişmeler, insanın çevre üzerindeki baskısını büyük boyutlara ulaştırmıştır. Endüstriyel ve evsel atıklar, kimyasal gübrenin bilinçsiz kullanımı, çevre kirlenmesinin boyutlarını artırmış, olayı küresel açıdan değerlendirmeyi zorunlu hale getirmiştir [2]. Ekolojiyi anlayabilmek için, insanı da kapsamak üzere, ekosferdeki tüm canlıların ilişkilerinin bilincinde olmak gerekir. Klasik ekologlar, insanı konu dışı bırakarak, doğayı inceleme işini kolaylaştırmayı seçmişlerdir [4].

Çevre sorunları, çevreyi oluşturan canlı ve cansız unsurlar üzerinde, insanların çeşitli faaliyetlerine bağlı olarak ortaya çıkan ve yaşamı olumsuz yönde etkileyen bozulmaların ve sorunların tümüdür. Çevre kirliliği başkalarının faaliyetleri sonucu oluşan istenmeyen veya zarara neden olan değişmeler biçiminde algılandığına göre dışsallık olarak adlandırılabilir [5]. Kirleticiler biyotik ve abiyotik faktörler üzerinde zarara neden olurlar ve hayati fonksiyonları etkilerler [3]. Çevre kirliliği; su, hava, toprak kirliliği ve radyoaktif kirlilik olarak sınıflandırılabilir [1, 4, 6, 7, 8].

### **1.1.1 Su Kirliliği**

Suyun tüm canlılar gibi, bitkiler için de ne kadar önemli olduğu hepimiz tarafından bilinmektedir. Gerçekten bitkiler topraktan besin maddelerini ancak suyun olduğu bir ortamda alabilirler ve yine bu besin maddelerini ancak su ile asimilasyon organlarına taşıyabilirler, orada da ancak suyun var olması koşuluyla fotosentez yaparak organik madde üretip gelişebilirler. Meydana getirdikleri organik maddeleri su ile bitkisel organlara taşıyabilirler ve yine su ile bunları başka maddelere dönüştürebilirler. Hücrelerin bu fonksiyonu yerine getirebilmeleri için sahip olmaları gereken turgorun gerçekleşmesi bakımından da suya gereksinim vardır. Böylece bitkisel ürünler için bol miktarda su harcanır [9].

Suyun bitkiler için ekolojik önemini fizyolojik öneminden ayırma olanağı yoktur. Daha başka bir ifadeyle, suyun bitkiler için ekolojik önemi, fizyolojik öneminin bir sonucudur. Çünkü ekolojik bir faktör, ancak fizyolojik süreçler ve koşulları etkilemek suretiyle bitki gelişimi üzerine etkili olabilmektedir. Gerçekten ekolojik faktörlere göre etkili yağışın olduğu, optimum düzeyde suyun depolanıp bitkiye verilebildiği bir ortamda su, bitkinin içsel su bilançosunu etkilemeyecek olursa (turgor, metabolizma olayları, madde çözünürlüğü vb.) bitkinin gelişmesi, hatta yaşaması



üzerinde hiçbir işlevi olmaz, o nedenle suyun ekolojik ve fizyolojik işlevleri organik bir bütünlük oluşturur. Başka bir anlatımla birbirine entegre olmuştur [9].

Su yenilenebilir nitelikte bir doğal kaynak olarak kalsa bile, suyun kullanımı kirlenme nedeni ile etkilenmektedir. Hızlı nüfus artışı da su kaynaklarını ciddi bir biçimde tehdit etmekte ve gün geçtikçe problem artmaktadır. Su kaynakları evsel atıksular, endüstriyel atıksular ve tarımda kullanılan kimyasallarla hızla kirlenmektedir. Ötrafikasyon bunun bir örneğidir. Sıvı kirleticiler dahil pek çok zehirli madde işyerlerinden kaynaklanır. Bu maddeler iş çevresinde çok daha yoğun bulduklarından, sağlığa tehlike yaratacak potansiyelindedir [4, 6].

### **1.1.2 Hava Kirliliği**

Hava kirliliği, belli bir kaynaktan atmosfere bırakılan kirleticilerin, havanın doğal bileşimini bozarak onu canlılara ve doğaya zarar verebilecek bir yapıya dönüştürmesi olarak tanımlanmakta ve bu kirlilik; insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. İçinde karbondioksit, karbonmonoksit, kükürtdioksit, ozon, asbest, toz vb. kirleticiler bulunan hava, insan sağlığı için tehlike yaratmaktadır. Asit yağmurları şeklinde toprağa verilen hava kirleticileri bitkinin dokusunu bozmakta, toprağın ve tarımsal ürünlerin verimliliğini azaltmaktadır [6].

Çevreyi oluşturan canlı ve cansız unsurlar üzerinde, çok büyük olumsuz etkileri olan hava kirliliği, havanın doğal bileşiminin bozulmasıyla oluşur. Ülkemizde hava kirliliği, özellikle büyük kentlerde ve sanayi tesisleri ile enerji üretim tesislerinin bulunduğu yerlerde belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Endüstriyel faaliyetlerin artması ve ormanların tahrip edilmesinin bir sonucu olarak atmosferdeki karbondioksit ve metan seviyesi yükselmekte ve bu nedenle dünyanın iklimi değişmektedir. Sera etkisi olarak adlandırılan bu durumda uzun dalga boylu radyasyon dünya yüzeyinde absorblanmakta ve sıcaklığı artırmaktadır. Gelecek yıllarda buzulların erimesi sonucu deniz seviyesinin yükselmesi tarımsal arazilerin sular altında kalmasına sebep olacaktır [1].

Kentsel hava kirliliği genel olarak meskenlerin ısıtılması ve taşıtlardan kaynaklanmaktadır. Ayrıca sanayi tesislerinin büyük kentlerin civarında kurulmuş olması, kentlerin havasının daha da kirlenmesine neden olmaktadır. Sanayi tesisleri sadece büyük kentler için değil, yanlış yer seçimi ve atıkların bilinçsizce atmosfere bırakılması nedeniyle bulunduğu her yer için de hava kirliliği kaynağı olmaktadır. Ülkemizde yaşanan hava kirliliğinin pek çok nedeni olmakla beraber bunlar, “Kentleşme” ve “Endüstrileşme” olarak iki başlık altında toplanabilir [5].

Kentsel hava kirliliği kaynakları; evsel ısıtma amacıyla yakılan kömür ve fuel-oil emisyonları, motorlu taşıt araçlarının egzoz gazları ile kent içinde ve yakınındaki sanayi tesislerinin bacalarından çıkan atıklar olarak sınıflandırılabilir.

Ülkemizde 1960'lı yıllarda Ankara ile gündeme gelen hava kirliliği sorunu, bugün İstanbul, İzmir, Adana, Bursa gibi büyük kentlerimizin yanında küçük kentlerimizin de sorunu haline gelmiştir. Bu kentlerin yanısıra İzmit, Adapazarı, Kayseri, Eskişehir, Erzurum, Malatya, Afyon, Kırıkkale, Kütahya, Elazığ, Tarsus, Karabük, Yatağan gibi daha birçok kentimiz ve yerleşim birimimiz hem kentsel, hem de endüstriyel kirliliğin yaşandığı yerlerdir [5].

Türkiye'nin hedefi, hava kirliliğinin yoğun olduğu bölgelerde, her türlü faaliyet sonucu atmosfere bırakılan kirleticileri azaltmak, canlı ve cansız ortamlar için gerekli hava kalitesi sağlamak ve kirliliğin etkili olmadığı bölgelerde mevcut durumun korunması için gerekli idari ve teknik önlemleri almaktır. Türkiye'de hava kirliliğinin önlenmesi konusunda 1970'lerden itibaren resmi Çevre Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, bilimsel (TÜBİTAK, Üniversitelerin Çevre Mühendisliği Bölümleri) ve gönüllü kuruluşlarca çalışmalar yapılmaktadır. Nitekim, son yıllarda özellikle Ankara ve İstanbul gibi büyük kentlerimizde doğal gaz ve kaliteli kömür kullanımına bağlı olarak hava kirliliğinde bir azalma görülmektedir [5].

### **1.1.3 Toprak Kirliliği**

Toprak, yeryüzünü kaplayan kayaların ve organik maddelerin, aşınma ve ayrışma ürünlerinin karışımından oluşur. İçinde ve üzerinde çok sayıda canlı barındırmasının yanında bitkilerin tutunmasını sağlamakta ve içerdiği su, organik ve inorganik maddeler de, onlar için besin kaynağı olmaktadır.

Tanımından da anlaşılacağı gibi toprak, aşağıdaki dört ana maddeden oluşur [5].

1- Mineral maddeler	%47
2- Organik maddeler	%3
4- Hava	%25
5- Su	%25

Toprağın oluşumunu etkileyen faktörler beş grup altında toplanabilir [5].

- 1-İklim
- 2-Ana kaya
- 3-Topografya
- 4-Bitki ve diğer canlılar
- 5-Zaman

Toprak oluşumunda bu etkenlerin hepsi çok önemlidir. Ancak en dikkat çekici olanı zamandır. Bir yerde belirli kalınlıktaki toprağın oluşabilmesi için milyonlarca yılın geçmesi lazımdır. Bunun için doğal kaynakların en önemlilerinden biri olan toprağın çok iyi korunması gerekir [5].

Toprak kirliliği; insan etkileri ile toprağın fiziksel, kimyasal, biyolojik ve jeolojik yapının bozulması olarak tanımlanmaktadır. Toprak kirliliği, hava ve su kirliliğinden, tarım ilaçlarından, yapay gübrelerden ve zehirli atıklardan kaynaklanabilmektedir. Toprağın kirlenmesi sonucu; verim düşmekte, bitkilerin gelişimi engellenmekte ve dolaylı olarak da su kirliliği oluşmaktadır [6]. Çukurova gibi tarım bölgelerimizde toprakların ve yeraltı sularının, gübre ve pestisitlerle kirlendiğine dair belirtiler bulunmuştur [10].

Yıldız ve ark. (2000) toprak kirliliğinin kaynaklarını aşağıdaki şekilde sınıflandırmışlardır [5];

**a) Tarımsal Faaliyetler**

- Bitkisel üretim
- Organik ve mineral madde kullanımı
- Zirai mücadele ilaçlarının kullanımı
- Sulama
- Anız yakılması
- Yanlış arazi kullanımı
- Hayvansal üretim
- Gübre ve işletme atıkları
- Aşırı otlama
- Ormancılık (orman kesimleri)
- Su ve rüzgar erozyonu

**b) Madencilik**

**c) Yerleşim, Endüstri, Turizm**

- Konut ve endüstri yerleşim alanları
- Evsel ve endüstriyel atık depoları
- Arıtma tesisi atıkları
- Ulaşım ağı

#### **1.1.4 Radyoaktif Kirlilik**

Radyoaktivitenin veya radyasyonun canlılar üzerindeki etkisi radyasyonun şiddetine, etki süresine ve ışınların türüne bağlı olarak değişir. Radyasyon, genellikle bütün canlı varlıklar için zararlıdır ve belli bir dozdan sonra ölüme neden olur. Nükleer deneme veya savaştan sonra oluşacak toz ve duman güneş ışınlarının yeryüzüne gelmesini engelleyecek derecede yoğun olabilir. Bunun sonucunda ışığın azalmasıyla fotosentez duracak, ayrıca gelen ışınlar yeryüzüne ulaşmadan geri yansıtılacağından yeryüzündeki ısı düşecek, dolayısıyla iklimde değişimler olacaktır. Nükleer santrallerin çalıştırılması ile ilgili olarak ortaya çıkan radyoaktif kirlenme, iyi denetimli bir kuruluşta çok azdır. Başlıca kirlenme sorunu, günlük operasyon ile ilgili değil kazalar ve nükleer atıklarla ilgilidir. Kontrol hatası sonucu 1986'da Çernobil patlaması Türkiye'de çayı, İskandinavya'nın ren geyiklerini ve tüm Avrupa'nın yıllık sebze mahsulünü etkilemiştir. Olası bir nükleer savaştan sonra ortamdaki bu fiziksel değişimlere ilaveten çevredeki radyasyon miktarında da önemli ölçüde artış olmaktadır [4, 7, 8].

Çevrenin temel unsurlarından olan doğa, kendine has fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklere sahiptir [11]. Buna bağlı olarak;

##### **a) Fiziksel Kirlenme**

Çevreyi meydana getiren toprak, su ve havanın fiziksel özelliklerinin tamamının veya bir kısmının insan, hayvan ve bitki sağlığını tehdit edecek, olumsuz yönde etkileyecek biçimde bozulması ve değişmesi olayıdır. Örneğin; çeşitli fabrika atıklarının akarsu ve göllere boşaltılması, doğal erozyon ile toprakların göl ve denizlere taşınması açık kahverenginden, kırmızı siyaha kadar değişen renk almasına neden olmaktadır. Bu olay suların fiziksel kirlenmesidir.

##### **b) Kimyasal Kirlenme**

Doğal çevreyi oluşturan toprak, su ve havanın kimyasal özelliklerinin canlıların hayati faaliyetlerini ve aktivitelerini olumsuz yönde etkileyecek biçimde bozulmasıdır. Örneğin; çeşitli fabrika katı ve sıvı atıklarının verimli tarım arazilerine veya akarsu ve nehirlere boşaltılması söz konusu tarım topraklarının, akarsu ve göllerin zararlı ağır metallerle kirlenerek kimyasal kirlenmeye maruz kaldığını gösterir.

##### **c) Biyolojik Kirlenme**

Doğal ortamı oluşturan toprak, hava ve suyun çeşitli mikroorganizmalarla kirlenmesi ve dolayısıyla mikrobiyolojik yapının bozulması mikrobiyal kirlenmeyi, aynı ortamların mikroorganizmalarla kirlenmesi ise biyolojik kirlenmeyi tanımlar. Örneğin,

tarım alanlarının kanalizasyon suyu ile sulanması veya kanalizasyon sularının akarsu, göl ve denizlere boşaltılması ile kanalizasyon sularında bulunan hastalık yapıcı mikroorganizmalar toprağa, suya ve atmosfere geçerek bu ortamların mikrobiyolojik kirlenmesine yol açar.

Çevre sorunlarının insanlar ve diğer canlılar üzerindeki ciddi tehlikeleri her geçen gün artmaktadır. Çevre kirliliğinin canlılar üzerinde meydana getirdiği hastalıklar çeşitlidir. Bu hastalıkların belli başlıları arasında astım, kronik bronşit gibi çeşitli solunum yolu hastalıkları, kalp ve damar hastalıkları, böbrek rahatsızlıkları, çeşitli kanser vakaları, göz hastalıkları, stres, bitki dokuları üzerinde olumsuz etkiler sayılabilir. Çevre kirliliğinin zararlı etkileri sadece canlı varlıklarla sınırlı değildir. Zararlı etkiler cansız varlıklar üzerinde de kendini göstermektedir [12].

İnsan topluluklarının geleceğini güvence altına almak amacıyla doğal kaynakların araştırılması, korunması ve geliştirilmesi içinde bulunduğumuz yüzyılın bir gereğidir. Bunu yapabilmek için de doğal kaynaklar hakkında çok geniş bilgilere gereksinme duyulmaktadır. Bu kaynaklar arasında doğal bitki örtüsünün yani bitkilerin özel bir yeri vardır. Bitkiler olmadan diğer canlıların yaşaması mümkün değildir. Çünkü güneş enerjisinin absorbe edilerek kimyasal enerjiye çevrilmesi, fotosentez olayı sonucunda diğer canlıların besinlerinin yapılması ve oksijenin üretilmesi bitkiler tarafından yapılmaktadır. Bu durum bitkilerin ve bitki ekolojisinin ne denli önemli olduğunu göstermektedir. Bu nedenle bitkiler ile çevresi arasındaki ilişkilerin bilinmesi ve araştırılması birçok çevre sorununun çözümünde yardımcı olmaktadır. Bitki ekolojisi, biyoloji bilimi içinde yer alan ve birçok bilim dalını kapsayan ve onlarla son derece yakın ilişkiler kuran multidisipliner bir bilim dalıdır. Bitki ekolojisinin ilke ve prensipleri biyologlar kadar orman mühendisleri, ziraat mühendisleri, çevre mühendisleri, şehir ve bölge planlaması, kirliliğin kontrolü, biyolojik rezervlerin korunması, ormanların daha verimli bir biçimde işletilmesi, birçok çevre sorununun çözümü ve tarımsal yönden verimi artırma ve kaliteli ürün yetiştirme gibi çok çeşitli alanda çözümler üretip uygulanmasına yardımcı olmaktadır [4,7].

## **1.2 Tekstil Boyarları ve Çevresel Etkileri**

Gelişen teknoloji çevre kirliliğini de yanında getirmiştir. İncelen ozon tabakası, azalan yeşil alanlar ile artan hava ve su kirliliği gibi olumsuzluklar karşısında, özellikle gelişmiş ülkelerde duyarlı bir kamuoyu oluşmaya başlamıştır. Hem sanayileşmeyi sürdürmek hem de çevreyi koruyabilmek için yeni tedbirler düşünölmeye başlanmıştır. Yapılan araştırmalarda kirllettikten sonra temizlemenin maliyetinin, kirlletmeden önce

alınacak tedbirlerin maliyetinden fazla olduğu, ayrıca bozulan ekolojik dengenin tekrar eski haline getirilmesinin mümkün olmadığı görülmüştür. Bu da “kalkınma mı yoksa çevre mi daha önemlidir?” tartışmasının yerini, “çevre değerlerini koruyarak nasıl sanayileşebiliriz?” tartışmasına bırakmasına sebep olmuştur. ISO tarafından 1987 yılında yayınlanan Kalite Standartları Sistemi (ISO 9000) bildirisi, sanayicileri konunun çevre yönünü düşünmeye zorlamış ve hammaddeyi minimum düzeyde kullanma, süreçlerde enerji kullanımının azaltılması veya temiz enerji kaynaklarının aranması, zararlı olmayan paketleme malzemelerinin kullanılması ile birlikte kolaylıkla yok edilmesi gibi sorunlara cevap aranmıştır. Bunların sonuçları oldukça derin dalgalar halinde tüm sanayi kollarına yansımıştır. Bu durum Türkiye'nin en büyük ve en önemli sektörü olan tekstil sektörünü de derinden etkilemiştir [13].

Önceleri sadece doğal lifleri işleyebilen tekstil teknolojisi, doğal kaynakların yetersiz kalması üzerine zamanla sentetik lifleri keşfetmiş, özellikle 1960-1970'li yıllarda dünyadaki teknolojik gelişmelere paralel olarak yetersiz kalan klasik tekstil tanımından çıkarak, endüstriyel tekstili de kapsar hale gelmiştir. Endüstriyel ya da teknik tekstil genel olarak dokunmamış ürünler şeklinde kabul edilmektedir. Diğer ifade ile iplik haline dönüştürülmemiş liflerin çeşitli yöntemlerle birbirine tutturularak oluşturulan özel dokuya veya yüzeye verilen dokunmamış ürünün adı, kullanım alanları itibariyle teknik tekstil ürünleri olarak değerlendirilmektedir. İplik hazırlamadan dokumaya, dokumadan giysilik eşya üretimine kadar çeşitli işlevleri içeren tekstil sektöründe yaygın olan çevresel etkiler bulunmaktadır. Genelde düşük maliyetli önlemlerle bu etkiler azaltılabilir ve maliyetten tasarruf sağlanabilir [14].

Tekstil işletmeleri, atık sularını çevreye deşarj etmeden önce, en basit şekilde arıtma uygulamak amacıyla, pH seviyesini ayarlamak için asit ve bazlar kullanarak asidite ve alkaliniteyi azaltmalıdır. Tekstil endüstrisi atık sularının arıtımında atık su arıtma tesisleri kimyasal ve biyolojik arıtma sistemleri, kabul edilebilir seviyedeki çıkış konsantrasyonlarının sağlanması için BOİ ve KOİ gibi parametrelerin seviyelerine bağlı olarak dizayn edilmelidir.

Buhar ve gaz ısıtma sistemleri ile bazı durumlarda yüksek frekanslı ısıtma sistemleri iplik ve kumaşların kurutulması amacıyla kullanılır. Tekrar kullanım için kirli olan çıkışlardan ısının geri kazanılmasıyla enerji tasarrufu sağlanabilir [15].

Batı Avrupa ülkelerine özellikle de Almanya'ya ihracat yapan tekstil sanayicileri için tekstil ürünlerinin ekolojik olarak üretilmeleri olmazsa olmaz bir koşul haline gelmiş durumdadır. Ekolojik tekstil veya eko tekstil demek elyaf halinden bitmiş

halde ürün oluncaya kadar ki tüm işlem basamaklarında çevre gözetilerek üretilmiş, kullanım aşamasında kullanıcıya zarar vermeyen ve kullanıldıktan sonra atılacak olan ürünün tekrar geriye kazanılır olması veya çevreye zararsız ürünlere dönüşebilen ürün demektir [13].

Boya, çözeltilerde liflere geçen ve orada fikse olan renkli bileşik anlamındadır [16]. Tekstil atık suları ile birlikte içerisinde bulunan boyalar da çeşitli şekillerde çevreye salınmaktadır. Bu boyalar tabiatta biyolojik olarak parçalanamadığından canlılar üzerinde potansiyel bir zehir etkisi oluşturmaktadır. Bu tür suların tarımda kullanılması ile canlılar için doğrudan tehlike oluşturacağı herkes tarafından bilinmektedir. Yine boyalardan oluşan renkler, sulardaki normal görünümünü bozmakta ve suyun ışık geçirgenliğinin azalmasına neden olmaktadır [17].

Tekstil boyalarının ekotoksitesi ve onların insan sağlığı üzerine zararları oldukça fazladır [18, 19, 20]. Pekçok tekstil boyası çoğu tüm yaşam formları için ciddi sağlık problemleri oluşturabilir [21]. Çalışmalar, bazı tekstil boyalarının farklı türlerinin genotoksik ve mutajenik etkili olduğunu göstermiştir. Bazı tekstil boyalarının kansere sebep olduğu da bilinmektedir [22, 23].

20. yüzyıl boyunca artan endüstriyel aktiviteler nedeni ile tekstil boyaları gibi organik kirleticiler suyun kontaminasyonuna yol açmıştır. Bu boyalar yüksek renk yoğunluğu nedeniyle kirletici olarak kabul edilir ve çevrede düşük konsantrasyonlarda dahi toksiktirler [24, 25]. Nehir ve göllere renkli atık suların boşaltılması, doğal suda bulunan organizmalara ışığın ulaşımını engeller. Bu da ortamda fotosentetik aktiviteyi ve çözünür O<sub>2</sub> konsantrasyonunu azaltır. Boyalar geniş çapta tekstil ürünlerinde boyama amaçlı kullanılır. Tekstil atık sularının işlenmesi için biyodekolorizasyonun gelişimi çekici bir yaklaşımdır. Bu işlem ile elde edilen arındırılmış suların organizmalar üzerinde toksik etki oluşturup oluşturmayacağı merak konusudur. Apohan ve Yeşilada (2005) yaptıkları bir çalışmada mikroorganizma üzerine, dekolarize edilen boyaların toksik etkisinin, pelet muamelesinden sonra önemli derecede azaldığını saptamıştır [26].

Sentetik boyaların insan sağlığına ve çevreye olumsuz yönde etkisi doğal boyalara olan ilginin artmasına sebep olmuştur. Son yıllarda artan çevre bilinciyle doğal boyalara doğru bir yönelim vardır. Kimyasal maddelere karşı güvensizlik sonucu doğal boyalarla boyanmış, kısmen daha düşük renk tonlarına sahip ve yüksek fiyatlı giysileri kabul eden alıcı kesim mevcuttur [13].

Doğal boyar ile sentetik boyalar karşılaştırılacak olursa:

1-Doğal boyaları elde etmek için çok fazla miktarda bitki ve hayvan yetiştirilmesine ve endüstriyel olarak ürün toplama ve ekstraksiyon teknolojisine gereksinim vardır. Yüksek boya verimini yakalayabilmek için boya bitkisinin yetiştirilmesinin iyileştirilmesi düşünülmelidir.

2- Endüstriyel arıtma yapılmıyorsa, sentetik boyalarla karşılaştırıldığında atık su yükünü çok fazla arttıran döküntü yığınları ortaya çıkmaktadır. Buna ilave olarak doğal boyaların fikse edilmesinde ekolojik düşünen çevreciyi ürküten “mordan” kullanılmaktadır.

3-Doğal boyalar zor standardize edilmektedir. Az sayıda renk tonları kullanılabilir. Sentetik lifler için bu zamana kadar hiçbir doğal boya bilinmediğinden yalnızca yün ve pamuk için kullanılabilir.

4-Doğal boyalar sentetik boyar maddelerden 5-10 kat daha pahalıdır.

5-Şu anda kullanılan doğal boyaların tekstil maddelerini boyama talebini karşılama mükün olmadığı da göz önüne alınarak, çevreye ve insan sağlığına zararlı olmayan boyaların üretiminin ve kullanımının her geçen gün artması beklenmektedir [13].

Çevre açısından kullanılan boyar maddenin rengi de önemlidir. Bir mamulü koyu renge boyamak demek daha fazla boya kullanmak, daha fazla kimyasal madde ve su kullanmak demektir ki; bunların hepsi çevreye fazladan bir yük getirmektedir. Özellikle siyah renkten vazgeçilirse çevre açısından olumlu olacağı belirtilmektedir [13].

Boyalar, 400-700 nm görünür ışıktaki renk veren organik moleküllerdir. Kromofor molekülün renk veren kısmıdır. Boyalar uygulama alanı, kromofor yapısı ya da suda çözünürlüğüne göre sınıflandırılabilir. Örneğin uygulamasına bağlı olarak; bazik, asit, direkt, mordan, reaktif, metal-kompleks, dispers ve kükürt boyalar olarak gruplandırılabilir ya da kromofor yapısına göre azo, antrakinin, fitalosiyenin ve di yada trifenilmetan olarak gruplandırılabilir [27].

Günümüzde kullanılan boyaların % 70'i azo boyalar sınıfına aittir [13]. Azo boyaları, bir ya da birkaç azo grubu  $-N=N-$  içeren boyalardır. Kromofor bir sistem içerir ve en az bir aril kökü bulunur. Önemli azo boyaları çeşitli heterosiklik ve bazı alifatik kökler içerir, kural olarak iki ya da daha çok aril kökü azo bağı ile birbirine bağlanır. Alifatik azo bileşiklerinin renk kuvveti düşük olduğundan kullanılmaz [16].



Azo boyaları dünyada tekstil endüstrilerinde geniş çapta kullanılır. Azo boyaları farklı kullanım amaçları için farklı saflıklarda üretilebilmektedir. Sentetik azo boyaları redüktif koşullar altında aromatik aminlere ayrışmaktadır. Bunlardan bazıları kuvvetli toksik özellik göstermektedir. Yaklaşık olarak piyasada bulunan 3200 adet azo boyasının 130'unun belirli koşullar altında redüktif parçalanması sonunda kanserojen arilamin bileşiklerini oluşturduğu saptanmıştır [13].

Azo boyaları 7 grupta incelenmektedir [16]. Bunlar;

1-Direkt boyalar

2-Asit boyalar

3-Mordan boyalar

4-Metal-kompleks boyalar

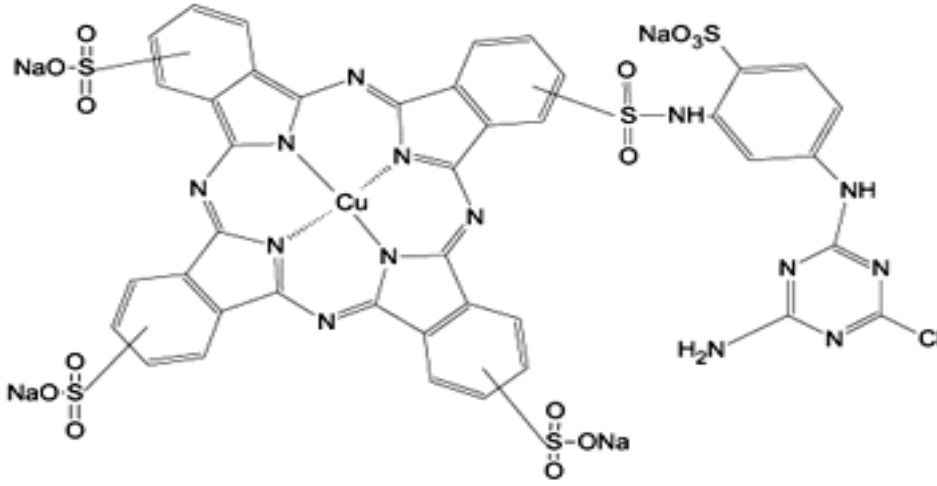
5-Bazik boyalar

6-Dispers boyalar

7-Azoik boyalar

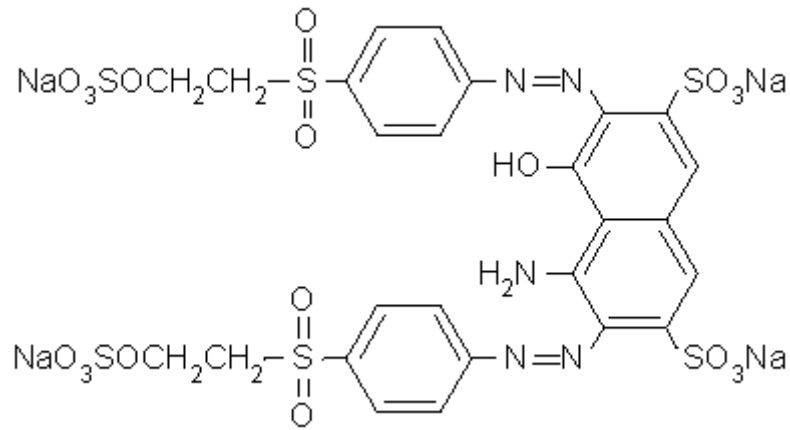
Boyaların bir diğer sınıfını reaktif boyalar oluşturur. Reaktif boyalar, tekstilde yararlanılan yüksek derecede renkli organik maddelerin bir sınıfıdır. Protein lifleri amino veya karboksilik asit kökleri içerir. Bunlar direkt, asit ve bazik boyaların liflere bağlanmasına etki yapar ve çözücülerle kolayca çözüldüğünden, kovalent bağlanmamışlardır. İlk olarak 1959'da IcI, diklorotriazinil grupları -NH- yolu ile boyaya bağlı Porsion (M) boyalarını piyasaya çıkarmıştır. 1957'de monoklorotriazinil içeren türevler ortaya çıkmıştır. Diklorotriazinil boyaları hidroliz sonucu % 15-40 kayba uğrar [16]. Reaktif boyaların en karakteristik özelliği substratlarla kovalent bağ oluşturmalarıdır. İp ve boya molekülü arasında oluşturdukları kovalent bağla substrata bağlanırlar. Bu nedenle boya maddesi ipin bir parçası olur ve absorpsiyon ile bağlanan boya maddesinin yıkamayla giderim olasılığı azalır. Reaktif boyanın kendi içinde birçok türü vardır [28].

Reaktif boyalara örnek olarak reaktif fitalosiyanın mavi (RFM) verilebilir. Reaktif fitalosiyanın mavi tekstil endüstrisinde geniş çapta kullanılan, kromofor olarak bakır-fitalosiyanın ve reaktif bölge olarak bir monoklorotriazin grubu içeren önemli bir ticari reaktif boyadır. Bu boyaların kantitatif analizi için kullanılan temel analitik metotlar HPLC, floresans ve spektrofotometrik metotlara dayanır. Şekil 1.1'de RFM'nin moleküler yapısı görülmektedir [29].



**Şekil 1.1** RFM' nin moleküler yapısı

Reaktif boyalara başka bir örnek olarak reaktif siyah 5 (RS5) verilebilir. Everzol boyaları vinilsülfan sistemin reaktif boyalarıdır. Bu boyalar da monoklorotriazin grubuna sahiptir. Vinilsülfan grubunun selülozik ipliklerle kombinasyonu asit hidrolizine karşı kararlılık sağlar. Bu boyalar boyama sıcaklığının geniş bir sırasına sahiptir [30]. RS5'nin moleküler yapısı Şekil 1.2'de görülmektedir [31].



**Şekil 1.2** RS5'nin moleküler yapısı

Moawad ve ark. yaptıkları bir araştırmada (2003), Nil Deltası'nda yaygın olarak yetiştirilen yonca, marul, buğday ve domates bitkileri üzerinde farklı boyaların tohum çimlenmesi, kök uzaması ve genotoksisite üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, artan boya konsantrasyonlarında tohumlarda çimlenme oranı azalmıştır. Ayrıca yüksek boya konsantrasyonlarının sürgün oluşumunu inhibe ettiği saptanmıştır. Kökçüğün uzaması da yüksek konsantrasyonlarda baskılanmıştır. Kullanılan bitkiler arasında buğdayın diğer bitkilere kıyasla boyanın toksik etkisine karşı daha fazla direnç gösterdiği gözlenmiştir [22].

Araujo ve ark. (2007), tekstil çamurunun soya fasulyesinde vejetatif gelişim, nodül oluşumu ve nitrojen fiksasyonu üzerine etkilerini çalışmışlardır. Bu araştırmada tekstil çamurunun nodül sayısı ve ağırlığı ile nodül glutamin sentaz aktivitesi ve leghemoglobin içeriği üzerine olumsuz etki göstermediğini rapor edilmiştir [32].

Araujo ve arkadaşlarının (2005), yaptığı çalışmada tekstil çamur kompostunun toksisitesini belirlemek için tohum çimlenme ve gelişme testleri uygulanmıştır. Yapılan çimlenme testi sonucunda tekstil çamur kompostunun uygulanan tüm konsantrasyonlarda çimlenmeyi olumsuz yönde etkilemediği, hatta uygulama yapılan en yüksek konsantrasyonda çimlenme indeksinin diğer konsantrasyonlara kıyasla daha yüksek bulunduğu belirtilmiştir [33].

Zhou ve ark. (2004), X-3B kodlu kırmızı boyanın soya fasulyesi, pirinç ve karpuz bitkilerinin topraktan demir alımı üzerine etkisini araştırmışlardır. Boyanın bitkide birtakım kimyasal mekanizmaları etkileyerek topraktan demir alınımını azalttığı rapor edilmiştir [34].

### **1.3 Bitkiler İçinde Kirleticilerin Etkisi**

Farklı bitkilerde, savunma yeteneği ve gücü farklı olmaktadır. Yüksek yapılı bitkilerin, çeşitli biyotik ve abiyotik etkilere karşı oluşturduğu savunma önlemleri iki grupta toplanabilir.

- 1- Bitkide önceden varolan savunma mekanizmaları
- 2- Alarm sistemi adı verilen ve bir uyarı ile açığa çıkan mekanizmalar (uyarılmış tepkiler)

Bitkiler tarafından oluşturulan koruyucu önlemler veya alarmlar, bitkinin bütününde etkili olabileceği gibi sınırlı bir bölgesinde de etkili olabilir. Özellikle, saprofit patojenlerin neden olduğu alarmlar; çeşitli biyotik baskılara karşı geniş ölçüde koruyucu olmaktadır [7].

### 1.3.1 Uyarılmış Savunmalar ve Alarm Durumu

Bir uyarı ile oluşan savunma mekanizmalarının çoğu yüksek yapılı bitkilerde meydana gelir. Bunlar uyarılmış tepkiler veya alarmlar olarak belirtilir. Alarm ile; biyotik ve abiyotik baskılara karşı oluşturulan savunmalar sırasında meydana gelen kompleks biyolojik olaylar ve değişiklikler anlatılmaktadır. Bu biyolojik olaylar;

- 1-Belli biyotik ve abiyotik baskılar ile oluşturulan hastalıklar
- 2-Uyartuların sistemik olarak taşınabilmesi ve baskıya uğramış doku tarafından savunma maddelerinin üretimi (elektriksel, kimyasal ve her ikisi)
- 3-Uyarı sonucu olarak hedef dokuda yeni oluşturulan morfolojik ve fizyolojik değişiklikleri kapsar.

Uyarı ile meydana gelen tepkilerin lokal ve sistemik etkilerini ayırmak her zaman mümkün olmaz. Bu nedenle lokal bir tepki saldırılan bölgede sınırlı olarak meydana getirilen bir tepki olarak, sistemik tepki ise; saldırılan bölgenin dışındaki bölgelerde de meydana gelen tepki olarak belirtilmiştir.

İlk oluşan etkiler ile; sonradan gelecek sekonder etkiler benzer olursa, bunlar ve bunlara karşı gösterilecek tepkilere **spesifik etkileşim** adı verilir. Örneğin tek bir mantarın diğer mantarlara karşı direnç oluşumuna yol açması spesifik bir etkileşimdir. İlk etki ile sonradan meydana gelecek diğer etkiler tamamen ilgisiz olursa, sonuçta spesifik olmayan etkileşimler ortaya çıkar.

### 1.4 Peroksidazlar

Bitki metabolizmasında toksik oksijen türlerinin üretimi hem doğal hem de stres durumunda teşvik edilir. Oksijen radikalleri membran lipidleri, proteinler ve DNA'ya zarar verir. Oksidatif stresin zararlı etkilerine karşı bitki hücrelerinin savunması hem enzimatik hem de enzimatik olmayan bileşenlerle ilgilidir. Enzimatik bileşenler doğrudan reaktif oksijen türlerini temizleyebilir ya da enzimatik olmayan bir antioksidan üretiminde rol oynayabilir. Reaktif oksijen türlerinin oluşumunu ve bunların meydana getirdiği hasarı önlemek için geliştirilen savunma mekanizmalarına "antioksidan savunma sistemleri" ve bu bileşenlere "antioksidanlar" denir. Antioksidanlar yapılarına göre enzimatik antioksidanlar ve enzimatik olmayan antioksidanlar olarak ikiye ayrılır. Enzimatik antioksidanlara SOD, katalaz ve peroksidazı, enzimatik olmayan antioksidanlara da A ve E vitaminini, melatonini veya albümini örnek verebiliriz [35].

Peroksidazlar, antioksidan savunmada yardımcı rol oynayan enzimlerden birisidir. Bu enzimler bitkilerde, hayvanlarda ve mikroorganizmalarda bulunabilir [36].

Peroksidazlar bitkilerde birçok fonksiyona sahiptir. Bu fonksiyonları şöyle sıralayabiliriz;

1-Peroksidaz aktivitesi çimlenmeden önce tohumlarda belirlenebilir. Peroksidazlar çimlenme süresince tohum korunmasında rol oynarlar. Peroksidazlar tarafından salgılanan hidroksil radikalleri tohum kabuğunun yırtılmasına ve buna ardışık hücre uzamasına sebep olur [37]. Peroksidazlar, çimlenmeden önce gerçekleşen işlemlere de katılır ve protoderm hücrelerinin doğru şekil ve boyutunu kazanmasına sebep olur [38].

2-Peroksidazlar hücre duvarının yumuşaması ve hücrenin uzama süreci ile de ilişkilidir. Hücre duvarının iç yapısındaki değişimler peroksidatif ya da hidroksilik döngüler boyunca peroksidazlar tarafından gerçekleştirilir. Pektin ve ksiloglukan gibi hücre duvarı polisakkaritleri peroksidazlar tarafından üretilen aşırı reaktif 'OH ile *in vitro*'da moleküllerine ayrılabilir. Peroksidazlar iki farklı döngüyle uzamayı düzenler. Oksijen radikallerinin üretimi ya da H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'nin lokal konsantrasyonunun azaltılmasıyla uzamayı destekleyebilir. Hücre duvarında ve apoplastik boşluklarda 'OH üretimi enzimatik olmayan duvar yumuşamasına sebep olur [37].

3-Ayrıca peroksidazlar, fenolik grupların çapraz bağlanması için ön şart olan hücre duvarında H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> varlığını kontrol edebilirler. Peroksidazlar, yaralanma, patojen saldırısı ya da çeşitli olumsuz çevresel koşullar gibi dış faktörlere cevap olarak bu işlemleri katalizlerler. Hücre duvarının kalınlaşması, peroksidazların aracı olduğu çeşitli bileşiklerin çapraz bağlanmasının sonucudur. Onların arasında polisakkarite bağlanmış ferulatlar, extensinler ve sonunda lignin monomerleri bitki duvarını güçlendiren kompleks bir ağ oluşturur. Böyle bir mekanik süreçte peroksidazların biyokimyasal olarak dahil olması peroksidatif döngüyle ilişkilendirilir [37].

4-Guaiakol (o-methoxy phenol) peroksidaz aktivitesini ölçmek için substrat olarak kullanılır. Peroksidaz tarafından guaiakolun oksidasyonu fenoksi radikallerinin üretimiyle sonuçlanır ve kararsız radikallerin ardışık bağlanması, monomerlerin enzimatik olmayan polimerizasyonuna yol açar. Benzer bir yolla, hidroksisinnamik asit, hidroksisinnamil alkol ve onların türevleri peroksidaz tarafından fenoksi radikallerine dönüşür. Hidroksisinnamik asitler suberin dahilinde birleştirilir. Hidroksisinnamil alkol lignine polimerize olur [36].

Hücre duvarı peroksidazları, makromolekülleri polimerize eder ve sonra ekstrasellüler yüzeyde biriktirir. Bu makromoleküllerin birikimi hücrenin genişlemesini

ve patojen istilasını sınırlamak suretiyle hücre duvarını güçlendirir ve bitki gövdesine yapısal destek verir [36].

5-Peroksidazların aynı zamanda oksin katabolizmasında da rol oynadığı belirtilmiştir. Peroksidaz tarafından oksidatif dekarboksilasyon oksinin inaktivasyon işlemlerinden biridir [36].

6-Birçok bitki sistemlerinde, peroksidazlar hastalığa dayanıklılıkla ilişkilendirilmiştir. Örneğin tütünde hastalığa direnç ve peroksidaz aktivitesi arasında pozitif bir korelasyon bulunmuştur. Birçok çalışma, patojenlere karşı savunmada peroksidazın önemini belirtmiştir. Peroksidazların savunmadaki rolü aşağıdaki gibidir;

a-Lignin, suberin, ferulatlanmış polisakkaritler ve hidroksiprolince zengin glikoproteinleri içeren hücre duvarı fiziksel bariyerini güçlendirmek [39,40,41].

b-Sinyal aracı ve antimikrobiyal ajan olarak ROT (Reaktif oksijen türleri) üretimini artırmak [42, 43].

c-Fitoaleksinin üretimini artırmalarıdır [44].

7-Peroksidazlar senesens ile de ilişkilidir. Yüksek konsantrasyonlarda  $H_2O_2$ 'i azaltarak ve süper oksit radikalini artırarak senesensi teşvik eder [45].

8-Peroksidazlar, katı extensin çapraz bağları oluştururlar. Bu bağlar hücre duvarının yumuşamasını ve bundan kaynaklanan hücre genişlemesini önler [46].

9-Peroksidazlar bitkilerde organogenezde de rol oynar. Peroksidaz aktivitesi hem meristematik aktivitelerin başlaması hem de gelişimin baskılanmasıyla ilişkilendirilmiştir. Peroksidazların tüm organize meristemlerde var olduğu saptanmıştır. Yapılan çalışmalarda peroksidazların; hücre bölünmesinin desteklenmesi, ligninleşme, trakeal elementlerin olgunlaşması, kallus oluşumu, aksial organizasyonun belirlenmesi, yaprak gelişimi ve stamen gelişimiyle ilişkili olduğu gösterilmiştir [47].

10-Peroksidazlar, bivalent hem demiri trivalent duruma oksidize ettiklerinde ya da NADH gibi indirgeyici ajanlardan elektronları oksijene transfer ettiklerinde oksidantlar olarak iş görebilirler. Böylece peroksidaz aktivitesi  $H_2O_2$  ve  $O_2^-$  üretimiyle sonuçlanır. Peroksidazlara bağlı reaksiyonların bir diğer tipi ise süperoksit varlığında  $H_2O_2$ 'den en tehlikeli tür olan hidroksil radikallerinin üretimidir [48].

### **1.5 Lipid Peroksidasyonu**

Serbest radikaller, hücrenin lipid, protein, DNA, karbonhidrat ve enzim gibi tüm önemli bileşiklerine etki ederler. Hücre membranı çoklu doymamış yağ asitlerince zengindir ve kolayca bu etkiye maruz kalır. Bu tepkime çok zararlıdır. Çünkü zincirleme olarak ilerler. Membrandaki doymamış yağ asitleri serbest radikallerle

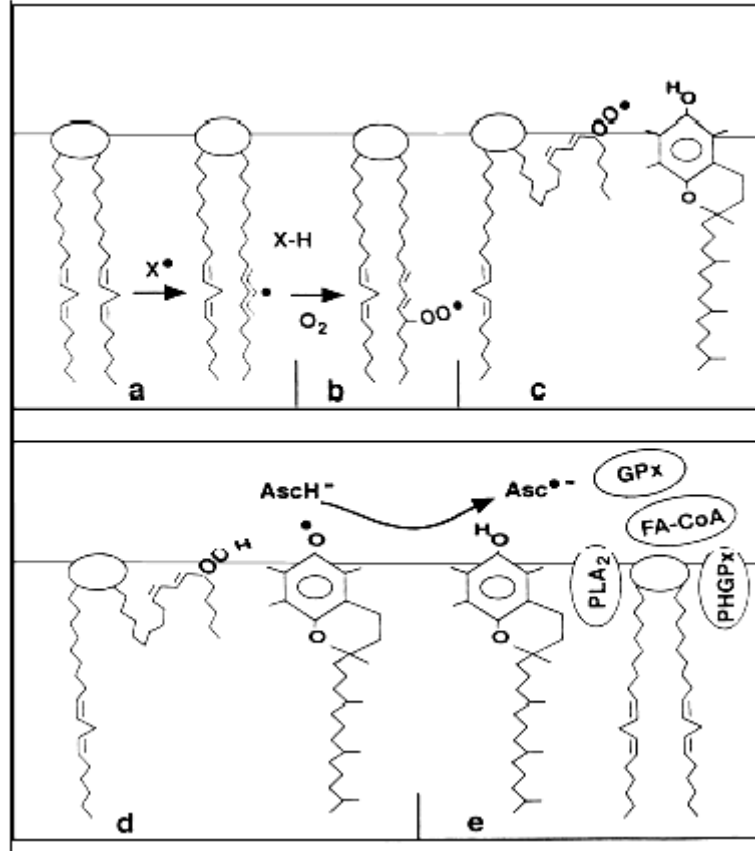
kolayca reaksiyona girerek peroksidasyon ürünleri oluştururlar. Lipid peroksidasyonu normal aerobik şartlar altında doğal bir metabolik işlemdir ve ROT etkisinin sonuçlarından biridir. Membran lipidlerinin temel bileşenlerinden olan PUFA (çoklu doymamış yağ asitleri) peroksidasyona karşı duyarlıdır. Çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidatif yıkımı, lipid peroksidasyonu olarak bilinir ve oldukça zararlıdır. Çünkü kendi kendini devam ettiren zincir reaksiyonu şeklinde ilerler. Lipid peroksidasyonu ile meydana gelen membran hasarı geri dönüşümsüzdür [35].

Lipid peroksidasyonu, organizmada oluşan bir serbest radikal etkisi sonucu membran yapısında bulunan çoklu doymamış yağ asidi zincirinden bir hidrojen atomu uzaklaştırılması ile başlar (Şekil 1.3). Bunun sonucu olarak yağ asidi zinciri bir lipid radikali özelliği kazanır. Oluşan lipid radikali dayanıksız bir bileşiktir ve bir dizi değişikliğe uğrar. Molekül içi çift bağların pozisyonunun değişmesiyle dien konjugatları ve daha sonra lipid radikalinin moleküler oksijenle etkileşmesi sonucu lipid peroksil radikali meydana gelir. Lipid peroksil radikalleri, membran yapısındaki diğer çoklu doymamış yağ asitlerini etkileyerek yeni lipid radikallerinin oluşumuna yol açarken, kendileri de açığa çıkan hidrojen atomlarını alarak lipid hidroperoksitlere dönüşürler. Böylece olay kendi kendine katalizlenerek devam eder [35].

Lipid peroksidasyonu sonucu oluşan lipid hidroperoksitlerin yıkımı, geçiş metalleri iyon katalizini gerektirir. Lipid hidroperoksitleri yıkıldığında çoğu biyolojik olarak aktif olan aldehitler oluşurlar. Bu bileşikler ya hücre düzeyinde metabolize edilirler ya da başlangıçtaki etki alanlarından difüze olup hücrenin diğer bölümlerine hasarı yayarlar [35].

Peroksidasyon sonucu malondialdehit (MDA) meydana gelir. Peroksidasyonla oluşan MDA, membran bileşenlerinin çapraz bağlanma ve polimerizasyonuna sebep olur. Bu da deformasyon, iyon transportu, enzim aktivitesi ve hücre yüzey bileşenlerinin agregasyonu gibi intrinsik membran özelliklerini değiştirir. Lipid peroksidasyonu sırasında oluşan MDA, lipid peroksidasyonunun önemli bir göstergesidir. Membran lipidlerinin çoklu doymamış yağ asitlerinin peroksidasyonu, membranda çeşitli hasarlara sebep olmaktadır. Bu genellikle membran akışkanlığının azalması ve membranın iyonik gradientinin bozulması şeklinde olur. Bu otooksidasyon tepkimesi hidroksil, hidroperoksil veya tekil oksijen radikalleri tarafından gerçekleştirilir [35]. Bununla birlikte lipid peroksidasyonunun sadece zararlı olduğu fikri son 10 yılda değişmiştir. Lipid yıkımının oksitlenmiş ürünleri ve lipid peroksidazların aynı zamanda sinyal iletim zincirinde rol oynadığı görülmüştür [49].

Yapılan çalışmalar peroksidaz enziminin senesensle ilişkili lipid peroksidasyonuna karşı tohumlara koruma sağladığını göstermiştir [38].



**Şekil 1.3** Membran lipid peroksidasyonu basamakları

(a) Bir hidrojen atomunun çıkarılması ile bir oksitleyici X• radikali tarafından peroksidasyon sürecinin başlaması (b) Bir peroksil radikali ve bir konjuge dien oluşturmak için oksitlenme (c) Su-membran arayüzeyi için peroksil radikalinin parçalanması (d) Peroksil radikali, bir lipid hidroperoksitine dönüştürülür ve sonuçta tokoferol radikali askorbat tarafından onarılabılır (e) Tokoferol, askorbat tarafından tekrar döngüye katılır; sonuçta askorbat radikali enzim sistemleri tarafından tekrar döngüye katılabilir. Fosfolipaz A2(PLA<sub>2</sub>), fosfolipid hidroperoksit glutatyon peroksidaz (PH-GPx), glutatyon peroksidaz (GPx) ve yağ asiti koenzim A(FA-CoA) enzimleri, fosfolipidin oksitlenmiş yağ asiti zincirlerini onarmak ve toksinlerden temizlemek için birlikte çalışır.

Stres şartları pigment sistemi üzerinde de etki gösterir. Karotenoidler de fotosentetik membranı fotooksidasyondan korurlar. Stres koşullarında pigment yapısında tekli oksijen gibi tehlikeli moleküller birikebilir. Bunlar sitotoksik türlerdir ve hücrel bileşenlere zarar verirler [50].

### 1.6 Fabaceae Familyasının Genel Özellikleri

Tek yıllık otsu ya da çok yıllık odunsu bitkiler olup, bazıları da çalı formundadır. Kökleri, azot bakterileri ile simbiyotik birlik oluşturur. Yapraklar alternat, stipüllü,



çoğunlukla pinnat ya da trifoliattır, birçok cinste yaprakların bir bölümü tendril şeklini almıştır. Yaprak sapının tabanında pulvinus adı verilen bir bölüm vardır. Çiçekler rasem ve spika durumlarında, az çok gösterişli, tam ve kuvvetle zigomorftur. Meyve tipi legümandır. Ekonomik olarak önemli familyalardan biridir. Bezelye, nohut, fasulye, bakla, mercimek, soya fasuyesi, yer fıstığı, börülce, yonca, korunga ve burçak bu familyanın önemli türlerindedir. Bu familyanın türleri insan ve hayvan yiyeceği olarak kullanılabilir. Kozmetik sanayinde önemli yeri vardır. Tıbbi açıdan önem taşıyan pek çok türü vardır [51]. Ülkemizde geniş oranda kültürü yapılan tek yıllık ve sarılıcı ya da tırmanıcı bir bitki olan *Phaseolus vulgaris*'in orijininin Tropikal Amerika olduğu tahmin edilmektedir [52].

### **1.7 Perlitin Tanımı**

Perlit mağmanın asit fazında oluşan lavların soğuyup gözle ve mikroskopla görülebilecek bir yapıda kırılmasının meydana getirdiği kütle bünyesinde su damlacıkları bulunan volkanik bir cam türünü ifade eder. Bazı perlit türleri kırıldığı zaman inci parlaklığında küçük küreler elde edildiğinden perlit ismi inci anlamına gelen “perle” kelimesinden türemiştir. Perlit çatılarda, duvarlarda, yalıtımda, süzmede ve sanayide kullanılmaktadır.

#### **1.7.1 Perlitin Genel Özellikleri**

- 1- Perlit % 90 üzerindeki toplam gözenekliliği ve % 60 dolayındaki havalandırma gözenekliliği ile toprağın havalanmasını sağlar ve drenajı düzenler.
- 2- İnfiltrasyonu artırır ve buharlaşmayı azaltır. Sulamada ekonomi sağlar.
- 3- İnorganik olmasından dolayı yabancı ot tohumu ve hastalık taşımaz.
- 4-Çözünebilir iyonların yok denecek kadar az olması nedeniyle tuzluluk ve alkalilik yönünden herhangi bir sorun yaratmaz.
- 5- Nötr oluşu ve düşük kimyasal tamponluğu ile ortam pH'sını kolayca düzenler.
- 6-Isı iletkenliği düşük olduğundan, bitkinin günlük sıcaklık değişimlerinden zarar görmesini en aza indirger.
- 7-Topraksız tarımda, sterilizasyondan sonra yapının bozulmaması, üst üste 6 yıl kullanım şansı getirir.
- 8-Fide köklerinde zedelenme ve kayıpları önler.
- 9-Perlit sıralanan bu özellikleri ile seralarda toprak düzenleyici olarak, fide harçlarına katkı maddesi olarak ve tarımda yetiştirme ortamı olarak başarı ile kullanılır [53].

Bu tez çalışmasında bazı tekstil boya larının bitkisel organizmalar üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla reaktif fitalosiyanın mavi (RFM) ve reaktif siyah 5 (RS5) boya ları ve test bitkisi olarak da *Phaseolus vulgaris* L. cv. Gina seçilmiştir.

Bu boya ların olası etkilerini belirlemek amacıyla;

a- Fotosentezde önemli rolü olan pigmentasyona

b- Membranda olası hasarın saptanması için lipid peroksidasyonunun göstergesi olan MDA düzeyine ve

c-. Peroksidaz aktivitesine bakılmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Tekstil boyaları tekstil endüstrisinde yüksek miktarda kullanılmaktadır. Bu boyalar atıksularla birlikte doğaya verildiklerinden dolayı farklı organizmalardaki olası toksik etkileri birçok araştırmacı tarafından yoğun olarak çalışılmaktadır.

Moawad ve ark. (2003), boyaların çimlenme ve kök uzaması üzerine etkisi ile genotoksik etkisini araştırmışlardır. Bu araştırmada, tekstil endüstrisinin yoğun olduğu Nil Deltası'nda yaygın olarak yetişen yonca, marul, buğday ve domates bitkileri kullanılmıştır. Farklı tekstil boyalarının tohum çimlenme yüzdesi, sürgün oluşumu ve kök uzaması üzerine etkisi test edilmiştir. Kullanılan boyaların konsantrasyon artışına bağlı olarak genellikle tohumların çimlenme yüzdesi azalmıştır. Ayrıca, yüksek boya konsantrasyonları sürgün oluşumunu baskılamıştır. Kökçüğün uzama değerinde de yüksek boya konsantrasyonlarında bir azalma olduğu, bununla birlikte farklı türdeki bitkilerin boyaya gösterdiği direncin de farklı olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada, kullanılan bitkiler arasında buğdayın daha dirençli olduğu rapor edilmiştir. Bununla birlikte kullanılan çeşitli boyaların birbirinden farklı etki gösterdiği de saptanmıştır [22].

Tekstil çamurunun içeriğinde yüksek miktarda organik maddeler, N, P, K, mikrometabolik elementler, boya, ağır metaller ve patojenik mikroorganizmalar bulunmaktadır. Biyolojik azot fiksasyonunun ölçülmesi kirleticilerden kaynaklanan toprak stresinin önemli bir belirleyicisidir. Atmosferdeki azotun asimile edilmesi ve indirgenmesi, kontamine olmuş çamurla etkilenebilmektedir. Nodül glutamin sentaz atmosferik azotun emiliminde önemlidir ve inorganik azotun organik azota dönüşümünde ilk basamağı katalizler. Topraktaki toksik bileşikler tarafından glutamin sentaz aktivitesinin azalması azot fiksasyonunun azalmasına yol açar. Nodüllerdeki leghemoglobin içeriği de azot fiksasyonunun oranını etkiler. Araujo ve ark. (2007), tekstil çamurunun soya fasulyesinin gelişimi, nodülasyonu ve azot fiksasyonu üzerine etkisini çalışmışlardır. Bu araştırmada tekstil çamurunun nodül sayısı ve ağırlığı ile nodül glutamin sentaz aktivitesi ve leghemoglobin içeriği üzerine olumsuz etki göstermediğini rapor etmişlerdir [32].

Araujo ve arkadaşlarının (2005), yaptığı çalışmada tekstil çamur kompostunun toksisitesini belirlemek için tohum çimlenme ve gelişme testleri uygulanmıştır. Yapılan çimlenme testi sonucunda tekstil çamur kompostunun uygulanan tüm konsantrasyonlarda çimlenmeyi olumsuz yönde etkilemediği, hatta uygulama yapılan en

yüksek konsantrasyonda çimlenme indeksinin diğer konsantrasyonlara kıyasla daha yüksek bulunduğu belirtilmiştir [33].

Zhou ve ark. (2004), X-3B kodlu kırmızı boyanın soya fasulyesi, pirinç ve karpuz bitkilerinin topraktan demir absorpsiyonu üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu araştırmada boyanın bitkide birtakım kimyasal mekanizmaları etkileyerek topraktan demir absorpsiyonunu azalttığı rapor edilmiştir. En yüksek demir absorpsiyonu soya fasulyesinde, en düşük demir absorpsiyonu ise karpuzda gözlenmiştir [34].

Stres koşullarının peroksidaz üzerine etkisini saptamak için birçok araştırma yapılmıştır. Boyraz ve Delen'in yapmış olduğu bir derlemede Fehrmann ve Dimond'in, *Phytophthora infestans*'a karşı dayanıklı ve duyarlı olan patates çeşitleri arasında bitkinin değişik organlarındaki peroksidaz aktivitesi ile güçlü bir pozitif ilişki olduğunu rapor ettikleri belirtilmiştir. Bu çalışmada kök uçları ve uçtaki genç yaprakların patojene karşı çok dayanıklı olduğu, her ikisinin de yüksek peroksidaz aktivitesi gösterdiği ifade edilmiştir [54]. Ayrıca bu derlemede Umerus'un, patates mildiyösüne dayanıklı ve duyarlı farklı patates yapraklarında peroksidaz aktivitesini karşılaştırdığı ve düşük düzeydeki tarla dayanıklılığında düşük peroksidaz aktivitesi gözlendiği belirtilmiştir. Benzer şekilde yüksek düzeyde tarla dayanıklılığı gözlenen varyetelerde peroksidaz aktivitesinin düşük düzeyde tarla dayanıklılığı görünenlerden en az % 50 daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Virüs enfeksiyonu konukçu dokusunda peroksidaz aktivitesinde artışa neden olarak bakteri çoğalmasına önemli derecede engel olur. Genelde, düşük peroksidaz aktivitesine nazaran yüksek peroksidaz aktivitesine sahip dokuların yanma hastalığına karşı daha fazla dayanıklılık gösterdiği belirtilmektedir [54].

Alcazar ve ark. (1995), *Phytophthora capsici*'ye karşı biber bitkisinin gösterdiği savunma cevabında peroksidaz aktivitesini araştırmışlardır. Bu çalışmada hassas, dirençli ve yarı dirençli olmak üzere üç ayrı biber kültürü kullanılmıştır. *Capsicum annuum* - *Phytophthora capsici* interaksyonu sonucunda, her üç kültürde de peroksidaz aktivitesinde bir artış gözlenmiştir. Dirençli kültürlerde bu artışın daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Dirençli kültürlerde peroksidazın fazla birikimi, fungal saldırıya karşı savunma mekanizmasının bir belirtisi olarak ve ligninleşme reaksiyonlarının artışıyla enfeksiyona karşı bir bariyer olarak rol oynayan katalitik kapasitenin göstergesi olarak kabul edilmiştir [55].

Vangronsveld ve ark. (1994), toksik metal varlığının hücrelerde serbest radikal türlerinin oluşumuna neden olduğunu saptamışlardır. Peroksidazın, hücrede artan metal seviyesiyle indüklenen peroksit radikalleri ve oksijenin reaktif ara formlarının etkili bir

bastırıcısı olarak iş görebileceğini belirtmişlerdir [56]. Bir grup araştırmacı hücre duvarındaki fenolik alkollerin peroksidaz tarafından katalizlenen polimerizasyonun ürününün bir lignin polimeri olduğunu saptamışlardır. Lignin miktarındaki artışın stres yoğunluğunun belirleyicisi olabileceği ifade edilmektedir [57, 58]. Radotic ve ark. (2000), ladin bitkisinde farklı kadmiyum (Cd) konsantrasyonlarının çözünen ve bağlı peroksidaz aktivitesi üzerine etkisini çalışmışlardır. Topraktaki 3 mg/kg kadmiyum bitki toksitesi için eşik değerdir. Yapılan araştırmada ladin fidelerinin iğnelerinde kadmiyum artışı ve peroksidaz aktivitesi arasında paralel bir değişim bulunmuştur. Kısa süreli Cd muamelesinde hem çözünen ve hem de bağlı peroksidazlar iğnelerde antioksidatif kapasitenin artışıyla ilişkilendirilmiştir. Daha uzun sürede çözünür peroksidaz aktivitesinde bir azalma görülmüşken, bağlı peroksidaz aktivitesinde bir artış saptamışlardır. Bu olaya bağlı peroksidazların bitkide koruyucu mekanizmalardan biri olan lignin senteziyle olan ilişkisinin neden olduğu belirtilmiştir [59].

Doğal şartlar altında bitkiler birçok stres faktörüne maruz kalırlar. Her bir stresin etkisi stresler arası etkileşimin bir sonucu olarak güçlendirilebilir ya da azaltılabilir. Pastori ve ark.(2002), bitkilerin stres-cevap ilişkisinde ortak yolları ve bileşenleri kullandığını ifade etmişlerdir [60]. Çapraz tolerans olarak bilinen bu olay, bitkilerin özgül bir strese maruz kaldıktan sonra farklı streslere alışmasına izin verir. Farklı stres türlerine karşı bitkilerin verdiği en yaygın cevap aktif oksijen türlerinin üretimini hızlandırılmasıdır. Miteva ve ark. (2005)'nin yaptıkları araştırmada, domates bitkilerinde arsenik (As) ve kabak mozaik virüsünün (KMV) peroksidaz aktivitesini ve pigment içeriğini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Her iki stres faktörü ayrı ayrı uygulandığında yapraklardaki peroksidaz aktivitesini artırmıştır. Virüs enfeksiyonu, arsenik muamelesine kıyasla özgül peroksidaz aktivitesini daha fazla indüklemiştir. En yüksek aktivite, As ile muamele edilmeyen toprakta gelişen KMV ile enfekte edilen bitkilerde bulunmuştur. Her iki stres faktörünün kombinasyonu, virüs enfeksiyonu tarafından sebep olunan pozitif peroksidaz cevabını indirgemıştır. Aşılammış bitkiler 25 mg/kg As seviyesinde en yüksek pigment değerini göstermiştir. As seviyesi 50 ve 100 mg/kg'a yükseltildiğinde pigment içeriğinin güçlü bir şekilde kontrol seviyesinin altına düştüğü belirtilmiştir. Arsenik ile kirletilmemiş toprakta yetişen KMV ile aşılammış bitkilerde zıt bir etki görülmüştür. Pigment içeriği kontrolden belirgin şekilde düşük çıkarken 25 ve 50 mg/kg As uygulandıktan sonra bu bitkilerin pigment içeriğinin arttığı belirtilmiştir [61].

Bitki gelişimini ve üretkenliğini etkileyen en önemli çevresel faktörlerden biri de çevresel sıcaklıktır [62]. Tarlada gelişen bitkiler, bitki metabolizmasını yoğun olarak etkileyen değişken sıcaklığa maruz kalırlar [63]. Yüksek sıcaklık stresi, bitki metabolizmasında protein bozulması, membran bütünlüğünün düzensizleşmesi ya da lipidlerin sıvı hale gelmesi gibi bazı fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler değişimlere neden olduğu belirtilmektedir. Sıcaklık stresine alışma süresince görülen değişimlerin çoğu geri dönüşümlüdür, ama stres çok büyükse geri dönüşümsüz değişim meydana gelebilir ve bu durum ölüme yol açabilir. Gülen ve Eriş (2004), çilek bitkisinde sıcaklık stresinin peroksidaz aktivitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada bitkilere hem ani hem de dereceli sıcaklık stresi uygulanmıştır. Her iki stres faktörü de peroksidaz aktivitesini artırmıştır. Dereceli sıcaklık stresine maruz kalan bitkilerin yaprakları, ani sıcaklık stresine maruz kalanlarınkine oranla daha yüksek peroksidaz aktivitesi göstermiştir [64]. Peroksidazlar, yüksek sıcaklıklara oldukça dayanıklıdır. Belli sıcaklık koşullarından sonra, inaktive edilen enzimler tekrar aktivite kazanabilirler [65].

Candan ve Tarhan (2003), *Mentha pulegium* (nane) bitkisinde çinko (Zn) eksikliğinde klorofil-karotenoid içeriği, antioksidan enzim aktivitesi ve lipid peroksidasyon seviyesindeki değişimleri incelemiştir. *M. pulegium* yapraklarında Zn yokluğunda klorofil ve karotenoid içeriği kontrolden daha düşük bulunmuştur. Karotenoidler singlet oksijen ve klorofilin tekil durumlarının önemli bastırıcılarıdır ve karotenoid içeriğindeki azalma hidroksil radikalının üretimini artırır. Daha düşük klorofil konsantrasyonu protein sentezinde Zn'nin rolüyle açıklanabilir ve Zn stresinde ROT üretilebilir, bu da lipid peroksidasyonuna yol açar. Antioksidan savunma enzimlerinden SOD ve Katalaz (CAT) aktivitesi Zn yokluğunda artarken Glutasyon Peroksidaz aktivitesinde önemli bir değişiklik olmadığı belirtilmiştir. SOD ve CAT'daki artışın radikallerin zararlı etkilerine karşı membranı korumada yetersiz kaldığı ifade edilmektedir. Bu sebeple lipid peroksidasyonu seviyesi gövde boyunca kontrolden daha yüksek olduğu belirtilmiştir [66].

Aynı araştırmacılar yaptıkları bir diğer çalışmada *Mentha pulegium* (nane) bitkisinde magnezyum (Mg) eksikliğinde klorofil-karotenoid içeriği, antioksidan enzim aktivitesi ve lipid peroksidasyonu arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Antioksidan enzimlerin Mg eksikliğine karşı verdikleri cevaplar zamana bağlı değişim gösterdiği, Mg yokluğunda kontrole kıyasla SOD ve CAT aktivitelerinin yüksek olduğu durumlarda bile LPO seviyesinin beklenmedik bir şekilde arttığı belirtilmiştir [50]. Bu

durum antioksidan enzim aktivitelerindeki artışın ROT saldırılarına karşı membranı korumada yeterli olmadığını göstermiştir. Mg yokluğunda membran hasarındaki bu artışın sebebi magnezyumun klorofilin bir bileşeni olmasından kaynaklandığı, karotenoidlerin de fotosentetik membranı fotooksidasyondan koruduğu belirtilmektedir [67]. Stres koşullarında pigment yapısında singlet oksijen gibi tehlikeli moleküller birikebilir [68]. Bunlar sitotoksik türlerdir ve hücrel komponentlere zarar verirler [69].

Kaushik ve ark. (2005), yılında yaptıkları bir çalışmada buğday kültürlerinin gelişim performansı üzerine tekstil atıklarının etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada, % 1- 100 arasında farklı konsantrasyonlarda tekstil atıkları kullanılmıştır. Mevcut azot ve diğer mineral elementlerin uyarıcı etkisi yüzünden tüm kültürlerde % 6.25'lik konsantrasyonda daha iyi geliştiği belirtilmiştir. Ayrıca bu konsantrasyonlarda Ka ve Kb ile karotenoid içerikleri artarken, daha yüksek konsantrasyonlarda ise pigment içeriğinin azaldığı saptanmıştır. Kb içeriği, Ka'ya kıyasla yüksek konsantrasyonlardan daha fazla etkilenmiştir [70]. Garg ve Kaushik (2006), yaptıkları bir çalışmada bezelye kültürlerinin gelişim performansı üzerine tekstil atıklarının etkisini araştırmışlardır. Bezelye kültürlerinden elde edilen sonuç buğday kültürlerinden elde edilen sonuçla uygunluk göstermiştir [71].

Milavec ve ark. (2001), patates virüsü ile enfekte edilen patateslerde peroksidazları ve fotosentetik pigmentleri incelenmiştir. Bu çalışmada virüsle enfekte edilen patatesler, sağlıklı bitkilerden elde edilen sıvıyla suni olarak aşılaman patatesler ve kontrol olarak da sağlıklı patatesler kullanılmıştır. Hem yeşil yapraklarda hem de enfekte bitkilerin lokal lezyonlu yapraklarında çözünür ve iyonik bağlı peroksidaz aktivitesinin, kontrol ve aşılamanmış bitkilerin yeşil yapraklarındakinden daha yüksek çıktığı buna karşın kovalent bağlı peroksidaz aktivitesinin kontrol bitkilerin yapraklarına kıyasla enfekte ve suni olarak aşılaman bitkilerin tüm yapraklarında daha düşük çıktığı belirtilmiştir. Karotenoid ve klorofil oranı enfekte bitkilerin yeşil yapraklarında, kontrole benzer bulunmuştur. Ancak semptomlu yaprak ve enfekte bitkilerin yaşlı senesensli yapraklarında bu oran kontrolden iki kat yüksek bulunmuştur. Bu artış senesensin tipik bir belirtisidir. Aşılamanın Ka ve Kb oranı üzerine etkisiz olduğu, ayrıca çözünen ve iyonik bağlı peroksidaz aktivitesi ve klorofil içeriği arasında zıt bir korelasyon bulunduğu belirtilmiştir. Peroksidazın, senesens süresince seviyesinin artması nedeniyle klorofilin yıkımından sorumlu olduğu öne sürülmüştür [72].

Shalata ve Tal (1998), *Lycopersicon pennelli*'nin (domates) yabanıl ve kültüre edilmiş formlarının yapraklarında tuz stresine karşı lipid peroksidasyonu ve antioksidanların etkilerini çalışmışlardır. Araştırma sonucunda tuz stresine karşı yabanıl formun kültür formundan daha dirençli olduğu saptanmıştır [73]. El-baky ve ark. (2003), tuz stresinin etkilerini belirlemek amacıyla farklı soğan kültürlerini 2000, 4000 ve 6000 mg/L tuz konsantrasyonunda yetiştirmişlerdir. Artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak lipid peroksidasyonu oranının da dereceli olarak arttığını saptamışlardır. Tüm soğan kültürlerinde özellikle 4000 ve 6000 mg/L tuz konsantrasyonlarında MDA seviyesinin önemli bir artış gösterdiğini ve MDA birikiminin hassas türlerde, toleranslı türlere kıyasla daha fazla miktarda olduğunu belirtmişlerdir. Tüm soğan kültürlerinde antioksidan enzimlerin aktiviteleri tuz stresiyle birlikte arttığı rapor edilmiştir. Ayrıca tuz stresi altında bırakılan bitkilerde peroksidaz enziminde artış belirlenmiştir. Bu durumun tuz stresine karşı verilen cevabı hızlandırdığı ifade edilmektedir [74].

Chen ve Kao (1999), pirinç yapraklarını kullanarak bakırın lipid peroksidasyonu ile ilişkisini çalışmışlardır. Araştırmacılar tarafından uygulama yapılan yapraklarda  $CuSO_4$  konsantrasyonunun artmasıyla birlikte, ışıkta klorofil ve protein içeriğinin azaldığı belirtilmiştir. Bu durum uygulama yapılan yapraklarda senesensin bir karakteristiği olarak kabul edilmiştir. Bu araştırmada,  $CuSO_4$  ile muamele edilen pirinç yapraklarında MDA seviyesi kontrolden daha yüksek çıkmıştır. Bu da  $CuSO_4$  tarafından teşvik edilen senesensin, lipid peroksidasyonu ile ilişkili olduğunu göstermektedir [75]. Lipid peroksidasyonu serbest radikalın aracı olduğu bir süreçtir [76].  $CuSO_4$  tarafından muamele edilen pirinç yapraklarında lipid peroksidasyonunun artışı antioksidan enzimlerin azalmasının bir yansıması olabilir. Katalaz ve Glutasyon Peroksidaz aktivitesi bakır tarafından azaltılmıştır. Buna karşın SOD ve askorbat peroksidaz aktivitesi etkilenmemiştir [77].

Tewari ve ark. (2002), *Phaseolus aureus* bitkisinde kobaltın antioksidan savunma, lipid peroksidasyonu ve pigment içeriği üzerine etkisini araştırmışlardır. Aşırı kobalt uygulanan bitkilerde klorofil içeriğinin azaldığı, karotenoid/klorofil oranı ve antioksidan enzim aktivitesinin arttığı belirtilmiştir. Buna karşın 50-200  $\mu M$  kobalt konsantrasyonunda lipid peroksidasyonunda bir azalma görülmüştür. Konsantrasyon daha fazla arttırıldığında ise lipid peroksidasyon seviyesinde bir değişiklik olmadığı belirtilmiştir [78]. Bunun nedeninin kobaltın anti-peroksidatif bir özellik göstermesi olduğu öne sürülmüştür [79].



Velikova ve ark. (2002), fasulye bitkisinde farklı pH'lardaki asit yağmurlarının lipid kompozisyonu üzerine etkisini çalışmışlardır. Aynı zamanda yağ asiti kompozisyonundaki değişimler izlenerek, lipid peroksidasyonu ve membran lipidlerinin davranışları arasındaki ilişki araştırılmıştır. Asit yağmurlarının bileşenleri ROT üretir ve bunlar da fotosentezin inhibisyonuna, enzim bozulmasına ve membran zararına sebep olarak bitkinin gelişimini sınırlar. Asit yağmurlarının (pH 1.8) peroksidaz ve katalaz aktivitelerindeki değişimlere ilaveten lipid peroksidasyonuna ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> üretiminde bir artışa sebep olduğu belirtilmiştir. Asit yağmuru (pH 1.8) ile muamele edilen fasulye bitkilerinde, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve lipid peroksidasyonunun son ürünü olan MDA içeriğinde bir artış bulunmuştur. Tüm lipid gruplarındaki temel yağ asiti, linolenik asittir. Asit uygulamasının yağ asiti kompozisyonunda belirgin değişimlere sebep olduğu ve tüm temel lipid sınıflarındaki linolenik asit miktarının azaldığı belirtilmiştir. Linolenik asitteki bu azalma lipid peroksidasyonunun bir göstergesidir [80]. Ayrıca Pauls ve Thamson (1980), ozon muamelesinden sonra izole edilen fasulye membranlarında da lipid peroksidasyonu aktivitesinin arttığını saptamışlardır [81].

Sinha ve ark. (2005), *Pistia stratiotes* bitkisini kullanarak kromun (Cr) lipid peroksidasyonu, pigment içeriği ve antioksidan enzim aktivitesi üzerine etkisini çalışmışlardır. Krom ile muamele edilen bitkilerin yaprak ve köklerinde, metal konsantrasyonlarında ve uygulama sürelerinde lipid peroksidasyonunun genel bir göstergesi olarak MDA içeriğinde, bir artış göstermiştir. Köklerdeki SOD ve askorbat peroksidaz (APX) aktivitesi tüm Cr konsantrasyonlarında ve uygulama sürelerinde kontrolden daha yüksek bulunmuştur. Ancak yapraklarda 48. saatte APX aktivitesi kontrolden yüksektir. 96. ve 144. saatte metal birikimiyle negatif korelasyonlu olarak kontrole kıyasla % 82 azaldığı belirtilmiştir. Tüm krom konsantrasyonlarında 48. ve 96. saatlerde köklerdeki glutasyon peroksidaz aktivitesi daha yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte bu aktivitenin 144. saatte kontrole kıyasla yapraklardaki metal birikimiyle negatif korelasyonlu olarak azaldığı belirtilmiştir. Artan metal konsantrasyonu ve uygulama süresine bağlı olarak total klorofil içeriğinde, bir azalma gözlenmiştir. Bitkilerdeki klorofil içeriği, stres koşullarına karşı duyarlılığın bir parametresi olarak düşünülmektedir. Uygulama yapılan bitkilerde hem klorofil hem de karotenoid içeriğinin, tüm uygulama sürelerinde metal birikimiyle negatif korelasyon gösterdiği belirtilmiştir. Bu çalışmada kromun yüksek konsantrasyonlarda lipid peroksidasyonunda bir artış, klorofil ve protein içeriğindeki azalış ile oksidatif hasara yol açtığı kanıtlanmıştır [82].

Dong ve ark. (2006), domates fidelerinde kadmiyumun (Cd) antioksidan enzimler ve lipid peroksidasyonu üzerine etkisini çalışmışlardır. Kadmiyumun toksisitesinin, oksidatif strese sebep olduğu belirtilmiştir. Araştırma sonucunda artan Cd konsantrasyonlarına bağlı olarak peroksidaz aktivitesinin hem köklerde hem de yapraklarda arttığı gözlenmiştir. Ağır metallerin oksidatif strese sebep olduğu MDA konsantrasyonu da gösterilebilmektedir. Cd toksisitesinin lipid peroksidasyonunu artırdığı saptanmıştır [83].

Olmos ve ark. (1997), ıslah edilen karanfil bitkilerinin hiperhidrat yapraklarında lipid peroksidasyonu ve peroksidaz aktivitesini araştırmışlardır. Hiperhidrisite mikro üretim süresince *in vitro* çevreyle ilişkili olan fizyolojik bir düzensizliktir. Bu durumda dokular anormal bir morfoloji ve anatomiye neden olan metabolik süreçler geçirirler. Hücrelerde O<sub>2</sub> seviyesinin azalması solunum stresine sebep olmaktadır. Bitki dokularında aşırı suyun birikimi, bu durumun en yaygın belirtisidir. Bu araştırmada, hiperhidrat yapraklarda peroksidaz aktivitesi beklenenden daha yüksek bulunmuştur. Bu yapraklarda lipid peroksidasyonunun bir göstergesi olan MDA içeriğinin de arttığı belirtilmiştir. Hiperhidrik bitkilerde fotosentetik yapıların kaybı ve fotosentetik enzimlerin aktivitesinde bir azalma görülmüştür [84].

Ranieri ve ark. (2001), ayçiçeği bitkisinde demir eksikliğinin peroksidaz izoformları üzerine etkisini araştırmışlardır. Demir eksikliğinde yapraklarda H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> içeriğinin önemli derecede arttığını belirtmişlerdir ve bu sonuç elektron mikroskobu analizleriyle doğrulanmıştır. Demir eksikliği devam ederken, APX aktivitesinin önemli derecede azaldığı, çözünen guaiakol peroksidaz ya da syringaldazin peroksidaz aktivitesinin değişmediği belirtilmiştir. Bununla birlikte, iyonik ve kovalent bağla hücre duvarına bağlı fraksiyonlarda guaiakol peroksidaz aktivitesinin azaldığı, syringaldazin peroksidaz aktivitesinin ise sadece kovalent bağli fraksiyonlarda azaldığı bulunmuştur. Hücre içinde hem guaiakol peroksidaz hem de APX aktivitesinin önemli derecede azaldığı belirtilmiştir. Ayçiçeği bitkisinde, demir eksikliğinin farklı peroksidaz izoenzimlerini etkilediği ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> seviyesinin artışıyla belirlenen oksidatif stresi teşvik ettiği saptanmıştır [85].

Schopfer ve ark. (2001), çimlenen turp fidelerinde ışık, giberellin ve ABA'nın peroksidaz ve reaktif oksijen türlerinin salınımı üzerine etkisini araştırmışlardır. Karanlıkta çimlenen tohumlarda hem embriyodan hem de tohum kabuğundan ROT salınımında bir artış görülmüştür. Her iki tohum kısmında çimlenmenin inhibisyonu aynı zamanda, uzak kırmızı ışık ve ABA'nın ROT salınımını inhibe ettiği ve uzak

kırmızı ışık altında çimlenme başladığında giberellik asitin bu inhibisyonu geri çevirdiği belirtilmiştir. Çimlenmenin sonraki evrelerinde, tohum kabuğunun uzak kırmızı ışık, ABA ve giberellin etkisiyle zamanla peroksidaz ürettiği görülmüştür. Çimlenen tohumlarda ROT üretimi, çimlenmenin başlangıcında patojenlere karşı savunmada aktif bir fizyolojik fonksiyondur [86].

Aarti ve ark. (2006), salatalık kotiledonlarında klorofil biyosentezi üzerine oksidatif stresin etkilerini araştırmışlardır. Salatalık kotiledonları 100 µM metil violojen (MV) ile muamele edilmiş ve sonra karanlığa, düşük ışığa ve yüksek ışığa maruz bırakılmıştır. Klorofil biyosentez yolunun ara ürünlerinin birikimi HPLC ile ölçülmüştür. Bu analizin sonucunda, MV ile işlenmiş etiyole kotiledonlara ilaveten yeşillerde de Mg-protoporfirin IX monometil esterinin birikimi görülmüştür. Bu sonuçlar MV ile indüklenen oksidatif stresin Mg-protoporfirin IX monometil ester siklaz aktivitesiyle inhibe edilebildiğini göstermişlerdir. Yüksek ışığa maruz kalmanın, MV varlığında ya da yokluğunda hem yeşil hem de etiyole kotiledonlarda protoporfirin IX birikimine neden olduğu saptanmıştır. Protoporfirin IX seviyesinin yükselmesi, Mg-şelataz, Fe-şelataz ve protoporfirinojen IX oksidazın azalmasına neden olabilir. Yüksek ışıkta, düşük ışık ve karanlığa kıyasla daha çok protoporfirin IX birikmiştir. Araştırmacılar aynı zamanda klorofil biyosentezi üzerine Mg ile indüklenen oksidatif stresin etkisinin, fotosistem II üzerine olan etkisinden daha büyük çapta olduğunu belirtmişlerdir. Oksidatif stresin doğrudan ya da bu enzimlerin aktivitesini aktive ederek dolaylı yoldan klorofil biyosentezinde anahtar rol oynadığı belirtilmiştir [87].

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Bitki Örneklerinin Hazırlanması

Bu araştırmada reaktif siyah 5 ve reaktif fitalosiyenin mavinin *Phaseolus vulgaris* (fasulye) cv. Gina bitkisinde pigment içeriği, lipid peroksidasyonu ve peroksidaz aktivitesi üzerine etkisi araştırılmıştır.

Bitki yetiştirme ortamı olarak perlit kullanılmıştır. Bu alışmalar iklim odasında yürütüldü. İklım odasının sıcaklığı  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye ayarlandı ve ortamın neminin yaklaşık % 60 olması sağlandı. Bu boyaların çimlenme üzerine etkilerini saptamak amacıyla, n denemelerde saklama kaplarında 10-500 mg/L aralığında hazırlanan boya çözeltileri 3'er tekrarlı olmak üzere tohumlara uygulanmıştır. Bu denemelerde çimlenme  $\sim 250\text{ mg/L}$  konsantrasyonda kısmen baskılanmaya başlamıştır. Bu nedenle uygulama gruplarında kontrole karşılığ başlangıç konsantrasyonu 200 mg/L seçilmiş ve bu değer 1.3 ile çarpılarak 8 farklı konsantrasyonda (200, 260, 338, 439, 571, 743, 965 ve 1255 mg/L) uygulama grupları hazırlanmıştır. Bitki gelişimi süresince  günde bir sulama yapılmıştır. İlk üç sulamada bitkilere boya içeren test çözeltisi uygulanmış ve sonraki sulamalarda Hoagland zeltisi kullanılmıştır. Hoagland kültür çözeltisinin bileşimi Hoagland ve Arnon [88]'a göre hazırlanmıştır (izelge 3.1). Toplanan rnekler sıvı azotta dondurulduktan sonra  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de saklanmıştır.

#### Çizelge 3.1 Hoagland kültür çözeltisinin bileşimi

Makro elementler	g/L
$\text{Ca}(\text{NO})_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.821
$\text{KNO}_3$	0.506
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	0.136
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.120
Mikro elementler	mg/L
$\text{C}_6\text{H}_5\text{FeO}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Ferrik Sitrat)	50.00
$\text{MnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1.47
$\text{H}_3\text{BO}_3$	2.90
$\text{ZnCl}_2$	0.12
$\text{CuCl}_2$	0.03

### 3.2 Pigmentlerin Ekstraksiyonu ve Saflaştırılması

Pigmentlerin ekstraksiyonu ve saflaştırılması işleminde De Kok ve Graham (1980) yöntemi kullanılmıştır [89].

Sıvı azotta dondurulmuş yaprak örneklerinden her bir grup için 3 tekrarlı olmak üzere 1'er gram alınıp 50 ml aseton (% 100'lük Merck) içeren cam havana konulmuş ve 5 dakika iyice ezilerek homojenize edilmiştir. Işık görmeyecek şekilde alüminyum folyo ile sarılı erlenlere konulan örneğin ağzı parafilmle sarılmış ve 30 dakika çalkalamalı etüvde inkübe edilmiştir. İnkübe edilen örnekler +4 °C'de buzdolabında 24 saat bekletilmiş ve buzdolabından çıkarılan örnekler süzildükten sonra 1/5'i kadar distile su ilave edilmiş ve daha sonra 15 dakika çalkalamalı etüvde bekletilmiştir. Örnekler daha sonra bir gün süreyle buzdolabında bekletilmiş ve ertesi gün 3000 rpm'de 10 dk santrifüj edilmiştir (Nüvefuj 615). Santrifüj edilen örneklerin absorbans değerleri Lichtenthaler ve Welburn (1983)'a göre 662, 645, 470 nm'de spektrofotometrede okunmuş (Shimadzu UV-1201) ve Klorofil a, Klorofil b, karotenoid ve toplam klorofil miktarları aşağıdaki formülden hesaplanmıştır [90].

$$K_a = 11,75 \cdot A_{662} - 2,35 \cdot A_{645}$$

$$K_b = 18,61 \cdot A_{645} - 3,96 \cdot A_{662}$$

$$\text{Karotenoid} = \frac{1000 \cdot A_{470} - 2,27 \cdot C_a - 81,4 \cdot C_b}{227}$$

$$\text{Toplam Klorofil} = K_a + K_b$$

A = Absorbans değeri

$K_a$  = Klorofil a

$K_b$  = Klorofil b

### **3.3 Malondialdehit (MDA) Analizi**

Yöntem Heath ve Packer (1968)'e göre yapılmıştır [91]. 0.5 g yaprak dokusu % 0.1'lik 5 ml trikloroasetik asit (TCA) içinde homojenize edilmiş ve homojenat 10.000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Bu solüsyonun 2 ml'si 2 ml % 0.5'lik Thiobarbiturik asit (TBA) ile 30 dakika 95 °C'de su banyosunda kaynatılmıştır ( TBA % 20'lik TCA içinde hazırlanmıştır). Kaynatmadan sonra örnekler buz banyosunda soğutulmuştur. Son karışım 10.000 rpm'de 15 dakika santrifüj edilmiş ve süpernatanın absorbanansı 532 nm'de ve 600 nm'de ölçülerek 532 nm'de saptanan ölçümlerden 600 nm'de yapılan ölçümler çıkarılmış ve  $155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  ekstinksiyon katsayısıyla MDA miktarı hesaplanmıştır.

### **3.4 Peroksidaz Aktivitesi Tayini**

0.5 g yaprak örneğine 0.5 g Polivinilprolidon (PVP) ilave edilmiş ve 3 ml 66 mM potasyum fosfat tamponu ve 3 ml 100 mM KCl içinde homojenize edilmiştir [92]. Homojenat 10.000 rpm'de, 4 °C'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. 3 ml 0.1 M (pH 6.0) Potasyum Fosfat tamponu, 0.04 ml 0.03 M H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve 0.05 ml 0.2 M guaiacol vortekslenerek bir solusyon hazırlanmış ve hazırlanan solusyonun 0.9 ml'sine 0.1 ml ekstrapat ilave edilerek reaksiyon başlatılmıştır. Enzim aktivitesindeki değişim 1 dakika boyunca 436 nm'de spektrofotometrede ölçülmüştür [93].

### **3.5 Total Protein Tayini**

Total protein tayini Bradford yöntemine göre yapılmıştır [94].

### **3.6 İstatistiksel Analizler**

Elde edilen sonuçların istatistiksel analizleri SPSS 10.0 programı kullanılarak Duncan testiyle yapılmıştır ( $p < 0.05$ ) [95].

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1 Boya Uygulamasının Ka, Kb, Karotenoid ve Toplam Klorofil Düzeyine Etkisi

#### 4.1.1 RS5 Uygulanan Bitki Gruplarında Ka, Kb, Karotenoid ve Toplam Klorofil Değişimi

Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1’de görüldüğü gibi RS5 konsantrasyonuna bağlı olarak Ka miktarının bazı gruplarda azaldığı gözlenmiştir. Kontrole karşılık 200, 338, 439 ve 571 mg/L boya konsantrasyonlarının uygulandığı bitki gruplarında Ka miktarı ~6,65 µg/g olarak saptanmıştır. En düşük Ka miktarı ise 6,36 µg/g olarak 965 mg/L uygulama grubunda bulunmuştur. Gruplar arasındaki değişim istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0.05$ ). Kontrole göre uygulama gruplarında Kb miktarı belirgin bir artış göstermiştir. Ancak bu artış konsantrasyon artışı ile pozitif ilişkili olarak bir düzen göstermemiştir. En yüksek Kb miktarı 10,28 µg/g olarak 965 mg/L uygulama grubunda, en düşük Kb miktarı ise 7,61 µg/g olarak kontrolde belirlenmiştir. Değişim istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0.05$ ). Uygulama gruplarında karotenoid miktarı kontrole göre önemli oranda azalmıştır. En düşük karotenoid içeriği -0,32 µg/g ile 965 mg/L de, en yüksek karotenoid içeriği ise 0,44 µg/g ile kontrolde görülmüştür. Pigment sistemindeki bu değişim istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0.05$ ).

**Çizelge 4.1** RS5 uygulanan bitki gruplarında Ka, Kb ve karotenoid miktarları ve istatistiksel değerlendirilmesi (a.b.c.d.e.f: her sütunda farklı harfle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ))

RS5 Konsantrasyonu (mg/L)	Klorofil a (µg/g)	Klorofil b (µg/g)	Karotenoid (µg/g)
0 (Kontrol)	6,65±0,04 <sup>a</sup>	7,61±0,02 <sup>e</sup>	0,44±0,01 <sup>a</sup>
200	6,65±0,01 <sup>a</sup>	9,14±0,01 <sup>c</sup>	-0,01±0,01 <sup>c</sup>
260	6,60±0,03 <sup>ab</sup>	9,72±0,05 <sup>b</sup>	-0,17±0,01 <sup>e</sup>
338	6,65±0,02 <sup>a</sup>	9,23±0,23 <sup>c</sup>	-0,07±0,03 <sup>cd</sup>
439	6,65±0,04 <sup>a</sup>	9,54±0,06 <sup>b</sup>	-0,09±0,03 <sup>d</sup>
571	6,64±0,05 <sup>a</sup>	9,61±0,02 <sup>b</sup>	-0,09±0,01 <sup>d</sup>
743	6,52±0,02 <sup>b</sup>	9,63±0,01 <sup>b</sup>	-0,13±0,03 <sup>de</sup>
965	6,36±0,01 <sup>c</sup>	10,28±0,04 <sup>a</sup>	-0,32±0,01 <sup>f</sup>
1255	6,56±0,01 <sup>ab</sup>	8,51±0,01 <sup>d</sup>	0,24±0,01 <sup>b</sup>

n=3

Çizelge 4.2 ve Şekil 4.1’den de görüldüğü gibi boya uygulama gruplarının toplam klorofil miktarında bir artış görülmektedir. En yüksek toplam klorofil düzeyi 16,65 µg/g olarak 965 mg/L uygulama grubunda saptanırken, en düşük toplam klorofil miktarı ise 14,27 µg/g olarak kontrol grubunda bulunmuştur. Kontrol grubu ile RS5’nin farklı konsantrasyonlarında toplam klorofil içeriği arasındaki değişim de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.1).

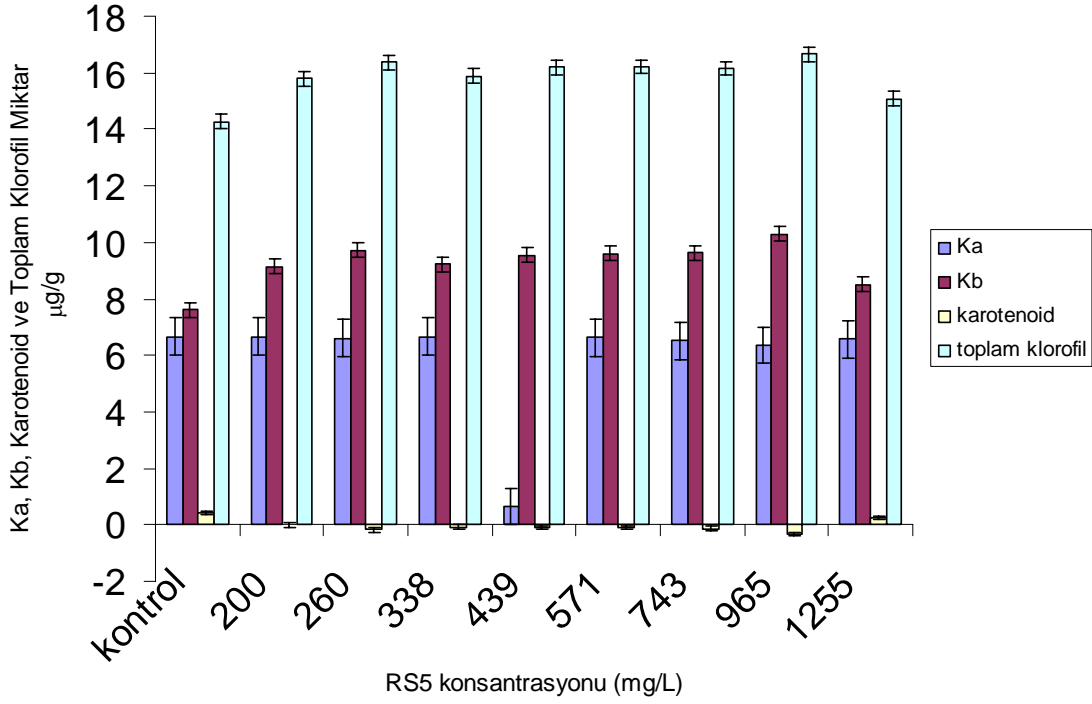
**Çizelge 4.2** RS5 uygulanan bitki gruplarında toplam klorofil miktarları ve istatistiksel değerlendirilmesi (a.b.c.d.e: her sütunda farklı harfle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ))

RS5 Konsantrasyonu (mg/L)	Toplam Klorofil (µg/g)
0 (Kontrol)	14,27±0,04 <sup>e</sup>
200	15,79±0,01 <sup>c</sup>
260	16,36±0,03 <sup>b</sup>
338	15,89±0,20 <sup>c</sup>
439	16,19±0,03 <sup>b</sup>
571	16,20±0,06 <sup>b</sup>
743	16,15±0,01 <sup>b</sup>
965	16,65±0,04 <sup>a</sup>
1255	15,08±0,02 <sup>d</sup>

n=3

260, 439, 571 ve 743 mg/L uygulama grupları arasında toplam klorofil miktarı açısından istatistiksel olarak da bir fark saptanmamıştır ( $p<0.05$ ).





**Şekil 4.1** RS5 uygulanan bitki gruplarında Ka, Kb, karotenoid ve toplam klorofil miktarları

#### 4.1.2 RFM Uygulanan Bitki Gruplarında Ka, Kb, Karotenoid ve Toplam Klorofil Değişimi

RFM de pigment sistemi üzerine RS5'e benzer bir etki göstermiştir (Şekil 4.2). Çizelge 4.3 ve Şekil 4.2'de görüldüğü gibi RS5 uygulamasından farklı olarak bu uygulamada Ka miktarı, kontrole karşı uygulama yapılan tüm gruplarda artmıştır. En yüksek Ka miktarı 6,98 µg/g olarak 743 mg/L'de belirlenmiş ve 1255 mg/L'deki değer buna paralellik göstermiştir. En düşük Ka miktarı ise 6,62 µg/g olarak 260 mg/L'de saptanmıştır. Bu değer kontrolle birbirine yakın bulunmuştur. Kb miktarı da boya uygulanan gruplarda belirgin bir artış göstermiştir. Bu artış istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p < 0.05$ ). Kb miktarı 9,72 µg/g olarak 260 mg/L uygulama grubunda en yüksek miktar olarak saptanmıştır. Karotenoid düzeyi kontrole göre tüm uygulama gruplarında azalmıştır. Bu azalış istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p < 0.05$ ). En yüksek karotenoid oranı 0,44 µg/g olarak kontrolde, en düşük karotenoid oranı ise -0,36 µg/g olarak 260 mg/L uygulama grubunda bulunmuştur.

**Çizelge 4.3** RFM uygulanan bitki gruplarında Ka, Kb ve karotenoid miktarları ve istatistiksel değerlendirilmesi (a.b.c.d.e: her sütunda farklı harfle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ))

RFM Konsantrasyonu (mg/L)	Klorofil a ( $\mu\text{g/g}$ )	Klorofil b ( $\mu\text{g/g}$ )	Karotenoid ( $\mu\text{g/g}$ )
0 (Kontrol)	6,65±0,04 <sup>cd</sup>	7,61±0,02 <sup>d</sup>	0,44±0,01 <sup>a</sup>
200	6,70±0,01 <sup>c</sup>	8,72±0,07 <sup>bc</sup>	-0,08±0,01 <sup>cd</sup>
260	6,62±0,03 <sup>cd</sup>	9,72±0,30 <sup>a</sup>	-0,36±0,10 <sup>e</sup>
338	6,57±0,06 <sup>d</sup>	7,24±0,20 <sup>d</sup>	0,28±0,10 <sup>ab</sup>
439	6,84±0,01 <sup>b</sup>	9,03±0,10 <sup>abc</sup>	-0,06±0,04 <sup>cd</sup>
571	6,91±0,01 <sup>ab</sup>	8,45±0,01 <sup>c</sup>	0,04±0,01 <sup>bc</sup>
743	6,98±0,04 <sup>a</sup>	7,46±0,40 <sup>d</sup>	0,30±0,10 <sup>a</sup>
965	6,82±0,04 <sup>b</sup>	9,27±0,30 <sup>ab</sup>	-0,23±0,10 <sup>de</sup>
1255	6,97±0,03 <sup>a</sup>	9,00±0,08 <sup>abc</sup>	-0,18±0,05 <sup>cde</sup>

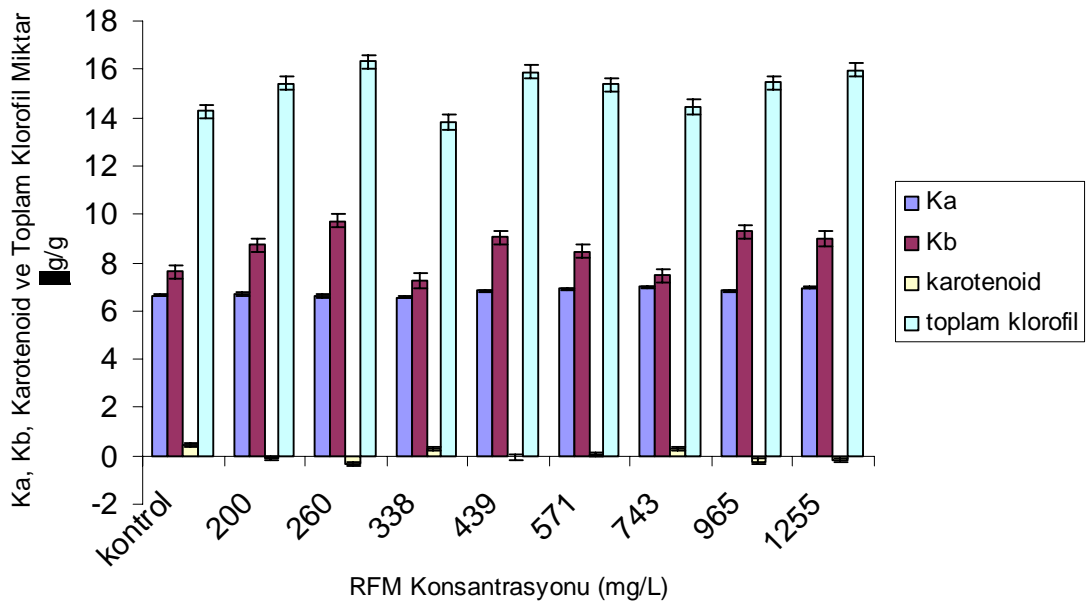
n=3

Boya uygulanan gruplarda toplam klorofil miktarı da kontrole göre genelde artmıştır ve bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ). En yüksek toplam klorofil içeriği 16,33  $\mu\text{g/g}$  olarak 260 mg/L uygulama grubunda ve en düşük klorofil içeriği de 13,81  $\mu\text{g/g}$  olarak 338 mg/L uygulama grubunda bulunmuştur (Çizelge 4.4). Bununla birlikte 260, 439 ve 1255 mg/L uygulamalarda toplam klorofil miktarları arasında bir fark gözlenmemiştir ( $p<0.05$ ). 200, 571 ve 965 mg/L uygulamalarda da toplam klorofil içeriği birbirleri ile benzer bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Kontrol ve 743 mg/L uygulama grubu arasında da istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (Çizelge 4.4 ve Şekil 4.2).

**Çizelge 4.4** RFM uygulanan bitki gruplarında toplam klorofil miktarı ve istatistiksel değerlendirilmesi (a.b.c: her sütunda farklı harfle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ))

RFM Konsantrasyonu (mg/L)	Toplam Klorofil ( $\mu\text{g/g}$ )
0 (Kontrol)	14,27 $\pm$ 0,04 <sup>bc</sup>
200	15,42 $\pm$ 0,06 <sup>ab</sup>
260	16,33 $\pm$ 0,30 <sup>a</sup>
338	13,81 $\pm$ 0,20 <sup>c</sup>
439	15,88 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>
571	15,36 $\pm$ 0,01 <sup>ab</sup>
743	14,45 $\pm$ 0,40 <sup>bc</sup>
965	15,44 $\pm$ 0,80 <sup>ab</sup>
1255	15,97 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>

n=3



**Şekil 4.2** RFM uygulanan bitki gruplarında Ka, Kb, karotenoid ve toplam klorofil miktarları

## 4.2 MDA Analizi Sonuçları

### 4.2.1 RS5 Uygulanan Bitki Gruplarında MDA Düzeyi

Daha önce de belirtildiği gibi MDA lipid peroksidasyonu ile ilişkilidir. RS5 uygulanan bitkilerde 439 mg/L uygulama grubu hariç MDA kontrole kıyasla belirgin bir şekilde artmıştır ve bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ). En yüksek MDA değeri 6,15  $\mu\text{mol MDA/gFw}$  olarak 1255 mg/L uygulama grubunda saptanırken, en düşük MDA değeri ise 2,01  $\mu\text{mol MDA/gFw}$  olarak 439 mg/L uygulama grubunda bulunmuştur. 338 ve 743 mg/L uygulama gruplarında MDA miktarı açısından istatistiksel olarak bir fark olmadığı saptanmıştır ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.5 ve Şekil 4.3). RS5 uygulanan bitki gruplarında 439 mg/L'den sonra artan konsantrasyonlarda bitki gelişmesindeki azalma Şekil 4.4'de görülmektedir.

**Çizelge 4.5** RS5 uygulanan bitki gruplarında MDA içeriği ve istatistiksel olarak değerlendirilmesi (a.b.c.d.e.f.g; her sütunda farklı harfle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ))

RS5 Konsantrasyonu (mg/L)	MDA ( $\mu\text{mol MDA/gFw}$ )
0 (Kontrol)	2,51 $\pm$ 0,03 <sup>t</sup>
200	3,72 $\pm$ 0,01 <sup>c</sup>
260	3,24 $\pm$ 0,04 <sup>e</sup>
338	3,43 $\pm$ 0,04 <sup>d</sup>
439	2,01 $\pm$ 0,05 <sup>g</sup>
571	3,25 $\pm$ 0,08 <sup>e</sup>
743	3,48 $\pm$ 0,05 <sup>d</sup>
965	5,25 $\pm$ 0,02 <sup>b</sup>
1255	6,15 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>

n=3

#### 4.2.2 RFM Uygulanan Bitki Gruplarında MDA Düzeyi

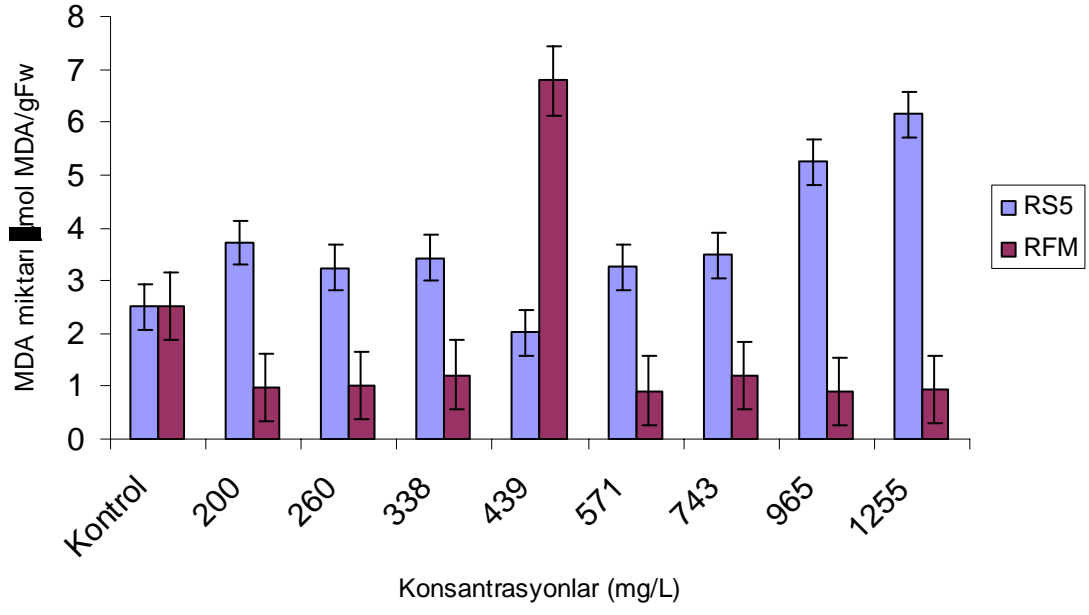
RFM uygulama gruplarında ise 439 mg/L uygulama grubu hariç diğer konsantrasyonlarda MDA içeriği kontrole kıyasla azalmıştır ve bu azalış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ). En yüksek MDA değeri 6,78  $\mu\text{mol MDA/gFw}$  olarak 439 mg/L uygulama grubunda, en düşük MDA değeri ise 0,92  $\mu\text{mol MDA/gFw}$  olarak 571 mg/L uygulama grubunda bulunmuştur. Bu fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Bunun yanısıra 200, 260, 571, 965 ve 1255 mg/L uygulama gruplarında gözlenen sonuçlarda istatistiksel olarak bir farklılık olmadığı saptanmıştır ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.6 ve Şekil 4.3). RFM uygulama gruplarında 439 mg/L’de bitki gelişiminde gerileme Şekil 4.5’de görülmektedir. Artan konsantrasyonlarda ise bitkide tekrar olumlu gelişme dikkat çekmektedir.

**Çizelge 4.6** RFM uygulanan bitki gruplarında MDA içeriğinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi (a.b.c.d; her sütunda farklı harfle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ))

RFM Konsantrasyonu (mg/L)	MDA ( $\mu\text{mol MDA/gFw}$ )
0 (Kontrol)	2,51 $\pm$ 0,03 <sup>b</sup>
200	0,99 $\pm$ 0,04 <sup>d</sup>
260	1,02 $\pm$ 0,05 <sup>d</sup>
338	1,22 $\pm$ 0,03 <sup>c</sup>
439	6,78 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>
571	0,92 $\pm$ 0,05 <sup>d</sup>
743	1,19 $\pm$ 0,01 <sup>c</sup>
965	0,89 $\pm$ 0,04 <sup>d</sup>
1255	0,93 $\pm$ 0,03 <sup>d</sup>

n=3

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar her iki boyanın MDA içeriği üzerine zıt etki gösterdiğini ortaya çıkarmıştır.



Şekil 4.3 RS5 ve RFM uygulanan bitki gruplarında MDA içeriği



Şekil 4.4 RS5 uygulanan bitki grupları



**Şekil 4.5** RFM uygulanan bitki grupları

### **4.3 Boya Uygulamasının Peroksidaz Aktivitesine Etkisi**

#### **4.3.1 RS5 Uygulanan Bitki Gruplarında Peroksidaz Aktivitesi Değişimi**

Peroksidazlar çeşitli stres koşullarında bitkinin zarar görmesini önleyen antioksidan enzimlerdendir. Çizelge 4.7 ve Şekil 4.6 RS5 uygulanan bitkilerde peroksidaz aktivite değişimini göstermektedir. RS5 uygulanan tüm bitki gruplarında peroksidaz aktivitesi kontrole göre belirgin şekilde artmıştır ve bu artış istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p < 0.05$ ). En düşük peroksidaz aktivitesi ise 1,49  $\mu\text{mol/mg}$  olarak kontrolde saptanırken, en yüksek peroksidaz aktivitesi 5,70  $\mu\text{mol/mg}$  olarak 439 ve 1255 mg/L uygulama gruplarında elde edilmiştir. Bu farklılık istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

**Çizelge 4.7** RS5 uygulanan bitki gruplarında peroksidaz aktivitesi ve istatistiksel değerlendirilmesi (a.b.c.d.e.f.g.h: her sütunda farklı harfle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ))

RS5 Konsantrasyonu (mg/L)	Peroksidaz Aktivitesi ( $\mu\text{mol/mg}$ )/protein
0 (Kontrol)	1,49 $\pm$ 0,02 <sup>h</sup>
200	1,64 $\pm$ 0,01 <sup>g</sup>
260	5,52 $\pm$ 0,02 <sup>b</sup>
338	3,12 $\pm$ 0,01 <sup>e</sup>
439	5,70 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>
571	2,05 $\pm$ 0,003 <sup>f</sup>
743	3,47 $\pm$ 0,02 <sup>d</sup>
965	4,40 $\pm$ 0,01 <sup>c</sup>
1255	5,70 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>

n=3

#### 4.3.2 RFM Uygulanan Bitki Gruplarında Peroksidaz Aktivitesi Değişimi

1255 mg/L RFM uygulama grubu hariç boyanın uygulandığı tüm bitki gruplarında peroksidaz aktivitesi, kontrole göre daha düşük çıkmıştır (Çizelge 4.8 ve Şekil 4.6). Bu azalış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ). En yüksek peroksidaz aktivitesi 1,73  $\mu\text{mol/mg}$  olarak 1255 mg/L uygulama grubunda ve en düşük peroksidaz aktivitesi 0,19  $\mu\text{mol/mg}$  olarak 571 mg/L uygulama grubunda saptanmıştır. Bu sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Uygulama grupları ayrı ayrı dikkate alındığında; peroksidaz aktivitesi 200, 260 ve 439 mg/L’de gruplar arasında fark gözlenmemiştir. Bunun yanısıra 338 ve 571 mg/L uygulama gruplarında elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak birbirine yakın değerler olarak saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Burada belirlenen iki grup kendi aralarında değerlendirildiğinde arada gözlenen farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

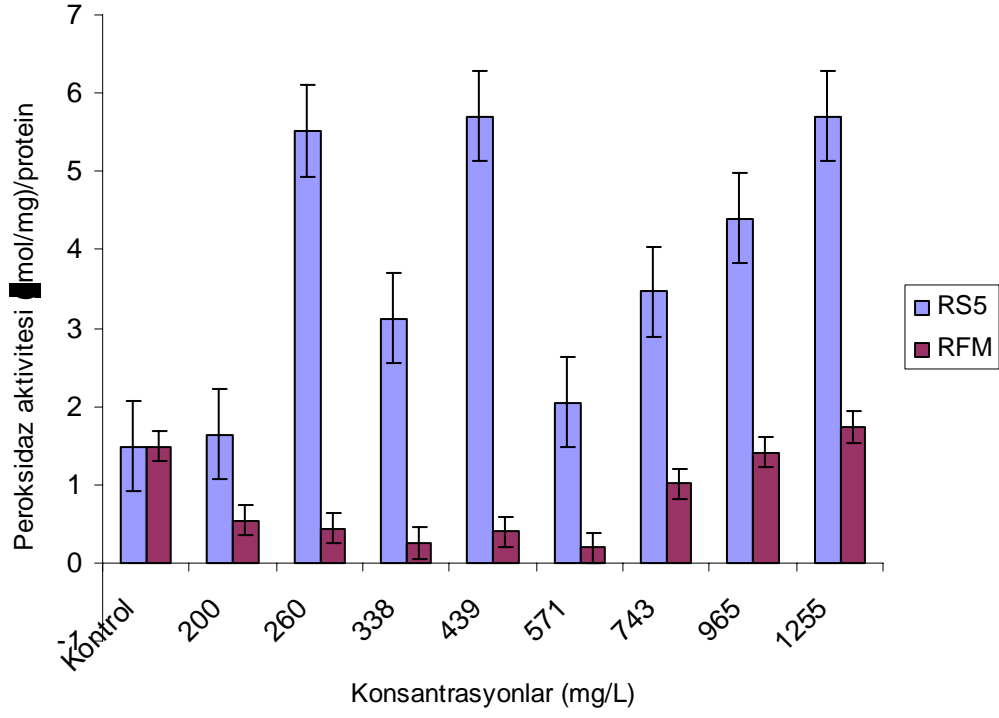


**Çizelge 4.8** RFM uygulanan bitki gruplarında peroksidaz aktivitesi ve istatistiksel değerlendirilmesi (a.b.c.d.e: her sütunda farklı harfle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05))

RFC Konsantrasyonu (mg/L)	Peroksidaz Aktivitesi ( $\mu\text{mol/mg}$ )/protein
0 ( Kontrol)	1,49 $\pm$ 0,02 <sup>b</sup>
200	0,54 $\pm$ 0,02 <sup>d</sup>
260	0,44 $\pm$ 0,01 <sup>d</sup>
338	0,25 $\pm$ 0,01 <sup>e</sup>
439	0,40 $\pm$ 0,01 <sup>d</sup>
571	0,19 $\pm$ 0,01 <sup>e</sup>
743	1,01 $\pm$ 0,10 <sup>c</sup>
965	1,41 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>
1255	1,73 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>

n=3

Elde ettiğimiz sonuçlar peroksidaz aktivitesi açısından genel olarak her iki boyanın da birbirine ters etki yaptığını göstermektedir. RS5 uygulanan bitkilerdeki peroksidaz aktivitesi kontrolden daha yüksek çıkmışken, RFM uygulanan bitkilerin peroksidaz aktivitesi genel olarak kontrolden daha düşük çıkmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 RS5 ve RFM uygulanan bitki gruplarında peroksidaz aktivitesi



Şekil 4.7 RS5 uygulanan bitki gruplarında gelişim



**Şekil 4.8** RFM uygulanan bitki gruplarında gelişim

Sonuçlar MDA içeriği ve peroksidaz aktivitesi arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir. MDA içeriğindeki artış lipid peroksidasyonu artışının bir belirtisidir. RS5 uygulanan bitki gruplarında MDA içeriği genel olarak kontrole kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Bu durum RS5'nin lipid peroksidasyonunu artırdığını göstermektedir. Ancak 439 mg/L'de MDA konsantrasyonunda gerek kontrol gerekse de diğer uygulama gruplarına oranla belirgin bir şekilde azalış dikkat çekmektedir. Bitkilerin uygulama ortamlarında genel gelişimleri incelendiğinde de bu konsantrasyonda bitki gelişiminin oldukça arttığı görülmektedir (Şekil 4.7). Bununla beraber 571 mg/L ve sonraki konsantrasyonlarda gelişimin azalmasına karşılık MDA konsantrasyonu artış göstermiştir (Şekil 4.4). Benzer olarak RS5 uygulanan gruplarda kontrole kıyasla antioksidan bir enzim olan peroksidaz aktivitesinin de arttığı görülmüştür. RFM uygulanan gruplarda ise durum tam tersidir. RFM'ye maruz kalan bitki gruplarında genelde MDA içeriğinde kontrole kıyasla bir azalma vardır. Bu durum RFM uygulamasının lipid peroksidasyonunu azalttığını göstermektedir. Azalan lipid peroksidasyonuna bağlı olarak peroksidaz aktivitesi de azalmıştır. Ancak 439 mg/L'de MDA konsantrasyonunda gerek kontrol gerekse de diğer uygulama gruplarına oranla belirgin bir şekilde artış dikkat çekmektedir (Şekil 4.3, Çizelge 4.6). Bitkilerin uygulama ortamlarında genel gelişimleri incelendiğinde de bu konsantrasyonda bitki gelişiminin oldukça gerilediği görülmektedir (Şekil 4.5 ve 4.8). Bu sonuçlar peroksidaz ve MDA aktivitesi arasında beklenen değerlerle de uyumludur.

## 5.TARTIŞMA VE SONUÇ

Çevre kirliliği sanayi devriminden sonra gelişmiş ülkelerin sanayileşmeleri ve üçüncü dünya ülkelerinin doğal kaynaklarını hızla tüketmelerinin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Özellikle 1950'lerden sonra gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde kısa vadede ekonomik büyüme ve gelişme hedefine ulaşmasına yönelik olarak hızlı sanayileşme, yoğun turizm, tarımsal üretimin arttırılması, daha fazla üretme ve tüketme eğilimleri, plansız şehirleşme, çevreye duyarsız yöntemlerle üretimin yapılması, çevre örgütlenmesi ve çevre duyarlılığının yeterince gelişmemiş olması gibi nedenler kirliliğin boyutunu arttırmaktadır [4, 96].

Sanayi tesislerinin çıkardığı atıklar, çevredeki tarım arazilerini etkilemekte, ormanları tahrip etmekte, mevcut ve potansiyel yeraltı ve yer üstü su kaynakları kirlendiğinden, bu kaynakların içme ve sulama amacıyla kullanım olanakları azalmaktadır. Tesislerin etki alanı içindeki tarım işletmelerinde kirliliğe, toprakta iz element ve ağır metal birikimine, yetiştirilen ürünlerin verim ve kalitelerinde kayıplara, yetiştirilebilecek ürün sayısının azalmasına, yetiştirilen ürünlerde bazı mikro besin maddelerinin toksik düzeylere ulaşmasına ve tarım arazilerinin değerlerinin düşmesine neden olabilmektedir [97].

Sanayi tesislerinin oluşturduğu gazlar, bitkilerin asimilasyon yapmalarını yavaşlatarak önce yaprakların, daha sonra ise olgunlaşmamış meyvelerin dökülmesine, genç sürgün ve çiçeklerin yanmasına ve kurummasına neden olmaktadır. Bu durumda ürün verimi düşmekte, kalite bozulmakta, bitkilerin büyüme ve gelişmesi gecikmektedir. Ancak atıkların bitkilerde bireysel olarak oluşturdukları zararı görsel olarak belirlemek oldukça zordur ve kirlilik zararını diğer faktörlere bağlı olarak oluşan zararlardan ayrılması önemli bir sorundur [7, 97].

Gelişen tekstil teknolojisine paralel olarak ortaya çıkan ve çok özel uygulama alanları bulabilen endüstriyel tekstil, günümüzde oldukça önemli hale gelmiştir.

Endüstriyel tekstil, bugün için tıptan tarıma, inşaat sektöründen değişik endüstriyel uygulamalara, uzaydan savunma sanayine kadar pek çok alanda kullanılmaktadır. Tekstil endüstrisindeki hızlı gelişmeler, insanların giyinme ve diğer günlük ihtiyaçlarını karşılamadan ötesinde, günümüzde çok geniş uygulama sahasında rahatlıkla görülebilmektedir [14]. Bu çeşitlilik tekstil endüstrisi içinde, çok çeşitli işlevlerin oluşmasına neden olmuştur. Tekstil endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bu işlevlerin pek çoğu çevresel konularla ilgilidir [15].

Tekstil endüstrisinde kullanılan boyaların, kuşkusuz gerek biyotik gerekse abiyotik çevre üzerinde dolaylı ve dolaysız bir takım etkileri vardır. Azo boyaları dünyada farklı tekstil endüstrilerinde geniş çapta kullanılmaktadır. Bu kimyasalların potansiyel kanserojenik özellikleri hakkında büyük endişeler vardır. Literatürde tekstil boyalarının toksik özellikleri ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Yapılan araştırmalarda farklı tipteki azo boyalarının toksik etkilerinin de birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Ayrıca azo boyalarının toksik etkilerinin uygulandığı canlı türüne göre de değiştiği belirtilmiştir [22, 98, 99].

Fabrikalardan boşaltılan atıklarda bazı organik ve inorganik maddeler toksik seviyede bulunmaktadır. Sucul çevredeki zararlı kimyasalları kontrol etmek için bazı fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal parametreler kullanılmaktadır. Kimyasal metodlar sucul çevrede kimyasalların potansiyel zararlı etkilerini belirlemede tek başına yeterli değildir. Atıksudaki maddelerin toksik etkileri ya da bileşiklerin sinerjistik etkileri sadece toksisite testleriyle belirlenebilir. Türkiye’de bir kimyasal boya üretim tesisi ile ilgili toksisite çalışmaları yapılmış ve bu tesisden alınan atıksuyun kimyasal bileşimine bağlı olarak potansiyel bir toksisite gösterdiği belirtilmiştir. Atıksudaki boyanın renginin, Pb, Cr, Fe<sup>+2</sup>, Cd, Zn ve total hidrokarbonun konsantrasyonlarındaki artışın bu toksisiteye neden olduğu belirtilmiştir [100].

Yapılan bu araştırmada reaktif siyah 5 (RS5) ve reaktif fitalosiyanın mavi (RFM) boyalarının çeşitli konsantrasyonlarda, *Phaseolus vulgaris* (fasulye) bitkisinde pigment içeriği, lipid peroksidasyonu ve peroksidaz aktivitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada RS5 ve RFM’nin bitkide yukarıda belirtilen kriterler üzerinde birbirinden farklı etki gösterdiği gözlenmiştir. Moawad ve ark. (2003), tarafından yapılan bir çalışmada araştırmacılar tarafından 11 farklı reaktif boya kullanılmış ve bu boyaların bitki üzerindeki etkilerinin birbirinden farklı olduğu belirtilmiştir. Bahsedilen araştırmada boyaların bitki üzerine etkisini gözlemlemek için bitki tohumunun çimlenmesi, kök uzaması ve bitki genotoksitesini testlerini kullanmışlardır. Bu çalışmada tekstil endüstrisinin yoğun olduğu Nil Deltasında yaygın olarak yetişen yonca, marul, buğday ve domates bitkileri kullanılarak farklı tekstil boyalarının tohum çimlenme yüzdesi, sürgün oluşumu ve kök uzaması üzerine etkisi çalışılmıştır. Kullanılan boyaların konsantrasyon artışına bağlı olarak genellikle tohumların çimlenme yüzdesi azalmıştır. Ayrıca, yüksek boya konsantrasyonları sürgün oluşumunu baskılamıştır. Kökçüğün uzama değerinde de yüksek boya konsantrasyonlarında bir azalma olduğu, bununla birlikte farklı türdeki bitkilerin

boyaya gösterdiği direncin de farklı olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada, kullanılan bitkiler arasında buğdayın daha dirençli olduğu rapor edilmiştir. Kullanılan boyaların birbirinden farklı etki gösterdiği de saptanmıştır [22]. Bae ve Freeman (2007), *Daphnia magna*'yı kullanarak farklı boyaların toksik etkilerini araştırmışlardır. Boyaların gösterdiği toksik etkinin birbirinden farklı olduğunu ve yapısında metal bulunan boyaların daha fazla toksik etki gösterdiğini rapor etmişlerdir [101].

Zhou ve ark. (2004), X-3B kodlu kırmızı boyanın soya fasulyesi, pirinç ve karpuz bitkilerinin topraktan demir absorpsiyonu üzerine etkisini araştırmışlardır. Boyanın bitkide birtakım kimyasal mekanizmaları etkileyerek topraktan demir absorpsiyonunu azalttığını rapor etmişlerdir. En yüksek demir absorpsiyonu soya fasulyesinde, en düşük demir absorpsiyonu ise karpuzda gözlenmiştir [34].

Tekstil çamurunun içeriğinde yüksek miktarda organik maddeler, N, P, K, mikrometabolik elementler, boya, ağır metaller ve patojenik mikroorganizmalar bulunmaktadır. Biyolojik azot fiksasyonunun ölçülmesi kirleticilerden kaynaklanan toprak stresinin önemli bir belirleyicisidir. Araujo ve ark. (2007), tekstil çamurunun soya fasulyesinin gelişimi, nodülasyonu ve azot fiksasyonu üzerine etkisini çalışmışlardır. Bu araştırmada tekstil çamurunun nodül sayısı ve ağırlığı ile nodül glutamin sentaz aktivitesi ve leghemoglobin içeriği üzerine olumsuz etki göstermediğini rapor etmişlerdir. Bu çalışma tekstil çamurunun soya fasulyesinin gelişimi, nodülasyonu ve azot fiksasyonu üzerine zararlı etki göstermediğini açığa çıkarmıştır [32].

Yapılan bu araştırmada, *Phaseolus vulgaris* L. cv. Gina bitkisinde RS5 ve RFM boyalarının farklı konsantrasyonlarda bitki gelişimi üzerinde gözle görülebilir değişiklikler gösterdiği saptanmıştır (Şekil 4.7, 4.8). RS5 uygulanan bitki gruplarında 200 mg/L boya uygulanan bitkilerdeki gelişim kontrole yakın bulunurken, 260 ve 338 mg/L boya uygulanan gruplarda kontrole kıyasla daha zayıf bir gelişim gözlenmiştir. Ara konsantrasyonlardan 439 mg/L boya uygulanan grupta gelişim kontrolden daha yüksektir. Bundan sonra gelen konsantrasyonlarda gelişim zayıflamıştır (Şekil 4.4). RFM uygulanan gruplarda boyanın genel olarak bitki gelişimini artırdığı saptanmıştır. Ancak üç tekrarlı olarak iki kez kurulan deney gruplarında 439 mg/L'de gelişimde ani bir azalma dikkat çekmektedir (Şekil 4.5). RFM uygulanan bitkilerdeki gelişim genel olarak kontrolden ve RS5 uygulanan bitkilerdeki gelişimden daha yüksek bulunmuştur. RFM'nin gösterdiği etkiye benzer bir sonuç Araujo ve arkadaşlarının (2005), yaptığı çalışmada belirtilmiştir. Bu çalışmada tekstil çamur kompostunun toksisitesini belirlemek için tohum çimlenme ve gelişme testleri uygulanmıştır. Yapılan çimlenme

testi sonucunda tekstil çamur kompostunun uygulanan tüm konsantrasyonlarda çimlenmeyi olumsuz yönde etkilemediği, hatta uygulama yapılan en yüksek konsantrasyonda çimlenme indeksinin diğer konsantrasyonlara kıyasla daha yüksek bulunduğu belirtilmiştir [33].

RS5'nin pigment sistemi üzerine etkisi değerlendirildiğinde Ka'nın kontrole kıyasla bazı gruplarda azaldığı, Kb ve toplam klorofil miktarının ise kontrole kıyasla belirgin bir artış gösterdiği saptandı. Karotenoid miktarı kontrole kıyasla boyanın tüm konsantrasyonlarında belirgin bir şekilde azalmıştır. Karotenoidin klorofile oranında ise kontrole kıyasla tüm konsantrasyonlarda belirgin bir azalma olmuştur (Çizelge 4.1 ve 4.2). Pigment değerlerindeki bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

RFM'nin pigment sistemi üzerine ekisi de RS5'nin gösterdiği etkiye benzer bulunmuştur. Bu uygulamada RS5'de görüldenden farklı olarak Ka miktarı, uygulama yapılan tüm konsantrasyonlarda kontrole kıyasla bir artış göstermiştir. Kb ve toplam klorofil miktarları kontrole kıyasla bir artış gösterirken karotenoid miktarında ise belirgin bir azalma görülmüştür. Buna bağlı olarak da karotenoidin total klorofile oranı tüm konsantrasyonlarda kontrolden daha düşük bulunmuştur (Çizelge 4.3 ve 4.4). Pigment sistemindeki bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Karotenoidler tekil oksijenin ve klorofilin tekil durumlarının önemli bastırıcılarıdır. Karotenoid seviyesindeki azalma 'OH üretimini artırır. Yapılan bir çalışmada çinko stresine bağlı olarak klorofil ve karotenoid içeriğinin azaldığı bunun sonucunda da lipid peroksidasyonun arttığı belirtilmiştir [66]. Bir başka çalışmada ise araştırmacılar, karotenoid/toplam klorofil oranının artması ile antioksidatif enzim aktivitesinin arttığını saptamışlardır [78].

Bizim çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlarda Ka, Kb, toplam klorofil ve karotenoid içeriğindeki değişim, artan boya konsantrasyonlarında genel olarak kontrolden farklıdır. Ka'daki değişim, Kb ve karotenoide göre daha az değişkenlik göstermiştir. Kb kontrole kıyasla genel olarak artarken ara konsantrasyonlarda iniş çıkışlar görülmektedir. Karotenoid miktarı ise kontrolden düşük çıkarken uygulama grupları kendi içerisinde değişkenlik göstermiştir. Bu durum, boyaların farklı konsantrasyonlarının bitki gelişiminde gösterdiği değişkenlikle ilişkilendirilebilir. Benzer bir duruma yapılan başka bir çalışmada da rastlanmıştır. Kromun total klorofil üzerine etkisini sorgulayan araştırmacılar 10, 40, 80 ve 160 M krom uygulayarak 48 saat sonraki değişimi incelemişlerdir. 10 M konsantrasyondaki değerler kontrolden yüksek

bulunmuştur. Ancak araştışıcılar 40 M'dan sonra klorofil içeriğinde bir azalma gözlemlemiştir [82]. Tewari ve ark.(2002)'nin yaptığı bir diğer çalışmada da 0.1, 50, 100, 200, 300 ve 400  $\mu\text{M}$  kobalt bitkiye uygulanarak kobaltın pigment sistemi üzerine etkisi araştırılmıştır. Klorofil içeriği konsantrasyona bağlı olarak artmış ve en yüksek klorofil içeriği 50  $\mu\text{M}$  kobalt uygulanan bitkilerde bulunmuştur. Bu değerden sonra konsantrasyon arttıka klorofil içeriği azalmıştır. İstatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte aynı değişim karotenoid içeriğinde de gözlenmiştir. Karotenoid miktarının başlangıçta artarak 50  $\mu\text{M}$  en yüksek değere ulaştığı daha yüksek konsantrasyonlarda ise giderek azaldığı belirtilmiştir [78].

Candan ve Tarhan (2003)'nin yaptığı bir diğer çalışmada ise çinko konsantrasyonunun azalması ile pozitif ilişkili olarak klorofil ve karotenoid içeriği azalmıştır [66]. Aynı araştışmacıların yaptığı bir diğer çalışmada da Mg stresinin pigment sistemi üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada da uygulama yapılan sürede Mg konsantrasyonunun azalışı ile klorofil ve karotenoid içeriğinin azaldığı belirtilmiştir. Araştışıcılar pigment içeriğindeki bu azalışı Mg'un klorofil molekülünün bir yapısal bileşeni olması ile ilişkilendirmişlerdir. Yaptığımız çalışmalarda, artan boya konsantrasyonu ve pigment içeriği arasındaki ilişki bu bulgularla uyumludur. Bunun nedeni kullanılan boyaların klorofil pigmentinin oluşumunu teşvik edici kimyasallar içermesinden olabilir. Ancak bu arada klorofil içeriğindeki artışa karşılık karotenoid oluşumunun baskılandığı dikkat çekmektedir.

Yaptığımız çalışmada lipid peroksidasyonu üzerinde RS5 ve RFM birbirine zıt etki göstermiştir. MDA oluşumu lipid peroksidasyonunun genel bir belirleyicisidir. RS5 uygulanan bitkilerde 439 mg/L dışındaki diğer tüm konsantrasyonlarda MDA içeriği kontrolden yüksek çıkmıştır ve bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ). RFM uygulanan bitkilerde ise durum bunun tam tersidir. 439 mg/L dışındaki diğer tüm konsantrasyonlarda MDA içeriği kontrole kıyasla belirgin bir şekilde azalmıştır ve bu azalış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Literatürde MDA içeriği üzerine stres koşullarının etkisini inceleyen çok sayıda çalışma mevcuttur. Bizim bulgularımıza benzer şekilde yapılan bir çalışmada da 40 M kromun 48., 96. ve 144. saatlerde MDA içeriği üzerine etkisi incelenmiştir. Bulunan değerler Cr uygulama süresinin artışı ile bir paralellik göstermemiştir. 48. saatte MDA içeriği 7.77 mmol  $\text{g}^{-1}$  fw bulunmuşken bu değer 96. saatte 10.07 mmol  $\text{g}^{-1}$  fw'ye yükselmiş, 144. saatte ise tekrar 6.65 mmol  $\text{g}^{-1}$  fw'ye dışmuştur [82].



Nasibi ve Kalantari (2005), UV ışınlarının *Brassica napus* (kolza) üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu araştırmada oksidatif zarar belirleyicisi olarak lipid peroksidasyonunu çalışmışlardır. Araştırma sonucunda UV-B ve UV-C uygulamalarının lipid peroksidasyonunun arttırdığı saptanmıştır [102]. Chen ve Kao (1999), yaptığı bir çalışmada pirinçte kontrole kıyasla bakır uygulanan bitkilerde lipid peroksidasyonunun daha yüksek çıktığını belirtmişlerdir [75].

Yapılan başka bir çalışmada Cd stresine maruz kalan bitkilerde lipid peroksidasyonunun bir göstergesi olarak MDA içeriğinin kontrole kıyasla daha yüksek çıktığı belirtilmiştir. Ağır metaller doğrudan ya da aktif oksijen türlerini üreterek dolaylı yoldan moleküler zarara neden olabilirler.  $O_2^-$  artışı yağ asitlerini toksik lipid peroksidazlara dönüştüren hidroperoksil radikallerini üretir ve böylece biyolojik membrana zarar verir [83]. Bu araştırma bulguları RS5 uyguladığımız bitkilerden elde ettiğimiz MDA sonuçları ile uygunluk göstermektedir. Bizim çalışmamızda da RS5 uyguladığımız bitkilerde kontrole kıyasla genel olarak MDA içeriği artmıştır.

Çoğu stres tipinde dirençle ilgili olarak antioksidan sistem aktivitesi artmaktadır. Abiyotik strese cevap olarak antioksidan enzimler yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur ve bu enzimler bitkilerin farklı çevresel koşullara tolerans kazanmasında genel bir role sahiptir. Stres şartları altında yüksek antioksidan seviyesi, zararı önleyebilir. Bitkilerde antioksidan enzimlerden biri olan peroksidazlar hem içeren glikoproteinlerdir. Çeşitli stres koşullarına karşı artan peroksidaz aktivitesi, bitkilerin genel olarak gösterdiği bir cevaptır [64].

Yaptığımız çalışmada RS5 ve RFM peroksidaz aktivitesi üzerinde farklı etki göstermiştir. RS5 uygulanan bitki gruplarında peroksidaz aktivitesi kontrole kıyasla belirgin bir artış göstermektedir (Çizelge 4.7). Bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). RFM uygulanan bitki gruplarında ise durum bundan farklıdır. Bu bitkilerde peroksidaz aktivitesi genel olarak kontrolden daha düşük çıkmıştır (Çizelge 4.8). Bu azalış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

Stres koşullarının bitkilerin peroksidaz aktivitesi üzerine etkisini araştıran pek çok araştırma mevcuttur [50, 64, 66]. Sıcaklığın çilek bitkisinin peroksidaz aktivitesi üzerine etkisini araştırmak için yapılan bir çalışmada sıcaklık stresinin peroksidaz aktivitesini arttırdığı bulunmuştur. Yüksek sıcaklık stresi bitki metabolizmasında protein bozulması, membran bütünlüğünün düzensizleşmesi ya da lipidlerin sıvı hale gelmesi gibi bazı fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler değişimlere sebep olmaktadır. Araştırmacılar peroksidaz enzimini sıcaklık stresi tarafından bitkide oluşturulan

fizyolojik hasarların ortaya çıkışıyla ilişkilendirmişlerdir ve peroksidaz aktivitesinin yüksek sıcaklık stresiyle birlikte arttığını belirtmişlerdir [64]. Bu sonuçlar, RS5 ile yaptığımız araştırma bulgularına paralellik göstermektedir (Çizelge 4.7).

Benzer şekilde bitkilerin fungal infeksiyonlara karşı savunma cevabını araştıran bir diğer çalışmada fungus infeksiyonunun peroksidaz aktivitesini artırdığını belirtmişlerdir. Ligninleşme ve duvar kalınlaşması patojenlere karşı bitkilerin gösterdiği bilinen cevaplardır. Peroksidazlar, hücre çeperi polimerlerinin oluşumunda fenolik monomerlerin oksidatif eşleşmesinde son basamaktan sorumlu olduklarından savunma reaksiyonlarında rol oynadığı belirtilir. Peroksidazların aynı zamanda patojenlere karşı bitkinin savunma mekanizması olarak sistemik direncin uyarılmasında rol oynadığı öne sürülmüştür [55].

Virüs infeksiyonu ve arsenik stresinin domates bitkisinde peroksidaz aktivitesine etkisini araştırmak için yapılan başka bir çalışmada her iki stres faktörünün de peroksidaz aktivitesini artırdığı bulunmuştur. Ancak sadece virüsle infekte edilen bitkilerdeki peroksidaz aktivitesinin, sadece arsenik ile muamele edilen bitkilerin peroksidaz aktivitesinden daha yüksek çıktığı belirtilmiştir [61]. Yapılan çalışmalarda stres uygulanan bitkilerde kontrole kıyasla peroksidaz aktivitesinin yüksek çıkması bizim çalışmamızda bulduğumuz sonuçlarla uygunluk göstermiştir.

Yapılan bazı çalışmalarda stres koşullarının lipid peroksidasyonu, pigment sistemi ve peroksidaz aktivitesi üzerine etkisi birlikte incelenmiştir. Örneğin Candan ve Tarhan (2003) tarafından yapılan bir çalışmada çinko (Zn) eksikliğinde *Mentha pulegium* bitkisindeki klorofil-karotenoid içeriği, antioksidan enzim aktivitesi ve lipid peroksidasyon seviyesindeki değişimler incelenmiştir. *M. pulegium* yapraklarında Zn yokluğunda klorofil ve karotenoid içeriği kontrolden daha düşük bulunmuştur. Karotenoidler tekli oksijen ve klorofilin tekil durumlarının önemli bastırıcılarıdır ve karotenoid içeriğindeki azalma hidroksil radikalının üretimini artırır. Daha düşük klorofil konsantrasyonu, protein sentezinde Zn'nin rolüyle açıklanabilir ve Zn stresinde ROT üretilebilir, bu da lipid peroksidasyonuna yol açar. Antioksidan savunma enzimlerinden SOD ve Katalaz aktivitesi Zn yokluğunda artmışken Glutasyon Peroksidaz aktivitesinde önemli bir değişiklik olmamıştır. SOD ve katalazdaki artış radikallerin zararlı etkilerine karşı membranı korumada yetersiz kalmıştır. Bu sebeple lipid peroksidasyonu seviyesi gövde boyunca kontrolden daha yüksek bulunmuştur. Pigment sistemi stres koşullarından etkilenir. Karotenoidler fotosentetik membranı fotooksidasyondan korurlar. Karotenoid seviyesindeki azalma membran lipidlerinin

peroksidasyonuna yol açar ve buna bağlı olarak lipid peroksidasyonunun artmasına neden olur. Lipid peroksidasyonun artması membranı peroksidasyondan koruyan antioksidan enzimlerin indüklenmesine neden olur [66]. RFM uygulanan gruplarda MDA içeriğindeki değişimler incelendiğinde, bitki gelişiminin belirgin şekilde azaldığı 439 mg/L'de  $6,78 \pm 0.06$   $\mu\text{mol}$  MDA/gFw olarak en yüksek çıkmıştır. Karotenoid miktarındaki azalışla bu bulgular birbirini desteklemektedir.

Sonuç olarak, yapılan bu çalışmada RS5 ve RFM uygulanan bitki gruplarında pigment sisteminin etkilendiği saptanmıştır. Boya uygulanan gruplarda kontrole kıyasla toplam klorofil içeriğinin arttığı karotenoid içeriğinin de azaldığı gözlenmiştir. MDA içeriğindeki artış lipid peroksidasyonunun artışının bir belirtisidir. RS5 uygulanan bitki gruplarında MDA içeriği genel olarak kontrole kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Bu durum RS5'nin lipid peroksidasyonunu artırdığını gösterir. Buna bağlı olarak da RS5 uygulanan gruplarda kontrole kıyasla antioksidan bir enzim olan peroksidazın uyarıldığı ve aktivitesinin arttığı görülmektedir. RFM uygulanan gruplarda durum tam tersidir. Genel olarak RFM'ye maruz kalan bitki gruplarında kontrole kıyasla MDA içeriğinde bir azalma vardır. Bu durum RFM uygulamasının lipid peroksidasyonunu azalttığını göstermektedir. Azalan lipid peroksidasyonuna bağlı olarak peroksidaz aktivitesi de azalmıştır. Bu sonuçlar MDA içeriği ve peroksidaz aktivitesi arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir.

RS5 ve RFM'nin artan konsantrasyonlarda bitki gelişimi üzerinde gösterdiği olumsuz etkiler dikkate alındığında tekstil endüstrisi ile ilgili kuruluşların boya atıklarını, çevreye atılmadan direkt olarak verilmemesi konusunda gerekli hassasiyeti göstermeleri zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışma, doğaya verilen boyar madde içeren atıksuların ekosistem üzerine yaptığı etkinin test edilmesinde bitkilerle daha yoğun çalışmalar yapılmasına ihtiyaç olduğunu da göstermektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- [1] R. E. Ricklefs, Ecology, Univesity of Pennsylvania, Copyright by W.H. Freeman and Company, ISBN: 0-7167-2077-9 (1990)
- [2] M. N. Şişli, Ekoloji, Gazi Büro Kitabevi Tic. LTD. ŞTİ., Ankara, ISBN:975-94939-0-X, (1999)
- [3] W. Larcher, Physiological Plant Ecology, Third edition, Springer-Verlag Berlin Heiderberg (1995) ISBN: 3-540-581162
- [4] F. Berkes, M. Kışlalıoğlu, Ekoloji ve Çevre Bilimleri, Remzi Kitabevi, İstanbul, (1994)
- [5] K. Yıldız, E. Sipahioğlu, M. Yılmaz, Çevre Bilimi, Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Ankara (2000)
- [6] G. T. Taygun ve A. Balanlı, Yaşam döngüsü Süreçlerinde Yapı Ürünleri-Çevre Etkileşimi, **YTÜ Mimarlık Fakültesi e-Dergisi**, Cilt 1, Sayı 1 (2005)
- [7] M. Kılınç, H. G. Kutbay, Bitki Ekolojisi, Palme Yayıncılık, Ankara, (2004)
- [8] G. T. Miller, P. Armstrong, *Living in the Environment*, International Edition, Belmont: Wadsworth, (1982)
- [9] N. Çepel, Toprak-Su-Bitki İlişkileri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul, (1993)
- [10] TÜBİTAK Çevre Araştırmaları Grubu, Ankara: TÜBİTAK Yayınları, 82 : (1984)
- [11] [http:// www.rshm.saglik.gov.tr](http://www.rshm.saglik.gov.tr)
- [12] C. Aktan, İ. Vural, *Global Çevre Sorunları*, Zaman Kitap, İstanbul (2004)
- [13] *Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Ekoloji ve Ekolojik Etiketler*, İTKİB AR&GE Mevzuat Şubesi, Mart (2005)
- [14] M. A. Yılmaz, *Tekstil atıklarının çevreye etkisi*, [www.kimyamuhendisi.com](http://www.kimyamuhendisi.com)
- [15] A. İ. İlhan, C. DüNDAR, N. Öz, H. Kılınç, *Hava kirliliği ve asit yağmurlarının çevre ve insan sağlığı üzerine etkileri*, <http://www.meteor.gov.tr/2006/arastirma/files>
- [16] M. Özgirgin, Boyarmadde Kimyası, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul (1986)
- [17] [http:// www.ekolojimagazin.com](http://www.ekolojimagazin.com)
- [18] P. Mathelier-Fusade, M. Aïssaoui, M. H. Chabane, N. Moudenji and F. Leynadier, *Chronic generalized eczema by multiple dye sensitization*, **Am. Journal Contact Dermat.**, 7: (1996) 224-225

- [19] E. Zuskin, J. Mustajbegovic, E. N. Schachter and J. Doko-Jelinic, *Respiratory function of textile workers employed in dyeing cotton and wool fibers*, **Am. J. Ind. Med.**, 31 : (1997) 344-352
- [20] S. Seidenari, L. Mantovani, B. M. Manzini and M. Pignatti, *CROTs-sensitizations between azo dyes and para-amino compound. A study of 236 azo-dye-sensitive subjects*, **Contact Dermatitis** 36 : (1997) 344-352
- [21] R. H. Jascot, D. L. Costa, *Toxicity of anthraquinone violet dye mixture following inhalation exposure, intratracheal instillation or gavage*, **Fundam. Appl. Toxicol.**, 22 (1): (1994) 103-112
- [22] H. Moawad, W. M. Abd El-Rahim, M. A. Khalafallah, *Evaluation of biotoxicity of textile dyes using two bioassay tests*, **J. Basic Microbiol.** 43(3) : (2003) 218-229
- [23] I. A. Palagina, D. N. Deveikis, N. A. Vashcuk, G. L. kaliuzhnyi, *The detection of genotoxic and mutagenic activities of disperse azo dyes for their hygienic standardization*, **Med. Tr. Ekol.**, 5 : (1995) 12-15
- [24] K. Al-Sabti, *Chlorotriazine Reactive Azo Red 120 textile dye induces micronuclei in fish*, **Ecotox. Environ. Safe.**, 47 : (2000) 149-155
- [25] F. Zahank and J. Yu, *Decolourisation of Acid Violet 7 with complex pellets of white rot fungus and activated carbon*, **Bioproc. Eng.**, 23 : (2000) 295-301
- [26] E. Apohan and O. Yesilada, *Role of white fungus *Funalia trogii* in detoxification of textile dyes*, **J. Basic. Microbiol.**, 45 : (2005) 99-105
- [27] J. Swamy, "White rot fungus *Trametes versicolor*" Master Thesis, Queen's University Canada, (1998)
- [28] Jagson Colorchem Limited, Reactive Dyes, [www.jagson.com/reactive\\_dyes.htm](http://www.jagson.com/reactive_dyes.htm)
- [29] M. E. Osugi, A. P. Carneiro, M. V. B Zandoni, *Determination of the phthalocyanine textile dye, reactive turquoise blue, by electrochemical techniques*, **J. Braz. Soc.**, 14 (4) : (2003) 660-665
- [30] Reactive Dyestuffs, [www.winimex.com7reactive.htm](http://www.winimex.com7reactive.htm)
- [31] Vinyl Sulfone Fiber Reactive Dyes, [www.pburch.net/dyeing/remezol.shtml](http://www.pburch.net/dyeing/remezol.shtml)
- [32] A.S.F. Araujo, R.T.R. Monteiro and E.M.S. Carvalho, *Effects of composed textile sludge on growth, nodulation and nitrogen fixation of soybean and cowpea*, **Bioresource Technology** 98 (5) : (2007) 1028-1032
- [33] A. S. F. Araujo R. T. R. Monteiro, *Plant bioassay to assess toxicity of textile sludge compost*, **Sci. Agric.(Piramlaba, Braz.)** 62 (3) : (2005) 286-290

- [34] Qixing Zhou, Jiru Xu and Yun Cheng, *Inhibitory effects of reactive X-3B red dye (RRD) on iron uptake by three crops*, **Plant and Soil**, 261 : (2004) 155-156
- [35] D. Asma, *Biyolojik Sistemlerde Radikaller ve Antioksidanlar Yüksek Lisans Ders Notları*
- [36] S. Hiraga, K. Sasaki, Y. Ohashi and H. Matsui, *A large family of Class III plant peroxidases*, **Plant Cell Physiol.**, 42 (5) : 2001, 462-468
- [37] F. Passardi, C. Penel and C. Dunand, *Performing the paradoxical: how plant Peroxidases modify the cell wall*, **Trends in Plant Science**, 9 (11) : (2004)
- [38] L. M. Bellani, *Differences in the activity and distribution of peroxidases from three different portions of germinating *Brassica oleraceae* seeds*, **Plant Physiol.**, 114 : (2002) 102-108
- [39] C. P. Vance, T. K. Kirk, R. T. Sherwood, **Annu. Rev. Phytopathol.**, 18 : (1980) 259-288
- [40] S. C. Fry, **Annu. Rev. Plant Physiol.**, 37 : (1986) 165-186
- [41] D. J. Bowles, **Annu. Rev. Biochem.**, 37 : (1990) 837-907
- [42] G. P. Bolwell, V. S. Butt, D. R. Davies and A. Zimmerlin, **Free Radical Res.**, 23 : (1995) 517-532
- [43] P. Wojtaszek, **Biochem. J.**, 332 : (1997) 681-692
- [44] B. K. Kristensen, H. Bloch and S. K. Rasmussen, **Plant Physiol.**, 120 : (1999) 501-512
- [45] T. Kawano, *Salicylic acid induces extracellular superoxide generation followed by an increase in cytosolic calcium ion in tobacco suspension culture: the earliest events in salicylic acid signal transduction*, **Plant Cell Physiol.**, 39 : (1998) 721-730
- [46] M. D. Brownleader, *Role of extensin peroxidase in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seedling growth*, **Planta**, 210 : (2000) 668-676
- [47] L. E. Kay and D. V. Basile, *Specific peroxidase isoenzymes are correlated with organogenesis*, **Plant Physiol.**, 84 : (1987) 99-105
- [48] F. V. Minibaeva and L. Kh. Gordon, *Superoxide production and the activity of extracellular peroxidase in plants tissues under stress conditions*, **Russian Journal of Physiol.**, 50 (3) : (2003) 411-416
- [49] O. Blokhina, *Anoxia and oxidative stress: Lipid peroxidation* (2005), <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/mat/bioti/vk/bkokhina/cl.html>

- [50] N. Candan, L. Tarhan, *Relationship among chlorophyll - carotenoid content, antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation levels by Mg<sup>+</sup> deficiency in the **Mentha pulegium** leaves*, **Plant Physiol. and Biochem.**, 41 : (2003) 35-40
- [51] B. Yıldız, Sistematik Botanik Ders Notları, Malatya (1996)
- [52] Ö. Seçmen, Y. Gemici, E. Leblebici, G. Görk, L. Bekat, Tohumlu Bitkiler Sistematiği, 2. baskı, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi, No: 116 İzmir (1989)
- [53] Delta Sistem Yapı İzolasyon Malzemeleri, Perlit, [www.deltasistem.com.tr/turkish/](http://www.deltasistem.com.tr/turkish/)
- [54] N. Boyraz, S. Delen, *Bitkilerin hastalıklara karşı dayanıklılığında konukçu enzimlerin rolü*, **S. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi** 19 (35) : (2005) 51-59
- [55] M. D. Alcazar, C. Egea, A. Espin and M. E. Candela, Peroxidase isoenzymes in the defense response of *Capsicum annuum* to *Phytophthora capsici*, **Physiologia Plantarum**, 94 : (1995) 736-742
- [56] J. Vangronsveld, H. Clijsters, *Toxic effects of metals. In: Farago, M. E. (Ed.), Plants and the Chemical Elements - Biochemistry, Uptake, Tolerance and Toxicity. VHC, Weinheim, pp.* (1994) 149-177
- [57] T. Pandolfini, R. Gabrielli, C. Comparini, *Nickel toxicity and peroxidase activity in seedlings of Triticum aestivum L.* **Plant Cell Environ.**, 15 : (1992) 719-725
- [58] A. Polle, K. Chakrabarti, *Effects of manganese deficiency on soluble apoplastic peroxidase activities and lignin content in needles of Norway spruce (Picea abies).* **Tree Physiol.**, 14 : (1994) 1191-1200
- [59] K. Radotic, T. Ucic, D. Mutavdzic, *Changes in peroxidase activity and isoenzymes in spruce needles after exposure to different concentrations of cadmium,* **Environmental and Experimental Botany** 44 : (2000) 105-113
- [60] G. M. Pastori and C. H. Foyer, *Common components, Networks, and pathways of cROTs-tolerance to stres. The central role of 'redox' and abscisic acid – mediated controls.* **Plant Physiol.** 129: (2002) 460-468
- [61] E. Miteva, D. Hristova, V. Nenova, S. Maneva, *Arsenic as a factor affecting virus infection in tomato plants : changes in plant growth, peroxidase activity and chloroplast pigments,* **Scientia Horticulturae** 105 : (2005) 343-358
- [62] M. Havaux, *Raid photosynthetic adaptation to heat stres triggered in potato leaves by moderately elevated temperatures,* **Plant Cell Environ.**, 16 : (1993) 461-467

- [63] K. V. Chaitanya, D. Sundar, A. R. Reddy, *Mulberry leaf metabolism under high temperature stress*, **Biologia Plant** 44 : (2001) 379-384
- [64] H. Gülen , A. Eriş, *Effect of heat stres on peroxidase activity and total protein content in strawberry plants*, **Plant Science** 166 : (2004) 739-744
- [65] B. Kroczyńska, A. Ciesielski, L. Sergio, *Stabilization of heat-induced changes in plant peroxidase preparations by ClpX, a bacterial heat shock protein*, **J. Plant Physiol.**, 159 : (2002) 1295-1299
- [66] N. Candan, L. Tarhan, *Changes in chlorophyll-carotenoid contents, antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation levels in Zn-stressed *Mentha pulegium**, **Turk J. Chem.**, 27 : (2003) 21-30
- [67] B. Deming - Adams, *Carotenoids and photoprotection in plants : a role for the xanthophyll zeaxanthin*, **Biochim. Biophys. Acta** 1020 : (1990) 1-24
- [68] C. H. Foyer, M. L. Lelandais, K. J. Kunert, *Photooxidative stres in plants*, **Physiol. Plant**, 92 : (1994) 696-717
- [69] C. H. R. De Vos, H. Schat, R. Vooijs, W. H. O. Ernst, *Copper-induced damage to the permeability barrier in roots of *Silene cucubalus**, **J. Plant Physiol.**, 135 (1989) 164-169
- [70] P. Kaushik, V. K. Garg, B. Singh, *Effect of textile effluents on growth performance of wheat cultivars*, **Bioresource Technology** 96 : (2005) 1189-1193
- [71] V. K. Garg and P. Kaushik, *Influence of short-term irrigation of textile mill wastewater on the growth of chickpea cultivars*, **Chemistry and Ecology** 22 (39) : (2006) 193-200
- [72] M. Milavec, M. Ravnkar, M. Kovac, *Peroxidases and photosynthetic pigments in susceptible potato infected with potato virus Y<sup>NTN</sup>*, **Plant Physiol. Biochem.**, 39 : (2001) 891-898
- [73] A. Shalata and M. Tal, *The effects of salt stres on lipid peroxidation and antioxidants in the leaf of the cultivated tomato and its wild salt-tolerative *Lycopersicon pennelli**, **Physiol. Plant**, 104 : (1998) 1-9
- [74] A. El-baky, H. Hanaa, Mohamed, A. Amal and M. M. Hussein, *Influence of salinity on lipid peroxidation, antioxidant enzymes and electrophoretic patterns of protein and isoenzymes in leaves of some onion cultivars*, **Asian Journal Plant Sciences**, 2 (8) : (2003) 633-638



- [75] L. M. Chen and C. H. Kao, *Effect of copper on rice leaves : evidence for involvement of lipid peroxidation*, **Bot. Bull. Acad. Sin.**, 40 : (1999) 283-287
- [76] T. F. Slatter, *Free-radical mechanisms in tissue injury*, **Biochem. J.**, 222 : (1984), 1-15
- [77] C. M. Luna, C. A. Gonzales and V. S. Trippi, *Oxidative damage caused by an excess of copper in oat leaves*, **Plant Cell Physiol.**, 35 : (1994) 11-15
- [78] R. K. Tewari, P. Kumar, P. N. Sharma, S. S. Bisht, *Modulation of oxidative stress responsive enzymes by excess cobalt*, **Plant Science** 162 : (2002) 381-388
- [79] A. W. Galston, S. M. Siegel, *Antiperoxidative activity of cobaltous ion and its consequences for plant growth*, **Science**, 120 : (1994) 1070-1071
- [80] V. Velikova, A. Ivanova, I. Jordanov, *Changes in lipid peroxidation of *Phaseolus vulgaris* leaves after stimulating acid rain treatment*, **Bulg. J. Plant Physiol.**, 28 (1- 2) : (2002) 59-65
- [81] K. P. Pauls, J. E. Thompson, *In vitro simulation of senescence-related membrane damage by ozone-induced lipid peroxidation*, **Nature**, 283 : (1980) 504-506
- [82] S. Sinha, R. Saxena, S. Singh, *Chromium induced lipid peroxidation in the plants of *Pistia stratiotes* L.: role of antioxidants and antioxidant enzymes*, **Chemosphere**, 58 : (2005) 595-604
- [83] J. Dong, F. Wu, G. Zhang, *Influence of cadmium on antioxidant capacity and four microelement concentrations in tomato seedlings (*Lycopersicon esculentum*)*, **Chemosphere** 64 (10) : (2006) 1659-1666
- [84] E. Olmos, A. Piqueras, J. R. M. Solano, E. Hellin, *The subcellular localization of peroxidase and the implication of oxidative stress in hyperhydrated leaves of regenerated carnation plants*, **Plant Science**, 130 : (1997) 97-105
- [85] A. Ranieri, A. Castagna, B. Baldan, G. F. Soldatini, *Iron deficiency differently affects peroxidase isoforms in sunflower*, **Journal of Experimental Botany**, 52 : (2001) 25-35
- [86] P. Schopfer, C. Plachy, G. Frahry, *Release of reactive oxygen intermediates (superoxide radicals, hydrogen peroxide, and hydroxyl radicals) and peroxidase in germinating radish seeds controlled by light, gibberellin, and abscisic acid*, **Plant Physiol.**, 125 (4) : (2001) 1591-1602
- [87] P. D. Aarti, R. Tanaka and A. Tanaka, *Effects of oxidative stress on chlorophyll biosynthesis in cucumber (*Cucumis sativus*) cotyledons*, **Physiologia Plantarum**, 128 : (2006) 186-197

- [88] D.R. Hoagland, and D. I. Arnon (1938) “*The water culture method for growing plants without soil*” **California Agr. Expt. Sta. Circ.** 37
- [89] L. De-Kok and M. Graham, *Levels of pigments, soluble proteins, amino acids and sulphhydryl compounds in foliar tissue of Arabidopsis thaliana during dark induced and natural senescence*, **Plant Physiol. Biochem.**, 27 : (1980) 133-142
- [90] K. Lichtenthaler and A. R. Welburn, *Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents*, Botanisches Institut der Universität, Kaiserstrasse 12, Postfach (1983) 591-592
- [91] R. L. Heath, L. Packer, *Photoperoxidation in isolated chloroplast, I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation*, **Arch. Biochem. Biophys.** 125: (1968) 180-198
- [92] J. L. Peters, F. J. Castillo and R. L. Heath, *Alteration of extracellular enzymes in Pinto bean leaves upon exposure to air pollutants, ozone and sulfur dioxide*, **Plant Physiol.**, 89 : (1988) 159-164
- [93] J. W. Mac Adam, C. J. Nelson and R. E. Sharp, *Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall fescue*, **Plant Physiol.** 99 : (1992) 872-878
- [94] M.M. Bradford, *A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding* . **Analytical Biochemistry** 72: (1976) 248-254
- [95] D. B. Duncan, *Multiple Range and multiple F tests* **Biometrics**, 11 : (1955) 1-14
- [96] B. Taşkaya, *Tarım ve Çevre, Tarımsal Ekonomi, Araştırma Enstitüsü* ISSN 1303-8346 5 (1) : (2004) 1-8
- [97] H. Tanrıvermiş, *Doğal Kaynaklar ve Çevre Ekonomisi, A.Ü.Z.F. Tarım Ekonomisi Bölümü Ders Notları*, Ankara (2003)
- [98] A. Birhanlı and M. Özmen, *Evaluation of the toxicity and teratogenicity of six commercial textile dyes using the frog embryo teratogenesis assay-xenopus*, **Drug and Chemical Toxicology**, 1 : (2005) 51-65
- [99] E. Dogan, E. Yesilada, L. Ozata and S. Yologlu, *Genotoxicity testing of four Textile dyes in two crosses of Drosophila using wing somatic mutation and recombination test*, **Drug and Chemical Toxicology**, 28 : (2005) 289-301
- [100] D.T. Sponza, *Toxicity studies in a chemical dye production industry in Turkey*, **Journal of Hazardous Materials**, 138 (3) : (2006) 438-447
- [101] J. S. Bae and H. S. Freeman, *Aquatic toxicity evaluation of new direct dyes to the Daphnia magna*, **Dyes and Pigments**, 73 (1) : (2007) 81-85

- [102] F. Nasibi and Kh. M-Kalantari, *The effects of UV-A, UV-B and UV-C on protein and ascorbate content, lipid peroxidation and biosynthesis of screening compounds in **Brassica napus***, **Iranian Journal of Science & Technology**, Transaction A, Vol. 29, No. A1 (2005)

## 7. ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER:

Adı Soyadı : Armağan KAYA  
Doğum Tarihi : 07.12.1982  
Doğum Yeri : Malatya

### ÖĞRENİM DURUMU:

1. İlköğretim : Sümer İlköğretim Okulu
2. Lise : Sümer Lisesi
3. Lisans : İ.Ü. Fen-Edb. Fak. Biyoloji Bölümü (1999-2003)
4. Yüksek Lisans: İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü (2004- )

### EĞİTİM-ÖĞRETİM ETKİNLİKLERİ:

1. Bazı Tekstil Boyalarının *Phaseolus Vulgaris* L. (Fasulye) Gina Kültür Formunun Pigment Sistemi Üzerine Etkileri A. Kaya, E. Yiğit, G. Beker, Adnan Menderes Üniversitesi 26-30 Haziran 2006- XVIII. Ulusal Biyoloji Kongresi Kuşadası, Aydın
2. Bitki Peroksidazlarının Fonksiyonları, İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Malatya, Seminer Çalışması (2006)