

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

HİDROJEN PEROKSİT ÖN MUAMELESİNİN KURAKLIK STRESİ
UYGULANAN *CTENANTHE SETOSA* YAPRAKLARINDA KIVRILMA ÜZERİNE
ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ebru KALAYCIOĞLU

HAZİRAN 2012
TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**HİDROJEN PEROKSİT ÖN MUAMELESİNİN KURAKLIK STRESİ
UYGULANAN *CTENANTHE SETOSA* YAPRAKLARINDA KIVRILMA ÜZERİNE
ETKİSİ**

Biyolog Ebru KALAYCIOĞLU

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nce
“YÜKSEK LİSANS (BİYOLOJİ)”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 18.05.2012

Tezin Savunma Tarihi : 11.06.2012

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Asım KADIOĞLU

Trabzon 2012

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Ana Bilim Dalında

Ebru KALAYCIOĞLU Tarafından Hazırlanan

HİDROJEN PEROKSİT ÖN MUAMELESİNİN KURAKLIK STRESİ
UYGULANAN *CTENANTHE SETOSA* YAPRAKLARINDA KIVRILMA ÜZERİNE
ETKİSİ

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 22/05/2012 gün ve 1457 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Asım KADIOĞLU



Üye : Doç. Dr. Rabiye TERZİ



Üye : Yrd. Doç. Dr. Aykut SAĞLAM



Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Hidrojen Peroksit Ön Muamelesinin Kuraklık Stresi Uygulanan *Ctenanthe setosa* Yapraklarında Kıvrılma Üzerine Etkisi”adlı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalında “Yüksek Lisans Tezi” olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek, gerek konu seçimi gerekse çalışmanın planlanması ve değerlendirilmesinde her türlü yardımını gördüğüm, sayın hocam Prof. Dr.Asım KADIOĞLU’na çok teşekkür ederim.

Yüksek lisansa başladığım ilk günden bu yana her zaman sabırla bana yardımcı olan, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Yrd. Doç. Dr. Aykut SAĞLAM ve Arş. Gör. Mehmet DEMİRALAY ve doktora öğrencisi Onur TOSUN ayrıca her danıştığım da alakalarını gördüğüm Doç. Dr. Rabiye TERZİ, Yrd. Doç. Dr. Neslihan SARUHAN’a şükranlarımı sunarım.

Hayatımın her anında maddi manevi desteklerini benden esirgemeyen sevgili aileme, iyi dilekleriyle hep yanımda olan başta İsmail OGAN, Zeynep ALKAN, Dünya TEKELİOĞLU, Seyhan ARDAL ve Hülya İŞTİN olmak üzere bütün arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Ebru KALAYCIOĞLU

Trabzon 2012

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Hidrojen Peroksit Ön Muamelesinin Kuraklık Stresi Uygulanan *Ctenanthe setosa* Yapraklarında Kıvrılma Üzerine Etkisi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Asım KADIOĞLU’nun sorumluluğunda tamamladığımı, örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 11 / 05/ 2012

Ebru KALAYCIOĞLU

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa No</u> |
|--|-----------------|
| ÖNSÖZ | III |
| TEZ BEYANNAMESİ | IV |
| İÇİNDEKİLER | V |
| ÖZET | VII |
| SUMMARY | VIII |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | IX |
| TABLolar DİZİNİ | X |
| SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ..... | XI |
| 1. GENEL BİLGİLER | 1 |
| 1.1. Giriş | 1 |
| 1.2. Stres ve Stres Çeşitleri | 3 |
| 1.3. Kuraklık ve Kuraklık Stresi | 5 |
| 1.4. Bitkilerde Kuraklık Stresinin Etkileri | 7 |
| 1.4.1. Yaprak Kıvrılması..... | 7 |
| 1.4.2. Oksidatif Etki | 8 |
| 1.4.2.1. Hidrojen Peroksit (H ₂ O ₂) | 9 |
| 1.4.3. Antioksidan Sistem | 10 |
| 1.4.4. Nispi Su İçeriği (NSİ) | 10 |
| 1.4.5. Lipid Peroksidasyonu | 11 |
| 1.5. Marantaceae Familyasının ve <i>Ctenanthe</i> Cinsinin Genel Özellikleri | 11 |
| 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR | 13 |
| 2.1. Materyalin Sağlanması | 13 |
| 2.2. Yaprak Kıvrılma Derecesinin Ölçülmesi..... | 13 |
| 2.3. Nispi Su İçeriği Tayini..... | 13 |
| 2.4. Lipid Peroksidasyonu Tayini | 14 |
| 2.5. Enzimler İçin Ekstrakt Hazırlanması | 14 |
| 2.5.1. Süperoksit Dismutaz (SOD) Aktivitesinin Tayini | 14 |
| 2.5.2. Guaiakol Peroksidaz (GPX) Aktivitesinin Tayini | 15 |
| 2.5.3. Katalaz (CAT) Aktivitesinin Tayini | 15 |
| 2.5.4. Askorbat Peroksidaz (APX) Aktivitesinin Tayini | 15 |

| | | |
|----------|---|----|
| 2.6. | Hidrojen Peroksit (H ₂ O ₂) İÇeriğinin Belirlenmesi | 16 |
| 2.7. | Yapraklarda Prolin Tayini | 16 |
| 2.8. | Toplam Çözünebilir Şeker Tayini..... | 17 |
| 2.9. | İstatistik Analizler | 17 |
| 3. | BULGULAR..... | 18 |
| 3.1. | Hidrojen Peroksit Ön Muamelesinin Kuraklık Stresine Maruz Kalmış <i>Ctenanthe setosa</i> ’ da Yaprak Kıvrılması Üzerine Etkisi | 18 |
| 3.2. | Hidrojen Peroksit Ön Muamelesinin Kuraklık Stresine Maruz Kalmış <i>Ctenanthe setosa</i> Yapraklarındaki NispiSu İÇeriği Üzerine Etkisi | 19 |
| 3.3. | Hidrojen Peroksit Ön Muamelesinin Kuraklık Stresine Maruz Kalmış <i>Ctenanthe setosa</i> Yapraklarındaki Lipid Peroksidasyonu Üzerine Etkisi | 20 |
| 3.4. | Hidrojen Peroksit Ön Muamelesinin Kuraklık Stresine Maruz Kalmış <i>Ctenanthe setosa</i> Yapraklarındaki Süperoksit Dismutaz Aktivitesi Üzerine Etkisi | 21 |
| 3.5. | Hidrojen Peroksit Ön Muamelesinin Kuraklık Stresine Maruz Kalmış <i>Ctenanthe setosa</i> Yapraklarındaki Katalaz Aktivitesi Üzerine Etkisi | 22 |
| 3.6. | Hidrojen Peroksit Ön Muamelesinin Kuraklık Stresine Maruz Kalmış <i>Ctenanthe setosa</i> Yapraklarındaki Guaiakol Peroksidaz Aktivitesi Üzerine Etkisi | 23 |
| 3.7. | Hidrojen Peroksit Ön Muamelesinin Kuraklık Stresine Maruz Kalmış <i>Ctenanthe setosa</i> Yapraklarındaki Askorbat Peroksidaz Aktivitesi Üzerine Etkisi | 24 |
| 3.8. | Hidrojen Peroksit Ön Muamelesinin Kuraklık Stresine Maruz Kalmış <i>Ctenanthe setosa</i> Yapraklarındaki İÇsel H ₂ O ₂ İÇeriği Üzerine Etkisi..... | 25 |
| 3.9. | Hidrojen Peroksit Ön Muamelesinin Kuraklık Stresine Maruz Kalmış <i>Ctenanthe setosa</i> Yapraklarındaki Prolin Miktarı Üzerine Etkisi | 26 |
| 3.10. | Hidrojen Peroksit Ön Muamelesinin Kuraklık Stresine Maruz Kalmış <i>Ctenanthe setosa</i> Yapraklarındaki Toplam Çözünebilir Şeker Miktarı Üzerine Etkisi..... | 27 |
| 4. | TARTIŞMA | 28 |
| 5. | SONUÇLAR..... | 33 |
| 6. | ÖNERİLER..... | 34 |
| 7. | KAYNAKLAR | 35 |
| ÖZGEÇMİŞ | | |

Yüksek Lisans

ÖZET

HİDROJEN PEROKSİT ÖN MUAMELESİNİN KURAKLIK STRESİ UYGULANAN
CTENANTHE SETOSA YAPRAKLARINDA KIVRILMA ÜZERİNE ETKİSİ

Ebru KALAYCIOĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı
Danışman: Prof.Dr. Asım KADIOĞLU
2012, 44 Sayfa,

Bu çalışmada *Ctenanthe setosa* bitkisinde yaprak kıvrılmasının geciktirilmesi ve kuraklık stresinin yatıştırılmasına hidrojen peroksit ön muamelesinin etkisi araştırıldı. Bu amaçla kuraklık süresince bitkilerin yaprak kıvrılmalarındaki değişim morfolojik, malondialdehit (MDA) içeriği, prolin, toplam çözünebilir şeker miktarları, hidrojen peroksit içeriği, süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX), guaiakol peroksidaz (GPX) gibi antioksidan enzim aktiviteleri, spektrofotometrik olarak belirlendi.

Yapılan analizler sonucunda 1 mM hidrojen peroksit ön muamelesi kontrole kıyasla yaprak kıvrılma derecesine etki etmezken 0,2 ve 0,5 mM hidrojen peroksit uygulamaları yaprak kıvrılma derecesini önemli oranda düşürdü. Antioksidan enzim aktiviteleri (SOD, CAT, GPX) ve toplam çözünebilir şeker miktarı 0,2 mM hidrojen peroksit uygulamasında artarken 0,5 ve 1 mM uygulamalarında azalış göstermişlerdir. Bu sonuçlara paralel olarak, MDA içeriği 0,2 mM H₂O₂ uygulaması ile kontrole göre azalırken, 0,5 mM ve 1 mM uygulamalarında ise kontrole göre artış gösterdi

Bu sonuçlar, hidrojen peroksit ön muamelesinin, kuraklık stresi koşulları altındaki *Ctenanthe setosa* bitkisinde antioksidan enzim sistemini ve osmotik ayarlama yapan sistemleri uyararak yaprak kıvrılmasını geciktirdiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Antioksidan sistem, *Ctenanthe setosa*, Hidrojen peroksit, Kuraklık stresi, Yaprak kıvrılması

Master Thesis

SUMMARY

EFFECT OF HYDROGEN PEROXIDE PRE-TREATMENT ON LEAF ROLLING IN
CTENANATHE SETOSA LEAVES UNDER DROUGHT STRESS

Ebru KALAYCIOĞLU

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Biology Graduate Program
Supervisor: Prof.Dr. Asım KADIOĞLU
2012, 44 Pages,

This study aimed to determine the effect of hydrogen peroxide pretreatment on alleviating of drought stress and retarding of leaf rolling in *Ctenanthe setosa*. For this purpose, changes in leaf rolling of plant were determined morphologically, however, proline, total soluble sugar quantities, endogenous H₂O₂ contents, antioxidant enzyme activities such as superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbate peroxidase (APX) and guaiacol peroxidase (GPX) were measured spectrophotometrically.

While exogenous hydrogen peroxide pre-treatment at 1mM concentration was not effect on leaf rolling in comparison with control, exogenous hydrogen peroxide at 0,2 and 0,5 mM concentrations significantly caused to retarding of leaf rolling in *Ctenanthe setosa*. Antioxidant enzyme activities and content of total soluble sugar with exogenous hydrogen peroxide at 0,2 mM concentration were increased however these activities with hydrogen peroxide at 0,5 and 1 mM concentrations were decreased. In parallel to these results, while level of malondialdehyde (MDA) with hydrogen peroxide at 0,2 mM concentration was decreased, it was showed increase at 0,5 and 1 mM hydrogen peroxide concentrations in comparison with control.

These results showed that exogenous H₂O₂ pretreatment retarded leaf rolling by inducing antioxidant system and systems providing osmotic adjustment under drought stress with *Ctenanthe setosa*.

Key Words: Antioxidant system, *Ctenanthe setosa*, Drought stress, Hydrogen peroxide, Leaf rolling

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | <u>Sayfa No</u> |
|---|-----------------|
| Şekil 1. Başlıca çevresel stres tipleri..... | 4 |
| Şekil 2. Kuraklık stresi koşulları altındaki <i>Ctenanthe setosa</i> yapraklarında H ₂ O ₂ ön muamelesinin nispi su içeriği üzerine etkisi..... | 19 |
| Şekil 3. Kuraklık stresi koşulları altındaki <i>Ctenanthe setosa</i> yapraklarında H ₂ O ₂ ön muamelesinin lipid peroksidasyonu üzerine etkisi..... | 20 |
| Şekil 4. Kuraklık stresi koşulları altındaki <i>Ctenanthe setosa</i> yapraklarında H ₂ O ₂ ön muamelesinin süperoksit dismutaz aktivitesi üzerine etkisi..... | 21 |
| Şekil 5. Kuraklık stresi koşulları altındaki <i>Ctenanthe setosa</i> yapraklarında H ₂ O ₂ ön muamelesinin katalaz aktivitesi üzerine etkisi | 22 |
| Şekil 6. Kuraklık stresi koşulları altındaki <i>Ctenanthe setosa</i> yapraklarında H ₂ O ₂ ön muamelesinin guaiakol peroksidaz aktivitesi üzerine etkisi | 23 |
| Şekil 7. Kuraklık stresi koşulları altındaki <i>Ctenanthe setosa</i> yapraklarında H ₂ O ₂ ön muamelesinin askorbat peroksidaz aktivitesi üzerine etkisi..... | 24 |
| Şekil 8. Kuraklık stresi koşulları altındaki <i>Ctenanthe setosa</i> yapraklarında H ₂ O ₂ ön muamelesinin içsel H ₂ O ₂ içeriği üzerine etkisi | 25 |
| Şekil 9. Kuraklık stresi koşulları altındaki <i>Ctenanthe setosa</i> yapraklarında H ₂ O ₂ ön muamelesinin prolin üzerine etkisi..... | 26 |
| Şekil 10. Kuraklık stresi koşulları altındaki <i>Ctenanthe setosa</i> yapraklarında H ₂ O ₂ ön muamelesinin toplam çözünebilir şeker miktarı üzerine etkisi | 27 |

TABLULAR DİZİNİ

Sayfa No

| | |
|---|----|
| Tablo 1. Kuraklık stresi boyunca <i>Ctenanthe setosa</i> bitkisi yapraklarında H ₂ O ₂ uygulamalarının yaprak kıvrılması üzerine etkisi | 18 |
|---|----|

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|-------------------------------|--------------------------|
| APX | : Askorbat peroksidaz |
| CAT | : Katalaz |
| GPX | : Guaiakol peroksidaz |
| H ₂ O ₂ | : Hidrojen Peroksit |
| NBT | : Nitro blue tetrazolium |
| PEG | : Polietilen glikol |
| SOD | : Süperoksit dismutaz |
| TCA | : Trikloro asetik asit |

1. GENEL BİLGİLER

1.2. Giriş

Bitkiler yaşamları süresince birçok stres faktörü ile karşılaşır. Stres faktörleri biyotik ve abiyotik olmak üzere ikiye ayrılırlar. Biyotik (patojen, diğer organizmalarla rekabet vb.) ve abiyotik (kuraklık, tuzluluk, radyasyon, yüksek sıcaklık vb.) stresler bitkilerde önemli fizyolojik ve metabolik değişimlere yol açarak bitkilerde büyüme ve gelişmeyi olumsuz şekilde etkilerken, üründe nitelik ve nicelik kaybına (ürün kalitesinin ve miktarının azalmasına), bitkinin veya organlarının ölümüne yol açabilmektedirler.

İklimsel değişimlerin etkisiyle oluşan çevresel streslerin en önemlilerinden birisi kuraklık stresidir (Drake vd., 1997). Bu stres çeşidine, bitkilerin cevabı birbirinden farklıdır. Bazı bitkiler yetersiz yağış alan ve düşük su içeriğine sahip olan bölgelerde hayatta kalabilmek için bir takım morfolojik ve fizyolojik modifikasyonlar geliştirmişlerdir (Hopkins, 1995). Bu modifikasyonlardan bazıları kuraklık stresi ya da su eksikliği stresi şartları altında transpirasyonu azaltan yaprakların rulo şeklinde kıvrılması, katlanması veya düşmesidir (Bidwell, 1974). Yaprak kıvrılmasının bazı bitkilerde özellikle su kaybına karşı bir cevap olarak (Townley-Smith ve Hurd, 1979; Begg, 1980; Blum, 1986) yaprağın üst epidermasında bulunan bulliform hücrelerinin turgor özelliklerini kaybetmeleri sonucu meydana geldiği (O'Toole, 1979), etkili bir şekilde yaprak yüzey alanının azaldığı ve kurak alanlar için iyi bir sakinme mekanizması olduğu (Clarke, 1986) belirlenmiştir. Kıvrılmanın tahıl ürünlerinde kuraklığa dayanıklılığı artırdığı rapor edilmiştir (Townley-Smith ve Hurd, 1979). Ayrıca suyun sınırlı olduğu kırsal habitatlarda kıvrılma ile orantılı olarak çimlerin hayatta kalma ihtimallerinin arttığı da kaydedilmiştir (Heckathorn, Delucia, 1991).

Kuraklık stresinin neden olduğu olumsuz koşulları gidermek ve bu stres çeşidinin yaprak kıvrılması üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla bitkilere çeşitli ekzojenik uygulamalar yapılmaktadır. Örneğin, brassinolidlerin yaprak kıvrılmasını geciktirdiği rapor edilmiştir (Cutler vd., 1991). Ayrıca dıştan uygulanan salisilik asidin uzun dönemdeki kuraklık etkisini hafiflettiği ve antioksidan sistemi teşvik ederek yaprak kıvrılmasını geciktirdiği rapor edilmiştir (Kadıoğlu vd., 2011). Bu uygulamalardan bir diğeri ise son yıllarda üzerinde çalışılmakta olan hidrojen peroksit uygulamalarıdır. Düşük

konsantrasyonda uygulanan H₂O₂ ön muamelesinin bitkilerde strese karşı toleransı uyardığı rapor edilmiştir. Örneğin, Arabidopsis ve tütün bitkilerine H₂O₂ ön uygulamasının yüksek ışık yoğunluğunun sebep olduğu oksidatif zararlardan bitkileri koruduğu kaydedilmiştir (Karpinski vd., 1999). Benzer şekilde düşük konsantrasyonlarda H₂O₂ uygulamasının Zea mays, Vigna radiata'da yüksek sıcaklığa toleransı artırdığı ileri sürülmüştür (Prasad vd., 1994; Yu vd., 2002, 2003). Ayrıca H₂O₂ ön muamelesinin, mısır bitkilerinde tuz stresinin etkilerini azalttığı kaydedilmiştir (De Azevedo Neto vd., 2005).

Çeltik bitkisinde yapılan çalışmalarda yaprak kıvrılma derecesi ve su potansiyeli arasında güçlü bir korelasyon bulunmuştur (O'Toole ve Moya, 1978). Kıvrılmanın yapraktaki su potansiyeli veya osmotik potansiyel ile ilişkili olduğu (Hsiao vd., 1984), kurak koşullar altında suda çözünen maddelerin fazlaca biriktiği böylece turgorun devamlılığının sağlandığı (Hensen, 1983) rapor edilmiştir. Hububat bitkilerinde meydana gelen osmotik düzenlemenin (çözünmüş maddelerin artışı ile osmotik potansiyelin düşmesi) su stresine karşı bir adaptasyon olduğu düşünülmektedir (Jones ve Turner, 1978; Turner, 1979; Turner, 1980). Osmotik potansiyelde değişiklik sağlayan bileşikler genellikle ozmolit olarak adlandırılırlar. Ozmolitler enzim aktivitesi ve membran yapısının korunması, reaktif oksijen türlerinin temizlenmesi gibi birçok işleve sahiptirler. Bilinen tüm ozmolitler başta prolin olmak üzere aminoasitler ve türevleri, poliyoller, çözülebilir şekerler ve iyonlardır (Sağlam vd., 2010). Kuraklığa maruz kalmış *Ctenanthe setosa* bitkilerinin osmotik ayarlama için şeker miktarını ve prolin sentezini artırdığı bildirilmiştir (Turgut ve Kadioğlu, 1998; Kadioğlu ve Turgut, 1999). Ayrıca Hsiao vd. (1984) ise osmotik ayarlama ile yaprak kıvrılmasının geciktiğini ve osmotik olarak ayarlanmış yapraklardaki kıvrılmanın daha düşük su potansiyellerinde meydana geldiğini göstermişlerdir. Özellikle suda çözünen şekerlerdeki artışın, su stresine protoplazmik seviyede toleransı artırdığı bildirilmiştir (Hsiao vd., 1976).

Turgut ve Kadioğlu'nun (1998) yaptıkları bir çalışmada kuraklık stresi geçirmiş *C. setosa* bitkisinin yapraklarının kıvrıldığı rapor edilmiştir. *C. setosa*, yapraklarını kıvrarak su eksikliğine uzun süre dayanabilen bir süs bitkisidir. Literatür çalışmalarında, bu bitkide kıvrılma mekanizması üzerine ilk çalışmalar Kadioğlu ve çalışma grubu tarafından yapılmış ve önemli veriler elde edilmiştir (Turgut ve Kadioğlu, 1998; Kadioğlu ve Turgut, 1999; Kadioğlu vd., 2002). Bu çalışmalarda yaprakların kıvrılması sırasında osmotik ayarlamayı sağlamak için yaprakta çözünebilir şeker ve düşük moleküler ağırlıklı karbonhidratların biriktiği, kıvrılma derecesine bağlı olarak prolin, fenolik asit seviyesi ve

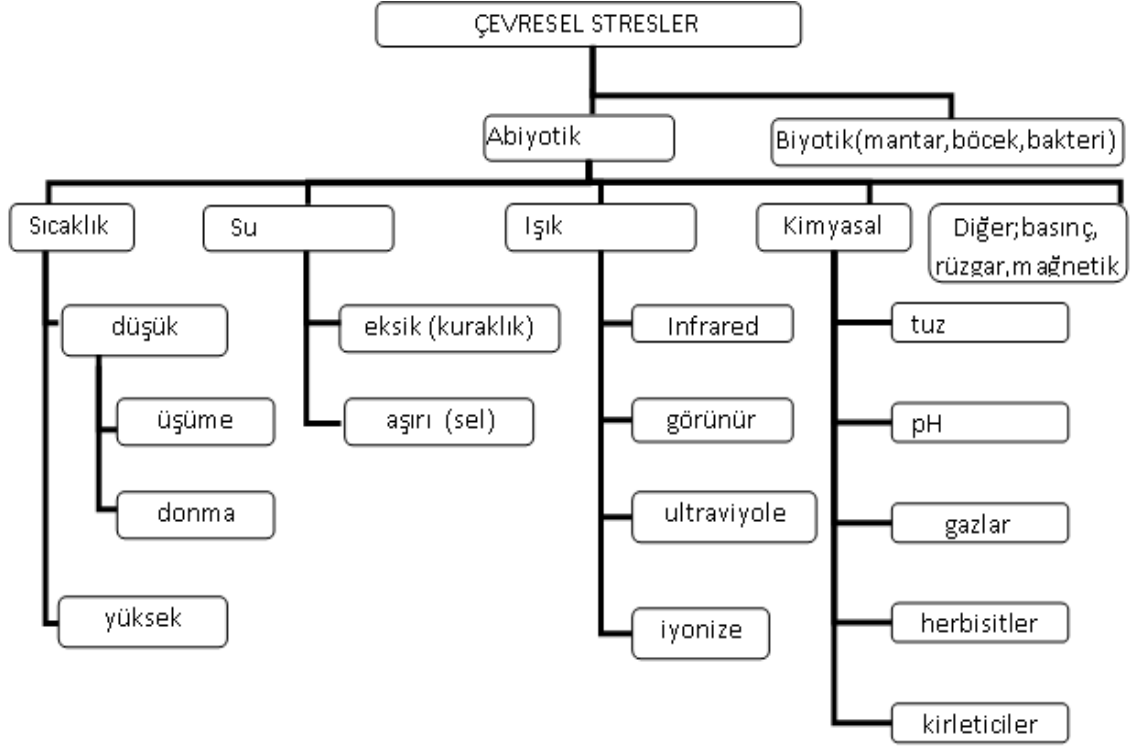
peroksidaz aktivitesinin arttığı (Kadıoğlu ve Turgut, 1999, Ayaz vd., 2000, 2001; Terzi, 2005), süperoksit dismutaz ve glutatyon redüktaz aktivitesinde belirgin bir değişme olmadığı rapor edilmiştir (Terzi, 2005).

Bütün bu literatür bilgileri ışığında, değişik stres koşulları altında çeşitli bitki çeşitleri üzerinde H_2O_2 'nin rolü çalışılmakla birlikte, kuraklık stresi koşulları altında *C. setosa* bitkisi üzerinde kıvrılma üzerine herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle mevcut araştırmada, *C. setosa* bitkisi yapraklarında kuraklık stresi koşulları altında H_2O_2 ön muamelesinin yaprak kıvrılması ve nispi su, MDA, prolin, toplam çözünebilir şeker ve içsel hidrojen peroksit içerikleri ile antioksidan enzim aktiviteleri üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

1.2. Stres ve Stres Çeşitleri

Çevresel ve biyolojik faktörlerin ayrı ayrı ya da birlikte fizyolojik olaylarda belirgin değişimler meydana getirmesi stres olarak tanımlanır. Stres terimi aynı zamanda hasar meydana getirme potansiyelini de kapsar. Bir metabolizma bozukluğunun sonucunda oluşan bu hasarlar bitkinin büyümesinde ve veriminde azalma meydana getirirler (Hale ve Orcutt, 1987).

Bitkilerin maruz kaldığı başlıca stres faktörleri, biyotik ve abiyotik olmak üzere iki kısma ayrılabilir (Şekil 1).



Şekil1. Başlıca çevresel stres tipleri

Bu çevresel stres tiplerinin etkileri birbiriyle ilişkilidir. Örneğin, yüksek sıcaklığa dayanıklılık, onunla birlikte meydana gelen kuraklık şartlarına dayanıklılığa bağlıdır. Diğer taraftan donmaya dayanıklılık, dokunun dehidrasyonuna dayanıklılığı ile önemli derecede bağlantılıdır (Hale ve Orcutt, 1987).

Tüm bitkiler belirli derecelerde stres hasarlarına karşı koyma ve canlı kalabilme özelliğindedirler. Bir bitkinin bazı kısımları (tohumlar, tomurcuk ve dormant hücreler) strese dayanıklı iken, diğer kısımları (meristemler, sukkulent organlar ve fideler) duyarlı olabilir. Ayrıca bitkiler yaşamak zorunda oldukları çevreye kısmen veya tamamen uyabilme özelliğine sahiptirler (Bidwell, 1974). Bu durum bitkilerin ortamdaki mevcut streslere dayanıklılık veya hassaslık özelliklerine bağlıdır.

Strese dayanıklılık, sakinme ve tolerans olmak üzere ikiye ayrılır (Levitt, 1972). Sakınma, dış çevrede stres oluşturabilecek koşullar olmasına rağmen bitkinin, hücrelerini stres altına sokmayan bir iç ortam hazırlamasıdır. Diğer bir deyişle bitkinin dıştan gelen olumsuz faktörlerin etkisini stres oluşturmadan önleme yeteneğidir. Örneğin bir bitkinin yaprağı, transpirasyon yaparak iç sıcaklığını korur ve böylece sıcaklıktan sakınır. Çoğu bitkilerde çeşitli kuraklık sakinme mekanizmaları gelişmiştir. Örneğin kserofitik bitkilerde su kaybını azaltan yaprak kıvrılması, yüzey tüyleri, alt durumlu stoma ve benzer

mekanizmalar bulunur. Tolerans ise bitkinin aşırı dış stres şartlarında olduğu kadar içsel stres altında da bir dereceye kadar canlılığını devam ettirme yani strese dayanma kapasitesidir. Bu özellikteki bitkiler stres sonucu oluşan hasarları azaltabilme veya hiç hasar oluşturmama yeteneğine sahiptirler (Street ve Öpik, 1984). Örneğin kuraklık toleransına sahip bitkiler protoplazma su kaybettiği zaman protoplazması yeniden su alana kadar hayatsal faaliyetlerine devam edebilirler (Hopkins, 1995).

Stres altındaki bitkiler üzerinde çalışma yapılmasının iki önemli nedeni vardır. Birincisi bitkilerin strese karşı reaksiyon mekanizmasının öğrenilmesidir. İkincisi ise tarımsal alanlarda stres altında bulunan bitkilerin söz konusu streslere dayanma yeteneklerinin ölçülmesi ve dolayısıyla daha verimli ürün elde edilmesidir. Bilindiği gibi dünya topraklarının % 10'undan daha azı tarıma elverişlidir. Bu nedenle aşırı olumsuz koşullardan kaynaklanan streslere dayanabilen ya da bu stresleri tolere edebilen bitkiler yetiştirmeye ihtiyaç vardır. Daha dayanıklı ve toleranslı bitkiler yetiştirmek için strese dayanıklılık ve tolerans mekanizmalarının bilinmesi gerekir (Bidwell, 1974).

1.3. Kuraklık ve Kuraklık Stresi

Kuraklık genel anlamda meteorolojik bir olgu olup, toprağın su içeriği ile bitki gelişiminde gözle görülür azalmaya neden olacak kadar uzun süren yağışsız dönem için kullanılan bir terimdir. Yağışsız dönemin kuraklık oluşturması; toprağın su tutma kapasitesi ve bitkiler tarafından gerçekleştirilen buharlaşma veya transpirasyon hızına bağlı olarak gerçekleşir (Jones, 1992; Kozlowski ve Pallardy, 1997).

Dünya üzerindeki kullanılabilir alanlar stres faktörlerine göre sınıflandırıldığında doğal bir stres faktörü olan kuraklık stresi % 26'lık payıyla en büyük dilimi içermektedir. Kuraklık stresini % 20 ile mineral stresi ve % 15 ile soğuk ve don stresi takip etmektedir. Bunların dışında kalan tüm stresler % 29'luk bir pay alırken, yalnızca % 10'luk bir alan herhangi bir stres faktörüne maruz kalmamaktadır (Blum, 1986). Bu durumda kuraklık stresi büyümeyi ve verimi etkileyen en yaygın çevresel streslerden biri olup bitkilerde birçok fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler cevabı oluşturmaktadır. Buna bağlı olarak bitkiler, sınırlı çevresel koşullara adapte olmayı sağlayacak bazı tolerans mekanizmaları geliştirirler (Arora ve Mohan, 2002). Kramer (1980)'e göre bu mekanizmalar kuraklıktan sakınma ve kuraklığa tolerans gösterme olmak üzere iki ana başlık altında incelenebilir. Çoğu bitkide çeşitli kuraklık sakınma mekanizmaları gelişmiştir. Stresten sakınma

mekanizmalarından ilki çöl bitkilerinde görülür. Örneğin, çölde kısa ömürlü olan bitkiler yeterli yağmur periyodu sırasında büyür ve ürerler. Kuraklık periyodunda ise dormant tohumlar meydana getirirler. Diğer bir sakınma mekanizması sukkulent bitkilerde görülür. Bu bitkiler kuraklığa karşı sukkulent dokularında su depolayarak su kaybını en az oranda tutarlar ve böylece uzun bir süre canlılıklarını sürdürebilirler (Salisbury and Ross, 1992). Örneğin herdem yeşil çöl bitkileri kuraklık periyodu boyunca dokularındaki turgoru devam ettirebilmek için suda çözünebilir maddeleri biriktirerek kuraklıktan kaçınırlar (Mundree vd., 2002). Diğer taraftan, bitkisel organlar arasında stresten en çok etkilenen organlardan birisi yapraklar olup, özel çevre koşullarına adapte olmak için bir takım metamorfozlar geçirirler. Örneğin, kurak ortam bitkileri ışık etkisinden korunmak ve suyu iyi bir şekilde absorbe etmek için yaprak yüzeyinde tüy, kütikula ve stoma modifikasyonları gibi özel yapılar geliştirirler.

Stresten kaçınan bitkiler yalnızca orta şiddetteki kuraklık stresi durumunda hayatta kalırken, strese toleranslı bitkiler ise çok daha şiddetli kuraklık stresi durumunda hayatta kalabilirler. Kuraklığa toleranslı bitkiler, dehidrasyonu erteleyenler ve dehidrasyona tolerans gösterenler olmak üzere iki gruba ayrılırlar (Kramer, 1980). Dehidrasyonun ertelenmesi transpirasyonu azaltan veya su absorpsiyonunu artıran mekanizmalar ile sağlanır. Böylece bitkinin zarar oluşturacak derecede düşük su potansiyeline ulaşması önlenir. Dehidrasyon toleransı ise hücreler su hasarına ve düşük su potansiyeline maruz bırakıldıktan sonra bitkinin canlılığını devam ettiren veya büyüten mekanizmaları içerir. Su hasarı artarsa hücreler turgor durumlarını kaybederler ve böylece hücrelerin büyümesi sınırlandırılır. Ayrıca, hücreler içsel osmotik potansiyellerini ayarlayarak da hücre büyüme ve gelişmesini düzenlerler (Hasegawa vd., 1984).

Kuraklık stresine karşı tolerans mekanizmalarından biri de osmotik ayarlamadır (Kramer, 1980). Kuraklık stresinin bir sonucu olarak bitkiler, osmolitler olarak bilinen ve turgorun devamını sağlayan maddeleri biriktirirler. Osmotik ayarlama, kuraklık sonucu turgor özelliğini kaybeden bitki hücrelerinin, sakınma mekanizmalarının yokluğunda turgoru yeniden kazanmaları ve büyümeyi devam ettirebilmeleri için başvurdukları bir yoldur (Handa vd., 1983). Osmotik ayarlamaya en önemli kaynağı indirgen şekerler sağlar (Hasegawa vd., 1984). Bunun yanında prolin, betain, trehaloz, K⁺, fruktanlar da osmotik ayarlama sağlamak için bitkiler tarafından sentezlenirler (Smirnoff, 1998). Osmotik ayarlama, stoma açıklığının korunmasına (Turner vd., 1978; Ackerson vd., 1980; Ludlow vd., 1985) ve fotosentezin devam etmesine (Ackerson vd., 1980) katkı sağlar.

1.4. Bitkilerde Kuraklık Stresinin Etkileri

1.4.1. Yaprak Kıvrılması

Kurak ortamda yetişen bitkiler, yapraklarına gelen ışık miktarını azaltmak için yaprağın açısını değiştirirler ve böylece ışık absorpsiyonu için daha az bir yüzey alanı sağlamış olurlar. Bilindiği gibi ışık, yaprağın ısınmasına neden olur ve su kaybını artırabilir. Bu şartlar altında geliştirilen mekanizmalardan birisi yaprağın yüzeyindeki yansıtma özelliğindeki değişimlerdir (Oppenheimer, 1960). Örneğin, kuraklık stresi altında, küçük taneli tahıl bitkileri orta damar boyunca kıvrılmış dik yapraklar sergilerler. Bu olay bitkiler genellikle suyu geceleyin aldıkları için günün ilerleyen saatlerinde gerçekleşir fakat toprak nemi azaldığı zaman, yaprak kıvrılması günün erken saatlerinde de meydana gelebilir (Terzi, 2005).

Yaprak kıvrılması bazı bitkilerin stresten sakınma mekanizmalarından birisidir (Clarke, 1986). Bitkilerde yaprak kıvrılmasıyla ilişkili iki farklı tip hücre bulunmaktadır. Bunlardan biri bulliform hücreleri olup, bu hücreler bazı Gramineae türlerinin yaprak üst epidermisinde orta damar boyunca yer alırlar. Hava kabarcığı şeklinde olan bu hücreler, yaprak kıvrılması ve açılmasını kontrol etmek için su ile dolarlar. Kuraklık stresi altında, bulliform hücreleri büzülür ve bunun sonucunda yapraklar kıvrılmaya başlar. Bu şekildeki bir kıvrılma ile yaprak alanının sadece % 68'i ışığa maruz kalır ve transpirasyon da % 46-83 oranında azaltılır (Oppenheimer, 1960). Yaprak kıvrılmasıyla ilişkili diğer bir hücre grubu ise hipodermis hücreleridir. *C. setosa*'da bulliform hücreleri yerine yaprağın üst epidermisinin altında ve yaprağın yüzeyi boyunca yer alan büyük hipodermis hücreleri yaprakların rulo şeklinde kıvrılmasına neden olmaktadır (Kadıoğlu ve Terzi, 2007; Kutlu vd., 2009).

Yaprak kıvrılması, aşırı güneş ışığında bitkileri ışıktan koruma mekanizması olarak bilinir ve çoğu bitkide bulunabilir (Kao ve Forseth, 1992; Björkman ve Demmig-Adams, 1993; Xu ve Wu, 1996). Örneğin aşırı güneş ışığına maruz kalan *Amomum villosum* Lour. (Zingiberaceae) bitkisinde meydana gelen yaprak kıvrılması bitkiyi ışığın olumsuz etkilerinden koruyan mekanizmalardan biridir ve normal tarla koşullarında bu mekanizma etkili bir şekilde bitkiyi ışık hasarından koruyabilir (Feng vd., 2002).

Kurak ortamdaki bir bitki yaprağını kıvrırmak suretiyle kendisine iki şekilde yarar sağlayabilir. Birincisi, yaprak yüzeyine düşen yüksek dozda güneş ışığından kaynaklanan

yaprak sıcaklığındaki artışın oluşturacağı hasarlar, güneş ışınlarına maruz kalan yaprak alanı azaltılarak en aza indirilebilir (Begg, 1980). İkincisi, yaprak kıvrılması ile hem transpirasyon azaltılır hem de yaprağın iç yüzeyinde kalan bölgede daha fazla nem ve böylece strese karşı direnç oluşur. Bu sayede çok kısıtlı olan su, bitki tarafından daha etkili bir şekilde kullanılır (Matthews vd., 1990).

Yaprak kıvrılması bitkinin su kaybını azaltarak senesensin gecikmesine etki etmesi bakımından da önemlidir (Richards vd., 2002). Su stresi sırasında yaprak senesensi yerine yaprak kıvrılmasının başlaması bitkinin fotosentezi iyileştirmesine veya azami olarak artırmasına da olanak sağlar (Knap, 1985). Örneğin, *Andropogon gerardii*, stres esnasında su kaybı oranını yavaşlatmak için yapraklarını kıvrarak fotosentezi aktif olarak devam ettirir ve böylece kısa süreli kuraklığa dayanabilir (Richards vd., 2002). Bununla beraber, yaprak kıvrılmasının fotosentez üzerine etkisi tam olarak açık değildir (Terzi, 2005; Nar vd., 2009).

1.4.2. Oksidatif Etki

Bitkilerdeki oksidatif etki serbest radikallerin özellikle reaktif oksijen türlerinin oluşumunu içerir. Serbest radikaller eşleşmemiş elektron içeren moleküller olup oldukça reaktiftirler. Her türden kimyasal ve biyokimyasal tepkime daima atomların dış orbitallerindeki elektronlar sayesinde gerçekleşir. Dış orbitallerde paylaşılmamış elektron bulunması serbest radikallerin reaktivitesini arttırdığı için, serbest radikaller kimyasal aktifliği yüksek moleküllerdir. Bu radikaller plazma membranı, mitokondri, ER membranlarında da oluşabilir (McKersie ve Lehsem, 1994). Bununla birlikte, suyun kısıtlı olduğu durumlarda, bitki daha fazla su kaybetmemek için, genellikle stomalarını kapatır. Bu durum da fotosentezle fiksasyon için gerekli CO₂'nin alımının kısıtlanmasına neden olur ve böylece kuantum verimi azalır. Böylece fotosentezdeki elektron akseptörü NADP⁺ kısıtlı hale gelir ve ferrodoksin NADP yerine oksijeni redükler ve PS I'in elektronları O₂'ye transferi sonucunda reaktif süperoksit radikali (O₂^{•-}), üretilir (Mehler reaksiyonu) (Tambussi vd., 2000). Birçok türde kuraklık stresi altında artan süperoksit üretim hızı lipid peroksidasyonuna, yağ asidi doymunluğuna ve sonuç olarak membranların bütünüyle zarar görmesine neden olur (Sgherri vd., 1996). Süperoksit tek başına çok fazla reaktif olmayıp, H₂O₂ ve •OH radikallerini oluşturmak suretiyle etkili olur (Halliwell ve Gutteridge, 1989). Süperoksit ve hidrojen peroksidin hidroksil radikalini oluşturmak üzere tepkimesi sırasında

(Haber-Weiss reaksiyonu), artan demir ya da bakır gibi diğer geçiş metalleri, bu reaksiyonları hızlandırmak suretiyle oksidatif hasarı daha da artırabilir (Fenton reaksiyonu) (Smirnoff, 1993). Serbest radikaller, hem indirgen hem de yükseltgen olarak bazen de her iki etkiyi birlikte göstererek hücre hasarına neden olurlar. Serbest radikallerin DNA, hücresel proteinler ve lipidler üzerinde de zararlı etkileri vardır.

Serbest oksijen radikalleri genellikle hidroksil, hidrojen peroksit, singlet oksijen, peroksit radikallerinden oluşur. Bu radikallerin yarılanma ömürleri birkaç mili saniye ile dakikalar hatta saatler arasında değişebilmektedir.

1.4.2.1. Hidrojen Peroksit (H₂O₂)

Hidrojen peroksit, oksijenin enzimatik olarak iki elektron ile indirgenmesiyle ya da süperoksitlerin enzimatik veya enzimatik olmayan dismutasyon tepkimeleri sonucu oluşur. Süperoksitin olduğu yerlerde önemli miktarda H₂O₂'de üretilir. Fotosentetik elektron transport zinciri H₂O₂'nin üretiminden sorumludur. H₂O₂'nin üretildiği başka bir kaynak fotorespirasyonla glikolatin oksidasyonunun meydana geldiği peroksizomlardır. Ayrıca biyokimyasal olarak oksijenin iki elektronlu indirgenmesinin gerçekleştiği solunum işlemleri sırasında ve genellikle flavoproteinlerle gerçekleştirilen reaksiyonlarla da oluşturulur. Diğer taraftan plazma membranı ve ekstrasellular matriksde H₂O₂'nin üretildiği diğer önemli kaynaklardır (Slesak vd., 2007). Yapısında paylaşılmamış elektron içermediğinden radikal özellik taşımaz. H₂O₂'nin oksitleyici bir tür olarak bilinmesinin nedeni demir ve bakır gibi metal iyonlarının varlığında hidroksil radikalinin öncülü olarak davranmasıdır. H₂O₂ özellikle proteinlerdeki hem grubunda bulunan demir ile tepkimeye girerek yüksek oksidasyon düzeyindeki reaktif demir formlarını oluşturur. Bu formdaki demir çok güçlü oksitleyici özelliklere sahip olup, hücre zarlarında lipid peroksidasyonu gibi radikal tepkimeleri başlatabilir. Oksitleyici özelliği nedeniyle biyolojik sistemlerde oluşan H₂O₂'nin ortamdan uzaklaştırılması gerekir. Bu görevi hücrelerdeki önemli antioksidan enzimler olan katalaz ve peroksidaz yerine getirir (Halliwell, 1984). Ancak Reaktif oksijen türlerinin (ROS) bir türü olarak bilinen ve toksik olarak kabul edilen H₂O₂ (Smirnoff, 1993) aynı zamanda stres sinyali iletim yolunda sinyal molekül olarak görev alır (Foyer et al., 1997). H₂O₂'in yüksek konsantrasyonları toksik olup programlanmış hücre ölümüne sebep olabilirken (Alvarez vd., 1998) toksik olmayan konsantrasyonlarda çeşitli biyotik ve abiyotik stres faktörleri karşısında bitkisel cevaplar verilmesinde aracı

olan bir sinyal moleköl olarak görev alabilir (Grant ve Loake, 2000). Bitkilerde H₂O₂ molekölünün düşük konsantrasyonlu ön muamelesi Glutasyon (Murphy vd., 2002), antioksidan enzim aktivitesini (De Azevedo Neto vd., 2005) artırır ve bu nedenle ROS 'nin zararlı etkileri yatıştırılmış olur (Murphy vd., 2002; Wahida vd., 2007).

1.4.3. Antioksidan Sistem

Antioksidan terimi, zararlı bir forma dönüşmeksizin ROS'ları temizleyebilen bileşikler için kullanılmaktadır. Bitki dokuları stres koşullarında hücreleri ROS etkisinden korumak için, bazı enzimler (SOD, CAT, GPX, APX) ve düşük moleköler ağırlıklı antioksidanlar (glutasyon, askorbat, karotenoidler, tokoferoller) ihtiva ederler. Antioksidan enzimler koordineli bir şekilde ROS'ları temizlerler veya onları daha az toksik olan bileşiklere metabolize ederler. Kuraklık stresine maruz kalan bitkiler antioksidan savunma sistemlerinin bazılarının ya da tamamının aktivasyonu ile oksidatif stresin üstesinden gelebilirler (Srivalli vd., 2003; Jung, 2004; Ramachandra vd., 2004; Pinheiro vd., 2004).

1.4.4. Nispi Su İçeriği (NSİ)

Nispi su içeriği, bitkinin su durumunun genel bir ifadesidir (Sivaramakrishnan vd., 1988). Diğer bir deyişle yaprağın su durumunu ve dokunun metabolik aktivitesini yansıtan bitkideki su miktarının alternatif bir ölçümüdür (Flower ve Ludlow, 1986). Su potansiyeline benzer olarak nispi su içeriği de bir çok çevresel parametreden etkilenen transpirasyon ve topraktan su alınımı arasındaki dengenin sağlanmasına karşı oldukça duyarlıdır (Sivaramakrishnan vd., 1988). Stres çalışmalarında NSİ'nin belirlenmesi oldukça önemlidir. Buğday çeşitleri (Sairam vd., 2001) ve ayçiçeğinde (Sgherri ve Navari-Izzo, 1995) NSİ su stresinin artmasıyla azalır. Stres esnasında dayanıklı ırkların nispi su içeriğindeki azalışın hassas olanlara nazaran daha az olduğu bilinmektedir. Örneğin, Pastori ve Trippi (1992), NSİ'nin iki mısır ırkında kuraklık periyodu esnasında azaldığını ve bu azalışın hassas olan ırkta dayanıklı olana göre önemli derecede fazla olduğunu rapor etmişlerdir. Buğday bitkisinde yapılan diğer bir çalışmada da toleranslı olan kültürün hassas olanla karşılaştırıldığında, stres periyodu esnasında daha fazla NSİ'ye sahip olduğu görülmüştür (Sgherri vd., 2000). Soğan (*Allium cepa*) bitkisinde yapılan başka bir

çalışmada ise NSİ'nin kontrol ile karşılaştırıldığında % 25 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Egert ve Tevini, 2002).

1.4.5. Lipid Peroksidasyonu

Stres etkisiyle oluşan serbest radikaller bitkilerde lipid peroksidasyonunu başlatabilir (Thompson vd., 1987). Lipid peroksidasyonu oksidatif stres sonucunda oluşan malondialdehit (MDA) içeriğine bakılarak belirlenir (Iriyogen vd., 1992) ve yaprak senesensi esnasında önemli bir değişim olarak düşünülür (Dhindsa vd., 1981/82; Thompson vd., 1987). Stres altında lipidlerin oksidasyonu iki veya 3 kat artabilir. Örneğin çeltik sürgünlerinde (Yardanov vd., 2000), buğday genotiplerinde (Sairam vd., 2001) ve şeker kamışı yapraklarındaki (Smirnoff, 1993) su stresi lipid peroksidasyonunu artırır. Lipid peroksidasyonunun düşük seviyede olması özellikle SOD ve peroksidaz gibi bazı antioksidan enzimlerin aktivitesinin yüksek seviyede tutulmasının bir sonucu olabilir (Fu ve Huang, 2001). Ayrıca lipid peroksidasyonunun bitkilerin strese toleransı ile ilişkili olduğu bilinir. Örneğin su stresine maruz bırakılmış buğday ve mısır çeşitlerinde su stresi şartları altında MDA içeriği artarken hassas genotiple karşılaştırıldığında strese toleranslı genotiplerde düşük oranda lipid peroksidasyonu meydana gelir (Pastori ve Trippi, 1992; Sairam vd., 1998).

1.5. Marantaceae Familyasının ve *Ctenanthe* Cinsinin Genel Özellikleri

Marantaceae familyası üyeleri tropik bölgelerde yaklaşık 30 cinsi bulunan otsu, çok yıllık ve rizumlu bitkilerdir. Çoğu tropik Amerika, birkaç türü ise tropik Asya ve Afrika'da yayılış gösterir. Çoğu sera ve süs bitkisidir. Petiyolün kaidesinde dar veya geniş olabilen bir kın mevcuttur. Yaprak ayasında orta damardan çıkan damarlar birbirine paraleldir (Heywood, 1978). Petiyolün yaprak ayasıyla birleştiği yerde pulvinus adı verilen hücrelerin yer aldığı şişkin bir kısım bulunur ve bu motor hücreler yaprağın hareketinde rol oynarlar (Zeybek ve Zeybek, 1994).

Marantaceae familyasının bir üyesi olan *Ctenanthe*, her dem yeşil taksonları olan bir cins olup, çalimsı ve çok yıllık bitkilerdir. Dekoratif yaprakları için yetiştirilirler (Brickell, 1989). Anavatanı tropikal Brezilya'dır. *Calathea* ve *Maranta* cinsleri ile yakın ilişkisi

vardır (Terzi, 2005). Soğuğa hassastırlar ve minimum 15°C'de yaşayabilirler. Nemli ortamları, yarı gölgeli alanları ve iyi drenajlı toprakları tercih ederler. Üretilmesi ilkbaharda rizomlardan bölünerek yapılır (Brickell, 1989). *C. pilosa*, *C. setosa*, *C. amabilis* gibi bazı türlerinde nektar salgısı görülür (Kirchoff ve Kennedy, 1985).

C. setosa, tropikal, çok yıllık otçul bitkilerin küçük bir familyasının üyesi olup, sera ve evlerde süs bitkisi olarak kullanılır (Heywood, 1978). Bitkiler yaklaşık bir metre boyunda olabilir ve yeşil yapraklara sahiptirler (Terzi, 2005). Bu bitkinin kuraklığa ve hava sıcaklığının artmasına cevap olarak yapraklarını rulo şeklinde kıvrırma yeteneğinde olduğu ve yaprak kıvrılma mekanizmasını açıklamak için model bir bitki olduğu belirlenmiştir (Turgut ve Kadioğlu, 1998).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyalin Sağlanması

Sera koşullarında eşit büyüklükteki saksılarda ve toprak içerisinde büyütülen, hemen hemen aynı bitki yüksekliği, yaprak sayısı ve genişliğine sahip *Ctenanthe setosa* (Rosc.) Eichler (Marantaceae) bitkileri, 16 saat ışık, 8 saat karanlık, 21°C sıcaklık ve 400 lüks floresan ışık yoğunluğuna sahip iklim odasında bu şartlara alışmaları için bir hafta süreyle tutuldu. Daha sonra hidrojen peroksit ön muamelesi için bitkilerin aynı boyutlardaki yaprakları kesilip yaralanma stresinin herhangi bir olumsuz etkisine karşı 1 saat boyunca saf suda bekletildi. Daha sonra her grupta ikişer yaprak olmak üzere 48 saat süreyle 4 grup (0, 0,2, 0,5, 1 mM) hidrojen peroksit uygulaması yapıldı.

Uygulamanın ardından yapraklar % 2,5 polietilen glikol (PEG 6000) ile 4 saat boyunca kuraklık stresine maruz bırakıldı. Uygulama süresince her saat başı yaprak kıvrılma dereceleri ölçüldü. Böylece kuraklık stresi esnasında yaprak kıvrılmasının geciktirilmesinde hidrojen peroksit ön muamelesinin etkili olup olmadığı öğrenilmeye çalışıldı.

2.2. Yaprak Kıvrılma Derecesinin Ölçülmesi

Yaprak kıvrılma derecesi Premachandra vd. (1993)'ne göre belirlendi. Yaprakların kıvrılmasından önce ve sonra orta kısımlarının eni ölçüldü. Yaprak kıvrılma derecesi, kıvrılma sonucunda yaprak enindeki % azalma olarak ifade edildi.

2.3. Nispi Su İçeriği Tayini

Nispi su içeriği tayini Castillo (1996)'a göre yapıldı. Bitkilerin yapraklarının taze ağırlıkları ölçüldükten sonra +4°C'de 24 saat deiyonize suda bekletilerek turgid ağırlıkları alındı. Daha sonra örnekler 65°C'ye ayarlı fırında 48 saat bekletilerek kuru ağırlıkları kaydedildi ve aşağıdaki formülde yerine koyularak nispi su içerikleri (NSİ) belirlendi.

$$\text{Nispi Su İçeriği (\%)} = (\text{Taze Ağırlık} - \text{Kuru ağırlık} / \text{Turgid ağırlık} - \text{Kuru ağırlık}) \times 100$$

2.4. Lipid Peroksidasyonu Tayini

Lipid peroksidasyonu seviyesi, lipid peroksidasyonunun bir ürünü olan malondialdehid içeriğine dayanarak Heath ve Packer (1968) metodunu takiben ölçüldü. Her bir numuneden 0,5 gr alınarak 10 ml % 0,1 trikloro asetik asit (TCA) içerisinde homojenize edildi. Homojenat 15 000Xg de 5 dk. Santrifüj edildi. Süpernatantın 1 ml'sine 4 ml, % 20 TCA içerisinde hazırlanmış % 0,5 tiobarbiturik asit ilave edildi. Karışım 95°C 'de 30 dk. ısıtıldı ve sonra hızlı bir şekilde buz banyosunda soğutuldu. 10 000Xg' de 10 dk. santrifüjden sonra süpernatantın absorbansı 532 nm de kaydedildi. 600 nm de spesifik olmayan absorpsiyon için okunan değer hesaptan çıkarıldı. Elde edilen sonuç aşağıdaki formülde yerine konularak MDA konsantrasyonu hesaplandı.

$$A = \epsilon \cdot c \cdot l$$

(A: $A_{532} - A_{600}$, ϵ : Absorpsiyon katsayısı, 155 $\text{mmol}^{-1}\text{cm}^{-1}$, c: MDA konsantrasyonu)

Sonuçlar g taze a ırlık ba ına nmol olarak verildi.

2.5. Enzimler İçin Ekstrakt Hazırlanması

Hücrel ekstreksiyon için, yapraktan kıvrılma boyunca alınan numunelerden 0,5 g tartıldı ve sıvı azot içerisinde toz haline getirildi. Daha sonra 5 ml ekstreksiyon tamponu (50 mM K_2HPO_4 , 1 mM EDTA pH 7,0, % 1 PVPP) içerisinde ekstrekte edildi. Ekstrakt +4°C' de 20.000Xg' de 20 dk. santrifüj edildi. Elde edilen süpernatant enzim aktivitesinin tayini için kullanıldı.

2.5.1. Süperoksit Dismutaz (SOD) Aktivitesinin Tayini

SOD aktivitesi, Beauchamp ve Fridovich (1971) metodunun Dhinsa ve Matowe (1981) tarafından geliştirilen yöntemi ile belirlendi. Bu metotta aktivite, indikatör molekül olarak kullanılan nitro blue tetrazolium (NBT)' un süperoksit radikalleri ile mavi renkli formazona indirgenmesi reaksiyonunun SOD enzimi tarafından engellenmesinin ölçülmesiyle tayin edildi. Bu reaksiyonun % 50'sinin inhibisyonuna uygun süpernatant hacmi 1 enzim ünitesi olarak kabul edildi.

Aktivite tayini için 50 mM fosfat tamponu (pH 7,8), 0,1 mM EDTA, 13 mM metionin, 75 μ M NBT ve 2 μ M riboflavin içeren karışımına 50 μ l enzim ekstraktı ilave edildi. Son olarak riboflavin eklendi ve tüplerin floresans lamba altına yerleştirilmesiyle reaksiyon başlatıldı. Işıklı kaynağın 10 dk. sonra uzaklaştırılmasıyla reaksiyon sonlandırıldı ve oluşan reaksiyon ürünü 560 nm dalga boyunda spektrofotometrede okundu. SOD aktivitesi, mg protein başına ünite enzim olarak ifade edildi.

2.5.2. Guaiakol Peroksidaz (GPX) Aktivitesinin Tayini

Guaiakol peroksidaz aktivitesi, Urbanek vd., (1991)'in yöntemine göre belirlendi. Enzim aktivitesi, 100 mM potasyum fosfat tamponu (pH 7,0), 0,1 mM EDTA, 5 mM guaiakol, 15 mM H₂O₂ ve 50 μ l enzim ekstraktı içeren 2 ml'lik reaksiyon karışımının 470 nm'de 1 dk. süreyle ölçülmesiyle belirlendi. Guaiakol peroksidaz (GPX) aktivitesi 26,6 mM⁻¹cm⁻¹ epsilon katsayısının kullanılmasıyla hesaplandı ve sonuçlar mg protein başına verildi.

2.5.3. Katalaz (CAT) Aktivitesinin Tayini

Katalaz aktivitesi, Aebi (1983)'nin yöntemine göre belirlendi. Enzim aktivitesi, 50 mM potasyum fosfat tamponu (pH 7,0), 30 mM H₂O₂ ve 20 μ l enzim ekstraktı içeren 1 ml'lik reaksiyon karışımının 240 nm'de 5 dk. süreyle ölçülmesiyle belirlendi. Katalaz aktivitesi, H₂O₂ için 39,4 mM⁻¹cm⁻¹ epsilon katsayısının kullanılmasıyla hesaplandı ve sonuçlar mg protein başına verildi.

2.5.4. Askorbat Peroksidaz (APX) Aktivitesinin Tayini

Askorbat peroksidaz aktivitesi, 290 nm'de absorbansdaki azalışı olarak belirlendi (Nakano ve Asada, 1981). Enzim aktivitesi, 50 mM Potasyum fosfat tamponu (pH 7,0), 250 μ M askorbik asit (ASC), 5 mM H₂O₂ ve 20 μ l enzim ekstraktı içeren 1 ml'lik reaksiyon karışımının ölçülmesiyle belirlendi. Askorbat peroksidaz aktivitesi, 290 nm'de ASC için 2,8 mM⁻¹cm⁻¹ epsilon katsayısının kullanılmasıyla hesaplandı ve sonuçlar mg protein başına verildi.

2.6. Hidrojen Peroksit (H₂O₂) İÇeriğinin Belirlenmesi

Hidrojen peroksit içeriğini belirlemek için Velikova vd., (2000) 'nin güncellenen metodu kullanıldı. Yapraklardan alınan numuneler (0,25 g), 0,1 g aktif kömür kullanılarak 3 ml % 5 trikloroasetik asit içerisinde ekstre edildi. 0.75 ml KI (1 M) ve 0,5 ml 10 mM potasyum fosfat tamponu (pH 7.0) 0,5 ml'lik süpernatanta eklendi. Absorbans değerleri spektrofotometrede 390 nm'de ölçüldü. H₂O₂ içeriği $\mu\text{mol g}^{-1}$ taze ağırlık olarak ifade edildi.

2.7. Yapraklarda Prolin Tayini

Prolin miktarı spektrofotometrik olarak asit ninhidrin metodu ile belirlendi (Bates vd., 1973). Bu amaçla önce saf prolin kullanılarak standart hazırlandı. Bunun için 1ml'sinde 100 μg prolin içeren çözeltilerden 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 ml alınarak % 3'lük sülfosalisilik asitle 1ml'ye tamamlandı. Üzerine 1ml glisial asetik asit ve 1 ml asit-ninhidrin çözeltisi (1,25 g ninhidrin, 30 ml glisial asetik asit ve 20 ml 6 M fosforik asit içerisinde hafif ısıtılarak çözüldü) ilave edildi. A zı kapaklı tüplerde bulunan numuneler vorteksle karıştırıldıktan sonra 100°C 'lik etüvde 1 saat bekletildi. Daha sonra reaksiyonu durdurmak için numuneler 10 dk. buz üzerinde tutuldular. Her bir tüpe 3 ml toluen ilave edilip tekrar vorteksle karıştırıldı. Yine a zı kapaklı tüplerde 4000 rpm'de 5 dk santrifüj edildi. Santrifüj sonrası pipetle üst faz sarsılmadan küvete alınıp spektrofotometrede 520 nm dalga boyunda ölçüldü. Kör olarak toluen kullanıldı.

Her bir grup bitkiye ait yaprak numunelerinden bir miktar alındı ve yapraklar 60°C 'deki etüvde 1 gece kurutuldu. Bu kurutulmuş numunelerden 0,1 g alınarak 10 ml % 3 'lük sülfosalisilik asit içinde homojenize edildi ve homojenat filtre kağıdından süzüldü. Süzüntü 22°C'de 5000 rpm'de 5 dakika santrifüj edildi. Süpernatant kısımlarından 1'er ml alınıp yukarıdaki işlemlerden geçirildi. Elde edilen absorbans değerleri spektrofotometrede hazır olan standart grafik üzerinde μg prolin olarak belirlendi. Elde edilen sonuçlar g kuru ağırlık başına μg prolin olarak ifade edildi.

2.8. Toplam Çözünebilir Şeker Tayini

Bitki yapraklarındaki toplam çözünebilir şeker miktarı Dubois vd., (1956)'ne göre belirlendi. Standart çözeltiler hazırlamak için tüplere 1'er ml glukoz (20 µg/1000 µl) ve 1 ml % 5'lik fenol çözeltisi ilave edilerek karıştırıldı. Üzerine 5 ml deriik sülfirik asit eklendi ve tekrar vorteksle karıştırıldı. Daha sonra tüpler 15-20 dk. oda sıcaklığında bekletilerek 490 nm dalga boyunda spektrofotometrede absorbansları ölçüldü. Kör hazırlamak için glukoz yerine 1 ml saf su kullanıldı. Daha sonra hesaplamalarda bu standart çözeltilerin absorbans sonuçlarının ortalamaları alındı.

Numunelerin toplam çözünebilir şeker miktarını ölçmek için, her bir gruba ait bitkilerden yaprak numuneleri alınarak 60°C 'deki etüvde 1 gece kurutuldu. Bu kuru örneklerden 0,1 g alınıp cam kumuyla havanda toz haline getirildi. Toz halindeki numune havandan iyice kazınarak a zı kapaklı tüplere alındı üzerine 5 ml % 80 'lik etanol ilave edildi. Daha sonra 1 saat etanolde bekletildi ve numuneler 5000 rpm'de 5 dakika santrifüj edildi. Üst faz alınarak +4°C 'de stoklandı. Numunelerden 100µl alındı ve üzerine 900 µl saf su ilave edilip yukarıdaki aynı i lemlerden geçirildi. Daha sonra 490 nm dalga boyunda absorbanslar ölçüldü. Elde edilen veriler mg/100 g kuru a ırlık olarak ifade edildi.

2.9. İstatistik Analizler

Bütün denemeler üç kez kuruldu ve bütün analizler ba ımsız üç ayrı ekstraksiyon ile üç tekerrür olarak yapıldı. Elde edilen ortalamaların varyansı, % 5'lik önemde (p< 0.05) Microsoft Windows versiyon 11.5 SPSS yazılımı kullanılarak Duncan Çoklu Kar ıla tırma Testi kullanılarak kontrol edildi.

3. BULGULAR

3.1. Hidrojen Peroksit Ön Muamelesinin Kuraklık Stresine Maruz Kalmış *Ctenanthe setosa*'da Yaprak Kıvrılması Üzerine Etkisi

Düük konsantrasyonda H₂O₂ ön muamelesinin kuraklık stresi koulları altında yaprak kıvrılması üzerine etkisi incelendi. Ölçümler sonucunda H₂O₂ uygulamasının kuraklık stresi altında yaprak kıvrılmasını geciktirdi i gözlendi. 0,2 mM ve 0,5 mM H₂O₂ uygulamalarında yaprak kıvrılması yüzdesi kontrole göre istatistiki olarak önemli derecede azalırken, 1 mM H₂O₂ uygulamasında kontrole göre önemli bir fark gözlenmedi. Yaprak kıvrılma dereceleri uygulamanın 1. saatinde 0, 0,2, 0,5 ve 1 mM H₂O₂ uygulamalarında sırasıyla % 33,3, % 7,7, % 24,2 ve % 28 olarak ölçülürken, 4. saatteki kıvrılma dereceleri ise 0, 0,2, 0,5 ve 1 mM H₂O₂ uygulamalarında sırasıyla % 71, % 59, % 66 ve % 71 olarak belirlendi (Tablo1.).

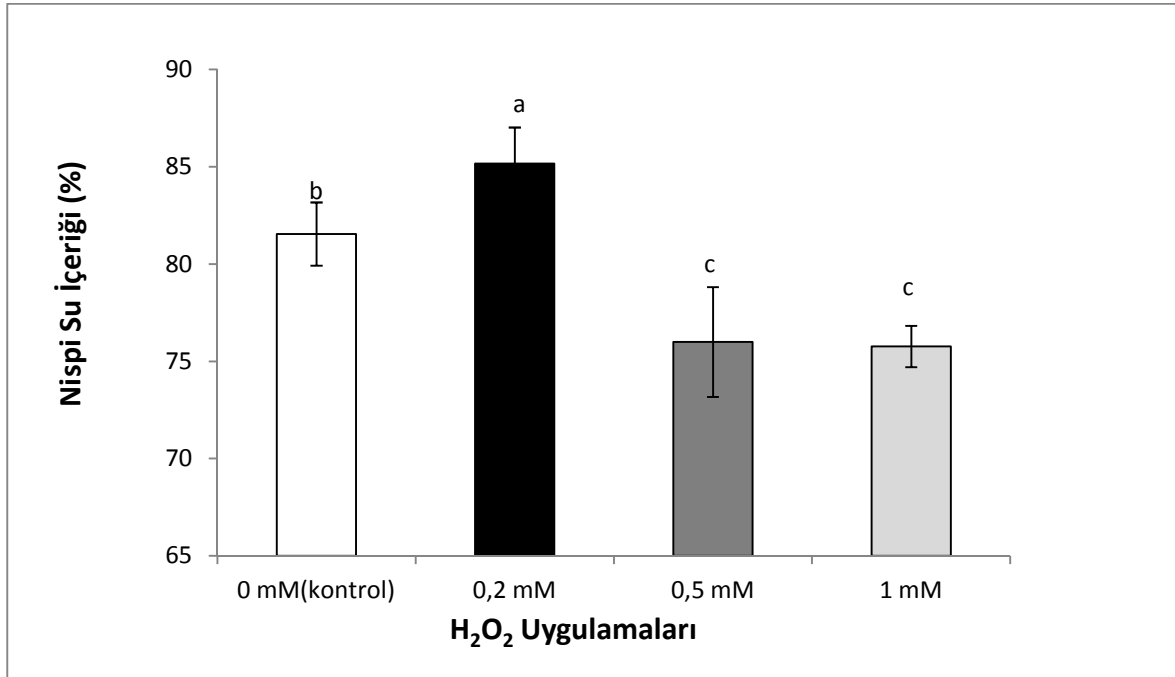
Tablo1. Kuraklık stresi boyunca *Ctenanthe setosa* bitkisi yapraklarında H₂O₂ uygulamalarının yaprak kıvrılması üzerine etkisi

| Yaprak Kıvrılma Derecesi (%) | | | | |
|---------------------------------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| Hidrojen peroksit konsantrasyonu (mM) | 1.saat | 2. saat | 3.saat | 4.saat |
| 0 | 33,3±3,51dA | 48,8±3,82cA | 65,9±3,01bA | 71,0±1,73aA |
| 0,2 | 7,7±0,59 dC | 30,4±4,71cB | 39,4±2,90bC | 59,0±2,64aC |
| 0,5 | 24,2±3,00dB | 50,3±3,51cA | 56,0±1,73bB | 65,6±0,80aB |
| 1,0 | 28,0±0,90dA | 51,9±0,96cA | 61,53±3,46bA | 71,0±2,00aA |

Her satırdaki birbirinden farklı küçük harfler uygulama saatleri arasındaki önemli farkları (P < 0.05) göstermektedir. Herbir sütündeki birbirinden farklı büyük harfler uygulamalar arasındaki önemli farkları (P < 0.05) göstermektedir.

3.2. Hidrojen Peroksit Ön Muamelesinin Kuraklık Stresine Maruz Kalmış *Ctenanthe setosa* Yapraklarındaki Nispi Su İçeriği Üzerine Etkisi

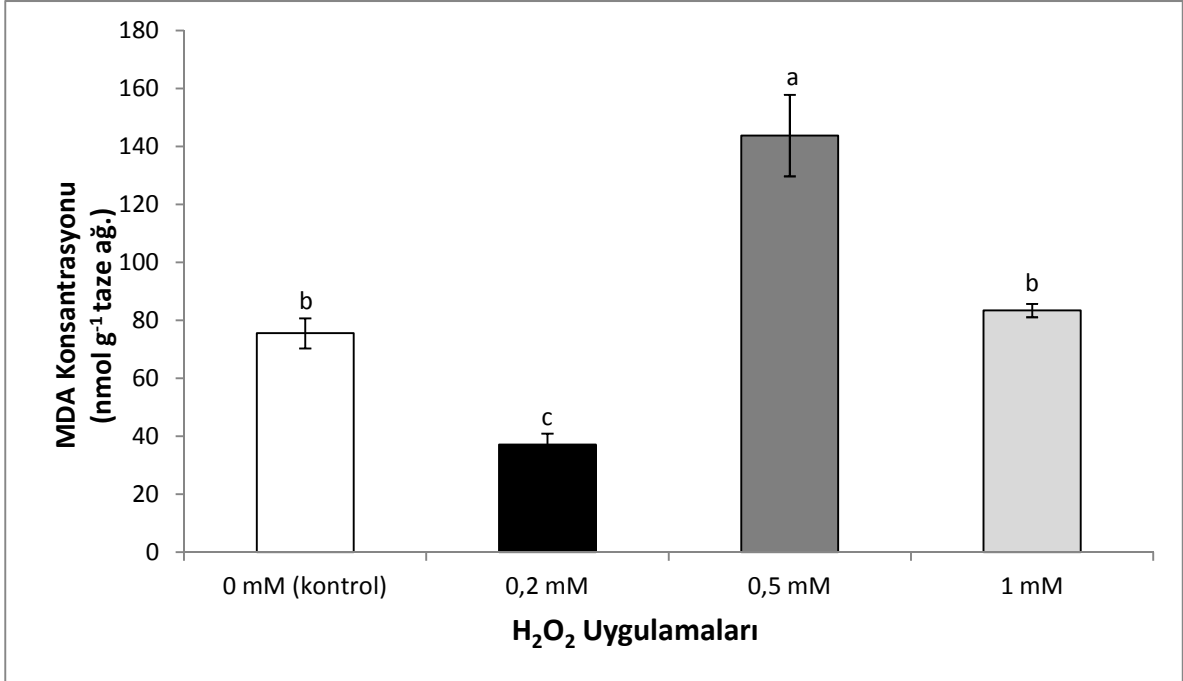
Dü ük konsantrasyonda H₂O₂ ön muamelesinin kuraklık stresi ko ulları altında nispi su içeri i üzerine etkisi incelendi. NS , 0,2 mM H₂O₂ uygulamasında kontrole kıyasla istatistiki olarak daha yüksek bulunurken, 0,5 ve 1 mM H₂O₂ uygulamalarında ise kontrole göre istatistiki olarak belirgin bir azalma gösterdi. Kontrol yapraklarında % 81 olan NS , 0,2 mM H₂O₂ uygulamasında % 85, 0,5 mM ve 1 mM H₂O₂ uygulamalarında ise sırasıyla % 76, % 75 olarak belirlendi (ekil 2).



ekil 2. Kuraklık stresi ko ulları altındaki *Ctenanthe setosa* yapraklarında H₂O₂ ön muamelesinin nispi su içeriği üzerine etkisi. 0 mM (kontrol); Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 0,2 mM; 0,2 mM H₂O₂ içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 0,5 mM; 0,5 mM H₂O₂ içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 1 mM; 1 mM H₂O₂ içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol. Barlar 3 tekerrürlü olarak yapılan ölçümlerin standart sapmasını göstermektedir. Aynı harflerle gösterilen sütunlar arasındaki fark % 5 (P< 0,05) seviyesinde önemsizdir.

3.3. Hidrojen Peroksit Ön Muamelesinin Kuraklık Stresine Maruz Kalmış *Ctenanthe setosa* Yapraklarındaki Lipid Peroksidasyonu Üzerine Etkisi

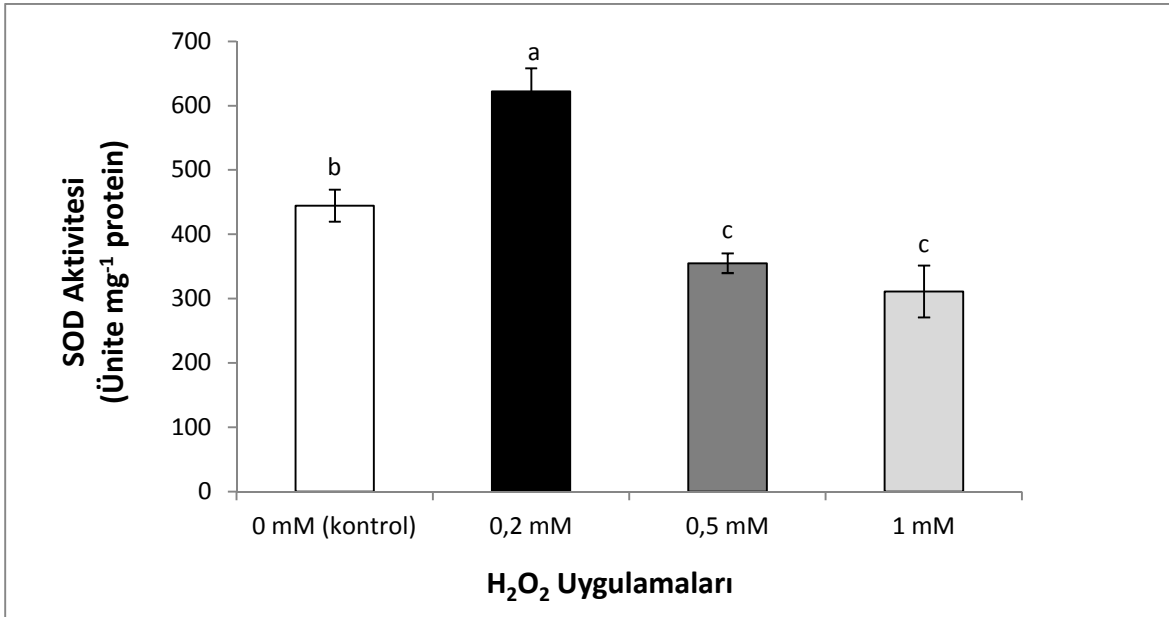
Dü ük konsantrasyonda H_2O_2 ön muamelesinin kuraklık stresi ko ulları altında lipid peroksidasyonu üzerine etkisi incelendi. Lipid peroksidasyonunun bir göstergesi olan MDA içeri i, 0,2 mM H_2O_2 uygulamasında kontrole göre istatistiki olarak önemli derecede bir azalı gösterirken, 0,5 mM ve 1 mM uygulamalarında ise kontrole göre artı gösterdi. Yapraklarda yapılan analizlerde MDA içeri i kontrol yapraklarında $75,52 \text{ nmol g}^{-1}$ taze a ırlık olarak belirlenirken 0,2 mM H_2O_2 uygulamasında $37,1 \text{ nmol g}^{-1}$ taze a ırlık, 0,5 mM ve 1mM H_2O_2 uygulamalarında ise sırasıyla $143,76 \text{ nmol}$ ve $83,4 \text{ nmol g}^{-1}$ taze a ırlık olarak belirlendi (ekil 3).



ekil 3. Kuraklık stresi ko ulları altındaki *Ctenanthe setosa* yapraklarında H_2O_2 ön muamelesinin lipid peroksidasyonu üzerine etkisi. 0 mM (kontrol); Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 0,2 mM; 0,2 mM H_2O_2 içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 0,5 mM; 0,5 mM H_2O_2 içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 1 mM; 1 mM H_2O_2 içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol. Barlar 3 tekerrürlü olarak yapılan ölçümlerin standart sapmasını göstermektedir. Aynı harflerle gösterilen sütunlar arasındaki fark % 5 ($P < 0,05$) seviyesinde önemsizdir.

3.4. Hidrojen Peroksit Ön Muamelesinin Kuraklık Stresine Maruz Kalmış *Ctenanthe setosa* Yapraklarındaki Süperoksit Dismutaz Aktivitesi Üzerine Etkisi

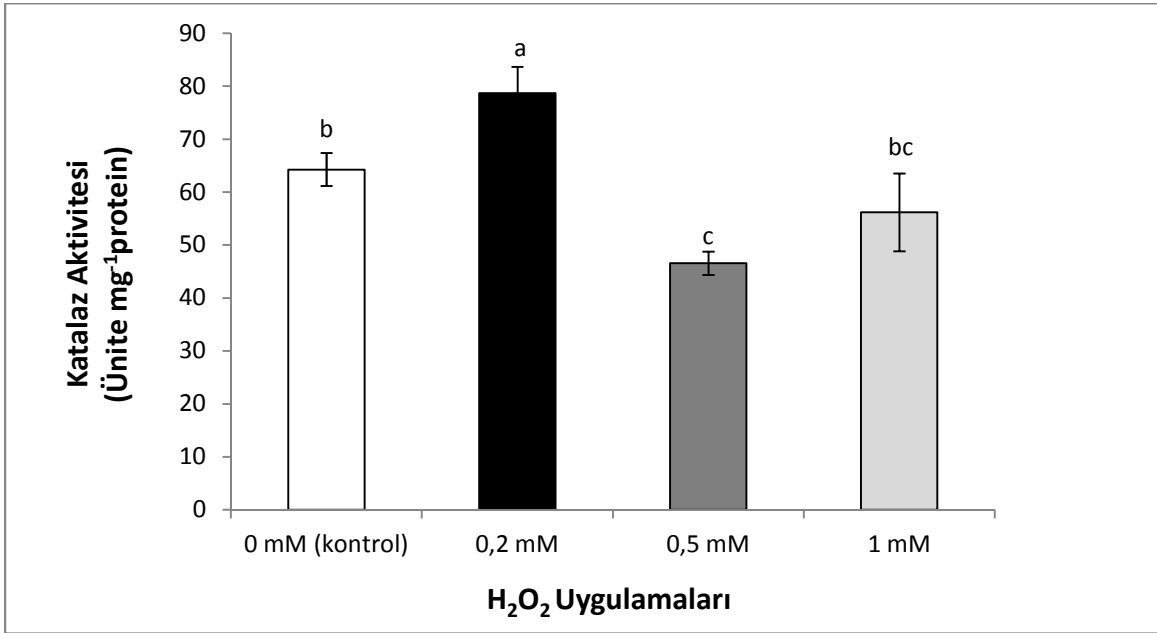
Düük konsantrasyonda H_2O_2 ön muamelesinin kuraklık stresinin etkisini hafifletmedeki rolünü belirlemek amacıyla süperoksit dismutaz aktivitesindeki de iimler incelendi. Kuraklık stresine maruz bırakılan bitki yapraklarında yapılan analizler sonucunda SOD aktivitesinde, kontrol grubuna göre 0,5 ve 1 mM hidrojen peroksit uygulamalarında istatistiki olarak belirgin azalı görölmesine kar ın 0,2 mM hidrojen peroksit uygulamasında belirgin bir artı gözlenmiştir. SOD aktivitesi kontrol yapraklarında mg protein başına 444,5 ünite enzim olarak hesaplanmasına kar ın 0,2 mM hidrojen peroksit uygulamasında 622,34 ünite mg^{-1} protein 0,5 ve 1 mM uygulamalarında ise sırasıyla 355,08 ve 311,12 ünite mg^{-1} protein olarak hesaplandı (ekil 4).



ekil 4. Kuraklık stresi ko ulları altındaki *Ctenanthe setosa* yapraklarında H_2O_2 ön muamelesinin süperoksit dismutaz aktivitesi üzerine etkisi. 0 mM (kontrol); Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 0,2 mM; 0,2 mM H_2O_2 içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 0,5 mM; 0,5 mM H_2O_2 içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 1 mM; 1 mM H_2O_2 içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol. Barlar 3 tekerrürlü olarak yapılan ölçümlerin standart sapmasını göstermektedir. Aynı harflerle gösterilen sütunlar arasındaki fark % 5 ($P < 0,05$) seviyesinde önemsizdir.

3.5. Hidrojen Peroksit Ön Muamelesinin Kuraklık Stresine Maruz Kalmış *Ctenanthe setosa* Yapraklarındaki Katalaz Aktivitesi Üzerine Etkisi

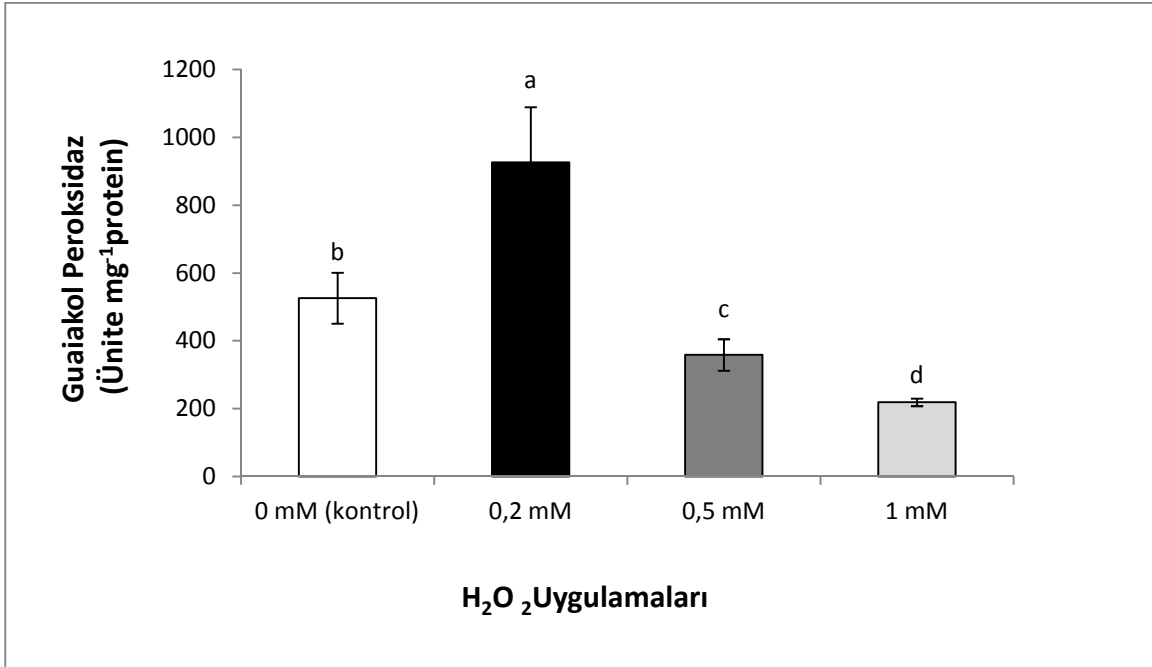
Dü ük konsantrasyonda H_2O_2 ön muamelesinin kuraklık stresinin etkisini hafifletmedeki rolünü belirlemek amacıyla katalaz aktivitesindeki de i imler incelendi. CAT aktivitesi ile ilgili yapılan analiz sonuçlarına göre SOD aktivitesinde oldu u gibi kontrole göre 0,2 mM H_2O_2 uygulamasında istatistiki olarak belirgin bir artı gözlenirken 0,5 ve 1 mM uygulamalarında ise enzim aktivitesinde azalma gözlandı. CAT aktivitesi kontrol yapraklarında mg protein ba ına 64,25 ünite enzim, 0,2 mM H_2O_2 uygulamasında 78,7 ünite enzim, 0,5 mM H_2O_2 uygulamasında 46,55 ünite enzim ve 1 mM H_2O_2 uygulamasında ise 56,18 ünite enzim olarak hesaplandı (ekil 5).



ekil 5. Kuraklık stresi ko ulları altındaki *Ctenanthe setosa* yapraklarında H_2O_2 ön muamelesinin katalaz aktivitesi üzerine etkisi. 0 mM (kontrol); Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 0,2 mM; 0,2 mM H_2O_2 içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 0,5 mM; 0,5 mM H_2O_2 içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 1 mM; 1 mM H_2O_2 içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol. Barlar 3 tekerrürlü olarak yapılan ölçümlerin standart sapmasını göstermektedir. Aynı harflerle gösterilen sütunlar arasındaki fark % 5 ($P < 0,05$) seviyesinde önemsizdir.

3.6. Hidrojen Peroksit Ön Muamelesinin Kuraklık Stresine Maruz Kalmış *Ctenanthe setosa* Yapraklarındaki Guaiakol Peroksidaz Aktivitesi Üzerine Etkisi

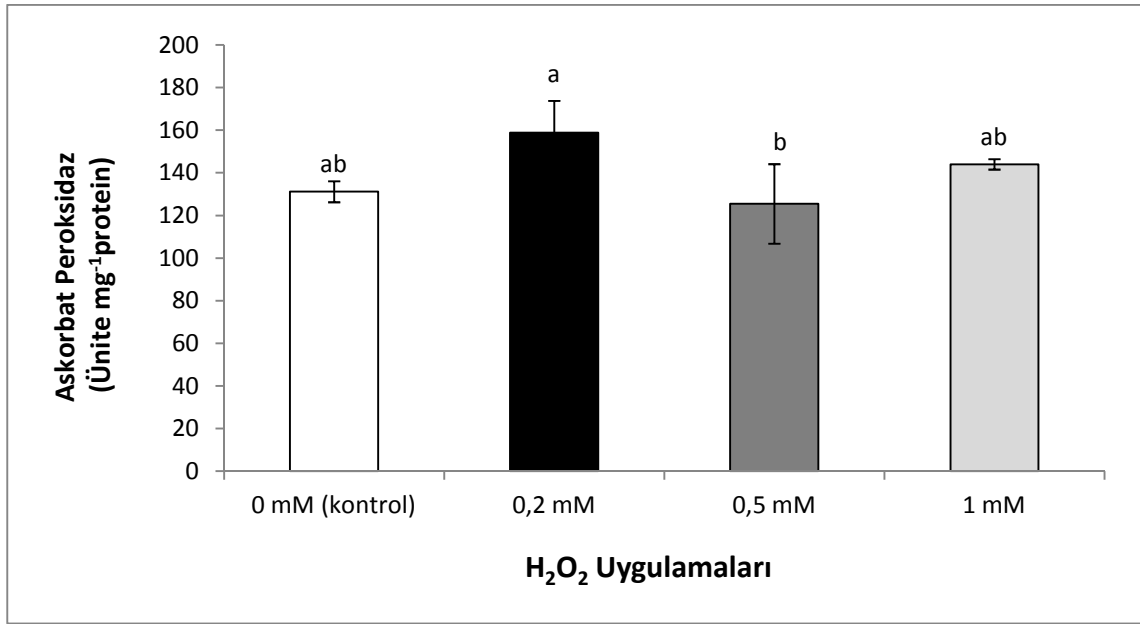
Düük konsantrasyonda H_2O_2 ön muamelesinin kuraklık stresinin etkisini hafifletmedeki rolünü belirlemek amacıyla guaiakol peroksidaz aktivitesindeki de iimler incelendi. Bitki yapraklarında yapılan analizler sonucunda GPX aktivitesi kontrole göre 0,2 mM H_2O_2 uygulamasında istatistiki olarak belirgin bir artı göstermesine kar ın 0,5 ve 1 mM H_2O_2 uygulamalarında ise tam tersi olarak belirgin bir azalma gösterdi. Kontrol yapraklarında aktivite 525,8 ünite mg^{-1} protein iken, 0,2 mM H_2O_2 uygulamasında 926,26, 0,5 ve 1 mM H_2O_2 uygulamalarında ise sırasıyla 358,53, 218,73 ünite mg^{-1} protein olarak hesaplandı (ekil 6).



ekil 6. Kuraklık stresi ko ulları altındaki *Ctenanthe setosa* yapraklarında H_2O_2 ön muamelesinin guaiakol peroksidaz aktivitesi üzerine etkisi. 0 mM (kontrol); Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 0,2 mM; 0,2 mM H_2O_2 içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 0,5 mM; 0,5 mM H_2O_2 içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 1 mM; 1mM H_2O_2 içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol. Barlar 3 tekrerrülü olarak yapılan ölçümlerin standart sapmasını göstermektedir. Aynı harflerle gösterilen sütunlar arasındaki fark % 5 ($P < 0,05$) seviyesinde önemsizdir.

3.7. Hidrojen Peroksit Ön Muamelesinin Kuraklık Stresine Maruz Kalmış *Ctenanthe setosa* Yapraklarındaki Askorbat Peroksidaz Aktivitesi Üzerine Etkisi

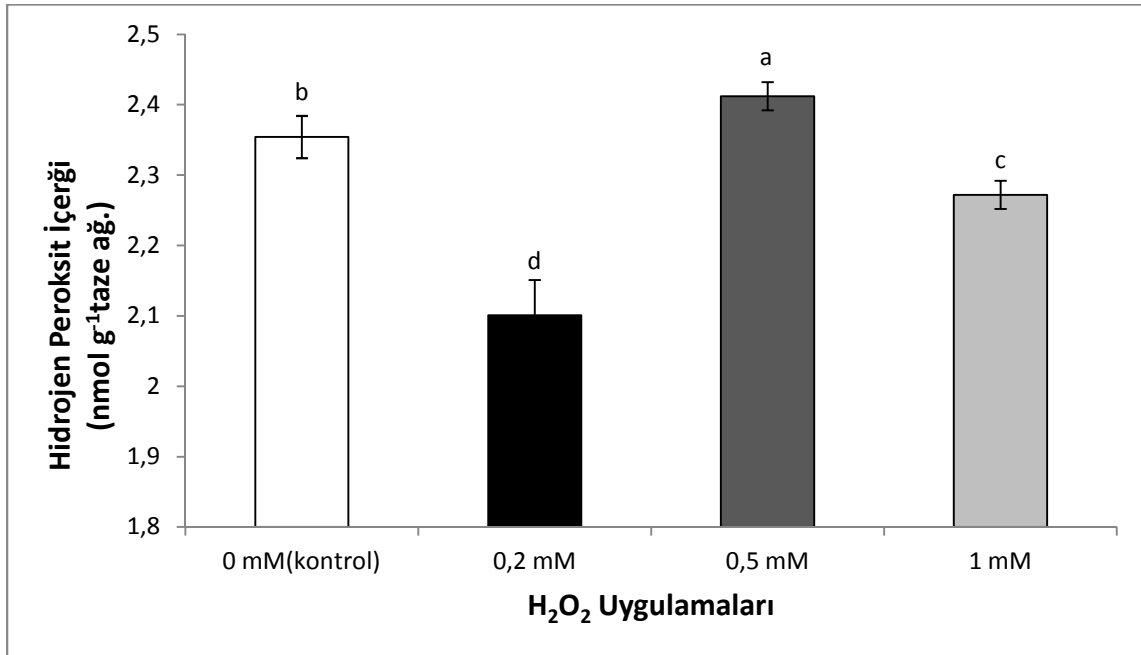
Dü ük konsantrasyonda H_2O_2 ön muamelesinin kuraklık stresinin etkisini hafifletmedeki rolünü belirlemek amacıyla askorbat peroksidaz aktivitesindeki de iimler incelendi. Yapılan analizler sonucunda APX aktivitesi, kontrole kıyasla 0,2 mM H_2O_2 uygulamasında istatistiki olarak belirgin bir artı gösterdi. 1 mM H_2O_2 uygulamasında ise de iim istatistiki olarak önemsizken 0,5 mM uygulamasında belirgin bir dü ü gözlendi. Analizlere göre aktiviteler kontrol grubunda 131,2 ünite mg^{-1} protein iken 0,2 mM ve 1 mM H_2O_2 uygulamalarında sırasıyla 158,8 ve 144 ünite mg^{-1} protein olarak belirlendi. 0,5 mM H_2O_2 uygulamasında ise aktivite 125,48 ünite mg^{-1} protein olarak ölçüldü (ekil 7).



ekil 7. Kuraklık stresi ko ulları altındaki *Ctenanthe setosa* yapraklarında H_2O_2 ön muamelesinin askorbat peroksidaz aktivitesi üzerine etkisi. 0 mM (kontrol); Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 0,2 mM; 0,2 mM H_2O_2 içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 0,5 mM; 0,5 mM H_2O_2 içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 1 mM; 1 mM H_2O_2 içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol. Barlar 3 tekerrürlü olarak yapılan ölçümlerin standart sapmasını göstermektedir. Aynı harflerle gösterilen sütunlar arasındaki fark % 5 ($P < 0,05$) seviyesinde önemsizdir.

3.8. Hidrojen Peroksit Ön Muamelesinin Kuraklık Stresine Maruz Kalmış *Ctenanthe setosa* Yapraklarındaki İçsel H₂O₂ İçeriği Üzerine Etkisi

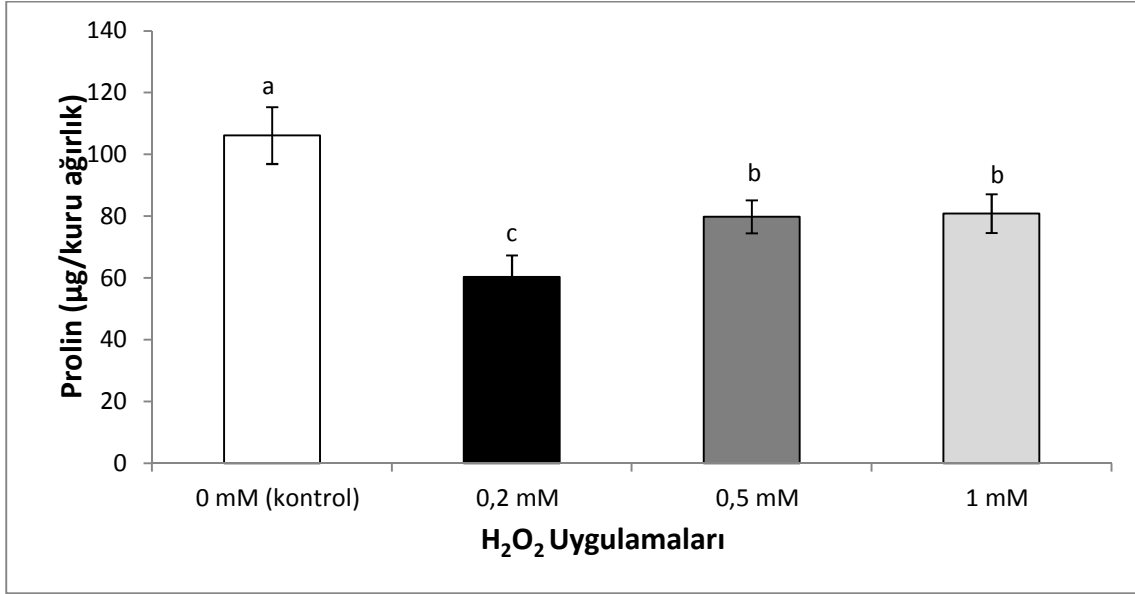
Düük konsantrasyonda H₂O₂ ön muamelesinin kuraklık stresinin etkisini hafifletmedeki rolünü belirlemek amacıyla içsel H₂O₂ içeriğindeki değişimler incelendi. 0,2 mM ve 1 mM H₂O₂ ön muameleleri, kontrole kıyasla içsel H₂O₂ içeriğini istatistiksel olarak önemli miktarda azalttı. Kontrolde 2,35 nmol g⁻¹ taze ağırlık olarak belirlenen H₂O₂ içeriği, 0,2 mM ve 1 mM H₂O₂ ön muamelelerinde sırasıyla 2,10 ve 2,23 nmol g⁻¹ taze ağırlık olarak ölçüldü. Buna karşın 0,5 mM H₂O₂ ön muamelesi, H₂O₂ içeriğini istatistiksel olarak artırarak 2,41 nmol g⁻¹ taze ağırlık olarak saptandı (ekil 8).



ekil 8. Kuraklık stresi koşulları altındaki *Ctenanthe setosa* yapraklarında H₂O₂ ön muamelesinin içsel H₂O₂ içeriği üzerine etkisi. 0 mM (kontrol); Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 0,2 mM; 0,2 mM H₂O₂ içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 0,5 mM; 0,5 mM H₂O₂ içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 1 mM; 1 mM H₂O₂ içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol. Barlar 3 tekerrürlü olarak yapılan ölçümlerin standart sapmasını göstermektedir. Aynı harflerle gösterilen sütunlar arasındaki fark % 5 (P<0,05) seviyesinde önemsizdir.

3.9. Hidrojen Peroksit Ön Muamelesinin Kuraklık Stresine Maruz Kalmış *Ctenanthe setosa* Yapraklarındaki Prolin Miktarı Üzerine Etkisi

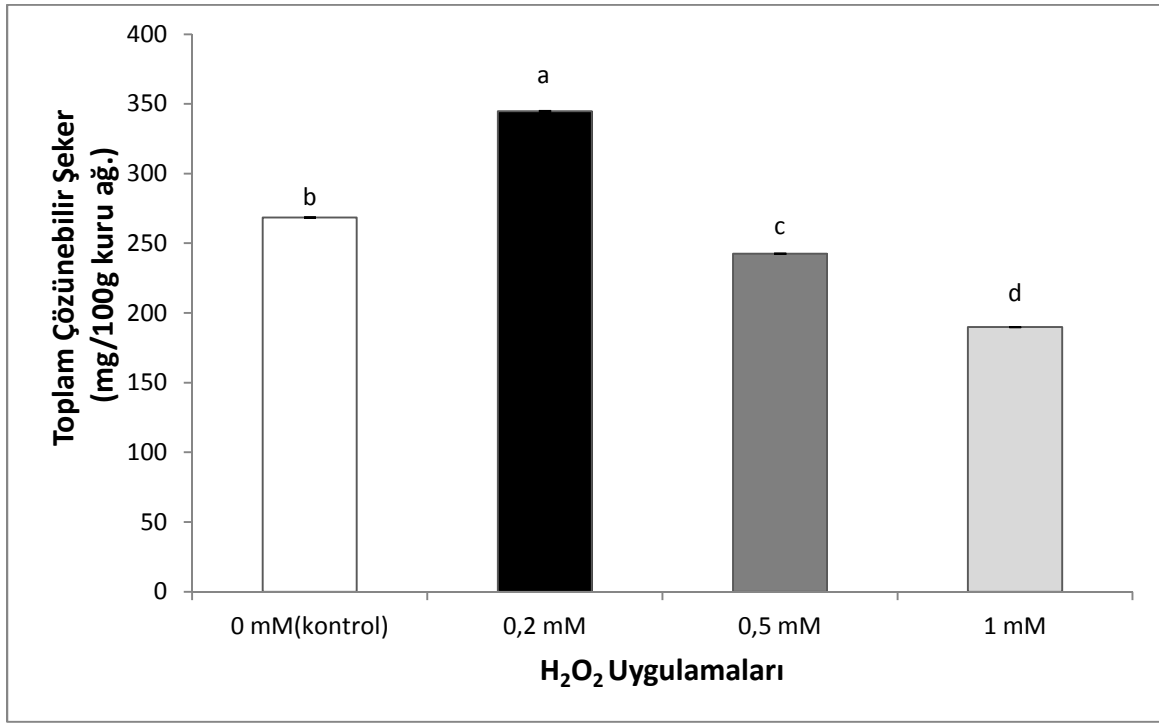
Dü ük konsantrasyonda H_2O_2 ön muamelesinin kuraklık stresinin etkisini hafifletmedeki rolünü belirlemek amacıyla bir ozmolit olan prolin miktarındaki de iimler incelendi. *C. setosa* bitkisi yapraklarında yapılan analizler sonucunda H_2O_2 uygulamalarının kontrole kıyasla prolin miktarlarını istatistiki olarak önemli derecede azalttıkları bulunmu tur. Bu uygulamalardaki azalı ları kar ıla tıracak olursak kontrolde 106,12 $\mu\text{g/kuru a ırlık}$ olan prolin miktarı, di er uygulamalara göre istatistiki bakımdan en fazla azalı ın görüldü ü 0,2 mM H_2O_2 uygulamasında 60,37 $\mu\text{g/kuru a ırlık}$ olarak hesaplandı. Prolin miktarlarındaki azalı istatistiki bakımdan benzer olan 0,5 ve 1 mM H_2O_2 uygulamalarında ise prolin miktarları sırasıyla 79,80 ve 80,88 $\mu\text{g/kuru a ırlık}$ olarak hesaplandı (ekil 9).



ekil 9. Kuraklık stresi ko ulları altındaki *Ctenanthe setosa* yapraklarında H_2O_2 ön muamelesinin prolin miktarı üzerine etkisi. 0 mM (kontrol); Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 0,2 mM; 0,2 mM H_2O_2 içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 0,5 mM; 0,5 mM H_2O_2 içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 1 mM; 1 mM H_2O_2 içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol. Barlar 3 tekerrürlü olarak yapılan ölçümlerin standart sapmasını göstermektedir. Aynı harflerle gösterilen sütunlar arasındaki fark % 5 ($P < 0,05$) seviyesinde önemsizdir.

3.10. Hidrojen Peroksit Ön Muamelesinin Kuraklık Stresine Maruz Kalmış *Ctenanthe setosa* Yapraklarındaki Toplam Çözünebilir Şeker Miktarı Üzerine Etkisi

Düük konsantrasyonda H_2O_2 ön muamelesinin kuraklık stresinin etkisini hafifletmedeki rolünü belirlemek amacıyla toplam çözünebilir eker miktarındaki de iimler incelendi. Toplam çözünebilir eker miktarı 0,2 mM H_2O_2 uygulamasında kontrole göre istatistiki olarak belirgin bir artı gözlendi. Buna karın 1mM ve 0,5 mM H_2O_2 uygulamalarında kontrole kıyasla istatistiki olarak belirgin bir düü gözlendi. Kontrolde g kuru a ırlık baına ölçülen toplam çözünebilir eker miktarı 0,28 mg iken, 0,2 mM H_2O_2 uygulamasında 0,35 mg, 0,5 ve 1 mM H_2O_2 uygulamalarında ise sırasıyla 0,23, 0,21 mg olarak belirlendi (ekil 10).



ekil 10. Kuraklık stresi ko ulları altındaki *Ctenanthe setosa* yapraklarında H_2O_2 ön muamelesinin toplam çözünebilir eker miktarı üzerine etkisi. 0 mM (kontrol); Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 0,2 mM; 0,2 mM H_2O_2 içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 0,5 mM; 0,5 mM H_2O_2 içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol, 1 mM; 1 mM H_2O_2 içeren Hoagland + % 2,5 polietilen glikol. Barlar 3 tekerrürlü olarak yapılan ölçümlerin standart sapmasını göstermektedir. Aynı harflerle gösterilen sütunlar arasındaki fark % 5 ($P < 0,05$) seviyesinde önemsizdir.

4. TARTIŞMA

Bu çalı mada *Ctenanthe setosa* bitkisinde yaprak kıvrılmasının geciktirilmesi ve kuraklık stresinin yatı tırılmasına hidrojen peroksit ön muamelesinin etkisi anlamak için kuraklık süresince bitkilerin yaprak kıvrılması, MDA, nispi su, prolin, toplam çözünebilir eker ve içsel hidrojen peroksit içerikleri ile antioksidan enzim aktivitelerindeki de i imler ara tırılmı tır.

Çe itli stres faktörleri altındaki bitkilerde yaprak kıvrılma derecesi (%) ölçülerek bu stres faktörlerinin kıvrılma üzerindeki etkisi belirlenmi tir (O''Toole vd.,1979; Clarke, 1986; Fernandez ve Castrillo, 1999). Daha önceden Turgut ve Kadıo lu'nun (1998) yaptı ı bir çalı mada kuraklık stresine maruz kalan *C. setosa*'nın yapraklarını kıvrıldı ı ve kuraklık süresi arttıkça yaprak kıvrılma derecesinin (%) de arttı ı bildirilmi tir. *C. setosa* yaprakları ile yaptı ımız mevcut çalı mada H₂O₂ ön muamelesinin kuraklık stresi boyunca yaprak kıvrılmasını kontrole oranla istatistiki olarak önemli oranda geciktirdi i belirlenmi tir. Literatürde, bitkilere dı tan uygulanan bazı maddelerin ara tırmamızda elde etti imiz bulgulara benzer etkiler gösterdi i saptanmı tır. Örne in brassinolidlerin yaprak kıvrılmasını geciktirdi i rapor edilmi tir (Cutler vd., 1991). Ayrıca dı tan uygulanan salisilik asidin uzun dönemdeki kuraklık etkisini hafifletti i ve antioksidan sistemi te vik ederek yaprak kıvrılmasını geciktirdi i rapor edilmi tir (Kadıo lu vd., 2011).

Mevcut çalı mada 0,2 H₂O₂ ön uygulaması bitkilerde stres ko ulla rında de i en ve bitkinin su durumunu gösteren parametrelerden biri olan nispi su içeri i (NS) miktarının artmasına sebep olmu tur. Literatürde bitkilerin stres altında nispi su içeriklerinin azaldı ı rapor edilmi tir. Örne in, mısır bitkisinde yapılan bir çalı mada kontrol bitkilerinin yapraklarındaki nispi su içeri i de i mezken kuraklı a maruz bırakılanlarda kuraklı ın 3. gününden sonra azalmaya ba ladı ı belirlenmi tir (Foyer vd., 1998). Yine yapılan bir çalı mada *Poa pratensis* (Poaceae) ve *Festuca arundinacea* bitkilerinde nispi su içeri inin kuraklık periyodunun artmasıyla önemli derecede azaldı ı rapor edilmi tir (Fu ve Huang, 2001). Benzer ekilde *Xerosicyos danguyi* (Cucurbitacea) bitkisinde nispi su içeri inin % 92'den % 50'ye, *Olea europaea*'da ise % 84'ten % 74'e dü tü ü kaydedilmi tir (Bastide vd., 1993; Giorio vd., 1999). Çalı mamızda kuraklık stresinin *C. setosa* bitkisindeki nispi su içeri ini azaltma etkisi dü ük konsantrasyonlu H₂O₂ ön muamelesi ile engellenmi ve böylece dı tan uygulanan H₂O₂ uygulamalarının *C. setosa* bitkisinde dehidrasyon sakınma

mekanizmasını harekete geçirerek kuraklık stresinin zararlı etkilerini indirgedi i belirlenmi tir.

Reaktif oksijen türleri genellikle normal hücrel aktiviter tarafından üretilirler ve normal artlarda hücrelerde dü ük seviyede bulunurlar. Buna kar ın çevresel stresler MDA içeri ini ve membran hasarını artıran süperoksit ($O_2^{\cdot-}$) ve H_2O_2 gibi ROS 'ların a ırı üretimini te vik ederler (Smirnoff 1993). Bu nedenle mevcut çalı mada *C. setosa* yapraklarında lipid peroksidasyonu ölçülmü ve kuraklık stresi altında H_2O_2 konsantrasyonu ile artan peroksidasyona ra men 0,2 mM H_2O_2 ön muamelesinin lipid peroksidasyonunu azalttı ı gözlenmi tir. Literatürde buna benzer bilgiler yer almaktadır. Örne in dı arıdan H_2O_2 uygulamalarının MDA ve içsel H_2O_2 konsantrasyonunun artı nı engelledi i rapor edilmi tir (Wang vd., 2009, 2010; Li vd., 2011). Mevcut çalı mada içsel H_2O_2 seviyesi 0,2 mM H_2O_2 uygulamasında kontrole kıyasla daha dü ük olarak belirlenmi tir. Bu sonuçlar *C. setosa* yapraklarına dı tan uygulanan H_2O_2 'nin içsel H_2O_2 birikimini azaltarak lipid peroksidasyonunu indirgedi ini gösteren, MDA seviyesindeki de i ikliklerle orantılıdır. Di er taraftan lipid peroksidasyonunun azalmasına bazı antioksidan enzim aktiviterinin yüksk seviyede tutulmasının katkı sa layabilece i de rapor edilmi tir (Fu ve Huang, 2001). Buna paralel olarak mevcut çalı mamızda en yüksek antioksidan enzim aktiviteri de en dü ük MDA seviyesine sahip 0,2 mM H_2O_2 uygulamasında görülmü tür. Bu sonuçlar membran hasarının önlenmesinin H_2O_2 'nin oksitatif hasardan bitkileri koruyan antioksidan cevapları uyarmasıyla ili kili olabilece ini desteklemektedir.

Birikimi hücrelerin zarar görmesine neden olan ROS'ların (Mittler, 2002) sitotoksik etkilerinden hücre ve hücre alt yapılarını korumada ve bitkinin çevresel streslere dayanıklılı nda antioksidan enzimlerdeki de i imlerin etkili oldu u bilinmektedir. Antioksidan sistem kuraklık stresi ko ulları altındaki bitkilerde kıvrılma süreci boyunca hidrojen peroksit seviyesini kontrol etmek için en önemli mekanizmalardan biridir. Antioksidan sistemin yaprak kıvrılması boyunca genellikle aktive edildi i gösterilmi tir (Saruhan vd., 2009, 2010). Çalı mamızda antioksidan sisteme ait belirli enzimlerin (SOD, CAT, GPX ve APX) aktiviteri incelenmi tir. SOD, CAT, GPX, APX gibi antioksidan enzim aktiviterinin, özellikle kıvrılmanın en fazla geciktirildi i 0,2 mM H_2O_2 ön muamelesinde kontrole kıyasla daha yüksek oldu u belirlenmi tir. SOD, süperoksit radikalini H_2O_2 'ne dönü türebilen anahtar bir enzimdir. Kurak ko ullarda bitkilerdeki SOD aktivitesinin artırıldı ının kaydedildi i fazlaca çalı ma vardır (Irigoyen vd., 1992; Simirnoff,

1993). Mevcut çalı mada 0,2 mM H₂O₂ ön muamelesi SOD aktivitesini artırmı tır. H₂O₂ ön muamelesi uygulanmı bitkilerdeki SOD aktivitesi MDA seviyesindeki azalı la ili kilendirilebilir. Mevcut çalı madaki sonuçlar, H₂O₂ ön muamelesinin kuraklık ko ulları altında SOD aktivitesiyle süperoksit ve hidrojen peroksit miktarları düzenlenerek lipid peroksidasyonunun azaltılabilece ini desteklemektedir. Bununla beraber literatürde CAT, GPX ve APX'in hidrojen peroksiti kullanan anahtar enzim sistemleri oldu u ve oksidatif hasara kar ı bitkilerin korunmasında önemli bir rol oynadıkları rapor edilmi tir (Asada ve Badger 1984; Puntarulo vd., 1991). Çalı mamızda kuraklık stresi ko ulları altındaki *C. setosa* yapraklarında, SOD, CAT, GPX, APX gibi antioksidan enzim aktivitelerinin 0,2 mM H₂O₂ uygulaması ile artırıldı ı bulunmu tur. Bu enzim aktivitelerinin artı ı, PEG te vikli kuraklık stresi hasarına kar ı bitki yapraklarını korumu tur. Literatürde buna benzer bulgular mevcuttur. Örne in hidrojen peroksidin bir dizi antioksidan enzim sisitemini harekete geçirerek oksidatif stresin zararlı etkisinden tütün bitkilerini korudu u bildirilmi tir (Gechev vd., 2002). Ayrıca H₂O₂ ön muamelesinin sıcaklık stresine maruz kalmı salatalık bitkilerinin antioksidan enzimlerini artırdı ı ve lipid peroksidasyonunu azalttı ı rapor edilmi tir (Gao vd., 2010).

Ço u bitki türü kuraklık stresine maruz kaldı ında osmoprotektan olarak bilinen dü ük molekül a ırlıklı organik bile ikleri hücre içerisinde biriktirir. Osmoprotektanların birikiminin osmotik stres toleransında geli meye yol açtı ı dü ünülmektedir (Kishor vd., 1995). Mevcut çalı mada H₂O₂ ön muamelesi kuraklık stresi altındaki yapraklarda bir osmolit olan prolin içeri ini azaltırken toplam çözünebilir eker içeri inde bir artı a sebep olmu tur. Bu bulgular, toplam çözünebilir ekerlerin dominant bir osmoprotektan olarak rol oynayabilece ini göstermektedir. Toplam çözünebilir eker miktarı ile ilgili elde edilen bu sonuçlar literatürde daha önce yapılan çalı malarla benzer bulunmu tur. Örne in bir çok çalı mada kuraklık stresine tölerans kazanılmasında toplam çözünebilir eker miktarındaki artı ın önemli rol oynadı ı rapor edilmi tir (Prado vd., 2000; Gill vd., 2001). eker birikiminin membran ve biyomolekülleri korudu u ve içsel osmolaritenin düzenlenmesine katkıda bulundu u rapor edilmi tir (Hayashi vd., 1997; Sinniah vd., 1998). Kuraklı a maruz kalmı *C. setosa*'nın toplam çözünebilir ekerleri ve indirgen ekerleri osmotik potansiyeli ayarlayıp topraktan su alabilmek için biriktirdi i bildirilmi tir (Kadıo lu ve Turgut, 1999). Ayrıca yine kuraklı a maruz kalmı *C. setosa* bitkilerinin yeniden sulanması sonrasında yaprak alt yüzeylerinde eker kristallerinin görülmesi bulgusu, osmotik ayarlama için bu bitkinin ekerleri biriktirdi i ekinde yorumlanmı tır (Turgut ve

Kadio lu, 1998). Çalı mamızda yaptı ımız analiz sonuçlarına göre, kuraklık stresine maruz kalmı bitki yapraklarında toplam çözünebilir eker miktarı, özellikle yaprak kıvrılma derecesinin en az oldu u 0,2 mM H₂O₂ uygulamasında kontrole kıyasla belirgin bir artı göstermi tir. Ayrıca literatürde toplam çözünebilir eker miktarının bitki metabolizmasında turgorun sürdürülmesi ve hücrel membranların korunmasında sadece tipik bir osmoprotektan olarak (Coue´e vd., 2006) de il aynı zamanda eker algılama ve sinyal sistemlerinde bir sinyal molekül olarak i lev gördü ü belirtilmi tir (Chen vd., 2009). Bu fikirler do rultusunda H₂O₂ ön muamelesinin eker miktarını artırarak stres boyunca bitki hücrelerinde osmotik ayarlamayı sa ladı ı ve strese adaptasyonda rol oynadı ı ifade edilebilir.

Hidrojen peroksit, abiyotik ve biyotik stres altında bitki savunma mekanizmalarını harekete geçiren bir sinyal molekül olarak kabul edilmektedir (Doke vd., 1994; Prasad vd., 1994; Foyer vd., 1997). Dü ük konsantrasyonda uygulanan H₂O₂'nin bitkilerde strese kar ı toleransı uyardı ı son yıllarda yapılan birçok çalı mada rapor edilmi tir. Örne in dü ük konsantrasyonlarda H₂O₂ uygulamasının *Phalaenopsis* ve *Vigna radiata*'da, patates göz eksplantlarında yüksek sıcaklı a toleransı artırdı ı ileri sürülmü tür (Prasad vd., 1994; Foyer vd., 1997; Lopez –Delgado vd., 1998; Yu vd., 2002; Yu vd., 2003). Parakuat püskürtülmü H₂O₂ ön muamelesi yapılmı genç bezelye yapraklarındaki canlılık oranının sadece parakuat uygulananlara göre çok daha yüksek oldu u gözlenmi tir (Moskova vd., 2007). H₂O₂ ön muamelesi, tuz stresinin mısır bitkileri üzerine etkisini azaltmı tir (De Azevedo Neto vd., 2005). Çeltik fidelerine uygulanan çe itli seviyelerde H₂O₂ ön muamelesi bitkilerin tuz ve sıcaklık streslerine alı malarını sa lamı tir (De Azevedo Neto vd., 2005). H₂O₂ ön uygulamasının Arabidopsis ve tütün bitkilerinde, yüksek ık yo unlu unun sebep oldu u oksidatif zararlardan bitkileri korudu u kaydedilmi tir (Karpinski vd., 1999). Ayrıca H₂O₂ ön muamelesinin sıcaklık stresine maruz kalmı salatalık bitkilerinin antioksidan enzimlerini artırdı ı ve kloroplast yapılarını korudu u belirlenmi tir (Gao vd., 2010). Ekzojenik H₂O₂ antioksidan aktiviteyi artırarak ve lipid peroksidasyonunu azaltarak salatalık yapraklarında osmotik strese toleransı uyardı ı ve böylece birçok membranın yapısını korudu u rapor edilmi tir (Liu vd., 2010).

Sonuç olarak mevcut çalı mada, *C. setosa* bitkisi yapraklarında kuraklık stresini ko ulları altında H₂O₂ ön muamelesinin, yaprak kıvrılma dereceleri, nispi su içeri i, lipid peroksidasyonu, antioksidan enzim aktiviteleri ve toplam çözünebilir eker miktarında önemli derecede de i ikli e neden oldu u bulunmu tur. Bu verilere göre hidrojen

peroksidin kuraklık stresi altındaki bitkilerde antioksidan aktiviteyi artırarak ve osmotik ayarlama sa larak stresin olumsuz etkisini azaltabilece i ve buna ba lı olarak kıvrılmayı geciktirebilece i sonucuna varıldı.

5. SONUÇLAR

Yapımı oldu umuz bu çalı ma sonucunda;

1) Kuraklık stresine maruz bırakılan *C. setosa* yapraklarında kıvrılma derecesinin, dü ük konsantrasyondaki H₂O₂ ön uygulamalarıyla geciktirildi i tespit edildi.

2) Lipid peroksidasyonunun bir göstergesi olan MDA içeri inin, stres ko ulları altında kıvrılmanın en fazla geciktirildi i 0,2 mM H₂O₂ uygulamasında istatistiki olarak önemli derecede azaldı ı belirlendi. Bunun paralelinde H₂O₂ uygulamalarının içsel H₂O₂ içeri inde azalmaya sebep oldu u belirlendi.

3) Stres periyodu sırasında nispi su içeri i (NS) miktarında önemli derecede bir artı n oldu u tespit edildi.

4) *C. setosa* yapraklarında en dü ük konsantrasyonda H₂O₂ uygulamasının (0,2 mM) antioksidan enzim aktivitelerinde artı a neden oldu u belirlendi.

5) Kuraklık stresi ko ulları altında iyile menin en çok görüldü ü 0,2 mM H₂O₂ ön uygulamasının stresin olumsuz etkisini azaltmak için toplam çözünebilir eker miktarını artırdı ı belirlendi. Di er uygulamalarda ise toplam çözünebilir eker ve prolin miktarlarında azalmanın oldu u belirlendi.

6) Kısacası bu çalı mada, kuraklık stresine maruz kalan *C. setosa* bitkisi yapraklarında H₂O₂ ön muamelesinin, ozmolit seviyesindeki ve antioksidan enzim aktivitelerindeki artı ı uyardı ı ve böylece kuraklık stresini hafifleterek kıvrılmayı geciktirmede rolünün olabilece i belirlenmi tir.

6. ÖNERİLER

Tüm dünyada, bitkiler elveri şiz çevre artlarından olumsuz etkilenmektedir. Bitkiler üzerinde olumsuz etkileri olan çevresel streslerden biri kuraklık stresidir. Bitkiler stresten korunmak için çe itli savunma mekanizmalarına sahiptirler. Yaprak kıvrılması bu mekanizmalardan biri olup, bu mekanizmaya sahip olan *C. setosa* bitkisi stres çalı malarının fizyolojisini açıklamak bakımından oldukça önemli bir bitkidir ve stres durumunda yapraklarını kıvrarak uzun süre hayatta kalabilmektedir. Özellikle dünyada geni olarak tarımı yapılan ve bu mekanizmaya sahip pirinç, mısır, bu day gibi bitkiler için bu çalı malar daha büyük önem arz etmektedir. Tarafımızdan daha çok bir model bitki olarak kulanılan *C. setosa* bitkisindeki yaprak kıvrılma mekanizması üzerine H₂O₂ ön muamelesinin kuraklık ko ulları altındaki etkisini aydınlatmaya yönelik bu çalı madan elde edilen bilgiler, ekonomik önemi oldu u vurgulanan ve benzer mekanizmalara sahip bitkiler için kullanılabilir olmasından dolayı, mevcut çalı manın uygulanabilir özelli i bulunmaktadır.

Mevcut çalı mada NS 'ne ek olarak supotansiyelinin de ölçülmesi, stres etkilerinin daha iyi anlaşılması açısından önemlidir. Ayrıca prolin miktarındaki azal ın nedenlerinin daha derinlemesine incelenmesi önerilebilir.

H₂O₂ ön muamelesinin kuraklık stresi, tuz stresi, yüksek sıcaklık, ısı, yüksek ılık ve parakuat gibi herbisitlere maruz kalan bitkilerde stresin etkisini hafifletmede rolünün oldu u ispatlanmıştır. Benzer ekilde, mevcut çalı mada H₂O₂ ön uygulamasının kuraklık stresinin etkilerini önemli derecede azalttı ı ve bu sayede yaprak kıvrılmasında gecikmeye sebep oldu u belirlenmiştir. Elde edilen veriler do rultusunda, H₂O₂'in stres ko ullarında bitkilerde kıvrılmayı geciktirmek ve iyile meyi sa lamak amacıyla tarımda kullanılabilere i, böylece kuraklık stresine maruz kalma durumunda bu bitkilere H₂O₂ uygulamak suretiyle ekonomik kayıpların önlenebilece i söylenebilir.

7. KAYNAKLAR

- Ackerson, R., C., Kreig, D., R. ve Sung, F., J., M., 1980. Leaf Conductance and Osmoregulation of Field Grown Sorghum Genotypes, Crop Sci., 20, 10-14.
- Aebi, H., E., 1983. Catalase. In: Methods of Enzymatic Analysis, Bergmeyer, H.U., Ed., Verlag Chemie, Weinheim, 273-286.
- Alvarez, M., E., Pennell, R., I., Meijer, P., J., Ishikawa, A., Dixon, R., A. ve Lamb, C., 1998. Reactive Oxygen Intermediates Mediate a Systemic Signal Network in the Establishment of Plant Immunity. Cell, 92, 773-784.
- Arora, A. ve Mohan, J., 2002. Expression of Dwarfing Genes Under Nitrogen and Moisture Stress in Wheat (*Triticum spp*): Dry Matter Partitioning, Root Growth and Leaf Nitrogen, J. Agronon. Crop Sci., 186, 111-118.
- Asada, K. ve Badger, M., R., 1984. Photoreduction of $^{18}\text{O}_2$ and $\text{H}_2^{18}\text{O}_2$ with Concomitant Evolution of $^{18}\text{O}_2$ in Intact Spinach Chloroplasts: Evidence for Scavenging of Hydrogen Peroxide by Peroxidase, Plant Cell Physiol., 25, 1169-1179.
- Ayaz, F., A., Kadio lu, A. ve Turgut, R., 2000. Water Stress Effects on the Content of Low Molecular Weight Carbohydrates and Phenolic Acids in *Ctenanthe setosa* (Rosc.) Eichler (Marantaceae), Can. J. Plant Sci., 80, 373-378.
- Ayaz, F., A., Kadioglu, A. ve Dogru, A., 2001. Leaf Rolling Effects on Lipid and Fatty Acid Composition in *Ctenanthe setosa* (Marantaceae) Subjected to Water-Deficit Stress, Acta Physiol. Plant., 23, 43-47.
- Bastide, B., Sipes, D. ve Ting, I., P., 1993. Effect of Severe Water Stress on Aspects of Crassulacean Acid Metabolism in *Xerosicyos*, Plant Physiol., 103, 1089-1096.
- Bates, L., S., Waldren, R., P. ve Teate, I., D., 1973. Rapid Determination of Free prolin for Water Stress Studies, Plant Soil., 39, 205-207.
- Beauchamp, C. ve Fridovich, I., 1971. Superoxide Dismutase: Improved Assays and An Assay Applicable to Acrylamide Gels, Anal. Biochem., 44, 276-287.
- Begg, J., E., 1980. Morphological Adaptation of Leaves to Water Stress, In: Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress, Turner, N.C., Kramer, P.J., Ed., John Wiley and Sons, New York, 33-42.
- Bidwell, R., G., S., 1974. Plant Physiology, Giles, McMillan Co., New York
- Björkman, O. ve Demmig-Adams, B., 1993. Regulation of Photosynthetic Light Energy Capture, Conversion and Dissipation in Leaves of Higher Plants, in: Ecophysiology of Photosynthesis, Shulze, E.D., Caldwell, M.M., Ed., Springer-Verlag, Berlin, 17-47.

- Blum, A., 1986. Plant Breeding for Stress Environments, CRC Press, Boca Raton, USA, 1-223.
- Brickell, C., 1989. The Royal Horticultural Society Gardeners Encyclopedia of Plants and Flowers, Dorling Kindersley, London.
- Castillo, F., J., 1996. Antioxidative Protection in the Inducible CAM Plant *Sedum album* L. Following the Imposition of Severe Water Stress and Recovery, Oecologia, 107, 469-477.
- Chen, X., Y., Ding, X., Xu, S., Wang, R., Xuan, W., Cao, Z., Y., Chen, J., Wu, H., H., Ye, M., B., ve Shen, W., B., 2009. Endogenous Hydrogen Peroxide Plays a Positive Role in the Upregulation of Heme Oxygenase and Acclimation to Oxidative Stress in Wheat Seedling Leaves, J. Integr. Plant Biol., 51, 951-960.
- Clarke, J., M., 1986. Effect of Leaf Rolling on Leaf Water Loss in *Triticum spp.*, Can. J. Plant Sci., 66, 885-891.
- Coué e, I., Sulmon, C., Gouesbet, G. ve El Amrani, A., 2006. Involvement of Soluble Sugars in Reactive Oxygen Species Balance and Responses to Oxidative Stress in Plants, J. Exp. Bot., 57, 449-459.
- Cutler, H., G., Yokuta, T. ve Adam. G., 1991. Brassinosteroids: Chemistry, Bioactivity, and Applications, ACS Symposium Series 474. Washington DC: American Chemical Society.
- De Azevedo Neto, A., D, Prisco, J., T, Eneas-Filho, J., Medeiros, J., V., R. ve Gomes-Filho E, 2005. Hydrogen Peroxide Pre-treatment Induces Salt Stress Acclimation in Maize Plants. J Plant Physiol., 162, 1114-1122.
- Dhindsa, R., S. ve Matowe, W., 1981. Drought Tolerance in Two Mosses: Correlated With Enzymatic Defence Against Lipid Peroxidation, J. Exp. Bot., 32, 79-91.
- Dhindsa, R., S., PlumDhindsa, P. ve Thorpe, T., A., 1981/82. Leaf Senescence Correlated with Increased Levels of Membrane Permeability and Lipid Peroxidation, and Decreased Levels of Superoxide Dismutase and Catalase, J. Exp. Bot., 32, 93-101.
- Doke, N., Miura, Y., Sanchez, L. ve Kawakita, K., 1994. Involvement of Superoxide in Signal Transduction: Responses to Attack by Pathogens, Physical and Chemical Shocks, and UV Irradiation, In: Causes of Photooxidative Stresses and Amelioration of Defense Systems in Plants, Foyer, C.h. ve Mullineaux, P., Ed., CRC Press, Boca Raton, FL., USA, 177-1988 s.
- Drake, R., B., Gonzales-Meler, M., A. ve Long, S., P., 1997. More Efficient Plants: A Consequence of Rising Atmospheric CO₂?, Annual Rev. Plant. Physiol. Mol. Biol., 48, 607-637.
- Dubois, M., Gilles, K., A., Rebers, P., A. ve Smith, F., 1956. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances, Anal. Biochem., 28, 350-356.

- Egert, M. ve Tevini, M., 2002. Influence of Drought on Some Physiological Parameters Symptomatic for Oxidative Stress in Leaves of Chives (*Allium schoenoprasum*), Environ. Exp. Bot., 48, 43-49.
- Feng, Y., L., Cao, K., F. ve Feng, Z., L., 2002. Thermal Dissipation, Leaf Rolling and Inactivation of PS II Reaction Centres in *Amomum villosum*, J. Tropical Ecol., 18, 865-872.
- Fernandez, D. ve Castrillo, M., 1999. Maize Leaf Rolling Initiation, Photosynthetica, 37(3), 493-497.
- Flower, D., J. ve Ludlow, M., M., 1986. Contribution of Osmotic Adjustment to the Dehydration Tolerance of Water Stressed Pigeonpea (*Cajanus cajan* L.) Millsp. Leaves, Plant Cell Environ., 9, 33-40.
- Foyer, C., H., Lopez-Delgado, H., Dat, J., F. ve Scott, I., M., 1997. Hydrogen Peroxide and Glutathione Associated Mechanisms of Acclimatory Stress Tolerance and Signalling, Physiol. Plant., 100, 241-254.
- Foyer, C., H., Valadier, M., H., Migge, A. ve Becker, T., W., 1998. Drought-Induced Effects on Nitrate Reductase Activity and mRNA and on the Coordination of Nitrogen and Carbon Metabolims in Maize Leaves, Plant Physiol., 117, 283-292.
- Fu, J. ve Huang, B., 2001. Involvement of Antioxidants and Lipid Peroxidation in The Adaptation of Two Cool-Season Grasses to Localized Drought Stress ,Environ.Exp.Bot., 45, 105-114.
- Gao, Y., Guo, Y., K., Lin, S., H., Fang, Y.,Y. ve Bai, J., G., 2010. Hydrogen peroxide pretreatment alters the activity of antioxidant enzymes and protects chloroplast ultrastructure in heat-stressed cucumber leaves, Scientia Horticulturae, 126, 20-26.
- Gechev, T., Gadjev, I., Breusegem, F., V., Inze, D., Dukjandjiev, S., Toneva, V. ve Minkov, I., 2002. Hidrogen Peroxide Protects Tobacco from Oxidative Stress by Inducing a Set of Antioxidant Enzymes, Cell.Mol.Life Sci., 59 , 708-714.
- Gill, P., K., Sharma, A., D., Singh, P. ve Bhullar, S., S., 2001. Effect of Various Abiotic Stressed on The Growth Soluble Sugars, and Water Relations of Sorghum Seedlings Growth in Light and Darkness Bulg. J. Plant Physiol., 27, 72-84.
- Giorio, P., Sorrentino, G. ve d'Andria, R., 1999. Stomatal Behaviour, Leaf Water Status and Photosynthetic Response in Field-Grown Olive Tress under Water Deficit, Environ. Exp. Bot., 42, 95-104.
- Grant, J., J., ve Loake, G., J., 2000. Role of Reactive Oxygen Intermediates and Cognate Redox Signaling in Disease Resistance, Plant Physiol., 124, 21-29.
- Hale, M., G., ve Orcutt, D., M., 1987. The Physiology of Under Stress, John Wiley and Sons, New York, USA.

- Halliwell, B., 1984. Toxic Effects of Oxygen on Plant Tissues, In: Chloroplast Metabolism, The Structure and Function of Chloroplasts in Green Leaf Cells, Halliwell, B., Ed., Oxford Press, Oxford, 180-206.
- Halliwell, B. ve Gutteridge, J., M., C., 1989. Free Radicals in Biology and Medicine, Oxford, Clarendon Press.
- Hamada, K., 1986. Brassinolide in Crop Cultivation, In: P., McGregor, eds, Plant Growth Regulators in Agriculture, FFTC, Taiwan, 190-196.
- Handa, S., Bressan, R., A., Handa, A., K., Carpita, N., C. ve Hasegawa, P., M., 1983. Solutes Contributing to Osmotic Adjustment in Cultured Plant Cells Adapted to Water Stress, Plant Physiol., 73, 834-843.
- Hasegawa, P., M., Bressan, R., A., Handa, S. ve Handa, A., K., 1984. Cellular Mechanisms of Tolerance to Water Stress, Hort. Sci., 19, 371-377.
- Hayashi, H., Alia, Mustadry, L., Deshniem, P., Ida, M. ve Murata, N., 1997. Transformation of *Arabidopsis thaliana* with the Cod A Gene for Choline Oxidase: Accumulation of Glycine Betaine Enhanced Tolerance to Salt and Cold Stress, Plant J., 12, 133-142.
- Heath, R., L. ve Packer, L., 1968. Photoperoxidation in Isolated Chloroplast I. Kinetics and Stoichiometry of Fatty Acid Peroxidation, Arch. Biochem. Biophys., 125, 189-198.
- Heckathorn, S., A. ve Delucia, E., H., 1991. Effect of Leaf Rolling on Gas Exchange and Leaf Temperature of *Andropogon gerardii* and *Spartina pectinata*, Bot. Gaz. 152, 263-268.
- Hensen, I., E., 1983. Abscisic Acid and Water Relations of Rice (*Oryza sativa* L.): Effect of Drought Conditioning on Abscisic Acid Accumulation in the Leaf Stomatal Response, Ann. Bot., 52, 247-255.
- Heywood, V., H., 1978. Flowering Plants of the World, Oxford University Press, Oxford.
- Hopkins, W., G., 1995. Introduction to Plant Physiology, The University of Western Ontario, John Wiley and Sons Inc., 423-443.
- Hsiao, T., C., Acevedo, E., Fereres, E. ve Henderson, D., W., 1976. Water Stress, Growth and Osmotic Adjustment, Philos Trans.R.Soc.Lond.B., 273, 479-500.
- Hsiao, T., C., O'Toole, J., C., Yambao, E., B. ve Turner, N., 1984. Influence of Osmotic Adjustment on Leaf Rolling and Tissue Death in Rice (*Oryza sativa* L.), Plant Physiol., 75, 338-341.
- Irigoyen, J., J., Emerich, D., W. ve Sanchez- Diaz, M., 1992. Alfalfa Leaf Senescence Induced by Drought Stress: Photosynthesis, Hydrogen Peroxide Metabolism, Lipid Peroxidation and Ethylene Evolution, Physiol Plant., 84, 67, 72. 11 Jones, M.M., Turner, N.C., 1978. Osmotic Adjustment in Leaves of Sorghum in Response to Water Deficit, Plant Physiol., 122-126.

- Jones, H., G., 1992. *Plants and Microclimate*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Jung, S., 2004. Variation in Antioxidant Metabolism of Young and Mature Leaves of *Arabidopsis thaliana* Subjected to Drought, Plant Sci., 166, 459-466.
- Kadio lu, A. ve Turgut, R., 1999. Some Biochemical Changes During Leaf Rolling in *Ctenanthe setosa* (Marantaceae), Acta Physiol. Plant., 21, 209-214.
- Kadio lu, A., Turgut, R., Palavan-Ünsal, N. ve Saruhan, N., 2002. Effect of Polyamines on Leaf Rolling in *Ctenanthe setosa*, Israel J. Plant. Sci., 50, 19-23.
- Kadio lu, A. ve Terzi, R., 2007. A Dehydration Avoidance Mechanism: Leaf Rolling, The Bot. Review., 73, 290-302.
- Kadio lu, A., Saruhan, N., Sa lam, A., Terzi, R. ve Acet, T., 2011. Exogenous Salicylic Acid Alleviates Effects of Long Term Drought Stress and Delays Leaf Rolling by Inducing Antioxidant System, Plant Growth Regul., 64, 27-37.
- Kao, W., Y. ve Forseth, I., N., 1992. Diurnal Leaf Movement, Chlorophyll Fluorescence and Carbon Assimilation in Soybean Grown under Different Nitrogen and Water Availabilities, Plant Cell Environ., 15, 703-710.
- Karpinski, S., Reynolds, H., Karpinska, B., Wingsle, G., Creissen, G. ve Mullineaux, P., 1999. Systematic signalling and acclimation in response to excess excitation energy in Arabidopsis, Science, 284, 654-657.
- Kirchoff, B., K. ve Kennedy, H., 1985. Foliar, Nonstructural Nectaries in the Marantaceae, Can. J. Bot., 63, 1785-1788.
- Kishor, P., Hong, Z., Miao, G., H., Hu, C., ve Verma, D., P., 1995. Overexpression of (delta)-Pyrroline-5-carboxylate Synthetase Increases Proline Production and Confers Osmotolerance in Transgenic Plants, Plant Physiol., 108, 1387-1394.
- Knap, A., K., 1985. Effect of Fire and Drought on the Ecophysiology of *Andropogon gerardii* and *Panicum virgatum* in a Tallgrass Prairie, Ecology, 66, 1309-1320.
- Kozlowski, T., T. ve Pallardy, S., G., 1997. *Physiology of Woody Plants*, Academic Press, San Diego.
- Kramer, P., J., 1980. *Water Relations in Plants*, Academic Press, New York.
- Kutlu, N., Terzi, R., Tekeli, Ç., enel, G., Battal, P., ve Kadio lu, A., 2009. Changes in Anatomical Structure and Levels of Endogenous Phytohormones during Leaf Rolling in *Ctenanthe setosa* under Drought Stress, Turkish J. Biol., 33, 115-122.
- Lewitt, J., 1972. *Responses of Plants to Environmental Stresses*, Academic Press, New York.

- Li, J., T., Qui, Z., B., Zhang, X., W., ve Wang, L., S., 2011. Exogenous Hydrogen Peroxide Can Enhance Tolerance of Wheat Seedlings to Salt Stress, Acta Physiol. Plant., 33, 835-842.
- Liu, Z., J., Guo, Y., K. ve Bai, J., G., 2010. Exogenous Hydrogen Peroxide Changes Antioxidant Enzyme Activity and Protects Ultrastructure in Leaves of Two Cucumber Ecotypes under Osmotic Stress, J. Plant Growth Regul., 29, 171-183.
- Lopez-Delgado, H., Dat, J., F., Foyer, C., H., ve Scott, I., M., 1998. Induction of Thermotolerance in Potato Microplants by Acetylsalicylic Acid and H₂O₂, J. Exp. Bot., 49, 713–720.
- Ludlow, M., M., Fisher, M., J. ve Wilson, J., R., 1985. Stomatal Adjustment to Water Deficits in Three Tropical Grasses and A Tropical Legumen Grown in Controlled Conditions and in the Field, Aust. J. Plant Physiol., 12, 131-149.
- Matthews, R., B., Azam-Ali, S., N. ve Peacock, J., M., 1990. Response of Four Sorghum Lines to Mid-Season Drought: II. Leaf Characteristics, Field Crops Research, 25, 297-308.
- McKersie, B., D. ve Lehsem, Y., 1994. Stress and Stress Coping in Cultivated Plants, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Mittler, R., 2002. Oxidative Stress, Antioxidants and Stress Tolerance, Trends Plant Sci., 7, 405-410.
- Moskova, I., Todorova, D., Alexieva, V. ve Sergiev, I., 2007. Hydrogen Peroxide Pretreatment Alleviates Paraquat Injuries in Pea (*Pisum sativum* L.), Compt Rend Acad Bulg Sci., 60, 10, 1101-1106.
- Mundree, S., G., Baker, B., Mowla, S., Peters, S., Marais, S., Willigen, C., V., Govender, K., Maredza, A., Muyanga, S., Farrant, J., M. ve Thomson, J., A., 2002. Physiological and Molecular Insights into Drought Tolerance, Afr. J. Biotechnol., 1, 23-38.
- Murphy, T., M., Sung, W., W. ve Lin, C., H., 2002. H₂O₂ Treatment Induces Glutathione Accumulation and Chilling Tolerance in Mung Bean., Funct Plant Biol., 29, 1081-1087.
- Nakano, Y. ve Asada, Y., 1981. Hydrogen Peroxide is Scavenged by Ascorbate-Specific Peroxidase in Spinach Chloroplasts, Plant Cell Physiol., 22, 867-880.
- Nar, H., Sa lam, A., Terzi, R., Varkonyi, Z. ve Kadio lu, A., 2009. Leaf Rolling and Photosystem II Efficiency in *Ctenanathe setosa* Exposed to Drought Stress, Photosynthetica ., 47, 429-436.
- Oppenheimer, H., R., 1960. Plant Water Relationships in Arid and Semi-Arid Conditions, UNESCO, UK., 105-138.

- O'Toole, J., C. ve Moya, T., B., 1978. Genotypic Variation in Maintenance of Leaf Water Potential in Rice., Crop Sci., 18, 873-876.
- O'Toole, J., C., Cruz, R., T. ve Singh, T., N., 1979. Leaf Rolling and Transpiration, Plant Sci. Letters, 16, 111-114.
- Pastori, G., M. ve Trippi, V., S., 1992. Oxidative Stress Induces High Rate of Glutathione Reductase Synthesis in A Drought Resistant Maize Strain, Plant Cell Physiol., 33, 957-961.
- Pinheiro, H., A., DaMatta, F., M., Chaves, A., R., M., Fontes, E., P., B. ve Loureiro, M., E., 2004. Drought Tolerance in Relation to Protection Against Oxidative Stress in Clones of *Coffea canephora* Subjected to Long-Term Drought, Plant Sci., 167, 1307-1314.
- Prado, F., E., Boero, C., Gallardo, M. ve Gonzalez., J., A., 2000. Effects of NaCl on Germination, Growth Soluble Sugar Content in *Chenopodium quinoa* Wild Seeds, Bot.Bull.Acad.Sin., 41, 27-34
- Prasad, T., K., Anderson, M., D. ve Stewart, C., R., 1994. Acclimation, Hydrogen Peroxide, and Abscisic Acid Protect Mitochondria Against Irreversible Chilling Injury in Maize Seedlings, Plant Physiol., 105, 619-627.
- Premachandra, G., S., Saneoka, H., Fujita, K. ve Ogata, S., 1993. Water Stress and Potassium Fertilization in Field Grown Maize (*Zea mays* L.): Effects of Leaf Water Relations and Leaf Rolling, J. Agron. Crop Sci., 170, 195-201.
- Puntarulo, S., Galleano, M., Sanchez, R., A. ve Boverls, A., 1991. Superoxide Anion and Hydrogen Peroxide Metabolism in Soybean Embryonic Axes During Germination, Biochim. Biophys. Acta., 1074, 277-283.
- Ramachandra-Reddy, A., Chaitanya, K., V., Jutur, P., P. ve Sumithra, K., 2004. Differential Antioxidative Responses to Water Stress Among Five Mulberry (*Morus alba* L.) Cultivars, Environ. Exp. Bot., 52, 33-42.
- Richards, R., A., Rebetzke, G., J., Condon, A., G. ve Van Herwaarden, A., F., 2002. Breeding Opportunities for Increasing the Efficiency of Water Use and Crop Yield in Temperate Cereals, Crop Sci., 42, 111-121.
- Sa lam, A., Terzi, R., Nar, H., Saruhan, N., Ayaz, F. A. ve Kadıo lu, A., 2010. Inorganic and organic solutes in apoplastic and symplastic spaces contribute to osmotic adjustment during leaf rolling in *Ctenanthe setosa*, Ac. Biolog Craco. Ser. Bot. 52, 1, 37-44.
- Sairam, R., K., Deshmukh, P., S. ve Saxena, D., C., 1998. Role of Antioxidant Systems in Wheat Genotypes Tolerance to Water Stress, Biol.Plant., 41, 387-394.

- Sairam, R., K., Chandrasekhar, V. ve Srivastava, G.C., 2001. Comparison of Hexaploid and Tetraploid Wheat Cultivars in Their Responses to Water Stress, Biol. Plant., 44, 89-94.
- Salisbury, F., D. ve Ross, C., W., 1992. Plant Physiology, Wadsworth Publishing Co., California.
- Saruhan, N., Terzi, R., Saglam, A. ve Kadioglu, A., 2009. The Relationship Between Leaf Rolling and Ascorbate-Glutathione Cycle Enzymes in Apoplastic and Symplastic Areas of *Ctenanthe setosa* Subjected to Drought Stress, Biol. Res., 42, 315-326.
- Saruhan, N., Terzi, R., Saglam, A., ve Kadioglu, A., 2010. Scavenging of Reactive Oxygen Species in Apoplastic and Symplastic Areas of Rolled Leaves in *Ctenanthe setosa* Under Drought Stress, Acta Biol. Hung., 61, 282-298.
- Sgherri, C., L., M. ve Navari-Izzo, F., 1995. Sunflower Seedlings Subjected to Increasing Water Deficit Stress: Oxidative Stress and Defence Mechanisms, Physiol. Plant., 93, 25-30.
- Sgherri, C., L., M., Pinzino, C. ve Navari-Izzo, F., 1996. Sunflower Seedlings Subjected to Increasing Water Stress by Water Deficit: Changes in O_2^- Production Related to the Composition of Thylakoid Membranes, Physiol. Plant., 96, 446-452
- Sgherri, C., L., M., Maffei, M. ve Navari-Izzo, F., 2000. Antioxidative Enzymes in Wheat Subjected to Increasing Water Deficit and Rewatering, J. Plant Physiol., 157, 273-279.
- Sinniah, U., R., Ellis, R., H. ve John, P., 1998. Irrigation and Seed Quality Development in Rapid Recycling *Brassica*, Soluble Carbohydrates and Heat Stable Proteins, Ann. Bot., 82,647-655
- Sivaramakrishnan, S., Patell, V., Z., Flower, D., J. ve Peacock, J., M., 1988. Proline Accumulation and Nitrate Reductase Activity in Contrasting Sorghum Lines during Mid-Season Drought Stress, Physiol. Plant., 74, 418-426.
- Slesak, I., Libik, M., Karpinska, B., Karpinski, S. ve Miszalski, Z., 2007. The Role of Hydrogen Peroxide in Regulation of Plant Metabolism and Cellular Signalling in Response to Environmental Stresses, Acta Biochim. Pol., 54, 39-50.
- Smirnoff, N., 1993. The Role of Active Oxygen in the Response of Plants to Water Deficit and Desiccation, New Phytol., 125, 27-58.
- Smirnoff, N., 1998. Plant Resistance to Environmental Stresses, Curr. Opin. Biotechnol., 9, 214-219.
- Srivalli, B., Sharma, G. ve Khanna-Chopra, R., 2003. Antioxidative Defences System in Upland Rice Cultivar Subjected to Increasing Intensity of Water Stress Followed by Recovery, Physiol. Plant., 119, 503-512.

- Street, H., E. ve Öpik, H., 1984. The Physiology of Flowering Plants: Their Growth and Development, Third Edition, Baltimore.
- Takematsu, T., Takeuchi, Y. ve Choi, C., D., 1986. Overcoming effects of Brassinosteroids on Growth Inhibition of Rice Caused by Unfavourable Growth Conditions, Shokucho, (A Journal From Japan Assoc. Adv. Phytoreg) 20, 2-12.
- Tambussi, E., A., Bartoli, C., G., Beltrano, J., Guiamet, J., J. ve Araus, J., L., 2000. Oxidative Damage to Tylakoid Proteins in Water-Stressed Leaves of Wheat (*Triticum aestivum*), Physiol. Plant., 108, 398-404.
- Terzi, R., 2005. *Ctenanthe setosa*'da Yaprak Kıvrılma Mekanizmasının Ara tırılması Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Thompson, J., E., Ledge, R., L. ve Barber, R., F., 1987. The Role of Free Radicals in Senescence and Wounding, New Phytol., 105, 317-344.
- Townley-Smith, T., F. ve Hurd, E., A., 1979. Testing and Selecting for Drought Resistance in Wheat. In: Mussell, H. and Staples, R.C., Eds., Stress Physiology in Crop Plants, John Wiley & Sons, New York, 447-464.
- Turgut, R. ve Kadıo lu, A., 1998. The Effect of Drought, Temperature and Irradiation on Leaf Rolling in *Ctenanthe setosa*, Biol. Plant., 41, 629-663.
- Turner, N., C., Begg, J., E. ve Tonnet, M., L., 1978. Osmotic Adjustment of Sorghum and Sunflower Crops in Response to Water Deficits and Its Influence on the Water Potential at Which Stomata Close, Aust. J. Plant Physiol., 5, 597-608.
- Turner, N., C., 1979. Drought Resistance ve Adaptation to Water Deficits in Crop Plants, In Mussell, H., Staples, R.C., Eds., Stress Physiology in Crop Plants. Wiley-Interscience, New York, 343-372.
- Turner, N., C. ve Kramer, P., J., 1980. Adaptation of Plants Water and High Temperature Stres, New York.
- Urbanek, H., Kuzniak-Gebarowska, E. ve Herka, K., 1991. Elicitation of Defense Responses in Bean Leave By *Botrytis cinerea* Polygalacturanase, Acta Physiol. Plant., 13, 43-50.
- Velikova, V., Yordanov, I. ve Edreva, A., 2000. Oxidative Stress and Some Antioxidant Systems in Acid Rain-Treated Bean Plants, Protective Role of Exogenous Polyamines, Plant Sci., 151, 59-66.
- Wahida A, Perveena, M., Gelania, S. ve Basrab, S., M., A., 2007. Pretreatment of Seed with H₂O₂ Improves Salt Tolerance of Wheat Seedling by Alleviation of Oxidative Damage and Expression of Stres Proteins, J. Plant Physiol., 164, 283-294.

- Wang, Y., Yang, Z., M., Zhang, Q., F. ve Li, J., L., 2009. Enhanced Chilling Tolerance in *Zoysia matrella* By Pre-treatment With Salicylic Acid, Calcium Chloride, Hydrogen Peroxide or 6-Bezylaminopurine, Biol. Plantarum, 53,1, 179-182.
- Xu, D., Q. ve Wu, S., 1996. Three Phases of Dark-Recovery Course from Photoinhibition Resolved by the Chlorophyll Fluorescence Analysis in Soybean Leaves Under Field Conditions, Photosynthetica, 32, 417-423.
- Yardanov, L., Velikova, V. ve Tsonev, T., 2000. Plant Responses to Drought, Acclimation and Stress Tolerance, Photosynthetica, 38, 171-186.
- Yu, C., W., Murphy, T., Sung, W., W. ve Lin, C., H., 2002. H₂O₂ treatment induces glutathione accumulation and chilling tolerance in mung bean, Funct Plant.Biol., 129, 1081-1087.
- Zeybek, N., ve Zeybek, U., 1994. Farmasotik Botanik, kinci Baskı, Ege Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi Yayınları, zmir, 53-54.

ÖZGEÇMİŞ

17.09.1984 tarihinde Trabzon'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Trabzon'da tamamladı. 2004 yılında 19 Mayıs Üniversitesi Ordu Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde bir lisans öğreniminden 2008 yılında mezun oldu. 2009-2010 eğitim öğretim yılında K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Bölümü Botanik Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2011 -2012 eğitim öğretim yılı Güz döneminde Avusturya-Viyana BodenKultur Üniversitesinde Erasmus öğrencisi olarak bulundu ve bu programı tamamladı. K.T.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Botanik Anabilim dalında yüksek lisans öğrencisi olarak öğrenimine devam etmekte olup, iyi derecede İngilizce bilmektedir.