

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**POLİAMİNLERİN YAPRAK KIVRILMASINA ETKİSİNİN BİYOKİMYASAL  
SEVİYEDE ARAŞTIRILMASI**

**Biyolog Neslihan SARUHAN**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde**

**“Yüksek Lisans (Biyoloji)”**

**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

127443

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 09.01.2002**

**Tezin Savunma Tarihi : 04.02.2002**

**TC YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Asım KADIOĞLU**

**Jüri Üyesi : Prof. Dr. Osman BEYAZOĞLU**

**Jüri Üyesi : Doç. Dr. Ertuğrul SESLİ**

A. Kadıoğlu  
O. Beyazoğlu  
E. Selli

**Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Asım KADIOĞLU**

A. Kadıoğlu

Ocak 2002

**TC YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

## ÖNSÖZ

Kuraklık stresi sırasında *Ctenanthe setosa* (Marantaceae) bitkisinin yaprak kıvrılması üzerine poliaminlerin etkisi ile bazı biyokimyasal değişimlerin araştırıldığı bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı'nda 'Yüksek Lisans Tezi' olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek, gerek konu seçimi, gerekse çalışmaların yürütülmesi sırasında ilgisini esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Asım KADIOĞLU'na, bu çalışmayı yapabilmem için her türlü laboratuvar imkanlarını kullanmamı sağlayan sayın Doç. Dr. Ali Osman BELDÜZ'e, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Nazmi Turan OKUMUŞOĞLU'na ve değerli yardımlarından dolayı sayın Yrd. Doç. Dr. Şengül ALPAY KARAOĞLU'na teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarım sırasında metot öğrenmemde yardımcı olan sayın Dr. Ahmet AYAZ'a, Öğr. Gör. Rabiye TURGUT'a, Arş. Gör. Nuran DURMUŞ'a ve Arş. Gör. Sabriye DÜLGER'e, her konuda bana yardımcı olan değerli arkadaşlarım Arş. Gör. Neşe AYDIN'a, Arş. Gör. Nurhayat YILMAZ'a, tüm bölüm arkadaşlarıma ve sonsuz hoşgörülerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Neslihan SARUHAN

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	VIII
SEMBOLLER.....	IX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Stres ve Stres Çeşitleri.....	3
1.3. Kuraklık Stresi.....	4
1.4. Streste Prolinin Rolü.....	8
1.5. İndirgen Şekerler ve Stres.....	9
1.6. Stresin Proteinler Üzerine Etkisi.....	10
1.7. Peroksidazlar.....	11
1.8. Poliaminler.....	13
1.8.1. Poliaminlerin Biyosentezi.....	14
1.8.2. Poliaminlerin Fizyolojik Etkileri.....	14
1.9. Marantaceae Familyasının Genel Özellikleri.....	16
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	18
2.1. Materyalin Sağlanması.....	18
2.2. Deneyin Kuruluşu ve Poliamin Uygulanması.....	18
2.3. Yaprak Kıvrılma Derecesinin Ölçülmesi.....	18
2.4. Prolin Tayini.....	19
2.5. Yapraklarda İndirgen Şeker Tayini.....	19
2.6. Proteinlerin Analizi.....	20
2.6.1. Protein Özütünün Hazırlanması.....	20
2.6.2. Çözünebilir Protein Tayini.....	20
2.6.3. Peroksidaz Aktivitesi Tayini.....	21
2.7. İstatistik Analizler.....	21

3. BULGULAR.....	22
3.1. Morfolojik Gözlemler.....	22
3.2. Yaprak Kıvrılması Üzerine Dıştan Uygulanan Poliaminlerin Etkisi.....	27
3.3. <i>Ctenanthe setosa</i> 'da Dıştan Uygulanan Poliaminlerin Kuraklık Boyunca Peroksidaz Aktivitesinde Meydana Getirdiği Değişimler.....	28
3.4. <i>Ctenanthe setosa</i> 'da Dıştan Uygulanan Poliaminlerin Kuraklık Boyunca Çözünebilir Protein Miktarı Üzerine Etkisi.....	29
3.5. <i>Ctenanthe setosa</i> 'da Dıştan Uygulanan Poliaminlerin Kuraklık Boyunca Prolin Miktarı Üzerine Etkisi.....	30
3.6. <i>Ctenanthe setosa</i> 'da Dıştan Uygulanan Poliaminlerin Kuraklık Boyunca İndirgen Şeker Miktarı Üzerine Etkisi.....	31
4. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	33
5. ÖNERİLER.....	37
6. KAYNAKLAR.....	38
ÖZGEÇMİŞ.....	46

## ÖZET

Kuraklık stresine maruz bırakılan *Ctenanthe setosa* bitkisinde dıştan uygulanan poliaminlerin (putrescin, spermidin ve spermin) yaprak kıvrılmasına ve peroksidaz aktivitesindeki değişmelere etkisi incelendi. Ayrıca uygulanan poliaminlerin indirgen şeker, prolin, çözünebilir protein miktarlarında meydana getirdiği değişimler belirlendi.

Bu amaçla, bitkilerin yaprak kıvrılma derecelerindeki değişim morfolojik, peroksidaz aktivitesi ile indirgen şeker, prolin ve çözünebilir protein miktarları ise spektrofotometrik olarak belirlendi.

Yapılan analizler dıştan uygulanan poliaminlerin, yaprak kıvrılmasını önemli derecede geciktirdiğini gösterdi. Kuraklık boyunca poliamin uygulanmış yapraklardaki peroksidaz aktivitesinde kontrole oranla bir azalışın olduğu kaydedildi. Putrescin ve spermidinin prolin ve indirgen şeker miktarında artışa neden olduğu fakat sperminin ise bu artışı baskıladığı belirlendi. Fakat sperminin indirgen şeker miktarına etkisinin istatistiki olarak önemsiz olduğu bulundu. Kuraklık periyodu sırasında poliamin uygulanan yapraklarda çözünebilir protein miktarında kontrole oranla artış olduğu tespit edildi. Ayrıca kuraklık stresi boyunca poliamin uygulanmış ve kontrol bitkilerinde peroksidaz, prolin, indirgen şeker miktarlarında artışın, çözünebilir protein miktarında ise azalışın olduğu bulundu.

Bu sonuçlara göre poliaminlerin yaprak kıvrılma derecesini azaltması, prolin, indirgen şeker ve protein miktarındaki artış ile açıklanabilir. Ayrıca bu olayda peroksidaz enziminin fazlaca etkili olmadığı görüldü.

**Anahtar Kelimeler:** *Ctenanthe setosa*, Poliamin, Peroksidaz, İndirgen Şeker, Prolin, Yaprak Kıvrılması, Kuraklık Stresi

## SUMMARY

### **The Investigation of Biochemical Levels of Effect of Polyamines on Leaf Rolling During Drought Stress**

The effects of three main polyamines (putrescine, spermidine and spermine) on the degree of leaf rolling, changes in the activity of peroxidase were investigated in *Ctenanthe setosa* during drought stress. In addition, the effect of stress on the amounts of reducing sugar, the changes in soluble protein, proline amounts and protein bands in the exojenic polyamine applicated leaves were determined.

For this purpose, the changes in the degress of rolling leaves were studied morphologically. Changes in the activity peroxidase and the amounts of reducing sugar, proline, soluble protein were spectrophotometrically determined.

The analysis show that, the exojenic application of polyamines delayed the leaf rolling. It was observed that peroxidase activity in polyamine applicated leaves was decreased according to control ones during drought stress. Also It was determined that putrescine and spermidine were caused an increase in the amount of proline and reducing sugar, in contrast spermine pressed this increase. And it was observed that the level of soluble protein in polyamine applicated plants was increased according to control ones during drought stress.

Also we observed an increase in the amount of peroxidase, proline, reducing sugar and a decrease in soluble protein in polyamine applicated leaves and control ones during drought stress.

As a result, reduced leaf rolling by polyamines could be explained with the increase amount of proline, reducing sugar and soluble protein. Also it was seen that peroxidase was not significantly effectual in this study.

**Key Words:** *Ctenanthe setosa*, Polyamine, Peroxidase, Reducing Sugar, Proline, Leaf Rolling, Drought Stress.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1. Kuraklık stresine maruz bırakılan <i>Ctenanthe setosa</i> bitkisinin poliamin uygulanmamış (kontrol) yaprakları.....	23
Şekil 2. Kuraklık stresine maruz bırakılan <i>Ctenanthe setosa</i> bitkisinin putrescin uygulanmış yaprakları.....	24
Şekil 3. Kuraklık stresine maruz bırakılan <i>Ctenanthe setosa</i> bitkisinin spermidin uygulanmış yaprakları.....	25
Şekil 4. Kuraklık stresine maruz bırakılan <i>Ctenanthe setosa</i> bitkisinin spermin uygulanmış yaprakları.....	26



## TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Başlıca stres tipleri.....	3
Tablo 2. Hücrelerin su kaybına verdikleri cevaplar.....	7
Tablo 3. <i>Ctenanthe setosa</i> bitkisinin yaprak kıvrılması üzerine dıştan uygulanan poliaminlerin etkisi.....	27
Tablo 4. <i>Ctenanthe setosa</i> 'da kuraklık boyunca kontrol (poliamin uygulanmamış) ve poliamin uygulanmış (put, spd ve spm) yapraklardaki peroksidaz aktivitesinde meydana gelen değişimler.....	28
Tablo 5. <i>Ctenanthe setosa</i> 'da kuraklık boyunca kontrol ve poliamin uygulanmış yapraklarda çözünebilir protein miktarındaki değişimler.....	30
Tablo 6. Dıştan uygulanan poliaminlerin kuraklık boyunca <i>Ctenanthe setosa</i> bitkisinin prolin miktarı üzerine etkisi.....	31
Tablo 7. <i>Ctenanthe setosa</i> 'da kuraklık boyunca poliamin uygulanmış ve kontrol yapraklarındaki indirgen şeker miktarındaki değişimler.....	32



## SEMBOLLER

ABA	: Absisik Asit
BSA	: Bovin Serum Albumin
CBB	: Coomassie Brilliant Blue
cdsp	: Kloroplastlarda bulunan kuraklığa neden olan protein
hsp	: Sıcak şok proteinleri
LSD	: En küçük farklılık önemlilik testi
M	: Molar
spd	: Spermidin
spm	: Spermin
PA	: Poliamin
POD	: Peroksidaz enzimi
put	: Putrescine
RNA	: Ribonükleik Asit

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Kuraklık stresini azaltmanın yollarından biri transpirasyonun kontrol altına alınmasıdır (Hale, Orcutt, 1987). Kuraklık stresi ya da su stresi şartları altında transpirasyonu azaltan mekanizmalar yaprakların rulo şeklinde kıvrılması, katlanması veya düşmesidir (Bidwell, 1974). Yaprak kıvrılması yaprağın üst epidermasındaki bulliform hücrelerinden su kaybı sonucu meydana gelir (O'Toole, 1979). Yaprak kıvrılmasının bazı bitkilerde özellikle su kaybına karşı bir cevap olarak meydana geldiği ileri sürülmüştür (Townley vd., 1979; Begg, 1980; Blum, 1988). Turgor kaybı ile yaprak kıvrılmasının uyarıldığı ve etkili bir şekilde yaprak yüzey alanının azaldığı tespit edilmiştir (Clarke, 1986). Kıvrılmanın tahıl ürünlerinde kuraklığa dayanıklılığı artırdığı rapor edilmiştir (Townley vd., 1979). Ayrıca suyun sınırlı olduğu kırsal habitatlarda kıvrılma ile orantılı olarak çimlerin hayatta kalma ihtimallerinin arttığı da kaydedilmiştir (Heckathorn, Delucia, 1991). Yaprak kıvrılmasının yapraktaki su potansiyeli ile ilgili olarak osmotik potansiyeldeki değişimle ilişkili olduğu (Hsiao vd., 1984), kuraklık sonucunda suda çözünen maddelerin fazlaca biriktiği böylece turgorun devamlılığının sağlandığı (Hanson, 1983) rapor edilmiştir. Özellikle suda çözünen şekerlerdeki artışın, su stresine protoplazmik seviyede toleransı artırdığı (Hsiao vd., 1984), şekerlere ilave olarak prolinin de osmotik ayarlama da rol oynayarak, enzimleri korudukları ve böylece dokunun canlılığını sürdürmesine yardımcı oldukları belirlenmiştir (Hsiao vd., 1984).

Poliaminler, son yıllarda üzerinde fazlaca çalışma yapılan ve stres ile yakından ilişkili olan bir hormon grubudur (Galston, 1983; Slocum, vd., 1984; Smith, 1984; Sankhla vd., 1988). Poliaminlerin fonksiyonun membran stabilizasyonu ile ilişkili olduğu ve bu fonksiyonlarının fosfolipid membranlarıyla amino gruplarının elektrostatik bağlarla bağlanması sonucu oluştuğu rapor edilmiştir (Smith, 1984). Ayrıca putrescin, spermidin ve spermin gibi poliaminlerin bitkilerin büyüme ve gelişme periyoduyla ilişkili olduğu gösterilmiştir. Poliaminler özellikle tahıllarda su eksikliği gibi çeşitli stres şartlarına cevap olarak birikirler (Galston ve Sawhney, 1990). Poliaminler ve çeşitli çevresel streslerle ilgili olarak yulaf (*Avena sativa L.*), arpa (*Hordeum vulgare L.*) (Greeland, Lewis, 1984; Turner, Stewart, 1986), buğday (*Triticum aestivum L.*) (Slocum vd., 1990) ve diğer bazı Gramineae türlerinde değişik çalışmalar yapılmıştır. Özellikle tuz stresi, osmotik stres (Flores, Galston, 1982, 1984), su stresi (Turner, Stewart, 1986) ve düşük sıcaklık stresinin

(Slocum vd., 1984) poliaminler üzerine etkisi araştırılmıştır. Ayrıca potasyum, magnezyum, fosfor, kükürt ve azot elementlerinin (Smith, Richards, 1962; Cho, 1983) ve SO<sub>2</sub> gazının (Priebe vd., 1978) poliaminler üzerine etkisi çalışılmıştır.

Yaprak kıvrılması sırasında bitkilerde meydana gelen biyokimyasal ve diğer değişimler fazlaca araştırılmamış konulardan birisidir. Bu konuda sadece *Ctenanthe setosa* (Rosc.) Eichler (Marantaceae) 'da yapılan bazı çalışmalar mevcuttur. Örneğin su stresiyle ilişkili olarak yağ asidi ve lipidler üzerine yaprak kıvrılmasının etkisi (Ayaz vd., 2001), fenolik asit ve düşük molekül ağırlıklı karbohidratların su stresine etkisi (Ayaz vd., 2000) ile yaprak kıvrılması üzerine ışık ve sıcaklığın etkisi araştırılmıştır (Turgut, Kadioğlu, 1998). Ayrıca *Ctenanthe setosa*'da yaprak kıvrılması sırasında içsel poliamin seviyesindeki değişimler araştırılmıştır. (Turgut vd., 2002). Bununla birlikte yaprak kıvrılması üzerine dıştan uygulanan poliaminlerin etkisi ve bu etkinin mekanizması ile ilgili bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada dıştan (ekzojenik) uygulanan poliaminlerin yaprak kıvrılması üzerindeki etkileri ve yaprakta biyokimyasal seviyede meydana gelebilecek muhtemel değişiklikler araştırılmıştır.

## 1.2. Stres ve Stres Çeşitleri

Stres, çevresel ve biyolojik faktörlerin ayrı ayrı ya da birlikte fizyolojik olaylarda belirgin değişiklikler meydana getirmesidir. Stres terimi hasar meydana getirme potansiyelini de ifade eder. Buradaki hasar bir metabolizma sonucu oluşur ve bitkinin büyümesinde, veriminde, değerinde azalma meydana getirir (Hale, Orcutt, 1987).

Bitkilerin maruz kaldığı başlıca stres tipleri; fizyolojik, kimyasal ve biyolojik olmak üzere 3 kısma ayrılır (Tablo 1).

Tablo 1. Başlıca stres tipleri (Hale, Orcutt, 1987).

Fiziksel	Kimyasal	Biyolojik
Kuraklık	Hava kirliliği	Rekabet (Yarışma)
Sıcaklık	Allelokimyasallar	Allelopati
Radyasyon	Besinler (inorganik)	Simbiyosis yokluğu
Sel	Pestisitler	İnsan tahribi
Makine	Toksinler	Hastalıklar
Elektrik	Tuzlar	Böcekler
Manyetik alan, Rüzgar	Toprak çözeltisinin PH'sı	

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

Tüm bitkiler stres hasarlarına karşı koyma ve canlı kalabilme özelliğindedir. Bir bitkinin bazı kısımları (tohumlar, tomurcuklar ve dormant hücreler) strese dayanıklı iken, diğer kısımları (meristemler, sukkulent organlar ve fideler) duyarlı olabilirler.

Bir bitki, evrim prosesiyle yaşamak zorunda olduğu çevreye adapte olabilme veya tam olarak uyabilme yeteneğindedir. Bitkinin canlı kalmasını sağlayan evolüsyon olaylarından biri tabii seleksiyondur. Bitkiler tabii seleksiyonla kendilerini telef olmaktan kurtarırlar. Hayatta kalan bitkiler tamamen ya da kısmen ters etkiye neden olan çevresel faktörlerin hasarlarına karşı toleransa sahiptir. Strese tolerans, bitkinin uygun olmayan bir çevrede büyüme ve canlı kalma kapasitesidir. Toleranslı bitkiler önemli hasarlardan etkilenmeksizin ya da ölmeksizin stres etkilerine tahammül edebilirler.

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 şartlardan kaynaklanan streslere dayanabilen ya da bu stresleri tolere edebilen bitkiler yetiştirmeye ihtiyaç vardır. Daha dayanıklı ve toleranslı türler yetiştirmek için strese dayanıklılık ve tolerans mekanizmalarının iyice bilinmesi gerekir (Bidwell, 1974).

Tolerans ve dayanıklılık bitkinin büyüme ve gelişmesine göre değişebilir. Gelişmenin belirli bir safhasındaki bitki, hasara neden olan strese karşı duyarlı fakat diğer bir büyüme safhasında dayanıklı olabilir. Lewitt (1980), strese dayanıklılığı tolerans ve sakınma olmak üzere ikiye ayırmıştır. Eğer bir bitki stres ile termodinamik dengeye gelemiyorsa veya bir fiziksel ya da metabolik engel yardımıyla oluşan stresi dışarıda bırakabiliyorsa stres sakınması denilen durum meydana gelir. Eğer bitki stresle termodinamik dengeye gelirse fakat hasar meydana gelmezse ya da oluşan hasar azalır stres toleransı meydana gelir.

### 1.3. Kuraklık Stresi

Genellikle kuraklık stresi, su eksikliği stresiyle eş anlamda kullanılan bir olaydır. Bu nedenle burada kuraklık stresiyle su stresi terimleri iç içe kullanılmıştır.

Bitkilerin dayanıklı olması gereken en genel streslerden biri kuraklık stresidir. Topraktaki kullanılabilir su azaldığı zaman kuraklık stresi meydana gelir ve atmosferik şartlar buharlaşma ve transpirasyonla sürekli su kaybına neden olur. Stres, günlük veya uzun bir zaman periyodunda meydana gelebilir. Eğer sürekli stres meydana gelirse ve bitki belirli dokulardaki ve organlardaki su kaybını önleme veya yavaşlatma gibi mekanizmalara sahip değilse ya da bitkiler suyun taşınımını ve absorpsiyon hızını artırma yeteneğinde değilse kuruyarak ölürlür.

Turner (1979), kuraklığa dayanıklılık mekanizmalarını; kuraklıktan sakınma, yüksek su potansiyelli dokudaki kuraklık toleransı (dehidrasyon erteleme) ve düşük su potansiyelli dokudaki kuraklık toleransı (dehidrasyon toleransı) olmak üzere üç kategoriye ayırmıştır (Kramer, 1980).

Kuraklıktan sakınma; şiddetli su kaybından önce bitkinin hayat döngüsünü tamamlayarak stresten kaçınma mekanizmasıdır. Örneğin, çölde kısa ömürlü olan bitkiler yeterli yağmur periyodu sırasında büyür ve ürerler. Kuraklık periyodunda ise dormant tohumlar meydana getirirler. Hızlı bir büyüme hızına sahip ve belirgin bir büyüme ortamı

olmayan bitkiler kuraklıktan kaçınmaya iyi adapte olurlar. Kısa zamanda yetişen kültürler kuraklıktan sakınmak için kullanılırlar (Turner, 1979).

Dehidrasyon toleransı (düşük su potansiyelli dokudaki kuraklık toleransı), turgorun devamı ve kuraklık toleransı olmak üzere iki kısma ayrılır.

Turgor durumunun devamı, stresle birlikte hücrelerin osmotik potansiyelinde başlayan azalışlarla sağlanır. Osmotik ayarlama, hububat türlerinde kuraklığa tolerans mekanizması olarak gösterilir (Ackerson vd., 1980; Morgan, 1980, 1984; Turner vd., 1986). Osmotik ayarlama ayrıca stomal açıklığın (Turner vd., 1978; Ackerson vd., 1980; Ackerson, Hebert, 1981; Ludlow vd., 1985) ve fotosentezin (Ackerson vd., 1980) devamını sağlar. Ayrıca yaprak kıvrılması (Hanson, 1982; Hsiao vd., 1984) ve yaprak ölümünü (Hsiao vd., 1984) geciktirir. Osmotik ayarlama bazı inorganik ve organik eriyikler aracılığıyla eder. Hücrelerin aktif osmotik ayarlamasına en önemli katkıyı indirgen şekerler yapar (Hasegawa vd., 1984). İndirgen şekerlere ilave olarak  $K^+$  iyonları da osmotik potansiyeli azaltmada önemli rol oynar (Handa vd., 1983). Prolin de osmotik ayarlamayı sağlamak için bitkiler tarafından sentezlenir.

Kuraklığa toleransın, hücrelerin mekaniksel zararlara dayanma kabiliyetine, membran ve sitoplazmanın protein denatürasyonuna dayanma kabiliyetine bağlı olduğu kaydedilmiştir (Gaff, 1980).

Dehidrasyon erteleme (yüksek su potansiyelli dokudaki kuraklık toleransı), ya su alınımının sürekliliği ya da su kaybının azalmasıyla sağlanır. Su kaybı azalışı; absorbe edilen radyasyondaki azalma, yaprak alanındaki indirgenme ile stomatal ve kütikula dayanıklılığındaki artma sonucu ortaya çıkar. Kuraklık stresi altında stomatal açıklığın hidrostatik feedback kontrolü ve  $CO_2$  konsantrasyonu gibi diğer faktörlerle ilişkilidir. Örneğin bir kaktüste stomaların 40 günlük stresten sonra kapandığı ve 7 ay kapalı kaldığı belirlenmiştir. Yapraklarda radyasyon (ışık) absorpsiyonunun azalması yaprakların hareketiyle gerçekleştirilir. Şöyle ki radyasyonun geliş açısı, hareket eden yapraktaki absorpsiyon için daha az bir yüzey sağlar. Bu durum yaprak yüzeyini kaplayan tüy gelişimi ya da yaprak yüzeyinin yansıtma kalitesi veya artan mum tabakası gelişimi ile de sağlanabilir. Yaprak alanındaki indirgenme kuraklık stresiyle meydana gelebilir. Ayrıca yaprak absisyonu (dökülmesi) artırılır. Sürgün oluşumu ve yaprak oluşumu azaltılır. Su stresine yaprakların bu şekildeki morfolojik adaptasyonu, yaprakların büyümesi ve gelişmesi esnasında ya da onların tam olarak gelişmesinden sonra meydana gelebilir.



Turgor azalmasının bir sonucu olarak, stomal açıklık ve fotosentezdeki azalmadan daha önce yaprak alanı indirgenir. Yaprak alanındaki indirgenme ise su kaybını azaltır.

Sürekli su alınımı kök sistemi özelliğinin bir sonucudur. Derin köklü bitkiler aşırı bir kuraklık durumunda ve bu kuraklığın toprağın derinliklerine ulaşmasına kadar su absorpsiyonuna devam edebilirler. Köklerin büyüme hızı da stres toleransını etkileyebilir. Bilindiği gibi kök daha fazla büyürse kök gövde oranı değişir. Kök büyümesinin artması daha az gövde büyümesinin meydana gelmesine neden olur. Ya da köklerin uzunluğunun ve yoğunluğunun artması bu oranı değiştirir. Kök büyümesi ile birlikte iletim demetlerinin çaplarındaki artış kök tarafından gövdeye iletilen su miktarının sürekli olmasına yardım eder (Turner, 1986).

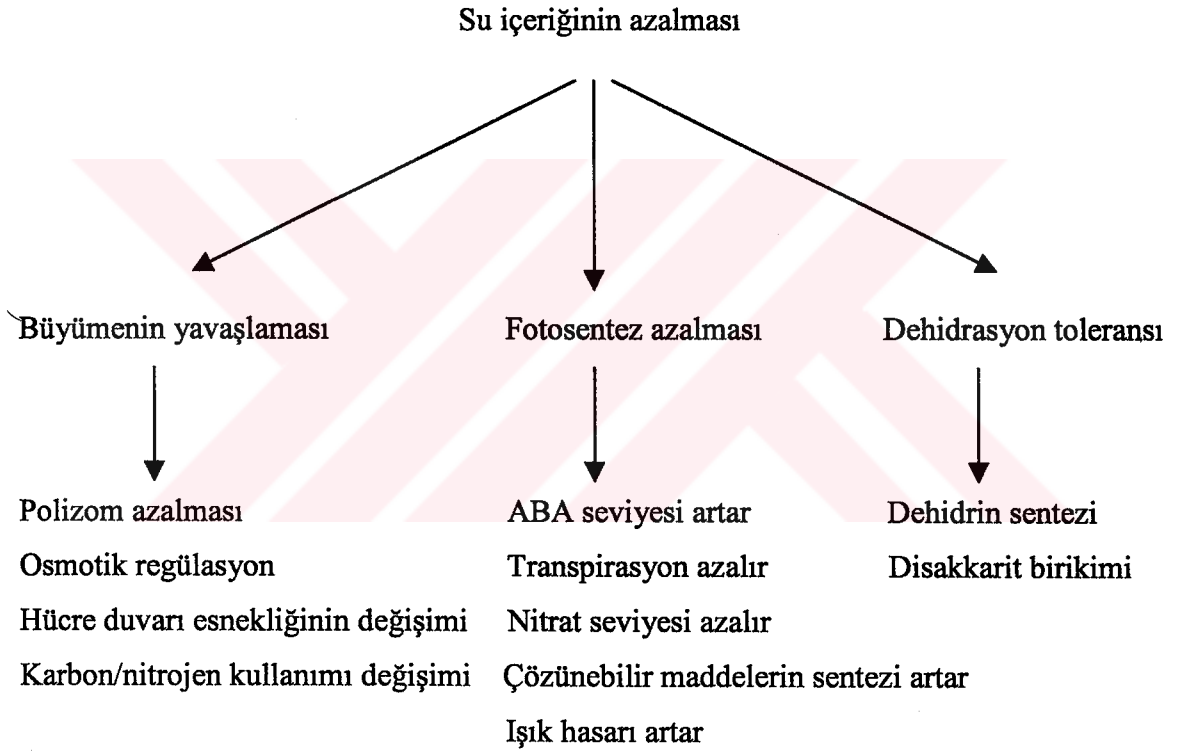
Strese tolerans mekanizmalarından biri de hücre elastisitesindeki değişikliklerdir. Stresten dolayı elastisitesinde artma meydana gelen hücrenin boyutunda azalma meydana gelir. Hücre boyutundaki azalmanın elastisiteyi artırması kuru ağırlığın şişme ağırlığına (yaş ağırlık) oranındaki artmayla ilişkilidir.

Sakinme ve tolerans mekanizmaları yanında kurak ortam bitkileri, yapraklarına gelen ışık miktarını azaltmak için, yaprağın açısını değiştirirler ve ışık absorpsiyonu için daha az bir yüzey sağlamış olurlar. Işık, yaprakta ısınmaya neden olarak su kaybını artırabilir. Kurak ortam bitkileri (kserofitler) ışık etkisinden korunmak için yaprak yüzeyinde tüy ve kütikula da geliştirirler. Ayrıca kuraklık etkisiyle yaprak alanında indirgenme de meydana gelebilir ve böylece su kaybı azaltılmış olur. Diğer taraftan kuraklık stresi; transpirasyonu azaltmak için yaprak absisyonuna ve yaşlı yaprakların senesensine de neden olabilir. Yaprakların tam gelişmesinde sonra kuraklığa karşı geliştirilen mekanizmalardan birisi yaprak açısındaki ve yaprak yüzeyinin yansıtma özelliğindeki değişimlerdir. Örneğin çimlerde yaprağın üst epidermasının üzerindeki orta damar boyunca yer alan bulliform hücrelerinde turgor kaybının bir sonucu olarak rulo şeklinde yaprak kıvrılması meydana gelir. Bu şekildeki kıvrılma %70 oranında transpirasyonu azaltır ve yaprak alanı %68'e kadar bir ışığa maruz kalabilir. Oppenheimer (1960), yaprak kıvrılmasının çeşitli kserofitik çimlerde transpirasyonu %46-83 oranında azalttığını göstermiştir.

Kuraklığın pirinçte fenolojik gelişimi geciktirdiği (Puckridge, O'Toole, 1981; Turner vd., 1986; Inthapa, Fukai, 1988) tahıllarda ise transpirasyon, fotosentez, solunum gibi fizyolojik olayları etkilediği kaydedilmiştir (Fukai et. al., 1985; Turner, 1986). Şiddetli kuraklığın pirincin morfolojisini de etkilediği rapor edilmiştir. Yaprak gelişimi; yaprak kıvrılmasından, erken senesenssten ve yaprak genişliğinin azalmasından dolayı su

stresi olan yapraklarda nitrat redüktaz aktivitesinde azalma meydana gelir. Bu azalma, ksilemdeki nitrat taşınımının düşmesiyle ilişkili olabilir. Stres altındaki bitkilerde serbest prolin yanında biriken diğer bir madde de betain'dir. Hanson ve Nelson (1977)'e göre betain stres esnasında bir ve iki karbonlu öncülerin yeniden sentezlenmesiyle meydana gelmiştir. Kuraklık stresi sırasında prolin ve betain gibi azotlu bileşikler yanında ABA seviyesinde de artma meydana gelir. Protein sentezi de su stresinden etkilenebilir. Hafif bir stres altında bile poliribozomların sayısı, protein sentezinde inaktif oldukları bilinen monoribozomlara dönüştükleri kaydedilmiştir (Hale, Orcutt, 1987).

Tablo 2. Hücrelerin su kaybına karşı verdikleri cevaplar





#### 1.4. Streste Prolinin Rolü

Birçok bitki kuraklık ya da tuz stresine maruz bırakıldığı zaman prolin, glisin, betain ve şeker alkollerini gibi uygun osmolitleri biriktirir. (Yordanov, 2000). Bu çözünebilir bileşikler arasında yaygın olarak bilinen prolin dir. Prolin birikimi sadece bitkilerde değil, öbakterilerde, protozoalarda, denizel omurgasızlar ve alglerde de gözlenmiştir (Yordanov, 2000).

Bitkilerde serbest prolin birikiminin strese karşı genel bir cevap olduğu görülmüştür (Gzik, 1996). Kuraklık stresi esnasında prolin seviyesindeki artışın, aynı dokudaki diğer serbest aminoasitlere göre daha fazla (Aspinall, Paleg, 1981; Handa vd., 1983) olduğu, fakat şeker ve organik asit gibi düşük molekül ağırlıklı çözünebilir bileşiklere ise benzer olduğu kaydedilmiştir. Stres altında büyüyen bitkilerin dokularında serbest prolin birikiminin olduğu birçok çalışmada ortaya konmuştur (Beny, Gila, 1984). Prolindeki artış, nisbi su içeriği ve yaprak su potansiyelinin azalışıyla ilişkilidir (Blum, Ebercon, 1976). Prolin birikiminin şiddetli tuzluluk ya da su eksikliği şartları altında uygun bir çözünen olarak osmotik strese karşı savunucu görev yaptığı genel bir görüş olarak kabul edilir (Hare, Cress, 1997)

Prolinin kuraklık ve tuzluluk şartları altında osmoregülasyon, proteinlerin stabilizasyonu, enzimlerin sıcaklıkla denatürasyonunun engellenmesi ve aşırı stres altında azot, karbon ve enerjinin korunması gibi etkilerinin olduğu bilinir (Chao, Ching, 1999).

Su stresli yapraklarda serbest prolin birikmesinin olası üç neden vardır. Birincisi, ABA konsantrasyonuna bağlı olduğu tespit edilen glutamik asitten (Barnett, Naylor, 1966; Boggess vd., 1976) prolin sentezinin uyarılması (Stewart, 1980) dir. Bu yolun su stresinin uyardığı prolin birikimine asıl katkıyı sağladığı düşünülür (Karamanos vd, 1983). İkincisi, diğer çözünebilir bileşiklere prolin oksidasyonunun inhibisyonu (Stewart, 1977) ve üçüncüsü protein sentezinin inhibisyonudur (Stewart, 1973). Prolin su stresi ortadan kalktığında hızla metabolize edilir (Stewart, 1973). Stres kalktığında prolin oksidasyonunun inhibisyonu ortadan kalkar ve prolin, glutamik asit ve diğer çözünebilir bileşiklere dönüştürülür (Karamanos vd, 1983).

Prolin birikimindeki genotipik farklılıklar arpa (Singh vd., 1973; Hanson vd., 1979) ve darı (Blum, Ebercon, 1979) da görülmesine rağmen, bu farklılığın nedeni açık değildir. Yüksek seviyede prolin birikimi, Singh (1973) tarafından kuraklığa toleranslı varyetelerde gözlenmiştir.

Bazı tür adaptif cevaplarda prolinin pozitif bir rolü vardır (Karamanos vd., 1983). Birçok aminoasitin osmotik strese cevap olarak biriktiği bilinmesine rağmen prolinin bitki hücrelerinin su eksikliğine adaptasyonunda spesifik koruyucu göreve sahip olduğu bulunmuştur (Handa vd., 1986). Çoğu araştırmacı aynı türlerin farklı varyetelerinde tuzluluğa ve kuraklığa tolerans ile prolin birikim kapasitesi arasında pozitif korelasyon olduğunu rapor etmişlerdir (O'Regan vd., 1993). Diğer araştırmacılar ise prolin birikiminin osmotik strese dayanıklılık için pozitif bir indeks olduğunu kaydetmişlerdir (Hever, 1994). Transgenik tütün bitkilerinde yapılan bir çalışmada prolin biyosentez seviyesinin şiddetli osmotik strese toleransı artırdığı rapor edilmiştir (Kavi vd., 1995). Ayrıca su stresi altında kültüre edilmiş domates hücreleri üzerinde yapılan bir çalışmada stres geçirmiş hücrelerin stres geçirmemişlerden yaklaşık 300 kat daha fazla prolin biriktirdiği ve osmotik strese adapte oldukları gözlenmiştir (Handa vd., 1983, 1986).

Bununla beraber bazı araştırmacılar prolin birikimini bir hasar belirtisi olarak düşünmüşlerdir (Hanson vd., 1977). Tal ve ark. (Tal vd., 1979) tuzluluğa toleranslı domates bitkilerinde daha az prolin biriktiğini rapor etmişlerdir.

### 1.5. İndirgen Şekerler ve Stres

Fehling ve Tollens reaktiflerini indirgeyen karbohidratlara "İndirgen Şekerler" denir. Bütün monosakkaridler, aldoz ve ketozlar ile disakkaridlerin birçoğu indirgen şekerlerdir. Polihidroksi aldehyd'ler "Aldozlar" ve polihidroksi ketonlar ise "Ketoazlar" olarak tanımlanırlar ki gerek aldozlar gerekse ketozlar "Sakkaridler" olarak bilinen bir grup karbohidratın temel bileşiklerini oluştururlar. Disakkaridler iki eşdeğer ya da farklı monosakkarid molekülünden oluşmuş bileşiklerdir ki bunların en önemlileri (+)- Sakkaroz (Sukroz), (+)- Maltoz, (+)- Laktoz ve (+)- Sellobioz'dur. (+)- Sakkaroz, adi şeker olarak bilinir. Sulu asitlerle ya da invertaz adı verilen enzim yardımıyla hidrolizinden eşit miktarda D -(+) Glukoz ve D -(+) Fruktoz oluşur. Nişastanın sulu asitlerle kısmi hidrolizinden ele geçen (+)- Maltoz bir indirgen şekerdir. Arpa şekeri olarak adlandırılan maltoz'un sulu asitlerle tam hidrolizinden sadece iki D -(+) Glukoz ele geçer. (+)- Laktoz süt şekeri adını alır. Bir indirgen şeker olan (+)- Laktoz'un hidrolizi ile eşit miktarda D -(+) Glukoz ve D -(+) Galaktoz oluşur. Sellüloz'dan hidroliz yoluyla ele geçen (+)- Sellobios'da bir disakkarid'dir ve iki molekül D -(+) Glukoz molekülünün birbirine (+)- Maltoz'da olduğu gibi glukosid halinde bağlanmasıyla oluşmuştur.

Stres sırasında indirgen şekerlerdeki artış birçok çalışmada rapor edilmiştir. Hafif su eksikliğinin (-1.0 Mpa) fasulye (*Phaseolus vulgaris*)'de; nişasta/sukroz oranını azalttığı ve bu durumda nişasta sentezinin sukroz sentezinden daha fazla inhibe edildiği gösterilmiştir (Vassey, Sharkey, 1989). Bundan dolayı fotosentez oranındaki azalışın, stomaların kapanmasına, CO<sub>2</sub>'in sınırlanmasının ise nişasta ve sukroz sentez kapasitesinin azalışına neden olduğu rapor edilmiştir (Yordanov vd., 2000).

Quick vd. (1989), hafif su eksikliğinde; daha fazla sukroz ve daha az nişasta sentezlendiğini kaydetmiştir. Su eksikliğinin artması fruktoz-2,6-bifosfat içeriğinde büyük bir artışa neden olur. Fruktoz-2,6-bifosfat, triosfosfat birikimine neden olur ve bu durumun fotoinhibisyona karşı koruyucu olduğu bilinir.

Su eksikliğinin, CO<sub>2</sub>'in eşit konsantrasyonlarında şeker pancarı yapraklarında nişastanın şekere değişimini uyardığı (Fox, Geiger, 1986) ve çözünebilir şeker içeriğindeki bu artışın osmotik regülasyonda rol oynadığı ileri sürülmüştür (Morgan, 1984).

Su stresi ile indirgen şeker konsantrasyonundaki artış Handa ve ark. (1983) tarafından da rapor edilmiştir. Yaptıkları çalışmada hücrelerdeki sükroz seviyesinin indirgen şeker seviyesinden 3 ile 8 kat daha az olarak bulmuşlardır. Binzel ve ark. (1989), kültüre edilmiş glikofitik hücrelerde NaCl'e adaptasyon sırasında yaklaşık 2 kat indirgen şeker birikimi tespit etmişlerdir. Tütün hücrelerinde yaptıkları başka bir çalışmada çözünebilir şekerlerin hücreler arası konsantrasyonunu araştırmışlar ve indirgen şeker seviyesinde 3 katlık, sükroz seviyesinde ise 10 katlık bir artış olduğunu belirlemişlerdir.

Ayrıca trehalose ya da sükroz gibi disakkaridlerin varlığının kuraklık sırasında membranların stabilize olmasına yardımcı olduğu rapor edilmiştir (Yordanov, 2000).

### 1.6. Stresin Proteinler Üzerine Etkisi

Strese adaptasyon sırasında belirli proteinlerin sentezlendiği ve protein seviyesinin değişim gösterdiği bulunmuştur. Örneğin kuraklık stresi altında belirli proteinlerin ortaya çıktığı ve bunların denaturasyona dayanıklı bir konfigürasyona sahip oldukları ileri sürülmüştür (Bidwell, 1974).

Stres esnasında biriken proteinler genellikle yüksek hidrofilik özelliğe sahiptir. Bu proteinler su, fosfat ve diğer iyonları tutarken membranların yapısını da korurlar.

Sıcak şoku ve anaerobik şartlar altında da yeni proteinler sentezlenir. Bitkiler yüksek sıcaklığa maruz bırakıldıkları zaman sıcak şok proteinlerini (hsp) sentezlerler ve bu şekilde sıcaklığa alışırlar. Örneğin mısır fideleri 40°C sıcaklığa maruz bırakıldıklarında ilk 20

dakikada 68-104 kDa, 52-62 dakikada ise 20-23 kDa ağırlığında hsp proteinleri sentezlerler (Hale, Orcutt, 1987). Ayrıca tohumlarda ölümcül zararlara karşı korunmanın, protein ve şekerlerin birikimiyle ilişkili olduğu bilinmektedir. Diğer bir çalışmada 34 kDa ağırlığındaki kloroplastlarda kuraklığa neden olan stres proteini (cdsp) su eksikliğine bağlı olarak patates bitkisinin tilakoidlerinde tespit edilmiştir (Pruvot, 1996).

Kavak ve buğday üzerinde yapılan çalışmalarda kuraklığa adaptasyonla protein birikimi arasında bir korelasyon olduğu ileri sürülmüştür (Labhilili vd., 1995; Pelah vd., 1997). Yine buğday bitkisi üzerinde yapılan bir çalışmada su eksikliğine alışkın kuraklığa toleranslı buğday bitkisinin tilakoidlerinde kontrol grubuyla karşılaştırıldığında protein oranında artış gözlenmiştir. Oysa duyarlı buğday bitkilerinde ise bu oranda herhangi bir değişim gözlenmemiştir (Quartacci vd., 1995). Diğer taraftan Handa ve ark. (1983) kültüre edilmiş bitki hücrelerinde su stresine adaptasyon sırasında çözünebilir protein seviyesinde azalmalar kaydetmişlerdir.

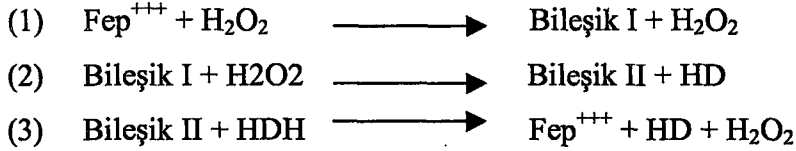
### 1.7. Peroksidazlar

Peroksidazlar (E.C. 1.11.1.17) bitkilerde yaygın olarak bulunan ve hem grubu içeren oksidoredüktaz sınıfı enzimler mitokondri, kloroplast ve bakterilerde bulunan Clas I, mantarlarda bulunan Clas II ve klasik bitki peroksidazlarını içeren Clas III enzimlerini bünyesinde bulunduran bir enzim grubudur (Constantinides, Bedford, 1967). Bu enzim grubunun yüksek bitkilerdeki yapısı detaylı bir şekilde analiz edilmiştir (Welinder, 1992; Van Huystee, 1987; Van Huystee, Esnauld, 1992). Bitki peroksidazları protein kısımlarına bağlanan ve enzim kararlılığı üzerinde etkisi olan oligosakkarit zincirlerinin mevcudiyeti ile karakterize edilen glikoproteinlerdir (Schuller, 1996). Aynı zamanda peroksidazların kararlı durumlarının korunmasında kalsiyum iyonlarının da etkili olduğu ve kalsiyum eksikliğinde enzimin aktif bölgesinde konformasyonel değişikliklerin meydana geldiği belirlenmiştir (Van Huystee, 1989).

Her bitki, substrat spesifikliğı ve bitkideki yerleşimi farklı olan çok sayıda peroksidaz izoenzimlerine sahiptir. İzoenzimlerin molekül ağırlıkları 30.000 ile 50.000 Dalton arasında farklılık göstermektedir. Bol miktardaki substrat çeşidi ve izoform varlığından dolayı belli bir hücresel yapı ve dokuyla ilgili izoformlarını belirlemek de zor olmuştur.

Peroksidazlar  $H_2O_2$  mevcudiyetinde ve in vitro ortamda hidrojen vericisi olarak rol oynayan bir çok organik ve inorganik substratı kullanabilirler. İlk adım  $H_2O_2$  veya bir organik hidroperoksit tarafından enzimin ferrihem prostetik grubunun iki elektron

oksidasyonu ile ilgilidir. Ferriperoksidazın  $H_2O_2$  ile etkileşimi kararsız bir bileşiğin oluşmasıyla sonuçlanır (Reaksiyon I). Bileşik I olarak adlandırılan bu ara ürün bir elektron vericisiyle (HDH) reaksiyona girerek oksitlenir ve bileşik II oluşur (Reaksiyon II). Bileşik II bir elektron kaybederek tekrar enzimin dinlenme formuna ( $Fep^{+++}$ ) döndürür (Reaksiyon III).  $Fep^{+++}$ , bileşik I ve bileşik II ile ilgili çevrim çoğu peroksidaz reaksiyonları için geneldir.



Elektron vericisi moleküllerin peroksidatif oksidasyonuna ek olarak çeşitli oksidaz reaksiyonlarının  $H_2O_2$  yokluğunda peroksidaz tarafından katalizlendiği belirlenmiştir. Bu oksidaz reaksiyonuna bileşik I ve bileşik II katılmaz.  $O_2$  süperoksit radikaline ( $O_2^-$ ) indirgenir. Bu, oksidaz çevrimi, ferriperoksidaz ( $Fep^{+++}$ ) ve bileşik III ile ilgilidir.



Bitki hücrelerinde peroksidaz esas olarak hücre duvarında, vakuollerde, taşıma organellerinde ve membrana bağlı ribozomlarda bulunur. Bitkilerdeki peroksidazların çalışması, hücrelerdeki buldukları yerler, doku spesifikliği ve bazı izoperoksidazların fonksiyonlarıyla ilgilidir. Farklı izoperoksidazlar farklı substrat spesifikliğine, ısı kararlılığına ve hücre organellerinde dağılıma özelliğine sahiptirler. Bundan dolayı farklı amaç için meydana gelen reaksiyonları katalizlerler ve gelişme ile ilgili spesifik olaylara katılırlar.

Peroksidazların birçok fizyolojik olayla ilişkisi olduğu ve metabolizmada aktif bir rol oynadığı belirlenmiştir. Örneğin bitki hücrelerindeki çeperin uzama kabiliyeti, matriks polimerleri arasındaki çapraz bağlantıların sayısı ve özelliği ile yakından ilgilidir. *Nicotiana tabacum*'un kallus, vejetatif form ve çiçek tomurcuklarında, 47 izoperoksidaz bulunmuş ve bunların yarısından çoğunun gelişme ile ilgili spesifik olaylarda rol oynadığı belirlenmiştir (Barber vd., 1995).

Peroksidazların tirozin birimleri arasındaki kovalent bağların oluşumunu sağlayarak hücre duvarının plastisitesini azaltabileceği belirlenmiştir. Ayrıca kovalent çapraz bağların, hücre duvarına bağlı peroksidazların pektin ve hemiselüloz üzerindeki etkilerinin de temelini teşkil edebileceği anlaşılmıştır (Everse vd., 1991). Peroksidazların lignin biyosentezi ve oksin katabolizması ile ilişkili olduğu da saptanmıştır (Fry, 1986; Mader ve Füssl, 1982). Hem hücre duvarının yapı ve bileşimini değiştirmeleri hem de indol-3-asetik



asidi okside etmeleri, bu enzimlerin bitki büyüme ve gelişmesinde rol oynadıklarını göstermektedir.

Peroksidazların patojenlere karşı bitkilerde gelişen savunma amaçlı reaksiyonlardaki rolleri tam olarak anlaşılmamıştır. In vitro denemeler sonucu uygun hidrojen vericisi ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> mevcudiyetinde, peroksidazların enfeksiyon ajanları üzerinde letal etkiye sahip olan oksitlenmiş fenoller gibi toksik maddeler ürettikleri belirlenmiştir (Ros Barcelo, 1990).

Yapılan çalışmalar sonucunda peroksidazların hücre büyümesinde inhibitör rol oynadığı bulunmuştur (Hinman, Lang, 1965). *Arachis hypogaea*'nın hipokotilleri ekzojen peroksidazların mevcudiyetinde kültüre edildiğinde, büyüme üzerinde kuvvetli negatif bir etki görülmüştür. Diğer taraftan kök gelişimi çiçeklenme boyunca endojen indol-3-asetik asit miktarı ile peroksidaz aktivitesi arasında ters bir ilişki gözlenmiştir (Gaspar vd., 1985 ; Van Huystee, Esnault, 1995).

Peroksidaz aktivitesi; su miktarı, ağır metaller, yüksek ve düşük sıcaklık gibi faktörlerin etkisiyle moleküler seviyede hızlı değişimler gösterebilir (Esnault, Chibbar, 1997). Çeşitli bitkilerde senesens boyunca peroksidaz aktivitesinin arttığı belirlenmiştir (Farkas vd., 1964; Parish, 1968; Kisban, Mishra, 1975; Bakardjeva vd., 1992). Işığın, klorofil parçalanmasındaki etkisini peroksidaz aktivitesini etkileyerek yerine getirdiği ileri sürülmüştür. Karanlıkta buğday ve çavdar yapraklarında peroksidaz aktivitesinde hızlı bir yükselme olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında, karanlıkta klorofil miktarında da azalma olacağı için söz konusu bu bitkilerde meydana gelen peroksidaz aktivitesindeki artışın klorofil katabolizmasıyla ilgili olduğu düşünülebilir. Bu durumun aksine sucul bir angiosperm olan *Hydrilla*'da ise ışıklandırmayla beraber enzim aktivitesinde artış olduğu gözlenmiştir. Işığın etkisiyle peroksidaz aktivitesinde meydana gelen artış, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> birikmesi sonucu oluşan klorofil kaybıyla ilgili olabileceği kaydedilmiştir (Barber vd., 1995). Aynı zamanda bu enzimlerin yaralanma ve hastalık direnci gibi stresle ilgili olaylarda rolü olduğu da rapor edilmiştir (Mukherjee , Rao, 1993).

### 1.8. Poliaminler

“Poliamin” terimi, diaminler (1,3-diaminopropan, putrescin, kadaverin), triaminler (nonspermidin, spermidin, aminopropil kadaverin, homospermidin), tetraaminler (norspermin, spermin, termospermin, canavalmin), pentaaminler (caldopentaamin, homocaldopentaamin) ve hexaaminler (caldohexamin, homocaldohexamin)'in doğal olarak oluşturduğu terimler topluluğu olarak kullanılır. Poliaminler bir aminoasit türevidir.

Putrescin, spermidin ve spermin tüm canlı organizmalarda meydana gelir ve bunlar “yaygın poliaminler” olarak adlandırılırlar. Bitkilerdeki poliamin araştırmaları genellikle putrescin üzerinde yoğunlaşmıştır (Slocum, 1984). Putrescin ilk kez alglerde bulunmuş, bunu daha sonra mantarlar ve yüksek bitkiler izlemiştir. Daha sonraları tüm poliaminlerin yüksek bitkilerde yaygın olduğu bulunmuştur. Poliaminlerin tam mekanizması bilinmemesine rağmen, onların hücrelerin büyüme ve gelişmesiyle ilişkili olduğu şüphesizdir (Slocum vd., 1984).

### 1.8.1. Poliaminlerin Biyosentezi

Putrescin ve sperminin biyosentez yolu ilk kez mikroorganizmalarda belirlenmiş, daha sonra hayvan ve bitki hücrelerinde de aynı yolların geçerli olduğu bulunmuştur. Putrescin argininden iki yolla türevlenir. Birinci yolda, arginin üreyi kaybederek ornitini ve daha sonra da ornitin dekarboksilaz enziminin yardımıyla CO<sub>2</sub>'i kaybederek putrescini oluşturur. İkinci yolda arginin, arginin dekarboksilaz tarafından dekarboksile edilerek agmatin ve bundan da putrescin meydana getirilir. İkinci yolun bitkilerde daha geçerli olduğu ileri sürülmüştür. Spermidin ve spermin ise, putrescinden türevlenir. Ayrıca spermidin ve spermin metiyoninden de meydana gelebilir (Galston, Sawhney, 1990).

### 1.8.2. Poliaminlerin Fizyolojik Etkileri

Son yıllarda yapılan çalışmalar poliaminlerin, büyüme ve gelişmede, çoğu stres şartları altında membran ve nükleik asit bütünlüğünün sürdürülmesinde önemli rol oynadığını açıkça ortaya koymaktadır (Galston, 1983; Slocum vd., 1984; Smith, 1984; Sankhla vd., 1988). Poliaminlerin, genç dokularda hücre bölünmesi ve büyümesine aracılık ettiği, yaşlı dokularda senesensi geciktirmede ya da durdurmada önemli bir rol oynadığı gösterilmiştir. Bu etkilerin, poliaminlerin nükleik asit ve membranlara elektrostatik bağlarla bağlanmasıyla oluştuğu düşünülür (Altman, Backinach, 1981; Bagni, Senafini-Fracassini, Torrigiani, 1981; Kaur-Sawhney vd., 1982, 1984). Poliaminlerin bir büyüme etmeni olarak rol oynadıklarını ortaya koyan çalışmalardan biri de yer elması üzerinde yapılmıştır. Verilere göre, bu aminler dormant haldeki yer elması tuberlerinde eser miktarda bulunurken, gövdenin büyümeye başlaması ile 10-20 kat artmıştır. Poliaminler çimlenme sırasında da belirlenmiştir. Bazı bitkilerde fide büyümesi sırasındaki poliamin düzeyindeki farklılıkların, bunların büyüme etkeni olarak rol oynamalarının bir sonucu olduğu düşünölmektedir. Örneğin Bagni (1981), *Phaseolus vulgaris* fidelerinin büyümesi sırasında spermidin ve sperminin kotiledonlarında azaldığını, gövdedeki büyümenin RNA ve protein

sentezi ile birlikte arttığını bulmuştur. Yakın zamanda yapılan çalışmalar yapraklardaki poliamin seviyesindeki değişikliklerin çeşitli çevresel streslerle ilişkili olduğunu göstermiştir. Potasyum ( $K^+$ ) ve magnezyum ( $Mg^{+2}$ ) eksikliklerinin putrescin içeriğinin artmasına; Fosfor (P), Kükürt (S) ve Azot (N) eksikliklerinin ise azalmasına neden oldukları kaydedilmiştir (Smith, Richard, 1962; Cho, 1983). Bitkilerin asite, amonyum ya da sülfürdioksit maruz kalmasıyla bitki dokularının pH'nın ya da iyonik balansının bozulmasına neden olan koşullar putrescin seviyesinin artışına neden olur (Priebe vd., 1978; Young, Galston, 1982). Son yıllarda poliaminlerin bitkideki birikim yeri ve miktarı ile nükleik asit ve protein içeriği arasında çok yakın bir ilişkinin varlığı saptanmıştır. Bundan başka polen tüpü büyümesinden önce poliaminlerin, RNA ve protein sentezini artırdığı da belirlenmiştir. Bu verilere ek olarak, yüksek poliamin düzeyinin, aktif bitki büyümesi ve mitotik aktivitenin başlaması ile paralel olduğu kaydedilmiştir. Galston (1983), reprodüktif evre sırasında hızlı büyüme gösteren dişi çiçek kısımlarında poliamin düzeyinin ve biyosentezleri ile ilgili enzimlerin aktivitelerinin yüksek olduğunu gözlemlemiştir.

Yaklaşık olarak 30 yıldan beri çevrenin optimal veya stres meydana getiren şartlarına maruz kalmış yüksek bitkilerde putrescin konsantrasyonunda artış olduğu bilinmektedir. Literatür bilgileri putrescin seviyesinin tuz stresine belli bir cevabının olmadığına işaret eder. Örneğin *Vigna*'da putrescin seviyesi yapraklarda artarken köklerde azalmıştır (Friedman vd., 1989).

Su stresine maruz bırakılan yulaf (*Avena sativa L.*) bitkisinde putrescin içeriğinin arttığı bulunmuştur. Örneğin Belli bir miktar sorbitol'e maruz bırakılan yulaf yapraklarındaki putrescin içeriğinin uygulamadan 4 saat sonra 6-7 kat arttığı, 6 saatten sonra 60 katlık bir artış olduğu rapor edilmiştir (Flores, Galston, 1982, 1984; Galston vd., 1983). Yapraklardaki putrescin içeriğinin de bitkilere su verilmediğinde arttığı gözlenmiştir (Flores, Galston, 1982, 1984). Benzer olarak spermidinin de mantar enfeksiyonlu arpa (*Hordeum vulgare L.*) yapraklarında olduğu gibi su stresi geçirmiş bitkilerde arttığı gözlenmiştir (Greenland, Lewis, 1984).

Poliamin metabolizması ve yaprak turgoru arasında kapalı bir ilişki vardır. Yaprak turgoru normal eşik değerinde olduğu zaman putrescin ve spermin seviyesinde artış, düştüğünde ise her iki poliamin seviyesinde hızla bir düşüş olduğu gözlenmiştir (Flores, Galston, 1984).



Son yıllarda bazı düşük sıcaklığa tolerans göstermeyen yarı tropik meyvelerde 5°C sıcaklık uygulaması putrescin düzeyinin artmasına neden olmuştur. Havaya önemli bir kirletici olarak karışan SO<sub>2</sub> gazının bezelye bitkisinde serbest ve bağlı putrescin artışına neden olduğu saptanmıştır (Priebe vd., 1978).

Son yıllarda poliaminlerin senesense etkisi konusunda pek çok araştırma yapılmıştır. Galston, ark. (1984), RNaz ve proteaz aktivitesine ket vurarak senesensi önlediğini saptamışlardır. Yine Kaur-Sawhney ve Galston (1979), poliaminlerin birçok dikotil ve monokotil bitkide, karanlıkta yaprak senesensini önlediğini bulmuşlardır. Bu veriler poliaminlerin büyümeyi düzenleyici maddeler gibi senesensi geciktirdiklerini desteklemektedir.

Yüksek bitkilerdeki mantar enfeksiyonunda poliaminlerin yakından ilişkisi vardır. Örneğin domates meyvelerinin *Rhizopus stolonifer* mantarı ile enfekte olması sonucunda putrescin konsantrasyonu azalmıştır. Hangi yolla etkili olduğu hakkında fazlaca bilgi mevcut değildir.

Fitokrom-poliamin ilişkisi üzerinde yapılan araştırmalar, bitkilerdeki poliamin etkinliğinin fitokrom aktivitesi ile yakından ilgili olduğunu ortaya koymuştur.

Angelini vd. (1990), Scalet vd. (1991), diamino oksidaz (DAO) ve peroksidaz (POD) aktivitelerinin mekanik zararlarla arttığını rapor etmişlerdir. Mandersched vd. (1991), önemli bir hava kirletici madde olan ozonun uygulanmasıyla poliamin ve peroksidaz aktivitelerinde bir artış olduğuna işaret etmiştir. Scalet vd. (1995), peroksidaz enziminin ve poliaminlerin bitkileri ozona karşı korumada önemli rol oynayabileceğini saptamışlardır. Peroksidaz enziminin ve poliaminlerin stresin zararlı etkilerine karşı bitkileri korumada önemli bir rol oynadığı ileri sürülmüştür.

Arpa yaprakları üzerinde yapılan bir çalışmada prolin ve glisin-betainin stresli bitkilerde poliamin seviyesine oranla daha fazla biriktiği tespit edilmiştir (Turner, Stewart, 1986).

### 1.9. Marantaceae Familyasının Genel Özellikleri

Çok yıllık otsu bitkilerin yer aldığı küçük bir familyadır. 30 cins ihtiva eder, bu 30 cinsin çoğu tropik Amerika, birkaçı da tropik Asya ve Afrika'da yayılmıştır.

Bitkiler genellikle toprakaltında gelişen rizom ve yumrulara sahiptir. Yapraklar 2 sıra halinde dizilmiş olup petiolün kaidelerinde kın mevcuttur. Yaprak ayası dar veya geniş, orta damardan çıkan damarlar birbirine paraleldir. Petiol kanatlı olabilir ve petiolün ayaya

birleştigi yerde şişkin pulvinus adı verilen bir kısım bulunur, bu yapı yaprağın hareketinde rol oynar.

Çiçek durumu spika veya panikula şeklindedir. Çiçekler çok göze çarpan özellikte olmayıp, hermafrodit ve asimetriktir. Çiçek örtü yaprakları 2 seride yer almış olup, dış seriyi oluşturan 3 serbest örtü yaprağı sepaloit ve iç serideki 3'ü ise petaloit ve iç serideki ile bir tüp oluşturacak şekilde bileşik ve farklı büyüklükte olup 3 lopludur. Stamenlerden sadece bir tanesi fertil (verimli), diğerleri mevcut değil ya da petaloit karpelli, ovaryum alt durumlu olup 3 veya 1 lokulus (oda) tur. Herbir lokulus bazal bir ovul ihtiva eder. Stilus tektir.

Meyva etli veya lokulusit kapsül şeklindedir. Bol endospermli ve bir arile sahiptir.

Marantaceae, Musaceae, Zingiberaceae, Cannaceae ve Strelitziaceae familyaları ile yakın olarak ilişkilidir. Bu familyalar aynı takımında (Zingiberales) yer alan önemli vejetatif ve floral karakterleri paylaşır. Marantaceae, hem stamen hem de karpellerindeki aşırı indirgenme özelliği ile bu grubun çok fazla görülen bir familyasıdır (Heywood, 1978).

Önemli türlerinden *Maranta arundinacea* Batı Hindistan Adalarında yetişir. *Maranta bicolor* vatanı Brezilya olan bir süs bitkisidir (Zeybek, 1994).

Çalışmada kullanılan *Ctenanthe setosa*, her dem yeşil taksonları olan bir cins olup, çalimsı çok yıllık bitkileridir. Dekoratif yaprakları için yetiştirilir. Ayrıca soğuğa hassastır ve minimum 15<sup>0</sup>C'de yaşayabilir. Nemli ortamları ve yarı gölgeli alanları tercih eder. Nemli fakat drenajlı topraklarda daha iyi büyür. Üretilmesi ise ilkbaharda bölünerek yapılır (Brickell, 1994). *Ctenanthe pilosa*, *Ctenanthe setosa*, *Ctenanthe amabilis* gibi bazı türlerinde nektar salgısı görülür (Kirchoff, Kennedy, 1985).

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **2.1. Materyalin Sağlanması**

*Ctenanthe setosa* (Marantaceae) fideleri eşit büyüklükteki saksılara dikilerek vejetatif olarak çoğaltıldı. Fidelerin yaprakları olumsuz şartlarda rulo şeklinde kıvrıldığı için optimum koşullar (12 saat ışık/12 saat karanlık, 25°C sıcaklık ve 250 mol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> ışık yoğunluğunda) sağlanarak fitotronda kontrollü bir şekilde büyümeleri sağlandı. Daha sonra bu bitkilere putrescin, spermidin ve spermin uygulanarak poliamin uygulanmış ve poliamin uygulanmamış (kontrol) bitkiler üzerinde biyokimyasal analizler yapıldı.

### **2.2. Deneyin Kuruluşu ve Poliamin Uygulanması**

Poliaminlerin yaprak kıvrılması üzerine etkisini belirlemek amacıyla 4 tane saksı seçildi. Saksılardan biri kontrol (poliamin uygulanmamış) olarak, diğerleri ise poliamin (putrescin, spermidin ve spermin) uygulamak için kullanıldı.

Bitkiler kuraklık stresine bırakılmadan önce eşit miktarlarda sulandı ve 25°C'ye ayarlı iklim dolabında (fitotron) normal ışık yoğunluğunda (12 saat ışık/12 saat karanlık periyodunda) ve % 70 nisbi nemde inkübasyona bırakıldı. Putrescin, spermidin ve spermin çözeltileri 5.10<sup>-5</sup> M konsantrasyonda hazırlandı. Kontrol (poliamin uygulanmamış) için ise saf su kullanıldı. Çözeltiler hazırlanırken yaprakların püskürtülen maddeyi tutabilmesi için %5'lik tween 80 ilave edildi.

Saksılar inkübasyona bırakıldıktan sonra poliaminler yapraklara kuraklığın başlangıcında üç gün arayla dört kez uygulandı. Kontrol bitkilerine ise sadece saf su uygulandı. Örnekler yaprak kıvrılma derecelerine göre kuraklığın 16., 22. ve 28. günlerinde alındı ve sıvı azot içerisinde 1 dakika bekletilerek donması sağlandı. Daha sonra örnekler -30°C'de muhafaza edildi. Deney maksimum kıvrılma gözlenen kuraklığın 28. gününde sona erdirildi.

Tüm uygulamalar 3 tekerrürlü olarak yapıldı.

### **2.3. Yaprak Kıvrılma Derecesinin Ölçülmesi**

Uygulamalar sonucunda ortalama kıvrılan % yaprak kıvrılma derecesi Premachandra ve arkadaşlarına (Premachandra, Ogata, 1993) göre ölçüldü.

Yaprak kıvrılma derecesi, ölçümlerin 3 tekerürlü olarak yapılmasıyla belirlendi.

#### 2.4. Prolin Tayini

Prolin miktarı spektrofotometrik olarak Asit-Ninhidrin metodu ile belirlendi (Bates vd., 1973). Bu amaçla önce saf prolin kullanılarak standart hazırlandı. Bunun için 1 ml'sinde 100 µg prolin içeren çözeltilerden 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5 ml alınarak sülfosalisilik asitle 1 ml'ye tamamlandı. Üzerine 1 ml glacial asetik asit ve 1 ml asit-ninhidrin çözeltisi (1.25 g ninhidrin, 30 ml glacial asetik asit ve 20 ml 6 M fosforik asit içinde hafif ısıtılarak çözüldü) ilave edildi. Numuneler 100°C'ye ayarlı etüvde 1 saat bekletildikten sonra reaksiyonu durdurmak için buz banyosunda 10 dakika tutuldu. Her tüpe 3 ml toluen ilave edip, vorteksle karıştırıldıktan sonra 520 nm dalga boyunda absorbanları ölçüldü. Kör olarak toluen kullanıldı.

Stres etkisi ile prolin değişimini belirlemek için stres geçirmiş poliamin uygulanmış ve poliamin uygulanmamış (kontrol) bitkilerden alınan yapraklar 60°C'ye ayarlı etüvde kurutuldu. Bunlardan 0.6 g alınarak 10 ml %3'lük sülfosalisilik asit içinde homojenize edildi ve homojenat 4 kat tülbentten süzüldü. Süzüntü 5000 rpm'de 5 dakika santrifüj edildi. Süzüntüden 1'er ml alınıp yukarıdaki aynı işlemlerden geçirildi. Elde edilen absorban değerleri spektrofotometrede hazır olan standart grafik üzerinden µg prolin olarak belirlendi ve buradan 1 g kuru ağırlıktaki prolin miktarı hesaplandı.

#### 2.5. Yapraklarda İndirgen Şeker Tayini

Bu yöntem Ross (1959) ve Kaplankıran (1985) göre yapıldı. İçerisinde 0.0; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5; 1.0 mg D(+) glukoz bulunan 1 ml'lik seri çözeltiler hazırlandı. Bu çözeltilerin herbirine 3 ml dinifrofenol eriyiği ilave edildikten sonra 65-70°C'ye ayarlı su banyosunda 6 dakika tutuldu. Daha sonra 3 dakika devamlı akan su altında soğutuldu ve 600 nm dalga boyunda spektrofotometrede ölçüldü. Birinci tüp kör olarak kullanıldı. Standart çözeltiler ile onların absorbanları kullanılarak eğri faktörü ayrı ayrı; aşağıdaki formülü kullanılarak hesaplandı.

$$\text{Eğri faktörü} = \text{Standart konsantrasyonu} / \text{Absorbans}$$

Hesaplanan eğri faktörünün de ortalaması alınarak sabit Kurve Faktörü (KF) değeri elde edildi. Daha sonra bu sabit değer üzerinden numunelerdeki indirgen şeker miktarı,

$\% \text{ İndirgen şeker (g/100g)} = \text{Alet okuması} \times \text{KF} / 0.08 \times 10$  formülü kullanılarak hesaplandı.

Yapraklardaki stres etkisi ile indirgen şeker değişimini belirlemek için, stres geçirmiş poliamin uygulanmış ve poliamin uygulanmamış (kontrol) yapraklar kesilerek 60°C'lik

etüvde kurutuldu. Bunlardan 1 g alınıp, saf suyla 25 ml'ye tamamlandı ve 30 dakika çalkalayıcıda çalkalandı ve 4 kat tülbentten süzüldü. Süzüntü 5000 rpm'de 5 dakika santrifüj edildi. Süzüntüden 1'er ml alınıp, yukarıda anlatılan işlemlerden geçirilip, absorbanları okundu ve verilen formüle göre % indirgen şeker miktarları belirlendi.

Çalışmada kullanılan dinitrofenol çözeltisi, A ve B olarak adlandırılan iki farklı çözeltinin karışımı olarak hazırlandı.

A çözeltisi: 7.145 g 2,4- $\alpha$ -dinitrofenol hassas terazide tartıldı. %5'lik NaOH hazırlandı (25g NaOH 500 ml saf suda çeşme suyu altında soğutularak çözülür). 7.145 g 2,4- $\alpha$ -dinitrofenol, bir beher içine konulmuş olan 230 ml %5'lik NaOH içersine ilave edildi. Beher kaynar su banyosuna koyularak karıştırıldı. Bulanıklık giderilinceye kadar ısıtılmaya devam edildi. Bulanıklık tamamen kaybolunca, 2.5 g fenol ilave edildi ve tekrar bulanıklık giderilinceye kadar ısıtıldı.

B çözeltisi: 100 g sodyum potasyum tartarat, 500 ml saf suda çözüldü. A çözeltisi kaynar su banyosundan çıkartılıp çıkartılmaz, B çözeltisi ile süratle karıştırıldı ve karışım saf suyla 1 lt'ye tamamlandı.

## 2.6. Proteinlerin Analizi

### 2.6.1. Protein Özütünün Hazırlanması

Yapraklardan protein ekstraksiyonu için, strese maruz kalmış poliamin uygulanmış ve poliamin uygulanmamış (kontrol) bitki yaprakların 0.5 g alınarak 4 ml fosfat tamponu (pH 6) ile buz üzerinde homojenize edildi. Elde edilen homojenat kalın tülbentten süzüldü. Süzüntü 4<sup>0</sup>C'de 14000 rpm'de 20 dakika santrifüj edildi. Bu işlemlerden sonra elde edilen süpernatant protein miktarı ve POD aktivitesi tayinleri için kullanıldı.

### 2.6.2. Çözünabilir Protein Tayini

*Ctenanthe setosa* bitkisinde çözünabilir protein miktarının tayini Bradford metodu (1976)'ya göre yapıldı. Bu yöntem, fosforik asitli ortamda proteinlerin Coomassie Brilliant Blue (CBB G-250) reaktifi ile kompleks oluşturması, oluşan kompleksin 595 nm'de maksimum absorban göstermesi gerçeğine dayanır. Bu yöntemin diğer protein yöntemlerinden üstün tarafı, çok kısa sürede uygulanması, bozucu faktörlerin söz konusu olmaması ve protein boya kompleksinin çözeltilerde uzun süre kalmasıdır. Ayrıca proteine boyanın bağlanması, 2 dakika gibi çok kısa bir sürede gerçekleşir.

Protein tayini için 100 ml'sinde 0.01 µg protein ihtiva eden standart BSA (Bovin Serum Albumin) çözeltisinden tüplere 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; 1.0; 1.2; 1.4; 1.6 ml alındı. 0.05 M fosfat tamponu (pH 6) ile tüm tüplerin hacimleri 2 ml'ye tamamlandı. 1.5 ml Coomassie Brilliant Blue G-250 reaktifi ile herbir tüpe ilave edildi. Tüpler vorteksle karıştırıldı. 2 dakika sonra 595 nm'de köre karşı absorbans değerleri okundu. Kör olarak 2 ml tampon ve 1.5 ml boya çözeltisi içine konmuş olan tüp kullanıldı. 595 nm'de okunan absorbanslara karşılık gelen µg protein değerleri belirlendi.

Numunedeki çözünebilir protein miktarını bulmak için hazırlanan protein özütünden 0.1 ml alınarak üzerine 0.05 M fosfat tamponu (pH 6) ilave edildi ve 1.5 ml Coomassie reaktifi kullanılarak vortekste karıştırıldı. 2 dakika sonra 595 nm'de spektrofotometrede absorbansları ölçüldü. Numunedeki protein miktarları "mg protein/g taze ağırlık" olarak ifade edildi.

### **2.6.3. Peroksidaz Aktivitesi Tayini**

Peroksidaz aktivitesi spektrofotometrik olarak Rodriguez ve Sanches (1982)'in tanımladığı gibi Van Lelyveld ve Pretarius (1973) metodunun biraz değiştirilmesiyle ölçüldü. Substrat olarak 40 nm guaiacol ve 26 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> çözeltileri kullanıldı.

Aktivite tayini için, içersine 1 ml guaiacol, 0.5 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve 1 ml 0.05 M fosfat sitrat tamponu (pH 4.6) konulan tüp, 25<sup>0</sup>C'ye ayarlı su banyosunda 15 dakika bekletildi. Tüp içerisindeki tampon-substrat karışımı spektrofotometre küvetine dökülerek üzerine 0.5 ml enzim ekstraktı ilave edildi. 420 nm dalga boyunda meydana gelen absorbans değişimi 3 dakika boyunca birer dakika arayla kaydedildi ve enzim aktivitesi " $\Delta A_{420}$  /dk/g taze ağırlık" cinsinden ifade edildi.

### **2.7. İstatistik Analizler**

Elde edilen ortalama değerler arasındaki farklılığı belirlemek için LSD Çoklu Karşılaştırmalı Test yapılmıştır.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Morfolojik Güzlemler

Bu çalışmada, kuraklık stresine maruz bırakılan Marantaceae familyasına ait olan *Ctenanthe setosa* bitkisinde dıştan uygulanan poliaminlerin yaprak kıvrılması üzerine etkisi belirlendi. Ayrıca poliamin (putrescin, spermidin ve spermin) uygulanmış ve poliamin uygulanmamış (kontrol) yapraklarındaki kuraklık boyunca çözünebilir protein, prolin, indirgen şeker miktarındaki değişimler ile peroksidaz aktivitesindeki değişim araştırıldı.

Yapılan gözlemler sonucunda, uygulanan poliaminlerin *Ctenanthe setosa* bitkisinin yaprak kıvrılması üzerine etkili olduğu kaydedildi. Ayrıca poliaminlerin, kuraklık stresi sırasında meydana gelen biyokimyasal değişiklikleri etkileyerek kıvrılmayı geciktirdiği bulundu.

Poliamin uygulanmamış (kontrol) ve poliamin uygulanmış (putrescine, spermidin ve spermin) yaprakları şekil 1, 2, 3 ve 4'te fotoğraflanmıştır.





Şekil 1. Kuraklık stresine maruz bırakılan *Ctenanthe setosa* bitkisinin poliamin uygulanmamış (kontrol) yaprakları

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**





Şekil 2. Kuraklık stresine maruz bırakılan *Ctenanthe setosa* bitkisinin putrescin uygulanmış yaprakları



Şekil 3. Kuraklık stresine maruz bırakılan *Ctenanthe setosa* bitkisinin spermidin uygulanmış yaprakları



Şekil 4. Kuraklık stresine maruz bırakılan *Ctenanthe setosa* bitkisinin spermin uygulanmış yaprakları.

### 3.2. Yaprak Kıvrılması Üzerine Dıştan Uygulanan Poliaminlerin Etkisi

5.10<sup>-5</sup> M konsantrasyonda uygulanan poliaminlerin *Ctenanthe setosa* bitkisinin yaprak kıvrılmasını önemli derecede geciktirdiği belirlendi. Kuraklığın 16. gününde kontrol (poliamin uygulanmamış) için yaprak kıvrılma derecesi % 64.37, putrescin için % 49.58, spermidin için % 35.41 ve spermin için % 12.90 olarak bulundu. Kuraklığın 22. gününde kıvrılma derecesi, kontrol ve poliamin uygulamalarında arttı. Kontrol için %71.03 iken putrescin için %62.70, spermidin için %54.49, spermin için ise %21.05 olarak bulundu. Kuraklığın 28. gününde de yaprak kıvrılma derecesi kontrol ve putrescin, spermidin ve spermin uygulamalarında artış gösterdi. En yüksek ve en düşük yaprak kıvrılması sırasıyla, putrescin ve spermin uygulamalarında gözlemlendi. Kontrol için %82.70 iken, putrescin için %76.21, spermidin için %68.53 ve spermin için ise %36.78 olarak bulundu (Tablo 3).

Tablo 3. *Ctenanthe setosa* bitkisinin yaprak kıvrılması üzerine dıştan uygulanan poliaminlerin etkisi. Poliaminler yapraklara, kuraklık stresinin başlangıcında ve üç gün arayla, dört kez uygulandı. Deneye, maksimum yaprak kıvrılmasının gözlemlendiği kuraklığın 28. gününde son verildi.

Uygulamalar	Yaprak Kıvrılma Derecesi (%)		
	Kuraklık Süresi (gün)		
	16	22	28
Kontrol	64.37 ± 3.76*	71.03 ± 5.12	82.70 ± 4.58
Putrescin	49.58 ± 6.78	62.70 ± 9.88	76.21 ± 4.96
Spermidin	35.41 ± 4.84	54.49 ± 5.02	68.53 ± 2.96
Spermin	12.90 ± 4.84	21.05 ± 9.76	36.78 ± 7.86

- Üç tekerrürün ortalaması ve standart sapması.

### 3.3. *Ctenanthe setosa*'da Dıştan Uygulanan Poliaminlerin Kuraklık Stresi Boyunca POD Aktivitesinde Meydana Getirdiği Değişimler

Peroksidaz aktivitesini tespit etmek amacıyla yapılan denemeler sonucunda poliamin uygulanmış yapraklarda kontrole oranla bir azalışın olduğu belirlendi. Kuraklığın 16. gününde en yüksek POD aktivitesi kontrol (poliamin uygulanmamış) de gözlemlendi. Putrescin ile spermidin ve spermidin ile spermin arasındaki farkın istatistiki açıdan önemsiz olduğu bulundu. Kuraklığın 22. gününde POD aktivitesi kontrol ve poliamin uygulamalarında artış gösterdi. En yüksek ve en düşük POD aktivitesi sırasıyla, kontrol ve

sperminde belirlendi. Tüm uygulamalar arasındaki farkların istatistiki açıdan önemli olduğu bulundu. Kuraklığın 28. gününde de POD aktivitesi kontrol ve poliamin uygulamalarında artış gösterdi. En yüksek ve en düşük POD aktivitesi kuraklığın 22. gününde olduğu gibi sırasıyla kontrol ve spermin uygulamalarında belirlendi. Kontrol ve poliamin uygulamaları arasındaki farkın istatistiki açıdan önemli olduğu bulundu (Tablo 4).

Stresin POD aktivitesi üzerine etkisine bakıldığında, kuraklık boyunca kontrol, putrescin ve spermidin uygulamalarında artış gözlenirken, spermin uygulamalarında ise 16. ve 28. günler arasındaki farkın önemli, 16 ile 22 ve 22 ile 28. günler arasındaki farkın istatistiki açıdan önemsiz olduğu bulundu (Tablo 4).

Tablo 4. *Ctenanthe setosa* bitkisinde kuraklık boyunca kontrol (poliamin uygulanmamış) ve poliamin uygulanmış (put, spd ve spm) yapraklardaki POD aktivitesinde meydana gelen değişimler.

Uygulamalar	POD Aktivitesi (mg/g taze ağırlık)		
	Kuraklık süresi		
	16	22	28
Kontrol	a 399.2 c	a 438.4 b	a 549.2 a
Putrescin	b 329.8 c	b 405.2 b	b 467.4 a
Spermidin	bc 307.8 c	c 355.6 b	c 333.6 a
Spermin	c 285.6 c	d 315.7 cb	d 343.7 b

\* Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ( $p=0.05$ ) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sol kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı, sağ kısımdaki harfler satır içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder. Her aşama (16., 22. ve 28. günler) kendi içerisinde karşılaştırılmıştır (LSD Çoklu Karşılaştırma Testi).

### 3.4. *Ctenanthe setosa*'da Dıştan Uygulanan Poliaminlerin Çözünebilir Protein Miktarı Üzerine Etkisi

Dıştan uygulanan poliaminlerin kuraklık boyunca *Ctenanthe setosa* bitkisinin çözünebilir protein miktarında kontrole oranla artışa neden olduğu belirlendi. Kuraklığın 16. gününde çözünebilir protein miktarı kontrolde poliaminlere oranla önemli derecede azalma gösterdi. En yüksek ve en düşük çözünebilir protein miktarı sırasıyla spermin ve kontrolde belirlendi. Putrescin ve spermidin uygulanan yapraklardaki çözünebilir protein miktarının istatistiki açıdan önemsiz olduğu bulundu. Kuraklığın 22. gününde çözünebilir protein miktarı kontrol ve poliamin uygulamalarında azalış gösterdi. Spermidin ile spermin ve kontrol ile putrescin arasındaki farkların istatistiki açıdan önemsiz olduğu bulundu. Kuraklığın 28. gününde de tüm poliamin uygulamalarında çözünebilir protein miktarında artış olduğu bulundu. Stres boyunca yaprak kıvrılması arttıkça çözünebilir protein miktarında azalış olduğu kaydedildi. Kuraklığın 28. gününde yaprak kıvrılması maksimum olan kontrolde çözünebilir protein miktarında önemli derecede azalış olduğu gözlenirken yaprak kıvrılması minimum olan sperminde kontrole oranla önemli derecede artış olduğu görüldü. Ayrıca tüm uygulamalar arasındaki farkların istatistiki açıdan önemli olduğu bulundu (Tablo 5).

Stresin çözünebilir protein miktarı üzerine etkisine bakıldığında tüm uygulamalarda stres boyunca önemli bir azalış olduğu belirlendi. Kontrol, putrescin ve spermidin uygulamalarında her üç aşama (16., 22. ve 28. günler) arasındaki farkların istatistiki açıdan önemli, spermin de ise, 16. ve 28. günler arasındaki farkın önemli, 22. ve 28. günler arasındaki farkın önemsiz olduğu bulundu. (Tablo 5).

Tablo 5. *Ctenanthe setosa*'da kuraklık boyunca kontrol (poliamin uygulanmamış) ve poliamin uygulanmış yapraklarda çözünebilir protein miktarındaki değişimler. Her aşama (16., 22. ve 28. günler) kendi içerisinde karşılaştırılmıştır (LSD Çoklu Karşılaştırma Testi).

Uygulamalar	Çözünebilir Protein Miktarı (mg/g taze ağırlık)		
	16	22	28
Kontrol	d 2.60 a	c 2.22 b	d 1.85 c
Putrescin	c 3.08 a	bc 2.43 b	c 2.11 c
Spermidin	bc 3.36 a	a 2.88 b	b 2.34 c
Spermin	a 3.95 a	a 3.12 b	a 2.94 b

### 3.5. *Ctenanthe setosa*'da Dıştan Uygulanan Poliaminlerin Kuraklık Boyunca Prolin Miktarı Üzerine Etkisi

Poliaminlerin prolin seviyesi üzerine etkisini tespit etmek için yapılan denemeler sonucunda, kuraklık boyunca poliaminlerin kontrole oranla prolin miktarını artırdığı bulundu. Kuraklığın 16. gününde putrescin ve spermidin uygulanmış yapraklardaki prolin miktarının kontrole oranla artış gösterdiği belirlendi. Kontrol ile spermin arasındaki farkın istatistiki açıdan önemsiz olduğu bulundu. Kuraklığın 22. gününde de 16. günde olduğu gibi putrescin ve spermidin uygulanmış yapraklardaki prolin miktarının kontrole oranla artış gösterdiği belirlendi. Sperminde ise kontrole oranla istatistiki açıdan bir fark bulunamadı. Kuraklığın 28. gününde ise, en yüksek prolin miktarı putrescinde belirlenirken spermin uygulanan bitkilerde prolin miktarında azalış bulundu. Bu aşamada kontrol ile spermidin arasındaki farkın istatistiki açıdan önemsiz, kontrol ile putrescin ve spermin arasındaki farkın önemli olduğu bulundu (Tablo 6).

Stresin prolin miktarı üzerine etkisine bakıldığında, kontrolde stres arttıkça prolin miktarının arttığı gözlemlendi. Poliaminlerin tüm uygulamalarında kuraklık boyunca prolin miktarında artış olduğu belirlendi. Fakat putrescinde 16. ve 22., spermidinde ise 22. ve 28. günler arasındaki farkların istatistiki açıdan önemsiz olduğu bulundu (Tablo 6).

Tablo 6. Dıştan uygulanan poliaminlerin kuraklık boyunca *Ctenanthe setosa* bitkisinin prolin miktarı üzerine etkisi. Her aşama (16., 22. ve 28. günler) kendi arasında karşılaştırıldı (LSD Çoklu Karşılaştırma Testi).

Uygulamalar	Prolin Miktarı (mg/g kuru ağırlık)		
	16	22	28
Kontrol	b 138.8 c	b 175.1 b	b 280.3 a
Putrescin	a 281.9 b	a 326.4 b	a 384.4 a
Spermidin	a 241.8 b	a 296.9 a	ab 322.0 a
Spermin	b 89.4 c	b 159.1 b	c 197.3 a

### 3.6. *Ctenanthe setosa*'da Dıştan Uygulanan Poliaminlerin İndirgen Şeker Miktarında Meydana Getirdiği Değişimler

Poliamin uygulanmış ve kontrol bitkilerinin yapraklarında yapılan denemeler sonucunda sadece kuraklığın son aşamasında (28.gün) poliaminlerin kontrole oranla artış gösterdiği bulundu. Kuraklığın 16. ve 22. günlerinde indirgen şeker miktarında bir değişim kaydedilmedi. Bulunan değerler arasındaki farkların istatistiki açıdan önemsiz olduğu bulundu. Kuraklığın 28. gününde ise, putrescin ve spermidin uygulanan yapraklarda indirgen şeker miktarında kontrole oranla bir artış olduğu gözlemlendi. Diğer taraftan kontrol ile spermin arasındaki farkın istatistiki açıdan önemsiz olduğu bulundu (Tablo 7).

Stresin indirgen şeker miktarı üzerine etkisine bakıldığında, kontrolde kuraklık boyunca artış görülürken, 22. ve 28. günler arasındaki farkın istatistiki açıdan önemsiz olduğu bulundu. Putrescin ve sperminde de kuraklık boyunca indirgen şeker miktarında artış görülürken sperminde ise, sadece 16. ve 28. günler arasındaki farkın istatistiki açıdan önemli olduğu bulundu (Tablo 7).



Tablo 7. *Ctenanthe setosa*'da poliamin uygulanmış ve kontrol (poliamin uygulanmamış) yapraklardaki indirgen şeker miktarındaki değişimler. Her aşama (16., 22. ve 28. günler) kendi arasında karşılaştırıldı (LSD Çoklu Karşılaştırma Testi).

Uygulamalar	İndirgen Şeker Miktarı (mg/g kuru ağırlık)		
	Kuraklık süresi		
	16	22	28
Kontrol	a 44.81 b	a 63.73 a	c 65.32 a
Putrescin	a 45.25 c	a 64.42 b	a 92.25 a
Spermidin	a 34.54 b	a 61.00 ab	ab 88.01 a
Spermin	a 33.93 c	a 52.35 b	bc 69.81 a

#### 4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Yaprak kıvrılma derecesi bitkilerin stresle ilişkisini gösterdiği için, stresle ilgili çalışmalarda bu parametre ölçülerek çeşitli faktörlerin kıvrılma üzerine olan etkisi tespit edilmiştir (O'Toole, Cruz, 1980; Galston vd, 1984; Clarke, 1986). Bu çalışmada da *Ctenanthe setosa* bitkisinin yaprak kıvrılma derecelerine (%) bakılarak hem kuraklık hem de dıştan uygulanan poliaminlerin yaprak kıvrılması üzerine etkisi araştırılmıştır. Ayrıca kıvrılma sırasında meydana gelen biyokimyasal değişimlere poliaminlerin etkisi belirlenmiştir.

*Ctenanthe setosa* bitkisinin yapraklarına dıştan uygulanan poliaminlerin (putrescin, spermidin ve spermin) kuraklık boyunca yaprak kıvrılmasını kontrole oranla önemli derecede geciktirdiği bulunmuştur. En yüksek ve en düşük yaprak kıvrılma derecesi sırasıyla putrescin ve spermin uygulamalarında görülmüştür. Literatürde, uygulanan poliaminlerin yaprak kıvrılması hatta kuraklık stresi üzerine etkisi hakkında yapılan bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Ancak endojenik (içsel) poliamin miktarı ile kuraklık stresi arasında bir ilişkinin olduğu çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur. Örneğin, *Ctenanthe setosa* bitkisinde endojenik putrescin, spermidin ve spermin seviyelerinin sırasıyla kuraklığın 15., 13. ve 15. günlerinde maksimum derecede arttığı ve daha sonra ise kademeli olarak azaldığı kaydedilmiştir (Kadioğlu vd., 2002). Yine osmotik strese maruz bırakılan hububatlarda putrescin birikiminin meydana geldiği (Flores, Galston, 1982, 1984), test edilen birçok bitki stresine cevap olarak putrescinin arttığı bulunmuştur (Slocum vd., 1984; Hiatt, Malmberg, 1988). Bu sonuçlara benzer bir çalışma buğday (*Triticum aestivum L.*) varyetelerinde yapılmış ve kuraklık periyodunun başlangıcında putrescin ve spermidin seviyelerinde artış olduğu fakat stres arttıkça bu seviyenin önemli oranda düştüğü kaydedilmiştir (Turner, Stewart, 1986). Stres altında aminlerin birikiminin sınırlı bir seviyede hücre içi pH'ı dengede tutacak bir homeostatik mekanizma olarak fonksiyon gördüğü kaydedilmiştir (Drolet vd., 1986). Bundan dolayı belli bir yaprak kıvrılma derecesine kadar poliamin içeriğindeki artış poliaminlerin yaprak kıvrılmasında önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Yaprak kıvrılmasının poliaminler tarafından geciktirilmesi iki yolla açıklanabilir. Birincisi, dıştan uygulanan poliaminler su kaybını geciktirerek, yaprağın üst epidermasındaki bulliform hücrelerinden su kaybının bir sonucu olarak meydana geldiği illeri sürüldüğünden (O'Toole vd., 1979), muhtemelen poliaminler bulliform hücrelerindeki

su kaybını geciktirerek yaprakların kıvrılmasını azaltmış olabilir. İkincisi, poliaminler yaprak kıvrılmasını bilinmeyen bazı mekanizmaları uyararak azaltmış olabilir. Diğer taraftan *Ctenanthe setosa* yapraklarına uygulanan absisik asitin stoma kapanmasını uyararak yaprak kıvrılmasını azaltmasına benzer olarak poliaminlerin böyle bir etki göstermediği kaydedilmiştir (Kadıoğlu vd., 2002). Ayrıca dıştan uygulanan bazı hormonların bitkilerdeki doğal hormonların sentezini uyararak etkili olabilecekleri söylenebilir. Diğer bir yol olarak dıştan uygulanan poliaminlerin, içsel poliamin miktarını artırarak stres etkisini azaltabileceği de söylenebilir.

Yaprak kıvrılması üzerine poliaminlerin etkisi ile ilgili veriler, yaprak kıvrılması ile poliaminler arasında önemli bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Bulduğumuz bu sonuçlar poliaminlerin yaprak kıvrılma sürecinde önemli bir role sahip olduğunu desteklemektedir.

Çalışmamızda peroksidaz aktivitesinin poliamin uygulanmış yapraklarda kontrole oranla azalış gösterdiği bulunmuştur. Peroksidaz aktivitesindeki azalma, poliaminlerin yapraklardaki stresin etkisini azaltmasının bir sonucu olabilir. Çünkü kuraklık koşullarında bitkilerde peroksidaz aktivitesinin arttığı kaydedilmiştir (Castillo, 1992). Dolayısıyla çalışmamızda elde edilen veriler poliaminlerin yaprak kıvrılmasını azaltma etkisinin, peroksidaz enzimini uyararak yerine getirilmediğini göstermektedir. Ayrıca kuraklık boyunca hem poliamin uygulanmış hem de kontrol yapraklarında peroksidaz aktivitesinde artış görülmüştür. Farklı tipteki streslere bitkilerin verdikleri ilk cevap POD aktivitesindeki artıştır (Castillo, 1992). Bitkiler stres oluşturucu faktörlere maruz bırakıldıklarında peroksidaz enzimi  $H_2O_2$ 'nin oluşumuna karşı koyarak hücreleri koruyabilir. POD enziminin kirletici indikatörlerine karşı dayanıklı olduğu ve bu enzimin sık sık kirlilikle ilgili streslerde ya da diğer stres şartları altında biyokimyasal marker olarak kullanıldığı rapor edilmiştir (Castillo, 1992).

Analizler sonucunda poliaminlerin kuraklık boyunca prolin miktarında artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Kuraklık boyunca putrescin ve spermidinin prolin artışında etkili olduğu, sperminin ise bu artışı baskıladığı kaydedilmiştir. Larher (1997), osmotik stres altında sperminin prolin birikimini baskıladığını rapor etmiştir. Diğer bir çalışmada, hububatlarda poliaminlerin prolin ve glisin-betain gibi osmolitleri biriktirmek (Storey, Wyn Jones, 1977) suretiyle osmotik ya da tuz stresi altında bitkilere koruyucu bir etki sağlayacağı rapor edilmiştir (Slocum vd., 1984). Kuraklığın 16. ve 22. günlerinde poliamin uygulanmış ve kontrol bitkilerindeki indirgen şeker miktarının istatistiki açıdan önemsiz

olduğu bulunmuştur. Kuraklığın son aşamasında (28. gün) putrescin ve spermidin uygulamalarında kontrole oranla bir artış gözlenirken spermin uygulamalarında değişim belirlenmemiştir. Poliamin uygulanmış yapraklarda prolin ve indirgen şeker miktarlarındaki artışın hücrelerin osmotik potansiyellerini ayarlayarak turgor durumunu muhafaza etmesi ve böylece su kaybını engelleyerek yaprak kıvrılma derecesini azaltması açısından yararlı olduğu düşünülür. Ayrıca kuraklık stresi sırasında indirgen şeker ve prolin miktarında birikim olduğu birçok araştırmacı tarafından da ortaya konmuştur. Örneğin tütün hücrelerinin NaCl'e adaptasyonları sırasında çözünebilir şekerlerde artış tespit edilmiştir (Binzel, 1987). Şekerlerdeki bu artış bitki hücrelerinde osmotik ayarlamayı sağlayarak strese adaptasyonda rol oynadıkları şeklinde izah edilmektedir (Handa, 1983). Çoğu bitki kuraklık ya da tuz stresine maruz kaldığında prolin biriktirmektedir (Hellebust, 1976; Yancey et.al., 1982; Yordanov, 2000). Su stresi altında, domates kültür hücrelerinin su stresi geçirmemiş olan hücrelerden 300 kat daha fazla prolin biriktirdiği rapor edilmiştir (Handa vd, 1983, 1986; Rhodes vd, 1986). Çalışmamızda prolin miktarındaki bu artışın hücrelerin osmotik potansiyellerini ayarlama da etkili olduğu söylenebilir.

Çalışmamızda poliamin uygulanmış yapraklardaki çözünebilir protein miktarının kontrole oranla artış gösterdiği bulunmuştur. Kuraklığın 22. gününde spermidin ile spermin ve putrescin ile kontrol arasındaki farkın istatistiki açıdan önemsiz olduğu bulunmuştur. Daha önce yapılan çalışmalarda dıştan uygulanan poliaminlerin protein sentezini uyardığı rapor edilmiştir (Slocum vd, 1984). Altman (1977) da dıştan uygulanan poliaminlerin protein ve nükleik asit sentezini artırdığını ileri sürmüştür. Ayrıca poliamin uygulanmış ve kontrol bitkilerinde kuraklık boyunca her üç aşamada da (16., 22. ve 28. günler) indirgen şeker ve prolin miktarında artış olmasına karşılık çözünebilir protein miktarında azalma meydana gelmiştir. Bu azalmanın, indirgen şeker ve prolin gibi osmolitlerdeki artışın makromoleküllerin sentezini baskılamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Handa vd. (1983) da kültüre edilmiş bitki hücreleri üzerine yaptıkları çalışmada, hücrelerde indirgen şeker ve prolin seviyesindeki artışın protein sentezini azalttığını kaydetmişlerdir.

Kısaca poliaminlerin yapraklarda indirgen şeker ve prolin miktarlarında artışa neden olarak osmoregülasyonla diğer organlardan yaprakların su alınımını sağlayarak kıvrılma derecelerini azalttıkları olası görülmektedir. Diğer taraftan poliaminlerin yaprak kıvrılması üzerine etkisinin protein sentezini uyarmak suretiyle ilişkili olabileceğini göstermektedir. Ayrıca elde edilen veriler poliaminlerin yaprak kıvrılmasını azaltma etkisinin, peroksidaz enzimini uyararak yerine getirilmediğini göstermektedir. Diğer taraftan kuraklık stresinin

prolin, indirgen şeker miktarlarında ve peroksidaz aktivitesinde artışa, çözünebilir protein miktarında ise azalışa neden olduğu görüldü.



## 5. ÖNERİLER

Bu çalışmada *Ctenanthe setosa* bitkisinde bir stres sakinme mekanizması olan yaprak kıvrılmasına poliaminlerin etkisi belirlenmiş ve poliaminlerin bitkileri farklı stres tiplerine karşı koruyucu bir etkiye sahip olduğu düşünülmüştür.

Elde edilen veriler hububatları da içerisine alan Gramineae familyasında yaygın olan yaprak kıvrılmasının poliamin üretimi ile azaltılabileceği ve böylece kurak koşullarda bu bitkilere poliamin uygulamak suretiyle verimin düşüşünün engellenebileceği söylenebilir.

Aynı şekilde yaprak kıvrılması, bitkinin kuraklığa karşı bir tolerans mekanizması olduğundan, diğer bitkilerde de poliaminlerin kuraklık stresinden bitkileri koruyabileceği hakkında ipuçları vermiştir.

Bu ikinci konuda daha ayrıntılı çalışmaların yapılmasına gerek olduğu da bir gerçektir.

## 6. KAYNAKLAR

- Ackerson, R.C., Kreig, D.R., Sung, F.J.M., 1980, Leaf Conductance and Osmoregulation of Field Grown Sorghum Genotypes, *Crop Sci.*, 20, 10-14.
- Ackerson, R.C., Hebert, R.R., 1981, Osmo-Regulation in Cotton in Response to Water Stress. I. Alteration in Photosynthesis, Leaf Conductance, Translocation, and Ultrastructure, *Plant Physiol.*, 67, 484-488.
- Alhadi, W.W., III, Demming-Adams, B., 1995, The Xanthophyll Cycle and Sustained thermal Energy Dissipation Activity in *Vinca minor* and *Euonymus kiautschovicus* in Winter, *Plant Cell Environ.*, 18, 117-127.
- Altman, A., Bachrach, U., 1981, Involvement of Polyamines in Plant Growth and Senescence, *Advanced in Polyamine Research*, 3, 365-375.
- Angelini, R., Manes, F., Federico, R., 1990, Spatial and Functional Correlation Between Diamine-Oxidase and Peroxidase Activities and Their Dependence upon De-Etiolating and Wounding in Chick-Pea Stems, *Planta*, 182, 89-96.
- Aspinall, D., Paleg, L.D., 1981, Proline Accumulation. Physiological Aspects- In The Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants (Paleg, L.G., Aspinall, D., Eds.), Academic Press, 206-240, Sydney.
- Ayaz, F.A., Kadioğlu, A., and Doğru, 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.
- Ayaz, F.A., Kadioğlu, A., and Turgut, R., 2000, Water Stress Effects on The Content of Low Molecular Weight Carbohydrates and Phenolic Acid in *Ctenanthe setosa* (Rosc.) Eichler (Marantaceae), *Can. J. Plant Sci.*, 80, 373-378.
- Bagni, N., Serafini-Fracassini, D., And Torrigiani, P., 1981, Polyamines and Growth in Higher Plants, *Ibid*, 3, 377-388.
- Bakardjeva, N., Christova, N., Christov, K., 1992, Effect of In Vitro Interaction Between Peroxidase, and Calcium, Manganese or Zinc Ions on Heat Sensitivity of The Isoenzyme Components, *CR Acad. Bulg. Sci.*, 45, 103-106.
- Barber, K.R., Maranon, M.J.R., Shaw, G.S., Van Huystee, R.B., 1995, Structural Influence of Calcium on The Cationic Peanut Peroxidase as Determined by H-NMR Spectroscopy, *Eur. J. Biochem.*, 232, 825-833.
- Barcelo, R., Pedreno, M.A., Ferre, M.A., Sabater, F., Muroz, R., 1990, Indole-3-Methanol is The Main Product of Oxidation of Indol-3-Acetic Acid Catalyzed by Two Cytosolic Isoperoxidases From *Lupinus*, *Planta*, 181, 448-450.
- Barnett, N.M., Naylor, A.W., 1996, Amino Acid and Protein Metabolism in Bermuda Grass during Water Stress, *Plant Physiol.*, 41, 1222-1230.
- Bates, L.S., Waldren, R.P., And Teare, I.D., 1993 Rapid Determination of Free Proline for Water Stress Studies, *Plant And Soil*, 39, 205-207.



- Begg, J.E., 1980, Morphological Adaptation of Leaves to Water Stress. In: Turner, N.C., And Kramer, P.J., Eds. Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress, 33-42, Wiley Interscience, New York.
- Beny, A., Gila, R., 1984, Proline Accumulation: A Parameter for of Sensitivity of *Tomato* Varieties to Drought Stress, *Plant Physiol.*, 61, 231-235.
- Bidwell, R.G.S., Giles, N.H., and Torrey, J.G., 1974, *Plant Physiol.* Mc Millan Co., New York.
- Binzel, M.L., Hasegawa, P.M., Rhodes, D., Handa, S., Handa, A.K., and Bressan R.A., 1987, Solute Accumulation in Tobacco Cells Adapted to NaCl, *Plant Physiol.*, 84, 108-115.
- Binzel, M.L., Hess, F.D., Bressan R.A., Hasegawa, P.M., 1989, Environmental Stress in Plants, NATO ASI Series, 19, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Blum, A., Ebercon, A., 1976, Genotypic Responses in Sorghum to Drought Stress. III. Free Proline Accumulation and Drought Resistance , *Crop Sci.* 16, 428-431.
- Bogges, S.F., Stewart, C.R., Aspinall, D. and Paleg, L.G., 1976, Effect of Water Stress on Proline Synthesis from Radioactive Precursors, *Plant Physiol.*, 58, 398-401.
- Bradford, M.A., 1976, Rapid and Sensitive Method for The Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilising the Principle of Protein Dye Bindig, *Anal. Biochem.*, 248-254.
- Castillo, F.J., 1992, Peroxidases and Stress In: C Penel, Th Gaspar & H Greppin, Eds, *Plant Peroxidases 1980-1990. Topics and Detailed Literature on Molecular, Biochemical and Physiological Aspects*, University of Geneva, 187-203.
- Cho, S.C., 1983, Effects of Cytokinin and Several Inorganic Cations on The Poyamine Content of *Lettuca* Cotyledons, *Plant and Cell Physiol.*, 24, 27-32.
- Clarke, J.M., 1986, Effectof Leaf Rolling on Leaf Water Loss in *Triticum Spp.* *Plant Physiol.*, 66, 885-891.
- Constantinides, S.M., Bedford, C.C., 1967 Multiple Form of Phenol Oxidase, *J. Food Sci.*, 32, 446-450.
- Drolet, G., Dumbroff, E.B., Legge, R.L., and Thomson, J.E., 1986, Radical Scavenging Properties of Polyamines., *Phytochem.*, 25, 367-371.
- Erdei, L., Trivadi, S., Takeda, K., and Matsumoto, H., 1990, Effect of Osmotic Salt Stresses on The Accumulation of Polyamines in Leaf Segments from Wheat Varieties Differing in Salt and Drought Tolerance, *J. Plant Physiol.*, 137, 165-168.
- Esnault, R., Chibbar, R.N., 1997 Peroxidases and Plant-Defense, *Plant Peroxidase Newslett*, 10, 34-41.
- Everse, J., Everse, K.E., Grishom, M.B., 1991 *Peroxidases in Chemistry and Biology*, Boco, Ann., CRR Press, Boston.
- Farkas, G.L., Dezsi, L., Horvath, Mi, Kisban, K., Udvandy, J., 1964, Common Pattern of Enzymatic Changes in Detached Leaves and Tissues Attached by Parasites, *Phytopathol. Zeit.*, 49, 342-354.
- Flores, H.E., Galston, A.W., 1982, Polyamines and Plant Stress: Activation of Putrescine Biosynthesis by Osmotic Shock, *Science*, 217, 1259- 1261.

- Flores, H.E., Galston, A.W. 1984, Osmotic Stress Induced Polyamine Accumulation in Cereal Leaves. I. Physiological Parameters of The Response, *Ibid*, 75, 102-109.
- Francois, L.E., Goodin, J.R., 1972, Interaction of Temperature and Salinity on Sugarbeet Germination, *Agron. J.*, 64, 272-273.
- Friedman, R., Altman, A., and Levin, N., 1989, The Effect of Salt Stress on Polyamine Biosynthesis and Content in Mung Bean Plants and in Halophytes, *Plant Physiol.*, 76, 295-302.
- Fry, S.C., 1986, Cross-Linking of Matrix Polymers in The Growing Cell Walls of Angiosperm, *Annu. Rev. Plant Pyhsiol.*, 37, 165-186.
- Fox, T.C., Geiger, D.R., 1986, Osmotic Response Of Sugarbeet Source Leaves At CO<sub>2</sub> Compensation Point, *Plant Pyhsiol.*, 80, 239-241.
- Fukai, S., Kuroda, E., And Ymagishi, T., 1985, Leaf Gas Exchange of Upland and Lowland Rice Cultivars, *Photosynthesis Res.*, 7, 127-135.
- Gaff, D.F., 1980, Protoplasmic Tolerance of Extreme Water Strees. In "Adaptation of Plants to Water and High Temperatures Stress" (Eds Turner, N.C., Kramer, P.J.) 207-230, New York.
- Galston, A.W., 1983, Poyamines as Modulators of Plant Development, *Bio.Sci.*, 33, 382-388.
- Galston, A.W., And Sawhney, R.K., 1990, Polyamines in Plant Physiology, *Plant Physiol.*, 94, 406-410.
- Gaspar, T.H., Kevers, C, Coumans, M., Penel, C., and Greppin, H., 1984, Interaction of Polyamines or Their Precursor With the Calcium-Controlled Secretion of Peroxidase by Sugarbeet Cells, *Experientia*, 40, 696-697.
- Gaspar, T.H., Penel, C., Roduit, C., Moncousin, C., and Greppin, H., 1985, The Role of Auxin and The Sensitivity in Floral Induction, *Biol. Plant.*, 27, 325-329.
- Goodwin, T.W., And Mercer, E.I., 1986, Introduction to Plant Biochemistry, Pergaman Press, Oxfor-New York.
- Greenland, A.J., Lewis, D.H., 1984, Amines in Barley Leaves Infected by Brown Rust and Their Possible Relevance to Formation of "Green Island", *New Physiologist*, 96, 238-291.
- Gzik, A., 1996, Accumulation of Proline and Pattern of  $\alpha$ -Amino Acids in Sugarbeet Plants in Sugarbeet Plants in Response to Osmotic, Water and Salt Stress, *Environ. and Exper. Bot.*, 36, 29-38.
- Hale, M.G., Orcutt, D.M., 1987, The Physiology of Water Stress, John Wiley and Sons, New York.
- Handa, S., Bresson, R.A., Handa, A.K., Carpita, N.C., and Hasegawa, P.M., 1983, Solutes Contributing to Osmotic Adjustment in Cultured Plant Cells Adapted to Water Stress, *Plant Physiol.*, 81, 626-629.
- Handa, S., Handa, A.K., Hasegawa, P.M., and Bresson R.A., 1986, Proline Accumulation and The Adaptation of Cultured Plant Cells to Salinity Stress, *Plant Physiol.*, 80, 938-945.

- Hanson, A.D., Nelsen, C.E., and Everson, E.A., 1977, Evolution of Free Proline Accumulation as An Index of Drought Resistance Using Two Contrasting Barley Cultivars, *Crop Sci.*, 17, 720-726.
- Hanson, A.D., Tully, R.E., 1979, Light Stimulation of Proline Synthesis in Water Stressed Barley Leaves, *Planta*, 145, 45-51.
- Hanson, I.E., 1983, Abscisic Acid and Water Relations of Rice (*Oryza Sativa L.*): Sequential Responses to Water Stress in The Leaf, *Ann. Bot.*, 50, 9-24, Boston.
- Hare, P.D., Cress, W.A., 1997, Tissue-Specific Accumulation of Transcript Encoding  $\Delta^1$ -Pyrroline-5-Carboxylate Reductase in *Arabidopsis Thaliana*, *Plant Growth Regul.*, 19, 249-256.
- Hasegawa, P.M., Bresson, R.A., Handa, S., and Handa, A.K., 1984, Cellular Mechanisms of Tolerance to Water Stress, *Hort Sci.*, 19, 371-377.
- Heckthorn, S.A. and 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.
- Hever, B., 1994, Osmoregulatory Role of Proline in Water and Salt Stressed Plants. In: Pessarakli M (Ed) *Handbook of Plant and Crop Stress*, 363-381, New York: Marcel Dekker, Inc.
- Heywood, V.H., 1978, *Flowering Plants of The World*, Oxford University Press, Oxford.
- Hiatt, A.C., And Malmberg, R. L., 1988, Utilization of Putrescine in Tobacco Cell Lines Resistant to Inhibitors of Polyamine Synthesis., *Acta Physiol. Plant.*, 21, 209-214.
- Hinman, R.L., Long, J., 1965, Peroxidase Catalyzed Oxidation of Indole-3-Acetic Acid, *Biochemistry*, 4, 144-158.
- Hsiao, T.C., O'Toole, J.C., Yambao, E.B., and Turner N.C., 1984, Influence of Osmotic Adjustment on Leaf Rolling and Tissue Death in Rice (*Oryza Sativa L.*), *Plant Physiol.*, 75, 338-341.
- Hu, C., Van, Huystee, R.B., 1989, Role of Carbohydrate Moieties in Peanut Peroxidases, *Biochem. J.*, 263, 129-135.
- Inthapan, P., Fukai, S., 1988, Growth and Yield of Rice Cultivars under Sprinkler Irrigation in South-Eastern Queens Lanol. II. Comparison with Maize and Grain Sorghum under Wet and Dry Conditions, *Aust. J. Exp. Agric.*, 28, 243-248.
- Kadioğlu, A., and Turgut, R., 1999, Some Biochemical Changes during Leaf Rolling in *Ctenanthe setosa* (Marantaceae), *Acta Physiol. Plant*, 21, 209-214.
- Karamanos, A.J., Drossopoulos, J.B., and Niavis, C.A., 1983, Free Proline Accumulation During Development of Two Wheat Cultivars with Water Stress, *J. Agric. Sci.*, 100, 429-439.
- Kaur-Sawhney, R., Shih, L-M., Flores H.E., and Galston, A.W., 1982, Relation of Polyamine Synthesis and Titer to Ageing and Senescence in Oat Leaves, *Plant Physiol.*, 69, 405-410.
- Kramer, P.J., 1980, Drought Stress, and The Origin of Adaptations. In "Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress" (Eds Turner, N.C., Kramer, P.J.) 7-20 New York.

- Kavi Kishor, P.B., Hang, Z., Miao, G.H., Hu, C.A.A., and Verma D.P.S., 1995, Overexpression of  $\Delta^1$ -Pyrroline-5-Carboxylate Synthetase Increases Proline Production and Confers Osmotolerance in Transgenic Plants, *Plant Physiol.*, 108, 1387-1394.
- Kirchoff, B.K., Kennedy, H., 1985, Foliar, Nonstructural Nectaries in The Marantaceae, *Can. J. Bot.*, 63, 1785-1788.
- Labhilili, M., Joudrier, P., Gautier, M.F., 1995, Characterazation of Cednas Encoding *Triticum Durum* Dehydrins and Their Experession Patterns in Cultivars That Differ Drought Tolerance, *Plant Sci.*, 112, 219-230.
- Larher, F., Aziz, A., Deleu, C., Lemesle, P., Gaffar, A., Bouchand, F., and Plasman, M., 1997, Suppressment the Osmo-induced Proline Responce of Rapeseed Leaf Disc by Polyamines, *Physiologia Plantarum*, 102 (1), 139-147.
- Lewitt, J., 1980, Responses of Plants to Environmental Stresses. Water, Radiation, Salt and Other Stresses, 2, 25-228, Academic, New York.
- Ludlow, M.M., Fisher, M.J., and Wilson, J.R., 1985, Stomatal Adjustment to Water Deficits in Three Tropical Grasses and A Tropical Legume Grown in Controlled Conditions and in The Field, *Aust. J. Plant Physiol.*, 12, 131-149.
- Mader, M., Füssl, R., 1982, Role of Peroxidase in Lignification of Tobacco Cells, *Plant Physiol.*, 70, 1132-1134.
- Manderscheid, R., Jager, H.J., and Schoeneberger, M.M., 1991, Dose-Response Relationships of Ozone Effects on Foliar Levels of Antioxidants, Soluable Polyamines and Peroxidase Activity of *Pinus Taeda* (L.). Assessment of The Usefulness as Early Ozone Indicators, *Angew Botanik*, 65, 373-386.
- Massacci, A., Battistelli, A., Loreto, F., 1996, Effect of Drought Stress on Photosynthetic Characteristics, Growht and Sugar Accumulation of Field-Grown Sweet Sorghum, *Aust. J. Plant Physiol.*, 23, 331-340.
- Morgan, J.M., 1980, Osmotic Adjustment in The Spikelets and Leaves of Wheat, *J. Exp. Bot.*, 31, 655-665.
- Morgan, J.M., 1984, Osmoregulation and Water Stress in Higher Plants, *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 35, 299-319.
- Mukherjee, D., Rao, K.V.M., 1993 , Alteration Patterns of Hill Activity, Peroxidase Activity and Sugars Prgeon Pea during Maturation and Senescence, *Indian J. Plant Physiol.*, 361, 13-16.
- Munns, R., 1988, Why Measure Osmotic Adjustment? *Aust. J. Plant Physiol.*, 15, 717-726.
- Oppenheimer, H.R., 1960, Adaptation To Drought: Xerophytism. In *Plant Water Relationships in Arid and Semi-Arid Conditions*, 105-138, UNESCO, Paris.
- O'Regan, B.P., Cress, W.A., and Staden, J., 1993, Root Growht, Water Relations, Abcisicacid and Proline Levels of Drought-Resistant and Drought Sensitive Maize Cultivars in Response to Water Stress, *S. Afr. J. Bot.*, 59, 98-104.
- O'Toole, J.C., 1979, Leaf Rolling and Transpiration, *Plant Science Letters*, 16, 111-114.

- Pelah, D., Altman, A., Shoseyov, O., 1997, Drought Tolerance: A Molecular Perspective. In: Altman, A., Ziv, M. (Ed.): *In Vitro Culture and Breeding, Horticulture Biotechnology*, 439-445.
- Premachandra, G.S., Saneoka, H., Fujita, K., and Ogata, S., 1993, Water Stress and Potassium Fertilization in Field Grown Maize (*Zea mays L.*): Effects on Leaf Water Relations and Leaf Rolling, *J. Agron. and Crop Sci.*, 170, 195-201.
- Priebe, A., Klein, H., And Jager, H.J., 1978, Role of Polyamines in SO<sub>2</sub>-Polluted Pea Plants *Journal of Experimental Botany*, 29, 1045-1050.
- Pruvot, G., Cuine, S., Peltier, G., and Rey, P., 1996, Characterization of A Novel Drought Induced 34 kDa Protein Located in The Thylakoids of *Solanum tuberosum L.* Plants, *Planta*, 198, 471-479.
- Puckridge, O.W., O'Toole, J.C., 1981, Dry Matter and Grain Production of Rice, Using A Line Source Sprinkler in Drought Studies, *Field Crops Res.*, 3, 303-319.
- Quartacci, M.F., Pinzio, C., Sgherri, C.L.M., and Navari-Izzo, F., 1995, Lipid Composition and Protein Dynamics in Thylakoids of Two Wheat Cultivars Differently Sensitive to Drought, *Plant Physiol.*, 108, 191-197.
- Quick, P., Siegl, G., Neuhaus, E., Feil, R., and Stitt, M., 1989, Shortterm Water Stress Leads to A Stimulation of Sucrose Synthesis, Leaf Conductance, Translocation and Ultrastructure, *Plant Physiol.*, 67, 484-488.
- Ross, A.I., 1959, Dinitrophenol Method For Reducing Sugars, First Edition, The Avi. Publishing Company, Wesport.
- Sankhla, N., Upadhyaya, A., and Davis, T.D., 1988, Polyamines in Plant Growth and Development. In: *Hormonal Regulation of Plant Growth and Development*, (Purohit, S.S., Ed.), Agro-Botanical Publishers, 4, 171-204, Bikaner, India.
- Save, R., Penuelas, J., Marfa, O., and Serrano, L., 1993, Changes in Leaf Osmotic and Elastic Properties and Canopy Structure of Strawberries under Mild Water Stress, *Hortscience*, 28, 925-927.
- Scalet, M., Federico Rand Angelini, R., 1991, Time Course of Diamine Oxidase and Peroxidase Activities, and Polyamine Changes After Mechanical Injury of Chick-Pea Seedlings, *J. Plant Physiol.*, 137, 571-575.
- Scalet, M., Federico, R., Guido, M.C., and Manes, F., 1995, Peroxidase Activity and Polyamine Changes in Response to Ozone and Simulated Acid Rain in Aleppo Pine Needles, *Phytochem.*, 35, 417-425.
- Schuller, D.J., Ban, N., Van Huystee, R.B., Mc Pherson, A., Poulas, T., 1996, The Crystal Function of Peanut Peroxidase Structure, 4, 311-321.
- Singh, T.N., Paleg, L.G., and Aspinall, D., 1973, Stress Metabolism III. Variations in Response to Water Deficit in The Barley Plant, *Aust. J. Biological Sci.* 26, 65-76.
- Slocum, R., Kaur-Sawhney, R., and Galston, A.W., 1984, The Physiology and Biochemistry of Polyamines in Plants, *Arch. Biochem. Biophys.*, 235, 283-303.
- Smith, T.A., Richards, F.J., 1962, The Biosynthesis of Putrescine in Higher Plants and Its Relation to Potassium Nutrition, *Biochemical Journal*, 84, 292-294.
- Smith, T.A., 1984, Putrescine and Inorganic Ions, *Recent Adv. Phytochem.*, 18, 7-54.



- Stewart, C.R., 1973, The Effect Of Wilting on Proline Metabolism in Excised Bean Leaves in The Dark, *Plant Physiol.*, 51, 508-511.
- Stewart, C.R., Boggess, S.F., Aspinall, D., and Paleg, L.G., 1977, Inhibition of Proline Oxidation by Water Stress, *Plant Physiol.*, 59, 930-932.
- Stewart, C.R., 1980, The Mechanism Of ABA-Induced Proline Accumulation in Barley Leaves, *Plant Physiol.*, 66, 230-233.
- Storey, R. And Wyn Jones, R.G., 1977, Quaternary Ammonium compounds in Plants in Relation to Salt Resistance, *Phytochem.*, 16, 447-453.
- Tal, M., Katz, A., Heiken, H., and Dehan, D., 1979, Salt Tolerance in The Wild Relative of The Cultivated Tomato: Proline Accumulation in *Lycopersicum esculantum Mill.*, *Lycopersicum peruvianum Miller.* and *Solanum penne Cor.* Treated with NaCl and Polyethylene Glycol, *New Phytol.*, 82, 349-355.
- Townley-Smith, T.F., and 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*, 447-464, John Wiley&Sons, New York.
- Turgut, R., and Kadioğlu, A., 1998, The Effect of Drought, Temperature and Irrigation on Leaf Rolling in *Ctenanthe setosa*, *Biol. Plant.*, 41, 629-633.
- Turner, N.C., Begg, J.E., and Tommet, 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 and Adaptation to Water Deficits in Crop Plants. In: Mussell, H., Staples, R.C, Eds, *Stress Physiology in Crop Plants*, 343-372, New York.
- Turner, N.C., 1986, Crop Water Deficits: A Decade of Progress, *Adv. Agron.*, 39, 1-51.
- Turner, L.B., and Stewart, G.R., 1986, The Effect of Water Stress Upon Polyamine Levels in Barley Leaves, *Journal of Exp. Bot.*, 37, 170-177.
- Turner, L.B., and Stewart, G.R., 1988, Factors Affecting Polyamine Accumulation in Barley (*Hordeum vulgare L.*) Leaf Sections during Osmotic Stress, *J. Exp. Bot.*, 39, 311-316.
- Welinder, K.G., 1992, Superfamily of Plant, Fungal and Bacterial Peroxidases, *Curr. Opin. Struc. Biol.*, 2, 388-393.
- Van L., Pretonus, I.J., and Assay, W.J., 1973, Method for Determination  $\alpha$ -Amylase, Indol-3-Acetic Acid Oxidase and Ascorbic Acid Oxidation in A Crude Extract from Avocado, *Agrochemo. Physica*, 5, 29-34.
- Van Huystee, R.B., 1987, Some Molecular Aspects of Plant Peroxidases: Biosynthetic Studies, *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 38, 205-219.
- Van Huystee, R.B., Esnault, R., 1992, Structure and Biosynthesis of Peroxidase from Peanut Cells, *Univ. Geneva*.
- Van Huystee, R.B., Esnault, R., 1995, Reflection on Peanut Peroxidase Regulation of Growth, *Plant Peroxidase Newslett.*, 6, 8-10.
- Van Rensburg, L., Krüger, G.H.J., and Krüger, H., 1993, Proline Accumulation as Drought Tolerance Selection Criterion: Its Relationship to Membran Integrity and

- Van Rensburg, L., Krüger, G.H.J., and Krüger, H., 1993, Proline Accumulation as Drought Tolerance Selection Criterion: Its Relationship to Membran İntegrty and Chloroplast Ultrastructure in *Nicotiana tobacum L.*, J. Plant Physiol., 141, 188-194.
- Van Swaaij, A.C., Jacobsen, E., Aspinall, D., Jennings, A.C., and Jones, G.P., 1991, Acid and Glycine Betaine Accumulation in Col-Stressed Wheat Seedlings, Phytochemistry, 30, 407-409.
- Vassey, T.L., Sharkey, T.D., 1989, Mild Water Stress of Phaseolus Vulgaris Plants Leads to Reduced Starch Synthesis and Extractable Sucrose Phosphate Synthase Activity, Plant Physiol., 89, 1066-1070.
- Yordanov, I., Velikova, V., And Tsonev, T., 2000, Plant Responses To Drought, Acclimation, And Stress Tolerance. Photosynthetica, 38 (1), 171-186.
- Young, N.D., and Galston, A.W., 1982, Putrescine and Acid Stress. Induction of Arginine Decarboxylase Activity and Putrescine Accumulation by Low Ph, Plant Physiol., 71, 767-771.
- Zeybek, N., Ve Zeybek, U., 1994, Farmasötik Botanik, 2. Baskı, Ege Üniv. Eczacılık Fak. Yayınları, Bornova, İzmir.



## ÖZGEÇMİŞ

07.09.1976 yılında Trabzon'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Trabzon'da tamamladı.1994-1995 öğretim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı. 1998 yılında bu bölümden biyolog ünvanı ile mezun oldu. Aynı yıl Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Bölümü'nde Prof. Dr. Asım KADIOĞLU danışmanlığında yüksek lisans eğitimine başladı. Ekim 1999'dan itibaren K.T.Ü. Rize Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Botanik Anabilim dalında araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.



**TC İZMİR ÖZEL İZMİR KURTULUŞ  
BİLİM VE TEKNOLOJİ MERKEZİ**