

**FARKLI SULAMA ORANLARININ  
TAZE FASULYEDE MEYDANA GETİRDİĞİ  
FİZYOLOJİK, MORFOLOJİK VE KİMYASAL  
DEĞİŞİKLİKLERİN BELİRLENMESİ**

**Abdulđani YARIŞ**  
**Yüksek Lisans Tezi**

**Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı**  
**Danışman: Doç. Dr. Murat DEVECİ**

**2018**

**T.C.**

**NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**FARKLI SULAMA ORANLARININ TAZE FASULYEDE MEYDANA  
GETİRDİĞİ FİZYOLOJİK, MORFOLOJİK VE KİMYASAL  
DEĞİŞİKLİKLERİN BELİRLENMESİ**

**Abdulğani YARIŞ**

**BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: Doç. Dr. Murat DEVECİ**

**TEKİRDAĞ-2018**

**Her hakkı saklıdır**

Doç. Dr. Murat DEVECİ danışmanlığında, Abdulğani YARIŞ tarafından hazırlanan “Farklı Sulama Oranlarının Taze Fasulyede Meydana Getirdiği Fizyolojik, Morfolojik ve Kimyasal Değişikliklerin Belirlenmesi” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Juri Başkanı: Prof. Dr. Levent ARIN

*İmza :*

Üye: Doç. Dr. Murat DEVECİ (Danışman)

*İmza :*

Üye: Doç. Dr. Gölgen Bahar ÖZTEKİN

*İmza :*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### FARKLI SULAMA ORANLARININ FASULYEDE MEYDANA GETİRDİĞİ FİZYOLOJİK, MORFOLOJİK VE KİMYASAL DEĞİŞİKLİKLERİN BELİRLENMESİ

**Abdulğani YARIŞ**

Namık Kemal Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Murat DEVECİ

Bu araştırmada bitkisel materyal olarak erkenci bir bodur fasulye olan “Gina” çeşidi (*Phaseolus vulgaris* var. Gina) kullanılmıştır. Bitkilerin yetiştiriciliği Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri arazisinde bulunan ısıtmasız plastik yüksek tünelde topraklı tarımda yapılmıştır. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuş ve her tekerrürde 4 sulama oranı (% 0, % 25, % 50, % 75 sulama) ve kontrol (% 100 sulama) yer almıştır. Yetiştirme serasında tohum ekiminin ardından, çiçeklenme dönemine kadar damla sulama ile normal su ihtiyacı giderilen bitkilere daha sonra yapay kuraklık stresi uygulamalarına başlanmıştır. Bu amaçla fasulyenin çiçeklenme döneminin başında dört farklı su uygulaması yapılmıştır. Kontrol parsellerine, bitki kök bölgesindeki kullanılabilir su tutma kapasitesinin % 50’si tüketildiğinde mevcut nemi tarla kapasitesine çıkaracak şekilde sulama suyu uygulanırken, diğer parsellere kontrol parseline uygulanan suyun % 0, % 25, % 50 ve % 75’i uygulanmıştır. Çiçeklenme dönemi başından son hasada kadar olan dönemde yaprak su potansiyeli (MPa); hasat döneminde ise yaprak zararlanma derecesi, yaprak sayısı (adet), yaprak ağırlığı (g), yaprak kalınlığı (mm), yaprak alanı (cm<sup>2</sup>), bakla ağırlığı (g), bakla çapı (mm), bakla boyu (cm), bitki boyu (cm), bitkideki toplam bakla adedi (adet), bitkideki toplam bakla ağırlığı (g), verim (kg/da), yaprak oransal su içeriği (%), yaprak hücrelerinde membran zararlanması (%), yaprak sıcaklıkları (°C), toplam klorofil (SPAD) ile makro ve mikro besin elementleri miktarları (% ve ppm) ölçülmüştür. Denemede % 100 (kontrol) sulama grubunda yer alan bitkilerde şafak öncesi yaprak su potansiyeli ( $\psi_{s0}$ ) değerleri -0,15 ile -0,31 MPa arasında değişmiş ve stressiz-hafif stresli oldukları saptanmıştır. Gün ortası yaprak su potansiyeli ( $\psi_{g0}$ ) değerlerinin -0,50 ile -1,20 MPa arasında değiştiği ve deneme süresince  $\psi_{s0}$  ölçümlerindeki sonuçlara paralel olarak bitkilerde stressiz-hafif stres oluştuğu saptanmıştır. % 0 su uygulamasında  $\psi_{s0}$  değerleri -0,63 MPa’dan -1,47 MPa’ya kadar düşerken  $\psi_{g0}$  değerlerinin -0,89 ile -2,71 MPa arasında değiştiği ve bitkilerin şiddetli strese maruz kaldıkları saptanmıştır. Sonuç olarak; sulama oranı arttıkça bitkilerin yaprak sayısı, yaprak ağırlığı, yaprak alanı, bakla ağırlığı, bakla çapı, bakla boyu, bitki boyu, bitkideki toplam meyve adedi, bitkideki toplam bakla ağırlığı, verim, yaprak oransal su içeriği, klorofil miktarı ile makro ve mikro besin elementleri miktarlarında artış olduğu ancak sulama suyu miktarı arttıkça yaprak zararlanma derecesi, yaprak kalınlığı, yaprak hücrelerinde membran zararı ile yaprak sıcaklıkları ortalamalarının azaldığı belirlenmiştir. Fasulyede tam sulama yapılamadığında, % 75 oranında sulama ile fasulyenin verim ve kalite kriterleri değişmemiştir.

**Anahtar kelimeler:** Su stresi, kısıtlı sulama, verim, bakla kalitesi, yaprak su potansiyeli

2018, 78 sayfa

## ABSTRACT

MSc. Thesis

### DETERMINATION OF DIFFERENT IRRIGATION RATES ON PHYSIOLOGICAL, MORPHOLOGICAL AND CHEMICAL CHANGES IN GREEN BEANS

**Abdulğani YARIŞ**

Namık Kemal University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Horticulture

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Murat DEVECI

Cv.Gina (*Phaseolus vulgaris* var. Gina) which is an early bush bean was used as plant material. The research was conducted in unheated plastic high tunnel in soil at Namik Kemal University, Agricultural Faculty, Department of Horticulture. The experimental design was split plot with four replications and five water restriction levels (0%, 25%, 50%, 75%, and 100% as control) were used in one replicate. After planting the seeds in the greenhouse, irrigation was carried out by drip irrigation according to normal irrigation conditions until the flowering period. After that water stress conditions applied. Five water stress (control, 75, 50, 25 and 0%) regimes were applied. For this purpose, five different water applications were applied to the bean plants during the flowering period. In control parcel, when the water holding capacity in root zone was down to 50% of useful water, the irrigation applied up to maximum water capacity. The more less water of 0, 25, 50% and 75% than control was given to other parcels. Leaf water potential (MPa) was measured during the period from the beginning of flowering period until the last harvest. In harvest period; leaf damage level, leaf number, leaf weight (g), leaf thickness (cm), leaf area (cm<sup>2</sup>), pod weight (g), pod number per plant, total pod weight per plant (g), total yield (kg/da), leaf relative water content (%), membrane damage on the leaves (%), leaf temperature (°C), total chlorophyll (SPAD) and leaf macro and micro elements were measured. It was determined that pre-dawn leaf water potential ( $\psi_{pd}$ ) value of control plants varied from -0,15 to -0,31 MPa and the plants were stress-free or light stress. In parallel with the results of mid-day leaf water potential ( $\psi_{md}$ ) value during the experiment,  $\psi_{pd}$  value ranged from -0,50 to -1,20 Mpa and the plants were stress-free or light stress. While the  $\psi_{pd}$  value decrease from -0,63 to -1,47 Mpa in no-irrigated parcels,  $\psi_{md}$  value varied from -0,89 to -2,71 Mpa the plants were under stressful conditions. As a result, leaf water content total chlorophyll and leaf water potential, micro and macro nutrient content were the highest in 100% water treatment. The lowest leaf damage, leaf thickness, membrane damage and leaf temperature were determined in 100% water treatment as well. When bean plants were not irrigated fully and 75%, yield and quality were not change

**Key words:** Water stress, deficit irrigation, yield, pod quality, leaf water potential

**2018, 78 pages**

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ.....	v
ŞEKİL DİZİNİ.....	vi
SİMGELER DİZİNİ .....	viii
ÖNSÖZ.....	x
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR TARAMASI .....</b>	<b>5</b>
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM .....</b>	<b>17</b>
3.1 Materyal .....	17
3.2 Yöntem .....	17
3.2.1 Denemenin kuruluşu .....	17
3.2.2 Bitkilerin yetiştiği ortam .....	18
3.2.3 Bitkilerin yetiştirilmesi .....	19
3.2.4 Yapılan ölçüm ve analizler .....	22
3.2.4.1 Morfolojik değişimlere ait bazı ölçümler .....	22
3.2.4.2 Fizyolojik değişimlere ait bazı ölçüm ve analizler .....	23
3.2.4.3 Kimyasal değişimlere ait analizler .....	27
3.2.5 Verilerin değerlendirilmesi .....	27
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA .....</b>	<b>28</b>
4.1 Morfolojik Değişimlere Ait Ölçümler .....	28
4.1.1 Yaprak zararlanma derecesi .....	28
4.1.2 Yaprak sayısı (adet).....	29
4.1.3 Yaprak ağırlığı (g) .....	31
4.1.4 Yaprak kalınlığı (mm) .....	32
4.1.5 Yaprak alanı (cm <sup>2</sup> ).....	34

4.1.6 Bakla ağırlığı (g).....	36
4.1.7 Bakla çapı (mm) .....	38
4.1.8 Bakla boyu (cm) .....	38
4.1.9 Bitki boyu (cm).....	39
4.1.10 Bitkideki toplam bakla adedi .....	41
4.1.11 Bitkideki toplam bakla ağırlığı (g) .....	43
4.1.12 Verim (kg/da).....	44
4.2 Fizyolojik Değişimlere Ait Ölçüm ve Analizler.....	46
4.2.1 Yaprak oransal su içeriği (%) .....	46
4.2.2 Yaprak su potansiyeli (-MPa) .....	47
4.2.3 Yaprak hücrelerinde membran zarar indeksi (%).....	52
4.2.4 Yaprak sıcaklıkları (°C).....	53
4.2.5 Klorofil miktarı (SPAD değeri) .....	55
4.3 Kimyasal Değişimlere Ait Analizler .....	57
4.3.1 Makro besin element miktarları (%).....	57
4.3.2. Mikro besin element miktarları (ppm) .....	61
<b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER .....</b>	<b>65</b>
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>69</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>78</b>

## ÇİZELGE DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 3.1 : Denemede kullanılan toprağın fiziksel özellikleri .....	18
Çizelge 3.2 : Denemede kullanılan toprağın kimyasal özellikleri.. .....	18
Çizelge 3.3 : Denemede tohum ekimi, bitki sökümü ve ölçümlerin yapıldığı tarihler .....	19
Çizelge 3.4 : Isıtmasız yüksek tünelde ölçümlerin yapıldığı dönemlerde şafak öncesi, gün ortası sera içi sıcaklık (°C) değerleri.....	20
Çizelge 4.1 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede şafak öncesi yaprak su potansiyeli ( $\psi_{şö}$ ) ortalamalarına etkisi (MPa) .....	47
Çizelge 4.2 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede gün ortası yaprak su potansiyeli ( $\psi_{gö}$ ) ortalamalarına etkisi (MPa).....	49
Çizelge 5.1 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede meydana getirdiği bazı fizyolojik, morfolojik ve kimyasal parametrelerin değişimleri.....	66



## ŞEKİL DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1 : Denemede materyal olarak kullanılan Gina çeşidi taze fasulye .....	17
Şekil 3.2 : Fasulye bitkisinin yetiştirildiği ortamdan genel görünüm .....	19
Şekil 3.3 : Bitkilerin sulanmasında kullanılan damla sulama borularından bir görünüm .....	21
Şekil 3.4 : Yaprak su potansiyeli ( $\Psi$ ) ölçme cihazı olan Scholander basınç odasından bir görünüm .....	24
Şekil 3.5 : a: Bitkilerinin yapraklarından 17 mm çapında diskler alınması, b: Alınan disklerin iyonize su içerisinde bekletilmesi, c: Petri kaplarının otoklavda 100 °C’de 10 dakika bekletilmesi, d: Tuzluluk ölçer (EC metre) ile EC değerlerinin ölçümü.....	25
Şekil 3.6 : Konica Minolta SPAD-502 portatif klorofilmetre .....	26
Şekil 4.1 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede yaprak zararlanma derecelerine etkileri	28
Şekil 4.2 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede yaprak sayılarına etkileri .....	30
Şekil 4.3 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede yaprak ağırlıklarına etkileri .....	32
Şekil 4.4 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede yaprak kalınlıklarına etkileri .....	33
Şekil 4.5 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede yaprak alanlarına etkileri .....	34
Şekil 4.6 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede bakla ağırlıklarına etkileri .....	36
Şekil 4.7 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede bakla çaplarına etkileri .....	37
Şekil 4.8 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede bakla boylarına etkileri .....	38
Şekil 4.9 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede bitki boylarına etkileri .....	40
Şekil 4.10 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede toplam bakla sayılarına etkileri .....	42
Şekil 4.11 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede toplam bakla ağırlıklarına etkileri .....	43
Şekil 4.12 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede verim üzerine etkileri .....	44
Şekil 4.13 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede yaprak oransal su içeriklerine etkileri ..	46
Şekil 4.14 : Farklı sulama oranlarının şafak öncesi yaprak su potansiyeli üzerine etkileri .....	48
Şekil 4.15 : Farklı sulama oranlarının gün ortası yaprak su potansiyeli üzerine etkileri .....	49

Şekil 4.16 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyenin yaprak hücrelerinde membran zararlanmalarına etkileri .....	52
Şekil 4.17 : Taze fasulyede farklı su oranlarının şafak öncesi yaprak sıcaklıklarına etkileri (°C) .....	53
Şekil 4.18 : Taze fasulyede farklı su oranlarının gün ortası yaprak sıcaklıklarına etkileri (°C) .....	54
Şekil 4.19 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede klorofil tayini üzerine etkileri .....	56
Şekil 4.20 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede azot miktarına etkileri .....	58
Şekil 4.21 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede fosfor miktarına etkileri .....	58
Şekil 4.22 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede potasyum miktarına etkileri .....	59
Şekil 4.23 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede kalsiyum miktarına etkileri .....	59
Şekil 4.24 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede magnezyum miktarına etkileri .....	60
Şekil 4.25 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede bakır miktarına etkileri .....	62
Şekil 4.26 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede demir miktarına etkileri .....	62
Şekil 4.27 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede çinko miktarına etkileri .....	63
Şekil 4.28 : Farklı sulama oranlarının taze fasulyede mangan miktarına etkileri .....	63

## SİMGELER DİZİNİ

MPa	: Megapaskal
$\Psi$	: Psi
$\Psi_w$	: Su potansiyeli
$\Psi_{şö}$	: Şafak öncesi yaprak su potansiyeli
$\Psi_{şv}$	: Şafak vakti yaprak su potansiyeli
$\Psi_{go}$	: Gün ortası yaprak su potansiyeli
ppm	: Milyonda bir
YOSİ	: Yaprak oransal su içeriği
YSP	: Yaprak su potansiyeli
ÖYA	: Özgül yaprak alanı
CWSI	: Bitki su stresi indeksi
SPAD	: Soil Plant Analysis Development
MZİ	: Membran zararlanma indeksi
IRT	: Infrared termometre
EC	: Elektriksel iletkenlik
ET	: Bitki su tüketimi
OSİ	: Oransal su içeriği
NSİ	: Nisbi su içeriği
WUE	: Su kullanım randımanı
IWUE	: Sulama suyu kullanım randımanı
AAS	: Atomik absorpsiyon spektrofotometresi
ABA	: Absisik asit
APX	: Askorbat peroksidaz
SOD	: Süperoksit distunaz
MDA	: Malondialdehit
CAT	: Katalaz enzimi
GR	: Glutatyon reduktaz enzimi
FMV	: Fasulye mozaik virüsü
TA	: Taze ağırlık
KA	: Kuru ağırlık
TuA	: Turgor ağırlık
NaCl	: Sodyum klorür

Na	: Sodyum
Cl	: Klorür
N	: Azot
P	: Fosfor
K	: Potasyum
Ca	: Kalsiyum
Mg	: Magnezyum
Fe	: Demir
Zn	: Çinko
Mn	: Mangan
Cu	: Bakır

## ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim süresince benden zaman ve desteğini esirgemeyen çok değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Murat DEVECİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Araştırmam boyunca her türlü destek ve yardımlarını esirgemeyen değerli üniversite hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim. Bütün hayatım boyunca emeklerini, sabırlarını, sevgi ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans öğrenimimdeki yoğun çalışmalarım sırasında sabır ve sevgisini esirgemeyen kıymetli eşim Hacer YARIŞ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Mayıs, 2018

**Abdulğani YARIŞ**  
Ziraat Mühendisi

## 1. GİRİŞ

Fasulyenin kökenini bazı araştışıcılar Hindistan bazı araştışıcılar ise Avustralya ve Afrika olarak bildirmiştir. Ancak fasulyelerin kökeninin Amerika olduğu ileri sürülmüş ve kabul edilmiştir. Kültür fasulyesinin yabani formunun tam olarak bilinmemekle birlikte Meksika ve Orta Amerika'daki tek veya çok yıllık sarılıcı formların olduğu tahmin edilmektedir. Bodur formlarda yabani fasulye bulunmamakta olup, mutasyon sonucu ortaya çıktığı belirtilmektedir. Meksika'da çok eski yıllardan beri fasulye tarımının yapıldığı saptanmıştır. Fasulye Amerika'nın keşfinden sonra İşpanyollar tarafından Avrupa'ya buradan da Asya'ya getirilmiştir. Ülkemizde fasulye tarımının diğer yemeklik baklagillerden sonra başladığı ve yaklaşık 200 yıldan beri kültürünün yapıldığı tahmin edilmektedir (Anlarsal 2005).

Fasulye, hem insan beslenmesinde hem de ekim nöbetinde önemli bir yer tutmaktadır. Protein içeriğinin yüksekliği, mineral maddelerce zengin olması ve beğenilen lezzeti ile önemli besin maddelerinden birisidir. Yetiştirme döneminin bir bölümü kurak yaz aylarına rastladığından, sulamaya gereksinim duymaktadır (Güvenç 1993).

Fasulye genotipleri arasında verimleri yanında çevresel istekler bakımından da önemli farklılıklar bulunmaktadır. Genetik yapıya ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak verimi etkileyen önemli özellikler fasulyede farklılık göstermektedir (Pekşen 2005). Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) yemeklik tane baklagiller içinde ekolojik koşullar bakımından seçiciliği en fazla olan türdür. Genel anlamda baklagiller içerisindeki diğer türlerle kıyaslandığında *Phaseolus vulgaris*, kuraklığa ve tuzlu ortama daha hassastır (Subbarao ve ark. 1995).

Dünyada ilk 10 önemli taze fasulye üretici ülkenin yıllık üretimi 20,74 milyon ton civarında olup, en büyük üretici ülke 16,2 milyon ton ile Çin'dir. Türkiye yıllık 638 000 ton ile dünyada dördüncü büyük üretici ülkedir (FAOSTAT 2017). TÜİK verilerine göre 2010-2016 dönemi değerlendirildiğinde, Türkiye'de yaklaşık olarak 50 000 ha alanda yıllık 630 000 ton taze fasulye üretim yapılmaktadır (TUIK 2016).

2015 yılı Türkiye sebze alanınının 8.085.070 da olduğu bunun % 0,56'sının (45.573 da) Tekirdağ'da olduğu belirtilmiştir. Taze fasulye ekimi yapılan Türkiye'de 501.218 da iken

Tekirdağ'da 613 da (% 0,12); üretim miktarları Türkiye'de 640.836 ton iken, Tekirdağ'da bu miktar 717 ton (% 0,11) olarak tespit edilmiştir (TUIK 2016).

Kuraklık ve tuzluluk dünyada tarımsal üretimi sınırlandıran en önemli abiyotik stres sorunlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünya tarım alanlarının yaklaşık olarak % 45'i sürekli olarak kuraklık stresine maruz kalırken, dünya yüzeyinde bulunan alanların yaklaşık % 6'sı tuzluluk sorunu ile karşı karşıya gelmiştir (Ashraf ve Foolad 2007).

Kuraklığın da içinde bulunduğu abiyotik stres faktörlerine karşı dayanıklı kültür bitkileri geliştirilerek, çok geniş alanlar üzerinde üretim yapılabilir. Günümüzde kaliteli su kaynakları azalmakta ve pek çok alanda çiftçiler, sanayiciler ve belediyeler gibi farklı kullanıcılar aynı su için rekabet etmektedirler. Bu yüzden sulama, kuraklık probleminin çözümünde pek ümitvar bir tercih olarak görülmemektedir. Bu kanaat giderek yaygınlaşmaktadır ve kurak koşullar altında yüksek verim sağlayabilme kapasitesine sahip bitkilere karşı artan bir ilgi bulunmaktadır. Daha az su tüketen, kuraklığa dayanıklı bitkilerin ekim nöbetinde yer almasının sağlanması yoluyla su kullanımını azaltmak olasıdır. Özellikle son yıllardaki küresel ısınma sonucunda yaşanan kuraklık, bitkisel üretim üzerinde önemli düzeyde tehlike oluşturmaktadır. IPCC'ye göre (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2030 yılında Türkiye dâhil Güney Avrupa'yı içine alan bölgede sıcaklıkların kışın 2°C, yazın ise 2-3°C arasında yükselmesi beklenmektedir. Kuraklığın artması ile birçok uluslararası ve yerel su kaynağının paylaşımı ve yönetimi daha da zorlaşacaktır (Ünal 2010).

Kurak ve yarı kurak bölgelerde bitki yetişme döneminde kuraklık nedeniyle gerekli suyun yağışlarla sağlanması mümkün olmamaktadır. Özellikle yağışın çok az veya hiç olmaması, son yıllarda sık sık kuraklık olaylarıyla karşılaşılması, su kaynaklarının çok iyi kullanılması konusunu gündeme getirmektedir. Kurak dönemlerde su eksikliği nedeniyle ürün kaybını en aza indirmek veya tamamen ortadan kaldırmak için optimum su uygulama programları geliştirilmeye çalışılmaktadır. Burada amaç, suyun ne zaman, ne kadar ve nasıl uygulanacağını bilmesidir (Ünüvar 2010).

Bitkilerde su stresi toprakta su miktarının düşük; buna karşı transpirasyonun yüksek olması durumunda meydana gelmekte ve bitkinin olağan yaşamsal fonksiyonlarını olumsuz yönde etkilemektedir (Jensen ve ark. 2000).

Bitki bünyesinde su eksikliği, daima transpirasyonun köklerde su alımını aştığı zaman ortaya çıkmaktadır. Örneğin şiddetli transpirasyon koşullarında topraktan kullanılabilir suyun

az olması halinde veya köklerde metabolizmanın durması durumunda bitki su içeriği düşmektedir (Aktura 1990). Bitkilerde su kaybı veya kuraklık sonucu oluşan bu durum ‘‘Su Açığı Stresi’’ veya ‘‘Kuraklık Stresi’’ olarak tanımlanmıştır (Levitt 1980).

Su eksikliğinin bitkinin büyümesi ve gelişmesinde büyük bir negatif etkisi vardır. Bitkide çimlenme, fide oluşumu, çiçeklenme gibi belli büyüme aşamaları su eksikliğinin meydana getirebileceği zararların en yoğun şekilde görüldüğü aşamalardır. Bu dönemlerde meydana gelecek olan eksiklik ürün gelişimini kesinlikle olumsuz yönde etkilemektedir. Doğal bir tehlike olan susuzluğun bitkideki etkisi yavaş yavaş ilerleyip uzun süre devam edebilir (Öztürk 1999).

Sulama suyu yönetiminde en temel yaklaşım, su kaynağının yeterli olduğu koşullarda aşırı su kullanılmaması ve su kaynağının yetersiz olduğu durumlarda var olan su ile en yüksek verimin elde edilmesidir. Bitkisel üretim toprak, bitki ve atmosfer etkisinde oldukça karmaşık bir sistemdir. Sulama suyunun etkili bir biçimde yönetilmesi için bu üç faktörü dikkate alan karar destek araçları vazgeçilmezdir. Son yıllarda sulama suyu yönetiminde bitkilerin izlenmesi ve bu yönde karar verilmesi öne çıkmaktadır. Günümüzde bitki izlemeye dayalı karar vermede örnekleme ile bitki su kapsamının ve uzaktan algılamayla bitki örtü sıcaklığının izlenmesi öne çıkmaktadır (Köksal ve ark. 2010).

Fasulyeler toprakta nem noksanlığına aşırı duyarlı bitkilerdir. Tohumun çimlenmesi esnasında toprakta yeteri kadar nem bulunmalıdır. Çimlenme bitip kökler toprakta iyice tutununcaya kadar sulama yapılmaz. Bitkiler 2-3 yapraklı duruma geldikten itibaren kuraklığa hassasiyetleri fazlalaşır ve kök bölgesinin sürekli nemli olması gerekir. Özellikle çiçek açma başlamazdan önce sulamaya aşırı özen gösterilmelidir. Bu amaçla, ilkbahar yetiştiriciliğinde havaların henüz fazla ısınmadığı zamanlarda 7-10 günde bir, sıcak yaz aylarında ise 4-5 günde bir sulama yapmak iyi sonuç vermekte, verim ve kaliteyi büyük oranda artırmaktadır (Şalk ve ark. 2008).

Fasulye yetiştiriciliği yapılan arazilerdeki gözlemler, farklı fasulye genotiplerinin tuzlu ve su kısıtlı koşullarda yetiştiriciliğinde bitki vegetatif büyümesi, bakla ve dane verimliliğinde önemli farklılıkların olduğunu göstermektedir. Aynı tür içerisinde var olan bu farklılığın genotiplerin tuzluluğa ve kuraklığa adaptasyon mekanizmalarındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünölmektedir (França ve ark. 2000).



Goldberg ve ark. (1976) bitkilerin ihtiyaç duydukları suyun verildiği dönemin, toplam ihtiyaç duydukları su miktarından daha önemli olduğunu, gelişme dönemlerinin başlarında kısıtlı su verilmesi ile kuvvetli geliştiklerini ve fotosentez miktarını artırdığını tespit etmişlerdir. Ayrıca mümkün olan en fazla verim alınabilmesi için bitkinin gelişme periyodları içinde çiçeklenme ve meyve bağlama dönemlerinde yeterli su verilmesinin gerekli olduğunu saptamışlardır (Ünal 2010).

Kırda (2002) kısıntılı sulama uygulamasının tam sulama uygulamasına göre farklı olduğunu, kısıntılı sulamanın ana amacının, verim üzerindeki etkisi en az olan sulamanın yapılmayarak, su kullanım randımanını yükseltmek olduğunu, kısıntılı sulama ile oluşan verim kaybının, hastalık ve zararlılardan kaynaklanan ve hasat sırasında oluşan kayıplardan daha az olduğunu ve düzgün bir şekilde uygulanan kısıntılı sulamanın ürün kalitesini arttırabileceğini bildirmiştir.

Yürütölen bu araştırmada farklı sulama oranları ile sağlanacak su kısıtlarının taze fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) çiçeklenme başlangıcı ile hasat dönemi arasında meydana getireceği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece verim ve kalitede kayıplar olmadan uygun su kısıtı altında fasulye bitkilerinin yetiştirilip yetiştirilemeyeceği belirlenecektir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Zink (1965) ilkbaharda yetiştirilen ıspanaklarda yürüttükleri çalışmalarında ortalama yaprak adedinin bütün gelişme boyunca artış gösterdiğini, yaprak alanı ve taze ağırlıktaki artışın başlangıçta yavaşken sonrasında hızlandığını saptamıştır.

Miller ve Burke (1983) kuru fasulye verimini en çok düşüren su stresinin, çiçeklenme döneminde uygulanan su stresi olduğunu, bundan kaçınılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Ike (1986) yer fıstığının gelişmesi ve verimi üzerinde toprak su stresinin etkisini araştırmış ve yer fıstığını erken çiçeklenme ve tane oluşum devreleri boyunca su stresine bırakmıştır. Araştırmacıya göre ilk çiçeklenme döneminde uygulanan su stresi tane oluşum dönemine göre bitki boyunu, yaprak sayısını ve tane gelişimini azaltmıştır.

Öztürk (1991) soya bitkisi üzerinde su stresinin etkisini araştırdığı çalışmasında bitkinin boyunun 8-10 cm'ye ulaştığı dönemi V1 (ilk gelişme dönemi) olarak isimlendirmiştir. Araştırmacı soya fasulyesi V1 döneminde su stresine maruz bırakıldığında, diğer dönemlerde strese uğratılan bitkilere kıyasla hasat dönemine daha erken girdiğini aynı zamanda bitkilerin cılız kaldığını ve bitki veriminde de % 50'den fazla kayıplar ortaya çıktığını söylemiştir. Bunun yanı sıra bitkilerin boyunda kontrole göre % 36 düzeyinde azalma gösterip bitkilerde terleme ile kaybettikleri suyun miktarı da, kontrole göre % 51 oranında azalmış olduğunu gözlemlemiştir. V1 döneminden itibaren su stresi altında kalmış bitkinin kuru madde üretiminin de yine kontrole göre % 51 oranında azaldığını rapor etmiştir. Araştırmacı su stresinin kuru madde üretimine etkisinin vegetatif gelişme dönemlerinde daha şiddetli olduğunu, V1 döneminden itibaren su stresi uygulanan bitkilerde kuru madde üretiminin azalmasını da, muhtemelen bu bitkilerde fotosentez organları olan yaprakların azalması ile ilgili olduğunu belirtmiştir. Ayrıca su stresinin uygulandığı bitkilerin köklerinin ise, kontrol bitkilere kıyasla daha derinlere ulaştığını belirtmiştir.

Scopel ve ark. (1992) soya fasulyesinde tohum verimini artırmak amacıyla yaptıkları çalışmalarında orta düzeyde su kısıtlamasının boğum aralarının kısalması ile birlikte bitki boyunu kısalttığını ve bitkinin toplam ağırlığını azalttığını bildirmişlerdir.

Toprak çözeltisindeki tuz konsantrasyonu artış gösterdiği ve su potansiyeli azaldığında, bitki hücrelerinin ozmotik potansiyeli düşmekte ve bitki hücrelerinin bölünmesi ya da uzaması birden yavaşlamaktadır. Bu stres koşulu altında genellikle stomalar

kapanmakta ve sonuç olarak fotosentez azalmaktadır. Stres koşullarının devam etmesi halinde ise bitki büyümesi tamamen durabilmektedir (Ashraf 1994).

Pugnaire ve ark. (1994) hücre büyümesinin olumsuz şekilde etkilenmesinin bitkilerde yaprakların küçülmesine dolayısıyla fotosentez ürünlerinin azalmasına neden olduğunu belirtmişlerdir.

Smesrud ve ark. (1997) nemin fasulyede bitki gelişiminin bütün evrelerinde önemli olduğunu, çiçeklenme ve meyve bağlama dönemlerinde su stresine çok hassas olduğunu belirtmişlerdir. Bu dönemde su kısıntısının verime ve meyve kalitesine olumsuz yönde büyük bir etkisi olacağını bildirmişlerdir.

Ramirez-Vallejo ve Kelly (1998) yaptıkları bir çalışmada, su kısıntısının derecesine göre tane veriminin % 22 ile % 71 arasında azalttığını belirlemişlerdir.

Bitki strese girdiğinde en erken belirtilerden biri yaprak sıcaklığının artması olup, bu durum radyasyon emiliminin olduğu ve transpirasyonun engellendiği anlamına gelmektedir (Buschmann ve Lichtenthaler 1998, Chaerle ve Van Der Straeten 2000).

Sera koşullarındaki fasulye çeşitlerinde (Carioca ve Prince) su stresinin verim ve verim komponentleri üzerine etkilerin araştırıldığı bir çalışmada, bitkiler optimum koşullarda, çiçeklenme dönemi ve meyve (bakla) bağlama döneminde su stresinde yetiştirilmiştir. Carioca çeşidinin Prince'e göre kuraklığa daha dayanıklı olduğu, her iki dönemde de uygulanan su stresinin bitkilerin gelişmelerinin ve verim öğelerinin (tane ağırlığı, bitkideki tane sayısı, bitkideki bakla sayısı, yaprak sayısı, bitki boyu) olumsuz etkilendiği saptanmıştır (Boutraa ve Sanders 2001).

Costa ve ark. (2002) soya fasulyesi ile yaptıkları çalışmada su stresi ile bitki boyunda önemli azalmalar meydana geldiğini bildirmişlerdir. Soya fasulyesinde su stresi ile bitki yaprak ve dallarının sayısında, bitki boyunda, toplam yaprak alının da ve sürgün kuru ağırlıklarında azalmanın olduğu; sulamayla da biyolojik kütlede artış meydana geldiğini belirtmişlerdir. Yapraktaki su eksikliğinin biyolojik kütle ve kuru ağırlık miktarları farklı araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir (Iannucci ve ark 2002).

Mannan ve ark. (2002) marulun gelişimine ve verimine, dört farklı sulama düzeyinin etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, sulama aralıklarının bitki yüksekliği, yaprak sayısı, baş ağırlığı, baş büyüklüğü, kuru madde üretimi, yaprak alanı ve verime önemli derecede etki ettiğini belirlemişlerdir. Verim ve baş ağırlığının sulama sıklığıyla arttığı saptanmıştır. En büyük baş ağırlığı (369,67 g), en fazla bitki yüksekliği (27,00 cm), en büyük yaprak alanı

(5,23 cm<sup>2</sup>), en fazla kuru madde ağırlığı (23,47 g), en fazla baş kalınlığı (15,67 cm), en geniş baş çapı (18,00 cm) ile en fazla toplam (2,52 t/ha) ve pazarlanabilir (1,64 t/ha) verim 7 günlük sulama aralığında tespit edilmiştir. Bitkilerin büyümesinde ve gelişmesinde önemli bir faktör olan suyun eksik olduğu durumlarda oluşan su stresi toplam yaprak sayısını, yaprak alanı ve yaprak ağırlığını önemli şekilde azaltmaktadır.

Tuz stresi altındaki bitkiler, stomalarını kapatarak yaprak alanlarının da küçülmesi ile transpirasyonu azaltarak su kaybını önlemeye çalışmaktadır. Ancak yaprak alanının azalmasıyla birim alandaki CO<sub>2</sub> fiksasyonu da azalmaktadır. Bu süre içerisinde respirasyon artmakta, bu durum birim yaprak yüzey alanı başına düşen günlük net CO<sub>2</sub> asimilasyonunda bir azalışa neden olmaktadır. Yaşamak için yoğun enerji harcayan bitki, ihtiyacından daha az fotosentez yapmakta ve gerekli enerjiyi sağlayamamaktadır. Sonuç olarak büyüme ve gelişmede gerileme başlamaktadır (Karanlık 2001, Yaşar 2003).

Arpacı (2003) yürüttüğü bir çalışmada, su stresi konularını Class A Pan'dan buharlaşan su miktarının % 40, % 70, % 100 ve % 120 oranında bitkiye geri verilmesiyle oluşturmuştur. Su kısıntısının kavunda; toplam verim, meyve ağırlığı, bitki başına meyve sayısı, meyve eti ağırlığı, meyve eni gibi verim kriterleri ile kök kuru ağırlığı, gövde kuru ağırlığı, yan dal sayısı, boğum arası uzunluğu, yaprak alanı, yaprak sayısı gibi bitkisel özellikleri üzerine olumsuz etkide bulunduğunu; su kısıntısı erkenci verim, suda çözünebilir kuru madde miktarı ve kök uzunluğu değerlerini arttırdığını saptamıştır.

Kocheva ve ark. (2004) kuraklık stresine toleransın belirlenmesinde önemli bir indikatör olarak görülen membran zararlanma indeksi, arpada kuraklık stresi karşısında artış göstermiştir. Araştırmacılar hücrede meydana gelen yoğun su kaybının, membranlara zarar verdiğini açıklamışlardır.

Sağlam (2004) yaprak kıvrılmasının artan kuraklığa paralel olarak arttığı ve kıvrılmanın ilk kez stres geçiren bitkilere oranla daha çabuk meydana geldiğini ve kıvrılmış halde daha uzun süre kaldıklarını tespit etmiştir.

Kültür formlarının en önemlilerinden olan fasulyenin, üretiminin yapıldığı alanlarda belli dönemlerde mutlaka sulanmaları gerekmektedir. Su eksikliğinden dolayı oluşan su stresi sonucunda büyüme parametreleri olan bitki boyu, yaprakların toplam sayısı, toplam yaprak alanları ve biyolojik kütle üretimi önemli şekilde azalmakta iken, toplam kök kütlesi/toplam sürgün oranının su kullanma kabiliyeti ile bağlantılı olarak önemli şekilde artmaktadır (Yin ve ark. 2005).

Ashraf ve Iram (2005) kuraklık stresinin yaprak alanında azalmaya neden olduğunu ifade etmişlerdir.

Kazlı (2005) yarı ıslatmalı sulama konusunu tam ıslatmalı konuyla karşılaştırdığında % 13.2'lik su tasarrufu sağlandığını saptamıştır. Buna karşılık tam ve yarı ıslatmalı konu arasında başta verim ve bakla sayısı olmak üzere tüm konularda (kök kuru ağırlığı, gövde yaş ağırlığı, yaprak yaş ağırlığı ve yaprak alanı dışında) farklılık bulunamamıştır. Su kısıntısı tüm özelliklere olumsuz etki yapmıştır. Yüksek pan katsayılarına göre düşük Kcp0.8 ve Kcp0.6 pan katsayılarında incelenen özelliklerin (kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, bitki boyu, gövde kuru ağırlığı ve yaprak alanı indeksinde istatistiki olarak önemsiz olsa da) değerleri azaltmıştır.

Koç (2005) yapmış olduğu çalışmada 0-5 skala (zararlanma derecesi) değerlerini incelemiş ve sulama ana etkisi değişikliklerinin kontrol uygulaması (% 100)'na göre % 0 uygulamasında en yüksek olduğunu (5.00), % 75 uygulamasında ise düşük olduğunu (1.50) tespit etmiştir.

Mahajan ve Tuteja (2005) stres koşullarında yetiştirilen kavun bitkilerinin kontrol bitkilerine oranla daha az yaprak sayısı ve yaprak alanı oluşturduğu belirlemiştir. Yaprak sayısı ve yaprak alanı bakımından kurak koşullarda kontrollerine en yakın değerler 196, 107, 208, 305, (% 9-13) nolu genotiplerde saptanmıştır. Bunun yanında kontrol bitkilerine oranla en fazla kaybın meydana geldiği genotipler ise 2, 3, 40 ve 52 (% 44-63) olarak belirlenmiştir. Kurak koşullarda yapraklarda meydana gelen morfolojik değişimler genelde transpirasyonla kaybedilen su miktarını azaltmaya yönelik olmuştur.

Miyashita ve ark. (2004) barbunyada kuraklık stresinin fotosentez terleme ve stomatal iletkenlik üzerine etkileri incelemiştir. Bitkiler sulamadan sonra birkaç gün süre ile göreceli olarak su stresine maruz bırakılmış, barbunyanın iyileşme göstermesi için tekrar sulanmış ve fotosentez, terleme, stomatal iletkenlik, klorofil floresans özellikleri gözlemlenmiştir. Bitkiler 2 gün sulanmadığında fotosentez oranı, terleme oranı ve stomatal iletkenlik hızla azalmıştır. Klorofil floresans özellikleri ise 7 gün su verilmediğinde azalmıştır. Susuz gün ne kadar fazla olursa tekrar sulama sonrası fotosentez, terleme ve stomatal iletkenlikte iyileşme göreceli olarak azalmıştır. Kuraklık stresini takiben fotosentez, terleme, stomatal iletkenlik iyileşme oranlarında farklar oluşmuştur. Sonuç olarak yaprak su potansiyeli ve iyileşme süresi ve hızlı fotosentez ve terleme ve stomatal iletkenlik arasında kapalı bir kolerasyonun varlığı açık şekilde gözlemlenmiştir.

Şehirli ve ark. (2005) damla sulama yöntemi ile sulanan kuru fasulyenin su kullanım özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürüttükleri bir çalışmada, bitkiye tükettiği su miktarının % 0, 25, 50, 75 ve 100' ün karşılandığı beş farklı sulama programı uygulamışlardır. Araştırma sonucunda, bitki su ihtiyacının tamamının karşılandığı koşullarda, fasulye bitkisinin mevsimlik bitki su tüketimi 732 mm olarak ölçülmüştür. Elde edilen tane verimleri, uygulanan toplam sulama suyu ve mevsimlik bitki su tüketimi ile doğrusal ilişkiler göstermiştir. Çalışmada, mevsimlik su-verim ilişkisi faktörü ( $k_y$ ) 1.04 olarak saptanmıştır. Ayrıca, deneme konularına göre sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) 0.34 – 0.41  $\text{kg/m}^3$ , su kullanım randımanları (WUE) ise 0.20 – 0.37  $\text{kg/m}^3$  arasında değişmiştir.

İki farklı su stresi seviyesinin (orta ve şiddetli) *Phaseolus vulgaris* L. üzerine olan etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, büyüme parametrelerine ait bitki boy uzunluğu, yaprak sayısı, yaprak alanı, yaprak, gövde ve köklerin yaş ve kuru ağırlık verileri artan susuzluk seviyelerinde azalmıştır. Şiddetli su stresinin sonucu olarak kök kuru ağırlıkları hariç olmak üzere düşen tüm değerler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Doğan 2006).

Sezen ve ark. (2005) tarafından yürütülen “damla sulama yönteminin tarlada yetişen taze fasulye verimine ve kalitesine etkisi” adlı çalışmalarında Gina taze fasulye çeşidinin verimi 1224 kg/da ile 2055 kg/da arasında değişmiş olup, sık ve tam sulama koşulunda en yüksek verim değeri elde edilmiştir.

Gençoğlan ve ark. (2006)'nın yaptığı çalışmada, geleneksel ve kısmi kök kuruluğu sulama tekniği ile farklı seviyelerde sulanan taze fasulye bitkisinde, ürün verimi 686 ile 1087 kg/da arasında değişmiştir.

Madakbaş ve ark. (2006) 2002-2003 yıllarında Samsun Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde bölgeye en uygun bodur fasulye çeşitlerini tespit etmek ve performanslarını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında, iki yıllık dekara verim ortalamaları 1112.5-2278,7 kg arasında değişmiştir. En yüksek verim 2002 yılında 1847,7 kg/da ile Simav çeşidinde, 2003 yılında ise 2905,3 kg/da ile Gina çeşidinden alınmıştır.

Damla sulamada farklı lateral aralığı uygulamasının taze fasulyede verim ve kalite unsurlarına etkisi isimli bir araştırmada, taze fasulye verimlerinin 113 ile 609 kg/da arasında değiştiğini tespit etmiştir (Albayati 2018).

Güzel (2006)'nin yaptığı çalışmanın sonunda elde edilen bulgulara göre kuraklık stresinde kök ve gövde uzunluğu azalmıştır. Çalışmada kullanılan her iki domates türünde de

(, *L.esculentum* ve *L.chilense*) oransal su içeriği (OSİ) kuraklık stresinde azalırken, bu azalma kuraklığa nispi duyarlı *L.esculentum*'da daha belirgin olmuştur. Kuraklık stresinde absisik asit (ABA) veya  $Ca^{+2}$  uygulaması OSİ'ndeki inhibisyonu azaltmıştır. Uygulamanın besinci gününde hem stres altında hem de stressiz koşullarda kuraklığa toleranslı *L.chilense*'de klorofil içeriğinde belirgin bir artış gözlenmiş, buna karşılık, *L.esculentum*'da klorofil içeriğinde azalma tespit edilmiştir.

Köksal (2006) “sulama suyu düzeylerinin şeker pancarının verim, kalite ve fizyolojik özellikleri üzerindeki etkisinin, infrared termometre ve spektoradyometre ile belirlenmesi” adlı çalışmasında yedi farklı sulama konusunda ağır bünyeli toprakta, 2004 ve 2005 yıllarında çalışmıştır. Bitkiler infrared termometre ve spektoradyometre araçları başta olmak üzere çeşitli cihazlarla ve örnekleme yolu ile izlenmiş çeşitli göstergeler elde edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre yüzey sıcaklığına dayalı bitki su stresi indeksi (CWSI) ve yaprak suyuna bağlı yaprak su potansiyeli (YSP) su stresine; spektral indekslerden normalize edilmiş vejetatif değişim indeksi (NDVI) ve toprak yansımalarını dikkate alan vejetasyon indeksi (SAVI) vejetasyon düzeyine oldukça duyarlı çıkmıştır. Genel olarak incelenen fizyolojik parametreler ile uzaktan algılanmış verilerle hesaplanan indekslerin istatistiksel ilişkileri önemli bulunmuştur.

Kuraklık stresine bağlı olarak büyümede, bitki yaş ve kuru ağırlığı, yaprak alanı gibi parametrelerde azalma meydana geldiği birçok araştırmada bildirilmektedir (Anyia ve Herzog 2004, Clavel ve ark. 2005, Mnasri ve ark. 2007).

Daşgan (2008)'a göre tuz ve kuraklık stresleri genellikle yüksek sıcaklık stresiyile beraber ortaya çıkabilmektedir. Araştırmacı bitkinin düşük yaprak sıcaklığına sahip olmasının transpirasyonla kendini serinletme çabası olarak strese karşı bir adaptasyon mekanizması olabileceğini belirtmiştir.

Kuşvuran ve ark. (2008) 34 farklı bamyada genotipinin kuraklığa toleransının belirlendiği bir arazi çalışmasında, bitkiler yan yana iki parselde yetiştirilmiş ve bir parseldeki bitkiler kuraklık stresine maruz bırakılırken, diğer parseldeki bitkiler ise damla sulama yöntemiyle sulanarak yetiştirilmiştir. Bamyada genotipsel farklılıklar ve tolerant genotiplerin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada görsel skala (0-5 skalası) değerleri bakımından genotiplerin farklı puanlamalar aldığı ve farklı tepkiler verdiği belirlenmiştir. Kuraklık uygulamaları sonucunda yeşil aksam, yaş ve kuru ağırlığı, bitki boyu, gövde çapı ve yaprak

sayısı gibi büyüme parametrelerinin olumsuz etkilendiği, özellikle yaş ve kuru ağırlık kayıplarının ön seçim aşamasında önemli bir tarama faktörü olabileceği görülmüştür.

Candoğan (2009) soya fasulyesinin (*Glycine max* L. Merrill) su-verim ilişkilerini belirlemek amacıyla, yarı-nemli bir iklime sahip Güney Marmara Bölgesinde, iki yıl süreyle bir çalışma yürütmüştür. Kurulan arazi denemesi toprak su içeriğine dayalı tam su, farklı düzeylerde kısıntılı su ve susuz uygulamalarını kapsamıştır. Kısıntılı sulama konuları soya fasulyesinin vejetatif gelişme, çiçeklenme, bakla oluşumu ve tane gelişimi dönemlerine göre düzenlenmiştir. Sulama suyu damla sulama yöntemi ile uygulanmıştır. Araştırma sonucunda, soya fasulyesinde, deneme konularının tane verimi ve verim bileşenleri üzerine etkileri  $P<0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek mevsimlik su tüketimi ve verim, araştırmanın her iki yılında tam su uygulanan konuda ölçülmüştür. Bununla birlikte, oransal su tüketimi ile oransal verim arasındaki doğrusal regresyon analizlerine göre soya fasulyesi suya en çok bakla oluşumu ve tane gelişim dönemlerinde duyar olduğu saptanmıştır.

Demirel ve ark (2010) Çanakkale Bölgesinde karpuz bitkisi için klorofil okumaları ve yaprak su içeriği ölçümlerinden yararlanılarak bitkideki su stresinin belirlenmesini amaçladıkları çalışmada klorofil okumaları (KO) ve yaprak su içeriği (YSİ) ölçümleri sulama öncesi (SÖ) ve sulama sonrası (SS) yapılmıştır. Sulamalar damla sulama yöntemi ile yapılmış ve 6 farklı sulama konusu (S100 (kontrol), S80, S60 S40, S20 ve S0 (susuz)) oluşturulmuştur. Büyüme dönemleri 3 kategoriye ayrılmıştır: (1) çiçeklenme, (2) meyve oluşumu, (3) olgunlaşma ve hasat. Gelişme dönemi boyunca klorofil okumaları ve yaprak su içerikleri S100 konusundan S0 konusuna doğru azalmıştır. Çiçeklenme dönemi, meyve oluşumu dönemi, olgunlaşma ve hasat dönemleri için klorofil okumaları ve yaprak su içerikleri arasındaki ilişkilerin belirtme katsayıları ( $R^2$ ) sırasıyla 0.751, 0.805, 0.878 olarak bulunmuştur. Araştırma sonuçları, yaprak su içeriğinin ve klorofil okumalarının özellikle çiçeklenme dönemi ve meyve oluşum döneminin başlangıcında su stresini belirlemek için kullanılabileceğini göstermiştir.

Kuşvuran (2010) yapmış olduğu çalışma sonucunda, tuz ve kuraklığın kavun genotiplerinde bitki büyüme ve gelişmesini engellediğini, kavun genotiplerinin stres faktörlerine karşı farklı tepkiler verdiğini belirlemiştir. Özellikle katalaz (CAT) ve glutatyon redüktaz (GR) enzim aktiviteleri ile sitrullinin kavunlarda tuz ve kuraklığa toleransta oldukça etkili olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında tuz ve kuraklık streslerinin benzer mekanizmaları harekete geçirdiği, iyon regülasyonu ve enzimatik değişimler çerçevesinde kavun genotiplerinin tuz stresinden daha fazla etkilendiği ifade edilmiştir.



Köksal ve ark. (2010) bodur taze fasulyenin sulama zamanının belirlenmesinde kullanılmak üzere sınır yaprak su potansiyeli (YSP) ve bitki su stresi indeksi (CWSI) değerlerini belirlemişlerdir. Bu amaçla altı farklı sulama seviyesine sahip bir arazi denemesinden elde edilen YSP ve bitki örtü sıcaklığı verileri kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre YSP ve CWSI taze fasulyede su stresini ortaya koymada oldukça başarılı bulunmuştur. YSP'nin -14.0 ile -18.0 bar ve/veya CWSI'nin 0.25 ile 0.50 arasında olması taze fasulyede sulama zamanının geldiğini göstermiştir.

Ünüvar (2010) yapmış olduğu çalışmada, 2 farklı lateral aralığı (45 ve 90 cm) ve 2 farklı sulama aralığı (7 ve 14 gün) koşullarında tam ve %50 kısıntılı sulama uygulamalarının fasulye dane verimine etkilerini araştırmıştır. Araştırma sonucunda, en yüksek dane verimi 4320 kg/ha ile 45 cm lateral aralığında 7 günde bir tam sulama uygulanan konudan elde edilmiştir. Deneme konuları içerisinde, sulama suyunun en etkin kullanıldığı konu, 1.61 kg/m<sup>3</sup> ile lateral aralığının 45 ve 90 cm olarak planlandığı ve 7 günde bir kısıntılı sulama suyu uygulanan S<sub>2</sub> ve S<sub>6</sub> konularında gerçekleşmiştir.

Uyan (2011) değişik vejetasyon dönemlerinde farklı su kısıtlarının ıspanakta meydana getirdiği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerin belirlenmesi adlı çalışmasında yaprak sayısı (adet), yaprak ağırlığı (g), yaprak kalınlığı (mm), yaprak alanı (cm<sup>2</sup>), yaprak oransal su içeriği (%), yaprak su potansiyeli (MPa), yaprak hücrelerinde membran zararlanması (%), yaprak sıcaklığı (°C), nisbi büyüme oranı (mg/KA), toplam fenolik madde (mg/100 g), toplam klorofil (mg/l), serbest prolin (µmol/g TA), sistein (µmol/g TA), askorbik asit (mg/100 g), lipid peroksidasyon (mmol/g TA) ile yapraklardaki makro ve mikro besin elementleri miktarlarını ölçmüştür. Ispanağın gelişim dönemleri bakımından, erken döneme denk gelen kuraklık daha düşük stres seviyelerinde atlatılırken, ilerleyen dönemlerde stres seviyesi gittikçe artmış, buna rağmen genç dönemde atlatılan kuraklık stresi bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz etkilemiştir. Hasat döneminde oluşacak bir su stresinde ise stres sonrası bitkilerin sadece kontrol ve % 75 sulama oranında sulananların stresten etkilenmediği % 0, % 25 ve % 50 oranında sulanan bitkilerin ise stresi atlatamadığı büyüme ve gelişmesine devam edemediği tespit edilmiştir.

Erken gelişme aşamasındaki 24 günlük bamyada bitkileri ile çalışılan bir denemede verime kadar gidilmemiştir. Farklı bamyada genotiplerinin tuz ve kuraklığa tolerant oranlarını belirlemek amacıyla bir seri morfolojik ve fizyolojik ölçümler ve analizler yapılmıştır. Bunlar; 0-5 skalasına göre genotiplerde semptomatik zararlanmanın puanlandırılması, yeşil aksam taze ve kuru ağırlıkları, kök taze ve kuru ağırlıkları, yaprak sayısı, bitki boyu, yaprak

alanı, membran zararlanma indeksi, SPAD-klorofil metre okumaları, yaprak oransal su içeriği, yaprak su potansiyeli, yaprak osmotik potansiyel, stoma geçirgenliği, yaprak sıcaklığı, yeşil aksam ve kökte Na, K, Ca ve Cl analizleridir. İncelenen tüm parametreler bakımından tuz ve kuraklık stresindeki bitkilerde kontrol bitkilerine göre oluşan % değişimler hesaplanmıştır. Ayrıca parametrelerin birbirleriyle olan ilişkileri araştırılmıştır. Her iki stres koşulunun da yeşil aksam ağırlıklarının, kök ağırlığına oranla daha fazla etkilendiği, bitki boyu, yaprak sayısı ve yaprak alanı gibi parametrelerin stres koşulları altında azalma gösterdiği, klorofil miktarında artış olduğu, yaprak oransal su içeriğinde azalma meydana geldiği, yapraklarda membran zararlanmasına neden olduğu, yaprak sıcaklıklarının arttığı saptanmıştır (Küçükkömürcü 2011).

Kuşvuran (2011) bamyada tuza tolerant genotiplerin belirlenmesinde kullanılabilecek bazı parametrelerin etkinliği ile genotiplerin tuz stresine karşı göstermiş oldukları tepkileri incelemiştir. Stres sonunda oluşan etkilerin ortaya konulabilmesi amacı ile bitkilerde 0-5 görsel skala değerlendirmesi, yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı, yaprak sayısı ve yaprak alanı, yeşil aksam  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{++}$  iyon analizleri bakımından değerlendirmeler yapmıştır. Çalışma sonucunda bamya genotiplerinin tuz stresi karşısında farklı tepkiler gösterdiği, 0-5 skala değerlendirmesi, yeşil aksam kuru ağırlığı, yaprak alanı ile  $Na^+$ ,  $K^+$  ve  $Ca^{++}$  iyon değişimlerinin tarama çalışmalarında etkin olarak kullanılabilecek parametreler arasında yer alabileceğini belirlemiştir.

Makbul ve ark. (2011) kuraklık stresine maruz bırakılan soya fasulyesinde yaprak su potansiyeli, kök/gövde oranı, toplam klorofil içeriği ve stoma iletkenliğinin azaldığını sonuç olarak kuraklık stresi altındaki soya fasulyesi bitkilerinde bazı anatomik ve fizyolojik değişikliklerin meydana geldiğini saptamışlardır.

Kurak ve yarı kurak alanlarda tuzluluk önemli bir sorun teşkil etmektedir. Özellikle son yıllarda küresel iklim değişikliğinin etkisi ile tuzluluk sorunu daha da önem kazanmıştır. Kurak alanlarda artan sıcaklık ve azalan yağışın etkisi sonucu tuz yıkanamayarak üst toprakta birikmektedir. Bu durum bitki köklerinin gelişmesini kısıtlamakta, bitkilerde abiyotik stres oluşmasına neden olmaktadır. Özellikle kurak bölge tuzlu topraklarında yapılan tarım uygulamalarında tahıl bitkilerinin kökleri kısalmakta, su alımı ile terleme azalmaktadır. Ayrıca yanlış sulama sonucunda yetiştirilen bitkilerde tuzluluk sorunu meydana gelmekte ve bitkide tuz stresine neden olmaktadır. Tuz stresi ciddi fizyolojik fonksiyon bozuklukları yarattığı için bitkinin vejetatif ve reproduktif büyümesini kısıtlamakta, dölleme

bozukluklarına, meyvelerin küçük olmasına ve bitkinin yok olmasına neden olmaktadır. Bitkilerin tuz konsantrasyonuna karşı gösterdikleri dayanıklılıkları ise farklı olmaktadır (Dölarslan ve Gül 2012).

Yıldırım (2012) “sera koşullarında biberin bitki su stresi indeksi ile verim ilişkisinin belirlenmesi” adlı çalışmasında kısıtlı su uygulamasında yaprak alan indeksinin en düşük, kontrol (% 100) uygulamasında ise en yüksek olduğunu tespit etmiştir. Denemede yaprak su içeriği değerleri için gün boyu saatlik ölçüm yapılmış ve gün içerisindeki değişim ölçülmüştür. Sonuç olarak sulama miktarına göre yetiştirme dönemi içerisinde yapılan ölçümlerde yaprak su içeriğinin etkilendiği görülmüştür. Elde edilen yaprak su içeriği değerleri, sulama konularına bağlı olarak istatistiksel açıdan farklılık göstermiştir. Yaprak su içeriği, vejetatif dönemde % 273-356, çiçeklenme döneminde % 222-325 ve tane dolumu-hasat döneminde % 117- 247 arasında değişmiştir.

Kaya ve Daşgan (2013) yapmış oldukları çalışmalarında, 81 adet farklı fasulye genotipinin kurak ve tuzluluğa tolerans seviyelerini erken bitki gelişme aşamasında araştırmışlardır. Tuz ve kuraklığa yüksek tolerans gösteren fasulye genotipleri üreticilere önerilebileceği gibi ileride ıslah çalışmalarında gen kaynağı olarak da kullanılabilir. Bitkiler, substrat kültürü tekniği ile vermikulit ortamında yetiştirilmiştir. Fasulye genotiplerinin tuz stresine tepkilerini ortaya çıkarmak için 200 mM NaCl kullanılırken, kuraklık stresi suyun kademeli kesilmesi ile oluşturulmuştur. Çalışmada, fasulye bitkileri tuz ve kurak streslerinin yanı sıra stres olmayan kontrol koşullarında da yetiştirilmiştir. Denemede 28 günlük erken gelişme aşamasındaki fasulye bitkileri ile çalışılmış, verime kadar gidilmemiştir. Farklı fasulye genotiplerinin tuz ve kuraklığa toleran olanlarını belirlemek amacıyla bir seri morfolojik ve fizyolojik ölçümler ve analizler yapılmıştır. İncelenen tüm parametreler bakımından tuz ve kuraklık stresindeki bitkilerde kontrol bitkilerine göre oluşan % değişimler hesaplanmıştır. Ayrıca parametrelerin birbirleriyle olan ilişkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, incelenen fasulye genotiplerinin tuz ve kuraklık streslerine tepkileri bakımından geniş bir varyasyonun olduğu belirlenmiştir. Seksen bir farklı fasulye genotipi tuz ve kuraklığa toleran, orta düzeyde toleran ve hassas olarak sınıflandırılmıştır.

Sulama kısıtı ile oluşturulan kuraklık stresi yer kirazında bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz etkilemiştir. Stres sonrası bitkilerin sadece % 100 (kontrol) ve % 75 sulama oranında sulananların stresten etkilenmediği % 0, % 25 ve % 50 oranında sulanan bitkilerin ise stresi atlattığı büyüme ve gelişmesine devam edemediği tespit edilmiştir (Çelik 2014).

Bora (2015) farklı vejetasyon dönemleri ve tuz konsantrasyonlarının Jalapeno biber çeşidinde meydana gelen fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerin belirlenmesi amacı ile yürüttüğü çalışmada hasar indeksi, yaprak sayısı (adet), yaprak ağırlığı (g), yaprak kalınlığı (mm), yaprak alanı (cm<sup>2</sup>), yaprak oransal su içeriği (%), yaprak su potansiyeli (MPa), yaprak hücrelerinde membran zararlanması (%), yaprak sıcaklığı (°C), klorofil tayini (SPAD değeri), bitki boyu (cm), kök derinliği (cm), meyve sayısı (adet), meyve boyu (mm), meyve çapı (mm), meyve ağırlığı (g), yapraklardaki makro ve mikro besin elementleri (N, P, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Cu, Fe, Na, Cl) miktarlarını ölçmüştür. Elde edilen sonuçlara göre uygulanan farklı tuz konsantrasyonları altında ele alınan kriterlerden yaprak hücrelerinde membran zararlanması, yaprak sıcaklığı ve besin elementlerinden Na ve Cl miktarlarının tuzluluk arttıkça arttığı; diğer tüm kriterlerin tuzluğun 0 mM' dan 100 mM'e doğru artmasıyla azaldığı tespit edilmiştir.

Pıtır (2015) “biber yetiştiriciliğinde farklı su kısıtlarının meydana getirdiği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerin belirlenmesi” adlı çalışmada, yaprak zararlanma dereceleri, yaprak sayısı (adet), tek yaprak ağırlığı (g), yaprak kalınlığı (mm), yaprak alanı (cm<sup>2</sup>), tek meyve ağırlığı (g), tek meyve çapı (cm), tek meyve boyu (cm), toplam meyve sayısı (adet), toplam meyve ağırlığı (g), bitki boyu (cm), yaprak oransal su içeriği (%), yaprak su potansiyeli (MPa), yaprak hücrelerinde membran zararlanması (%), yaprak sıcaklığı (°C), toplam klorofil (mg/L), ile yapraklardaki makro ve mikro besin element miktarlarını ölçmüştür. Suyun kısıtlanmasıyla oluşturulan yapay kuraklık stresinin Jalapeno çeşidi biberde ölçülen tüm parametreleri olumsuz etkilediği saptanmıştır.

Karipçin ve Şatır (2016) “su stresi koşullarında yetiştirilen marul sebzesinin verim ve besin içeriğine arbusküler mikorizal fungus (AMF)'un etkileri” adlı çalışmada, su kısıntısı koşullarında mikoriza (*Glomus*) fungusunun marul (*Lactuca sativa*) sebzesinin verim ve verim bileşenlerine etkisini belirlemeyi amaçlamışlardır. % 100 (tam su) ve % 50 su düzeyleri ile *Glomus* türü mikoriza fungusu uygulanan marul bitkileri GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsünün ısıtmasız seralarında yetiştirilmiştir. Denemede, kanopi çapı, baş ağırlığı, baş çapı, baş boyu, pazarlanabilir yaprak sayısı, pazarlanabilir yaprak ağırlığı, pazarlanamaz yaprak ağırlığı, toplam yaprak sayısı, kök boğazı çapı, kök eni ve kök boyu ölçümleri ile yapraklardaki bazı mikro ve makro element içeriklerine bakılmıştır. Kök bölgelerinde görülen spor ve infeksiyon (bulaşma) oranları da tespit edilmiştir. Sonuç olarak tam sulamanın marul bitkisinin verim ve diğer verim bileşenlerini olumlu etkilediği, su düzeyinin artışıyla yapraklardaki N miktarının arttığı, en yüksek Fe içeriğinin de tam sulama konusundaki

mikorizal fungusu uygulamalarında olduğu saptanmıştır. Bitki kök bölgesinde görülen en yüksek sayıdaki spor sayısı (86.67 ad.) ve en fazla infeksiyon (% 56.67) % 50 su kısıntısı uygulanan konuda tespit edilmiştir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada bitkilerin yetiştiriciliği Namık Kemal Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait araştırma ve üretim arazisinde bulunan ısıtmasız plastik tünelde (Şekil 3.1) gerçekleştirilmiştir.

#### 3.1 Materyal

Yürütülen çalışmada bitkisel materyal olarak Tekirdağ Ziraat Odası'ndan temin edilen, erkenci bir bodur taze fasulye çeşidi olan Romano tipinden geliştirilmiş baklaları yeşil renkli, kılçıksız ve yassı olan, uzun süren hasat sezonunda bakla kalitesi bozulmayan yüksek verimli bir çeşit olan "Gina" çeşidi kullanılmıştır (Şekil 3.1).

Gina Türkiye'ye çok iyi adapte olmuş bir çeşit olup, fasulye üretimi yapılan bölgelerde aranılan bir çeşittir. Taze tüketim ve konservelik kalitesi yüksektir. İlkbahar ve güzlük ekimler için uygundur, çok yüksek verimli olan bu çeşidin hasadı kolaydır. Fasulye mozaik virüsüne (FMV) karşı dayanıklıdır (Anonim 2017).



Şekil 3.1 Denemde materyal olarak kullanılan Gina çeşidi taze fasulye.

#### 3.2 Yöntem

##### 3.2.1 Denemenin kuruluşu

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuş (Düzgüneş 1963) ve her tekerrürde 4 sulama oranı (% 0, % 25, % 50, % 75 sulama) ve kontrol (% 100 sulama) konuları yer almıştır. Tüm denemede toplam 20 parsel, her parselde 10 bitki yer almıştır.

### 3.2.2 Bitkilerin yetiştiği ortam

Fasulyenin yetiştiriciliği, Bahçe Bitkileri Bölümü ısıtmasız plastik serasında bulunan bahçe toprağında gerçekleştirilmiştir. Sera toprağının kimyasal özellikleri ve fiziksel özellikleri sırasıyla Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2’de verilmiştir. Toprağın fiziksel özellikleri incelendiğinde hacim ağırlığı değerlerinin 1,70-1,87 g/cm<sup>3</sup> arasında olduğu ve 0–60 cm’deki faydalı su tutma kapasitesinin 113,9 mm olduğu görülmektedir.

**Çizelge 3.1.** Denemede kullanılan toprağın fiziksel özellikleri

Profil Derinliği (cm)	Bünye Sınıfı	Tarla Kapasitesi		Solma Noktası		Hacim Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )	Kullanılabilir Su Tutma Kapasitesi (mm)
		%	mm	%	mm		
0-30	CL	28	157,1	16	89,8	1,87	67,2
30-60	SCL	26	134,9	17	88,2	1,73	46,7
60-90	SC	27	137,7	17	86,7	1,70	51,0
0-60			292,0		178,0		113,9
0-90			430,0		265,0		165,0

CL: Killi tın, SCL: Kumlu killi tın, SC: Kumlu kil

**Çizelge 3.2.** Denemede kullanılan toprağın kimyasal özellikleri

Parametre	Birim	Sonuç	Metod	Değerlendirme
pH		7,64	Saturasyon	Hafif Alkali
Tuz	(%)	0,06	Saturasyon	Tuzsuz
Kireç	(%)	2,46	Kalsimetrik	Fakir
Tekstür		59,00	Saturasyon	Killi Tın
Organik Madde	(%)	1,06	Walkey-Black	Fakir
Toplam Azot (N)	(%)	0,05	Kjeldahl	Orta
Fosfor (P)	(ppm)	73,9	Olsen-ICP	Fazla
Potasyum (K)	(ppm)	290,36	A, Asetat-ICP	Yeterli
Kalsiyum (Ca)	(ppm)	5,194,97	A, Asetat-ICP	Az
Magnezyum (Mg)	(ppm)	432,07	A, Asetat-ICP	Çok Yüksek
Demir (Fe)	(ppm)	8,05	DTPA-ICP	İyi
Bakır (Cu)	(ppm)	1,45	DTPA-ICP	Yeterli
Çinko (Zn)	(ppm)	1,33	DTPA-ICP	İyi
Mangan (Mn)	(ppm)	4,05	DTPA-ICP	Az

\*Kaynak: T,C, Tekirdağ Ticaret Borsası tarımsal amaçlı analiz laboratuvarı toprak analiz raporu

### 3.2.3 Bitkilerin yetiştirilmesi

Isıtmasız plastik yüksek tünelde fasulyenin yetiştiriciliğinde (Şekil 3.2) serada bulunan bahçe toprağına 100 x 50 cm sıra arası ve üzeri mesafeler ile ocaklar açılmıştır. Bu ocakların her birine 3-4 tohum gelecek şekilde ekim yapılmıştır. Tohum ekimi 30 Mayıs 2012 tarihinde gerçekleştirilmiş olup, üretim dönemi boyunca bakım işlemleri (sulama, gübreleme, mücadele, hasat vs) Şalk ve ark. (2008)'na göre yapılmıştır. İlk çiçeklenme dönemine kadar (06.07.2012) damla sulama ile normal su ihtiyacı giderilmiş olan bitkilerde daha sonra yapay kuraklık stresi uygulamalarına başlanmıştır ve bundan 1 hafta sonra (13.07.2012) ilk ölçümler yapılmıştır. Hasat olgunluğuna gelmiş fasulye baklaları toplanmıştır. İlk hasat çiçeklenmeden 1 ay sonra 05.08.2012 tarihinde gerçekleşmiştir. Çiçeklenme başlangıcından itibaren ölçümlere başlanmıştır, çiçeklenme ve baklanın beraber gittiği dönemlerde bakla kriterleri de ölçümlere dâhil edilmiştir (Şekil 3.3). Toplam 8 hafta ölçümler yapılmış ve deneme 06.09.2012 tarihinde sonlandırılmıştır.



Şekil 3.2. Fasulye bitkisinin yetiştirildiği ortamdan genel görünüm



**Çizelge 3.3.** Denemede tohum ekimi, bitki sökümü ve ölçümlerin yapıldığı tarihler

Yapılan işlemler	Tarih
Tohum ekimi	30.05.2012
İlk çiçeklenme	06.07.2012
1. ölçüm	13.07. 2012
2. ölçüm	19.07. 2012
3. ölçüm	26.07. 2012
4. ölçüm	03.08. 2012
5. ölçüm	10.08. 2012
6. ölçüm	17.08. 2012
7. ölçüm	24.08. 2012
8. ölçüm	31.08. 2012
Bitki sökümü	06.09.2012

Isıtmasız yüksek tünelde ölçümlerin yapıldığı dönemlerde şafak öncesi ve gün ortası yaprak sıcaklıkları ile sera içi sıcaklık değerleri Çizelge 3.4.'de görüldüğü gibidir.

**Çizelge 3.4.** Isıtmasız yüksek tünelde ölçümlerin yapıldığı dönemlerde şafak öncesi, gün ortası sera içi sıcaklık (°C) değerleri

Sıcaklık Ölçüm Zamanları	(1) 13.07.12	(2) 19.07.12	(3) 26.07.12	(4) 03.08.12	(5) 10.08.12	(6) 17.08.12	(7) 24.08.12	(8) 31.08.12
Şafak öncesi sera içi sıcaklığı (°C)	27,1	26,8	26,3	24,2	25,2	22,5	19,6	21,2
Gün ortası sera içi sıcaklığı (°C)	33,9	33,5	33,0	33,7	35,1	31,7	29,9	27,8

Fidelerin toprağa dikilmesinin ardından parsellere Güngör ve Yıldırım (1989)'da belirtilen esaslara göre, her bitki sırasına bir lateral gelecek şekilde lateraller döşenmiştir (Şekil 3.2).



**Şekil 3.3.** Bitkilerin sulanmasında kullanılan damla sulama borularından bir görünüm

Kontrol uygulamasına çiçeklenme periyodu başlangıcından itibaren sabit sulama aralığında ( $SA=7$  gün) sulama suyu uygulanmıştır.

Sistemde, 1.0 atmosfer basınçta  $4 \text{ L h}^{-1}$  debiye sahip, lateral boylamasına gecik (inline) damlatıcılar kullanılmıştır. Toprağın su alma hızı daha önce aynı alanda yürütülen çalışmalardan elde edilmiş değer olan  $I=12 \text{ mm h}^{-1}$  alınmıştır. Damlatıcı aralığı, seçilen işletme basıncına göre elde edilen damlatıcı debisi ve toprağın su alma hızı değerlerinden yararlanılarak aşağıdaki eşitlikle (3.1) hesaplanmıştır (Papazafirov 1980).

$$S_d = 0.9 \sqrt{\frac{q}{I}} \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

$S_d$  : Damlatıcı aralığı, m,

$q$  : Damlatıcı debisi,  $\text{L h}^{-1}$

$I$  : Toprağın su alma hızı,  $\text{mm h}^{-1}$ , değerlerini göstermektedir.

Hesaplamalar sonucunda damlatıcı aralığı  $S_d=0.50$  m,  $\varnothing$  16 lateraller kullanılmıştır. Sulama uygulamalarında mm cinsinden verilecek net sulama suyu miktarı dikkate alınarak sulama süresi hesaplanmıştır (3.2). Su uygulama randımanı % 100 olarak kabul edilmiştir.

$$T_a = \frac{1000 * d_n}{q * N} \quad (3.2)$$

$T_a$  : Sulama süresi, h,

$d_n$  : Sulamada uygulanacak toplam sulama suyu miktarı, mm,

$q$  : Bir damlatıcının debisi,  $L h^{-1}$ ,

$N$  : Bir parseldeki damlatıcı sayısı, adettir.

Tekirdağ'da ısıtmasız plastik yüksek tünelde tam sulama koşullarında taze fasulye için bir vegetasyon döneminde 422 mm su tüketimi gerçekleşmiştir.

### 3.2.4 Yapılan ölçüm ve analizler

#### 3.2.4.1 Morfolojik değişimlere ait bazı ölçümler

Yetiştirilen fasulyelerden hasat döneminde ve üretim dönemi sonunda her konudan 3 bitkinin yaprak ve baklalarında aşağıda belirtilen morfolojik özellikler belirlenmiştir: ölçüm, sayım ve gözlemler yapılmıştır.

**Yaprak zararlanma derecesi:** Üretim dönemi sonunda bitkilerin kuraklığa toleransları belirlenmiş ve bitkilere aşağıda belirtilen semptomlara göre 0'dan 5'e kadar puan verilmiştir (Kuşvuran ve ark. 2008).

0: Hiç etkilenme yok (kontrol bitkileri)

1: Büyümede yavaşlama

2: Alt yapraklarda solgunluk

3: Üst yapraklarda kıvrılma (kapanma) ve solgunluk

4: Yapraklarda şiddetli solgunluk ve sararma, yaprak kenarlarında kuruma başlangıcı

5: Bitkide solma ve alt yapraklarda kuruma

**Yaprak sayısı (adet):** Üretim dönemi sonunda bitkideki boyu 2 cm'den büyük yapraklar sayılmıştır.

**Yaprak ağırlığı (g):** Yaprak sayımında kullanılan yaprakların ağırlıkları 0.1 g'a duyarlı terazide tartılmıştır.

**Yaprak kalınlığı (mm):** Üretim dönemi sonunda bitkinin en iyi gelişmiş yaprağının ayasındaki, iki damar arası mümkün olabildiğince orta damara yakın yerden kumpas ile ölçülmüştür.

**Yaprak alanı (cm<sup>2</sup>):** Yaprak sayısı belirlemede kullanılan ve ağırlığı alınan yaprakların tarayıcıdan geçirilip bilgisayar programı aracılığı ile yaprak alanı belirlenmiştir (Kraft 1995, Deveci ve ark. 2006, Deveci ve Tuğcu 2016).

**Bakla ağırlığı (g):** Hasat dönemi süresince baklalardan tesadüfi olarak alınan örnekler hassas terazide tartılarak ortalamaları hesaplanmıştır.

**Bakla çapı (mm):** Hasat dönemi süresince tesadüfi olarak alınan baklaların çapları baklanın orta yerinden kumpas yardımı ile ölçülerek ortalamaları hesaplanmıştır.

**Bakla boyu (cm):** Hasat dönemi süresince tesadüfi olarak alınan baklaların boy uzunlukları cetvel ile ölçülerek ortalamaları hesaplanmıştır.

**Bitki boyu (cm):** Üretim dönemi sonunda bitkilerin toprak yüzeyinden büyüme ucuna kadar olan yükseklikleri şerit metre ile ölçülerek ortalamaları hesaplanmıştır.

**Bitkideki toplam bakla adedi (adet):** Hasat dönemi süresince bitki başına elde edilen toplam bakla sayıları belirlenerek ortalamaları hesaplanmıştır.

**Bitkideki toplam bakla ağırlığı (g):** Her bir tekerrürde hasat dönemi sonuna kadar toplanan tüm baklaların ağırlığı terazi ile ölçülmüş; bitki sayısına oranlanarak bitki başına elde edilen baklaların toplam ağırlığı hesaplanmıştır.

**Verim (kg/da):** Hasat dönemi süresince her tekerrürdeki konulardan hasat edilen tüm baklalar ayrı ayrı tartıldıktan sonra m<sup>2</sup> ve dekara verimleri hesaplanmıştır.

#### **3.2.4.2 Fizyolojik değişimlere ait bazı ölçüm ve analizler**

**Yaprak oransal su içeriğinin belirlenmesi (%):** Stres sonunda bitkilerden alınan yaprak örneklerinin oransal su içeriklerinin (YOSİ) belirlenmesi için taze ağırlıkları alınmıştır. Daha sonra alınan yapraklar 4 saat süre ile saf içerisinde bekletilmiş ve bu süre sonunda turgor ağırlıkları saptanmıştır. Ağırlıkları belirlenen yaprak örnekleri 65 °C etüvde 48 saat kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları (g) alınmıştır. Elde edilen taze ve kuru ağırlıklar aşağıdaki formül yardımıyla (3.3) oranlanarak yaprak oransal su içerikleri (%) hesaplanmıştır (Türkan ve ark. 2005, Öztekin 2009).

$$YOSİ=(TA-KA)/(TuA-KA) \times 100 \quad (3.3)$$

TA: Taze Ağırlık, KA: Kuru Ağırlık, TuA: Turgor Ağırlığı

**Yaprak su potansiyeli ölçümü (MPa):** Yaprak su potansiyeli Scholander basınç odası (Scholander Pressure Chamber) (Şekil 3.4) ile ölçülmüştür. Cihaz 40 atmosfer basınca kadar ölçüm yapmakta olup ölçüm için saf azot gazı kullanılmıştır (Smith ve Prichard 2002). Ölçümler çiçeklenme dönemi sonrasında sulama uygulaması başladıktan sonra her sulama öncesi gün ortasında ve güneş doğmadan 2 saat önce yapılmış ve ardından sulama yapılmıştır. Ölçümler bitkideki en gelişmiş yapraklarda yapılmıştır. Her uygulama için iki ölçüm yapılmıştır (Scholander ve ark. 1965).



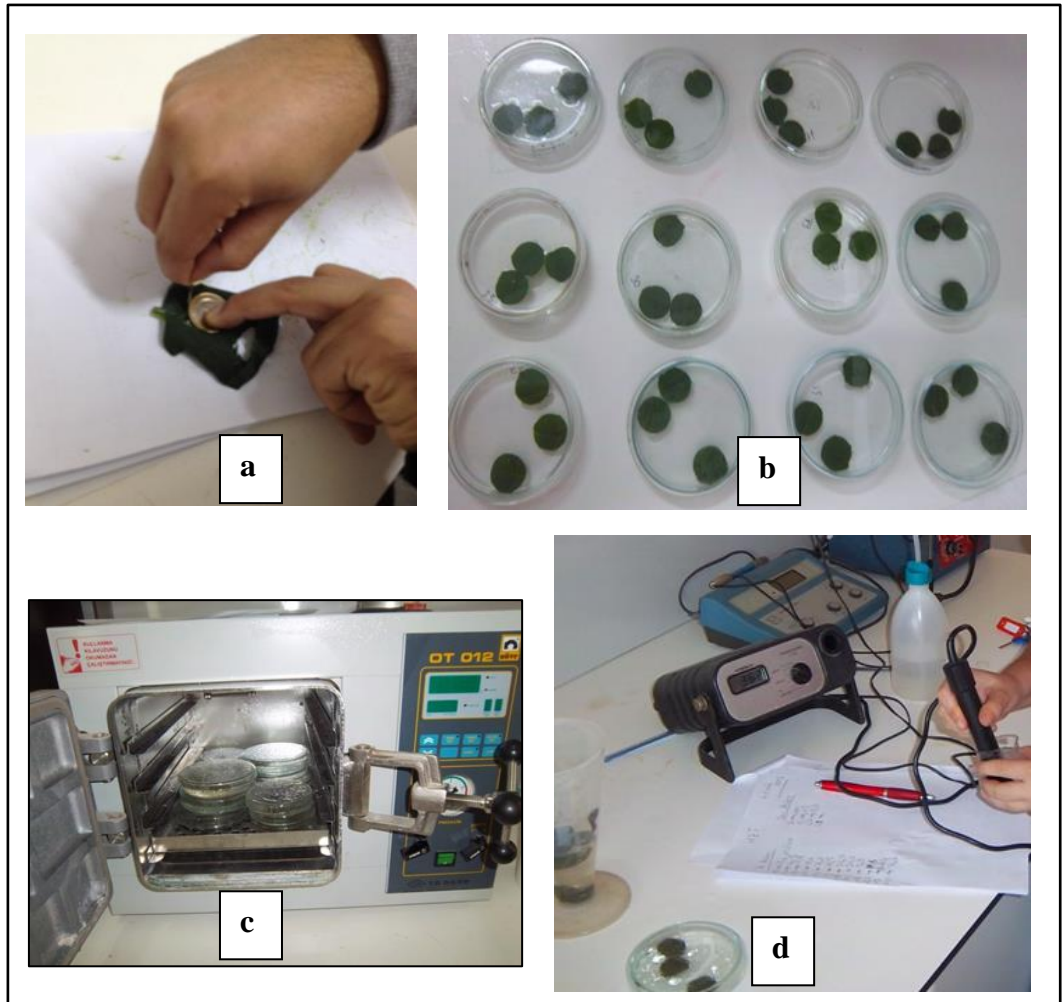
**Şekil 3.4.** Yaprak su potansiyeli ( $\Psi$ ) ölçme cihazı olan Scholander basınç odasından bir görünüm

**Yaprak hücrelerinde membran zararlanmasının belirlenmesi (%):** En son hasattan sonra stres ve kontrol bitkilerinin yapraklarından 17 mm çapında alınmış diskler iyonize su içerisinde 5 saat bekletildikten sonra EC ölçülmüş, aynı diskler 100 °C’de 10 dakika bekletildikten sonra çözeltinin EC değeri tekrar ölçülmüştür (Şekil 3.5). Elde edilen değerden aşağıdaki formül yardımıyla (3.4) yaprak hücrelerinde membran zararlanma indeksi (MZİ, %) belirlenmiştir (Dlugokecka ve Kacperska-Palacz 1978, Fan ve Blake 1994).

$$MZİ=(Lt-Lc/1-Lc) \times 100 \quad (3.4)$$

Lt: Kuraklık stresindeki yaprağın otoklava girmeden önceki EC/Otoklava girdikten sonraki EC

Lc: Kontrol yaprağının otoklava girmeden önceki EC/Otoklava girdikten sonraki EC



**Şekil 3.5. a:** Bitkilerinin yapraklarından 17 mm çapında diskler alınması, **b:** Alınan disklerin iyonize su içerisinde bekletilmesi, **c:** Petri kaplarının otoklavda 100 °C’de 10 dakika bekletilmesi, **d:** Elektriksel iletkenlik (EC) metresi ile EC değerlerinin ölçümü

**Yaprak sıcaklıklarının saptanması ( $^{\circ}C$ ):** Bitkilerinin yaprak sıcaklıkları çiçeklenme döneminden itibaren birer hafta ara ile son hasada kadar şafak öncesinde ve gün ortasında ölçülmüştür. Ölçümlerde 7-18 mm dalga boyunda ışınları algılayan filtrelere sahip infrared termometre (IRT) (Raynger ST8 model) kullanılmıştır (Ödemiş ve Baştuğ 1999, Erdem ve ark. 2008).

**Klorofil tayini (SPAD):** Son hasat zamanında yaprakların klorofil içeriği ‘‘Konica Minolta SPAD-502’’ portatif klorofilmetre ile ölçülmüştür (Geravandi ve ark. 2011). Ölçüm yapılacak yaprağın ana damara yakın iki bölgesinden ve her parselde 3 bitkiden örnek okumaları yapılmıştır (Şekil 3.6). Ölçülen değerler Soil Plant Analysis Development (SPAD) değerleri olarak ifade edilmiştir. Klorofilmetrenin yapımçı firmasına göre SPAD değer skalasında 1=klorotik veya sarı renk, 50 = koyu yeşil renk olarak belirtilmiştir (Uzunlu 2006).



**Şekil 3.6.** Konica Minolta SPAD-502 portatif klorofilmetre

### 3.2.4.3 Kimyasal değişimlere ait analizler

*Makro ve mikro element tayinleri (% ve ppm):* En son hasatta alınan yaprak örnekleri, en kısa sürede labaratuara getirilip yıkandıktan sonra etüvde 70 °C’de kurutulmuştur. Öğütülen yaprak örnekleri 0.5 mm’lik elekten geçirilerek analiz için hazır hale getirilmiştir. Analiz için 0,25 g yaprak örneği tartılıp, üzerine 4 ml konsantre nitrik asit eklendikten sonra 15 dakika bekletilmiştir. Mikrodalga fırında sırasıyla 150, 175 ve 200 °C’lerde 10’ar dakika yakma işlemi yapıldıktan sonra elde edilen süzük 50 ml’ye tamamlanarak makro (N, P, K, Ca, Mg) ve mikro (Cu, Fe, Zn, Mn) element içerikleri ICP’de okunmuştur (İbrikçi ve ark. 1994).

### 3.2. Verilerin Değerlendirilmesi

Tek faktörlü olarak kurulan denemeden elde edilen verilerin istatistiki analizleri MSTAT (versiyon 3,00/EM) istatistik paket programı kullanılarak yapılmış; ortalamalar arasındaki farklılıkları belirlemede LSD (Least Significant Difference: Asgari Anlamlı Farklılık) testi kullanılmıştır (Akdemir ve ark. 1994). Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde fark bulunmamıştır.

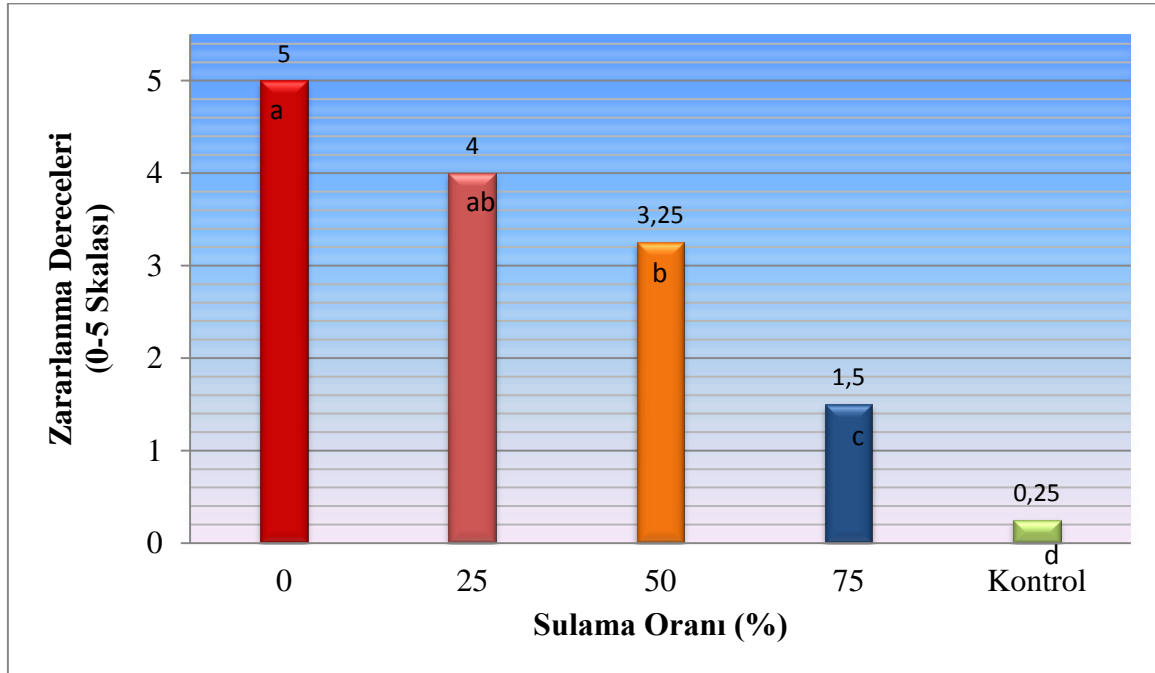


## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1 Morfolojik Değişimlere Ait Ölçümler

#### 4.1.1 Yaprak zararlanma derecesi

Farklı sulama oranlarının taze fasulyenin zararlanma derecesi üzerine etkisinin istatistiki olarak % 1'e göre önemli olduğu tespit edilmiştir. Yaprak skala ortalamaları üzerine uygulamaların etkileri ve LSD testi grupları Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Denemede fasulye yapraklarında tespit edilen zararlanma derecelerini 0'dan 5'e doğru gittikçe bitki yapraklarında zararlanmanın arttığı, sulama suyu oranı arttıkça skala değerinin düştüğü ve yapraklarda zararlanmanın azaldığı anlaşılmıştır.



Şekil 4.1. Farklı sulama oranlarının taze fasulyede yaprak zararlanma derecelerine etkileri.

Yapılan analizde en yüksek yaprak zararının % 0 uygulamasında çıktığı ve yapraklarda şiddetli solgunluk ve sararma, yaprak kenarlarında da kuruma başlangıcı olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızdan elde edilen sonuçlarda % 0 uygulamasında bitkilerin strese girdiği ve yapraklarda önce kloroz daha sonra nekrozların oluştuğu tespit edilmiştir. % 100 sulamanın yapıldığı kontrol uygulamasında ise 0 skalası bulunmuş (% 0.25) olup bitkilerin

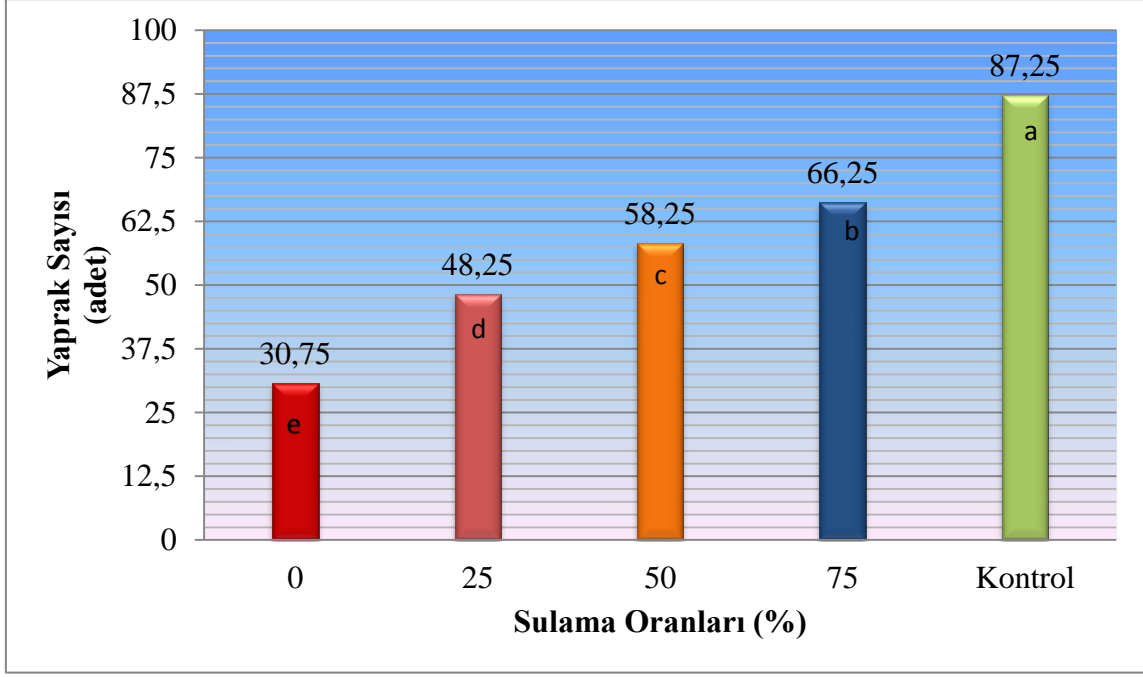
strese maruz kalmayıp gelişimlerini tamamladığı ve neredeyse hiç etkilenmediği görülmüştür (Şekil 4.1).

Çanakçı ve Munzuroğlu (2004)'e göre su stresi altında fasulye ve diğer bitkilerde önemli metabolik değişiklikler olmakta ve bitkiler genel olarak daha erken yaşlanmaktadır. Araştırmacılar bunun nedeninin protein sentezinin azalması veya yıkımın artması ile klorosis ve nekrosis meydana gelmesinden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Tuz ve kuraklık stresi ile çalışan birçok araştırmacı (Larcher 1995, Aktaş 2002, Daşgan ve ark. 2002, Çeçen 2004, Ekmekçi ve ark. 2005, Koç 2005, Uzunlu 2006, Kuşvuran ve ark. 2007, Kuşvuran 2010, Arslan 2011, Kaya 2011, Deveci ve Uyan 2011, Kaya ve Daşgan 2013, Turhan ve Demir 2013, Pıtır 2015, Deveci ve Bora 2016, Deveci ve Çelik 2016) denemelerinde hasar indeksi (0-5 indeksi) kriterini kullanmış ve araştırmamızdan elde ettiğimiz sonuçları destekler sonuçlar elde etmişlerdir.

#### **4.1.2 Yaprak sayısı (adet)**

Farklı su oranlarının taze fasulyede bitki başına ortalama yaprak sayısı üzerine etkisi istatistiki olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ortalama yaprak sayısı 30,75 ve 87,25 adet arasında değişiklik göstermiştir. Hasat döneminde sayılan bitki yaprakları hiç su uygulanmayan % 0 uygulamasında ortalama 30,75 adet olarak sayılmış ve uygulanan sulama oranı arttıkça yaprak sayıları da artış göstererek en fazla su uygulanan kontrol (% 100) grubunda; 87,25 adet olarak elde edilmiştir (Şekil 4.2).



**Şekil 4.2.** Farklı sulama oranlarının taze fasulyede yaprak sayılarına etkileri

Transpirasyon ile bitkiler atmosfere buhar şeklinde su verdikleri için suya sürekli ihtiyaç duyarlar. Bitkilerdeki su kaybı bitki büyümesini olumsuz bir şekilde etkilediği için başta fotosentez olmak üzere pek çok fizyolojik olay da olumsuz bir şekilde etkilenir. Özellikle de hücre büyümesi üzerindeki etki belirgindir. Yüksek derecede su kaybında hücre bölünmesi, hücre duvarı ve protein sentezi geriler, stomalar kapanır, fotosentez ürünlerinin taşınmasında azalma görülür. Bunun etkisiyle yaprak canlılığı en aza iner ve yaprak sayısında da azalma meydana gelir (Taiz ve Zeiger 2008).

Farklı türlerde yapılan çalışmalar su stres oranı arttıkça bitkide yaprak sayılarının azaldığını göstermiştir. İlbaharda yetiştirilen ıspanaklarda ortalama yaprak adedinin bütün gelişme boyunca lineer bir şekilde artış gösterdiği, yaprak alanı ve taze ağırlığın başlangıçta yavaş artarken daha sonra hızlandığı belirtilmiştir (Zink 1965). Ike (1986) yer fıstığının gelişmesi ve verimi üzerinde toprak su stresinin etkisini araştırmış ve yer fıstığını erken çiçeklenme ve tane oluşum devreleri boyunca su stresine bırakmıştır. Araştırmacıya göre ilk çiçeklenme döneminde uygulanan su stresi tane oluşum dönemine göre bitki boyunu, yaprak sayısını ve tane gelişimini daha fazla azaltmıştır. Pıtır (2015) ise biberde farklı sulama oranlarını uyguladığı çalışmada yaprak sayısı değerlerini en yüksek kontrol (% 100) uygulamasında (86,20 adet), en düşük % 0 uygulamasında (31,80 adet) olduğunu belirlemiştir.

Fasulye de yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar alınmıştır. Boutraa ve Sanders (2001) sera koşullarındaki farklı fasulye eşitlerinde (Carioca ve Prince) su stresinin verim ve verim komponentleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında bitkiler optimum koşullarda, çiçeklenme dönemi ve meyve (bakla) bağlama döneminde su stresinde yetiştirilmiştir. Araştırmacılar Carioca eşidinin Prince'e göre kuraklığa daha dayanıklı olduğunu, her iki dönemde de uygulanan su stresi bitkilerin gelişmelerini ve verim öğelerini (tane ağırlığı, bitkideki tane sayısı, bitkideki bakla sayısı, yaprak sayısı, bitki boyu) olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir.

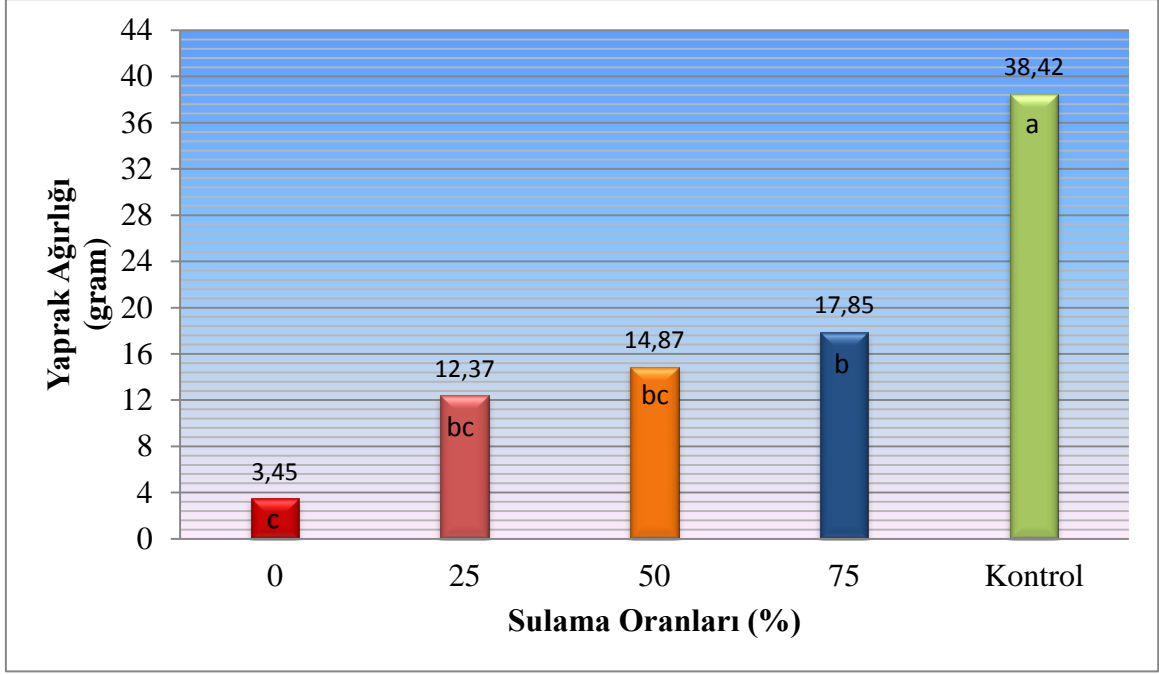
Ünal (2010) yürüttüğü bir çalışmasında fasulye genotiplerinin yetiştirildikleri ortamlara verilen su miktarı azaldıkça yaprak sayısında azalma meydana geldiğini bildirmiştir. Benzer Şekilde, Kaya (2011) kuraklık stresi sonucunda araştırmada kullanılan farklı fasulye genotiplerinin yaprak sayılarında kontrol bitkilerine göre azalma olduğunu belirtmiştir.

Araştırmadan elde ettiğimiz taze fasulyede ortalama yaprak sayıları (30,75-87,25 adet) farklı bitki araştırmalarında çalışan diğer araştırmacıların ortalama yaprak değerleri ile paralellik göstermektedir.

#### **4.1.3 Yaprak ağırlığı (g)**

Fasulyenin yaprak ağırlığının su uygulaması ile orantılı olduğu; su uygulaması arttıkça yaprak ağırlığının da artış gösterdiği görülmüştür. Farklı sulama oranlarından elde edilen ortalama yaprak ağırlığı arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Şekil 4.3).

Şekil 4.3'te gösterildiği gibi hasat döneminde yapılan ölçümlerde en düşük yaprak ağırlıkları ortalaması hiç su uygulanmayan % 0 uygulamasından elde edilirken (3,45 g), en yüksek yaprak ağırlığı ortalaması ise kontrol (% 100) su uygulamasından (38,42 g) elde edilmiştir.



**Şekil 4.3.** Farklı sulama oranlarının taze fasulyede yaprak ağırlıklarına etkileri

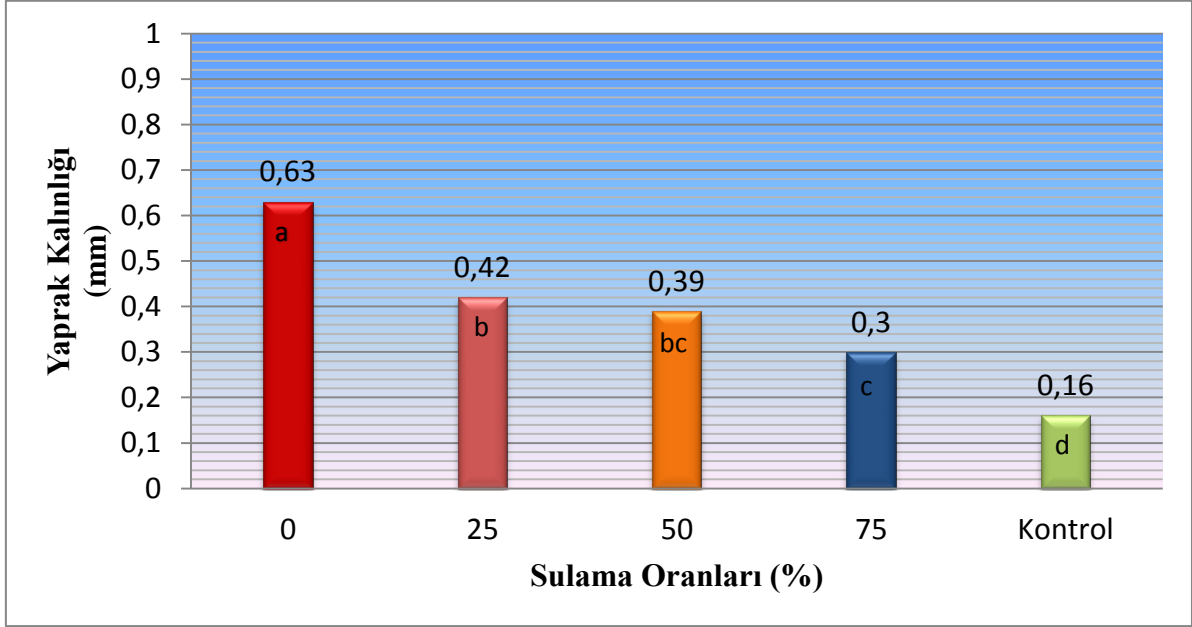
Su stresi bitkinin büyümesine etki ettiği gibi ürünün nitelik ve niceliğine de önemli etki yapmaktadır. Stres durumunda su kaybı hücre büyümesini olumsuz bir şekilde etkilemekte ve hücrelerin küçük kalmasına sebep olmaktadır. Hücre büyümesinde meydana gelen azalma hücre duvarının sentezinde, fotosentez ve solunumda da olumsuz etki yapmaktadır. Yapraktaki su eksikliğinin biyolojik kütle ve kuru ağırlık miktarlarını da olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir (Iannucci ve ark. 2002). Ünal (2010) fasulyede yaptığı çalışmasında kuraklık neticesinde fidelerinin yaprak yaş ağırlığında azalma meydana geldiğini belirtmiştir.

Araştırma sonucu elde edilen sonuçlar diğer araştırmacıların fasulye araştırma sonuçları ile paralellik göstermektedir (Kazlı 2005, Kaya 2011). Hücre büyümesinin olumsuz şekilde etkilenmesi bitkilerde yaprakların küçülmesine dolayısıyla fotosentez ürünlerinin azalmasına neden olmuştur (Pugnaire ve ark. 1994).

#### 4.1.4 Yaprak kalınlığı (mm)

Taze fasulye çeşidinin yaprak kalınlığı üzerine su oranları uygulamalarının etkileri önemli bulunmuş, ortalamalar arasındaki farklılık % 1 istatistiksel hata sınırları içerisinde kalmıştır. Uygulanan farklı sulama oranları sonucunda en düşük yaprak kalınlığı ortalaması kontrol (%100) uygulamasında (0,16 mm) iken, en yüksek yaprak kalınlığı ortalaması ise % 0

uygulamasında (0,63 mm) ölçülmüştür. Sulama suyu oranı arttıkça yaprak kalınlığı ortalamasının azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Farklı sulama oranlarının taze fasulyede yaprak kalınlıklarına etkileri

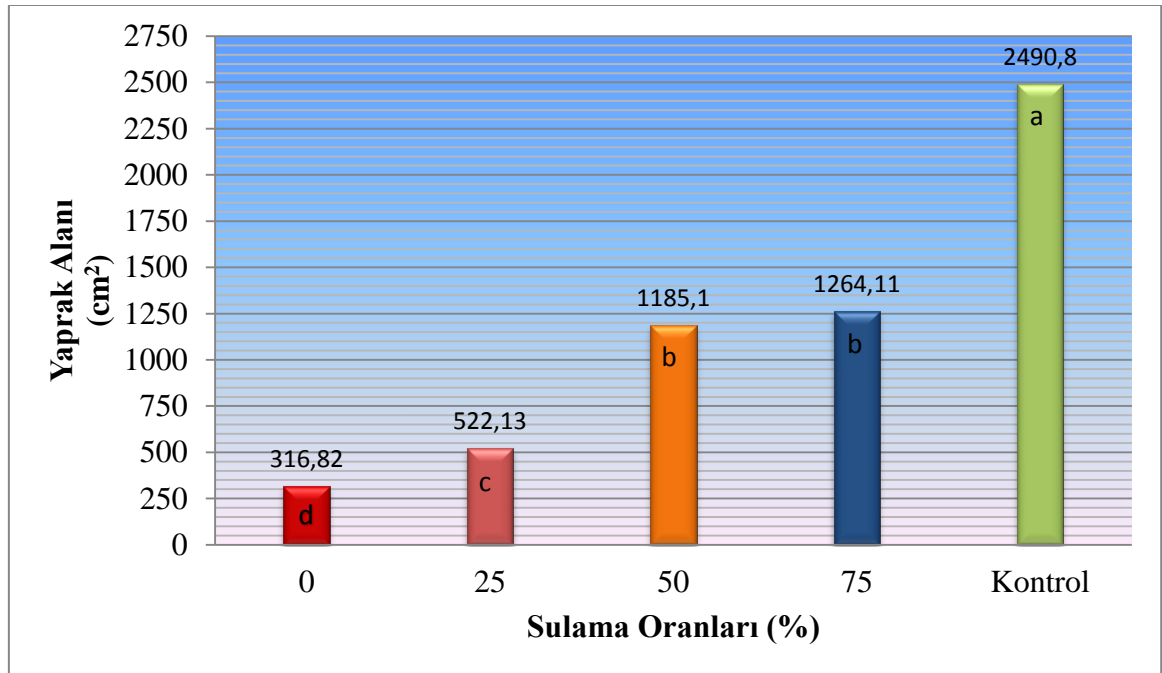
Kutikulanın kalınlaşması gelişimle ilgili olarak su stresine karşı verilen yaygın yanıtlardan biridir. Kutikulanın varlığı, epidermisten su kaybını azaltmaktadır (kutikular transpirasyon). Mumlar, hem yüzeyde hem de kutikulanın iç tabakalarında birikirse de, içteki tabaka, su kaybının denetlenmesinde daha önemlidir. Ayrıca kutikulanın kalınlığının artması CO<sub>2</sub>'e geçirgenliği de azaltır; ancak kutikulanın altındaki epidermis hücreleri fotosentez yapmadığından yapraktaki fotosentez bundan etkilenmemektedir. Bununla birlikte, kutikuladan yapılan transpirasyon toplam yaprak transpirasyonunun yalnızca % 5 ila % 10'u kadardır. Bu nedenle, kutikular transpirasyon yalnızca stres çok şiddetli olduğunda ya da kutikula zarar gördüğünde (örneğin, rüzgârın sürüklediği tozlardan) önemlidir (Taiz ve Zeiger 2008).

Çelik (2014) "yer kirazında farklı su uygulamalarının meydana getirdiği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerin belirlenmesi" adlı denemesinde, kontrol (% 100) uygulamasında yaprak kalınlığını 0,36 mm olarak belirlemişken % 0 su uygulamasında 0,82 mm olarak belirlemiştir. Uzun (1996) ise sıcaklık ve ışık çevre faktörlerinin domates ve patlıcanda büyüme ve verim üzerine kantitatif etkilerini belirlediği araştırmasında; domates ve patlıcanda özgül yaprak alanının (ÖYA) yetiştirme periyodu boyunca azaldığını tespit etmiştir. Bitkilere verilen su miktarı arttıkça ÖYA artmış ve yaprak kalınlığında incelmeye

meydana gelmiştir. Su stresine maruz kalan bitkilerde ÖYA azaldığı için bitkinin yaprak kalınlığında artma olduğu belirtilmiştir. Araştırmamızda ölçülen yaprak kalınlığı ortalamaları araştırmacıların farklı türlerde yaptıkları çalışmalarla paralellik göstermiş; bitki su kaybettiği için yaprak alanı azalmış, yaprak kalınlığı artmıştır.

#### 4.1.5 Yaprak alanı (cm<sup>2</sup>)

Gina fasulye çeşidine uygulanan farklı sulama oranlarının yaprak alanı ortalamalarına ait değişimi Şekil 4.5’de görüldüğü gibidir. Taze fasulyenin yaprak alanı üzerine sulama oranlarının etkisinin % 1’e göre istatistiki olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Deneme sonucunda bitkinin yaprak alanı ortalamaları 316,82-2490,80 cm<sup>2</sup> arasında değişiklik göstermiştir. Farklı sulama oranlarının uygulandığı dikkate alındığında, sulamanın yaprak alanı üzerine olan etkisi % 0 su oranı uygulamasında en düşük (316,82 cm<sup>2</sup>), kontrol uygulamasında en yüksek (2490,80 cm<sup>2</sup>) olmuş; sulama miktarı azaldıkça yaprak alanının azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.5. Farklı sulama oranlarının taze fasulyede yaprak alanlarına etkileri

Kuraklık stresi yaprak alanında azalmaya neden olup (Ashraf ve Iram 2005), bitkide fotosentezi büyük oranda yavaşlatmaktadır. Bitkilerde yaprak yüzey genişliği ne kadar fazla ise, su kaybı da o kadar fazla olmaktadır. Kuraklık stresine karşı yaprak büyümesinin

engellendiği ve yeni yaprak oluşumunun sınırlandırıldığı görülmektedir. Kurak koşullarda yapraklarda meydana gelen morfolojik değişimlerin genelde transpirasyonla kaybedilen su miktarını azaltmaya yönelik olduğu bildirilmiştir (Mahajan ve Tuteja 2005).

Kuraklık ve tuz stresi altındaki bitkiler, stomalarını kapatarak yaprak alanlarının da küçülmesi ile transpirasyonu azaltarak su kaybını önlemeye çalışmaktadır. Ancak yaprak alanının azalmasıyla birim alandaki CO<sub>2</sub> fiksasyonu da azalır. Bu süre içerisinde respirasyon artar, bu durumda birim yaprak yüzey alanı için yoğun enerji harcayan bitki, ihtiyacından daha az fotosentez yapmakta ve gerekli enerjiyi sağlayamamaktadır. Sonuç olarak büyüme ve gelişmede gerileme başlamaktadır (Karanlık 2001, Yaşar 2003, Uyan 2011).

Kuraklık stresine bağlı olarak büyümede azalma meydana geldiğinden yaprak alanında da azalma olacağını birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Anyia ve Herzog 2004, Clavel ve ark. 2005, Mnasri ve ark. 2007).

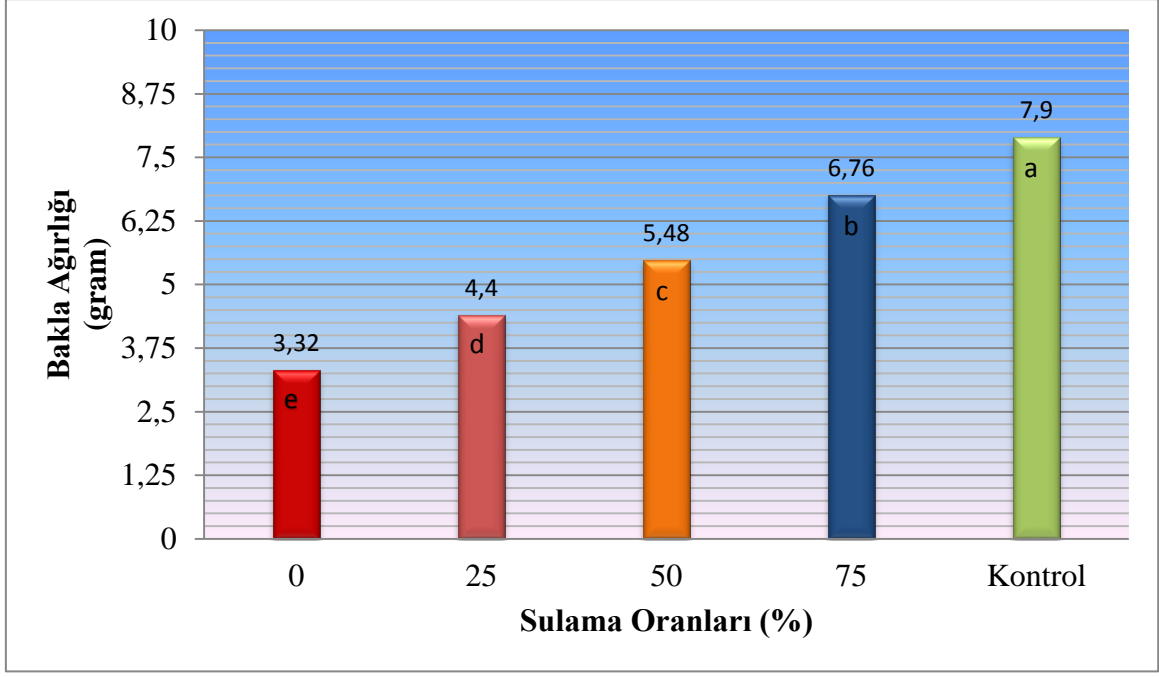
Farklı türlerde yapılan araştırmalar bitki büyümelerinde çok önemli sınırlayıcı faktör olan su ve eksikliğinden dolayı oluşan su stresi altında, biyolojik kütle üretiminin toplam yaprak sayısının ve toplam yaprak alanının önemli oranda azaldığını göstermiştir (Yin ve ark. 2004, Ünal 2010, Rodriguez ve ark. 2004, Inman-Bamber 2004). Farklı araştırmacılar tarafından elde edilen bu sonuçlar, araştırma bulgularımızı doğrular niteliktedir.

#### **4.1.6 Bakla ağırlığı (g)**

Araştırmada taze fasulye çeşidine uygulanan farklı su oranları sonucunda bakla ağırlığı ortalamalarına ait farklılıklar istatistiki olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek bakla ağırlığı; kontrol (% 100) uygulamasında 7,90 g olarak tartılmış, en düşük ise hiç su uygulanmayan % 0'da 3,32 g olarak tartılmıştır (Şekil 4.6).

Araştırmada bitkilere uygulanan su miktarı arttıkça bakla ağırlığında artış olduğu görülmüştür. Sonuçlarımızı destekler nitelikte farklı türlerde yapılan çalışmalardan da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Kavunda yapılan bir çalışmada sulama oranındaki artış, kavun bitkisinin ortalama meyve ağırlığında düşüğe neden olmuştur. Farklı su kısıntısı düzeylerinin kavun meyvelerinin ağırlıklarına etkileri karşılaştırılmış, su kısıntısı uygulamaları sonucunda en yüksek meyve ağırlığı 1339,56 g/meyve ile I<sub>1,2</sub> (Kontrol: % 100 su uygulamasının % 120'si) uygulamasından, en düşük meyve ağırlığı ise 767,62 g/meyve ile I<sub>0,4</sub> (Kontrol: % 100 su uygulamasının % 40'ı) uygulamasından elde edilmiş ve uygulamaların istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu sonucuna varılmıştır (Arpacı 2003).





**Şekil 4.6.** Farklı sulama oranlarının taze fasulyede bakla ağırlıklarına etkileri

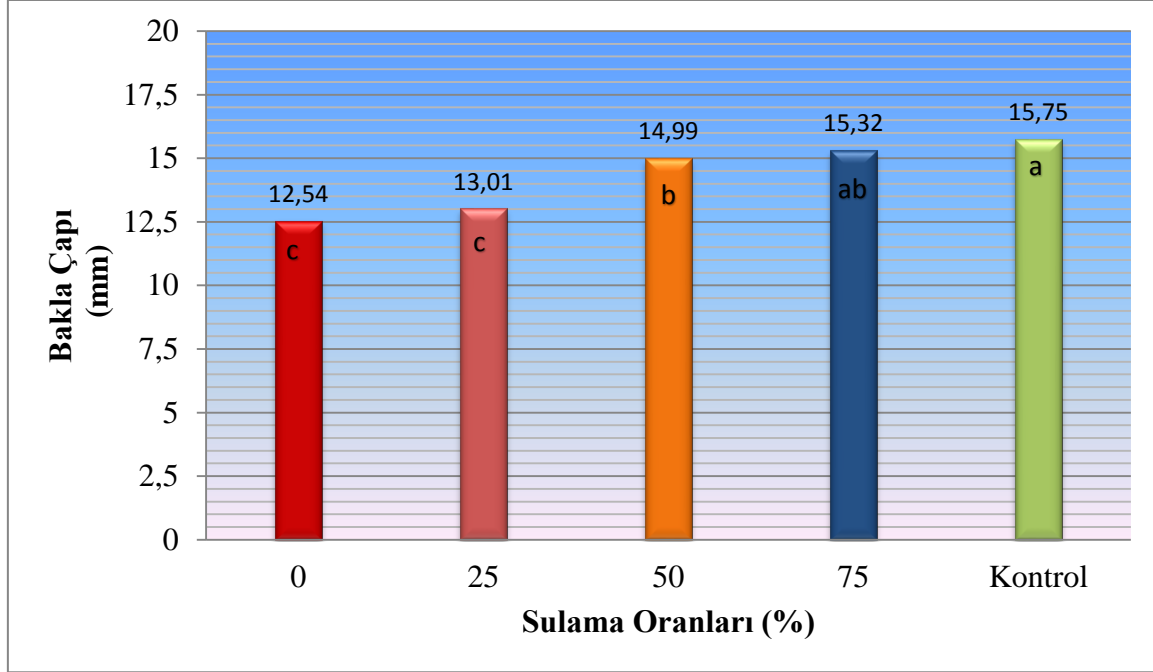
Yer kirazında farklı su uygulamalarının meydana getirdiği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerin belirlenmesine yönelik bir çalışmada ise ortalama kabuklu tek meyve ağırlığı % 0 su uygulamasında 0,73 g olarak, % 100 (kontrol) su uygulanan bitkilerde 2,13 g olarak tespit etmiştir (Çelik 2014).

Fasulyede yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Şehirali ve ark. (2005) damla sulama yöntemi ile sulanan fasulyenin su kullanım özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında sulama konularından elde edilen en yüksek fasulye bin tane ağırlığının toprak profilindeki eksik nemin tamamının karşılandığı S<sub>1</sub> (% 100) konusundan 464,0 gram, en düşük ise sulama suyu uygulanmayan S<sub>5</sub> (% 0) konusundan 304,7 gram olarak elde edildiğini belirtmişlerdir. Damla sulamada farklı lateral aralığı uygulamasının taze fasulyede verim ve kalite unsurlarına etkisi isimli çalışmada Albayati (2018), taze fasulye bakla ağırlıklarının 9.57 ile 9.94 g arasında değiştiğini tespit etmiştir. Yapmış olduğumuz çalışmada Gina fasulye çeşidinden elde ettiğimiz ortalama bakla ağırlığı değerleri farklı bitki araştırmalarında çalışan diğer araştırmacıların ortalama bakla ağırlığı değerleri ile paralellik göstermiştir.

#### 4.1.7 Bakla çapı (mm)

Farklı sulama oranlarından elde edilen bakla çapı ortalamaları % 1 istatistiki hata sınırları içerisinde kalmıştır. En düşük bakla çapı 12,54 mm olarak % 0 uygulamasında

bulunmuş, en yüksek bakla çapı ise kontrol (% 100) uygulamasında 15,75 mm olarak ölçülmüştür. Uyguladığımız su miktarı arttıkça bitkinin bakla çapında artış olduğu görülmüştür (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Farklı sulama oranlarının taze fasulyede bakla çaplarına etkileri

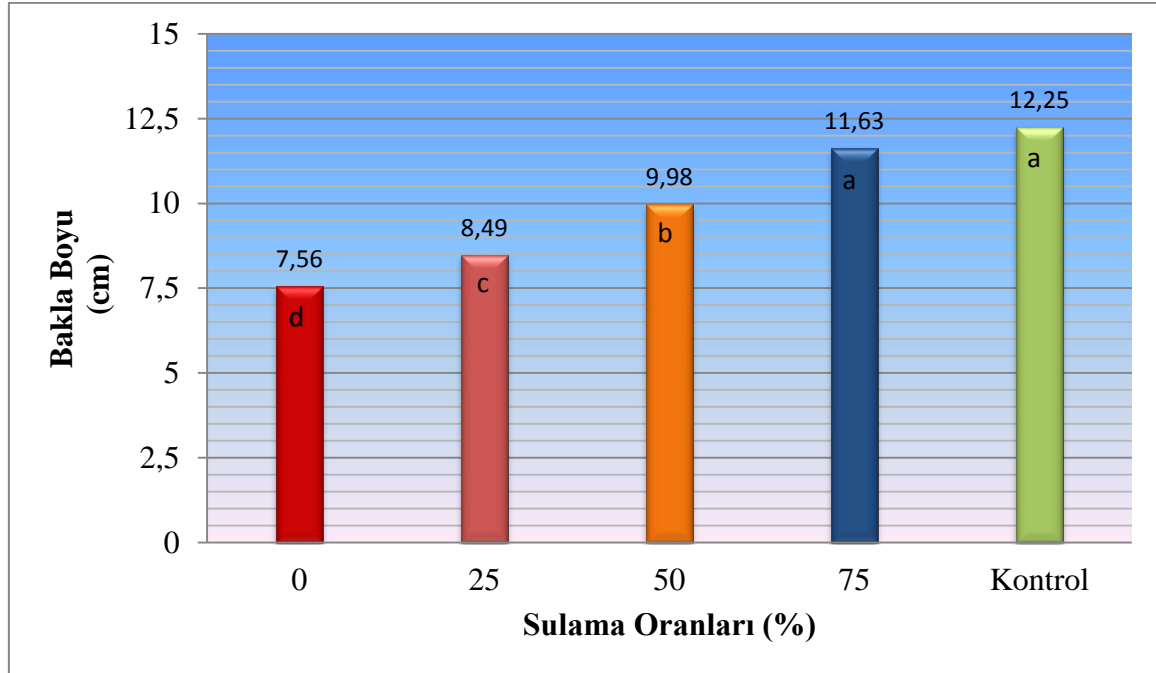
Su miktarı arttıkça meyve çapının arttığı farklı tğlerde yapılan çalışmalarla da ortaya konulmuştur. Arpacı (2003) farklı su düzeyi uyguladığı Ananas F<sub>1</sub> kavun çeşidinde I<sub>0,4</sub> uygulamasında meyve çapını 10,9 cm, I<sub>0,7</sub> (Kontrol: % 100 su uygulamasının % 70'i) uygulamasında 11,64 cm, I uygulamasında 12,24 cm ve I<sub>1,2</sub> uygulamasında ise 12,52 cm olarak bulmuştur. Yıldırım (2012) sera koşullarında biberin bitki su stresi indeksi ile verim ilişkisinin belirlenmesi adlı çalışmasında farklı su kısıtı uyguladığı biber bitkisinde en yüksek meyve çapını S1 (% 100) uygulamasında 19,9 mm olarak ölçmüş, S2 (% 70) uygulamasında 18,7 mm, S3 (% 30) uygulamasında 17,8 mm ve en düşük meyve çapını ise S4 (% 0) uygulamasında 16,8 mm olarak tespit etmiştir.

Sezen ve ark. (2005) tarla koşullarında damla yöntemiyle farklı tekniklerle sulanan Gina taze fasulye çeşidinde bakla genişliğini 13.2-15.2 mm; Önder ve ark. (2006) damla yöntemiyle sulanan Ayşe çeşidi sırik fasulyede yaptıkları çalışmada bakla genişliğini 10.5-11.2 mm, Büyükcangaz ve ark. (2008) damla yöntemiyle farklı sulama suyu seviyelerinde üretilen Hanzade çeşidi taze fasulyede bakla genişliğini 14-17 mm olarak belirlemişlerdir.

Denememizde ortaya çıkan sonuçlar diğer araştırmacıların çalışmalarıyla paralellik gstermiştir.

#### 4.1.8 Bakla boyu (cm)

Araştırmamızda taze fasulye çeşidine uygulanan farklı sulama oranları dikkate alındığında, bakla boyu (cm) ortalamalarına ait değişimler % 1 istatistiki hata sınırları içerisinde kalmıştır. En uzun ortalama bakla boyu kontrol (% 100) uygulamasında 12,25 cm olarak ölçmüş, en kısa ortalama bakla boyu ise % 0 uygulamasında 7,56 cm olarak ölçmüştür. Su miktarı azaldıkça bakla boyunun, kısıtlı sulama yapılmayan bitkilerdeki bakla boylarına göre daha kısa kaldığı anlaşılmıştır (şekil 4.8).



şekil 4.8. Farklı sulama oranlarının taze fasulyede bakla boylarına etkileri

Bitkiye uygulanan suyun kısıtlanması sonucunda tuz konsantrasyonunun artması nedeniyle bitkinin strese girmesi olası bir durumdur. Yanlış sulama sonucunda yetiştirilen bitkilerde tuzluluk sorunu meydana gelmekte ve bitkide tuz stresine neden olmaktadır. Tuz stresini ciddi fizyolojik fonksiyon bozuklukları yarattığı için bitkinin vejetatif ve reproduktif büyümesini kısıtlamakta, döllenme bozukluklarına, meyvelerin küçük olmasına ve bitkinin yok olmasına neden olmaktadır (Dölarslan ve Gl 2012).

Farklı su kısıtlaması uygulamalarının kavun meyvesinin yüksekliği üzerine etkileri istatistiksel anlamda önemli bulunmuş, meyve yüksekliği değerleri, su kısıntısı arttıkça olumsuz yönde etkilenmiştir (Arpacı 2003).

Boutraa ve Sanders (2001) serada iki farklı fasulye çeşidi (Carioca ve Prince) yetiştirmiş ve bitkileri optimum koşullarda, çiçeklenme dönemi ve bakla bağlama döneminde su stresine tabi tutmuşlardır. Araştırmacılar Carioca çeşidinin Prince'e göre kuraklığa daha dayanıklı olduğunu, her iki dönemde de uygulanan su stresinin bakla özelliklerini olumsuz etkilediğini saptamışlardır.

Sezen ve ark. (2005) tarla koşullarında damla yöntemiyle farklı tekniklerle sulanan Gina taze fasulye çeşidinde bakla uzunluğunu 108-126 mm; Önder ve ark. (2006) damla yöntemiyle sulanan Ayşe çeşidi sıvık fasulyede yaptıkları çalışmada, bakla uzunluğunu 197-203 mm, Büyükcangaz ve ark. (2008) damla yöntemiyle farklı sulama suyu seviyelerinde üretilen Hanzade çeşidi taze fasulyede bakla uzunluğunu 121-170 mm olarak bildirmişlerdir.

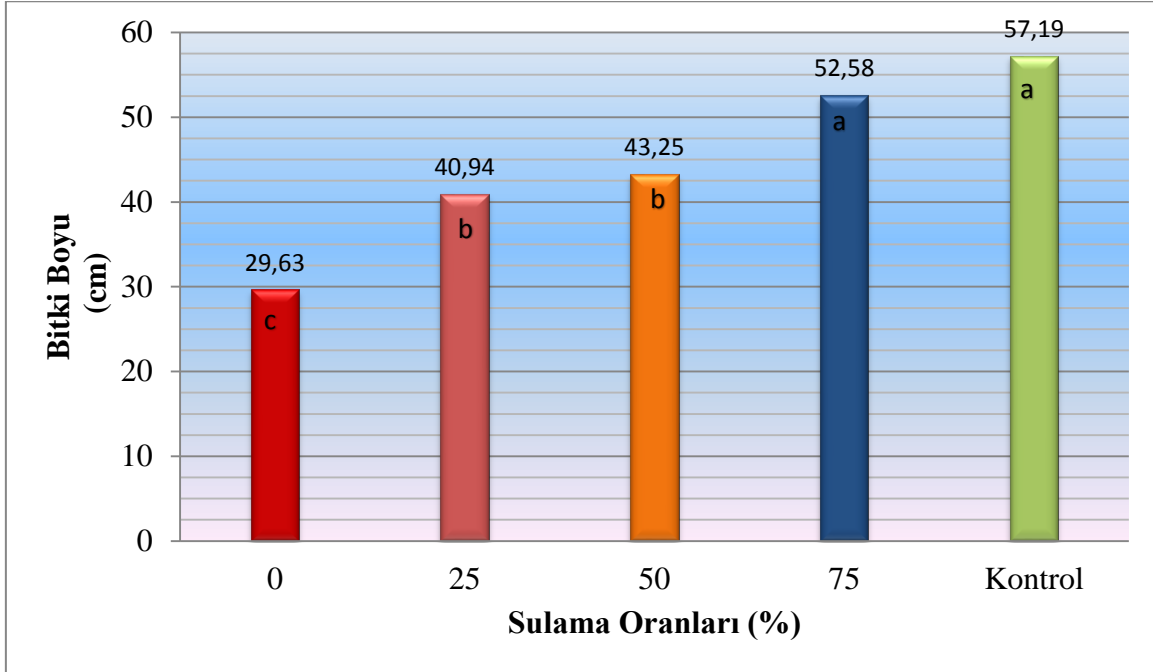
Farklı sulama oranları uyguladığımız araştırmamızda % 0, 25 ve 50 konularında yetersiz su olmasından dolayı bitkilerde strese girmiştir. Bu stres koşullarının oluşması fasulye bitkisinde verim kayıplarının yanında bakla boyunda da azalmalara neden olmuştur. Ortaya çıkan sonuçlar denememize benzer çalışma yapan araştırmacılarla paralellik göstermektedir.

#### **4.1.9 Bitki boyu (cm)**

Uygulamış olduğumuz farklı su seviyeleri sonucunda % 100 ile % 75 ve % 50 ile % 25 uygulamalarının aynı istatistiki grupta olduğu ve aralarında fark olmadığı görülmüştür. Fasulye bitkisine verilen su miktarı arttıkça fasulye bitkisinin boyunda artış olmuştur. Bitkilerin boyları 26,63-57,19 cm arasında değişiklik göstermiştir. En uzun bitki boyu kontrol (% 100) uygulamasında, en kısa bitki boyu ise % 0 uygulamasında tespit edilmiştir (Şekil 4.9).

Bitkide stres koşulları (tuzluluk, kuraklık vs) sonrasında su potansiyeli azaldığında, bitki hücrelerinin ozmotik potansiyeli düşmekte ve bitki hücrelerinin bölünmesi ya da uzaması birden yavaşlamaktadır. Bu stres koşulları altında genellikle stomalar kapanır ve sonuç olarak fotosentez azalır. Stres koşullarının devam etmesi halinde ise bitki büyümesi tamamen durabilmektedir (Ashraf 1994).

Kuraklık stresine bağı olarak büyümede azalma, bitki yaş ve kuru ağırlığı, yaprak alanı gibi parametrelerde azalma meydana geldiği birçok araştırmada bildirilmektedir (Ike 1986, Anyia ve Herzog 2004, Clavel ve ark. 2005, Mnasri ve ark. 2007).



Şekil 4.9. Farklı sulama oranlarının taze fasulyede bitki boylarına etkileri

Tuz ve kuraklık stresinin bitki boyu bakımından ortaya çıkardığı tepkiler karşılaştırıldığında, tuz stresinin bitki boyunda meydana getirdiği azalmanın kuraklık stresine göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi bamya genotiplerinde genel olarak ortalama % 39.04 oranında bir azalmaya neden olurken, kuraklık stresinde bu oran % 21.71 düzeyinde gerçekleşmiştir (Küçükömürücü 2011). Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantıları inceleyen çalışmada kuraklık genotiplerin boyunda genel olarak % 40.26 düzeyinde bir azalmaya neden olmuştur (Kuşvuran 2010).

Fasulyede kuraklığın genotiplerin bitki boyu üzerine etkisinin incelendiği çalışmada; tüm genotiplerin bitki boylarının kuraklık şiddetindeki artışa bağı olarak azaldığı görülmüştür. Fasulye genotiplerinde, su düzeylerinin ortalamalarına bakıldığında en uzun bitki boyuna 60.13 cm/bitki ile 30 ml su düzeyinde ulaşılırken, bunu 42.32 cm/bitki ile 20 ml su düzeyi izlemiştir. Ortalama bitki boylarının 10 ml su düzeyinde 26.83 cm/bitki uzunluğa gerilediği saptanmıştır (Ünal 2010).

Madakbaş ve ark. (2006) en uygun bodur fasulye çeşitlerini tespit etmek ve performanslarını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada ortalama bitki boyu değerleri 50.0-33.5 cm arasında değişmiştir. Her iki yılda da en yüksek bitki boyunu 47.3 cm ve 52.6 cm ile Gina eşidinde elde etmişler ve çalışmamız sonuçlarına benzer sonuçlar almışlardır.

Soya fasulyesinin su-verim ilişkilerini belirlemeye yönelik yapılan bir çalışmada en yüksek bitki boyu iki yıl için sırasıyla 97,7 ve 98,8 cm ile S1 (en yüksek sulama) konusunda, en düşük bitki boyu ise her iki yıl için sırasıyla 65,7 cm ve 64,0 cm ile S14 (susuz) konusunda bulunmuştur (Candoğan 2009).

Fasulyede ortalama bitki boyunda sulama konuları arasında çok az bir farkın bulunduğunu; buna göre 62,6 cm ile tam sulamanın 59,7 cm ile yarı sulamalı uygulamaya göre daha uzun bitkilerin oluşuna neden olduğun belirlenmiştir (Kazlı 2005). De Costa ve Shanmugathasan (2002) soya fasulyesi ile yaptıkları çalışmada da yine su stresi ile bitki boyunda önemli azalmalar meydana geldiğini belirlemişlerdir.

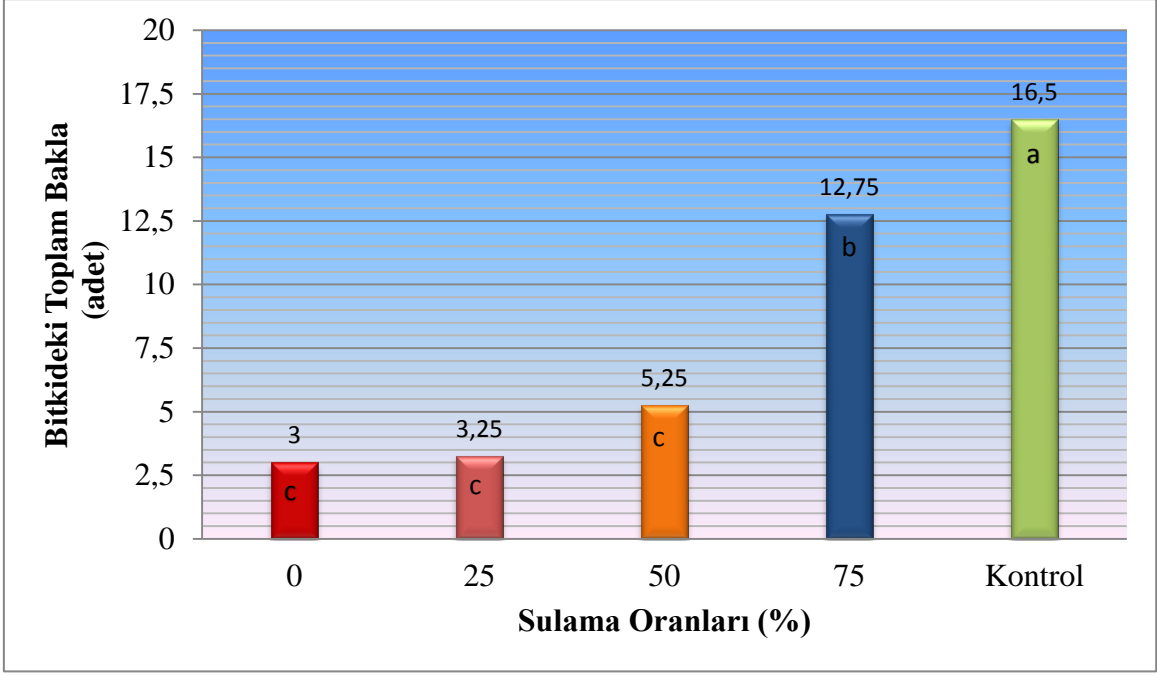
ukurova koşullarında bazı fasulye çeşitlerinde tane verimi ve verimle ilgili özellikler ile bu özellikler arası ilişkilerin saptanması isimli çalışmada bitki boyu değerleri, iki yıllık ortalamalara göre bodur formlarda en yüksek 50.7 cm ile şehirali-90 en düşük 38.6 cm ile Yalova-5 popülasyonlarında saptanmıştır (Anlarsal ve ark. 2000)

Scopel ve ark (1993) soya fasulyesinde tohum verimini artırmak maksadıyla yaptıkları çalışmada su kısıtlamasının etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar orta düzeyde su kısıtlamasının boğum aralarının kısılması ile birlikte bitki boyunu kısalttığını ve bitkinin toplam ağırlığını azalttığını bildirmişlerdir. Yaptığımız alışma diğer araştırmacıların buldukları sonuçlarla paralellik göstermiştir.

#### **4.1.10 Bitkideki toplam bakla adedi**

Farklı sulama oranları uyguladığımız çalışmamızda hasat süresince toplanan toplam bakla adedi ortalamalara ait farklılıklar şekil 4.10'da gösterilmiştir. Araştırmamızda uygulanan su miktarı arttıķça bitkideki toplam bakla adedi de artış göstermiştir. Ancak % 0, % 25 ve % 50 su uygulamalarına ait ortalamalar aynı istatistiki önem grubunda (c) yer aldığı, bu üç sulamanın aralarında istatistiki açıdan bir fark olmadığı gözlenmiştir.

ukurova koşullarında bazı taze fasulye çeşitlerinde yapılan bir çalışmada bitkide toplam bakla sayısı ortalama değerleri iki yıllık ortalamalara göre, bodur formlarda en yüksek 18.0 adet ile 11.4 adet saptanmıştır (Anlarsal ve ark. 2000).



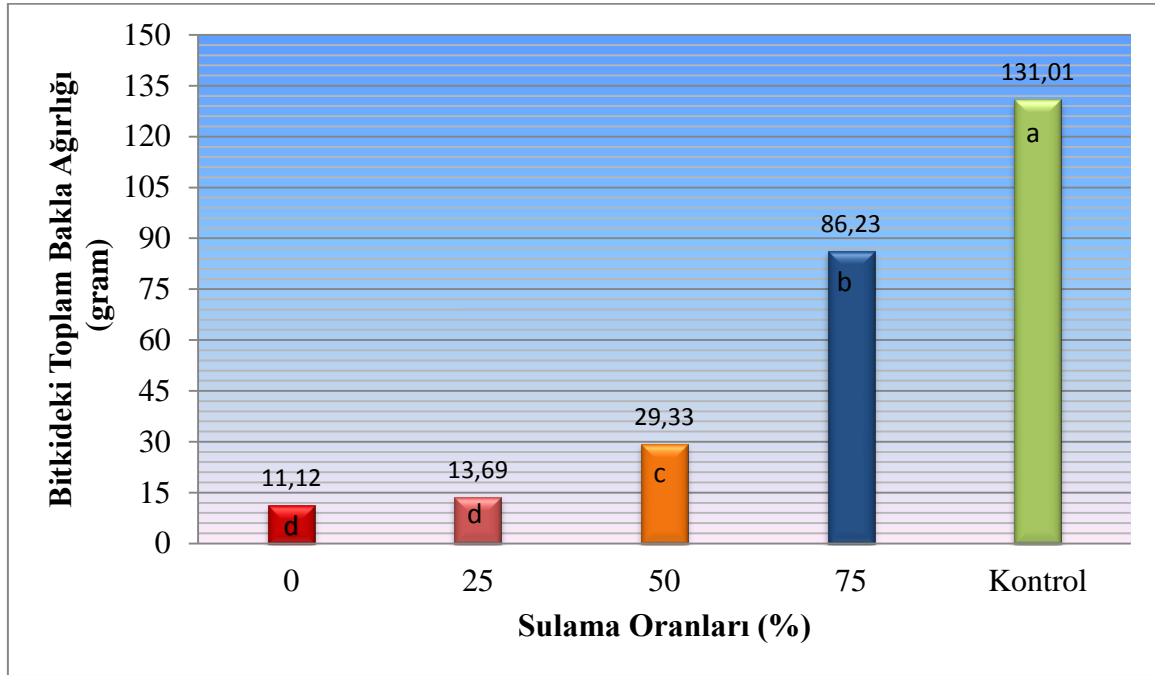
**Şekil 4.10.** Farklı sulama oranlarının taze fasulyede toplam bakla sayılarına etkileri

Su kısıtı ve bitkide toplam bakla sayısı ilişkisi üzerine yapılan çalışmalar, su kısıtı arttıkça bakla sayısının azaldığını göstermiştir. Nitekim, Sepetoğlu (1994) İzmir şartlarında yapmış olduğu çalışmasında, fasulyede çiçeklenme dönemindeki su eksikliğinin bitkideki bakladaki dane sayısını azattığını belirtmiştir. Şehirli ve ark. (2005) damla sulama yöntemi ile sulanan fasulyenin su kullanım özellikleri isimli araştırmaları sonucunda fasulyeye % 0 su uygulandığında 3.9 adet/bitki, % 100 su uygulandığında ise 14.1 adet/bitki elde edilmiştir. Candoğan (2009) soya fasulyesinin su-verim ilişkileri isimli çalışmasında deneme yıllarında, en yüksek bitkide bakla sayısı sırasıyla 59,4 adet/bitki S1 konusunda, en düşük bakla sayısı ise yine her iki yıl için 23,0 ve 23,7 adet/bitki ile S14 konusunda ve diğer sulama konuları bu değerler arasında yer aldığını tespit etmiştir.

Huck ve ark. (1986), soyada toprak üstü ve kök kuru maddesinin sulanan ve sulanmayan koşullardaki durumunu incelemişler ve yetiştirme dönemi boyunca uygulanan su stresinin kuru madde üretimini sınırlayıp bitki içindeki kuru madde yığılmasını ise değiştirebildiğini söylemişlerdir. Araştırmacılar su stresi ile meyve sayısında kontrole göre % 28 oranında indirgenme meydana geldiğini gözlemlemişlerdir. Sulamaya paralel olarak bitkideki toplam bakla sayısı artmış, benzer konularda çalışan araştırmacıların sonuçları ile paralellik göstermiştir.

#### 4.1.11 Bitkideki toplam bakla ağırlığı (g)

Farklı sulama oranlarının bitkideki toplam bakla ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Taze fasulye bitkisinde toplam bakla ağırlığı (g) en az % 0 uygulamasında ortalama 11,12 g olarak, en fazla ise kontrol (% 100) uygulamasında ortalama 131,01 g olarak tartılmıştır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Farklı sulama oranlarının taze fasulyede toplam bakla ağırlıklarına etkileri

Su kısıntısındaki artış, kavun bitkisinin ortalama meyve ağırlığında düşüşe neden olmuştur (Arpacı 2003). Pıtır (2015) biberde yaptığı sulama çalışmasında en yüksek toplam meyve ağırlığını % 100 (kontrol) uygulamasında ortalama 119,48 g, en düşük toplam meyve ağırlığını ise % 0 su uygulamasında ortalama 2,8 g olarak tartmıştır.

Kaya (2011) “erken bitki gelişme aşamasında kuraklık ve tuzluluk streslerine tolerans bakımından fasulye genotiplerinin taranması” isimli çalışmasında kuraklık stresi sonucu tüm genotiplerin kendi aralarındaki ortalamalarına bakıldığında yeşil aksam yaş ağırlığı yaklaşık % 68-82 aralığında azalma olduğunu tespit etmiştir. Büyükcangaz ve ark. (2008) damla yöntemiyle farklı sulama suyu seviyelerinde üretilen Hanzade çeşidi taze fasulyede bakla ağırlığını sırasıyla 4.8-8.8 g olarak bildirmişlerdir. Önder ve ark. (2006) damla yöntemiyle sulanan Ayşe çeşidi sırık fasulyede yaptıkları çalışmada, bakla ağırlığını 5.1-6.5 g olarak tartmışlardır.

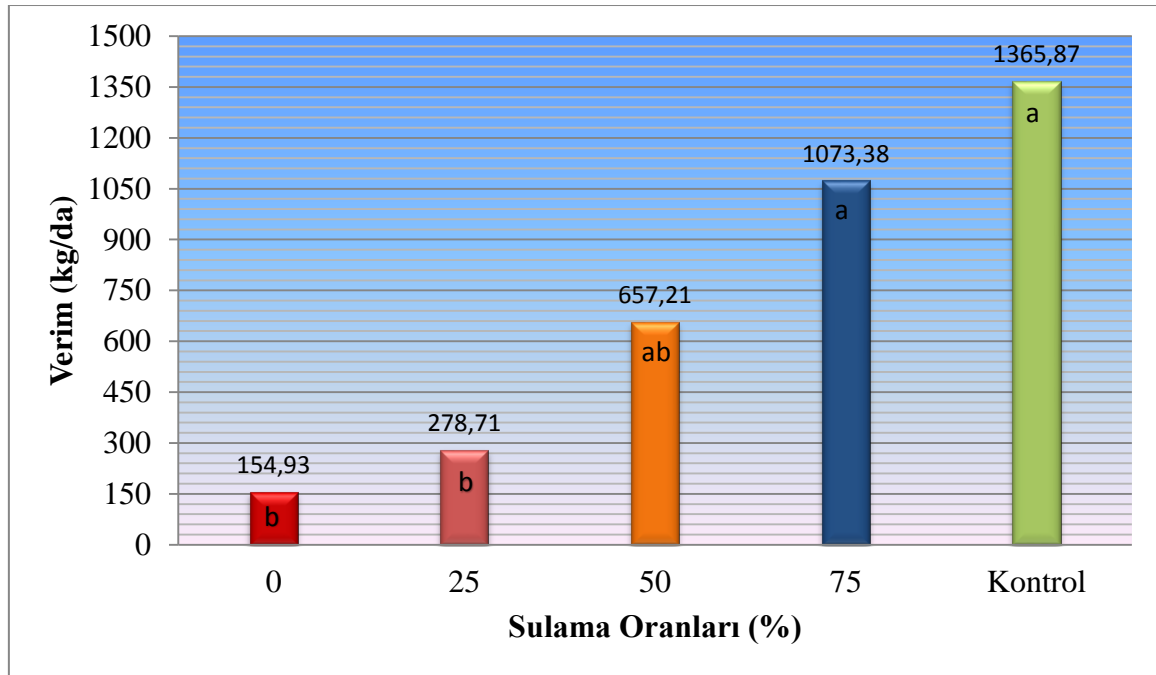


Şehirli ve ark. (2005) damla sulama yöntemi ile sulanan fasulyenin su kullanım özellikleri belirlemeye çalıştıkları çalışmaları sonucunda sulama konularından elde edilen en yüksek fasulye bin tane ağırlığı toprak profilindeki eksik nemin tamamının karşılandığı S<sub>1</sub> (% 100) deneme konusundan 464,0 gram, en düşük tane ağırlığı ise sulama suyu uygulanmayan S<sub>5</sub> (% 0) deneme konusundan 304,7 gram olarak elde etmişlerdir.

Araştırmamızda elde ettiğimiz sonuçlar diğer araştırmacıların yaptıkları benzer çalışmalarla paralellik göstermektedir.

#### 4.1.12 Verim (kg/da)

Farklı su oranları bakımından verim ortalamaları % 1 istatistiki hata sınırları içerisinde kalmıştır. Verim ortalamaları 154,93 ile 1365,87 kg/da arasında değişim göstermiştir. Kontrol (% 100) uygulamasında verim 1365,87 kg/da olurken, uygulanan su oranı % 75, % 50, % 25 ve % 0'a düşürüldüğü zaman, verim ortalamalarının da düştüğü ve hiç sulama yapılmayan % 0 uygulamasında verim 154,93 kg/da'a olarak saptanmıştır. Araştırmada % 0, % 25 ve % 50 su uygulamalarına ait ortalamalar verim açısından aynı istatistiki önem grubunda (b); % 50 ve % 75 ile kontrol uygulamaları da aynı istatistiki önem grubunda (a) yer almış aralarında istatistiki açıdan bir fark olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Farklı sulama oranlarının taze fasulyede verim üzerine etkileri

Sezen ve ark. (2005) tarlada yetişen taze fasulye verimine ve kalitesine sulamanın etkisini inceledikleri çalışmalarında fasulye çeşidinin verimi 1224 kg/da ile 2055 kg/da arasında bulmuşlar, sık ve tam sulama koşulunda en yüksek verim değerini elde etmişlerdir.

Candoğan (2009) “soya fasulyesinin su-verim ilişkileri” adlı denemesinde 2005 yılında sulama konularına göre biyolojik verimin 929,9-377,8 kg/da, 2006 yılında ise 857,9-434,9 kg/da arasında değiştiğini tespit etmiştir.

Madakbaş ve ark. (2006) 2002-2003 yıllarında Samsun’da bölgeye en uygun bodur fasulye çeşitlerini tespit etmek ve performanslarını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, iki yıllık dekara verim ortalamalarını 1112.5-2278.7 kg arasında bulmuşlardır. En yüksek verim 2002 yılında 1847.7 kg/da ile Simav çeşidinde, 2003 yılında ise 2905.3 kg/da ile Gina çeşidinden alınmıştır.

Gençoğlan ve ark. (2006)’nın yaptığı çalışmada geleneksel ve kısmi kök kuruluşu sulama tekniği ile farklı seviyelerde sulanan taze fasulye bitkisinde, ürün verimi 686 ile 1087 kg/da arasında değişmiştir.

Ünüvar (2010), farklı sulama programlarının fasulye verimine ve su tüketimine etkisi isimli çalışmasında uygulanan su miktarı 201,2 mm olduğu zaman tane verimi 2876,7 kg/da, uygulanan su miktarı 312,9 mm olduğunda ise tane veriminin 4320,0 kg/da olduğunu tespit etmiştir.

Köksal ve ark. (2010) bodur taze fasulyede yaptıkları bir çalışmada en yüksek verim 30,36 t/ha olarak en yüksek su uygulanan S2’den, en düşük verim ise 6,08 t/ha olarak en az su uygulanan S6 deneme konusundan elde etmişlerdir. S2’de uygulanan su miktarı yıllık 636,0 mm, S6’da ise uygulanan su miktarı yıllık 112,0 mm olarak saptanmıştır.

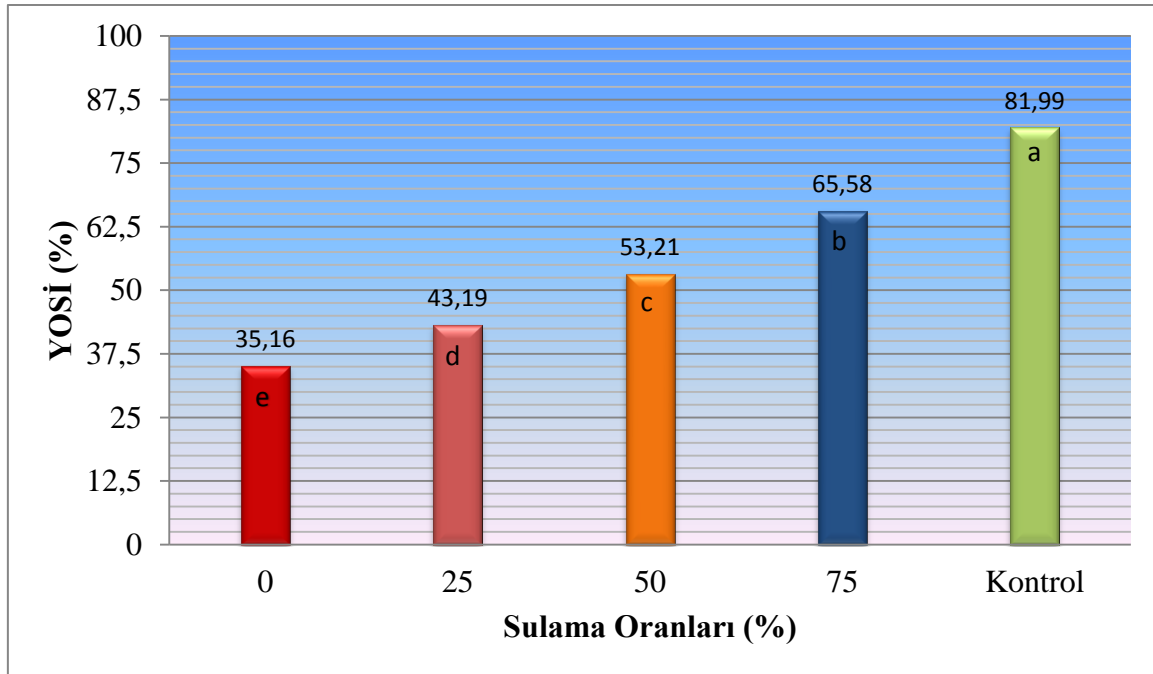
Doss ve ark. (1974) soya fasulyesine toprak su stresinin etkisini, Eck (1986) su kaybının mısır verimine etkisini, Ike (1986) su stresinin yer fıstığının gelişmesi ve verimi üzerine etkisini, Acosta-Gallegos ve Adams (1991) toprak su potansiyelinin verim üzerine etkisini, Öztürk (1991) soya bitkisi üzerinde su stresinin etkisini, Costa ve ark. (2002) su stresi ve taban suyu yüksekliğinin biberde verime ve su kullanım etkinliği araştırdıkları çalışmalarında veriminin stressiz bitkiye (kontrole) göre önemli derecede azaldığını, toprak neminin sınırlandırılmasının ürün verimini ve kalitesin azalttığını rapor etmişlerdir.

Fasulye üzerine su stresi ve kuraklık denemelerinde farklı araştışıcıların farklı çeşitler ile yaptığı araştışmalarında kısa süreli kuraklığın bile fasulyede hem tane verimini hem de kaliteyi olumsuz şekilde azalttığını açıklamışlardır (Miller ve Burke 1983, Ramirez-Vallejo ve Kelly 1998, şehirali ve ark. 2005, Gençoğlan ve ark. 2006, Madakbaş ve ark. 2006, Doğan 2006, Albayati 2018). Bizim sonuçlarımızda da sulamaya paralel olarak bitkideki toplam meyve verimi artmış, benzer konularda çalışan araştışıcıların sonuçları ile paralellik göstermiştir.

## 4.2 Fizyolojik Değişimlere Ait lm ve Analizler

### 4.2.1 Yaprak oransal su içeriği (%)

Farklı sulama oranlarının taze fasulyede yaprak oransal su içeriği üzerine etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. En yüksek YOSİ (%) ortalamaları kontrol (% 100) uygulamasında % 81,99 olarak, en az YOSİ (%) değerini hiç su uygulanmayan % 0 grubunda % 35,16 olarak ölçmüştür. Uygulanan su miktarı yüzdesi arttığı YOSİ yüzdesinin de arttığı tespit edilmiştir (izelge 4.13 ve şekil 4.13).



şekil 4.13. Farklı sulama oranlarının taze fasulyede yaprak oransal su içeriklerine etkileri

Güzel (2006) sulama uygulanan domates bitkisindeki YOSİ miktarının, daha az su uygulanan domates bitkisine göre daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Şeker pancarında yaprak oransal su içeriği değeri verilen sulama suyu miktarı arttıkça artmış, azaldıkça azalmıştır (Köksal 2006). Kuraklık stresi altında yetiştirilen fasulye genotiplerinin nisbi su potansiyelleri kontrol bitkilerine göre bütün genotiplerde azalma göstermiştir (Özpay 2008). Karpuz bitkisinde yaprak su içeriği çiçeklenmeden hasada doğru gidildikçe azaldığı tespit edilmiştir (Demirel ve ark. 2010).

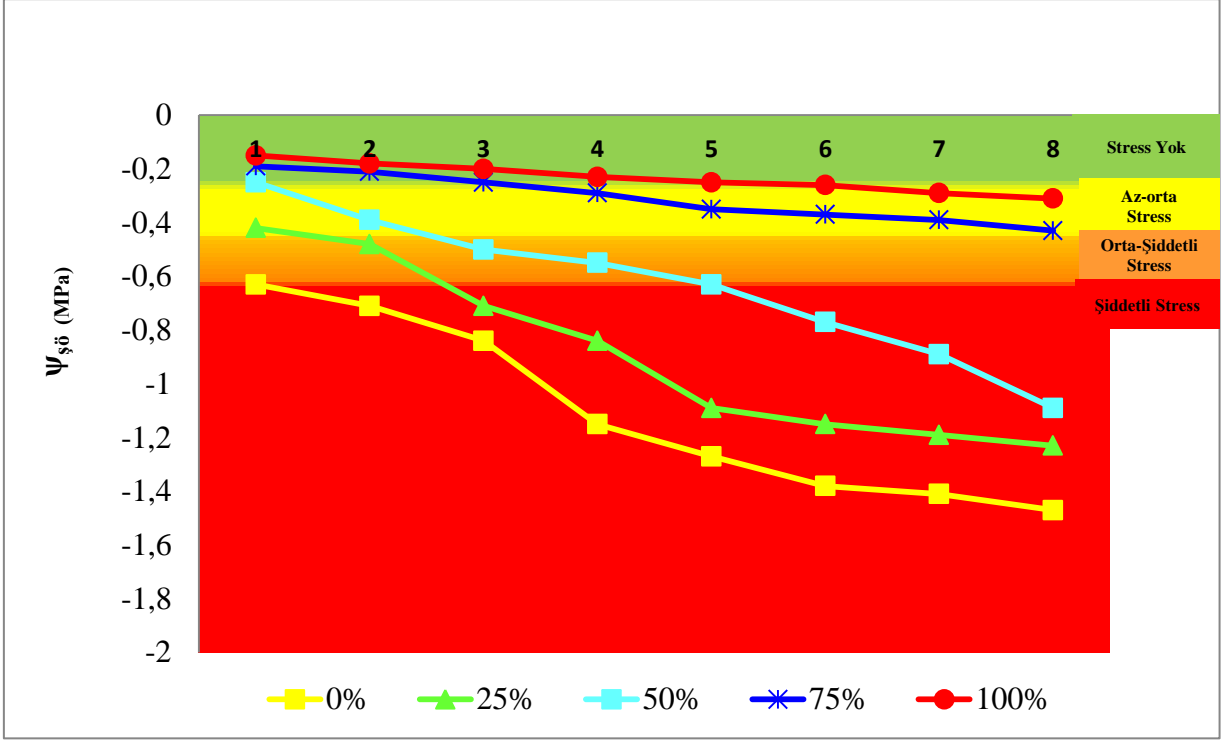
Kuşvuran (2010)'a göre tuz ve kuraklık stresleri yaprak su içeriğinin azalmasına neden olmuştur. Genel olarak tuz ve kuraklık stresi karşılaştırıldığında kuraklık stresinde meydana gelen YOSİ azalmasının (% 43,57), tuz stresine oranla daha fazla olduğu görülmüştür (% 38,32). Araştırmada elde edilen YOSİ sonuçları önceki araştırmacıların sonuçları ile paralellik göstermektedir.

#### 4.2.2 Yaprak su potansiyeli (-MPa)

Araştırmamızda saptanan şafak öncesi ( $\psi_{şö}$ ) yaprak su potansiyeli ortalamaları Çizelge 4.1 ve Şekil 4.14'te verilmiştir. Farklı sulama oranı uygulanan taze fasulyenin yapraklarından alınan örneklerde şafak öncesi yapılan yaprak su potansiyeli ölçümlerine 13.07.2012 tarihinde başlanmış olup 06.09.2012'te sonlandırılmıştır.

**Çizelge 4.1.** Farklı sulama oranlarının taze fasulyede şafak öncesi yaprak su potansiyeli ( $\psi_{şö}$ ) ortalamalarına etkisi (MPa)

Sulama Oranı	(1) 13.07.12	(2) 19.07.12	(3) 26.07.12	(4) 03.08.12	(5) 10.08.12	(6) 17.08.12	(7) 24.08.12	(8) 31.08.12
% 0	-0,63	-0,71	-0,84	-1,15	-1,27	-1,38	-1,41	-1,47
% 25	-0,42	-0,48	-0,71	-0,84	-1,09	-1,15	-1,19	-1,23
% 50	-0,25	-0,39	-0,50	-0,55	-0,63	-0,77	-0,89	-1,09
% 75	-0,19	-0,21	-0,25	-0,29	-0,35	-0,37	-0,39	-0,43
% 100	-0,15	-0,18	-0,20	-0,23	-0,25	-0,26	-0,29	-0,31



Şekil 4.14. Farklı sulama oranlarının şafak öncesi yaprak su potansiyeli ( $\psi_{şö}$ ) üzerine etkileri

Şafak öncesi yaprak su potansiyeli ölçümleri sonucunda ilk ölçüm ile son ölçüm değerlerinin % 0 uygulamasının ölçüm değerleri -0,63 ile -1,47 (MPa) arasında, % 25 uygulamasının -0,42 ile -1,23 (MPa) arasında, % 50 uygulamasının -0,25 ile -1,09 (MPa) arasında, % 75 uygulamasının -0,19 ile -0,43 (MPa) arasında ve % 100 (kontrol) uygulamasının ölçümleri ise -0,15 ile -0,31 (MPa) arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.14).

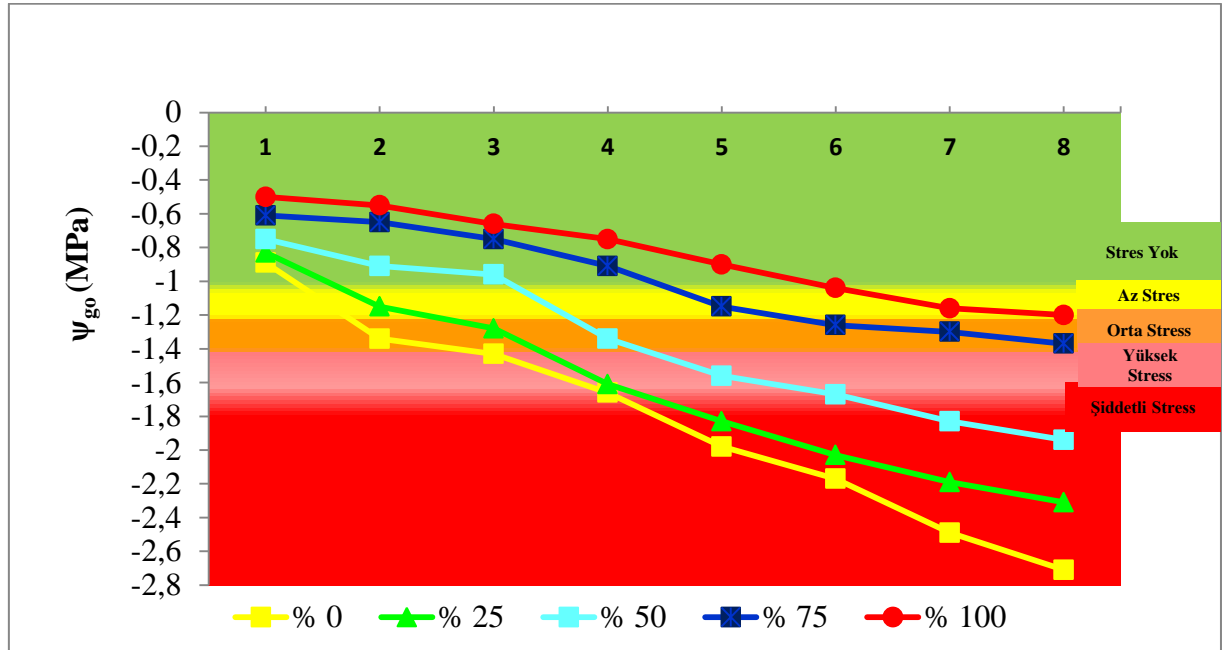
Fasulyelerde 31.08.2012 (son ölçüm) itibariyle önemli yaprak su potansiyeli farklılıklarının olduğu gözlenmiştir. Araştırmamız süresince % 100 (kontrol) su uygulanan fasulyelerde  $\psi_{şö}$  değerleri -0,15 MPa ile -0,31 MPa arasında değişmiş ve stressiz- hafif stresli oldukları saptanmıştır. Bununla beraber hiç sulanmayan gruptaki (% 0) bitkilerde  $\psi_{şö}$  değerleri -0,63 MPa'dan -1,47 MPa'a kadar düşmüş ve şiddetli strese maruz kaldıkları belirlenmiştir. Son ölçümde belirtildiği gibi hiç sulanmayan bitkilerde (% 0  $\psi_{şö} = -1,47$  MPa), % 25 ve % 50 oranında sulanan bitkilerde (% 25  $\psi_{şö} = -1,23$  MPa ve % 50  $\psi_{şö} = -1,09$  MPa) şiddetli stres, % 75 ( $\psi_{şö} = -0,43$  MPa) az-orta stres ve % 100 ( $\psi_{şö} = -0,31$  MPa) sulama yapılan bitkilerde stressiz-hafif stres olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.14)

Gün ortası yaprak su potansiyeli ( $\psi_{go}$ ) ölçümleri şafak öncesi yaprak su potansiyeli ( $\psi_{şö}$ ) ölçümleriyle aynı günlerde yapılmıştır. Örnek alınan bitkilerde yapılan ölçüm sonucunda

ortalama  $\psi_{go}$  değerlerinin ilk ölçümde -0,89 MPa ile -0,50 MPa arasında, son ölçümde ise -2,71 MPa ile -1,20 MPa arasında değişim gösterdiği görülmüştür (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.15).

**Çizelge 4.2** Farklı sulama oranlarının taze fasulyede gün ortası yaprak su potansiyeli( $\psi_{go}$ ) ortalamalarına etkisi (MPa)

Sulama Oranı	(1) 13.07.12	(2) 19.07.12	(3) 26.07.12	(4) 03.08.12	(5) 10.08.12	(6) 17.08.12	(7) 24.08.12	(8) 31.08.12
% 0	-0,89	-1,34	-1,43	-1,66	-1,98	-2,07	-2,49	-2,71
% 25	-0,83	-1,15	-1,28	-1,61	-1,83	-2,03	-2,19	-2,31
% 50	-0,75	-0,91	-0,96	-1,34	-1,56	-1,67	-1,83	-1,94
% 75	-0,61	-0,65	-0,75	-0,91	-1,15	-1,26	-1,30	-1,37
% 100	-0,50	-0,55	-0,66	-0,75	-0,90	-1,04	-1,16	-1,20



**Şekil 4.15.** Farklı sulama oranlarının gün ortası yaprak su potansiyeli ( $\psi_{go}$ ) üzerine etkileri

Denememizde % 100 (kontrol) sulama grubunda yer alan bitkilerde  $\psi_{go}$  değerlerinin -0,50 MPa ile -1,20 MPa arasında değiştiği ve deneme süresince  $\psi_{s0}$  ölçümlerindeki sonuçlara paralel olarak bitkilerde stressiz-hafif stres olduğu saptanmıştır. % 0 su uygulamasında  $\psi_{go}$  değerleri -0,89 MPa ile -2,71 MPa arasında değiştiği ve bitkilerin şiddetli strese maruz kaldıkları, % 25 su uygulamasında ilk ölçüm ve son ölçüm  $\psi_{go}$  değerlerinin -0,89 MPa ile -2,31 MPa arasında değiştiği ve bitkilerin orta-yüksek ve şiddetli strese maruz kaldıkları, % 50 su uygulamasında  $\psi_{go}$  değerlerinin -0,75 MPa ile -1,94 MPa arasında değişiklik gösterip

bitkilerin orta-yüksek-şiddetli strese maruz kaldıkları ve % 75 su uygulamasında ise  $\psi_{go}$  değerlerinin -0,61 MPa ile -1,37 MPa arasında değişim gösterdiği ve bitkilerin az-orta strese maruz kaldıkları saptanmıştır (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.15)

Makbul ve ark. (2011) kuraklık stresine maruz bırakılan soya fasulyesinde yaprak su potansiyelinin azaldığı belirlenmiştir. Rodriguez ve ark. (2004) su eksikliğinin yaprak su potansiyelleri ile yaprak iletkenliğini belirgin bir şekilde azalttığı, yaprak dokularında dehidrasyon olduğu ve turgor kayıplarına neden olduğu sonuçta da stomaların kapandığı gözlemlenmiştir. Yeterli düzeyde su içeren bitki yapraklarında su potansiyeli ( $\psi$ ) -0.2 MPa ile -0.6 MPa arasında değişirken, kurak iklim bitkilerinin yapraklarında değerler çok daha düşük düzeyde olup -2 MPa ile -5 MPa arasında değişebilmektedir. Su taşınımının pasif işlemler sonucu oluşması nedeniyle bitkilerde su alımı da bitkinin su potansiyeli ( $\psi$ ) toprak çözeltisinin su potansiyelinden ( $\psi$ ) daha küçük olduğu zaman gerçekleşmektedir (Kacar ve ark. 2013).

Uyan (2011) “değişik vejetasyon dönemlerinde farklı su kısıtlarının ıspanakta meydana getirdiği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerin belirlenmesi” adlı çalışmada 2 yapraklı dönemde uygulanan farklı su kısıtlarının şafak vakti yaprak su potansiyeli ( $\psi_{sv}$ ) üzerine etkileri (MPa) sonucunda stres dönemi ilerledikçe yaprak su potansiyelinin düştüğü tespit etmiştir.

Tanguilig ve ark. (1987) pirinç, mazi ve soyada yaptıkları çalışmalarda yaprak uzaması, yaprak su potansiyeli ve terlemenin su stresinde her bitki için belirli bir miktarda azaldığını belirtmişlerdir.

Yeşil bitkilerde mevcut toplam suyun, yalnız %0,01-0,06'sını matrikse bağlı sudur. Suyun büyük bir kısmı, hücre duvarlarında bulunur. Su eksikliği başlangıcında bitki, özellikle vakuollerden gelen suyu kaybeder. Bitki içinde bulunan toplam suyun küçük miktardaki kaybıyla bile, bitkisel dokularda 10 barlık potansiyel düşüşüne neden olur. Çünkü vakuol suyundaki çok az bir kayıp hücre içinde hidrostatik basıncın önemli ölçüde düşmesi sonucunu doğurur. Eğer, hidrostatik basınç belirli bir eşik değerinin altına düşerse, hücre uzaması ve bu suretle bitkide büyüme engellenmiş olur (Aktura, 1990).

El-Sayed (1992), biber fidelerini dikimden 12 gün sonra, 8 gün süre ile su kısıntısına maruz bırakmıştır. Kontrol bitkileri ile yaptığı karşılaştırmada su kısıtlamasına maruz kalan bitkilerin yaprak su potansiyelinin -0.65 MPa'dan -1.03 MPa'ya düştüğünü bildirmişlerdir.

Franca ve ark. (2000) sera koşullarında kuraklığın fasulye çeşitlerinde gelişme ve bitki su ilişkileri üzerindeki etkilerini belirlemeyi amaçladıkları çalışmada, çeşitler arasında kuraklığa bağlı olarak büyüme oranı önemli farklılıklar göstermiştir. Düşük seviyedeki su stresinde ( $\Psi_w = -0.60$  MPa) A320 çeşidinin stomalarını tamamen kapadığı, buna karşılık diğer çeşitlerin  $\Psi_w = -0.90$  MPa'lık stres koşulunda stomalarını kapadığını ve net asimilasyon oranının tamamen stoma açıklığı ile ilgili olduğunu bildirmişlerdir.

Sau ve Minguez (2000) Akdeniz iklim koşullarında fasulye bitkisinin adaptasyonunu incelediği çalışmalarında, su kısıntısı uygulandığında, bakla bağlama döneminde yaprak su potansiyelinin ve stoma drenajının azaldığını belirtmişlerdir.

Miyashita ve ark. (2004) yaptıkları çalışmada normal sulanıp daha sonra su stresine maruz bırakılan Kidney fasulyelerin de (*Phaseolus vulgaris* L.) ilk iki gün içinde fotosentetik oran ve transpirasyon oranı ile stomal iletkenliğin azaldığını söylemişlerdir. Ayrıca çalışmanın 5. gününden sonra da yaprak su potansiyelinde azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Küçükkömürcü (2011) tuzluluk ve kuraklık streslerine tolerans bakımından bamya genotiplerinin taranması adlı çalışmasında kullanılan 37 adet bamya genotipi  $\psi$  ölçümleri sonucunda kontrol uygulamasında ortalama  $\psi$  değeri  $-0,07$  MPa olarak ölçülmüş, kuraklık uygulamasında ortalama  $\psi$  ise  $-0,10$  MPa olarak tespit edilmiştir.

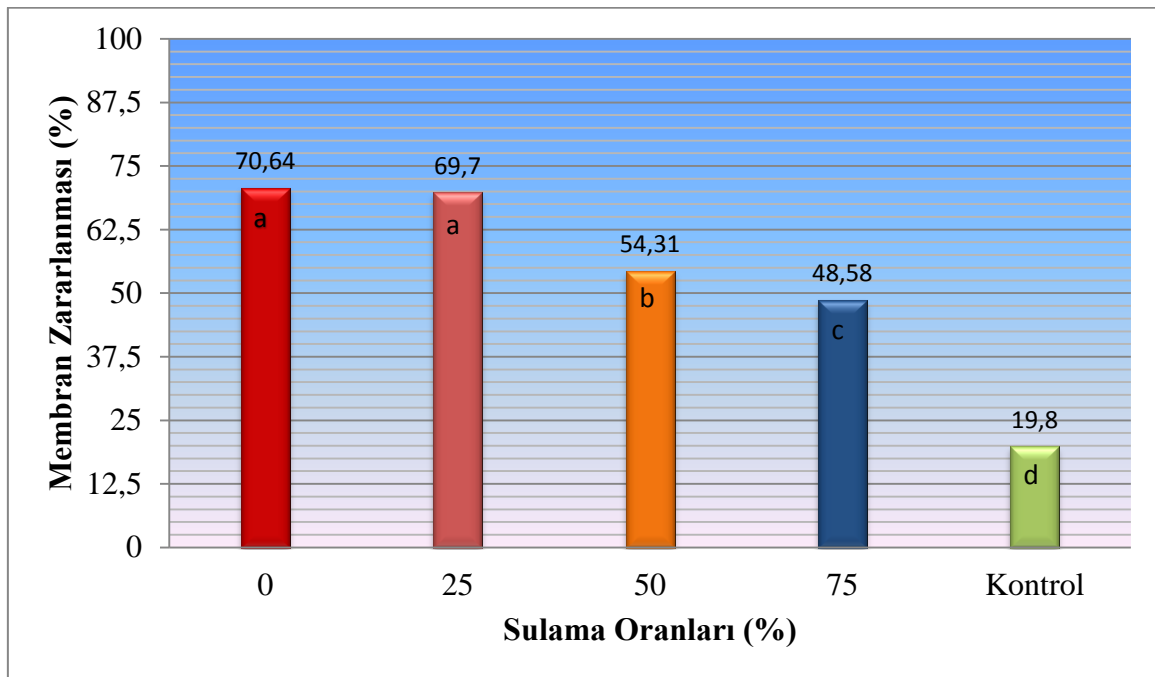
Uyan (2011) değişik vejetasyon dönemlerinde farklı su kısıtlarının ıspanakta meydana getirdiği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerin belirlenmesi amacıyla yaptığı iklim odası çalışmasında % 100 sulama grubunda (kontrol) yer alan bitkilerde  $\psi_{go}$  değerlerinin  $-0,49$  MPa ile  $-0,59$  MPa arasında değiştiğini, deneme süresince  $\psi_{sv}$  ölçümlerindeki sonuçlara paralel olarak bitkilerin strese maruz kalmadıklarını belirtmiştir.

Araştırmamızda yaprak su potansiyeli ölçümleri sonucunda kontrol (% 100) grubuna göre su uygulaması kısıldıkça yaprak su potansiyelinde azalmalar olduğu saptanmış; fasulye bitkilerinde stresin azalan su miktarına göre artış gösterdiği saptanmıştır. Araştırmamız diğer araştırmacıların sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.



### 4.2.3 Yaprak hücrelerinde membran zarar indeksi (%)

Farklı sulama oranlarından elde edilen ortalamalar arasında yaprak hücrelerinde membran zararlanması (MZİ) bakımından farklılık olduğu saptanmıştır. En yüksek MZİ ortalamasının % 0 sulama uygulamasından alındığı (% 70,64), en düşük MZİ ortalamasının ise kontrol (% 100) uygulamasından (% 19,80) alındığı görülmüştür. % 0 ve % 25 sulamada hücre membranlarında en yüksek zarar %'si meydana gelmiş, zararlanma kontrol sulamasına gidildikçe azalmıştır. Kontrol uygulamasında hücre membranlarındaki zarar az olduğu için hasar en aza düşmüştür (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Farklı sulama oranlarının taze fasulyenin yaprak hücrelerinde membran zararlanmalarına etkileri

Kocheva ve ark. (2004)' e göre kuraklık stresine toleransın belirlenmesinde önemli bir indikatör olan membran zararlanma indeksi, arpada kuraklık stresi karşısında artış göstermiştir. Araştırmacılar hücrede meydana gelen yoğun su kaybının, membranlara zarar verdiğini açıklamışlardır.

Sağlam (2004)'a göre bitki hücrelerinde çözünmüş madde konsantrasyonu arttıkça ve su potansiyeli düştükçe, sırasıyla hücrel membranlar kararsızlaşır ve fotosentetik safhanın aksamasına yol açar. Uyan (2011)'a göre kuraklık stresinde su yetersizliğine bağlı olarak,

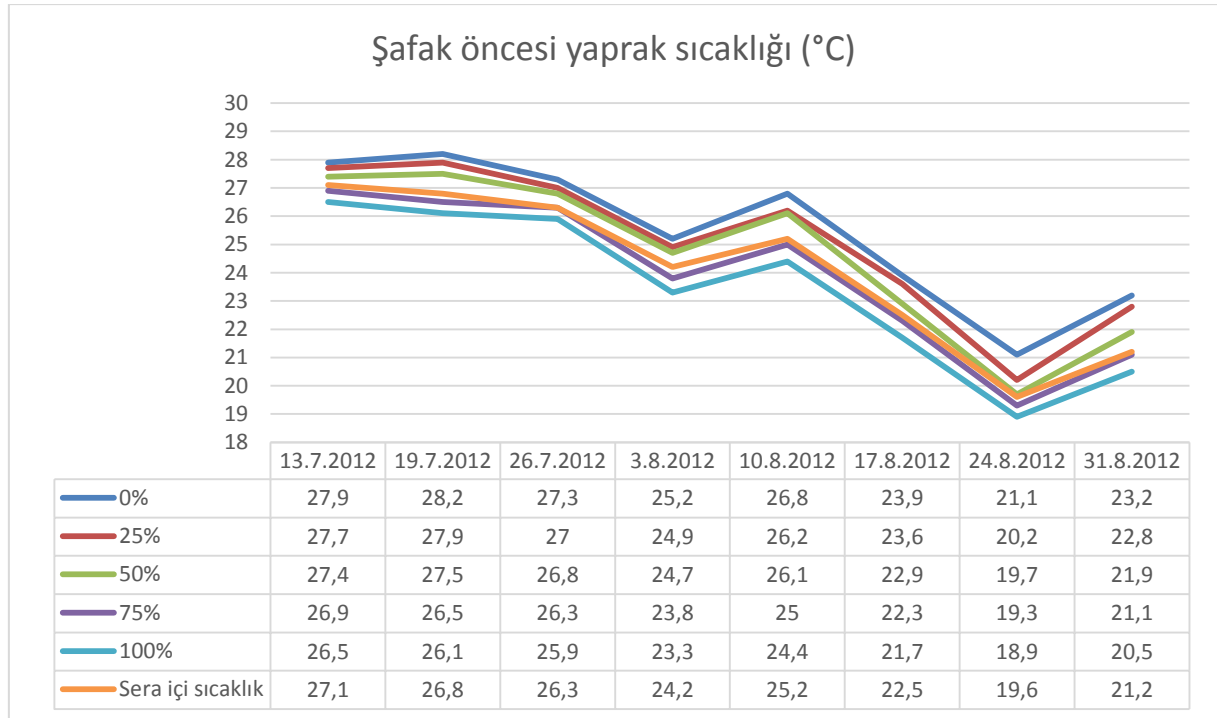
hücre membranlarının ve lipidlerin yapısında bozulma meydana gelmiş olup, enzim aktivitelerini çalıştıran ve ozmotik düzenlemeyi sağlayan yapılarda zararlanma oluşmaktadır.

Kuşvuran (2010)'a göre hücrelerde stres sonrası meydana gelen zararlanma her iki stres koşulunda da benzer değerler göstermekle birlikte tuz stresinde genotiplerin ortalama % değişimi % 34,25 olmasına karşın kuraklık stresinde % 30,60 olarak belirlenmiştir.

Farklı su düzeyleri uygulanarak kuraklık stresine maruz bırakılan fasulye fidelerinin yaprak dokularının su düzeylerinin ortalama EC değerleri incelendiğinde, en yüksek EC değerinin 10 ml su uygulamasında (% 74.29) olduğu, bunu 20 ml su uygulaması (% 66.33) ile 30 ml su uygulamasının (% 51.95) izlediği saptanmıştır (Ünal 2010).

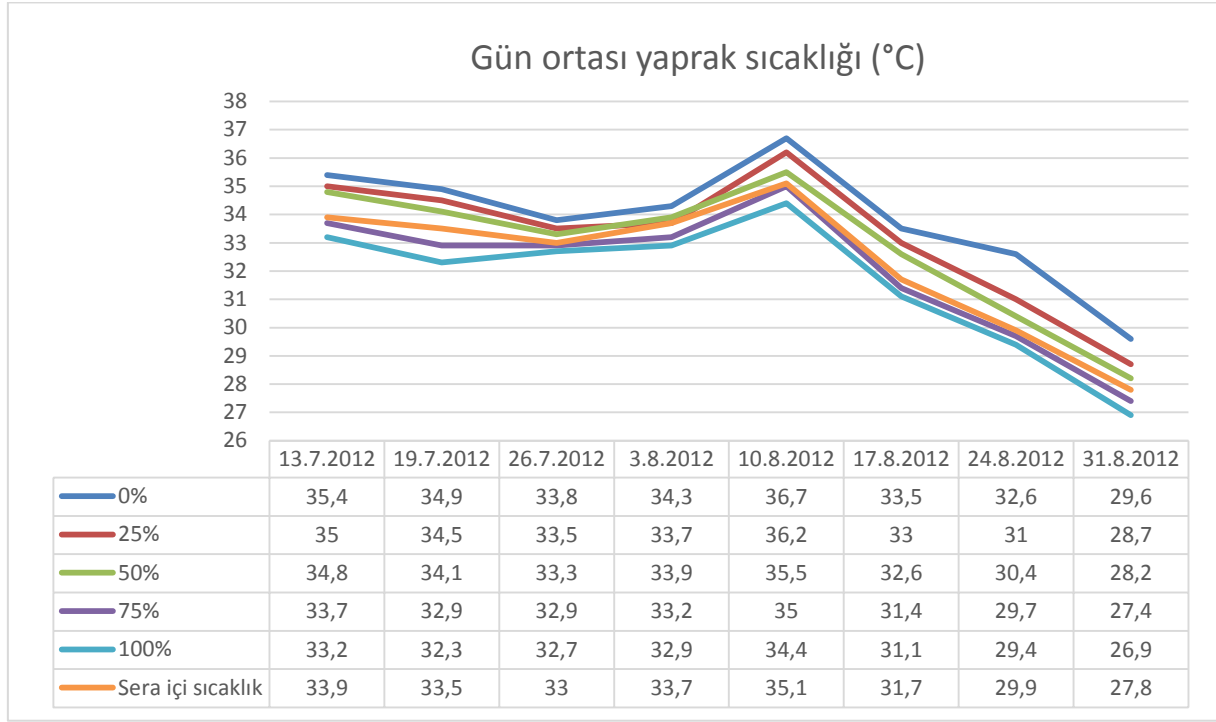
#### 4.2.4 Yaprak sıcaklıkları (°C)

Şafak öncesi yaprak sıcaklıklarına ait ortalamalar Şekil 4.17'de gösterilmiştir. Şafak öncesi ilk ölçümde (13.07.2012) yaprak sıcaklıklarının en yüksek olduğu uygulama % 0 uygulaması (27,9 °C), en az olduğu uygulama ise kontrol (% 100) uygulamasında (26,5 °C) ölçülmüş, son ölçümde de (31.08.2012) yaprak sıcaklıkları en yüksek % 0 uygulamasında (23,2 °C), kontrol uygulamasında ise en düşük değer (20,5 °C) tespit edilmiştir (Şekil 4.17).



**Şekil 4.17.** Taze fasulyede farklı su oranlarının şafak öncesi yaprak sıcaklıklarına etkileri (°C)

Gün ortasında da şafak öncesine paralel olarak yaprak sıcaklığının en yüksek olduğu uygulama % 0 uygulaması (35,4 °C), yaprak sıcaklığının en az olduğu uygulama ise kontrol (% 100) uygulamasında (33,2 °C) ölçülmüş, son ölçümde de (31.08.2012) yaprak sıcaklıkları en yüksek % 0 uygulamasında (29,6 °C), kontrol uygulamasında ise en düşük değer (26,9 °C) saptanmıştır (Şekil 4.18).



**Şekil 4.18.** Taze fasulyede farklı su oranlarının gün ortası yaprak sıcaklıklarına etkileri (°C)

Bitki yüzey sıcaklığının ölçülmesine dayalı infrared termometre tekniğinin popülaritesi bitkiye dokunmaksızın, daha hızlı ve doğru ölçüm yapma olanağı sağladığından her geçen gün artmaktadır. Bu teknik, transpirasyonun yaprak yüzey sıcaklığını düşürmesi ilkesine dayanır. Bitkinin büyüme döneminde aldığı su sınırlanırsa, gözenek direnci artmakta, transpirasyon azalmakta ve ve yaprak sıcaklığı yükselmektedir.

Bitki strese girdiğinde en erken belirtilerden biri yaprak sıcaklığının artması olup, bu durum radyasyon emiliminin olduğu ve transpirasyonun engellendiği anlamına gelmektedir (Buschmann ve Lichtenthaler 1998, Chaerle ve Van Der Straeten 2000). Bitkinin düşük yaprak sıcaklığına sahip olması transpirasyonla kendini serinletme çabası olarak strese karşı bir adaptasyon mekanizması olabilir (Daşgan 2008).

Küçükkömürçü (2011) tuzluluk ve kuraklık streslerine tolerans bakımından 37 adet bamyaya genotipini taradığı çalışmasında ortalama yaprak sıcaklıklarının kontrol grubundaki bitkilerde 28,00 °C, kuraklık grubundaki bitkilerde 29,05 °C olarak ölçmüştür.

Kaya (2011) erken bitki gelişimi aşamasında kuraklık ve tuzluluk streslerine tolerans bakımından fasulye genotiplerini taramış ve fasulye genotiplerinin ortalama yaprak sıcaklığını kontrol grubunda 31,84 °C, kuraklık grubunda 36,16 °C olarak tespit etmiştir.

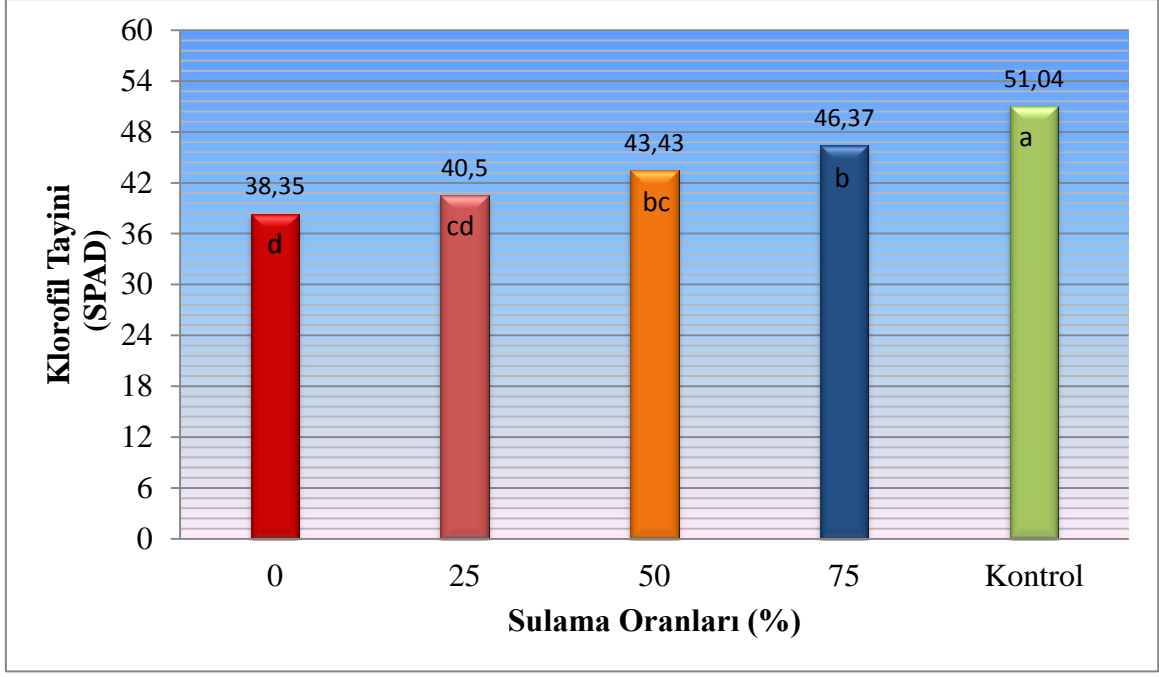
Farklı düzeyde su uygulamaları ile oluşturulan kuraklığın, fasulye fidelerinde meydana getirdiği yaprak sıcaklıklarındaki değişiklikler incelendiğinde, su miktarlarındaki artışla birlikte ortalama yaprak sıcaklığı azalmıştır. En az su uygulanan bitkiler diğer tüm su uygulamalarındaki bitkilerden daha yüksek yaprak sıcaklığı değerlerine sahip olmuşlardır (Ünal 2010).

Uyan (2011) ıspanakta şafak vaktinde en yüksek yaprak sıcaklığını 14,08 °C olarak % 0 su uygulamasında, en düşük yaprak sıcaklığı değerini de kontrol (% 100) uygulamasında 13,36 °C olarak tespit etmiş, gün ortasında da şafak vaktine paralel olarak en yüksek yaprak sıcaklığını 20,48 °C % 0 uygulamasında, en düşük yaprak sıcaklığını ise 18,56 °C olarak % 100 (kontrol) uygulamasında saptamıştır.

En fazla su kısıtı (% 0) uyguladığımız bitkilerimizde yaprak sıcaklık ortalamaları en yüksek olmuştur. Bunun nedeni ise meydana gelen kuraklıktan dolayı bitkilerin buharlaşma isteklerinden daha az bir hızda terleme gerçekleştirmesi ve bu nedenle yaprak yüzeyi sıcaklığında meydana gelen artıştan kaynaklanmaktadır. Farklı su kısıtları uyguladığımız çalışmamızda tespit ettiğimiz yaprak sıcaklıkları sonuçları diğer araştırmacıların çalışmalarıyla paralellik göstermektedir.

#### **4.2.5 Klorofil miktarı (SPAD değeri)**

Farklı sulama oranlarının taze fasulyenin yaprak klorofil içeriği üzerine etkisinin istatistiksel olarak % 1'e göre önemli olduğu tespit edilmiştir. En yüksek ortalama klorofil miktarı kontrol (% 100) uygulamasında 51,04 SPAD olarak, en az ortalama klorofil miktarı ise % 0 uygulamasında 38,35 SPAD olarak ölçülmüştür. Sulama oranı arttıkça bitkilerdeki klorofil miktarının da arttığı görülmüştür (Şekil 4.19).



**Şekil 4.19.** Farklı sulama oranlarının taze fasulyede klorofil tayini üzerine etkileri

Pıtır (2015) biber yetiştiriciliğinde farklı su kısıtlarının meydana getirdiği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerin belirlenmesi amacıyla yürüttüğü araştırmasında en yüksek toplam klorofil miktarının % 100 (kontrol) uygulamasında ortalama 72,10 mg/L ölçülmüş, en düşük toplam klorofil miktarını ise % 0 su uygulamasında ortalama 46,88 mg/L olarak ölçülmüştür.

Liu ve ark. (2004) sera koşullarında kuraklık stresinin soya fasulyesi yapraklarında ve baklasında karbonhidrat konsantrasyonu üzerine etkilerini belirlemeyi amaçladıkları çalışmada, kuraklık stresinin fotosentez oranını ve yaprakların, çiçeklerin ve baklaların su potansiyelini azalttığını belirlemişlerdir. Özpay (2008)'a göre kuraklık uygulanan bitkilerin klorofil miktarları kontrol bitkilerine göre bütün genotiplerde azalma göstermiştir. Kuşvuran (2010)'a göre ilerleyen stres süresi kontrol uygulamalarında klorofil miktarında artışın meydana gelmesini sağlarken, tuz ve kuraklık uygulamalarında klorofil yapısında bozulmalara ve sonuç olarak klorofil miktarında azalmaya neden olmuştur.

Makbul ve ark.(2011) kuraklık stresi altındaki soya fasulyesinin anatomik ve fizyolojik parametrelerindeki değişimleri inceledikleri çalışmalarında toplam klorofil içeriği ölçülmüş ve kontrol bitkileriyle kıyaslandığında toplam klorofil içeriğinin azaldığını belirlemişlerdir.

Fasulye genotiplerinin yetiştirildikleri ortamlara verilen su miktarı azaldıkça klorofil miktarında azalma meydana gelmiştir. Fasulye genotiplerinin klorofil miktarlarında 30 ml su uygulamasına göre 20 ve 10 ml su düzeylerinde sırasıyla % 6.77 ve % 9.44 kadar bir azalmaya neden olmuştur (Ünal 2010).

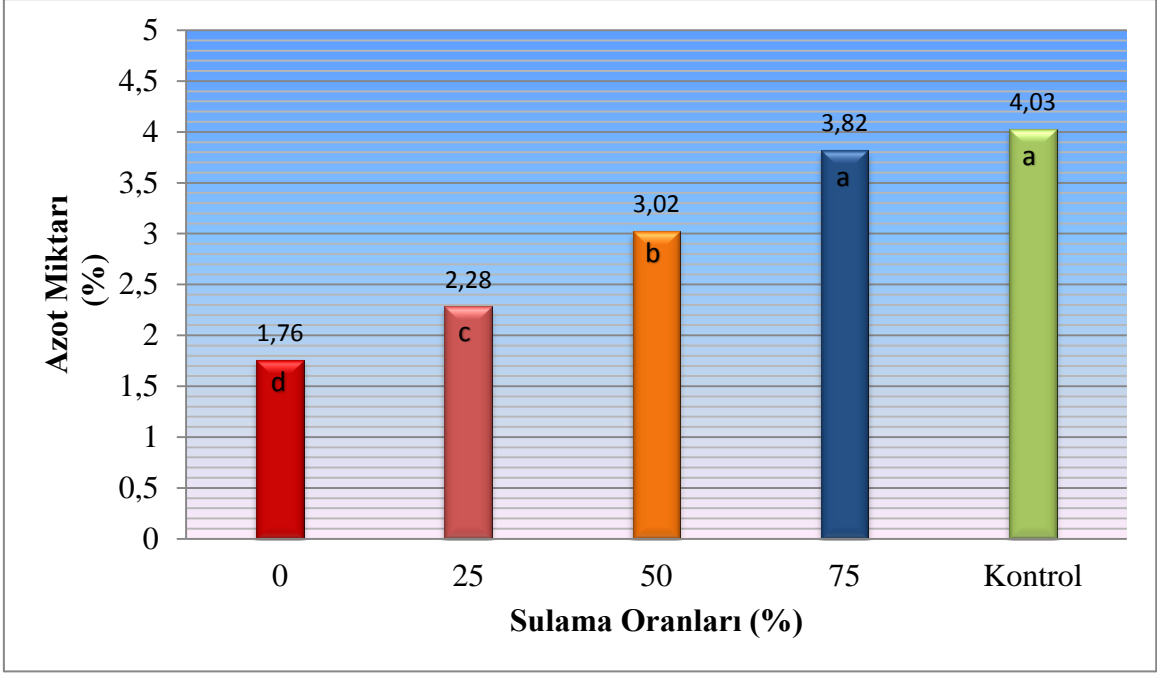
Su kısıtlaması sonucu bitkinin strese girmesiyle stomaların kapanmasında düzensizlik meydana gelmiş ve klorofil miktarında kontrol (% 100) uygulamasına göre % 0, % 25, % 50 ve % 75 uygulamalarında azalma olmuştur. Fotosentezin oluşumu için fotosentetik pigmentlere mutlak gereksinim vardır. Su kısıtı sonucu klorofil membranları ve fotosentetik pigmentler zarar görmüş ve klorofil değerlerinin kontrol (% 100) grubuna göre düşük çıktığı tespit edilmiştir. Bitkilerin su stresine maruz kalması sonucu çalışmamız sonunda tespit ettiğimiz klorofil miktarındaki değişim araştırmacıların sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.

### **4.3 Kimyasal Değişimlere Ait Analizler**

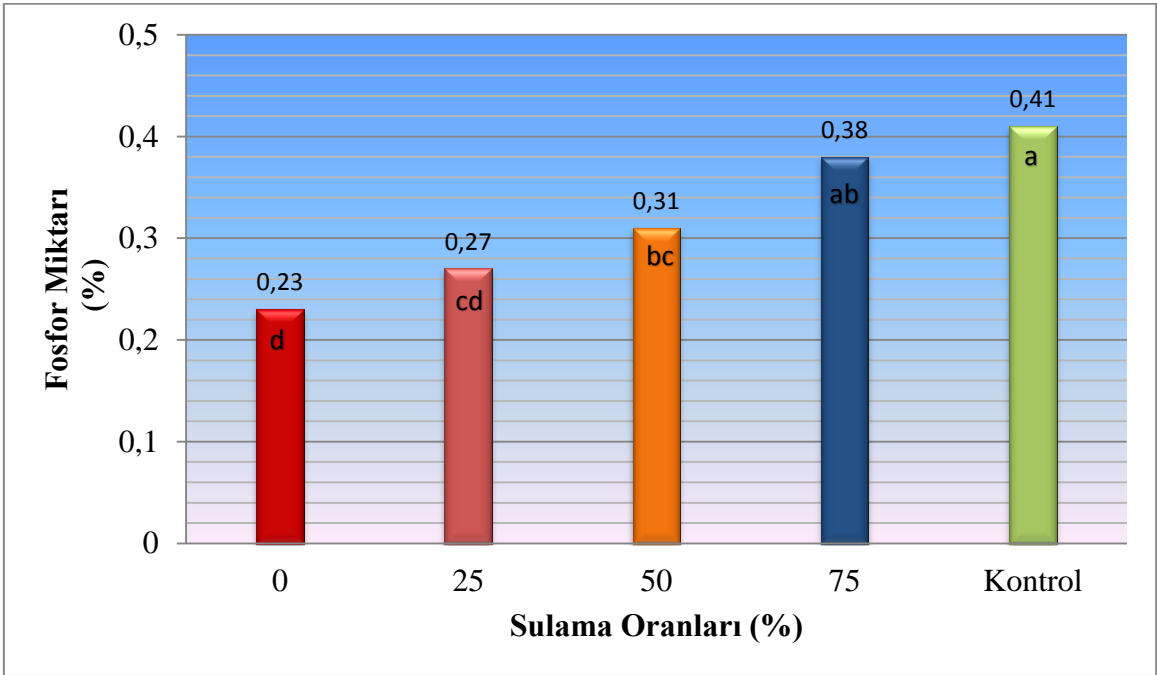
#### **4.3.1 Makro besin element miktarları (%)**

Farklı sulama oranlarının taze fasulye yapraklarında makro element (N, P, K, Ca ve Mg) miktarı içeriğine üzerine etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu görülmüştür (Şekil 4.20-4.24).

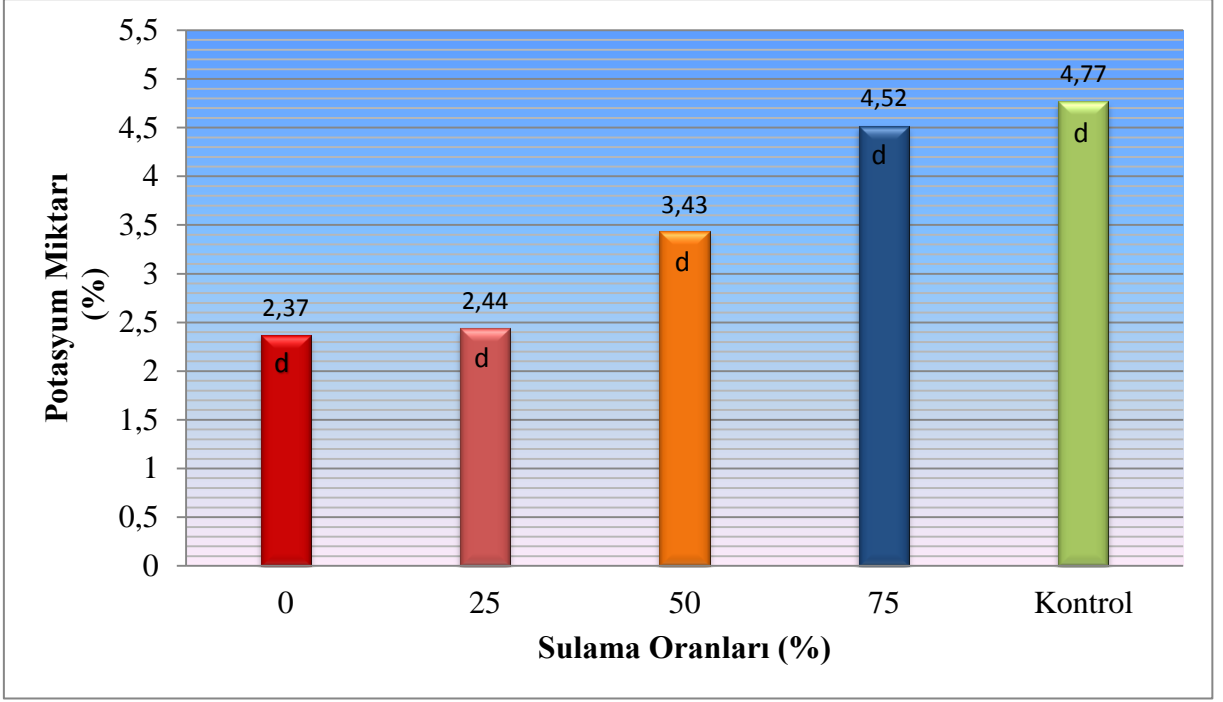
En yüksek N miktarı kontrol (% 100) uygulamasında % 4,03 olarak, en az % 0 uygulamasında % 1,76 olarak belirlenmiştir. (Şekil 4.20). En yüksek ortalama P miktarı kontrol (% 100) uygulamasında % 0.41, en az ortalama P miktarı ise % 0 uygulamasında % 0.23 ölçülmüştür (Şekil 4.21). K miktarı %4,52 (% 100 sulama, kontrol) ile % 2,44 (% 0 sulama) arasında değişmiştir (Şekil 4.22). Ca miktarı en yüksek ve en düşük olarak sırası ile kontrol (% 100) uygulamasında % 3,46, % 0 uygulamasında ise % 0,77 olarak ölçülmüştür (Şekil 4.23). En yüksek Mg miktarı kontrol (% 100) uygulamasında % 0,264, en az Mg miktarı % 0 uygulamasında % 0,155 olarak saptanmıştır. Sulama oranı arttıkça bitkilerdeki ölçülen makro element içeriklerinin de arttığı saptanmıştır.



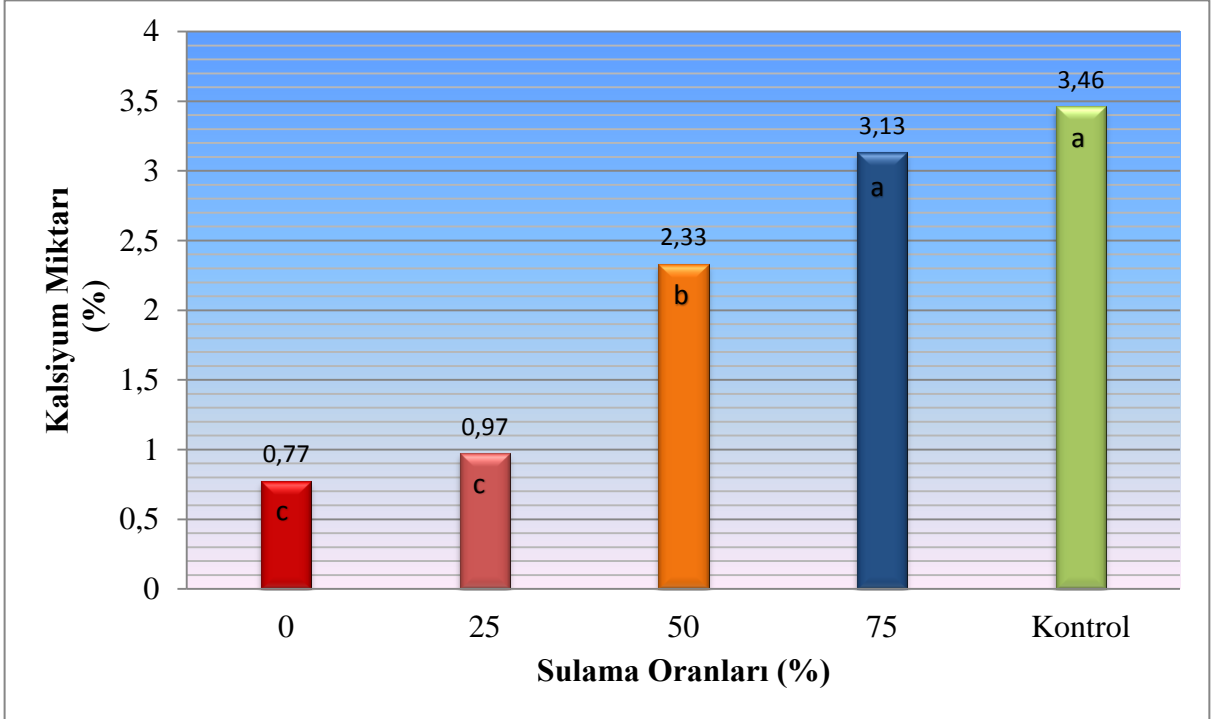
Şekil 4.20. Farklı sulama oranlarının taze fasulyede azot miktarına etkileri



Şekil 4.21. Farklı sulama oranlarının taze fasulyede fosfor miktarına etkileri

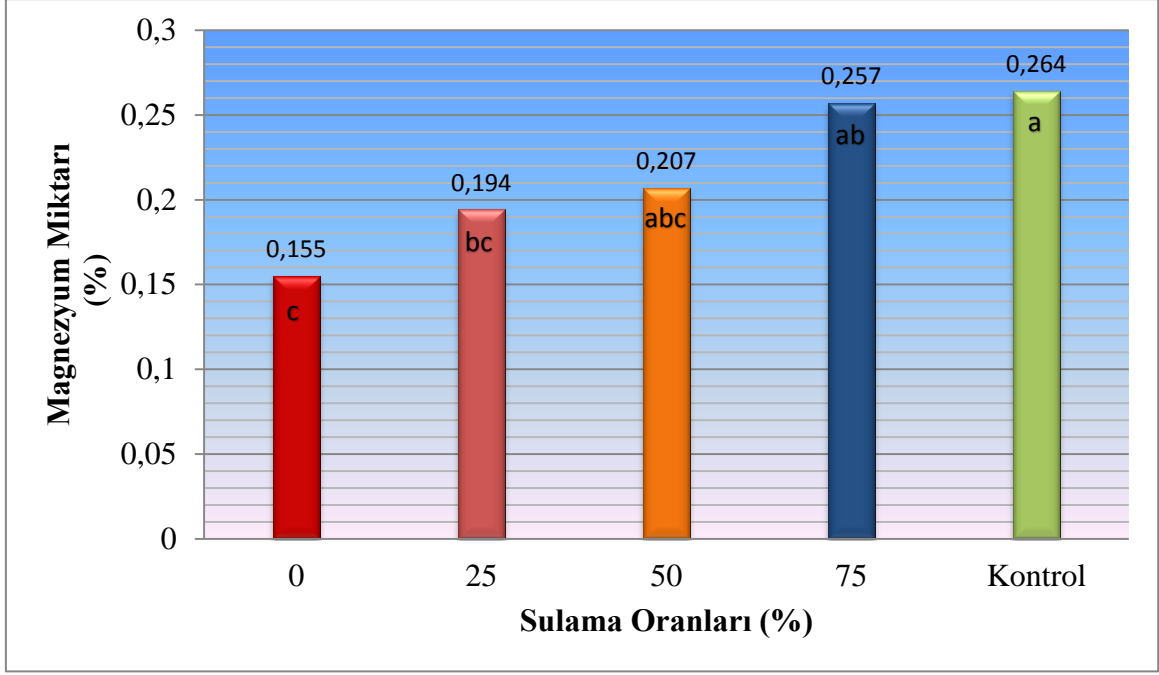


Şekil 4.22. Farklı sulama oranlarının taze fasulyede potasyum miktarına etkileri



Şekil 4.23. Farklı sulama oranlarının taze fasulyede kalsiyum miktarına etkileri





**Şekil 4.24.** Farklı sulama oranlarının taze fasulyede magnezyum miktarına etkileri

Farklı türlerde yapılan çalışmalar da sulama oranı arttıkça bitkilerin makro element içeriklerinin arttığını göstermiştir. Uyan (2011)'a göre farklı su kısıtlamaları uygulanan Matador ıspanak çeşidinde toplam N, P, K, Ca ve Mg miktarları kontrol bitkilerinde en yüksek olarak sırası ile % 2,76, % 0,99, % 5,26, % 1,35 ve % 0,80 olarak bulunmasına karşılık, % 0 uygulamasında bu miktar azalış göstermiş ve sırası ile % 1,94, % 0,40, % 4,34, % 0,95 ve % 0,57 olmuştur.

Çelik (2014) yer kirazında yaptığı çalışmasında bitki yaprağındaki en düşük N (% 2,05), P (% 0,14), K (% 1,95), Ca (% 0,83) ve Mg (% 0,67) miktarının % 0 su uygulamasından; en yüksek N (% 3,19), P (% 0,28), K (% 2,55), Ca (% 1,46) ve Mg (% 1,02) miktarının ise % 100 su uygulanan kontrol bitkilerin yapraklarından alındığını belirtmiştir.

Pıtır (2015) da biber yapraklarında benzer sonuçları bulmuş, en yüksek N, P, K, Ca ve Mg içeriklerinin kontrol (% 100) uygulamasında sırası ile % 4,61, % 0,18, % 3,57, % 3,12 ve % 0,90 olarak ölçmüş, en düşük değerlerin ise % 0 uygulamasında sırası ile % 2,91, % 0,11, % 2,44, % 1,90 ve % 0,62 olduğunu belirlemiştir.

Karipçin ve Şatır (2016) “su stresi koşullarında yetiştirilen marulun verim ve besin içeriğine arbüsküler mikorizal fungus (AMF)'un etkileri” adlı çalışmalarında hasat sonrası yaprakta makro element içeriklerini incelediklerinde N'un sulamaya paralel olarak artış gösterdiğini % 50 su uygulamasında % 4,18 olarak ölçüldüğünü, % 100 (tam sulama) su

uygulamasında ise % 5,20 olarak ölçüldüğünü tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada P içerikleri ise % 50 su uygulamasında 3831.92 ppm, % 100 (tam sulama) su uygulamasında ise 5246.89 ppm olarak saptanmıştır.

Kuşvuran (2010)'a göre kavun bitkisinde kuraklık stresleri sonunda genotiplerde yeşil aksam K ve Ca miktarı % 3,62 ve %3,38 olarak belirlenmiş; kuraklık bitkilerinde bu değer % 2,42 ve %2,02'ye düşmüştür. Kuşvuran (2011)'ın bamyada genotiplerinde yaptığı diğer bir çalışmada ise kontrol bitkilerinde ortalama K ve Ca içeriğini sırası ile %3,24 ve % 3,03 olarak ölçmüş, tuz stresine maruz bırakılan bitkilerde bu değerler % 1,88 ve % 1,84 olarak saptamıştır.

Küçükkömürücü (2011)'e göre bamyada genotiplerinin yeşil aksam Ca miktarı % 1,91 kuraklık bitkilerinde ise ortalama kalsiyum miktarı % 1,42 olarak belirlemiştir.

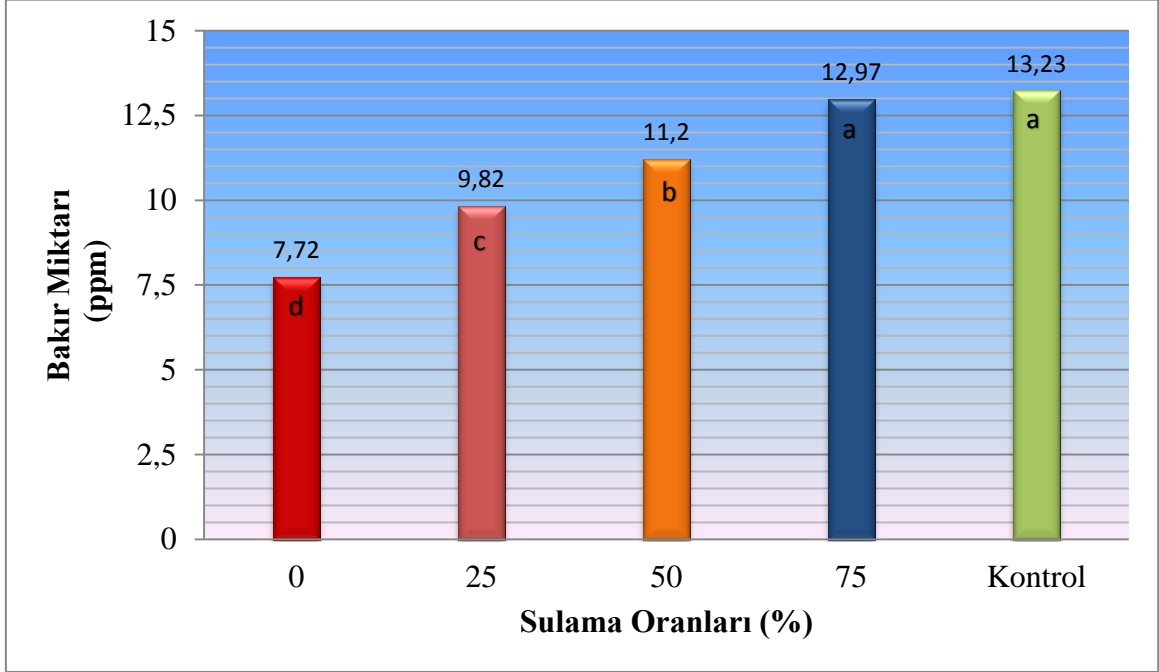
Kaya (2011) fasulye genotiplerinin yeşil aksam K miktarlarına baktığında, kontrol bitkilerinde ortalama K miktarlarının % 4,06 olduğu, kuraklık bitkilerinde ise bu değer % 3,45'e düştüğünü saptanmıştır. Doğan (2006) fasulye bitkisinin yapraklarındaki K tayini ile ilgili yaptığı çalışmada kontrol grubunda K miktarı 27,407 mg/g, orta dereceli su stresinde K miktarı 23,015 mg/g ve şiddetli su stresine maruz bırakılan bitkilerde ise K miktarı 18,107 mg/g olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada yapraklardaki Mg miktarı ise kontrol bitkilerinde 1.295 mg/g, orta dereceli su stresinde Mg miktarı 1.061 mg/g ve şiddetli su stresine maruz bırakılan bitkilerde ise Mg miktarı 0.711 mg/g olarak belirlemiştir. Kaya ve Daşgan (2013) fasulye genotiplerinin yeşil aksam K ve Ca miktarlarını sırası ile %4.06 ve % 2,11 olarak belirlemişken, kuraklık stresi altındaki bitkilerde %3,45 ve % 0,90 olarak saptamışlardır. Çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlar daha önceki çalışmalar ile paralellik göstermiştir.

#### **4.3.2. Mikro besin element miktarları (ppm)**

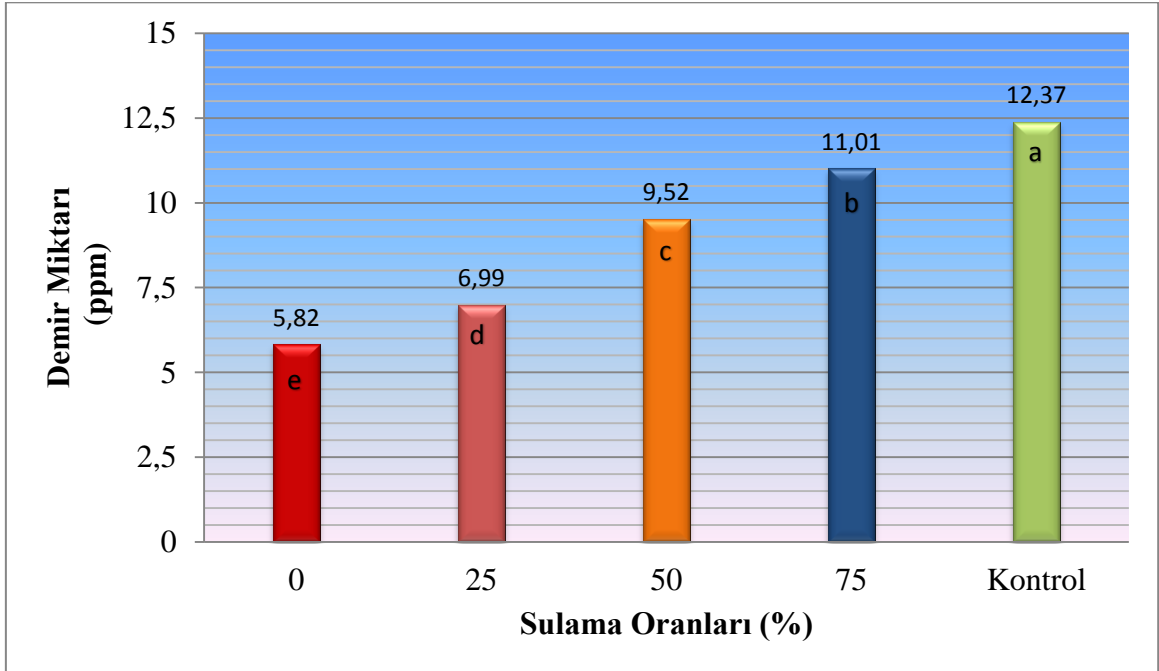
Taze fasulye yapraklarında mikro element (Cu, Fe, Zn ve Mn) içeriği üzerine araştırmamızda kullanılan farklı sulama oranlarının etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Sulama oranlarına karşı söz konusu mikro elementlerin değişimleri Şekil 4.25-4.28'de görülmektedir.

Bitki yapraklarındaki en yüksek Cu miktarı kontrol (% 100) uygulamasında 13,23 ppm, en az ise % 0 uygulamasında 7,72 ppm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.25). Fe içeriği 12,37 ppm (% 100 sulama, kontrol) ile 5,28 ppm (% 0 sulama) arasında değişmiştir (Şekil 4.26). Çalışmamızda en yüksek Zn miktarı kontrol (% 100) uygulamasında 25,14 ppm olarak

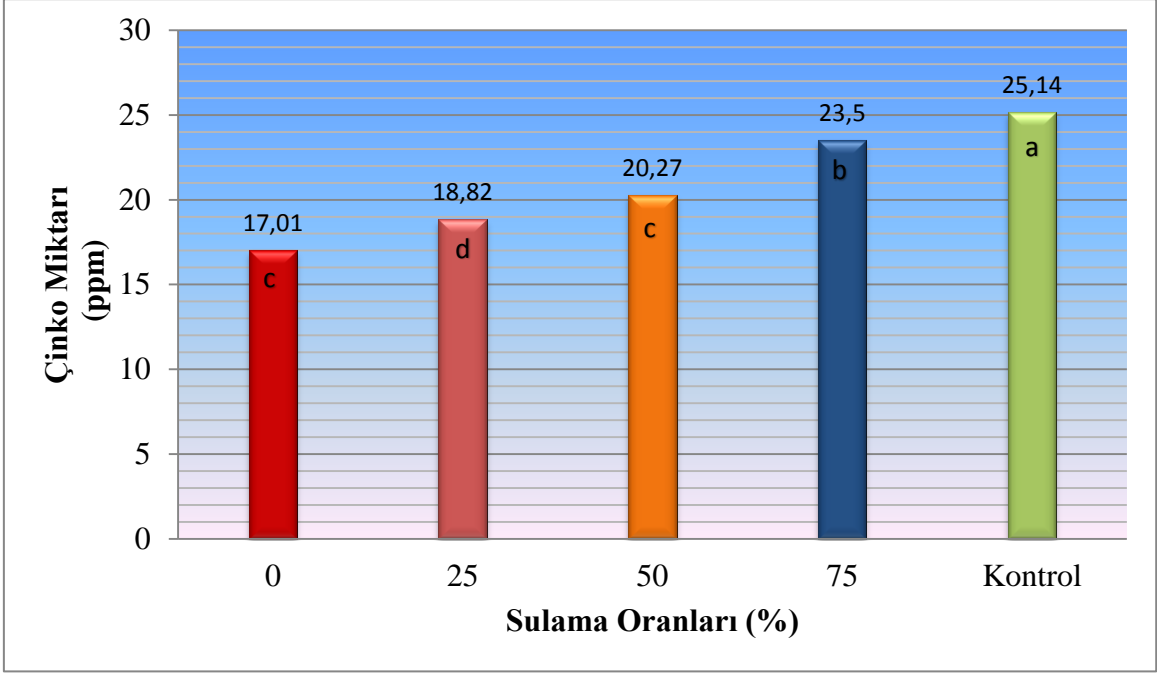
belirlenmişken, en az Zn miktarı ise % 0 uygulamasında 17,01 ppm olarak saptanmıştır (Şekil 4.27). En yüksek Mn içeriği 35,15 ppm ile kontrol bitkilerinin yapraklarında belirlenirken, en düşük 19,95 ppm ile % 0 uygulamasındaki bitki yapraklarından elde edilmiştir (Şekil 4,28). Görüldüğü üzere bitkilere uygulanan su kısıtı arttıkça yaprak mikro element içeriği azalmıştır.



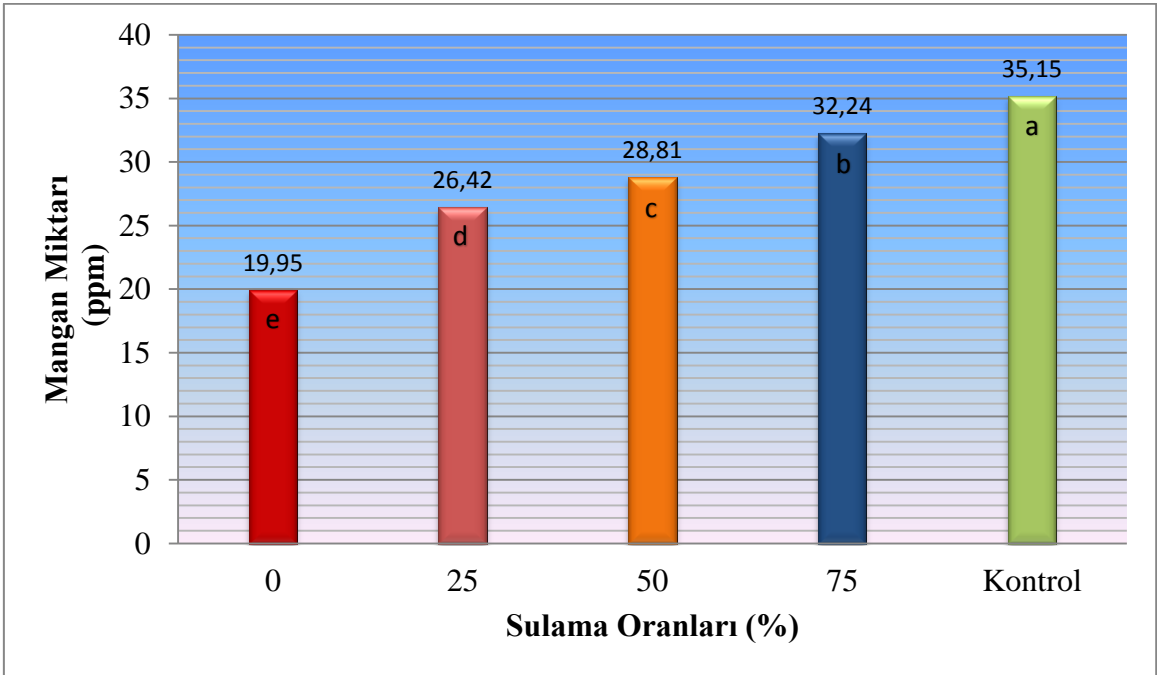
Şekil 4.25. Farklı sulama oranlarının taze fasulyede bakır miktarına etkileri



Şekil 4.26. Farklı sulama oranlarının taze fasulyede demir miktarına etkileri



Şekil 4.27. Farklı sulama oranlarının taze fasulyede çinko miktarına etkileri



Şekil 4.28. Farklı sulama oranlarının taze fasulyede mangan miktarına etkileri

Elde ettiğimiz sonuçları destekler nitelikte, Uyan (2011) farklı su kısıtlamaları uyguladığı Matador ıspanak çeşidinde tam sulama (kontrol) altında en yüksek Cu, Fe, Zn ve Mn içeriklerini sırası ile 7,34, 122,44, 101,33 ve 82,00 ppm olarak saptamışken; en düşük değerleri % 0 uygulamasında sırası ile 3,14, 41,77, 47,13 ve 59,09 ppm olarak saptamıştır.

Benzer şekilde Pıtır (2015) yapmış olduğu araştırmasında, kontrol uygulamasında Cu, Fe, Zn ve Mn içeriklerini 20,34, 110,38, 72,91 ve 111,49 ppm olarak ölçmüş, su kısıtlarının biber yapraklarındaki mikro element içeriğini azalttığını ve en düşük değerlerin % 0 uygulamasında sırası ile 4,20, 38,92, 43,20 ve 46,61 ppm olarak saptandığını belirtmiştir.

Çelik (2014) yer kirazında yaptığı çalışmasında bitki yaprağındaki en düşük Cu (19,88 ppm), Fe (78,00 ppm), Zn (39,24 ppm), ve Mn (51,92 ppm) miktarının % 0 su uygulamasından; en yüksek Cu (26,89 ppm), Fe (191,85 ppm), Zn (64,60 ppm), ve Mn (105,84 ppm) miktarının ise % 100 su uygulanan kontrol bitkilerin yapraklarından alındığını belirtmiştir.

Özpay (2008) taze fasulye genotiplerinin kuraklık stresine olan tepkilerinin belirlenmesi çalışmasında kontrol uygulamasında ortalama Fe miktarını 182.81(ng/mg YA) olarak ölçülmüş, kuraklık bitkilerinde ise bu değer 156.07 (ng/mg YA) olarak saptanmıştır. Araştırmacı Zn miktarını ise kontrol bitkilerinde 72.87(ng/mg YA) olarak saptamışken, kuraklık bitkilerinde 58.97 (ng/mg YA) olarak saptamıştır.

Karipçin ve Şatır (2016) su stresi koşullarında yetiştirilen marul sebzesinin verim ve besin içeriğine arbusküler mikorizal fungus (AMF)'un etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, hasat sonrası yaprakta mikro element içeriklerine de bakmışlar ve Fe miktarının % 50 su uygulamasında 118,78 ppm, % 100 (tam sulama) su uygulamasında ise 124.64 ppm olduğunu belirlemişlerdir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı bitkiler ile yapılan çalışmalar ile stres koşullarına adapte olabilen bitki tür ve çeşitlerindeki savunma mekanizmalarının ortaya çıkarılması ve böylelikle ürün kayıplarının en aza indirilmesi, suyun etkili kullanımı, beslenme ve tarım ekonomisi açısından son derece önemlidir. Bu amaçla yürütülen çalışmada, Gina fasulye çeşidinde farklı sulama oranlarının fizyolojik, morfolojik ve kimyasal özellikler üzerine etkisi araştırılmış, kurulan denemede kontrol parsellerine, bitki kök bölgesindeki kullanılabilir su tutma kapasitesinin % 50'si tüketildiğinde mevcut nemi tarla kapasitesine çıkaracak şekilde sulama suyu uygulanırken, diğer parsellere kontrol parseline uygulanan suyun % 75, % 50, % 25 ve % 0'ı oranında sulama suyu uygulanmıştır.

Yapay su stresi uygulamaları sonucunda yaprak zararlanma derecesi, yaprak sayısı (adet), yaprak ağırlığı (g), yaprak kalınlığı (mm), yaprak alanı (cm<sup>2</sup>), bakla ağırlığı (g), bakla çapı (mm), bakla boyu (cm), bitki boyu (cm), bitkideki toplam bakla adedi (adet), bitkideki toplam bakla ağırlığı (g), verim (kg/da), yaprak oransal su içeriği (%), yaprak su potansiyeli (MPa), yaprak hücrelerinde membran zararlanması (%), yaprak sıcaklıkları (°C), klorofil tayini (SPAD) ile makro (N, P, K, Ca, Mg) ve mikro (Cu, Fe, Zn, Mn) besin elementleri miktarları (% ve ppm) belirlenmiştir.

Yaprak zararlanma derecesi ile yapılan değerlendirmeye göre % 100 ve % 75 sulama oranlarının uygulandığı parsellerde büyüme ve gelişme sekteye uğramadan bitkiler hasat dönemine ulaşmışlardır. % 50 ve % 25'lik sulama parsellerinde ise yapraklarda solgunluklar başlamış ilerleyen dönemlerde bu solgunluklar artış göstermiş aynı zamanda yapraklarda klorofil miktarının azalmasıyla beraber sararmalar gözlenmiştir. % 0 uygulamamızda ise; ilk dönemlerde yapraklarda görülen solma, sararma gibi belirtilerin ardından, ilerleyen süreçte yaprak uç ve kenarlarından başlayan kurumayla birlikte bitkilerde solma ve kuruma başlamıştır.

Kontrol uygulamasına verilen su miktarının belirli oranlarda düşürülerek oluşturulan su kısıtlamalarına tepki olarak; yaprak sayısı, yaprak ağırlığı, yaprak alanı, klorofil miktarı ile makro ve mikro besin elementleri miktarlarında azalmalar meydana gelmiştir. Bitkiler yeterli suyu bünyelerine alamadığında birçok hücrenel olay olumsuz etkilenmiştir (Çizelge 5.1).

**Çizelge 5.1.** Farklı sulama oranlarının taze fasulyede meydana getirdiği bazı fizyolojik, morfolojik ve kimyasal parametrelerin değişimleri

	% 0	% 25	% 50	% 75	% 100
Yaprak zararlanma derecesi	5,00	4,00	3,25	1,50	0,25
Yaprak sayısı (adet)	30,75	48,25	58,25	66,25	87,25
Yaprak ağırlığı (g)	3,45	12,37	14,87	17,85	38,42
Yaprak kalınlığı (mm)	0,63	0,42	0,39	0,30	0,16
Yaprak alanı (cm <sup>2</sup> )	316,82	522,13	1185,10	1264,11	2490,80
Bakla ağırlığı (g)	3,32	4,40	5,48	6,76	7,90
Bakla çapı (mm)	12,54	13,01	14,99	15,32	15,75
Bakla Bboyu (cm)	7,56	8,49	9,98	11,63	12,25
Bitki boyu (cm),	29,63	40,94	43,25	52,58	57,19
Bitkideki toplam bakla adedi (adet),	3,00	3,25	5,25	12,75	16,50
Bitkideki toplam bakla ağırlığı (g)	11,12	13,69	29,33	86,23	131,01
Verim (kg/da)	154,93	278,71	657,21	1073,38	1365,87
Yaprak oransal su içeriği (%)	35,16	43,19	53,21	65,58 b	81,99
Yaprak hücrelerinde membran zararlanması (%)	70,64	69,70	54,31	48,58	19,80
Şafak öncesi ( $\psi_{s0}$ ) yaprak su potansiyeli (-MPa)	-1,47	-1,23	-1,09	-0,43	-0,31
Gün ortası ( $\psi_{g0}$ ) yaprak su potansiyeli (-MPa)	-2,71	-2,31	-1,94	-1,37	-1,20
Şafak öncesi ( $\psi_{s0}$ ) yaprak sıcaklığı (°C)	23,2	22,8	21,9	21,1	21,2
Gün ortası ( $\psi_{g0}$ ) yaprak sıcaklığı (°C)	29,6	28,7	28,2	27,4	26,9
Toplam klorofil (SPAD)	38,3	40,50	43,43	46,37	51,04
<b>Makro ve Mikro Besin Elementleri Miktarı (% ve ppm)</b>					
Azot miktarı (%)	1,76	2,28	3,02	3,82	4,03
Fosfor miktarı (%)	0,23	0,27	0,31	0,38	0,41
Potasyum miktarı (%)	2,37	2,44	3,43	4,52	4,77
Kalsiyum miktarı (%)	0,77	0,97	2,33	3,13	3,46
Magnezyum miktarı (%)	0,155	0,194	0,207	0,257	0,264
Bakır miktarı (ppm)	7,72 d	9,82	11,20	12,97	13,23
Demir miktarı (ppm)	5,82	6,99	9,52	11,01	12,37
Çinko miktarı (ppm)	17,01	18,82	20,27	23,50	25,14
Mangan miktarı (ppm)	19,95	26,42	28,81	32,24	35,15

Şiddetli stres     
  Orta şiddetli stres     
  Orta stres  
 Az stres     
  Stres yok

Kısıtlanan su uygulamaları bakla özelliklerinde de benzer sonuçları doğurmuştur. Bakla ağırlığı, bakla çapı, bakla boyu, bitkideki toplam bakla adedi ve bakla ağırlığı kriterleri kontrol uygulamalarına göre azalış göstermişlerdir. Özellikle % 25 ve % 0 uygulamalarında bitkinin yetersiz beslenmesi sonucunda meyveler yeterli büyüklüğe ve ağırlığa ulaşamamışlardır. Aynı zamanda stresi atlatamayan bu uygulamalarda verim azalmıştır.

Çiçeklenmeden hasada kadar geçen süre içerisinde sulamada meydana gelen azalmalar neticesinde yaprak su potansiyelinin ve yaprak oransal su içeriğinin azaldığı belirlenmiştir. Bu durumda su kısıtlaması arttıkça en düşük yaprak su potansiyeli ve yaprak oransal su içeriği elde edilirken sulama oranı arttıkça söz konusu ortalamaların arttığı görülmüştür. Bu dönemde oluşacak bir su stresinden sonra bitkilerin sadece kontrol ve % 75 oranında sulama yapılan grubunun stresten etkilenmediği ya da az etkilenerek çıktığı, fakat % 0, % 25 ve % 50 grubundaki bitkilerin stresin giderek arttığı (yaprak su potansiyellerinin giderek düştüğü) tespit edilmiştir.

Kontrol (% 100) sulama uygulamasının yapıldığı durumlarda normal giden büyüme ve gelişmenin ardından sulama oranlarının azaltılmasıyla büyüme ve gelişme gerileyerek bitki boyu olumsuz etkilenmiştir.

Stres yaşayan bitkilerde su eksikliği hücre membranlarında dayanıklılığı azaltmış bu durum ise birçok olumsuz durumu ortaya çıkarmıştır. Bitkilerde su eksikliğinde özellikle % 0 ve % 25 uygulamalarında klorofil miktarında azalmalar görülmüştür. Kontrol parsellerinde yaprak sıcaklığı sera içi sıcaklıktan düşük çıkarken sulama oranlarının düşürülmesiyle bitkilerde yaprak sıcaklıkları sera içi sıcaklıktan yüksek çıkmıştır.

Sonuç olarak; sulama oranı arttıkça yaprak sayısı, yaprak ağırlığı, yaprak alanı, bakla ağırlığı, bakla çapı, bakla boyu, bitki boyu, bitkideki toplam bakla adedi ve bakla ağırlığı, verim, yaprak oransal su içeriği, yaprak su potansiyeli, klorofil miktarı ile makro ve mikro besin elementleri miktarlarında artış görülmüştür. Bu sonuçların aksine sulama suyu miktarı arttıkça yaprak zararlanma derecesi, ortalama yaprak kalınlığı, yaprak hücrelerinde membran zararı ile yaprak sıcaklıklarının azaldığı belirlenmiştir.



Fasulye yetiştiriciliğinde çiçeklenme döneminden itibaren oluşabilecek su stresi durumlarında verim ve kalite kaybı olmaması için;

- ✓ Şafak öncesi yaprak su potansiyelinin genel olarak -0,43 MPa, gün ortası yaprak su potansiyelinin -1,37 MPa'ın altına düşmemesi,
- ✓ Çiçeklenme başlangıcından itibaren yapılacak sulamalarda %50 ve üzerinde oluşacak su eksikliklerinde fasulyelerin şiddetli strese gireceği ve toplam verimde %50 ye yakın azalmalar olacağı,
- ✓ YOSİ nin % 65'in altına düşmemesi,
- ✓ Yaprak sıcaklıklarının şafak öncesi 21°C, gün ortası ölçümlerinde 27 °C nin üzerine çıkmaması,
- ✓ Yaprak zararlanma derecesinin 1,50'yi aşmaması gerektiği, bu sınırın üzerinde yapraklarda sararma ve % 25 oranında nekrotik lekelenmenin arttığı yapraklarda dökülmelerin görüldüğü unutulmamalı ve bu kriterlerin dikkate alınması önerilmektedir.

**Elde edilen tüm veriler birlikte değerlendirildiğinde** çiçeklenmeden hasada kadar olan süreçte şafak öncesi yaprak su potansiyelinin -0,30 ile -0,40 MPa arasında, gün ortası yaprak su potansiyelinin de -1,20 ile 1,30 MPa'ın arasında kalması, dolayısıyla sulamanın % 75 ile % 100 arasında tutulması tüm kriterler açısından olumlu sonuçlar vermiştir. Su tasarrufu sağlanması açısından verimde istatistiksel bir düşmeye neden olmayan %75 su uygulamasının sera fasulye yetiştiriciliğinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

## 6. KAYNAKLAR

- Acosta-Gallegos J, Adams M (1991). Plant Traits and Yield Stability of Dry Bean (*Phaseolus vulgaris*) Cultivars Under Drought Stress. *The Journal of Agricultural Science*, 117(2): 213-219.
- Akdemir B, Kayışoğlu B, Kavdır İ (1994). MSTAT İstaistiki Paket Programı Kullanımı. Trakya Üniv. Ziraat Fak. Yayın No:203, Yardımcı Ders Kitabı No:7, Tekirdağ.
- Aktura N (1990). Bitkilerde Su Stresi ve Sulama Zamanının Belirlenmesi Amacıyla Kullanılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 54 sayfa. Adana.
- Aktaş H (2002). Biberde Tuza Dayanıklılığın Fizyolojik Karakterizasyonu ve Kalıtımı. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 105 s. Adana.
- Albayati İJA (2018). Damla Sulamada Farklı Lateral Aralığı Uygulamasının Taze Fasulyede Verim ve Kalite Unsurlarına Etkisi (Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 35 s. Konya.
- Anlarsal E (2005). Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Yemeklik Tane Baklagiller Ders Notları.
- Anlarsal EA, Yücel C, Özveren D (2000). Çukurova Koşullarında Bazı Fasulye Çeşitlerinde Tane Verimi ve Verimle İlgili Özellikler ile Bu Özellikler Arası İlişkilerin Saptanması. *Turk J Agric For*. 24: 19–29.
- Anonim (2017). GINA Taze Fasulye Tohumu Özellikleri <http://www.alfatohum.com/tr/sayfalar.asp?b=d&ID=24&KatID=349&IcerikID=417> (16.03.2017).
- Anyia AO, Herzog H (2004). Genotypic variation in drought performance and recovery in cowpea under controlled environment. *J. Agro.& Crop Sci*. 190: 151-159.
- Arslan A (2011). Biberde 24-Epibrassinolid Uygulamaları ile Kuraklık Stresine Karşı Toleransın Artırılması. Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 105 s. Kahramanmaraş.
- Ashraf M (1994). Breeding for Salinity Tolerance in Plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 13(1): 17-42.
- Ashraf 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.
- Ashraf M, Foolad MR (2007). Roles of Glycine Betaine and Proline in Improving in Plant Abiotic Stress Resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59: 206-216.

- Arpacı BB (2003). Farklı Su Düzeyi Uygulamalarının Kavunda Verim, Bitki Gelişimi ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , Kahramanmaraş.
- Bora M (2015). Değişik Vejetasyon Dönemlerine Kadar Uygulanan Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Biberde Meydana Getirdiği Fizyolojik, Morfolojik ve Kimyasal Değişikliklerin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Boutraa T, Sanders FE (2001). Influence of Water Stress on Grain Yield and Vegetative Growth of Two Cultivars of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agronomy and Crop Science 187: 251-257.
- Buschmann C, Lichtenthaler HK (1998). Principles and Characteristics of Multi-Colour Fluorescence Imaging of Plants. Journal of Plant Physiology, 152: 297-314.
- Büyükcangaz H, Yazgan S, Ayas S, Candoğan BN ve Ayas F, (2008). Effects of deficit irrigation on yield and quality of unheated greenhouse grown green bean. Journal of Food, Agriculture & Environment, 6(2) : 155 – 159.
- Çanakçı S, Munzuroğlu Ö (2004). Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Çeliklerinde Ağırlık Değişimleri, Pigment ve Protein Miktarları Üzerine Asetilsalisilik Asit ve Tuz (NaCl) Uygulamasının Karşılıklı Etkileri, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 24: 23-40.
- Candoğan BN (2009). Soya Fasulyesinin Su-Verim İlişkileri. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Çeçen Ö (2004). Kuraklık Stresine Maruz Bırakılan Mısır (*Zea mays* L.) Bitkisine Eksojen Olarak Uygulanan Naftalen Asetik Asit (NAA), Absisik Asit (ABA) ve Jasmonik Asit (JA)'in Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, 78 sayfa. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Van.
- Çelik A (2014). Yer Kirazında Farklı Su Uygulamalarının Meydana Getirdiği Fizyolojik, Morfolojik ve Kimyasal Değişikliklerin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Chaerle L, Van Der Straeten D (2000). Imaging Techniques and The Early Detection of Plant Stress, 5: 495-501.
- Clavel D, Drame NK, Roy-Macauley H, Braconnier S, Laffray D (2005). Analysis of Early to Drought Associated With Field Drought Adaptation in Four Sahelian Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) Cultivars. Environmental and Experimental Botany 54: 219-230.
- Costa AA, Silva EM, Oliveira CJ, Pinheiro FGM, Almeida GP, Cunha MS, Oliveria JCP, Machado LAT, Guedes RL, Teixeira RFB, Moncunill DFA (2002). Cloud Microphysics Experiment Over Northeast Brazil, 11th Conference On Cloud Physics, Ogden, Utah-USA.
- Daşgan H., Aktaş H, Abak K, Çakmak I (2002). Determination of Screening Techniques to Salinity Tolerance in Tomatoes and Investigation of Genotype Responses. Plant Science, 163: 695-703.

- Daşgan HY (2008). “İklim Değişikliğinin Sebze Tarımına Etkileri (Yüksek Sıcaklık Stresi)” VII Sebze Tarımı Sempozyumu, Yalova.
- Demirel K, Genç L, Çamoğlu G, Aşık S (2010). Karpuz Bitkisinde Yaprak Su İçeriği ve Klorofil Okumalarından Yararlanılarak Su Stresinin Belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 7(3): 155-162.
- De Costa WAJM, Shanmugathan KN (2002). Physiology of Yield Determination of Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Under Different Irrigation Regimes in the Sub-Humid Zone of Sri Lanka. Field Crops Research, 75(1), 23-35.
- Deveci M, Arın L, Polat S (2006). Quickstar F1 ve Rapidstar F1 Alabaş (*Brassica Oleracea* var. *Gongylodes* L.) Çeşitlerinin Özellikleri Üzerine, Farklı Büyüme Dönemlerindeki Düşük Sıcaklığın Etkileri, Türkiye VI. Sebze Tarımı Sempozyumu, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi, s: 96-101, Kahramanmaraş.
- Deveci M, Uyan B (2011). Değişik Vejetasyon Dönemlerinde Farklı Su Kısıtlarının Ispanakta Meydana Getirdiği Bazı Fizyolojik ve Morfolojik Değişikliklerin Belirlenmesi. Türkiye VI. Bahçe Bitkileri Kongresi, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa.
- Deveci M, Bora M (2016). Biberin Farklı Vejetasyon Dönemlerinde Tuz Stresinin Meydana Getirdiği Morfolojik Değişikliklerin Belirlenmesi. Bahçe, Cilt 45 (Sebzeçilik-Bağcılık- Süs Bitkileri): 180-185. Yalova.
- Deveci M, Çelik A (2016). Farklı Su Kısıtlarının Yerkirazında Meydana Getirdiği Fizyolojik ve Morfolojik Değişikliklerin Tespiti. Bahçe, Cilt 45 (Sebzeçilik-Bağcılık- Süs Bitkileri): 305-310. Yalova.
- Deveci M. Tuğcu D 2016. Değişik Vejetasyon Dönemlerine Kadar Uygulanan Tuz Konsantrasyonlarının Yaprak Lahana (*Brassica oleracea* var. *acephala*)’da Meydana Getirdiği Bazı Fizyolojik ve Morfolojik Değişikliklerin Belirlenmesi. 11. Sebze Tarımı Sempozyumu, Bildiri Özetleri Kitabı, sayfa 67, 11-13 Ekim, Ordu.
- Dlugokecka E, Kacperska-Palacz A (1978). Re-Examination of Electrical Conductivity Method for Estimation of Drought Injuries. Biologia Plantarum (Prague), 20: 262-267.
- Doğan N (2006). Su Stresi Altındaki Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Bitkisinin İyon Alım Mekanizmasının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Doss BD; Pearson RW; Rogers HT (1974). Effect of Water Stress of Various Growth Stages on Soybean Yield. 66: 297-299.
- Dölarıslan M, Gül E (2012). Toprak Bitki İlişkileri Açısından Tuzluluk. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 5(2): 56-59.
- Düzgüneş O (1963). Bilimsel Araştırmalarda İstatistik Prensipleri ve Metodları. Ege Üniversitesi Yayınları: 1021, Ders Kitabı No: 295, İzmir.
- Eck HV (1986). Effect of Water Deficits on Yield, Yield Components and Water Use Efficiency of Irrigated Corn. 78: 1035-1040.

- Ekmekçi E, Apan M, Kara T (2005). Tuzluluğun Bitki Gelişimine Etkisi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Samsun, OMÜ Zir. Fak. Dergisi., 20(3):118-125, J. of Fac. of Agric., OMU,20(3):118-125.
- El-Sayed H (1992). Proline Metabolism During Water Stress in Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.) Plant. *Phyton Horn*, 32 (2):255-261.
- Erdem T, Arın L, Erdem Y, Deveci M, Polat S, Okursoy H, Gültaş H (2008). Bitki-Toprak-Atmosfer Ölçümlerini Kapsayan Sulama Teknolojilerinin Brokkoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) Tarımında Kullanım Olanaklarının Araştırılması, TÜBİTAK Araştırma Projesi Sonuç Raporu (TOVAG 106 0 538).
- Fan S, Blake T (1994). Abscisic Acid Induced Electrolyte Leakage in Woody Species With Contrasting Ecological Requirements. *Physiologia Plantarum*, 90: 414-419.
- FAOSTAT 2017, Crops (production). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. (Erişim tarihi: 12.011.2017).
- Franca MGC, Thi ATP, Rossiello ROP, Fodil Y, Laffray D (2000). Differences in Growth and Water Relations Among *Phaseolus vulgaris* Cultivars in Response to Induced Drought Stress. *Environmental and Experimental Botany*, 43: 227-237.
- Gençoğlan Ç, Altunbey H, Gençoğlan S (2006). Response of Green Bean (*P.vulgaris* L.) to Subsurface Drip İrrigation and Partial Rootzone-Drying İrrigation. *Agricultural Water Management*, 84:274-280.
- Geravandi M, Farshadfar E, Kahrizi D (2011). Evaluation of Some Physiology Caltraits as Indicators of Drought Tolerance in Bread Wheat Genotypes. *Russian Journal of Plant Physiology*, 58 (1): 69-75.
- Goldberg D, Gornat B, Rimon D (1976). Drip Irrigation. Drip Irrigation Scientific Publications. Kfar Shmaryahu, Israel, 296 Pp.
- Güngör Y, Yıldırım O (1989). Tarla Sulama Sistemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1155,371s. Ankara.
- Güvenç İ (1993). Farklı Sulama Seviyelerinin Erzurum’da Yetiştirilen Fasulye (*Phaseolus vulgaris* cv. Kızılhaç)’ de Bitki Gelişmesine, Verime ve Bazı Mineral madde İçeriğine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Doktora Tezi, 130s.
- Güzel A (2006). Kuraklık Stresine Maruz Bırakılan Domates Bitkilerinde Bazı Fizyolojik ve Büyüme Parametreleri Üzerine Absisik Asit (ABA) ve Kalsiyum’un ( $Ca^{+2}$ ) Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Huck MG, Curt MAP, Gerrit H, Busch CD (1986). Distribution of Dry Matter Between Shoots and Roots of Irrigated and Non Irrigated Determinate Soybean. 78: 807-813.
- Iannucci A, Russo M, Arena L, Fonzo N Martiniello P (2002). ‘‘Water deficit effects on osmotic adjustment and solute accumulation in leaves of annual clovers’’, *European Journal of Agronomy*, 16: 111-122.

- Ike IF (1986). Effect of soil moisture stress on the growth and yield of Spanish variety peanut. *Plant and Soil* 96: 297-298.
- Inman-Bamber, N. G. (2004). Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. *Field Crops Research*, 89(1), 107-122.
- İbrikçi H, Gülüt KY, Güzel N (1994). Gübrelemede Bitki Analiz Teknikleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 95, Ders Kitapları Yayın No:8, S: 16-17, Adana.
- Jensen CR, Jacobsen SE, Anderson MN, Nunez SD, Anderen SD, Rasmussen L, Mogensen VO (2000). Leaf gas exchange and water relation characteristics of field quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) during soil drying, *European journal of Agronomy* 13: 11-25.
- Kacar B, Katkat A, Öztürk Ş (2013). Bitki Fizyolojisi Kitabı. Yayın No: 608 Fen Bilimleri No: 57 Ankara.
- Karanlık S (2001). Değişik Buğday Genotiplerinde Tuz Stresine Dayanıklılık ve Dayanıklılığın Fizyolojik Nedenlerinin Araştırılması. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Karipçin MZ, Şatır NY (2016). Su Stresi Koşullarında Marul Sebzesinin Verim ve Besin İçeriğine Arbusküler Mikorizal Fungus (AMF)'un Etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3): 406-413.
- Kaya E (2011). Erken Bitki Gelişme Aşamasında Kuraklık ve Tuzluluk Streslerine Tolerans Bakımından Fafulye Genotiplerinin Taranması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kaya E, Daşgan HY (2013). Erken Bitki Gelişme Aşamasında Kuraklık ve Tuzluluk Streslerine Tolerans Bakımından Fafulye Genotiplerinin Taranması. *Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 29-2: 39-48.
- Kazlı A (2005). Tam ve Yarı Isıtmalı Damla Sulamanın Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)'nin Verimi ve Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Kırda C (2002). Deficit Irrigation Scheduling Based on Plant Growth Stages Showing Water Stress Tolerance, Deficit Irrigation Practices. Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/004/y3655e/y3655e01.pdf>. Rome, 3 – 10.
- Koç S (2005). Fasulyelerde Tuzluluğa tolerans bakımından Genotipsel Farklılıkların Erken Bitki Gelişimi Aşamasında Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kocheva K, Lambrev P, Georgiev G, Goltsev V (2004). Evaluation of Chlorophyll Fluorescence and Membrane Injury in The Leaves of Barley Cultivars under Osmotic Stress. *Bioelectrochemistry*, 63:121-124.

- Köksal ES (2006). Sulama Suyu Düzeylerinin Şeker Pancarının Verim, Kalite ve Fizyolojik Özellikleri Üzerindeki Etkisinin İnfrared Termometre ve Spektrodyometre İle Belirlenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar Sulama Anabilim Dalı, Ankara: 67.
- Köksal ES, Üstün H, İlbeyi A (2010). Bodur Yeşil Fasulyenin Sulama Zamanı Göstergesi Olarak Yaprak Su Potansiyeli ve Bitki su Stres İndeksi Sınır Değerleri. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 24(1): 25-36.
- Kraft A (1995). Flächenberechnung einer SW-Grafik Fläche packing programme.
- Kuşvuran Ş (2010). Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları arasındaki Bağlantılar. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kuşvuran Ş Üzen N, Daşgan HY, Abak K (2007). Farklı Bamya Genotiplerinin Tuz Stresi Altında Göstermiş Oldukları Tepkilerin İncelenmesi. V. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Erzurum.
- Kuşvuran Ş, Daşgan HY, Abak K (2008). Farklı Bamya Genotiplerinin Kuraklık Stresine Tepkileri. VII. Sebze Tarımı Sempozyumu, 26-29 Ağustos, Yalova. Sayfa: 329-333.
- Kuşvuran Ş (2011). Bamya (*Abelmoschus esculentus* L.) da Tuz Stresine Tolerans Bakımından Genotipsel Farklılıklar ve Tarama Parametrelerinin Araştırılması. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi, 28(2): 55-70.
- Küçüközü S (2011). Tuzluluk ve Kuraklık Streslerine Tolerans Bakımından Bamya Genotiplerinin Taranması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Larcher W (1995). Physiological Plant Ecology. Ecophysiology and Physiology of Functional Groups.
- Levitt J (1980). Responses of Plants to Environmental Stresses II. Water, Radiation Salt and Other Stres. (Kozlowski Editör) New York, London, Toronto, San Fransisko. Academic Pres, 3-7: 25-74.
- Liu F, Jensen CR, Andersen MN (2004). Drought Stres Effect on Carbohydrate Concentration in Soybean Leaves and Pods During Early Reproductive Development: Its Implication in Altering Pod Set. Field Crops Research, 86, 1-13.
- Madakbaş SY, Kar H, Küçüközü B (2006). Çarşamba Ovasında Bazı Bodur Taze Fasulye Çeşitlerinin Verimliliklerinin Belirlenmesi. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 10(3/4):71-77.
- Mahajan S, Tuteja N (2005). Cold, Salinity and Drought Stresses. An Overview, Archives of Biochemistry and Biophysics, 444: 139-158.
- Makbul S, Saruhan Güler N, Durmuş N, Güven S (2011). Kuraklık Stresi Altındaki Soya Fasulyesinin Anatomik ve Fizyolojik Parametrelerindeki Değişimler. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, 35: 369-377.

- Mannan MA, Bhuiya M, Begum R (2002). Effect of Water Regimes on The Growth and Yield of Summer Lettuce. *Journal of Training and Development*, 15 (1-2): 145-149.
- Miller DE, Burke D. (1983). Response of Dry Beans to Daily Deficit Sprinkler Irrigation. *Agronomy Journal* 75: 775-778.
- Miyashita K.; Tanakamaru S, Maitani T, Kimura K (2004). Recovery Responses of Photosynthesis, Transpiration and Stomatal Conductance in Kidney Bean Following Drought Stress. *Environmental and Experimental Botany* 53 (2): 205-214.
- Mnasri B, Aouani ME Mhamdi R (2007). Nodulation and Growth of Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) Under Water Deficiency. *Soil Biology & Biochemistry* 39: 1744-1750.
- Ödemiş B, Baştuğ R (1999). Infrared Termometre Tekniği Kullanılarak Pamukta Bitki Su Stresinin Değerlendirilmesi ve Sulamaların Programlanması. *Tr. J. Of Agriculture and Forestry* 23: 31-37.
- Önder S, Bozkurt S, Sayılıkan, Önder D, Kara M (2006). Effects of water stress and mulch on green bean yield and yield components in greenhouse condition. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5(1):127-132.
- Özpay T (2008). Taze Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Kuraklık Stresine Olan Tepkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Öztekin GB (2009). Aşılı Domates Bitkilerinde Tuz Stresine Karşı Anaçların Etkisi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Öztürk A (1999). Kuraklığın Kışlık Buğdayının Gelişmesi ve Verimine Etkisi. *J. of Agriculture and Forestry*, 23: 531-540.
- Öztürk HS (1991). Soya Bitkisinin Gelişimi Üzerine Farklı Dönemlerdeki Su Stresinin Farklı Tekstürlü Topraklardaki Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Papazafiriou ZG (1980). A compact procedure for trickle irrigation system design. *ICID Bulletin* 19(1):28-45.
- Pekşen E (2005). Samsun koşullarında bazı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin tane verimi ve verimle ilgili özellikler bakımından karşılaştırılması. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 20(3): 88-95.
- Pıtır M (2015). Biber Yetiştiriciliğinde Farklı Su Kısıtlarının Meydana Getirdiği Fizyolojik, Morfolojik ve Kimyasal Değişikliklerin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Pugnaire FI, Endolz LS Pardos J (1994). *Handbook of Plant and Crop Stress* (M. Pessierakli, ed.). p: 247, Marcel Dekker, New York.
- Ramirez-Vallejo P, Kelly JD (1998). Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica* 99: 127-136



- Rodriguez P, Torrecillas A, Morales MA, Ortuno MF, Sánchez-Blanco MJ (2004). Effects of NaCl salinity and water stress on growth and leaf water relations of *Asteriscus maritimus* plants. *Environmental and Experimental Botany*, 53(2), 113-123.
- Sağlam A (2004). Ağır Kuraklık Stresi Geçirmiş *Ctenanthe setosa* Bitkisinin Yeni Kuraklık Koşullarına Adaptasyon Yeteneğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sau F, Minguez MI (2000). Adaptation of Indeterminate Faba Beans to Weather and Management under a Mediterranean Climate. *Field Crops Research*, 66:81-99.
- Sezen SM, Yazar A, Canbolat M, Eker S, Celikel G (2005). Effect of drip irrigation management on yield and quality of field grown green beans. *Agricultural Water Management*, 71:243-255.
- Scholander PF, Hammel HT, Bradstreet ED, Hemmingsen EA (1965). Sap Pessure in Vascular Plants. *Science*, 148: 339-346.
- Scopel I, Riscos De Compactação Do Solo Na Produção Florestal (1992). In: Seminario De Atualização Sobre Sistemas De Exploração E Transporte Florestal, Curitiba. Anais. Curitiba: Fundação De Pesquisas Florestais Do Parana, Universidade Federal De Viçosa, P:7 172-193.
- Scopel E, Roumet P, Come D, Corbiveau F (1993). Water Requirement of a Soyabean Seed Crop During Flowering. *Proceedings of the Fourth International Workshop on Seeds: Basic and Applied Aspects of Seed Biology*, (3).
- Smesrud JK, Hess M, Seller J (1997). *Western Oregon Irrigation Guides*. EM 8713, Oregon State University Extension Service, Corvallis OR.
- Smith R, Prichard T (2002). UC Cooperative Extension August. <http://ucce.ucdavis.edu/files/filelibrary/2161/41093.pdf>.
- Subbarao GV, Johansen C, Slinkard AE, Nagewara Rao RC, Saxena NP, Changan YS, (1995). Strategiesforimprovingdroughtresistance in graninlegumes. *CritRev. PlantSci*. 14: 469-523.
- Şalk A, Arın L, Deveci M, Polat S (2008). *Özel Sebzeçilik, Onur Grafik, Matbaa ve Reklam*, 480 s. İstanbul.
- Şehirali S, Erdem T, Erdem Y, Kenar D (2005). Damla Sulama Yöntemi İle Sulanan Fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) Su Kullanım Özellikleri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11(2): 212-216.
- Taiz L, Zieger E (2008). *Bitki Fizyolojisi (Üçüncü baskıdan çeviri; Çeviri editörü İsmail Türkan)*. Palme Yayıncılık. 893s. Ankara.
- Tanguilig VC, Yambao EB, O'toole JC (1987). Water Stress Effectts on Leaf Elongation, Lef Water Potential, Transpration and Nutrient Uptake of Rice, Maize and Soybean”, *Plant and Soil*, 103 155-168.

- Turhan P, Demir S (2013). Çilekte siyah kök çürüklüğü (*Rhizoctonia solani* Kühn.) hastalığına karşı bazı biyolojik mücadele elemanlarının etkileri. Türk. biyo. мүc. derg., 4 (2): 125-140.
- TUIK (2016). Türkiye İstatistik Kurumu-Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (30.11.2016).
- Türkan İ, 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 Mediates Water Stress. Plant Science, 168: 223-231.
- Uzun (1996). The Quantitative Effects of Temperature and Light Environment on The Growth, Development and Yield of Tomato and Aubergine. Thesis. The University of Reading, (Unpublished Phd Thesis).
- Uzunlu M (2006). Aspirinin Kavun Fidelerinin Değişik Abiyotik Stres Koşullarına Karşı Toleranslarının Artırılması Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, 39 Sayfa. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.
- Uyan B (2011). Değişik Vejetasyon Dönemlerinde Farklı Su Kısıtlarının İspanakta Meydana Getirdiği Fizyolojik, Morfolojik ve Kimyasal Değişikliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Ünal H (2010). Fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) Fide aşamasında kuraklığa tepkisi ve toleranslı genotiplerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, 52 sayfa. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.
- Ünüvar Y (2010). Farklı Sulama Programlarının Fasulye Verimine ve Su Tüketimine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, 32 sayfa. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Konya.
- Yaşar F (2003). Tuz Stresi Altındaki Patlıcan Genotiplerinde Bazı Antioksidant Enzim Aktivitelerinin in vitro ve in vivo Olarak İncelenmesi. Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Yıldırım D (2012). Sera Koşullarında Biberin Bitki Su Stresi İndeksi İle Verim İlişkisinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Yin C, Wang X, Duan B, Luo J, Li C (2005). Early growth, dry matter allocation and water use efficiency of two sympatric *Populus* species as affected by water stress. Environmental and Experimental Botany, 53(3), 315-322.
- Zink FW (1965). Growth and Nutrient Absorption in Spring Spinach. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 87: 381-386.

## ÖZGEÇMİŞ

01.07.1986 tarihinde Midyat'ta doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Mardin'in Midyat ilçesinde tamamladı. 2007 yılında Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde lisans öğretimine başladı ve 2010 yılında bölüm seçmelerinde Bahçe Bitkileri Bölümü'nü tercih etti. 2011 yılında Bahçe Bitkileri bölümünden mezun oldu ve aynı yıl Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 2013 yılında Mardin Dargeçit İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğüne Ziraat Mühendisi olarak atandı. Burada 1,5 yıl çalıştıktan sonra Mardin Midyat İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğüne tayin oldu. 2016 yılında İstanbul Çekmeköy İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğüne tayin oldu. İstanbulda da 1,5 yıl çalıştıktan sonra halen Ziraat Mühendisi olarak görev yaptığı Mardin Midyat İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğüne tekrar tayin oldu. Evli ve bir çocuk babasıdır.