



**KURAKLIK STRESİNİN FASULYEDE BİTKİ  
GELİŞİMİ İLE BAZI FİZYOLOJİK VE  
BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİ**

**Sima CAŞKA KILIÇASLAN**

**Yüksek Lisans Tezi  
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı  
Sebze Yetiştirme ve Islahı Bilim Dalı  
Prof. Dr. Ertan YILDIRIM**

**2019**

**Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KURAKLIK STRESİNİN FASULYEDE BİTKİ GELİŞİMİ İLE  
BAZI FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLER  
ÜZERİNE ETKİSİ**

**Sima CAŞKA KILIÇASLAN**

**BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI  
Sebze Yetiştirme ve Islahı Bilim Dalı**

**ERZURUM  
2019**

**Her hakkı saklıdır**



TEZ ONAY FORMU

**KURAKLIK STRESİNİN FASULYEDE BİTKİ GELİŞİMİ İLE BAZI FİZYOLOJİK VE  
BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERÜZERİNE ETKİSİ**

Prof.Dr. Ertan YILDIRIM danışmanlığında, Sima CAŞKA KILIÇASLAN tarafından hazırlanan bu çalışma, 02/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Sebze Yetiştirme ve Islahı Bilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak **oybirliği (3/3)** ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Ertan Sait KURTAR

İmza :

Üye : Prof. Dr. Ertan YILDIRIM

İmza :

Üye : Doç. Dr. Melek EKİNCİ

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu'nun **23.08/2019** tarih ve **.33..../..8/.....** nolu kararı ile onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Mehmet KARAKAN**  
Enstitü Müdürü

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

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### **KURAKLIK STRESİNİN FASULYEDE BİTKİ GELİŞİMİ VE BAZI FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİ**

Sima CAŞKA KILIÇASLAN

Atatürk Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı  
Sebze Yetiştirme ve Islahı Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ertan YILDIRIM

Bu çalışma kuraklık stresinin fasulyede bitki gelişimi (taze, kuru ağırlık vb.), besin içeriği ile bazı fizyolojik ve biyokimyasal (elektrik iletkenlik, doku oransal su içeriği, prolin, antioksidan enzim aktivitesi vb.) özellikler üzerine etkisini belirlemek amacıyla Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Araştırma Seraları ve Laboratuvarında 2018-2019 yılında yürütülmüştür. Araştırma, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 farklı sulama seviyesi (tam sulama (%100) (D0), tarla kapasitesinin %80 (D1) ve %60 (D2) ve 3 tekerrürlü olarak saksı denemesi şeklinde yürütülmüştür. Çalışmada, kuraklık stresinin fasulyede gövde çapı, klorofil değeri (SPAD), yaprak sayısı, yaprak alanı, kök uzunluğu, kök boğazı çapı, yaprak-gövde-kök yaş ağırlığı ile yaprak-gövde-kök kuru ağırlığı gibi bitki gelişim parametreleri üzerine olumsuz etki yaptığı belirlenmiştir. Elektiriksel iletkenlik (EC) kuraklık stresi ile artarken doku oransal su içeriği ise azalmıştır. Kuraklık stresi ayrıca fasulyede incelenen organlarda bitki besin element içeriğini azaltmış, hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), melondialdehid (MDA), prolin ve sakkaroz içeriğini artırmıştır. Sonuç olarak; kurak koşullarda yetiştirilen fasulyede kuraklığa tepkide ve tolerans sağlamada birçok biyokimyasal mekanizmanın meydana geldiği belirlenmiştir.

**2019, 45 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** kuraklık stresi, fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), bitki gelişimi, fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler

## ABSTRACT

Master Thesis

### THE EFFECT OF DROUGHT STRESS ON PLANT GROWTH, SOME PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROPERTIES OF BEAN

Sima CAŞKA KILIÇASLAN

Atatürk University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Horticulture  
Department of Vegetable Growing and Breeding

Supervisor: Prof. Dr. Ertan YILDIRIM

The aim of this study was to determine the effects of drought stress on plant growth (fresh, dry weight, etc.), nutrient content, some physiological and biochemical (electrical conductivity, tissue proportional water content, proline, antioxidant enzyme activities, etc.) properties in Atatürk University, Faculty of Agriculture, Horticulture Department Research Greenhouses and Laboratory in 2018-2019. The research was carried out as 3 different irrigation levels such as (100%) (D0), 80% (D1) and 60% (D2) of the field capacity and 3 replications of pot experiment according to randomized plot design. In this study, it was determined that drought stress had negative effects on bean stem diameter, chlorophyll value (SPAD), leaf number, leaf area, root length, root collar diameter, leaf-stem-root fresh weight and leaf-stem-root dry weight. Electrical conductivity (EC) increased with drought stress, while tissue proportional water content decreased. Drought stress also decreased the plant nutrient content in the organs examined in beans and increased hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), melondialdehyle (MDA), proline and sucrose content. As a result; it was determined that many biochemical mechanisms occur in response to drought and tolerance in beans grown under drought conditions.

**2019, 45 pages**

**Keywords:** drought stress, beans (*Phaseolus vulgaris L.*), plant growth, physiological and biochemical responses

## TEŞEKKÜR

Bu konuda alışmamı teşvik eden, tez çalışmamın her anında bilgi, deneyim ve tecrübelerini benden esirgemeyen, sabırla tezimin oluőması ve tamamlanması için beni yreklendiren Danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Ertan YILDIRIM'a (Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Bahçe Bitkileri Bölümü) tezimin çeşitli aőamalarında yol gosterici olan ve çalışmam boyunca yardımlarını benden esirgemeyen bizzat çalışmaya katkıda bulunan Sayın Doç. Dr. Melek EKİNCİ ve Sayın Arő. Gör. Raziye KUL hocalarıma sonsuz teőekkürlerimi sunarım. Tezimin laboratuvar çalışmalarında bana her daim yardımcı olmaya çalıőan değerli arkadaőlarıma, maddi manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen aileme çok teşekkür ederim.

**Sima CAŞKA KILIÇASLAN**

**Ağustos, 2019**

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ .....</b>	<b>5</b>
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>10</b>
3.1. Bitkisel Materyal .....	10
3.2. Yöntem .....	10
3.2.1. Denemenin kurulması.....	10
3.2.2. Kuraklık uygulamalarının yapılması .....	12
3.3. Ölçüm ve Gözlemler .....	14
3.3.1. Bitki boyu (cm) .....	14
3.3.2. Kök uzunluğu(cm).....	15
3.3.3. Yaprak sayısı (adet / bitki) .....	15
3.3.4. Gövde ve kök boğazı çapı (mm) .....	16
3.3.5. Yaprak alanının belirlenmesi.....	16
3.3.6. Klorofil değeri (SPAD) .....	17
3.3.7. Bitki yeşil aksam ve köklerde yaş ve kuru ağırlıklar (g).....	18
3.3.8. Doku elektriksel iletkenliği (EC) (%) .....	19
3.3.9. Doku oransal su içeriği (DOSİ).....	20
3.4. Bitki Analizleri .....	21
3.4.1. Azot tayini .....	21
3.4.2. Diğer besin elementlerinin tayini (N,P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cl, Zn, B, Si).....	21
3.4.3. Bitkilerde antioksidant enzimler (peroksidaz, katalaz, süperoksit dismutaz)'in ekstraksiyonu .....	21
3.4.3.a. Katalaz (CAT - EC: 1.11.1.6) aktivitesinin belirlenmesi .....	21

3.4.3.b. Peroksidaz (POD - EC: 1.11.1.7) aktivitesinin belirlenmesi.....	22
3.4.3.c. Süperoksit dismutaz (SOD – EC: 1.15.1.1) aktivitesinin belirlenmesi .....	22
3.4.4. Hidrojen peroksit (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) analizi .....	22
3.4.5. Lipid peroksidasyon (malondialdehid -MDA) analizi .....	22
3.4.6. Prolin analizi.....	22
3.4.7. Sakkaroz analizi .....	22
3.5. İstatiksel Analizler.....	23
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....</b>	<b>24</b>
4.1. Uygulamanın Fasulyede Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi .....	24
4.2. Uygulamanın Fasulye Bitkisinde Bitki Boyu, EC ve DOSİ Üzerine Etkisi .....	27
4.3. Uygulamanın Fasulye Bitkisinde Yaprak, Gövde ve Kökte Bitki Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkisi .....	29
4.4. Uygulamanın Fasulye Bitkisinde H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , MDA, Prolin ve Sakkaroz İçeriği Üzerine Etkisi .....	33
4.5. Kuraklık Uygulamasının Fasulye Bitkisinde CAT, POD ve SOD aktivitesi Üzerine Etkisi .....	34
<b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>	<b>36</b>
KAYNAKLAR .....	38
ÖZGEÇMİŞ .....	46



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
°	Derece
B	Bor
Ca	Kalsiyum
CAT	Katalaz
Cl	Klor
cm	Santimetre
cm <sup>2</sup>	Santimetrekare
Cu	Bakır
Fe	Demir
g	Gram
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Hidrojen peroksit
K	Potasyum
m	Metre
m <sup>2</sup>	Metre kare
MDA	Malonaldehid
mg	Miligram
Mg	Magnezyum
mg/kg	Miligram /kilogram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimolar
Mn	Mangan
N	Azot
Na	Sodyum
P	Fosfor
Pb	Kurşun
POD	Peroksidaz
SOD	Süperoksid dismutaz

Zn  
 $\mu\text{mol}$

Çinko  
Mikromol



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Saksıların hazırlanması tezgahlara alınması.....	11
Şekil 3.2. Tohum ekimi.....	12
Şekil 3.3. Can suyunun verilmesi .....	12
Şekil 3.4. Saksılardaki nem ölçümü.....	13
Şekil 3.5. Deneme boyunca sera içerisinde ölçülen günlük en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri.....	14
Şekil 3.6. Bitki boyunu ölçülmesi.....	15
Şekil 3.7. Kök boyunun ölçülmesi.....	15
Şekil 3.8. Gövde ve kök boğazı çapının belirlenmesi.....	16
Şekil 3.9. Yaprak alanı ölçümü.....	17
Şekil 3.10. Klorofil değeri ölçümü .....	17
Şekil 3.11. Bitkilerin yeşil aksam ve köklerinin yaş ve kuru ağırlıklarının belirlenmesi .....	18
Şekil 3.12. Doku elektriksel iletkenliği ölçümü .....	19
Şekil 3.13. Doku oransal su içeriği ölçümü .....	20
Şekil 4.1. Kuraklığın fasulye üzerine etkisi.....	25

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan ortama ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler.....	11
Çizelge 4.1. Kuraklık stresi koşulları altında fasulyede gövde çapı, klorofil değeri (SPAD), yaprak sayısı, yaprak alanı .....	24
Çizelge 4.2. Kuraklık stresi koşulları altında fasulyede kök uzunluğu, yaprak yaş ağırlığı, kök çapı, gövde yaş ağırlığı .....	24
Çizelge 4.3. Kuraklık stresi koşulları altında kök yaş, yaprak gövde ve kök kuru ağırlığı .....	25
Çizelge 4.4. Kuraklık stresi koşulları altında bitki boyu, EC ve DOSİ .....	28
Çizelge 4.5. Kuraklık stresi koşulları altında fasulye bitkisinde yaprak N, P, K ve Ca içeriği .....	31
Çizelge 4.6. Kuraklık stresi koşulları altında fasulye bitkisinde yaprak Mg, S, Mn, Fe ve B içeriği.....	31
Çizelge 4.7. Kuraklık stresi koşulları altında fasulye bitkisinde gövde N, P, K ve Ca içeriği .....	31
Çizelge 4.8. Kuraklık stresi koşulları altında fasulye bitkisinde gövde Mg, S, Mn, Fe ve B içeriği .....	32
Çizelge 4.9. Kuraklık stresi koşulları altında fasulye bitkisinde kök N, P, K ve Ca içeriği.....	32
Çizelge 4.10. Kuraklık stresi koşulları altında fasulye bitkisinde kök Mg, S, Mn, Fe ve B içeriği .....	32
Çizelge 4.11. Kuraklık stresi koşulu altında fasulye bitkisinde H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , MDA, prolin ve sakkaroz içeriği üzerine etkisi .....	34
Çizelge 4.12. Kuraklık stresi koşulu altında fasulye bitkisinde CAT, POD ve SOD içeriği.....	35

## 1. GİRİŞ

Çağımızda doğal dengeyi, insan ve hayvan sağlığını tehdit altına alan en önemli faktörlerin başında çevre sorunları gelmektedir (Baş ve Demet 1992). Dünyanın başka ülkelerinde olduğu gibi ülkemiz de son zamanlarda birbirinden farklı çevre sorunları ile karşı karşıya kalabilmektedir (Gürel ve Avcıoğlu 2001). Hızla artan dünya nüfusunun besin ihtiyacını karşılamak, yaşam kalitesini artırmak için sürdürülen çabalar istenilmeyen sonuçlar doğurmuş ve günümüzde çevre sorunları artarak önemini korumuştur (Baş ve Demet 1992). Çevre kirliliği, insanların faaliyetleri sonucunda, havada, suda ve toprakta oluşan olumsuz gelişmelerle ekolojik dengenin tahribi ve aynı faaliyetlere bağlı olarak meydana gelen koku, gürültü ve atıkların çevrede oluşturduğu istenilmeyen sonuçlar olarak tanımlanmıştır (Anonim 1983).

Bitkiler yaşamlarını devam ettirdikleri alanlarda, gelişimlerini engelleyici çeşitli olumsuz faktörlere maruz kalmaktadırlar (Gürel ve Avcıoğlu 2001). Bitkinin yaşadığı ortamda bir veya birden fazla faktörün, büyüme ve gelişmeyi olumsuz şekilde etkileyerek ürün kalitesi, miktar ve verimde azalışa neden olmasına “stres” denir (Wang *et al.* 2000). Stres faktörleri genel itibariyle biyotik ve abiyotik olmak üzere iki şekilde adlandırılmaktadır. Patojenler, hastalık ve zararlı etmenleri ile mikroorganizmalar gibi faktörler biyotik stres faktörlerini meydana getirirken kuraklık, tuzluluk, yüksek veya düşük sıcaklık, ağır metal kirliliği, su fazlalığı ise abiyotik stres faktörlerini oluşturmaktadır. Bu faktörlerin bitkiler üzerindeki olumsuzlukları genel itibariyle eş zamanlı gerçekleşmektedir (Anonymous 2008).

Dünyada bitkisel üretimi kısıtlayan başlıca abiyotik stres faktörlerinden ötürü, yetiştiricilikte bitkinin normal ürün potansiyeline varacak uygun alanların bulunması oldukça zordur. Tarımsal üretimde azalma %71 oranında abiyotik stres, %29 oranında ise diğer stres faktörlerine bağlıdır (Boyer 1982).

Su; var olan bütün canlı organizmalar için en önemli doğal zenginliklerden biridir. Su birçok sektörde kullanılmaktadır. İnsan nüfusunda son yıllarda artışın olması ve suya olan talebin artmasıyla birlikte büyük çaplı bir su krizini meydana getirmiştir. Su kaynakları; miktar, kalite ve tüm diğer sektörel kullanımlar açısından birçok önemli sorunla karşı karşıya kalmaktadır (Anonim 2009).

Kuraklık; meteorolojik bir faktör olup, toprağın su içeriği ile bitki gelişiminde gözle görülür azalmaya neden olacak kadar uzun süren yağışsız döneme denir. Yağışsız dönemde kuraklık meydana gelmesi, toprağın su tutma kapasitesi ve bitkilerin yaptığı evapotranspirasyon hızına bağlı olarak gerçekleşmektedir (Jones 1992; Kozlowski and Pallardy 1997). Doğanın en önemli olaylarından biri olan kuraklık, zamanla (yağış mevsiminin başlamasında gecikmeler, ürün büyüme mevsimi ve yağış zamanının ilişkisi) ve yağışların etki dereceleri (yağış yoğunluğu ve sayısı) ile ilişkilidir. Yüksek sıcaklık, şiddetli rüzgâr ve düşük nem miktarı gibi diğer değişkenler, birçok bölgede kuraklıkta etkili olur (Öztürk 2002).

Dünya üzerinde karasal alanların %30'u kurak veya yarı kurak olarak ifade edilir. Daha da önemlisi dünya bitkisel üretiminin yapıldığı sulak arazilerin büyük bir çoğunluğunda da şiddetli kuraklık görülür. Su stresi bitkinin dokularında su veya turgor potansiyelini optimum gelişmeyi olumsuz etkileyecek seviyelere düşürmesi olarak ifade edilir (Kramer 1980). Hava sıcaklığındaki ani artış ya da nemde hızlı bir azalışın gerçekleşmesiyle bitkilerde akut susuzluk oluşur (Yağmur 2008). Kuraklık stresi bitkilerde vejetatif büyüme, verim, su ilişkileri ve fotosentez gibi farklı yapıları etkilemekte ve bu yapılar üzerinde oluşturduğu etkiler de farklı olabilmektedir (Farooq *et al.* 2009). Hücrede veya bitki içerisinde oluşan metabolik ve fizyolojik her bir faktörün su stresinden etkilenmeye başladığı su potansiyeli değeri farklılık gösterir (Taiz and Zeiger 2006). Kuraklığın ilk olarak bitki gelişiminde sorun oluşturduğu safha çimlenme safhasıdır (Harris *et al.* 2002). Toprağa ekilen tohum topraktan ihtiyacı kadar suyu alamadığı zaman çimlenme gerçekleşmemektedir (Okçu *et al.* 2005).

Bitkilerde hücre büyümesinin kuraklığa duyarlılık mekanizmasında en önemli mekanizma turgor basıncıdır (Taiz and Zeiger 2006). Özellikle yoğun su kıtlığı altında bitkilerde hücre uzamasını etkileyen ve turgor kaybına sebep olan diğer bir olayda ksilemde su akışının hasara uğramasıdır (Nonami 1998). Kuraklık stresiyle beraber mitozisde bozulma, hücre uzaması ve genişlemesinde meydana gelen aksaklıklardan dolayı bitki ağırlığı, yaprak alanı ve ürün gelişiminde azalma olmaktadır (Kaya *et al.* 2006; Hussain *et al.* 2008).

Bitkilerde su stresiyle beraber görülen ilk belirti azalan turgor basıncından kaynaklanan ve özellikle uzunlamasına büyümeyi olumsuz etkileyen solmadır. Bitkide bulunan suyu korumada stoma direnci, terleme hızı, yaprak sıcaklığı ve yaprak alanı önemli belirleyici özelliklerdir. Kuraklık stresiyle karşı karşıya kalan bitkilerde yapraktaki su potansiyeli, nispi nem içeriği ve terleme miktarı azalmakta ve beraberinde yaprak sıcaklığı artmaktadır (Siddique *et al.* 2001). Bitkiler topraktan ihtiyacı olan suyu almadıkları zaman stoma iletkenliği azalır. Artan yaprak sıcaklığı sonucunda hava ile yaprak arasında buhar basıncına neden olur. Bitkinin kullandığı toplam su miktarının azalması sonucunda terleme hızı azalır ve bunun sonucunda da yaprak alan indeksinde düşüşler görülür (Craufurad *et al.* 2000).

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), ülkemizin hemen her kesiminde kuru tane ya da taze amaçlı yetiştirilebilen ve genellikle de Karadeniz Bölgesi'nde geniş yayılım göstermiş bir baklagil bitkisidir. Tanelerinde yer alan yüksek protein (%22.6), karbonhidrat (%56), mineral madde ve vitaminlerce zenginliği kuru fasulye ülkemizde önemini arttırmıştır (Akçin 1988). Fasulyenin ayrıca içerdiği phasol ve phaseolin adlı maddelerin insülin yapısında bulunması sebebiyle, kan şekerini düşürücü etkisi de bulunmaktadır (Şalk vd 2008).

Phaseolus türlerinin Orta ve Güney Amerika orijinli olmalarına karşın, Anadolu'ya gelmesinden sonra bu türe ait genetik kaynaklar ülkenin hemen hemen her kesimine yayılım göstermiştir. Türkiye'nin pek çok bölgesinde yetiştiriciliği yapılan fasulyenin ülkemizdeki geçmişi 250-300 yıl öncesine kadar dayanmaktadır (Şalk vd 2008).

Subtropik ve tropik kuşaklarda yayılımı görülen *Phaseolus* cinsinin çok sayıda türü bulunmaktadır. Fakat bunlardan sadece *P. acutifolius* A. Gray, *P. coccineus* L. (ateş fasulyesi), *P. lunatus* L. (Lima fasulyesi), *P. polyanthus* Greenman ve *P. vulgaris* L. türleri kültüre alınmıştır (Şalk vd 2008). Kültürü yapılan 3 formun Antartika hariç dünyanın hemen hemen her kesiminde yetiştiriciliği yapılmakta, taze bakla ve tohum olgunluğundan önce tam kurumamış baklası ile kuru tohumları tüketilmektedir (Koutsika-Sotiriou and Traka-Mavrona 2008).

TUİK (2018) verilerine göre Türkiye'nin taze fasulye ekim alanı 455.263 dekar, üretimi ise 580.949 tondur.

Kuraklık, dünya genelinde yağışlı koşullarda yetiştirilen genel baklagillerin yaklaşık %60'ını etkiler ve bazı bölgelerde tane verimini %80'e kadar düşürebilir (Cuellar-Ortiz *et al.* 2008; Zadražnik *et al.* 2013).

Dünyada fasulye üretiminin yarısından fazlası kurak şartlarda yapılmaktadır (Graham and Ranolli 1997). Son yıllarda küresel ısınmayla beraber yaşanan kuraklık bitkisel üretimde önemli seviyelerde tehlike oluşturmaktadır. Bununla beraber fasulyelerin kuraklığa dayanıklılık mekanizması aydınlatılıp, kuraklığa toleranslı yüksek çeşitler geliştirilmelidir (Suberro *et al.* 1995). Daha önceki çalışmalarda kuraklığa maruz kalan fasulyelerde meydana gelen biyokimyasal ve fizyolojik değişimlerden en önemlileri iyon birikimlerindeki değişimler ve en önemli olanı antioksidatif savunma mekanizmalarının harekete geçirilmesi olduğu ifade edilmektedir (Türkan *et al.* 2005).

Fasulyenin kuraklık stresine karşı bitki gelişimi, fizyolojisi ve biyokimyasal tepkileri ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Bununla birlikte kuraklığa karşı fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerinin ayrıntılı olarak yapıldığı çalışmalar çok fazla değildir. Bu çalışma, farklı seviyede sulama uygulamalarının fasulyede bitki gelişimi, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla kontrollü sera şartlarında saksı denemesi şeklinde yapılmıştır.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bitkiler yaşam döngüleri boyunca farklı stres faktörleri ile karşılaşmaktadır. Kuraklık stresi büyümeyi ve verimi etkileyen en önemli abiyotik streslerden biri olup, ayrıca kuraklık stresinin bitkilerde fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler düzeydeki birçok koruma sistemini harekete geçirdiğini ifade edilmektedir. Kuraklık koşulları, hücrelerin bölünmesini ve büyümesini azaltması sonucunda bitki gelişiminde engelleyici etki yarattığı ve ayrıca kuraklık stresi sırasında turgor basıncının azalmasına ve terlemenin olumsuz etkilenmesine, mineral madde alımında gerileme ve büyüme hızında düşüşe neden olduğunu bildirilmektedir. Bu sebeple kuraklık, tarımsal üretimi sınırlandıran en önemli faktörler arasında yer almakta ve küresel ısınma da günümüzde bu durumun önemini artırmaktadır (Capell *et al.* 2004).

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) dâhil olmak üzere yıllık sebzelerin çoğu, kuraklığa duyarlıdır. Bu nedenle, kuraklık stresi sebzelerin miktarını, kalitesini ve ekonomik değerini aşırı derecede azaltabilir. Önceki çalışmalar, fasulyede kuraklık stresinin vejetatif organların büyümesini ve fasulyedeki üreme organlarının gelişimini inhibe ettiğini, hem çiçeklenme hem de bakla doldurma aşamalarını etkilediğini ve son olarak verim üzerine ciddi etkiye neden olduğunu ortaya koymuştur (Mathobo *et al.* 2017).

Karam *et al.* (2002), farklı sulama düzeylerinde yetiştirilen marul bitkisinin azot alımı ve verimine etkilerini belirlemek için yürüttükleri araştırmalarında, I1- %100 kontrol gurubuyla beraber, I2- %80 ve I3- %60 su kısıtı uygulamalarını denemişlerdir. Kontrol uygulamasına oranla su kısıtı uygulamasının, yaş ağırlığı %20 ile %30 arasında düşürdüğü; bununla beraber su stresinin, yaprak sayısını, yaprak alan indeksini, kuru madde miktarını ve verim değerlerini olumsuz etkilediğini ifade etmişlerdir.

Asraf *et al.* (2002), iki bamya çeşidini (Sabzpari ve Chinese-red), 30 gün süre ile %100 ve %60 tarla kapasitesinde sulamışlardır. Kısıtlı sulama sonucunda kuraklık stresi vasıtasıyla yaprak su potansiyeli ve ozmotik potansiyel her iki çeşitte de azalmıştır.

Kuraklığa hassas olan Sabzpari fotosentez oranı, transpirasyon oranı ve stoma geçirgenliği açısından tolerant olan Chinese-red çeşidine oranla daha fazla etkilenmiştir.

Vijayalakshmi and Nagarajan (1994), çeltikte yaptıkları çalışmada kuraklığa toleransı olan genotiplerde daha fazla kök meydana getirdikleri ve hassas olan genotiplere kıyasla kök yayılımının yoğun olduğunu ifade etmişlerdir.

Salehzade *et al.* (2009), Batı Azerbeycan'da şark tütününün kalitesi ve verimi üzerine sulama rejiminin etkisini çalışmalarında yer vermişlerdir. Çalışmada, topraktaki nemin %60, %80 ve %100 azalışı durumundaki sulamalardan en uygun olanının %80 koşulunda sulama olduğunu bildirmişlerdir.

Nogues and Baker (2000), yapmış oldukları kuraklık çalışmasında zeytin, lavanta ve biberiyede fotosentetik faaliyetlere bakmışlardır. Çalışma sonucunda, fotosentezin kuraklık stresi altında üç bitkide de azalma gösterdiğini gözlemlemişlerdir.

Amerika da üç yıl boyunca yapılan bir çalışmada, üç farklı sulama suyunda yetiştirilen lahanada bitki gelişimi ve verim incelenmiştir. Çalışma sonunda, su kısıtı uygulanan lahanada bitki gelişimi ve verim olumsuz etkilenmiş ayrıca su kullanımı ile bitki yaşı arasında paralellik olduğu tespit edilmiştir (Smitt and McComb 1981).

Tütün bitkisinde yapılan bir çalışmada kuraklık stresine maruz bırakılan bitkilerin kuru ağırlıklarının %56 ile %60 arasında değiştiği, sulamanın iyi yapıldığı bitkilerde ise bu kaybın sadece %20 olduğu bildirilmiştir (Karakas *et al.* 1997).

Tsuji *et al.* (2003), yapmış oldukları bir çalışmada farklı sorgum çeşitlerinde kuraklık stresinin etkilerini incelemişlerdir. Gadambalia, Tabat ve Arous elRimal çeşitlerinin kullanılmış olduğu çalışmada, kontrol bitkilerine oranla bitki kuru ağırlıklarında %43-58 oranında azalış görülmüş, yaprak alanının ise %28-64 oranında azalış olduğunu bildirmişlerdir.

Karpuz bitkisinde yapılan bir çalışmada, şiddetli kuraklık stresiyle beraber bitki bünyesinde bulunan K konsantrasyonunda azalma meydana gelmiş. Aynı çalışmada potasyumun, stomaların açılıp kapanmasında, fotosentetik etki ve su dengesinin korunmasında etkili olduğu bildirilmiştir (Nasri *et al.* 2008).

Nouri-Ganbalani *et al.* (2009), kuraklık stresiyle bebaber yetiştirdikleri buğday genotiplerinde stresin sonucunda bitki uzunluğu, dane sayısı, 1000 dane verimi ve toplam verimde azalışın olduğu, stres etkileri bakımından genotipler arasında farklılıklar olduğunu bildirmişlerdir.

Yaban (2018), kuraklık stresinin bazı Urfa biberi genotip ve çeşitleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışmada Gölpınar, Hilvan, Osmanbey genotipi ve İnan 3363 çeşidi biber kullanılmıştır. Yapılan araştırma sonuçlarına göre kuraklık stresine maruz bırakılan bitkilerde, stres ortamlarına hassas ve tolerant olan genotiplerin tamamında ağırlık kayıpları meydana gelmiştir; fakat kuraklık stresine hassas olan genotiplerde ağırlık kaybının, kuraklık stresine dayanıklı olan bitkilere göre daha fazla olduğu bildirilmiştir.

Su kısıtına karşı hassas olarak bilinen *P. vulgaris* ile dayanıklı olarak bilinen *Vigna unguiculata* türlerinin kuraklık stresi altında tepkilerinin kıyaslandığı bir çalışmada, *Vigna unguiculata*'nın stoma geçirgenliğinin yüksek olduğu ifade edilmiştir (Cruz de Carvalho *et al.* 1998).

Serada yürütülen bir kuraklık çalışmasında, fasulye (*P. vulgaris*) ve *Sesbania aculeata* türleri kullanılmıştır. Kuraklık uygulamasında %60 kısıtlı sulama, kontrol bitkilerinde ise %100 tarla kapasitesinde sulama uygulanmıştır. Yapılan stres uygulamasından 45 gün sonra hasat edilen bitkilerde biyomas ölçümleri yapılmış. Her iki türde de gövde yaş ve kuru ağırlıkları, kök yaş ve kuru ağırlıkları, yaprak alanı ve gövde boyu kuraklık stresi sonucu kontrol bitkilerine oranla azalma göstermiştir (Ashraf and Iram 2005).

Kuşvuran vd (2009), 20 farklı kavun genotipinde yaptıkları bir çalışmada, kontrol bitkilerindeki stoma yoğunluğunu belirlemişlerdir. Çalışmada daha az stomaya sahip

genotiplerin kuraklık stresinde daha yüksek toleranslık gösterdiği belirlenmiştir. Araştırmacılar, daha az stoma içeren genotiplerin kuraklık stresi karşısında dayanımlarının daha yüksek olduğuna bildirmişlerdir.

Özpay (2008), taze fasulye genotiplerinin kuraklık stresine olan tepkilerini araştırmıştır. Araştırmada kullanılan ve aralarında standart çeşitlerin de olduğu 10 farklı fasulye genotipine %10`luk PEG-6000 uygulanarak oluşturulan kuraklık stresinin ilk belirgin semptomatik etkisi, bitkilerin yaprak ağırlığı ve yaprak sayılarında kendini göstermiştir. Bununla birlikte öncelikle sararma ve nekroze olma yaşlı yapraklardan başlayıp, daha sonrasında yaşlı yapraklardan itibaren kurumanın meydana gelmesi ve sonrasında yaprak dökülmesi, büyümenin sınırlanması ve sonuçta bitkinin ölümü gerçekleşmiştir.

Farklı sulama seviyelerinin (evapotransprasyonun %60, %80 ve %100`ü) kavunda bitki gelişimi, şeker içeriği ve verim üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada su kısıtı uygulamalarının yaprak sayısı, bitki uzunluğu, yaprak alanı ve bitki taze ve kuru ağırlığı üzerine önemli miktarda etki yarattığı belirlenmiştir. Sulama seviyelerindeki artış ile verim ve bitki gelişimi olumlu etkilenmiş, düşük sulama seviyeleri bu parametreleri olumsuz yönde etkilemiştir. Ayrıca çalışmada, sulama seviyesinde azalışla beraber kavunda şeker içeriğinde azalma görüldüğü bildirilmiştir (Mirabad *et al.* 2013)

Mohammadian *et al.* (2005), şeker pancarında kuraklık stresinin bitki gelişimi üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, kontrol uygulamalarına göre kurak koşullarda yaprak alanı indeksi, sürgün ve kök kuru ağırlığında azalmanın meydana geldiğini ifade etmişler.

Behnamnia (2015), yaptığı çalışmada kuraklık uygulaması ile toplam çözülebilir karbonhidrat miktarı arasındaki ilişkiyi araştırmıştır ve 3 ve 5 günlük su kısıtının domateste (*Lycopersicon esculentum* L.) toplam çözülebilir karbonhidrat miktarında düşüşe sebep olduğunu gözlemlemiştir.

Gunes vd (2008), yapmış oldukları bir çalışmada %24 kuraklık uygulamasının uygulandığı ayçiçeğinde (*Helianthus annuus*) SOD (Süperoksit Dismutaz) antioksidan enzim aktivitesini arttırdığını ifade etmişlerdir.

Hayat *et al.* (2008), farklı sıklıklarda (10, 20 ve 30 günde bir kez olmak üzere) su kısıtını uyguladıkları domates fidelerinde enzim aktivitesinin 30. günde topladıkları domates fidelerinde en fazla olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca su kısıtı uygulamalarının peroksit, katalaz ve süperoksit dismutaz aktivitelerinde artışa neden olduğunu da bildirmişlerdir.

Fasulyenin üç kuraklık seviyesine verdiği yanıtları ve stres sonrası iyileşme yeteneğini değerlendirmek amacıyla yürütülen bir çalışmada, kuraklık stresi uygulamaları 4, 8 ve 12 gün olacak şekilde kademeli uygulanmıştır. Stresle muamele edilmiş bitkilerin geri kazanım kabiliyeti, her muamelenin sona ermesinden sonraki 7. günde değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, fasulyenin 8 güne kadar kademeli su stresini tolere edebileceğini, bununla birlikte, 12 gün boyunca devam eden su stresinin fasulyedeki toprak üstü organlarının büyümesini engellediği tespit edilmiştir (Widuri *et al.* 2018).

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu araştırma 2018-2019 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü sera ve laboratuvarında yürütülmüştür. Çalışma, kuraklık stresinin fasulyede bitki gelişimi ve bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

#### 3.1. Bitkisel Materyal

Araştırmada bitkisel materyal olarak Ülkemizde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan Gina fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşidi kullanılmıştır.

#### 3.2. Yöntem

##### 3.2.1. Denemenin kurulması

Saksılar 2:1:1 (v:v:v) oranında toprak:kum:torf karıştırılarak hazırlanmış ortamla yaklaşık hacim ağırlığı  $3.170 \text{ g/cm}^3$  olacak şekilde doldurulmuştur. Ortama ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 3.1'de verilmiştir. Saksılar serada tezgahlar üzerine rastgele dağıtılmıştır (Şekil 3.1, Şekil 3.2). Tohumlar, 17.12.2018 tarihinde her saksıya 5 adet olacak ekim yapılmış ve can suyu verilmiştir (Şekil 3.3). Tohumlar çıkış yaptıktan sonra her saksıya homojen olacak şekilde iki adet bitki bırakılmıştır.



**Şekil 3.1.** Saksıların hazırlanması tezgahlara alınması

**Çizelge 3.1.** Çalışmada kullanılan ortama ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler

pH (1:2,5)	7,8
ECmikromhos/cm	155
Kireç, %	2,3
OM %	1,05
NH <sub>4</sub> -N ppm	6,4
NO <sub>3</sub> -N ppm	3,75
Toplam N, %	0,08
P mg/kg	8,5
K mg/kg	375
Ca mg/kg	2590
Mg mg/kg	196
Na mg/kg	28,7
B mg/kg	0,08
Cu mg/kg	1,6
Fe mg/kg	6,88
Zn mg/kg	0,35
Mn mg/kg	0,39
Kum, %	30,7
Silt, %	35,9
Kil, %	33,4
Tekstür Sınıfı	Tınlı



**Şekil 3.2.** Tohum ekimi



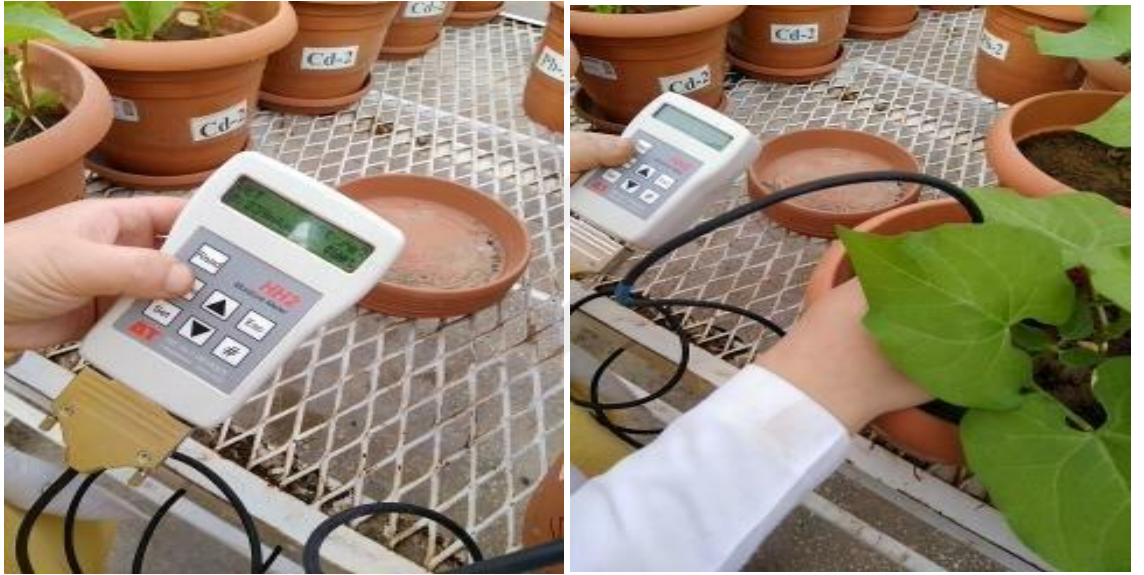
**Şekil 3.3.** Can suyunun verilmesi

### **3.2.2. Kuraklık uygulamalarının yapılması**

Bitkilere verilecek sulama suyu miktarları saksılardaki nem miktarlarının taşınabilir nemölçer (HH2 Moisture Meter, WET Sensor, Delta-T Devices, Cambridge, England) ile hacim esaslı olarak belirlenmiştir (Şekil 3.4). Planlı sulamalara çıkıştan 10 gün sonra

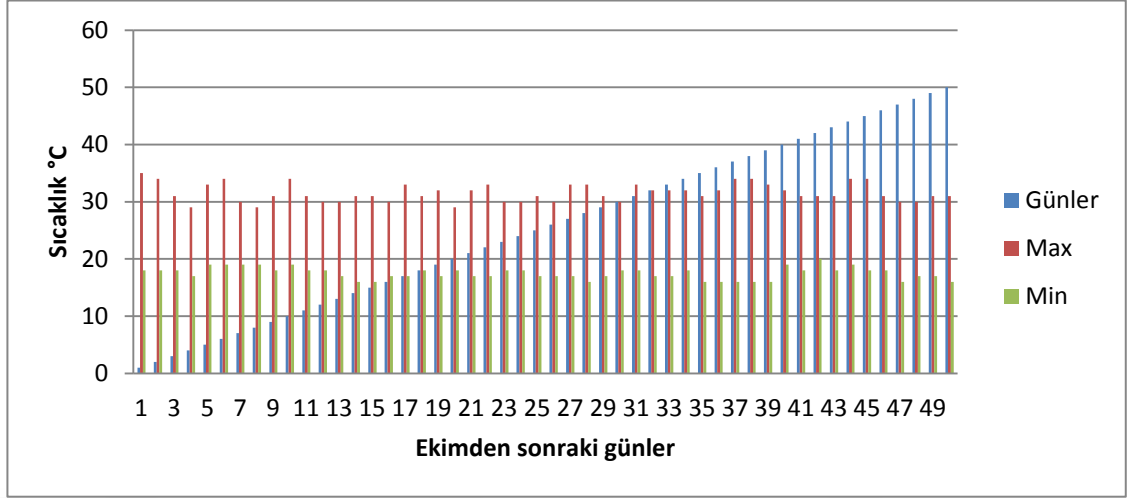


başlanmıştır. Sulamayı uygulayabilmek için öncelikle kullanılacak nem ölçerin denemede kullanılan toprak materyaline göre kalibrasyonu yapıldıktan sonra ortamın tarla kapasitesinde tuttuğu hacimsel nem miktarı belirlenmiştir. Yapılan her sulama uygulamasında tam sulama (%100) yapılacak olan kontrol konusunda (D0) eksilen toprak nemi tekrar tarla kapasitesine ulaşacak kadar sulama suyu verilmiştir. Kuraklık etkilerinin görülmesi amaçlanan diğer iki konuda tarla kapasitesinin %80 (D1) ve %60 (D2) miktarında sulama yapılmıştır.



**Şekil 3.4.** Saksılardaki nem ölçümü

Sera içi sıcaklık ölçümü günlük olarak yapılmış ve ortalama minimum sıcaklık 17,5°C ve ortalama maksimum sıcaklık 31,6°C olarak belirlenmiştir (Şekil 3.5).



**Şekil 3.5.** Deneme boyunca sera içerisinde ölçülen günlük en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri

Taze ve kuru ağırlıkların belirlenmesi amacıyla bitkiler tohum ekiminden 50 gün sonra toprak yüzeyinden kesilmiş, kökler ise azami dikkatle çıkarılarak yıkanmış ve bekletilmeden laboratuara götürülmüştür. Hasat öncesi ve hasat sonrası yapılan ölçüm, tartım ve gözlemler aşağıda belirtildiği şekliyle gerçekleştirilmiştir. Hastalık ve zararlılar görülmediği için bitki koruma mücadelesi yapılamamıştır.

### 3.3. Ölçüm ve Gözlemler

#### 3.3.1. Bitki boyu (cm)

Denemenin sonunda bitkilerin kök boğazından büyüme ucuna kadar olan kısım cm cinsinden bir cetvel yardımıyla ölçülmüştür (Şekil 3.6).



**Şekil 3.6.** Bitki boyunu ölçülmesi

### 3.3.2. Kök uzunluğu(cm)

Denemenin sonunda hasadı yapılan bitkiler kök boğazından kök ucuna kadar olan kısım cm cinsinden metre yardımıyla ölçülmüştür (Şekil 3.7).



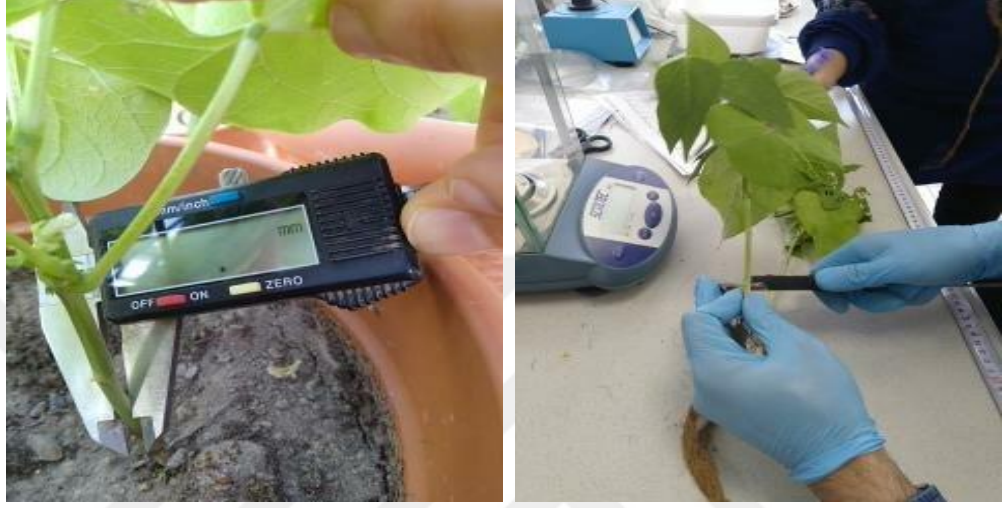
**Şekil 3.7.** Kök boyunun ölçülmesi

### 3.3.3. Yaprak sayısı (adet / bitki)

Deneme sonunda fasulye bitkilerinde yaprak sayısı bitkide bulunan tüm yaprakların sayılması ile adet/bitki olarak belirlenmiştir.

### 3.3.4. Gövde ve kök boğazı çapı (mm)

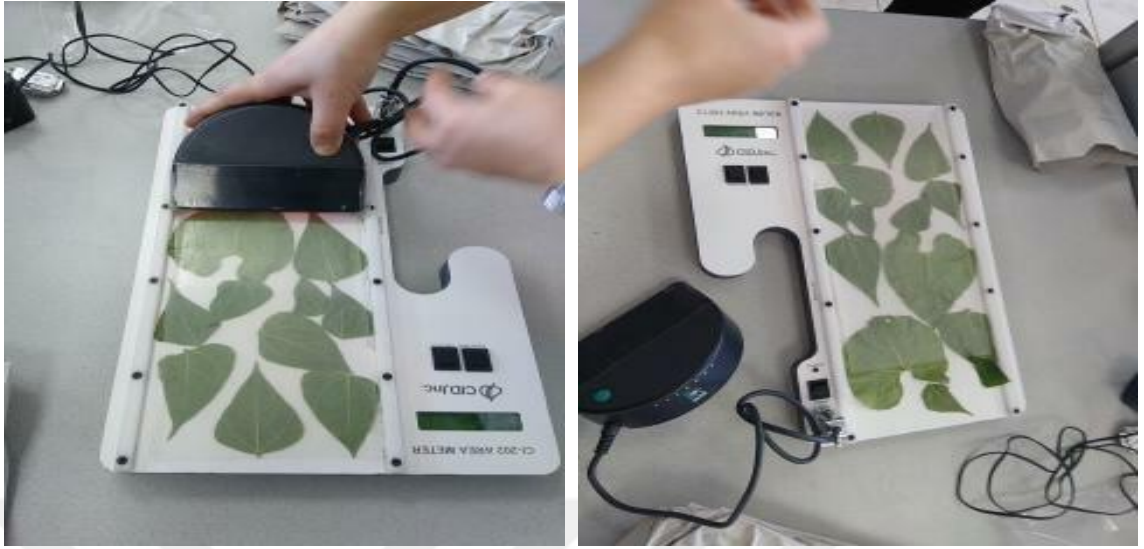
Gövde ve kök çapı dijital kumpast yardımı ile mm olarak belirlenmiştir (şekil 3.8).



şekil 3.8. Gövde ve kök boğazı çapının belirlenmesi

### 3.3.5. Yaprak alanının belirlenmesi

Deneme sonunda, uygulamadaki bitkilerin yaprak alanları yaprak alan ler (CID-202 Portable Laser Leaf Area Meter by CID Bio-Science, Inc. 1554 NE 3rd Avenue Camas, WA, USA) kullanılarak belirlenmiştir (şekil 3.9).



Şekil 3.9. Yaprak alanı ölçümü

### 3.3.6. Klorofil değeri (SPAD)

Klorofil ölçümü, yaprakta bulunan klorofil miktarını ölçen, taşınabilir klorofilmetre cihazı (SPAD-502, Konica Minolta Sensing, Inc., Japan) ile yapılmıştır. Klorofilmetrenin yapımçı firmasına göre SPAD değer sklasında 1= kloratik veya sarı renk, 50= koyu yeşil renk olarak belirtilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Klorofil değeri ölçümü

### 3.3.7. Bitki yeşil aksam ve köklerde yaş ve kuru ağırlıklar (g)

Hasadı yapılan bitkiler hassas terazide tartılıp yaş ağırlıkları belirlenmiş, daha sonra bitkilerin gövde kök ve yaprakları ayrı ayrı kese kağıdına konulup 68°C’etüvde 48 saat kurutulmaya bırakılmıştır. Yaklaşık bir haftalık süreden sonra etüvden çıkartılan kuru örnekler havan yardımıyla öğütülmüş kuru ağırlık g olarak kaydedilmiştir. Biyokimyasal analizler için taze örnekler analiz yapılmaya kadar derin dondurucuda (-80°C) muhafaza edilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Bitkilerin yeşil aksam ve köklerinin yaş ve kuru ağırlıklarının belirlenmesi

### 3.3.8. Doku elektriksel iletkenliği (EC) (%)

Bitkide oluşan stresle beraber yaprak dokularında ve özellikle hücre zarlarında oluşan hasarın bir belirtisi de yaş yaprak dokularında yapılan elektriksel iletkenlik ölçümleridir. Bu amaçla doku elektriksel iletkenliği (EC) Kaya *et al.* (2003)'da belirtilen metoda göre ölçülmüştür.



şekil 3.12. Doku elektriksel iletkenliği lm

### 3.3.9. Doku oransal su içeriği (DOSİ)

Doku su içeriği Kaya *et al.* (2003)'de belirtilen aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (şekil 3.12).

$$\text{DOSİ} = [ (TA - KA) / (TU - KA) ] \times 100$$



şekil 3.13. Doku oransal su içeriği lm



### **3.4. Bitki Analizleri**

#### **3.4.1. Azot tayini**

Her parselden seçilen bitki örneklerinin azot içeriği salisilik + sülfürik asit + tuz karışımı ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra mikrokjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir (Bremner and Mulvaney 1982).

#### **3.4.2. Diğer besin elementlerinin tayini (N,P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, B, )**

Bitki örneklerinin N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, B ve içerikleri nitrik asit-hidrojen peroksit (2:3) asit ile tabi tutulduktan (Mertens 2005a) sonra ICP OES spektrofotometresinde (Inductively Couple Plasma spectrophotometer) (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) okunmak suretiyle belirlenmiştir (Mertens 2005b).

#### **3.4.3. Bitkilerde antioksidant enzimler (peroksidaz, katalaz, süperoksitdismutaz)'in ekstraksiyonu**

Enzimlerin ekstraksiyonu Angelini *et al.* (1990) ve Angelini and Federico (1989)'e göre yapılmıştır.

##### **3.4.3.a. Katalaz (CAT - EC: 1.11.1.6) aktivitesinin belirlenmesi**

Katalaz (CAT) aktivite tayini Havir ve Mchale (1987)'e göre yapılmış, g yaprak başına düşen enzim ünitesi (EU/g yaprak) olarak hesaplanmıştır (Gong *et al.* 2001).

#### **3.4.3.b. Peroksidaz (POD - EC: 1.11.1.7) aktivitesinin belirlenmesi**

Peroksidaz (POD) aktivite tayini Angelini *et al.* (1990)'e göre yapılmış, g yaprak başına düşen enzim ünitesi (EU/g yaprak) olarak ifade edilmiştir (Yee *et al.* 2002).

#### **3.4.3.c. Süperoksit dismutaz (SOD – EC: 1.15.1.1) aktivitesinin belirlenmesi**

Süperoksit dismutaz (SOD) aktivite tayini Agarwal and Pandey (2004) ve Yordanova *et al.* (2004)'e göre yapılmıştır.

#### **3.4.4. Hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) analizi**

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> analizi Özden *et al.* (2009)'da verilen yöntem esas alınarak yapılmıştır.

#### **3.4.5. Lipid peroksidasyon (malondialdehid -MDA) analizi**

Lipid peroksidasyon (malondialdehid -MDA) analizi Zhang *et al.* (2005)'a göre yapılmıştır.

#### **3.4.6. Prolin analizi**

Bates *et al.* (1973)'nın kullandığı yöntem esas alınarak yapılmıştır.

#### **3.4.7. Sakkaroz analizi**

Kurutulmuş ve öğütülmüş fidelerde sakkaroz içeriğinin hesaplanması Morris (1948)'in önerdiği metoda göre yapılmıştır.

### 3.5. İstatiksel Analizler

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü kurulmuştur. Çalışma, üç sulama seviyesi, üç tekerrür ve her tekerrürde dört saksı (8 bitki) olmak üzere 36 saksı (72 bitki) ile yürütülmüştür. Deneme sonucunda elde edilen veriler SPSS 18 paket programı yardımıyla varyans analizine tabi tutularak, ortalamalara ait farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir (SPSS Inc. 2010).



#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

##### 4.1. Uygulamannın Fasulyede Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi

Araştırmada kuraklığın fasulye bitkisinde gövde çapı, klorofil (SPAD), yaprak sayısı, yaprak alanı, kök uzunluğu, yaprak yaş ağırlığı, kök çapı, gövde ve kök yaş ağırlığı, yaprak, gövde ve kök kuru ağırlığı üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Yaprak yaş ağırlığı, gövde yaş ağırlığı ve kök yaş ağırlığı %60 sulama seviyesinde %100 sulama seviyesine göre sırasıyla %17, %33, %55 azalış göstermiştir. En fazla azalışın kök yaş ağırlığında görülmektedir (Şekil 4.1, Çizelge 4.1 Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3).

**Çizelge 4.1.** Kuraklık stresi koşulları altında fasulyede gövde çapı, klorofil değeri (SPAD), yaprak sayısı, yaprak alanı

Sulama seviyesi (%)	Gövde çapı (mm)	Klorofil (SPAD)	Yaprak sayısı (adet)	Yaprak alanı (cm <sup>2</sup> )
100	4,76 a***	32,07 c**	5,38 a***	209,31 a**
80	4,44 b	34,23 b	5,25 a	202,30 a
60	4,20 c	36,47 a	4,28 b	171,64 b

\*\* : p<0,01, \*\*\* : p<0,001, aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel anlamda farklılık yoktur.

**Çizelge 4.2.** Kuraklık stresi koşulları altında fasulyede kök uzunluğu, yaprak yaş ağırlığı, kök boğazı çapı, gövde yaş ağırlığı

Sulama seviyesi (%)	Kök uzunluğu (cm)	Kök çapı (mm)	Yaprak yaş ağırlığı (g)	Gövde yaş ağırlığı (g)
100	41,00 öd	4,27 öd	6,24 a***	3,20 a***
80	42,92	4,25	5,80 b	2,66 b
60	38,74	4,37	5,18 c	2,15 c

öd : p>0,05, \*\*\* : p<0,001, aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel anlamda farklılık yoktur.



**Şekil 4.1.** Kuraklığın fasulye üzerine etkisi

**Çizelge 4.3.** Kuraklık stresi koşulları altında kök yaş, yaprak gövde ve kök kuru ağırlığı

Sulama seviyesi (%)	Kök yaş ağırlığı (g)	Yaprak kuru ağırlığı (g)	Gövde kuru ağırlığı (g)	Kök kuru ağırlığı (g)
100	2,71 a***	1,85 a***	1,17 a***	0,58 a***
80	1,98 b	1,04 b	0,59 b	0,35 b
60	1,22 c	0,79 c	0,47 c	0,28 c

\*\*\*:p<0,001, aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel anlamda farklılık yoktur.

Kurak koşullarda fasulye bitkisinde gövde çapı, klorofil miktarı (SPAD), yaprak sayısı ve yaprak alanında önemli miktarda azalış meydana gelmiştir. Bu etki ise en fazla %60 sulamada kendini bariz bir şekilde göstermiştir (Çizelge 4.1). Kök uzunluğu, yaprak yaş ağırlığı, kök çapı ve gövde yaş ağırlığında kuraklık artıça azalmalar meydana gelmiştir (Çizelge 4.2). Benzer şekilde kurak koşulların artmasıyla beraber kök yaş ağırlığı, yaprak, gövde ve kök kuru ağırlığında azalma meydana gelmiştir Yaprak kuru ağırlığı, gövde kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığı %60 sulama seviyesinde %100 sulama

seviyesine göre sırasıyla %58, %60, %52 azalış göstermiştir (Çizelge 4.3). En fazla azalışın %60 su kısıtının uygulandığı değerde olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmalar marul, hıyar, domates ve farklı birçok sebze de kuraklığın bitkilerde fizyolojik ve biyokimyasal olayı olumsuz etkilediğini göstermiştir (Kohler *et al.* 2009c; Wang *et al.* 2012; Turan *et al.* 2014; Candido *et al.* 2015). Kuraklık stresi altında büyümesini tamamlamış bitkiler su stresi altında olmayanlara göre daha düşük bir biyomasa sahiptirler (Liu and Stützel 2004).

Su stresi, su içeriği, turgor, toplam su potansiyeli, solma, stoma kapanması ve hücre genişlemesi ve büyümesinde azalma ile karakterizedir. Şiddetli su stresi fotosentezin durdurulması, metabolizmanın bozulması ve nihayet ölümle sonuçlanabilir (Amarjit *et al.* 2005; Shao *et al.* 2008).

Su kısıtından kaynaklanan verim azalışından üç ana mekanizma sorumludur; (i) fotosentetik olarak aktif radyasyonun kanopi absorpsiyonunu azaltma, (ii) radyasyon kullanım verimliliğini azaltma ve (iii) hasat indeksini azaltma (Earl and Davis 2003).

Yetersiz su tedariki, farklı bitkilerde toplam yaprak alanı, taze ağırlık ve kuru ağırlık gibi yaprak morfolojik parametrelerinin olumsuz etkilediği bildirilmiştir (Sankar *et al.* 2014). Kuraklık stres koşullarında, üç domates türünde aklımasyon aşamasında yaprak alanı azaltılmış ve buna yaprak kuru ağırlığının ve kök çapının azalması eşlik etmiştir (Tapia *et al.* 2016).

Ciddi su eksikliği altında, yüksek bitkilerde hücre uzaması, ksilemde hücrelere su akışının kesilmesiyle inhibe edilebilir (Nonami 1998). Kuraklık stresi altında bitkilerde mitoz, hücre uzaması ve genişlemesindeki bozulma bitki boyu, yaprak alanı ve bitki büyümesinde azalma ile sonuçlanır (Nonami 1998; Kaya *et al.* 2006; ; Hussain *et al.* 2008).

Tarla koşullarında yürütülen bir araştırmada farklı miktarda sulama sularının havuçta verim ve verim değerlerine üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonunda artan kuraklık

şiddetine paralel olarak toplam biomas ve verimde önemli düzeyde azalışın olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre havuçta yüksek verim ve kalitenin elde edebilmesi için sulamanın önemli olduğu ifade edilmiştir (Reid and Gillespie 2017).

Karakaş vd (1997) tütün bitkisinde kuraklık çalışması yapmışlardır. Araştırmada kuraklık stresi sonucunda bitkilerin kuru ağırlıkların %56 ile %60 arasında azalış olduğunu ifade etmişlerdir. Genel olarak skala değeri yüksek olan genotiplerin stres koşullarında yaş ve kuru ağırlıkları kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında daha yüksek kayıpların meydana geldiği görülmüştür.

Urban vd (1994), yapmış oldukları çalışmada, gül bitkisi kuraklık stresine maruz bırakılmıştır. Sonuç olarak gül bitkisinin su içeriğinde meydana gelen değişimin gövde çapında da azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Kuraklık stresi altında kalan bitkiler büyüme ve gelişmeleri için yeterli düzeyde besin elementi alamadıkları için, yeterli yaprak sayısı ve alanını da oluşturamamıştır (Kuşvuran 2010). Yaprak alanı kaybı, stresin üstesinden gelmek için asimilatları ve enerjiyi koruyucu moleküllere dönüştürerek büyümede yavaşlama ve stoma kontrolü, fasulyede sık görülen kuraklık stresine uyum sağlamada önemli mekanizmalardır (Saeidi *et al.* 2017).

#### **4.2. Uygulamanın Fasulye Bitkisinde Bitki Boyu, EC ve DOSİ Üzerine Etkisi**

Kuraklığın, bitki boyu, elektriksel iletkenlik (EC) ve doku oransal su içeriğini (DOSİ) değerleri üzerine önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.4).

Kuraklık stresinin fasulye bitkisinde bitki boyu ve DOSİ değerlerini kontrol uygulamasına göre önemli miktarda azalışa neden olduğu, bununla birlikte elektriksel iletkenliği (EC) artırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Biyolojik membranların bir çok abiyotik stres için ilk hedef olduğu bildirilmektedir. Bitkilerde kuraklığa toleransın önemli bir göstergesi membranların bütünlüğü ve stabilitesidir. Yapılan çalışmalarda kuraklık stresinin birçok bitki türünde membran bütünlüğünü bozduğu tespit edilmiştir (Gnanasiri *et al.* 1991; Wang and Huang 2004; Villar-Salvador *et al.* 2004). Bitkiler

kuraklık stresine maruz kaldıklarında reaktif oksijen türleri üretirler ve bu durum membran komponentlerinin bozulmasına yol açar (Blokhina *et al.* 2003). Kuraklık stresi sonucunda ortaya çıkan oksidatif zararlanma hücre zarında lipid peroksidasyonuna neden olmakta ve zar geçirgenliğinin bozularak hücre ölümüne neden olmaktadır (Kuşvuran 2010).

Bağıl su içeriği, yaprak su potansiyeli, stoma direnci, terleme hızı, yaprak sıcaklığı ve kanopi sıcaklığı, bitki su ilişkilerini etkileyen önemli özelliklerdir. Su stresine maruz kalmış buğday ve pirinç bitkileri, stressiz bitkilerden daha az nispi su içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu bitkilerin kuraklık stresine maruz bırakılması, yaprak suyu potansiyelini, bağıl su içeriğini ve terleme hızını önemli ölçüde düşürdüğünü ve yaprak sıcaklığında bir artış olduğu bildirilmiştir (Siddique *et al.* 2001).

Ors *et al.* (2016) kabakta yapmış oldukları bir çalışmada, fide döneminde uyguladıkları su kısıtı bitkide EC yi arttırmış ve yaprak nisbi su içeriğinde azalışa neden olduğunu belirlemişlerdir. Bir başka çalışmada, *Hibiscus rosa-sinensis`* te kuraklık stresi altında nispi su içeriği, turgor potansiyeli, terleme, stoma iletkenliği ve su kullanım etkinliğinin azaldığı rapor edilmiştir (Egilla *et al.* 2005).

**Çizelge 4.4.** Kuraklık stresi koşulları altında bitki boyu, EC ve DOSİ

<b>Sulama seviyesi (%)</b>	<b>Bitki boyu (cm)</b>	<b>EC (%)</b>	<b>DOSİ (%)</b>
<b>100</b>	33,18 a***	14,37 c***	71,95 a***
<b>80</b>	25,67 b	23,89 b	56,66 b
<b>60</b>	20,63 c	39,47 a	46,32 c

\*\*\*:p<0,001, aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel anlamda farklılık yoktur.

Fasulyede hassas genotiplerin, membran stabilitesinin sürdürülememesi nedeniyle daha hassas oldukları bildirilmiştir. Ozmotik ayarlama, fasulyenin stoma kapanmasını teşvik



ederek ve yüksek nispi su içeriğini koruyarak su stresi durumuyla başa çıkmada daha etkili bir mekanizma oluşturur (Lanna *et al.* 2016).

### **4.3. Uygulamanın Fasulye Bitkisinde Yaprak, Gövde ve Kökte Bitki Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkisi**

Çalışmada kuraklık uygulamasının fasulye bitkisinde yaprakta bitki besin element içeriğine etkisi Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da verilmiştir. Çizelgeler incelendiğinde kuraklık stresi koşullarında fasulye bitkisinde yaprakta bitki besin elementi içeriğini önemli derecede etkilendiği görülmektedir. Uygulamalar fasulyede yaprakta N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe ve B içeriğini önemli düzeyde azaltmıştır.

Araştırmada, kuraklık uygulamasının fasulyede gövdede incelenen bitki besin içeriğine etkisinin istatistiksel anlamda önem arz ettiği belirlenmiştir (Çizelge 4.7 ve 4.8). Benzer şekilde, kuraklık stresine maruz bırakılan fasulye bitkisinin köklerinde bitki besin içeriği önemli derecede olumsuz etkilenmiştir (Çizelge 4.9 ve 4.10). Kuraklık stresi şartlarında yetiştirilen fasulye bitkisinin yaprakta gövdede ve kökte bütün elementlerde kontrol uygulamasına oranla genellikle azalma olduğu tespit edilmiştir.

Kuraklık şartlarında su mevcudiyetinin azalması, genel olarak sınırlı miktarda besin alımı ve bunların bitki bitkilerinde azalan doku konsantrasyonları ile sonuçlanır. Su açığının önemli bir etkisi kök tarafından besin maddelerinin edinimi ve sürgünlere taşınmasıdır. İnorganik besin maddelerinin absorpsiyonundaki azalma, transprasyondaki azalma ve besin alımındaki bozulmadan kaynaklanabilir (Garg, 2003; McWilliams, 2003). Bununla birlikte, bir türün bitki türleri ve genotipleri, su stresi altındaki mineral alımına verdikleri tepkiye göre değişebilir. Genel olarak, nem stresi N'de bir artışa, P'de kesin bir düşüşe neden olur ve K üzerinde kesin bir etki yaratmaz (Garg, 2003). Kuraklığın bitki beslenmesi üzerindeki etkisi  $\text{NO}^{-3}/\text{NH}^{+4}$ ,  $\text{PO}_3-4$  ve  $\text{SO}_2-4$  asimilasyonu için sınırlı enerji mevcudiyeti ile ilgili olabilir: bu iyonlar bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için kullanılmadan önce enerjiye bağlı proseslerde dönüştürülmeleri gerekir (Grossman and Takahashi 2001).

N ve K alımının, pamukta kuraklık stresi altında engellendiği gösterilmiştir (McWilliams 2003). Benzer şekilde, bitki dokularındaki P ve PO<sub>3</sub>-4 içerikleri, düşük nem mevcudiyeti nedeniyle kuraklık altında azalmıştır (Peuke and Rennenberg 2004). Kuraklık stresinin, besin maddelerinin mevcudiyetini, alımını, yerini değiştirmesini ve metabolizmasını azaltır. Su açığına bağlı olarak düşük bir terleme hızı, besin maddelerinin emilimini ve kullanım verimlerini azaltığı bildirilmiştir (Farooq *et al.* 2009).

Kavuncu (2019), kuraklık stresi koşullarında uygulanan nitrik oksit in buğday genotiplerinin gelişimi üzerine etkisinin yapıldığı bir araştırmada yapılan analiz sonuçlarına göre, araştırmada kullanılan buğday genotiplerinin gövdede K, Ca ve Mg konsantrasyonlarında uygulamalara bağlı olarak azalmaların olduğu belirlenmiştir.

Güneş vd (2008), ayçiçeğinde yapmış oldukları bir çalışmada kuraklık stresine maruz bırakılan bitkilerde araştırma sonucunda bitkilerde K konsantrasyonunun azaldığını bildirmişlerdir. Potasyum alımında oluşan artış, bitkilerin kuraklık stresine dayanımı da artırmaktadır. Strese karşı yapısında fazla miktarda K alan bitkiler; stomal düzenleme, ozmotik regülasyonun sağlanması ve protein sentezi gibi mekanizmaların çalışmasını sağlayarak kuraklık stresine karşı dayanımını artırabilmektedir.

Kuraklık stresi bitki besin elementlerinin yeterli düzeyde alınmaması ve bitkilerde besin elementinde eksiklikler meydana gelmesini sağlar ve bu durum, respirasyon ve fotosentez gibi biyokimyasal olaylarla birlikte enzim aktivitelerinde de aksaklıkların ortaya çıkmasına ve sonuç olarak ozmotik dengede bozuklukların oluşmasına bitki büyüme ve gelişmesinde olumsuzluklara yol açtığı bildirilmektedir (Kuşvuran 2010).

**Çizelge 4.5.** Kuraklık stresi koşulları altında fasulye bitkisinde yaprak N, P, K ve Ca içeriği

Sulama seviyesi (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)
100	3,07 a***	0,32 a***	2,27 a***	1,29 a*
80	2,83 b	0,29 b	2,23 a	1,29 a
60	2,48 c	0,28 b	1,80 b	1,26 b

\*:p<0,05, \*\*\*:p<0,001, aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel anlamda farklılık yoktur.

**Çizelge 4.6.** Kuraklık stresi koşulları altında fasulye bitkisinde yaprak Mg, S, Mn, Fe ve B içeriği

Sulama seviyesi (%)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	B (mg/kg)
100	0,33 a***	0,21 a***	32,00 a***	96,67 a***	11,67 a***
80	0,27 b	0,17 b	29,33 b	84,67 b	7,67 b
60	0,24 c	0,15 c	24,33 c	75,33 c	5,67 c

\*\*\*:p<0,001, aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel anlamda farklılık yoktur.

**Çizelge 4.7.** Kuraklık stresi koşulları altında fasulye bitkisinde gövde N, P, K ve Ca içeriği

Sulama seviyesi (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)
100	2,47 a***	0,28 a***	1,92 a***	1,11 a***
80	2,27 b	0,25 b	1,91 a	1,11 a
60	2,05 c	0,24 b	1,57 b	1,03 b

\*\*\*:p<0,001, aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel anlamda farklılık yoktur.

**Çizelge 4.8.** Kuraklık stresi koşulları altında fasulye bitkisinde gövde Mg, S, Mn, Fe ve B içeriği

Sulama seviyesi (%)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	B (mg/kg)
100	0,27 a***	0,18 a***	26,51 a***	83,43 a***	9,94 a***
80	0,23 b	0,15 b	23,91 b	72,91 b	6,70 b
60	0,19 c	0,13 c	20,30 c	64,59 c	5,27 c

\*\*\*:p<0,001, aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel anlamda farklılık yoktur.

**Çizelge 4.9.** Kuraklık stresi koşulları altında fasulye bitkisinde kök N, P, K ve Ca içeriği

Sulama seviyesi (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)
100	1,37 a**	0,14 a**	0,99 a***	0,58 a*
80	1,26 b	0,13 b	1,00 a	0,58 a
60	1,12 c	0,12 b	0,81 b	0,57 b

\*:p<0,05, \*\*:p<0,01, \*\*\*:p<0,001, aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel anlamda farklılık yoktur.

**Çizelge 4.10.** Kuraklık stresi koşulları altında fasulye bitkisinde kök Mg, S, Mn, Fe ve B içeriği

Sulama seviyesi (%)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	B (mg/kg)
100	0,15 a***	0,09 a***	14,60 a***	42,76 a***	4,77 a***
80	0,13 b	0,08 b	13,09 b	37,98 b	3,54 b
60	0,11 c	0,06 c	10,55 c	33,69 c	2,71 c

\*\*\*:p<0,001, aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel anlamda farklılık yoktur.

#### 4.4. Uygulamanın Fasulye Bitkisinde H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> , MDA, Prolin ve Sakkaroz İçeriği Üzerine Etkisi

Denemede kuraklık uygulamasının fasulye bitkisinde H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, MDA, prolin ve sakkaroz içeriğini istatistiksel anlamda önemli düzeyde artırdığı saptanmıştır. En yüksek değerler %60 sulama seviyesinde belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Bitkilerin belirli çevresel streslere maruz kalması, sıklıkla, süperoksit anyon radikalleri (O<sub>2</sub><sup>-</sup>), hidroksil radikalleri (OH<sup>•</sup>), hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), alkoksi radikalleri (RO<sup>•</sup>) ve tekli oksijen (O<sup>12</sup>) dahil olmak üzere reaktif oksijen türlerinin oluşmasına yol açar (Munné-Bosch and Penuelas, 2003). Oksidatif stres sonucu oluşan serbest radikallere bağlı olarak hücre zarındaki lipidler peroksidasyona uğramakta ve bunun son ürünü olarak malonaldehid (MDA) ortaya çıkmaktadır (Kuşvuran, 2010). Birçok rapor, üretimi su stresi altında stimüle edilen reaktif oksijen türlerinin zararlı etkilerini göstermektedir (Blokhina *et al.* 2003). Reaktif oksijen türleri, lipid peroksidasyonuna ve bunun sonucu olarak membran yaralanmalarına, protein bozulmasına ve enzim etkisizleşmesine neden olur (Sairam *et al.*, 2005). Oksidatif stres ayrıca, enzim aktivitesinin, kaybı ile protein oksidasyonuna da neden olabilir (Berlett and Stadtman, 1997). H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ROS türevleri içerisindedir. Düşük dozda bile sinyal etkisi yaparken, yüksek konsantrasyonları hücresel komponentlerde oksidatif stresi ve lipid peroksidasyon reaksiyonlarını uyarabilir (Gill and Tuteja 2010; Foyer *et al.* 2017).

Kuraklık stresine karşı osmotik ayarlama osmotik maddelerce sağlanır ve bunlardan prolin su potansiyelini düşürmek için bitkilerde en yaygın olanıdır (Zhu 2002; Wahid and Close 2007). Prolin ve çözülebilir şekerler, osmotik ayarlama sağlayan anahtar osmolitlerdir (Valentovič *et al.* 2006). Su eksikliği ve tuzluluk stresine cevap olarak, bitkiler büyük miktarda prolin ve sukroz biriktirir (Hayat *et al.* 2012; Krasensky and Jonak 2012). Prolin çevresel koşullarda meydana gelen değişimler ya da abiyotik stres faktörlerine tepki olarak bitki hücrelerinde en fazla biriken bileşiklerden biridir (Kishor *et al.* 2005). Misra *et al.* (2006), çalışmalarında mas fasulyesinde (*Vigna radiata*) prolin miktarının fazla olmasını kuraklıktan kaynaklandığını bildirmişlerdir. Yoshiba *et al.*

(1995), domateste (*Lycopersicon esculentum*) su kısıtı uygulamasının prolin seviyesini yükselttiğini belirlemişlerdir.

**Çizelge 4.11.** Kuraklık stresi koşulu altında fasulye bitkisinde H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, MDA, prolin ve sakkaroz içeriği üzerine etkisi

Sulama seviyesi (%)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mmol kg <sup>-1</sup> )	MDA (nmol g <sup>-1</sup> dry wt)	Prolin (µg g <sup>-1</sup> fresh wt)	Sakkaroz (%)
100	13,96 c***	9,29 b***	0,06 c**	1,01 c***
80	16,39 b	10,79 a	0,12 a	1,06 b
60	19,46 a	11,07 a	0,09 b	1,14 a

\*\*p<0,01, \*\*\*:p<0,001, aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel anlamda farklılık yoktur.

#### 4.5. Kuraklık Uygulamasının Fasulye Bitkisinde CAT, POD ve SOD aktivitesi Üzerine Etkisi

Çalışmamızda farklı sulama seviyesi uygulamalarının fasulye bitkisinde yaprakta CAT, POD ve SOD aktivitesi üzerine istatistiksel anlamda etki gösterdiği tespit edilmiştir. Her üç enzim aktivitesi de kontrole (%100) göre %80 sulama seviyesinde artmış, %60 seviyesinde azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

Kuraklık stresine maruz kalan birçok bitkide reaktif oksijen türlerine karşı savunmada enzimatik antioksidant mekanizmanın önemli rol oynadığına dair pek çok çalışma bulunmaktadır (Sarma and Saikia,2014). Bitkiler SOD, CAT, POD, APX ve GR'dan oluşan enzimatik antioksidant koruyucu sistemler ile strese karşı mücadele etmektedirler. Enzimatik olmayan antioksidan moleküllerin temel görevi fotosentetik membranların korunması iken, enzimatik antioksidan moleküller reaktif oksijen

bileşiklerini indirgeyerek birikimlerini engellemektedirler (Osakabe *et al.* 2013; Dolferus 2014).

CAT, hidrojen peroksitin su ve oksijene indirgenmesini sağlayarak oluşan oksidatif hasarın önlenmesine yardımcı olan en önemli enzimdir (Scandalios and Scandalios 1997). Sankar *et al.* (2007), tepary fasulyesinde (*Phaseolus acutifolius*), Wang (1999), çilekte (*Fragaria vesca*) kuraklık uygulamasının CAT aktivitesinde artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan bir çalışmada kuraklık stresinin genotiplerin CAT enzim aktivitesinde artış meydana getirdiği ve kuraklık stresinin artması süresinde bu artışa özellikle tolerant genotiplerde ivme kazandırdığı belirlenmiştir (Kuşvuran 2010). Rodriguez *et al.* (2010) domateste yaptıkları çalışmalarda CAT enzim aktivitesinin kuraklık stresiyle beraber artış olduğunu bildirmişlerdir.

Yong *et al.* (2006), kuraklık stresi sonucu SOD enzim aktivitesinde artış meydana geldiğini fakat ilerleyen stresle beraber enzim aktivitesinde azalma meydana gelebileceğini ifade etmişlerdir Ahmadi *et al.*(2010) yaptıkları çalışmalarda kuraklık stresi sonucu bitkilerde SOD enzim aktivitesinin artış gösterdiğini tolerant olan bitkilerde ise meydana gelen artışın daha belirgin olduğunu bildirmişlerdir.

**Çizelge 4.12.** Kuraklık stresi koşulu altında fasulye bitkisinde CAT, POD ve SOD içeriği

Sulama seviyesi (%)	CAT (EU gr/yaprak)	POD (EU gr/yaprak)	SOD (EU gr/yaprak)
100	211,86 b***	12417,54 b***	851,11 b***
80	225,54 a	12479,17 a	882,91 a
60	192,70 c	10712,90 c	641,04 c

\*\*\*:p<0,001, aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel anlamda farklılık yoktur.

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Kuraklık yetiştiriciliği yapılan bitkilerde verimi etkileyen en önemli çevre faktörlerinden biridir. Strese bağlı olarak bitkilerde morfolojik, biyolojik ve fizyolojik yapıda birçok olumsuz etki oluşabilmektedir. Küresel ısınma, kurak ve yarı kurak alanların artmasıyla beraber kuraklık faktörü de önem arz eden bir risk haline gelmektedir.

Fasulye bitkisi tohum ve taze baklası tüketilen bir sebzedir. Yetiştiriciliği yapılan sebze grupları içerisinde en fazla tüketimi yapılan sebzelerden biridir. Fasulye bitkisi kuraklığa hassas ve/veya orta derecede hassas bir türdür. Fasulye bitkisinde sulamanın azalmasıyla birlikte bitkide verimde kayıplara sebep olur. İlerleyen şiddetli kurak koşullarıyla beraber bitkinin ölümüyle sonuçlanır.

Bitkilerin kuraklık stresine tepkisi karmaşık yapıda olup, dayanıklılık mekanizmaları ve değerlendirilmeleri her bitki türü için spesifik özellikte olduğu için yapılacak daha büyük çalışmalarda önce dikkatli bir şekilde araştırılması önerilmektedir. Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır;

- Kuraklık stresi koşulu altında fasulye bitkisinde gövde ve kök çapı, yaprak sayısı, yaprak alanı, kök uzunluğu, bitki boyu gibi bitki gelişme özelliklerini olumsuz etkilemiştir. Kuraklık stresi şiddetinin artmasıyla beraber parametrelerde daha fazla zararlanmaların olduğu tespit edilmiştir.
- Denemede uygulanan kuraklık stresi fasulye bitkisinde yapraklarda membran zararlanmasına yol açarak EC yi artırmıştır. Kuraklık stresi yaprak oransal su içeriğinde olumsuz etki göstermiş ve DOSİ değerlerinde düşüşe neden olmuştur.
- Benzer şekilde kuraklık stresinin fasulye bitkisinin yaprakta klorofil değerinin azalmasına yol açmıştır.
- Kuraklık stresi altında yetiştirilen bitkilerin hücrelerinde lipid peroksidasyonu artmakta bu durum MDA ile ifade edilmektedir. Kuraklık stresinin yol açtığı bir diğer



zararlanma ise ROS türü olan  $H_2O_2$  miktarı ile de ilişkilidir. Çalışmamızda kuraklık stresi altında  $H_2O_2$  miktarının arttığı belirlenmiştir. Bu artış özellikle kuraklık şiddetinin artmasıyla beraber kendini daha fazla göstermiştir.

- Kuraklık stresine bağlı olarak prolin ve sakkaroz içeriklerinde artış olduğu tespit edilmiştir.

- Araştırmada kuraklık stresine bağlı olarak genellikle CAT, SOD ve POD değerlerinin azaldığı görülmüştür Antioksidatif enzim aktiviteleri, fasulye bitkisinde etkili bir mekanizma olarak değerlendirilmiştir. Kuraklık stresindeki artışla beraber CAT, SOD ve POD enzimlerinin seviyesindeki artışın daha fazla olduğu görülmektedir. Enzimlerin seviyesindeki bu artışın fasulye bitkisinin kendisini korumak için oluşturduğu bir koruma mekanizmasıdır.

**KAYNAKLAR**

- Agarwal, S., Pandey, V., 2004. Antioxidant enzyme response to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. *Biologia Plantarum*, 48(4): 555-560.
- Ahmadi, A., Emam, Y. and Pessarakli, M., 2010. Biochemical Changes in Maize Seedlings Exposed to Drought Stress Conditions at Different Nitrogen Levels. *Journal of Plant Nutrition*, 33 (4), 541 – 556.
- Akçin, A., 1988. Yemelik Tane Baklagiller. Selçuk Üniversitesi Yayınları No:43, Ziraat Fakültesi Yayınları No:8, 377 s, Konya
- Amarjit, K.N., Kumari, S., Sharma, D.R.,2005. In vitro selection and characterization of water stress tolerant cultures of bell pepper. *Indian Journal of Plant Physiology*,10(1), 14-19.
- Angelini, R., Federico, R., 1989. Histochemical evidence of polyamine oxidation and generation of hydrogen peroxide in the cell wall. *Journal of Plant Physiology*, (135): 212-217.
- Angelini, R., Manes, F., & Federico, R. (1990). Spatial and functional correlation between diamine- oxidase and peroxidase activities and their dependence upon de-etiolation and wounding in chick-pea. *Planta*, 182, 89-96.
- Anonim (2009a). Su kaynakları. [www.wwf.org.tr/wwf-tuerkiye-hakkinda/ne-yapiyoruz/su-kaynaklari](http://www.wwf.org.tr/wwf-tuerkiye-hakkinda/ne-yapiyoruz/su-kaynaklari)
- Anonim Çevre Kanunu (Kanun No:2572) 11.8.1983 gün ve 18132 sayılı Resmi Gazetede yayınlanmıştır.
- Anonymous. (2008). FAO Agricultural Statistical Database. Retrieved from <http://faostat.org>
- Asraf, M., Arfan, M., Shahbaz, M., Ahmad, A., Jamil, A., 2002. Gas Exchange Characteristics and Water Relations in Some Elite Okra Cultivars Under Water Deficit. *Photosynthetica*, 40(4), 615-620.
- Asraf, M., Iram, A., 2005. Drought Stress Induced Changes in Some Organic Substances in Nodules and Other Plant Parts of Two Potential Legumes Differing in Salt Tolerance. *Flora*, 200, 535–546.
- Baş, A.L. ve Demet Ö., 1992. Çevresel Toksikoloji Yönünden Bazı Ağır Metaller. *Ekoloji* 5, 42–46.
- Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water- stress studies. *Plant Soil*. 39:205–207.
- Behnamnia, M., 2015. Protective roles of brassinolide on tomato seedlings under drought stress. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 8(4), 552.
- Berlett, B.S., Stadtman, E.R., 1997. Protein oxidation in aging, disease, and oxidative stress, *J. Biol. Chem.* 272, 20313–20316.
- Blokhina O., Virolainen E., Fagerstedt K.V., 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review, *Ann. Bot.* 91, 179–194.
- Boyer, J.S., 1982. Plant productivity and environment potential for increasing crop plant productivity, genotypic selection. *Science*, 218, 443-448.
- Bremner, J.M., Mulvaney, C.S.,(1982).Nitrogen-Total. In: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, Page, A.L., Miller, R.H. and

- Keeney, D.R. Eds., American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 595-624.
- Capell, T., Bassie Rene, L., Christou, P., 2004. Modulation of the polyamine biosynthetic pathway in transgenic rice confers tolerance to drought stress. *PNAS*, 101 (26), 9909-9914.
- Craufurad, P. Q., Wheeler, T. R., Ellis, R. H., Summerfield, R. J., Prasad, P. V. V., 2000. Escape and tolerance to high temperature at flowering in groundnut. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 135,371-378.
- Cruz De Carvalho, M.H., Laffray, D., Louguet, P., 1998. Comparison of physiological responses of *Phaseolus vulgaris* and *Vigna unguiculata* cultivars when submitted to drought conditions. *Environ. Exp. Bot.* 40; 197- 207.
- Cuellar-Ortiz, S.M., Arrieta-Montiel, M.P., Acosta-Gallegos, J.A., Covarrubias, A.A., 2008. Relationship between carbohydrate partitioning and drought resistance in common bean. *Plant, Cell Environ* 31(10),1399–1409.
- Dolferus, R., 2014. To grow or not to grow: A stressful decision for plants. *Plant Sci.* 229,247–261.
- Earl, H., Davis, R.F. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize, *Agron*, J. 95, 688–696.
- Egilla, J.N., Davies Jr, F.T., Boutton, T.W., 2005. Drought stress influences leaf water content, photosynthesis, and water-use efficiency of *Hibiscus rosa-sinensis* at three potassium concentrations, *Photosynthetica* 43, 135–140.
- Farooq, M., Wahid, A., Kaboyashi, N., Fujita, D., Basra, S. M. A., 2009. Plant drought stress: effect, mechanisms and management. *Agronomy of Sustainable Development*, 29, 185-212.
- Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Adana,
- Foyer, C. H., Ruban, A. V., Noctor, G. 2017. Viewing oxidative stress through the lens of oxidative signalling rather than damage: Portland Press Limited.
- Garg, B.K., 2003. Nutrient uptake and management under drought: nutrient-moisture interaction, *Curr. Agric.* 27, 1–8.
- Gill, S. S., Tuteja, N., 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant physiology and biochemistry*, 48(12), 909-930.
- Gnanasiri, S.P., Saneoka, H., Ogata, S., 1991. Cell membrane stability and leaf water relations as affected by potassium nutrition of waterstressed maize, *J. Exp. Bot.* 42, 739–745.
- Gong, Y., Toivonen, P.M.A., Lau, O.L., Wiersma, P.A., 2001. Antioxidant system level in 'Braeburn' apple is related to its browning disorder. *Bot. Bull. Acad. Sin.*, 42: 259-264.
- Graham, P. H., Ranalli, P., 1997. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L). *Field Crops Res*, 53, 131–146.
- Grossman, A., Takahash, H., 2001. Macronutrient utilization by photosynthetic eukaryotes and the fabric of interactions, *Annu. Rev. Plant Phys.* 52, 163–210.
- Gunes, A., Pilbeam, D. J., Inal, A., Coban, S., 2008. Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, I: Growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39(13-14), 1885-1903.

- Günes, M., Aktaş, M., 2008. Su Stresinde Yetiştirilen Genç Mısı r Bitkisinde Potasyum Uygulamasının Gelişme ve Verim Üzerine Etkisi. Hr. Ü.Z.F. Dergisi, 12(2), 33-36.
- Gürel, A., Avcıoğlu, R. 2001. Bitkilerde Abiyotik Stres Faktörlerine Dayanıklılık Mekanizmaları. pp.288-326. In: Özcan, S., Gürel, E. ve Babaoğlu, M. (Eds.), Bitki Biyoteknolojisi, Genetik Mühendisliği, S.Ü. Vakfı Yayınları, İzmir
- Halk Sağlığı Dersleri Hatipoğlu Yayınevi, İSBN 975 -7527-22- X, Ankara, 1990)
- Harris, D., Tripathi, R. S., Joshi, A., 2002. On-farm seed priming to improve crop establishment and yield in dry direct-seeded rice, in: (Editörler: Pandey, S., Mortimer, M., Wade, L., Tuong, T. P., Lopes, K., Hardy, B.). Direct seeding: Research Strategies and Opportunities, International Research Institute, Manila, Philippines. s. 231-240.
- Havir, E.A. Mchale, N.A., 1987. Biochemical and developmental characterization of mutiple forms of catalase in tobacco leaves. *Plant Physiology*, (84): 1291-1294.
- Hayat, S., Hasan, S. A., Fariduddin, Q., and Ahmad, A., 2008. Growth of tomato (*Lycopersicon esculentum*) in response to salicylic acid under water stress. *Journal of Plant Interactions*, 3(4), 297-304.
- Hayat, S., Hayat, Q., Alyemeni, M.N., Wani, A.S., Pichtel, J., Ahmad, A., 2012. Role of proline under changing environments: a review. *Plant Signal. Behav.* 7, 1456–1466.
- Hussain, M., Malik, M.A., Farooq, M., Ashraf, M.Y., Cheema ,M.A. 2008 Improving Drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower, *J. Agron. Crop Sci.* 194, 193–199
- Hussain, M., Malik, M.A., Farooq, M., Ashraf, M.Y., Cheema, M.A., 2008. Improving drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 194,193-199.
- Jones, H.G., 1992. *Plants and Microclimate*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Karakas, B., Ozias- Akins, P., Stushnoff, C., Sueffeheld, M., Rieger, M., 1997. Salinity and Drought Tolerance of Mannitol 333 Accumulating Transgenic Tabacco. *Plant, Cell and Environment*, 20, 609- 616
- Karam, F., Mounzer, O., Sarkis, F., and Lahoud, R., 2002. Yield and nitrogen recovery of lettuce under different irrigation regimes. *Journal of Applied Horticulture*, 4 (2), 70-76 pp
- Kavuncu, M.,2019. kuraklık stresi koşullarında uygulanan nitrik oksitin buğday genotiplerinin gelişimi üzerine etkisi Yüksek lisans tezi Konya Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilimdalı
- Kaya, C., Ak, B.E., & Higgs, D. (2003). Response of salt-stressed strawberry plants to supplementary calcium nitrate and/or potassium nitrate. *Journal of Plant Nutrition*, 26, 543-560.
- Kaya, M. D., Okçu, G., Ataka, M., Çıkılıc, Y., Kolsarıcıa, Ö., 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annus L.*). *European Journal of Agronomy*, 24, 291-295.
- Kishor, P. K., Sangam, S., Amrutha, R. N., Laxmi, P. S., Naidu, K. R., Rao, K. R. S. S., Sreenivasulu, N.,2005. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. *Current science*, 424-438.

- Koutsika-Sotiriou, M. and Traka-Mavrona, E., 2008. Snap Bean Vegetables II (Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae and Umbelliferae), Springer Science, Business Media, LLC, 27p.
- Kozłowski, T.T., Pallardy, S.G., 1997. Physiology of Woody Plants, Academic Press, San Diego.
- Kramer, P. J., 1980. Water Relations in Plants. Academic Press, NY, USA.
- Krasensky, J., Jonak, C., 2012. Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks. *J. Exp. Bot.* 63, 1593–1608.
- Kuşvuran, Ş., 2010. Kavunlarda Kuraklık Ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Adana,
- Kuşvuran, Ş., Küçükörmürcü, S., Daşgan, H.Y., Abak, K., 2009. Relationships Between Drought Tolerance and Stomata Density in Melon. The 4th International Cucurbitaceae Symposium, 20-24 Eylül, China.
- Lanna, A. C., Mitsuzono, S. T., Terra, T. G. R., Vianello, R.P., & de Figueiredo Carvalho, M. A. 2016. Physiological characterization of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes, water- stress induced with contrasting response towards drought. *Australian Journal of Crop Science*, 10(1), 1–6. Retrieved from <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139430/1/CNPAF-2016-ajcs.pdf>
- Liu, F., Stutzel, H., 2004. Biomass partitioning, specific leaf area and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. *Scientia Horticulturae*, 102 (1), 15-27.
- Mathobo, R., Marais, D., Steyn, J. M., 2017. The effect of drought stress on yield, leaf gaseous exchange and chlorophyll fluorescence of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agricultural Water Management*, 180(Part A), 118–125. <http://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.11.005>
- McWilliams, D., 2003. Drought Strategies for Cotton, Cooperative Extension Service Circular 582, College of Agriculture and Home Economics, New Mexico State University, USA.
- Mertens, D., 2005a. AOAC Official Method 922.02. Plants Preparation of Laboratory Sample. Official Methods of Analysis, 18th edn. Horwitz, W., and G.W. Latimer, (Eds). Chapter 3, pp 1-2, AOAC-International Suite 500, 481. North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA.
- Mertens, D., 2005b. AOAC Official Method 975.03. Metal in Plants and Pet Foods. Official Methods of Analysis, 18th edn. Horwitz, W., and G.W. Latimer, (Eds). Chapter 3, pp 3-4, AOAC-International Suite 500, 481. North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA.
- Mertens, D., 2005b. In: Horwitz, W., Latimer, G.W. (Eds.), AOAC Official Method 975.03. Metal in Plants and Pet Foods. Official Methods of Analysis, 18th edn. Chapter 3, pp 3-4, AOAC-International Suite 500, 481. North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA.
- Mirabad, A.A., Lotfi, M., Roozban, M.R., 2013. Impact of Water-Deficit Stress on Growth, Yield and Sugar Content of Cantaloupe (*Cucumis melo* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 6-10: 605-609.

- Misra, N., Ansari, M. S., Gupta, A. K., 2006. Differential response of scavenging of reactive oxygen species in green gram genotype grown under salinity stress. *American Journal of Plant Physiology*, 1.
- Mohammadian, R., Moghaddam, M., Rahimian, H., Sadeghia, S.Y., 2005. Effect of early season drought stress on growth characteristics of sugar beet genotypes. *Turk J Agric For.* 29,357-450.
- Morris, D. L., 1948. Quantitative determination of carbohydrates with dreywoods anthrone reagent. *Science*, 107: 254-255.
- Munne-Bosch, S., Penuelas, J., 2003. Photo- and antioxidative protection, and a role for salicylic acid during drought and recovery in field-grown *Phillyrea angustifolia* plants. *Planta*. 217: 758–766. DOI 10.1007/s00425-003-1037-0
- Nasrı, M., Zahedi, H., Moghadam, H.R.T., Ghooshcı, F., Paknejad, F., 2008. Investigation of Water Stress on Macro Elements in Rapeseed Genotypes Leaf (*Brassica napus*). *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 3 (4), 669-672.
- Nogues, S., Baker, R.N., 2000. Effects Of Drought On Photosynthesis İn Mediterranean Plants Grown Under Enhanced Uv-B Radiation. *Journal Of Experimental Botany*. Vol:51, No. 348, Pp. 1309–1317.
- Nonami, H., 1998. Plant water relations and control of cell elongation at low water potentials, *Journal of Plant Research*, 111, 373-382.
- Nourı-Ganbalanı, A., Nourı-Ganbalanı, G., Hassanpanah, D., 2009. Effects of Drought Stress Condition on the Yield and Yield Components of Advanced Wheat Genotypes in Ardabil, Iran. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7 (3-4) ,228 - 234 .
- Okçu, G., Kaya, M. D., Atak, M., 2005. Effect of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum L.*), *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29, 237-242.
- Ors, S., Ekinci, M., Yildirim, E., Sahin, U., 2016. Changes in gas exchange capacity and selected physiological properties of squash seedlings (*Cucurbita pepo L.*) under well-watered and drought stress conditions. *Arch. Agron. Soil Sci.*, 62(12), 1700-1710.
- Osakabe, Y., Arinaga, N., Umezawa, T., Katsura, S., Nagamachi, K., 2013. Osmotic stress responses and plant growth controlled by potassium transporters in *Arabidopsis*. *Plant Cell* 25, 609–624.
- Özden, M., Demirel, U., Kahraman, A., 2009. Effects of proline on antioxidant system in leaves of grapevine (*Vitis vinifera L.*) exposed to oxidative stress by H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, *Scientia Horticulturae*, 119: 163-168.
- Özpay, T., 2008. taze fasulye genotiplerinin kuraklık stresine olan tepkilerinin belirlenmesinin. Yüksek Lisans tezi Van Yüzüncüyıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim dalı Van.
- Öztürk, K., 2002. G.Ü. “Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye’ye Olası Etkileri” G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi 22 (1), 47-65.
- Peuke, A.D., Rennenberg, H., 2004. Carbon, nitrogen, phosphorus, and sulphur concentration and partitioning in beech ecotypes (*Fagus sylvatica L.*): phosphorus most affected by drought, *Trees* 18, 639–648.

- Reid, J.B., Gillespie, R.N., 2017. Yield and quality responses of carrots (*Daucus carota* L.) to water deficits. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 45, NO. 4, 299–312
- Saeidi, K., Zare, N., Baghidzadeh, A., Asghari-Zakaria, R., 2017. Differences in antioxidant, morphological and biochemical responses to drought stress in different cultivars of common bean (*Phaseolus vulgaris*) . *Iranian Journal of Genetics and Plant breeding*, 6(2), 36-47.
- Sairam, R.K., Srivastava, G.C., Agarwal, S., Meena, R.C., 2005. Differences in antioxidant activity in response to salinity stress in tolerant and susceptible wheat genotypes, *Biol. Plant.* 49, 85–91.
- Salehzade, H., Mogaddam, A.F., Bernosi, I., Ghiyasi, M., and Amini, P., 2009. The Effects of Irrigation Regimes on Yield and Chemical Quality of Oriental Tobacco in West Azarbaijan. *Research Journal of Biological Sciences*, 4(5):632-636
- Sanchez-Rodriguez, E., Rubio-Wilhelmi, M., Cervilla, L.M., Blasco, B., Rios, J.J., Rosales, M.A., Romero, L., Ruiz, J.M., 2010. Genotypic differences in some physiological parameters symptomatic for oxidative stress under moderate drought in tomato plants. *Plant Science*, 178: 30–40.
- Sankar, B., Gopinathan, P., Karthishwaran, K., Somasundaram, R., 2014. Variation in growth of peanut plants under drought stress condition and in combination with paclobutrazol and abscisic acid. *Current Botany*, 5, 14–21. Retrieved from <http://updatepublishing.com/journal/index.php/cb/article/view/2945/2911>
- Sankar, B., Jaleel, C. A., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Somasundaram, R., Panneerselvam, R., 2007. Effect of paclobutrazol on water stress amelioration through antioxidants and free radical scavenging enzymes in *Arachis hypogaea* L. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 60(2), 229-235.
- Sarma, R.K., Saikia, R., 2014. Alleviation of drought stress in mung bean by strain *Pseudomonas aeruginosa* GGRJ21. *Plant Soil*. 2014;377:111–26.
- Scandalios, J. G., Scandalios, J. G. 1997. Oxidative stress and the molecular biology of antioxidant defenses *Cold Spring Laboratory Ptes.* 890pp.
- Shao, H.B., Chu, L.Y., Jaleel, C.A., Zhao, C.X., 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes Rendus Biologies*, 54(3), 215–225..
- Siddique, M. R. B., Hamid, A., Islam, M. S., 2001. Drought stress effects on water relations of wheat. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 41, 35-39
- Smith, M.K. McComb, J.A., 1981. Effect of NaCl on the Growth of Whole Plants and Their Corresponding Callus Cultures. *Aust. J. Plant Physiol.*, 8, 267-275. spp.) in Africa to drought stress imposed at three stages of growth and
- SPSS Inc. 2010. SPSS® 18.0 Base User's Guide. Prentice Hall.,
- Subbarao, G. V., Johansen, C., Slinkard, A. E., Nageswara Rao, R. C., Saxena, N. P. Chanhani, Y. S., 1995. Strategies for improving drought resistance in grain legumes. *Crit. Rev. Plant Sci.* 14, 469–523.
- Şalk, A., Arın, L., Deveci, M., Polat, S., 2008. Özel Sebzeçilik, Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tekirdağ, 184s.
- Taiz, L., Zeiger E., 2006. *Plant Physiology*. 4th Ed. Sinauer Associates Inc. Publishers, Massachusetts.

- Tapia, G., Méndez, J., Inostroza, L., 2016. Different combinations of morpho-physiological traits are responsible for tolerance to drought in wild tomatoes *Solanum chilense* and *Solanum peruvianum*. *Plant Biology*, 18(3), 406–416. <http://doi.org/10.1111/plb.12409>
- Tsuji, W., Alt, M.E.K., Inanaga, S., Sugimoto, Y., 2003. Growth and Gas Exchange of Three Sorghum Cultivars under Drought Stres. *Biomedical and Life Sciences*, 46 (4), 583-587.
- TÜİK, 2018, Türkiye İstatistik Kurumu “Bitkisel Üretim İstatistikleri”, <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul> (Erişim tarihi:07 nisan 2019)
- Türkan, G., Bor, M., Özdemir, F., Koca, H., 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress, *Plant Sci.* 168, 223-231.
- Urban, L., Fabret, L., Barthelemy, L., 1994. Interpreting Changes in Stem Diameter in Rose Plants. *Physiologia Plantarum* 92 (4):668 – 674.
- Valentovič, P., Luxová, M., Kolarovič, L., Gašpariková, O., 2006. Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relations in two maize cultivars. *Plant Soil Environ.* 52, 186–191.
- Vijayalakshmi, C., Nagarajan, M., 1994. Effect of Rooting Pattern on Rice Productivity Under Different Water Regimes. *J.Agron Crop. Sci.* 173 (2), 113-117.
- Villar-Salvador, P., Planelles R., Oliet, J., Peñuelas-Rubira, J.L., Jacobs, D.F., González, M., 2004 Drought tolerance and transplanting performance of holm oak (*Quercus ilex*) seedlings after drought hardening in the nursery, *Tree Physiol.* 24, 1147–1155.
- Wahid, A., Close, T.J. 2007. Expression of dehydrins under heat stress and their relationship with water relations of sugarcane leaves, *Biol. Plantarum* 51, 104–109.
- Wang, S. Y., 1999. Methyl jasmonate reduces water stress in strawberry. *Journal of plant growth regulation*, 18(3), 127-134.
- Wang, W. X., Vinocur, B., Shoseyov, O., Altman, A., 2000. Biotechnology of plant osmotic stress tolerance physiological and molecular considerations. In *IV International Symposium on In Vitro Culture and Horticultural Breeding* 560 (pp. 285-292).
- Wang, Z., Huang, B., 2004. Physiological Recovery of Kentucky bluegrass from simultaneous drought and heat stress, *Crop Sci.* 44, 1729– 1736.
- Widuri, L. I., Lakitan, B., Sodikin, E., Hasmeda, M., Meihana, M., Kartika, K., Siaga, E., 2018. Shoot and root growth in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) exposed to gradual drought stress. *Agrivita Journal of Agricultural Science*, 40(3), 442–452.
- Yaban, İ., 2018. kuraklık stresinin bazı bazı urfa biberi genotip ve çeşitleri üzerine etkisinin araştırılması . Yüksek Lisans tezi Van Yüzüncüyıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim dalı Van.
- Yağmur, Y., 2008. Farklı asma (*Vitis vinifera* L.) çeşitlerinin kuraklık stresine karşı bazı fizyolojik ve biyokimyasal tolerans parametrelerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 4s.



- Yee, Y., Tam, N.F.Y., Wong, Y.S., Lu, C.Y., 2002. Growth and physiological responses of two mangrove species (*Bruguira gymnorrhiza* and *Kandelia candel*) to waterlogging. *Environ. Exp. Bot.*, 1-13.
- Yong, T., Zongsuo, L., Hongbo, S., Feng, D., 2006. Effects of Water Deficits on the Activity of Anti- Oxidative Enzymes and Osmoregulation Among Three Different Genotypes of *Radix astagali* at Seeding Stage. *Biointerfaces*, 49,60-65.
- Yordanova, R.Y., Christov, K.N., Popova, L.P., 2004. Antioxidative enzymes in barley plants subjected to soil flooding. *Environmental and Experimental Botany*, (51): 93-101.
- Yoshida, Y., Kiyosue, T., Katagiri, T., Ueda, H., Mizoguchi, T., Yamaguchi, Shinozaki, K. & Shinozaki, K., 1995. Correlation between the induction of a gene for  $\delta$ -1-pyrroline-5-carboxylate synthetase and the accumulation of proline in *Arabidopsis thaliana* under osmotic stress. *The Plant Journal*, 7(5), 751-760.
- Zadrazilnik, T., Hollung, K., Egge-Jacobsen, W., Meglič, V., Šuštar-Vozlič, J., 2013. Differential proteomic analysis of drought stress response in leaves of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J Proteomics* 78,254–272.
- Zhang HY, Jiang YN, He ZY, Ma M (2005) Cadmium accumulation and oxidative burst in garlic (*Allium sativum*). *J Plant Physiol* 162:977–984. doi:10.1016/j.jplph.2004.12.010 Cadmium induction of lipid peroxidation 823123
- Zhu, J.K., 2002 Salt and drought stress signal transduction in plants, *Annu. Rev. Plant Biol.* 53, 247–273.

## ÖZGEÇMİŞ

1993 tarihinde Iğdır Tuzluca ilçesinde doğdu. İlköğretim, ortaokul ve liseyi burada bitirdi. Üniversite eğitimini Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünde tamamladı. 2017 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Sebze Yetiştiriciliği ve Islahı Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı.

